

Détermination de la demande en chlore des eaux de puits et de forages d'un quartier périurbain de la ville de Lomé : incidence sur la désinfection

Assessment of chlorine demand of water from open wells and boreholes located in a peri-urban part of lome (togo).

Bawa L.M.^{1*}, Tchakala I.¹, Djanéyé-Bouindjou G¹.

Résumé

Ce travail a eu pour but de déterminer la demande en chlore des eaux de puits et de forages d'un quartier périurbain de la ville de Lomé. Les principaux résultats obtenus sont présentés comme suit :

- Le pH des eaux varie entre 5.3 et 7.4. Plus de 60% des points d'eau ont un pH compris entre 6.5 et 8.5. Les eaux sont moyennement ou fortement minéralisées (la salinité est comprise entre 325 et 1200 mg/L).
- Les composés minéraux azotés (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) ont des concentrations qui varient respectivement de 0.07 à 0.4 mg/L, de 0.01 à 0.3 mg/L et de 1.6 à 7.2 mg/L. Ces valeurs sont inférieures aux concentrations limites de l'OMS. L'oxydabilité au permanganate de potassium varie de 0.3 à 1.4 mgO₂/L.
- Les valeurs de la demande en chlore varient entre 0.6 et 3.5 mg/L. Les courbes de break point montrent que la demande immédiate en chlore n'est pas nulle. Les pentes de la zone d'accumulation du chlore libre ont des valeurs très élevées (0.80 à 0.98). Ce qui témoigne de la présence dans l'eau d'éléments fortement réducteurs et des traces d'éléments dont la cinétique de consommation du chlore est relativement lente.

Mots clés :

Eau de puit, eau de forage, demande en chlore.

Abstract

This study was undertaken to assess chlorine demand of water from some open wells and boreholes located in a peri-urban area of Lomé (Agoué). The main results are summarized as follows:

- pH values ranged from 5.3 to 7.4. More than 60% of springs have pH values ranging between 6.5 and 8.5. Total salinity varied from 325 mg/L to 1200 mg/L.
- The contents of ammonia, nitrite and nitrate ions (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) varied respectively from 0.07 to 0.4 mg/L, from 0.01 to 0.3 mg/L and from 1.6 to 7.2 mg/L. These contents are lower than the levels recommended by the WHO.
- Break-point curves showed on the one hand that instantaneous chlorine demand was not nil, and on the other hand that waters contained very low contents of slow oxidizable compounds.

Key words:

Peri-urban area, open well, borehole, chlorine demand.

^{1*}Correspondant : Bawa L. Laboratoire de Chimie de l'Eau, Faculté Des Sciences, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo. Tél : (228) 320 24 30, Fax : (228) 221 85 95 ; Email: bawamoktar@yahoo.fr.

1. Introduction

Les villes du Togo en général et la ville de Lomé la capitale en particulier, sont confrontées depuis quelques années à une importante pénurie d'eau, surtout dans les quartiers périurbains.

Pour parvenir à s'approvisionner en eau, les populations de ces zones font recours aux eaux de puits et de forages appartenant à des personnes privées. Les eaux sont fournies sans traitement. Le traitement minimal généralement envisagé est la désinfection. Le réactif chimique le plus simple et le moins coûteux à mettre en œuvre est le chlore sous sa forme liquide (eau de javel) ou solide (hypochlorite de calcium). La dose doit être déterminée expérimentalement.

Le but de cette étude est de déterminer la demande en chlore des eaux de puits et de forages très fréquentés d'un quartier périurbain de Lomé.

2. Matériel et méthodes

Les échantillons d'eau (quatre puits et huit forages de grande fréquentation) ont été prélevés dans des bouteilles plastiques puis acheminés au laboratoire dans une glacière. Les méthodes d'analyse utilisées sont pour la plupart tirées des normes AFNOR [1,2]. Le tableau 1 précise les méthodes et les équipements utilisés.

Le chlore utilisé est une solution commerciale d'eau de javel La Croix titrant environ 2.6%. Le traitement informatique des données est réalisé grâce au logiciel Xlstat.

3. Résultats expérimentaux

3.1. Caractéristiques physicochimiques des eaux

Quelques paramètres physicochimiques permettant de caractériser les eaux ont été mesurés. Les résultats (tableau 2) montrent que les eaux ont des valeurs de pH comprises entre 5.3 et 7.3. Toutes les eaux de puits ont des valeurs de pH inférieures à 6.5. Environ 62 % des forages ont des valeurs de pH comprises entre 6.5 et 8.5 comme recommandé par l'OMS [3].

Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 340 et 1570 $\mu\text{s/cm}$; indiquant une salinité moyenne (250 mg/L) ou une salinité forte (1040 mg/L). L'eau de la ville de Lomé, d'origine souterraine a une salinité comprise entre 700 et 800 mg/L [4,5]. Les eaux sont claires ; les valeurs de la turbidité sont inférieures à 5 NTU. Elles contiennent par ailleurs de faibles concentrations en matières oxydables (inférieures à 2 mgO_2/L).

Tableau 1 : Matériel et méthodes

Paramètres	Méthodes	Equipements
pH	Electrométrie	pHmètre WTW pH330i
Conductivité électrique	Conductimétrie	Conductimètre WTW Cond 330i
Turbidité	Néphélométrie	Turbidimètre DRT100B , 20012
Calcium	Complexométrie à l'EDTA	-
Magnésium	Complexométrie à l'EDTA	-
Oxy KMnO_4	Milieu acide et à chaud	-
Chlore	DPD, orthotolidine ou iodométrie	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
NH_4^+	Méthode spectrophotométrique. Indophénol 630 nm.	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
NO_2^-	Méthode spectrophotométrique. Amino-4 benzène sulfonamide, 540 nm.	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
NO_3^-	Méthode spectrophotométrique. Acide sulfosalicylique, 415 nm.	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Fe	Méthode spectrophotométrique. Phénantroline, 510 nm.	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Mn	Méthode spectrophotométrique (oxydation du manganèse à l'état permanganique , 525 nm).	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques des eaux.

Paramètres	Unités	Directives OMS	Puits	Forages
pH	-	6.50 – 8.50	5.40 – 6.43	5.30 – 7.30
Cond Elec	□s/cm	400 *	450 - 1570	340 - 1460
Salinité	mg/L	-	320 - 1200	240 - 1040
Turbidité	NTU	5	1.5 – 7.5	0.7 – 3.0
Calcium	mg/L	100*	10.5 – 120.0	42.3 – 53.6
Magnésium	mg/L	50*	9.6 – 48.0	33.0 – 47.6
Oxy KMnO ₄	mgO ₂ /L	2*	0.3 – 1.2	0.2 – 1.4

* Valeur guide UE

En ce qui concerne les composés minéraux azotés (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) et les éléments métalliques (Fe et Mn), le tableau 3 montre que les concentrations en ammonium en nitrites et en nitrates varient respectivement de 0.07 à 0.42mg/L, de 0.01 à 0.25 mg/L et de 1.7 à 5.0 mg/L. Toutes ces valeurs sont inférieures aux valeurs limites recommandées par l’OMS [3].

Tableau 3 : Composés minéraux azotés et éléments métalliques contenus dans les eaux..

Paramètres	Unités	Directives OMS	Puits	Forages
NH ₄ ⁺	mg/L	1.5	0.10 – 0.35	0.07 – 0.42
NO ₂ ⁻	mg/L	3	0.02 – 0.23	0.01 – 0.25
NO ₃ ⁻	mg/L	50	4.2 – 5.0	1.7 – 7.2
Fe	mg/L	0.3	0.23 – 0.42	0.24 – 0.80
Mn	mg/L	0.4	0.14 – 0.40	0.14 – 0.80

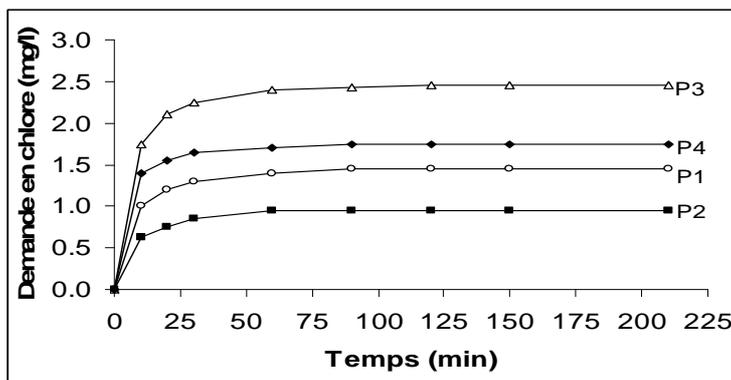
Les valeurs des concentrations des nitrates de ces eaux sont particulièrement faibles, comparées aux valeurs habituellement mesurées dans les eaux de certains quartiers de la ville de Lomé (150 à 450 mg/L de nitrates) [6,7].

Les eaux contiennent du fer et du manganèse à des concentrations appréciables. Plus de 40 % des échantillons ont des valeurs supérieures aux valeurs recommandées par l’OMS.

3. 2. Demande en chlore des eaux

Pour déterminer la demande en chlore des eaux, nous avons dans un premier temps déterminé les temps de contact nécessaires entre l’eau et le chlore ; puis nous avons déterminé la demande en chlore par la méthode de break point.

La cinétique de consommation de chlore a été réalisée en appliquant à pH libre de l’eau 6.0 mg/L de chlore. Le chlore résiduel est ensuite dosé à différents temps. La figure 1 montre quelques courbes de cinétique de consommation de chlore des eaux de puits. Ces courbes montrent une consommation rapide du chlore dans les 15 premières minutes suivie d’une consommation lente entre 20 et 60 minutes. Les plateaux sont observés après 75 minutes de temps de contact. Ces résultats

**Figure 1** : Courbes de cinétique de consommation de chlore des eaux de puits.

montrent par ailleurs que les quantités de chlore consommées varient considérablement d'une eau à une autre. Des consommations variant de 1.0 à 2.5 mg/L ont été mesurées dans les eaux de puits et des consommations de l'ordre de 1.8 à 3.5 dans le cas des eaux de forages.

La figure 2 indique quelques exemples de courbes de break point des eaux de puits.

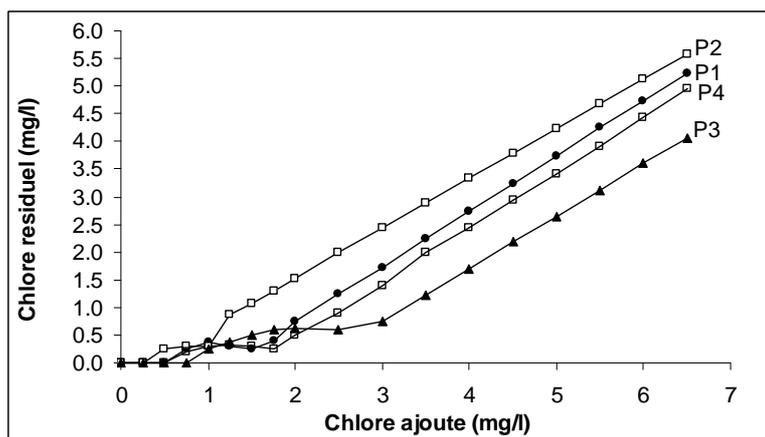


Figure 2 : Courbes de break point des eaux de puits.

Le temps de contact observé est de 2 heures. Ces résultats (tableau 4) montrent que la demande immédiate en chlore est non nulle (0.25 et 0.75 mg/L). Ce qui traduit la présence dans l'eau de composés qui consomment rapidement du chlore [8]. Les valeurs de break point varient de 0.9 à 2.6 mg/L dans les eaux de puits et de 0.65 à 3.36 mg/L dans le cas des eaux de forages. Toutes ces valeurs sont supérieures aux valeurs théoriques attendues en tenant compte uniquement de la concentration en ammonium (7.6 [NH₄⁺]). Les valeurs des pentes du chlore libre varient entre 0.80 et 0.98. Ce qui témoigne de la quasi absence de la zone d'accumulation de composés consommateurs de chlore à long terme [9,10].

Nous avons enfin recherché des corrélations éventuelles entre les différents paramètres de la demande en chlore et les paramètres physicochimiques de l'eau. Le tableau 5 montre la matrice de corrélation obtenue.

Les résultats montrent que la demande en chlore est fortement corrélée avec la concentration en ammonium, en nitrites et avec le pH ; et dans une moindre mesure

avec l'oxydabilité au permanganate de potassium. La demande en chlore est faiblement corrélée avec le fer, ce qui indique qu'une bonne partie du fer est sous la forme particulière ou oxydée. Une partie importante des matières oxydables ne consomment pas le chlore durant le temps de contact observé. La demande initiale en chlore est corrélée avec les mêmes paramètres que la demande en chlore, mais les coefficients de corrélation sont relativement plus faibles avec l'oxydabilité au permanganate de potassium et avec le fer.

La pente n'est corrélée à aucun paramètre. Seul le calcium présente un coefficient de corrélation de l'ordre de 0.5. Cette valeur indique que l'anion associé au calcium peut être responsable de la consommation de chlore après le break point.

Tableau 4 : Indicateurs de consommation de chlore des eaux.

Paramètres	Unités	Puits	Forages
Demande immédiate	mgCl ₂ /L	0.25 – 0.75	0.25 – 0.75
Break point	mgCl ₂ /L	0.90 – 2.60	0.65 – 3.36
Pente	-	0.80 – 0.98	0.87 – 0.98

Tableau 5 : Matrice de corrélation entre les paramètres des eaux.

Variables	pH	T°C	Cond	Turb	NO ₂	NH ₄	NO ₃	KMnO ₄	Fe	Mn	Mg	Ca	D Cl ₂	Pt	Di
pH	1														
T°C	0,238	1													
Cond	-0,362	0,165	1												
Turb	-0,187	-0,120	0,110	1											
NO ₂	0,574	0,299	-0,133	0,315	1										
NH ₄	0,718	0,078	-0,168	-0,053	0,742	1									
NO ₃	-0,527	0,290	0,420	0,169	-0,059	-0,281	1								
KMnO ₄	0,368	0,203	0,015	0,482	0,631	0,611	-0,030	1							
Fe	0,200	0,038	0,186	-0,301	0,083	0,363	-0,403	-0,141	1						
Mn	-0,089	0,227	-0,124	-0,072	0,183	0,101	0,205	-0,302	0,423	1					
Mg	0,017	0,124	-0,034	-0,788	-0,451	-0,182	0,114	-0,613	0,312	0,191	1				
Ca	-0,315	-0,317	-0,098	-0,255	-0,296	-0,411	-0,054	-0,454	-0,252	-0,404	0,194	1			
D Cl ₂	0,714	0,074	-0,197	-0,094	0,728	0,994	-0,293	0,630	0,317	0,043	-0,181	-0,368	1		
Pt	-0,355	0,102	-0,161	0,032	-0,174	-0,492	0,317	-0,399	-0,141	-0,153	-0,194	0,501	-0,445	1	
Di	0,74	0,068	0,036	0,167	0,783	0,682	-0,091	0,375	0,115	0,060	-0,172	-0,406	0,647	-0,378	1

4. Conclusion

Les eaux étudiées présentent des caractéristiques physicochimiques acceptables. La plupart des paramètres ont des valeurs qui respectent les directives de l'OMS.

Les doses de consommation de chlore nécessaires pour assurer la désinfection de ces points d'eau sont différentes. Une quantité de chlore suffisante pour une eau d'un puits ou d'un forage peut être insuffisante ou trop importante pour une autre eau.

En définitive, le choix de la dose de chlore passe forcément par la détermination préalable de la demande en chlore de chaque point d'eau.

5. Bibliographie

- [1] AFNOR, in Afnor (Eds) Recueil des normes françaises, Paris, 1986.
- [2] Rodier J. in Dunod (Eds) L'analyse de l'eau, Paris ; 138.
- [3] OMS Directives de qualité pour l'Eau de boisson, vol 1, Deuxième édition, Genève, 1994.
- [4] Djanéyé-Boundjou G., Bawa L. M, Boukari Y., Foly K. E. J. Rech. Sci. Univ. Bénin (Togo), 2(1) 1998 : 81-87.
- [5] Boukari Y., Bawa L.M., Djanéyé-Boundjou G. Bull.Chem.Soc.Ethiop.13(1), 1999 11-21.
- [6] Boguido G., 2003. Problématique d'approvisionnement en eau potable dans les quartiers périphériques de Lomé. Mémoire Ingénieur des Travaux, ESTBA, Université de Lomé.
- [7] Rapport final de suivi de la qualité des eaux du lac de Bé, avant, pendant et après le curage, septembre 2000, Université du Bénin, Lomé.
- [8] Doré M. in Tec et Doc (Eds) Chimie des oxydants et traitement des eaux, Paris 1989, 143-228.

[9] March J. G.; Gual M. and Ramonell J. *Desalination*, 181, 1-3 (2005) 267-273.

[10] Jadas-Hecart A.; El Morer A.; Stitou M.; Bouillot P.; and Legube B. *Water research* 26, 8, (1992), 1073-1084.