

Evaluation de la qualité physicochimique de l'eau des forages dans la région du centre-nord au Burkina Faso: Cas des écoles primaires

[Assessment of physicochemical quality of drinking water from boreholes in the Centre-North région in Burkina Faso: Case of elementary schools]

Aminata Kaboré¹, Inoussa Zongo², Boubacar Savadogo³, Jacques Sawadogo¹, Damien Kaboré⁴, Lambert Z. P. Nikiema⁴, and Paul W. Savadogo¹

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, 04 BP 8645, Burkina Faso

²Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies 03 BP 7047, Burkina Faso

³Institut de Recherche en Sciences de la Santé, 03 BP 7192, Ouagadougou, Burkina Faso

⁴Catholic Relief Services (CRS), 01 BP 469 Ouagadougou 01, Burkina Faso

Copyright © 2020 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: To rise to the challenge of access to safe drinking water, hygiene and sanitation, Catholic Relief Services through his project named Koom yilma provided fifty-seven (57) elementary schools with boreholes in the centre-north region in Burkina Faso. This study aims to assess the organoleptic, physicochemical and heavy metal contents of water consumed in these schools. Thus, twenty-three (23) parameters were analyzed according to international standards. The results showed that the turbidity of 25% of water samples from boreholes were between 5.4-66.33 NTU, so non-compliant with WHO standard. The pH of 17.30% of water samples was between 8.52-8.9. 0.325-2.62 mg/L of iron were observed in 28.85% of water samples. The content of potassium was above WHO standard in 13.46% of water. Concerning nitrate and arsenic, 3.8% of samples were non-compliant with WHO standards. Water from Saada borehole was contaminated with 101.725 mg/L and those from Yaoghin with 125 µg/L of arsenic. Globally, waters from boreholes located in schools were of good quality except those of Saada and Yaoghin. Despite these good results, it is necessary to monitor the physicochemical and toxicological quality of these groundwater because of the geological context of site (gold region). That will prevent the consumption of water contaminated with heavy metal and therefore chronic diseases among children.

KEYWORDS: Drinking water supply, Pollution, Heavy metals, Groundwater, Burkina Faso.

RESUME: Pour relever les défis en matière d'eau potable, d'hygiène et d'assainissement, Catholic Relief Services à travers le projet Koom yilma a doté 57 écoles primaires de la région du centre-nord de forages à motricité humaine. Cette étude vise à évaluer la qualité organoleptique, physicochimique et les teneurs de métaux lourds des eaux consommées dans ces écoles. Pour cela, vingt-trois paramètres ont été analysés selon les normes internationales. Il ressort des résultats que la turbidité de 25% des échantillons était non conforme à la norme de l'OMS (5,4 - 66,33 NTU). 17,30% des eaux avaient un pH compris entre 8,52 et 8,9 et 28,85% contenaient 0,325-2,62 mg/L de fer. La teneur en potassium était supérieure à la norme dans 13,46% des échantillons d'eau. En ce qui concerne le nitrate et l'arsenic, 3,8% des échantillons n'étaient pas conformes à la norme. Pour ces paramètres, les concentrations les plus élevées ont été observées dans l'eau du forage de Saada (101,72 mg/L) et yaoghin (125 µg/L) respectivement pour le nitrate et l'arsenic. Globalement, pour la plupart des paramètres à impact sanitaire, l'eau de forage des écoles d'intervention de koom-yilma est de bonne qualité, excepté celles de Saada et Yaoghin. Malgré ces bons résultats, il est nécessaire de suivre la qualité physicochimique et toxicologique des eaux afin de déceler toute variation importante qui pourrait survenir au regard du contexte géologique du site (région aurifère). Cela permettra de prévenir la consommation d'eau contaminée aux métaux lourds et donc des maladies chroniques chez les enfants.

MOTS-CLEFS: Approvisionnement en eau potable, Pollution, Métaux lourds, Eau souterraine, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Dans le monde, 570 millions d'enfants ne bénéficient d'aucun service d'approvisionnement en eau dans leur établissement scolaire [1]. Ainsi, en 2016, seulement 69% des écoles à l'échelle mondiale disposaient d'une source d'eau améliorée. 12 % des infrastructures dans les établissements offraient un service limité et 19 % des écoles n'offraient aucun service d'approvisionnement en eau potable [1]. Au Burkina Faso, malgré d'importants progrès réalisés en matière d'eau potable, environ 50% des écoles en milieu rural ne disposent pas d'infrastructures d'approvisionnement [2]. Les infrastructures, si elles existent sont essentiellement des forages équipés de pompe à motricité humaine qui fournissent la plupart du temps un service limité à cause des pannes récurrentes [3]. Dans la région du Centre-Nord, près de 42% des écoles ne disposent pas d'infrastructures d'approvisionnement d'eau potable. Outre le problème d'accessibilité, la qualité de l'eau fournie constitue également une préoccupation majeure dans certaines régions. En effet, des études ont montré une contamination des eaux souterraines avec des substances chimiques toxiques et des métaux lourds dans les régions du Plateau Central, du Centre-Nord et du Nord du Burkina Faso. Au regard, d'une part des contextes géologiques et hydrogéologiques et d'autre part des activités anthropiques polluantes dont l'orpaillage menés dans certaines de ces régions il est nécessaire de mener un suivi régulier de la qualité des eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Or, le dispositif de suivi du service public ne prévoit aucun mécanisme de vérification de la qualité de l'eau des forages pendant leur durée d'exploitation. En effet, l'eau produite par ces ouvrages ne fait l'objet d'analyses pour certifier la conformité aux directives de l'OMS qu'avant sa mise en service. Selon un rapport du ministère de l'eau, 5% des forages à pompe manuelle observés présenteraient une teneur en nitrates supérieures à 50 mg/l, donc un risque sanitaire selon les normes de l'OMS [4]. La contamination des eaux des forages à l'arsenic a également été démontrée dans des études [5; 6]. Ainsi, en l'absence d'un dispositif de suivi de la qualité de l'eau des ouvrages d'approvisionnement, les indicateurs du taux d'accès à l'eau potable se trouvent biaisés. Les statistiques ne doivent pas seulement être basées sur le taux de réalisations des infrastructures mais tenir également compte de la continuité des services et surtout de la qualité de l'eau fournie.

En 2014, Catholic Relief Services (CRS) à initier, le projet koom-yilma en renfort à son programme alimentaire beego-biiga dans des écoles de la région du centre-nord au Burkina Faso. Durant, la 1^{ère} phase de ce projet 57 forages équipés de pompe à motricité humaine ont été réalisés dans des écoles du Bam et du Sanmatenga. Afin de garantir la qualité des services, un plan de suivi de la qualité de l'eau des forages a élaboré. Cela a consisté à réaliser des analyses de la qualité physicochimique et microbiologiques de l'eau des forages afin de prévenir toute variation importante qui pourra affecter la santé des enfants. C'est dans ce contexte que se situe notre étude qui vise à évaluer de la qualité physicochimique et toxicologique de l'eau des forages réalisés dans les écoles d'intervention de koom-yilma.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

Cinquante-deux (52) écoles situées dans les provinces du Bam et du Sanmatenga impliquées dans le projet Koom yilma ont été concernées par l'étude. Le critère d'inclusivité a été la disponibilité d'un forage muni de pompe à motricité humaine réalisé ou réhabilité par Catholic Relief Services entre 2014-2015. La figure 1 présente la localisation des différentes infrastructures d'approvisionnement en eau dans les différentes écoles.

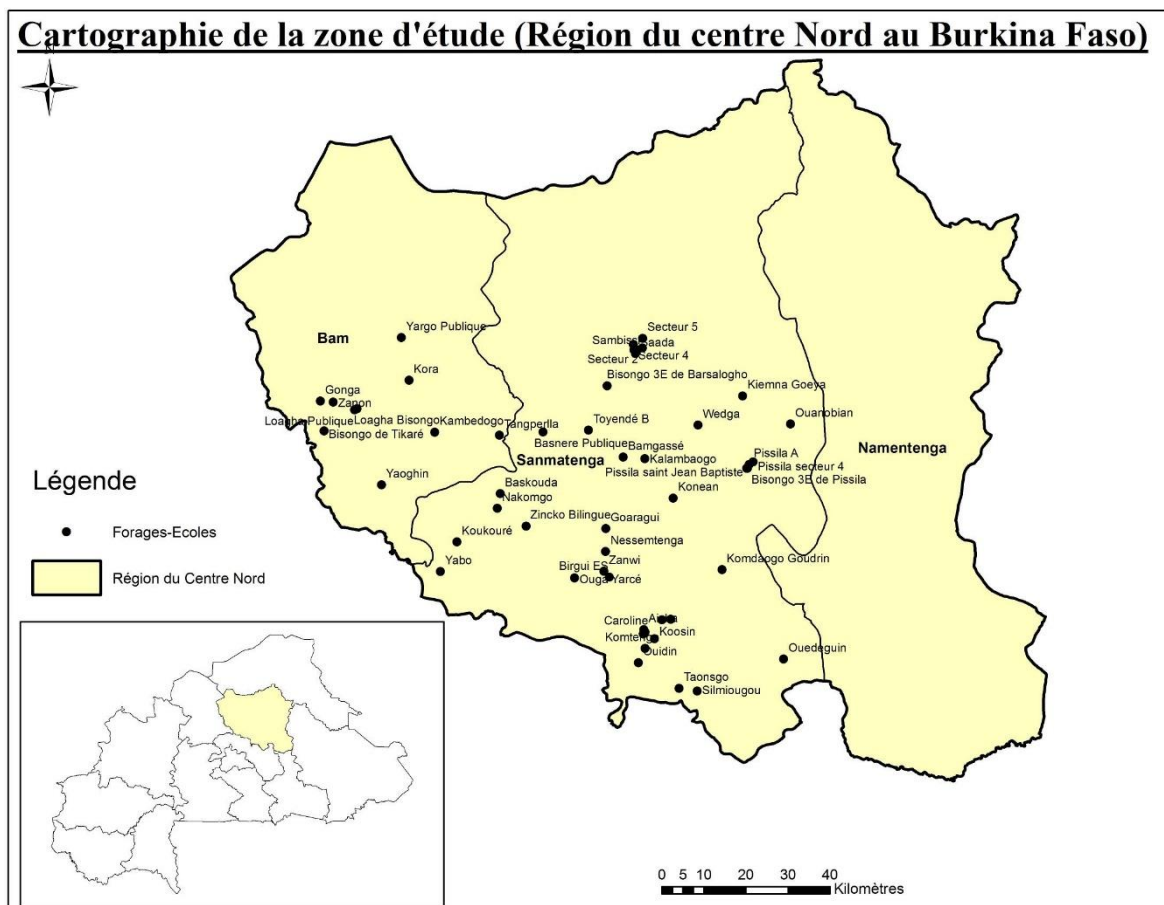


Fig. 1. Localisation des forages dans les écoles

2.2 ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été effectué du 21 au 27 février 2019. Pour chaque source, 1,5 litres d'eau ont été prélevés à la tête de l'ouvrage dans des flacons en polyéthylène, conservés et transportés au laboratoire selon les normes ISO 5667-3 et FD T90-523-3 [7; 8]. Pour les paramètres à analyser au laboratoire, les échantillons ont été acidifiés avec du HCl pour avoir un pH <2.



Fig. 2. Prélèvement des échantillons d'eau dans les écoles

2.3 ANALYSE DES ECHANTILLONS D'EAU

2.3.1 ANALYSE DES PARAMÈTRES ORGANOLEPTIQUES

Les paramètres organoleptiques retenus pour cette étude ont été: la turbidité, le goût et l'odeur et la température. Ces paramètres ont été mesurés in situ conformément aux normes. Ainsi, la turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre portatif (TB100) selon la norme NF EN ISO 7027 [9]. Le goût et l'odeur ont été appréciés en utilisant les sens olfactif et gustatif du technicien selon la norme AFNOR NF EN 1622 (2006) [10], et la température à l'aide d'un thermomètre spécifique (Hanna, Hi198501).

2.3.2 ANALYSE DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Les paramètres chimiques analysés ont été le pH, la salinité, le sodium, le magnésium, le calcium, le potassium, le chlorure, le sulfate, les carbonate et bicarbonate, le phosphate, le nitrate, la conductivité 25°C et solides dissous (TDS). Le pH a été mesuré par méthode électrochimique (électrode de verre) avec un pH-mètre portatif (Hanna, Hi-98103) selon la norme NF T 90-008 [11]. La salinité, la conductivité à 25°C et les solides dissous (TDS) ont été également analysés par la méthode électrochimique avec un conductimètre multifonction Sension5 (HACH). Le calcium et le magnésium ont été analysés par la méthode d'absorption atomique avec flamme selon la norme NF EN ISO 7980 [12]. Le sodium et le potassium ont été analysés suivant la méthode d'absorption atomique avec flamme sous la référence, AFNOR NF T 90-020 [13]. Le dosage des sulfates a été réalisé suivant la méthode néphélométrique [14]. Le phosphate a été dosé suivant la méthode de spectrométrie d'absorption moléculaire selon la norme NF EN ISO 6878 [15]. Le nitrate a été analysé suivant la méthode la méthode d'absorption moléculaire, ISO 7890-3 [16]. Le principe est basé sur la réduction des nitrates à travers une colonne de cadmium en nitrites dosés par spectrophotométrie [17].

Les carbonates totaux (carbonates et bicarbonates) dissous dans les eaux ont été analysés suivant la méthode pH-métrique basée sur les équilibres acide-base. Pour ces paramètres, le principe est qu'aux pH situés entre 7 - 8, les carbonates sont sous formes HCO_3^- (ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate) principalement et d'ion carbonate (lorsque le pH est supérieur à 8,3 - 8,4). Le dosage a été fait en utilisant l'acide chlorhydrique 0, 025N.

2.3.3 ANALYSE DES MÉTAUX LOURDS

En ce qui concerne les métaux lourds, ce sont le chlorure, fluorure, arsenic, zinc, manganèse et fer qui ont été analysés par la méthode de spectrométrie d'absorption moléculaire. L'arsenic a été analysé selon la méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire selon la norme AFNOR NF EN ISO 15586 [18]. Le chlorure a été dosé en utilisant la méthode de Mohr suivant la norme AFNOR NF ISO 9297 [19]. Le principe consiste à doser le chlorure en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Le fluorure a été analysé suivant la méthode potentiométrique selon la norme AFNOR NFT 90-004 [20] qui a une limite de détection de 20 µg/L. Le fer (total) dissous dans l'eau a été mesuré suivant la méthode de spectrométrie d'absorption atomique avec flamme après minéralisation suivant la méthode FD T 90-112 [21]. Le manganèse a été mesuré suivant la méthode d'absorption atomique avec flamme référencée FD 90-112 [21]. Le zinc a été analysé en utilisant la méthode par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme suivant la norme AFNOR FD T 90-112 [21].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Contrairement à la contamination microbiologique, la plupart des substances chimiques dans l'eau de boisson ne représentent un danger pour la santé qu'après des années d'exposition. La contamination chimique n'est souvent remarquée qu'au moment où une maladie apparaît à la suite d'une longue exposition. La gravité des effets sur la santé dépend du produit chimique, de sa concentration ainsi que de la durée d'exposition. Il n'existe que quelques produits chimiques pouvant causer des problèmes de santé à la suite d'une exposition à court terme, comme les nitrates, sauf en cas de contamination massive d'une réserve d'eau de boisson.

3.1 QUALITE PHYSICOCHIMIQUE ET ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU DES FORAGES

Même s'ils n'ont pas tous un impact sanitaire, les paramètres physicochimiques et organoleptiques jouent un rôle important dans l'acceptabilité de l'eau de boisson. Excepté la turbidité et la température, l'appréciation des paramètres organoleptiques est relative au sens gustatif et olfactif du consommateur. Le tableau 1 résume les principaux résultats d'analyse physicochimique et organoleptique de l'eau des forages.

Tableau 1. Paramètres physicochimiques des échantillons d'eau non conformes aux normes de l'OMS

Echantillon	pH	Turbidité (NTU)	Potassium (mg/L)	Bicarbonate (mg/L)	Fer total (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Arsenic (µg/L)
Barsalogho sect 4	8,33	12,83	1,965	372	1,05	5,984	< 1
Baskouda	7,75	8,22	1,008	300	1,34	2,291	< 1
Bisongo de Tikaré	8,67	0,65	1,12	320	0,56	1,718	< 1
Bisongo de Pissila	7,29	0,88	14,08	142	0,04	4,726	< 1
Hanwi	8,31	1,14	0,305	267	0,32	3,007	< 1
Kalambaogo	7,95	66,33	2,329	215	0,465	4,153	< 1
Kiemna Goeya	8,18	1,19	6,08	157	0,495	3,580	< 1
Komtenga	8,55	2,01	1,605	270	0,08	11,027	< 1
Koukoure	8,38	0,94	14,88	153	0,065	34,49	< 1
Konean B	8,49	5,4	16,16	253	0,48	4,439	< 1
Koutoumtenga	8,52	1,43	0,291	281	0,28	0,430	< 1
Nakomgo	8,36	17,05	0,96	279	2,62	3,58	< 1
Ouanobian	8,22	2,19	7,36	140	0,88	6,336	< 1
Ouédeguin	8,75	4,35	0,48	346	0,01	3,151	< 1
Ouga yarcé	7,55	1,48	0,048	183	0,17	13,461	1,7
Pissila Saint J.B	8,12	2,49	12	139	0,53	2,148	< 1
Pissila A	8,28	1,02	18,72	131	0,16	41,88	< 1
Pissila secteur 4	8,35	0,78	12,48	214	0,19	11,616	< 1
Saada	7,71	1,59	3,35	290	0,12	101,725	< 1
Sambissi	8,54	1,85	1,495	226	0,02	1,575	< 1
Silmoungou	7,16	6,87	0,746	131	0,35	0,286	< 1
Tangperla	8,9	12,27	0,16	177	0,815	5,585	< 1
Wedga	8,45	2,08	44,8	223	0,685	5,728	< 1
Yabo	8,13	20,87	8,96	104	1,94	4,726	< 1
Yaoghin	8,76	0,42	2,4	418	0,09	6,688	35,6
Yargo Publique	8,76	62,27	0,16	374	0,15	5,984	< 1
Zanon	8,25	1,76	5,28	214	0,49	5,632	< 1
Zanwi	8,09	1,17	0,221	522	0	6,688	< 1
Zincko Bilingue	8,74	29,5	4,16	334	1,86	2,01	< 1
Norme OMS (2010)	6,5 – 8,5	≤ 5	< 12	-	< 0,3	50	10

Les analyses ont montré qu'environ 53, 84% des échantillons d'eau avaient au moins un paramètre non conforme à la norme de l'OMS (2011) (tableau 1). Pour ces échantillons non conformes, le pH était compris entre 8,54 - 8,9, la turbidité entre 5,4 - 66,33 NTU, le potassium entre 12,48 - 44,8 mg/L, le fer entre 0,35 - 2,62 mg/L, le nitrate 101,725 mg/L et l'arsenic 125 µg/L (tableau 1). Globalement tous les échantillons d'eau ont présenté une concentration de bicarbonate assez élevée (tableau 1). Toutefois, en dehors du nitrate et de l'arsenic, ces paramètres n'ont pas un impact sanitaire avéré. Les directives 2011 de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson définissent les concentrations maximales recommandées des produits chimiques en fonction des études et des expériences. La valeur d'une directive représente la concentration d'un produit chimique qui n'entraîne aucun risque significatif pour la santé tout au long d'une vie de consommation [22]. De ce fait, 96,15% des eaux étaient potables.

3.1.1 TURBIDITE, PH, GOUT, ODEUR ET TEMPERATURE DES ÉCHANTILLONS D'EAU

En se référant au sens olfactif du technicien, aucun échantillon d'eau n'a présenté une odeur désagréable. 78,4% des échantillons d'eau n'ont également présenté aucune saveur. Seulement 15,38% des eaux avaient un goût basique, résultats confirmés par l'analyse du pH (tableau 1). La température des échantillons d'eau a été comprise entre 18,4 et 21,7°C. Bien qu'il n'existe pas de norme pour ces paramètres, les valeurs obtenues sont acceptables. 82,69% des échantillons avaient un pH conforme à la norme (6,5 - 8,5) contre 17,30% ayant un pH compris entre 8,52 et 8,9 (tableau 1). En ce qui concerne la turbidité,

25% des échantillons ont présenté des valeurs de turbidité >5 NTU (tableau 1) contre 75% conformes à la norme de l'OMS (tableau 2).

Tableau 2. Résultats de la turbidité, goût, odeur et température des eaux

Qualité de l'eau	Turbidité	Goût	Odeur	Température (°C)
Conformité (%)	75	78,4	100	100
Non-conformité (%)	25	21,6	0	0
Norme (OMS, 2011)	≤ 5	Sans saveur	Inodore	-

Une eau présentant une turbidité élevée, fortement colorée ou ayant un goût ou une odeur inacceptable peut être considérée comme malsaine par les consommateurs et susciter un rejet [23]. Dans les cas extrêmes, les consommateurs abandonnent les eaux de forages inacceptables sur le plan esthétique mais saines, pour se tourner vers des sources de meilleur qualité organoleptique mais moins sûres. D'où la nécessité de fournir une eau de boisson de qualité organoleptique appréciable.

3.1.2 SALINITE, CONDUCTIVITE, TDS, FER TOTAL, SULFATE, CHLORURE ET PHOSPHATE DES EAUX

Le tableau 3 présente les résultats de la salinité, conductivité, TDS, fer total, sulfate, chlorure et phosphate des eaux.

Tableau 3. Résultats de la salinité, conductivité, TDS, fer total, sulfate, chlorure et phosphate des eaux

Qualité de l'eau	Salinité (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	TDS (mg/L)	Fer total (mg/L)	Sulfate (mg/L)	Chlorure (mg/L)	Phosphate (mg/L)
Conformité (%)	100	100	100	71,15	100	100	100
Non-conformité (%)	0	0	0	28,85	0	0	0
Norme OMS (2011)	-	2000	< 1000	< 0,3	250	250	-

La salinité, conductivité, TDS et les concentrations de sulfate, de chlorure et de phosphate de tous les échantillons d'eau ont été conformes aux normes (tableaux 3). Pour le fer, 71,15% des échantillons analysés ont été conformes à la norme (<0,3 mg/L) et 28,85% ont présenté des teneurs comprises entre 0,325-2,62 mg/L. Les concentrations élevées de fer pourrait être due à la qualité des équipements d'exhaure de l'eau ou à la nature des roches. Ces sources ne posant pas un problème sérieux pour la santé, un traitement de ces eaux de forage n'est pas nécessaire. Toutefois, la présence de forte concentration de fer peut entraîner des problèmes de décoloration (lié à l'oxydation), un goût ou une odeur de métal désagréable de l'eau. Ces paramètres sont donc à surveiller pour éviter un abandon des forages. En cas de variation importante, des systèmes de filtration spécifiques pourraient être mis en place dans les écoles pour traiter ces eaux.

3.1.3 CALCIUM, MAGNESIUM, SODIUM, POTASSIUM, NITRATE, CARBONATE ET BICARBONATE DES EAUX

Tous les échantillons d'eau ont présenté des concentrations de sodium, magnésium, carbonate et bicarbonate conformes aux normes (tableaux 1). Le tableau 4 présente les résultats du calcium, magnésium, sodium, potassium, nitrate, carbonate et bicarbonate des eaux.

Tableau 4. Résultats du calcium, magnésium, sodium, potassium, nitrate, carbonate et bicarbonate des eaux

Qualité de l'eau	Calcium (mg/L)	Sodium (mg/L)	Potassium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Carbonate (mg/L)	Bicarbonate (mg/L)
Conformité (%)	98,07	100	86,54	100	98,07	100	100
Non-conformité (%)	1,93	0	13,46%	0	1,93	0	0
Norme OMS (2011)	100	200	< 12	50	50	-	-

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) [24]. Pour ce paramètre, 98,07% des échantillons ont été conformes à la norme. Seul le forage de Zanwi a présenté une valeur de 118,678 mg/L (tableau 1). Le potassium quant à lui, est généralement

l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium. 13,46% des échantillons ont présenté des teneurs de potassium supérieures à la norme (tableaux 1 et 4). Pour ce paramètre, la valeur la plus élevée a été obtenue pour le forage de Wedga (44,8mg/L). Globalement l'eau des différents forages contenaient des concentrations assez élevées de bicarbonates même s'il n'y a pas de valeur limite fixée par l'OMS. Pour les nitrates, 98,07% des échantillons ont été conformes à la norme (tableaux 1 et 4). La concentration de nitrate de l'échantillon d'eau du forage de Saada a été deux fois supérieure à la norme (101,725 mg/L) (tableau 1). Les nitrates des eaux souterraines proviennent essentiellement du lessivage des nitrates produits naturellement dans le sol ou apportés sous forme d'engrais. Pour le forage de Saada les nitrates pourraient provenir de décomposition des excréments des animaux qui s'y abreuvent suivi d'une infiltration dans la nappe phréatique. Toutefois des investigations sur l'origine de cette contamination doivent être menées afin de trouver une solution adéquate.



Fig. 3. Forage de Saada

En eux-mêmes les nitrates ne sont pas toxiques pour l'homme. En revanche, leur transformation en nitrite dans le tube digestif, sous l'action de bactéries peut entraîner une méthémoglobinémie aiguë du nourrisson: syndrome du bébé bleu) à partir de 50 mg.L⁻¹ de nitrates dans l'eau de consommation humaine. Les nitrites peuvent aussi se combiner au cours de la digestion avec des dérivés de protides et former des substances soupçonnées d'être cancérigènes, notamment les nitrosamines [25].

3.2 QUALITE TOXICOLOGIQUE DE L'EAU DES FORAGES

3.2.1 ARSENIC, ZINC, FLUORURE ET MANGANESE DES EAUX

L'arsenic est un métalloïde classé dans les groupes cancérigènes pour l'homme. Il est considéré comme le principal agent cancérigène pouvant contaminer les ressources en eau [26, 27]. Le tableau 5 présente les résultats de l'arsenic, zinc, fluorure et manganèse des eaux.

Tableau 5. Résultats de l'arsenic, zinc, fluorure et manganèse des eaux

Qualité de l'eau	Arsenic (µg/L)	Zinc (mg/L)	Fluorure (mg/L)	Manganèse (mg/L)
Conformité (%)	98,07	100	100	100
Non-conformité (%)	1,93	0	0	0
Norme OMS (2011)	10	3	1,5	0,1

Pour tous les échantillons d'eau, les teneurs en zinc, fluorure et manganèse ont été conformes aux normes de l'OMS (tableau 5). En ce qui concerne l'arsenic, 98,07% des échantillons ont été conformes à la norme de l'OMS. Seul l'échantillon de l'école de Yaoghin contenait une teneur en arsenic de 125 µg/L (tableau 1). Cette forte concentration d'arsenic est préoccupante. En effet, une exposition excessive à l'arsenic présent dans l'eau de boisson conduit parfois à un risque notable de cancer et de lésions cutanées. La contamination à l'arsenic étant liée à la roche il est impératif de mettre en place un système de traitement adéquat afin de réduire la teneur en arsenic dans l'eau de boisson.

3.2.2 EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU DES FORAGES

Le tableau 6 présente l'évolution de la qualité physicochimique de l'eau des forages entre 2014 et 2019.

Tableau 6. Analyse comparative de la qualité physicochimique des eaux

Qualité de l'eau	Qualité physicochimique des eaux avant la mise en service				Qualité des eaux cinq (5) ans après la mise en service			
	Arsenic (µg/L)	Fer (mg/L)	Turbidité (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Arsenic (µg/L)	Fer (mg/L)	Turbidité (mg/L)	Nitrate (mg/L)
Conformité (%)	96,15	94,23	94,23	100	98,07	71,15	75	98,07
Non-conformité (%)	3,85	5,77	5,77	0	1,93	28,85	25	1,93

Excepté l'arsenic, le fer, la turbidité et les nitrates, on note une faible variation des paramètres physicochimiques de l'eau des forages après cinq (5) ans de fonctionnement. Pour ce qui concerne l'arsenic, les échantillons de Yaoghin (34 µg/L) et Ouga Yarcé (13 µg/L) qui présentaient de fortes concentrations ont subi une variation. En effet, une baisse de la teneur a été observée pour l'échantillon de Ouga Yarcé où la teneur est passée de 13 à 1,7 µg/L. Par contre, celui de Yaoghin a subi une hausse de près de 300% (tableau 1). Cette augmentation rapide de la teneur de l'arsenic dans l'eau de ce forage est préoccupante car elle expose les enfants à une toxicité qui pourrait entraîner à long terme à des maladies chroniques.

4 CONCLUSION

Durant la période de l'étude, 91,23% des infrastructures étaient fonctionnels. Cela est essentiellement dû à mise en place d'un système de suivi impliquant des responsables locaux dans le contrôle et l'entretien des ouvrages. Cela a permis d'éviter la rupture des services causée par les longues pannes. Globalement, l'eau des forages des écoles est de bonne qualité pour la plupart des paramètres à impact sanitaire excepté celles de Saada et Yaoghin. Toutefois, le suivi de la qualité physicochimique et toxicologique de l'eau doit se poursuivre afin de déceler toute variation importante qui pourrait survenir compte tenu du contexte géologique de la région.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leur remerciement à Catholic Relief Services pour avoir financé cette étude et facilité l'accès aux sites. Ils remercient également les enseignants et les populations des différents villages pour leur disponibilité.

REFERENCES

- [1] Fonds des Nations Unies pour l'Enfance/Organisation Mondiale de la Santé, Eau potable, assainissement et hygiène en milieu scolaire, Rapport sur la situation de référence au niveau mondial en 2018, UNICEF, 2018.
- [2] Ministère de l'Education Nationale et de l'Alphabétisation, Rapport du Programme National Santé, Hygiène et Nutrition en milieu scolaire du PDSEB 2016-2021, Burkina Faso, 2017.
- [3] Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable à l'horizon 2030, Rapport bilan national, Burkina Faso, 2018.
- [4] J. H. NANSI, "Le Burkina Faso face aux défis de l'accès durable pour tous à l'eau potable et à l'assainissement", Blog, 2018.
- [5] F. L. EBANGA, Problématique de la contamination des eaux souterraines par l'arsenic, cas de Ouahigouya au Burkina Faso: état des lieux et propositions de traitement, Mémoire de Master, 2iE, 2010.
- [6] A. Bretzler, F. Lalanne, J. Nikiema, J. Podgorski, N. Pfenninger and M. B. M. Schirmer, "Groundwater arsenic contamination in Burkina Faso, West Africa: Predicting and verifying regions at risk", Science of the Total Environment, vol. 584–585, pp. 958–970, 2017.

- [7] Norme NF EN ISO 5667-3, Qualité de l'eau –Echantillonnage –Partie 3: Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau, AFNOR, 2018.
- [8] FD T90-523-3, Qualité de l'Eau – Guide de échantillonnage pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement – Échantillonnage d'eau souterraine, AFNOR, 2009.
- [9] Norme NF EN ISO 7027, Qualité de l'eau – détermination de la turbidité (Indice de classement: T-90-033), AFNOR, 2007.
- [10] Norme AFNOR NF EN 1622, Détermination du seuil d'odeur (TON) et du seuil de flaveur (TFN) (indice de classement T 90-035), AFNOR, 2006.
- [11] NF T 90-008, Qualité de l'eau – Détermination du pH, AFNOR, 2001.
- [12] NF EN ISO 7980, Qualité de l'eau – Dosage du calcium et du magnésium – Méthode par spectrométrie d'absorption atomique (Indice de classement: T90-005), AFNOR, 2000.
- [13] AFNOR NF T 90-020, Essais des eaux – Dosage du sodium et du potassium – Méthode par spectrométrie d'absorption atomique, AFNOR, 1984.
- [14] AFNOR NF T 90-004, Qualité de l'eau – Dosage de l'ion fluorure. Méthode potentiométrique (indice de classement T 90-004), AFNOR, 2002.
- [15] NF EN ISO 6878, Qualité de l'eau - Dosage du phosphore. Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium (indice de classement T 90-023), AFNOR, 2005.
- [16] ISO 7890-3, Qualité de l'eau – Essais des eaux – Dosage des nitrates – Partie 3 méthode spectrométrique avec l'acide sulfo6salicylique, AFNOR, 1998.
- [17] E. D. Wood, F. A. J. Armstrong and F. A. Richards, "Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite", J. Mar. Biol. Ass. Vol. 47, pp. 23-31, 1967.
- [18] NF EN ISO 15586, Qualité de l'eau – Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (indice de classement T90-119), AFNOR, 2004.
- [19] NF ISO 9297, Qualité de l'eau – Dosage des chlorures– Titration au nitrate d'argent avec du chromate de potassium comme indicateur (méthode de Mohr) (indice de classement T90-014), AFNOR, 2000.
- [20] FD T 90-112, Qualité de l'eau – Dosage de 8 éléments métalliques (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme, AFNOR, 1998.
- [21] NF T 90-040, Essais des eaux – Dosage des ions sulfates. Méthode néphélométrique, AFNOR, 1986.
- [22] Organisation Mondiale de la Santé, Directives pour la qualité de l'eau de boisson, 4th Edition, OMS, 2011.
- [23] Organisation Mondiale de la Santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson, Vol. 1, 3e édition, OMS, 2004.
- [24] J. Rodier, L'analyse de l'eau, 9e édition. DUNOD, 2009.
- [25] FAO/WHO, Expert Committee on Food Additives, WHO Food Additives Series No 50, 2003.
- [26] K. P. Cantor, "Drinking water and cancer", Cancer Causes and Control, vol. 8, pp. 292-308, 1997.
- [27] R. D. Morris, "Drinking water and cancer", Environ Health Perspect, vol. 103, pp. 225-231, 1995.