

Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)

Gnagne Agness Essoh Jean Eudes Yves

Laboratoire de thermodynamique et de physico-chimie du milieu,
Unité de Formation de Recherche en Science Fondamentale Appliquée
(SFA), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Yapo Wolfgang

Laboratoire des eaux et des aliments,
Institut National d'Hygiène publique (INHP)

Ballet Tiama Guy Nicaise

Traore Tiedaba

Okou Gnahoua Magloire

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, Unité de Formation et de
Recherches en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p129](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p129)

Submitted: 05 March 2024

Accepted: 02 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Gnagne Agness E.J.E.Y., Yapo W., Ballet Tiama G.N., Traore T., Okou G.M. (2024). *Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 129. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p129>

Résumé

Les puits traditionnels à usage domestique constituent une source importante en eau pour une frange de la population du district d'Abidjan. Étudier la qualité de cette eau devient une nécessité. C'est pourquoi ce travail a été initié. Il a pour objectif d'évaluer l'impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité des eaux. Pour mener à bien cette étude nous avons identifié, après enquête, cinq (5) puits traditionnels issus de la même zone géologique. Parmi ces puits choisis, quatre (4) possèdent des matériaux de protection tels que les pneus d'automobiles, les fûts métalliques, le plastique en PVC (polychlorure de vinyle) et les briques de ciment pour leur cuvelage. Quant au cinquième qui représente le puits

témoins, il ne possède pas de matériaux de protection ou cuvelage. Les eaux de ces puits ont été soumises à des analyses physico-chimiques sur la base de la norme française et celles décrites par Rodier *et al.* Les résultats de cette étude montrent que le fer et la silice qui sont des constituants chimiques des pneus d'automobiles, des briques et plastique en PVC sont en concentrations très importantes dans les eaux dont les cuvelages sont confectionnés à partir de ces matériaux. Les différents éléments chimiques (silice et fer) se retrouvent dans ces eaux par les réactions de dissolution et d'oxydation.

Mots-clés: Puits traditionnels, qualité de l'eau, matériaux de protection, Yopougon

Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)

Gnagne Agness Essoh Jean Eudes Yves

Laboratoire de thermodynamique et de physico-chimie du milieu,
Unité de Formation de Recherche en Science Fondamentale Appliquée
(SFA), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Yapo Wolfgang

Laboratoire des eaux et des aliments,
Institut National d'Hygiène publique (INHP)

Ballet Tiama Guy Nicaise

Traore Tiedaba

Okou Gnahoua Magloire

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, Unité de Formation et de
Recherches en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Traditional wells for domestic use are an important source of water for part of the population of the Abidjan district. It is essential to study the quality of this water. That is why this study was initiated, with the aim of studying the impact of materials used to protect traditional domestic wells on water quality. To carry out this study, we identified five (5) traditional wells by means of a survey. Four (4) of these wells had protective materials such as car tyres, metal drums, PVC plastic and cement bricks in the casing. The fifth, the control well, has no protective materials. Their water was subjected to physico-chemical analysis. These analyses were carried out using French standard methods and

those described by Rodier et al. Iron and silica, which are chemical constituents of car tyres and bricks, and PVC plastic exclusively in the case of silica, were found in very high concentrations in the water whose casings were made from these materials, compared with the control well. In fact, the control well is uncased and shares the same geological nature as the other cased wells. The various chemical elements (silica and iron) are found in this water through dissolution and oxidation reactions. The physico-chemical parameters of the wells with casings were compared with those of the control wells using the non-parametric Mann-Whitney test, and the well waters were divided into groups using Principal Component Analysis (PCA).

Keywords: Traditional wells ; water quality ; protection materials ; Yopougon

1. Introduction

L'eau est indispensable à la vie. Elle doit donc être suffisante, sûre et accessible à tous. Un meilleur accès à une eau de boisson saine peut se traduire par des bénéfices tangibles pour la santé. À l'échelle mondiale, près de 90 % des maladies hydriques (diarrhée) sont liées à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. Plus d'un milliard de personnes dans le monde n'a pas accès à l'eau potable soit du fait de sa rareté ou de sa mauvaise qualité (OMS, 2017). L'alimentation en eau potable des populations est donc, une préoccupation majeure à l'échelle mondiale. Pour faire face à cette situation, l'État ivoirien a mis en place des politiques stratégiques de gestion des eaux depuis 1976 (Marc *et al.*, 1983). En milieu urbain, la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) assure seule l'approvisionnement en eau des populations. Cependant, la croissance démographique considérable et les conditions économiques difficiles dont la Côte d'Ivoire fait face, vont contribuer à rendre inefficaces les énormes efforts fournis par l'État. Ainsi, la quantité des ressources en eau fournie aux populations reste insuffisante (Ahoussi *et al.*, 2008) notamment dans la commune de Yopougon. En outre, le coût de l'abonnement et la facturation au mètre cube élevés dans un contexte de crise et de paupérisation grandissante obligent une partie de la population à recourir de plus en plus aux puits traditionnels, comme source alternative de satisfaction de leurs besoins domestiques en eau. En général, ces puits abondent dans des environnements malsains qui ne respectent pas les conditions hygiéniques mais surtout se trouvent dans les quartiers dits précaires (Yapo *et al.*, 2010) et qui ne disposent pas de réseaux d'assainissement. Ces puits à usage domestique possèdent une margelle, un cuvelage et souvent une fermeture confectionnée à partir de divers matériaux. Tous ses éléments constituent une barrière de protection physique des eaux de puits contre les pollutions générées par les milieux dans lesquels ils se trouvent (Okou, 2021). Le cuvelage qui est un revêtement des

parois du puits est en contact direct et continu avec l'eau. Toutefois, à notre connaissance, l'impact de la nature des matériaux constitutifs des cuvelages sur la qualité des eaux de puits traditionnels n'a pas encore fait l'objet d'étude. L'objectif général de notre étude est de déterminer l'impact de ces matériaux sur la qualité des eaux des puits traditionnels à usage domestique.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La commune de Yopougon s'étend sur une superficie d'environ 15 300 hectares. Elle est située à l'Ouest du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire), de latitude 5°19'27,412'' Nord et de longitude 4°5'22,51'' Ouest. Elle est délimitée au Nord, par les communes d'Abobo; au Sud par l'Océan Atlantique ; à l'Est, par la commune d'Attécoubé (Figure 1). On y dénombre 14 villages qui sont Adiopodoumé, Ayakro, Azito, Béago, île Boulay, Konan Ferrand, Kouté Village, Niangon-Adjamé, Niangon-Attié, Niangon-Lokoa, Petit Bouaké, Sikasso, Yopougon-Attié, Yopougon-Santé, est composée de 8 arrondissements (police ?), eux-mêmes subdivisés en 32 sous-quartiers (Konan *et al.*, 2022) pour une population totale de 1 571 065 habitants (RGPH, 2021).

2.2. Cadre géologique et hydrogéologique

La géologie du site se confond à celui du bassin sédimentaire côtier ivoirien qui s'étend sur 400 Km de long et 40 Km de large (Aghui et Biémi, 1984). Au nord, les terrains géologiques sont constitués par les sables, les argiles, les grès ferrugineux. Vers les bordures lagunaires, les vases et les sables lessivés sont rencontrés. Au sud, ce sont les sédiments du quaternaires constitués de sables des cordons marins, de sables, d'argiles et de grès ferrugineux avec des vases et des sables lessivés (Ahoussi *et al.*, 2008). Principalement, trois (3) catégories de nappes que sont la nappe du Quaternaire, la nappe du Continental Terminal encore appelée « nappe d'Abidjan » et la nappe fossile du Crétacé Supérieur ou Maestrichtien sont distinguées (Tastet, 1979).

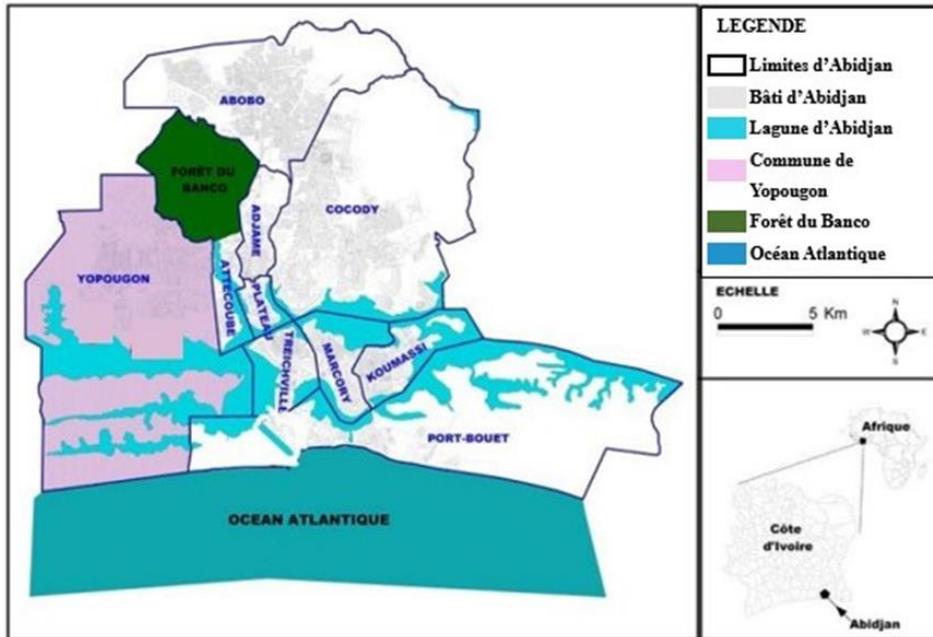


Figure 1 : Zone d'étude

2.2.1. Échantillonnage

2.3.1. Choix des puits traditionnels à usages domestique

Le choix des puits traditionnels à usage domestiques devant servir à l'étude s'est effectué en deux phases. La première phase a consisté à réaliser une campagne exploratoire. Cette campagne a été consacrée à la recherche et à l'identification des puits. L'objectif assigné était d'identifier dans l'absolu tous les puits des localités suivantes : Béago, Azito, Santé et Adiopodoumé. Ces localités sont des quartiers et villages de la commune de Yopougon qui ont été sélectionnés sur la base des critères suivants : la présence de puits, l'accessibilité du puits en toute saison et la densité de la population. Ce choix a été également conforté par les études de Gnagne (2009) et Okou (2021). Une enquête ménages a été réalisée. Elle a permis d'effectuer des observations sur la présence de puits, la nature des différents matériaux de protection des puits et les diverses utilisations de l'eau. Cette campagne a permis d'identifier 32 puits traditionnels à usage domestique. Dans le souci d'avoir tous les puits dans la même zone géographique, géologique et exposé au même type de pollution. Ainsi, le village "Santé" a été choisi. Le choix de ce village se justifie par une importante densité de puits avec des matériaux de protections divers (35% des puits).

La deuxième phase à consister à opérer un choix sur des puits traditionnels à usage domestique dans le village de Santé où le prélèvement devrait se faire. Au total, cinq (5) puits ont été échantillonnés pour évaluer

l'impact de la nature des matériaux constitutifs des cuvelages sur la qualité de l'eau. Ces cinq (5) puits ont été choisis de manière aléatoire (Figure 2). La méthode de tirage aléatoire a permis de sélectionner quatre (4) puits avec l'objectif que chaque matériau de protection utilisé dans les puits soit représenté dans cet échantillon. Un cinquième puits qui ne possède pas de cuvelage a été utilisé comme puits témoin (Tableau I).

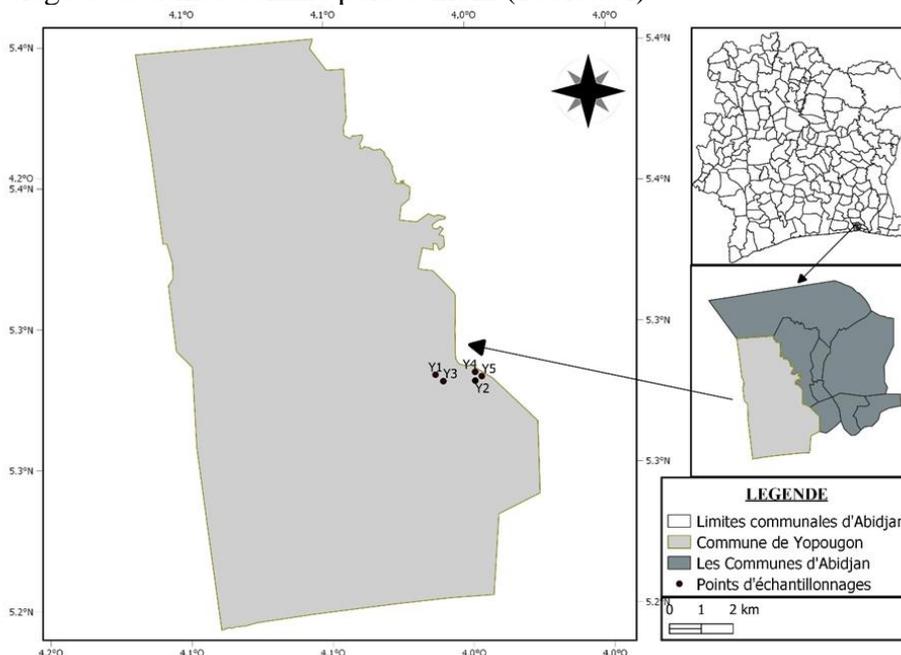


Figure 2 : Carte de répartition des puits échantillonnés

Tableau I : Caractéristiques des Puits à usage domestiques choisis

Puits	Caractéristiques
Y1PP	Puit à cuvelage en pneu
Y2PL	Puit à cuvelage en plastique PVC (polychlorure de vinyle)
Y3PM	Puit à cuvelage en métal (fut en fer)
Y4PB	Puit à cuvelage en brique
Y5PT	Puit sans cuvelage (Puits Témoin).

2.3.2. Prélèvement d'échantillons d'eaux de puits traditionnel à usage domestique

Trois (3) campagnes d'échantillonnage ont été réalisées en vue d'une caractérisation physico-chimique des eaux des cinq (5) puits traditionnels à usage domestique choisis. La campagne a été effectuée au cours des mois de Mars, Avril et Mai de l'année 2023. Le nombre total d'échantillons prélevés sont de quinze (15). Les prélèvements ont été effectués à l'aide de puisettes trouvées sur les lieux. Des flacons en polyéthylène de 1 L ont été utilisés. Chaque flacon a été rincé trois (3) fois avec l'eau à prélever, rempli à refus,

fermé hermétiquement et étiqueté avant d'être porté dans la glacière. Les échantillons ont été conservés à 4°C dans la glacière pendant le transport aux laboratoires.

2.3.3. Analyse des échantillons d'eaux

Les échantillons ont fait l'objet d'analyses physiques et chimiques selon les normes Françaises AFNOR (2021) et celles décrites par Rodier *et al.* (2009). Les analyses ont été effectuées au Laboratoire Central d'Analyse (LCA) de l'Université NANGUI ABROGOUA. Les paramètres et leurs méthodes d'analyse sont consignés dans le tableau II.

Tableau II : Méthodes et références des analyses des paramètres chimiques

Paramètres	Méthodes	Références
pH et Température	Électrochimique à l'électrode de verre	NF T 90 008
Conductivité	Électrochimique à la sonde	NF T 90-031
Oxygène dissous	Électrochimique à la sonde à oxygène	ISO 5814 : 2012
Turbidité	Méthode néphélométrique à la formazine	NF EN ISO 7027
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Spectrométrie d'absorption moléculaire	ISO 6777 : 1984
Nitrates (NO ₃ ⁻)	Spectrométrie avec l'acide sulfosalicylique	ISO 7890-3 : 1988
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Spectrométrie manuelle	ISO 7150-1 : 1984
Orthophosphate (PO ₄ ³⁻)	Spectrométrie au molybdate d'ammonium	NF EN ISO 6878
Silice (Si)	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NF T 90-007 : 2001
Fer (Fe)	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	NF T 90-112
Cuivre (Cu)	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	NF T 90-112

2.3.4. Traitement Statistique des données

Le traitement des données issues des analyses a été réalisé au moyen du Statistica 7.0. Ce logiciel a permis d'effectuer des analyses statistiques descriptives afin d'obtenir les maxima, les minima et les médianes. Il a aussi permis de réaliser des tests non paramétriques de comparaison et l'analyse en composante principale.

- Les tests non paramétriques, Kruskal Wallis et Mann-Whitney ont été utilisés car les données ne sont pas distribuées normalement. La valeur absolue des différences des rangs moyens de chacune des paires a été comparée à la valeur critique correspondante au risque $\alpha = 5\%$ ($p < 0,05$). Une valeur critique plus petite confirme que la différence entre les constituants de la paire est significative. Le signe de la différence des rangs moyens permet de déterminer la valeur prépondérante dans la paire considérée.
- L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est un outil d'analyse de données qui permet d'établir une similarité entre ces individus, de chercher des groupes d'individus homogènes, de mettre en évidence

des bilans de liaisons entre variables et à établir des liaisons entre groupes de variables et individus (Clarke *et al.*, 1993).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux des puits traditionnels

Dans le tableau III sont consignées les teneurs médianes des paramètres hydrochimiques des eaux des cinq puits traditionnels de la commune de Yopougon. En général, il est constaté que les eaux des puits présentent des valeurs de pH qui varient de 3,32 dans les eaux du puits Y3PM à 6,60 dans les eaux du puits Y1PP. Ces eaux ne répondent pas aux normes de potabilité (OMS 2017). Les températures des eaux oscillent entre 26,00°C et 31,70°C. Les valeurs de température que présentent l'ensemble des puits sont supérieures à 25°C. La conductivité électrique oscille entre 330 µS/cm et 1221 µS/cm. En ce qui concerne la conductivité, seules les eaux du puits Y1PP ont une valeur de conductivité supérieure à la norme ivoirienne qui impose des valeurs comprises entre 200 et 1100 µS/cm (Anonyme, 2020). La teneur en oxygène dissous varie de 2,62 mg/L à 34,86 mg/L. Les valeurs de turbidité de ces eaux vont de 1,01 NTU à 22,90 NTU. La plupart des eaux des puits échantillonnés sont troublent avec une turbidité supérieure à la norme ivoirienne (1 NTU).

On constate que les eaux des puits étudiés ont des teneurs en nitrites inférieures à la norme ivoirienne (0,50 mg/L). En effet, elles oscillent entre 0,01 mg/L et 0,20 mg/L. Les teneurs en nitrates varient de 18,70 mg/L mesurées dans les eaux du puits Y3PM à 115,30 mg/L mesurées dans les eaux du puits Y5PT. Presque les eaux de tous les puits présentent des teneurs inférieures à la norme ivoirienne et celle de l'OMS qui est de 50 mg/L, sauf les puits Y1PP et Y5PT dont les teneurs minimales sont respectivement de 100 mg/L et 114,50 mg/L. Les eaux des puits étudiés contiennent de l'ammonium avec des teneurs comprises entre 0,03 mg/L et 8 mg/L. Les eaux des puits Y2PL, Y3PM et Y4PB respectent la valeur limite de la norme de Côte d'Ivoire (0,10 mg/L), sauf les eaux des puits Y1PP et Y5PT qui ne respectent pas cette valeur limite. Les concentrations en orthophosphate des échantillons d'eau analysées oscillent entre 0,19 mg/L et 2,70 mg/L. Les teneurs en silice de ces eaux varient de 29,00 mg/L à 290,00 mg/L. Toutes les eaux des puits étudiés présentent des teneurs en silice supérieures à la valeur guide maximale de l'OMS (30 mg/L) exceptées les eaux du puits Y5PT qui respectent cette norme. Concernant la teneur en fer, nous enregistrons une concentration de 1,08 mg/L pour les eaux du puits Y5PT et 3,88 mg/L pour celles du puits Y1PP. La totalité des eaux des puits échantillonnés présentent des valeurs supérieures à la valeur maximale de la norme ivoirienne (0,20 mg/L). La concentration en cuivre est comprise entre 0,09 mg/L et 0,40 mg/L. Toutes les

eaux de puits (Y1PP, Y2PL, Y3PM, Y4PB et Y5PT) présentent des valeurs inférieures à la norme de Côte d'Ivoire et valeurs guides de l'OMS (2,00 mg/L).

Tableaux III : Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux

Puits	Paramètres												
		pH	T°C	Cond	O ₂ dissous (mg/L)	Turbidité (UNT)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu ²⁺ (mg/L)
Y1PP	Min	6,35	27,00	1194	18,06	2,94	0,18	100,00	2,40	2,40	285,00	3,47	0,19
	Méd	6,37	28,00	1213	28,17	3,21	0,19	100,20	2,60	2,50	287,0	3,84	0,20
	Max	6,60	30,20	1221	31,56	3,35	0,2	100,50	2,90	2,70	290,00	3,88	0,22
Y2PL	Min	6,24	30,00	658	7,57	1,01	0,03	28,30	0,03	0,20	29,00	1,38	0,09
	Méd	6,33	31,00	665	7,59	1,02	0,04	28,50	0,04	0,22	29,70	1,54	0,10
	Max	6,36	31,1	680	7,66	1,04	0,06	28,60	0,05	0,23	29,90	1,57	0,15
Y3PM	Min	3,32	30,6	330	3,99	22,7	0,01	18,70	0,06	0,40	52,00	1,83	0,10
	Méd	3,47	30,9	333	4,19	22,8	0,02	18,80	0,07	0,48	52,40	1,91	0,13
	Max	3,51	31,1	334	4,21	22,9	0,03	18,90	0,09	0,49	52,60	2,66	0,15
Y4PB	Min	5,82	31,3	357	2,62	10,00	0,01	26,20	0,04	0,30	58,00	1,63	0,10
	Méd	5,97	31,4	359	2,78	10,01	0,02	26,30	0,05	0,35	58,80	1,64	0,20
	Max	6,02	31,7	361	3,57	10,03	0,04	26,50	0,07	0,38	60,00	2,27	0,40
Y5PT	Min	6,22	26,00	1000	34,39	4,81	0,03	114,50	7,60	0,19	26,70	1,08	0,10
	Méd	6,23	28,00	1001	34,51	5,17	0,04	115,00	7,80	0,20	26,80	1,13	0,15
	Max	6,28	28,1	1001,20	34,86	7,3	0,06	115,30	8,0	0,21	26,90	1,25	0,23
Valeurs guides OMS	6,5-9,5	22-25	---	---	< 5,0	< 0,1	< 50	---	---	< 30	---	< 2	
Normes ivoiriennes	6,5-9	---	200-1100	---	< 1,0	0,1-0,5	< 50	< 0,1	---	---	< 0,2	< 2	

OMS : Organisation Mondiale de la Santé ; Min : minimum ; Méd : médiane ; Max : maximum ; Cond : conductivité ; Y1PP : Puit à cuvelage en pneu ; Y2PL : Puit à cuvelage en plastique PVC ; Y3PM : Puit à cuvelage en métal ; Y4PB : Puit à cuvelage en brique ; Y5PT : Puit sans cuvelage (Puits Temoin).

3.2. Classification et profil des eaux des puits étudiés

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) indique que le plan factoriel (F1-F2), illustrée par la figure 3, représente 83,07% de la variance expliquée. Par conséquent, il dégage la majorité des informations attendues. Le facteur 1 (F1) qui exprime 55,31 % de la variance expliquée est corrélé négativement au pH, à la conductivité, à l'oxygène dissous, aux nitrites, à l'orthophosphate, à la silice, au fer et au cuivre et positivement à la température (Tableau IV). Ce facteur traduit un phénomène de pollution en nutriment et en métaux. Les nitrates (NO₃⁻) et l'ammonium (NH₄⁺) contribuent fortement à la formation du facteur 2 (F2). Ce facteur exprime 27,76% de la variance expliquée. Il traduit une minéralisation de la matière organique en nutriment.

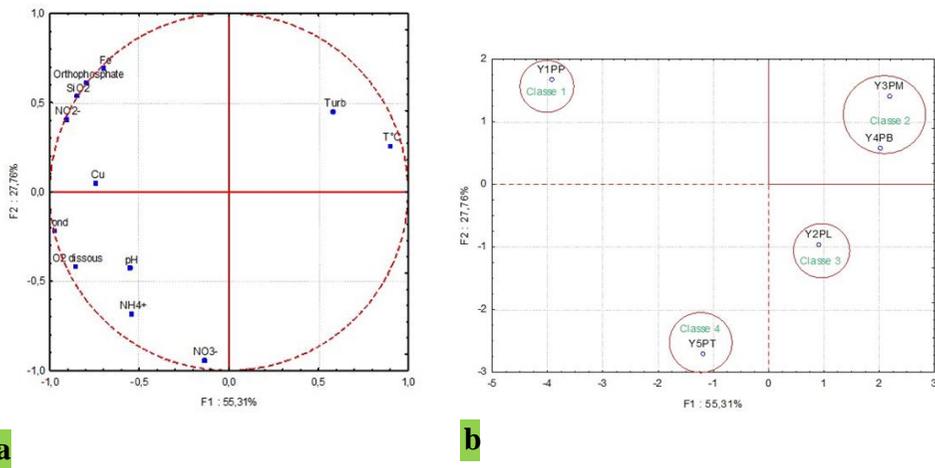


Figure 4 : a/Cercle de communauté du plan factoriel F1-F2 ; b/ Unités statistiques du plan factoriel F1-F2

Ainsi, il se dégage, du cercle de communauté (figure 4a) et des unités statistiques du plan factoriel F1-F2 (figure 4b), quatre (4) grandes classes d'eaux de puits traditionnel à usage domestique. Ce sont :

- Classe 1 concerne les eaux riches en métaux (Fe, Cu), en silice et en nutriment. Ce sont les eaux en contact avec les pneus d'automobiles comme cuvelage. Il s'agit des eaux du puits (Y1PP).
- Classe 2 est constituée d'eaux troubles et chaudes. Il s'agit des eaux provenant du puits avec cuvelage métallique et brique (Y3PM, Y4PB).
- Classe 3 correspond aux eaux moins minéralisées, moins oxygénées et pauvre en ETM et en nutriment. Il s'agit des eaux provenant des puits avec un cuvelage en plastique PVC (Y2PL).
- Classe 4 concerne les eaux fortement minéralisées par la dégradation de la matière organique. Ces eaux sont issues du puits témoin. Ce puits ne comprend pas de matériaux au niveau du cuvelage. L'eau est en contact direct avec le sol.

3.3. Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité des eaux

Dans cette étude, les matériaux utilisés pour la confection des paramètres de protection (cuvelage) sont constitués de pneus d'automobiles, de briques, de plastique en PVC et de métal.

❖ **Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des eaux des puits**

✓ **Eaux des puits Y1PP et Y5PT**

Le Tableau V montre la variation des paramètres physiques et chimiques des eaux des puits Y1PP et Y5PT. Selon le test U de Mann-Whitney, les variations observées au niveau des valeurs de la température et de la concentration de cuivre dans les eaux des deux puits ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). Cependant, les variations des valeurs médianes des paramètres physiques que sont l’oxygène dissous, la turbidité, le pH et la conductivité observées entre les eaux des deux puits sont significativement différentes ($p < 0,05$). C’est également le cas des concentrations médianes des nitrates, ammonium, Fer, silice et orthophosphate. Selon ce test, les concentrations médianes d’ammonium et nitrate ainsi que les valeurs médianes d’oxygène dissous et de turbidité sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles mesurées dans les eaux du puits Y1PP. Par contre, les valeurs et concentrations médianes du pH, de la conductivité, du Fer, de la silice, du nitrite et de l’orthophosphate sont plus élevées dans les eaux du puits Y1PP que celles mesurées dans les eaux du puits Y5PT.

Tableau V : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney

	Y1PP	Y5PT	Somme Rgs Y1P1	Somme Rgs Y5P5	N Actif	niveau $P < 0,05$
pH	6,37	6,23	15	6	3	0,049535
T°C	28	28	10	11	3	0,81664
Conductivité	1213	1001	15	6	3	0,046302
O₂ dissous	28,17	34,51	6	15	3	0,049535
Turbidité	3,21	5,17	6	15	3	0,049535
Nitrites	0,18	0,03	15	6	3	0,025348
Nitrates	100,2	115	6	15	3	0,046302
Ammonium	2,4	7,6	6	15	3	0,025348
Orthophosphates	2,41	0,2	15	6	3	0,046302
Silice	285	53,6	15	6	3	0,036905
Fer	3,84	1,13	15	6	3	0,049535
Cuivre	0,20	0,15	12	9	3	0,512691

✓ **Eaux des puits Y2PL et Y5PT**

Le test de Mann-Whitney dont les résultats sont consignés dans le **Tableau VI**, indique que les variations observées au niveau des valeurs de pH, de cuivre, de nitrates et de nitrites dans les eaux des puits ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). En outre, les variations des valeurs médianes des paramètres physiques que sont la température, la conductivité, l’oxygène dissous et la turbidité observées entre les eaux des deux puits sont significativement différentes ($p < 0,05$). C’est aussi le cas des concentrations médianes des paramètres chimiques que sont l’ammonium, l’orthophosphate, la silice et le fer. Selon ce test les valeurs médianes du pH et de la température ainsi que les concentrations médianes de l’orthophosphate, la silice et le fer

sont plus élevées dans les eaux du puits Y2PL que celles des eaux du puits Y5PT. Tandis que les valeurs et concentrations médianes de la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité, les nitrates, l'ammonium et le cuivre sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles des eaux du puits Y2PL.

Tableau VI : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney

	Y2PL	Y5PT	Somme Rgs Y2PL	Somme Rgs Y5PT	N Actif	niveau P<0,05
pH	6,33	6,23	14	7	3	0,126631
T°C	31	28	15	6	3	0,043115
Conductivité (µS/cm)	665	1001	6	15	3	0,046302
O₂ dissous (mg/L)	7,59	34,51	6	15	3	0,049535
Turbidité (NTU)	1,02	5,17	6	15	3	0,049535
Nitrites (mg.L)	0,04	0,04	10,5	10,5	3	1
Nitrates (mg/L)	28,5	115	6	15	3	0,443115
Ammonium (mg/L)	0,04	7,8	6	15	3	0,025348
Orthophosphates (mg/L)	0,22	0,2	15	6	3	0,046302
Silice (mg/L)	29,7	26,8	15	6	3	0,046302
Fer (mg/L)	1,54	1,13	15	6	3	0,049535
Cuivre (mg/L)	0,1	0,15	7	14	3	0,126631

✓ **Eaux des puits Y3PM et Y5PT**

D'après le **Tableau VII**, les différences observées au niveau des valeurs et concentrations médianes de pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité, les nitrites, les nitrates, l'ammonium, l'orthophosphate, la silice, le fer et le cuivre observées dans les eaux des deux puits sont significativement différentes ($p < 0,05$). Selon ce test U de Mann-Whitney les concentrations médianes des nitrites, nitrates, ammonium et cuivre ainsi que les valeurs de conductivité et d'oxygène dissous sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles enregistrées dans les eaux du puits Y3PM. Par contre, les valeurs et concentrations médianes de pH, de température, de turbidité, d'orthophosphate, de silice et de fer sont plus élevées dans les eaux du puits Y3PM que celles des eaux du puits Y5PT.

Tableau VII : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney

	Y3P M	Y5P T	Somme Rgs Y3PM	Somme Rgs Y5PT	N Actif	niveau P<0,05
pH	3,47	6,23	6	15	3	0,049535
T°C	30,9	28	15	6	3	0,046302
Conductivité (µS/cm)	333	1001	6	15	3	0,046302
O₂ dissous (mg/L)	4,19	34,5 1	6	15	3	0,049535
Turbidité (NTU)	22,8	5,17	15	6	3	0,049535
Nitrites (mg/L)	0,02	0,04	6	15	3	0,025348
Nitrates (mg/L)	18,8	115	6	15	3	0,033896
Ammonium (mg/L)	0,07	7,8	6	15	3	0,025348
Orthophosphates (mg/L)	0,48	0,2	15	6	3	0,046302
Silice (mg/L)	52,4	26,8	15	6	3	0,036905

Fer (mg/L)	1,91	1,13	15	6	3	0,049535
Cuivre (mg/L)	0,13	0,15	6	15	3	0,049535

✓ **Eaux des puits Y4PB et Y5PT**

Selon le test de Mann-Whitney, les variations observées au niveau des concentrations des ions orthophosphates, nitrites, nitrates, ammonium, silice, fer et cuivre ainsi que les valeurs du pH, la température, la conductivité, l’oxygène dissous et la turbidité observées dans les eaux des deux puits sont significativement différentes ($p < 0,05$) (Tableau VIII). Selon le test, les concentrations médianes des ions orthophosphate, silice et le fer ainsi que les valeurs médianes de la température et de la turbidité sont plus élevées dans les eaux du puits Y4PB que celles mesurées dans les eaux du puits Y5PT. Par contre les valeurs et concentrations médianes du pH, de la conductivité, de l’oxygène dissous, des nitrites, des nitrates, de l’ammonium et du cuivre sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles mesurées dans les eaux du puits Y4PB.

Tableau VIII : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney

	Y4PB	Y5PT	Somme Rgs Y4PB	Somme Rgs Y5PT	N Actif	niveau P<0,05
pH	5,97	6,23	6	15	3	0,049535
T°C	31,4	28	15	6	3	0,046302
Conductivité (µS/cm)	359	1001	6	15	3	0,046302
O₂ dissous (mg/L)	2,78	34,51	6	15	3	0,049535
Turbidité (NTU)	10,01	5,17	15	6	3	0,049535
Nitrites (mg/L)	0,04	0,04	10,5	10,5	3	1
Nitrates (mg/L)	26,3	115	6	15	3	0,043115
Ammonium (mg/L)	0,05	7,8	6	15	3	0,025348
Orthophosphates (mg/L)	0,35	0,2	15	6	3	0,046302
Silice (mg/L)	58,8	26,8	15	6	3	0,036905
Fer (mg/L)	1,64	1,13	15	6	3	0,049535
Cuivre (mg/L)	0,20	0,15	15	6	3	0,036905

4. Discussion

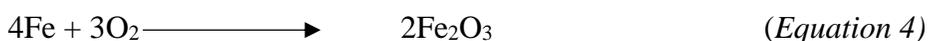
Dans cette étude, les matériaux utilisés pour la confection des paramètres de protection (cuvelage) sont constitués de : pneu, briques, plastique PVC et métal.

Les eaux du puits dont le cuvelage est en pneu (Y1PP) présente des valeurs de pH, de conductivité, de fer, de silice, de nitrites et d’orthophosphate supérieures à celui du puits témoin qui est démuné de paramètre de protection et partageant le même socle géologique que l’ensemble des puits choisis. La silice est un composant naturellement présent dans de nombreux types de sols et de roches, c’est un minéral que l’on trouve dans de nombreuses sources d’eau souterraine (Tett *et al.*, 2003), ainsi que le fer. Cependant, cette forte concentration de fer et de silice dans l’eau du puit Y1PP par rapport au puit

témoin (Y5PT) pourrait s'expliquer par un transfert de ces éléments chimiques dans l'eau grâce au contact régulier des pneus d'automobiles avec l'eau. En effet les pneus d'automobiles contiennent dans leurs compositions chimiques entre autres du fer et de la silice (Kordoghli, 2016). Ainsi le contact de l'eau avec les pneus vétustes constituant la margelle du puits Y1PP va finir par oxyder le fer et dissoudre la silice dans l'eau. Quant à la présence de phosphate et de nitrite dans ces eaux, cela pourrait être due au manque d'assainissement de la zone d'étude. Les résultats de l'ACP révèlent que les eaux de ce puits (Y1PP) sont riches en éléments métalliques tels que le fer et le cuivre, en silice et en nutriments. Les valeurs des paramètres physico-chimiques de ces eaux sont supérieures à la norme ivoirienne (Anonyme, 2020) et celle de l'OMS (2017).

Concernant les eaux du puits traditionnel ayant un cuvelage en plastique PVC (Y2PL), il présente des valeurs de pH et de température ainsi que des concentrations en ammonium, en silice et en fer supérieures au puits témoin. Le plastique PVC contient dans sa composition chimique de la silice (Trotignon *et al.*, 2006), cette concentration élevée de de silice dans l'eau de ce puits pourrait provenir de ce matériau. Ce qui expliquerait la concentration trop élevée de la silice dans le puits avec cuvelage par rapport au puit démunie de cuvelage. Les paramètres de qualité de ces eaux tels que les nitrites, les nitrates, les orthophosphates, et l'ammonium qui indique la pollution anthropique des eaux souterraines selon (Chippaux *et al.*, 2002; Ahoussi *et al.*, 2008; Yapo *et al.*, 2010; Deh *et al.*, 2012; Gnagne *et al.*, 2013) satisfont à la norme de potabilité des eaux (Anonyme, 2020; OMS, 2017). Selon l'ACP les eaux de ce puits sont moins minéralisées, moins oxygénées et pauvres en ETM et en nutriments.

Pour les eaux du puits qui possède un cuvelage en métal (fût en fer) (Y3PM), nous notons que les eaux de ce puits présentent des valeurs de pH, de température, de turbidité, d'orthophosphates, de silice et de fer élevées par rapport aux eaux du puits témoin. Le fer est le matériau de protection de ce puits contre les infiltrations et les éboulements. La concentration du fer élevée dans les eaux de ce puits, pourrait être due à la nature du matériau de protection (fût métallique). En effet, le contact de l'eau avec le cuvelage en fer va entraîner par oxydation du fer dans les eaux du puits traditionnel Y3PM (référence). La turbidité élevée de cette eau pourrait également être en partie dus à l'oxydation du fer ferreux (Fe^{2+}) en fer ferrique (Fe^{3+}) sous l'action de l'air (Rodier, 1996).



Les travaux de Okou (2021) stipulent que, le fer utilisé comme cuvelage, suite à l'oxydation de ce dernier pourrait conduire à court terme à

une coloration rougeâtre et un goût métallique de l'eau. La température élevée dans ces eaux serait due au fait que le métal est un matériau qui a tendance à conserver de la chaleur. L'ACP à travers les caractéristiques chimiques montre que les eaux de ce puits sont troubles et chaudes. Selon Ballet et al. (2018), la turbidité est une description de la transparence de l'eau, ou en d'autres termes la clarté de l'eau, c'est le premier paramètre perçu par le consommateur, et peut provoquer un rejet de la part de l'utilisateur.

Le puits qui contient le cuvelage en brique (Y4PB), contient en quantité excessive de silice et du fer par rapport au puits témoin. Les fortes teneurs en fer et en silice pourraient provenir du matériau de protection de ce puits. En effet, selon Memento de l'eau (1978), la composition chimique du ciment artificiel est la suivante : oxyde de calcium 60 à 70%, silice totale 19 à 24%, oxyde ferrique 2 à 6%, oxyde de magnésium < 5% et oxyde d'aluminium 4 à 7%. Il est donc possible que l'eau en contact avec les briques dissolve la silice et le fer en quantité importante dans l'eau. Les eaux de ce puits présentent des quantités de silice et de fer supérieures aux valeurs guides de l'OMS et de la norme ivoirienne.

Le puits témoin présente des concentrations élevées en certains paramètres de pollutions tels que les nitrites, les nitrates, l'orthophosphate et l'ammonium. Ces paramètres selon Yapou et al. (2010), constituent des indicateurs de pollutions anthropiques des eaux souterraines. Les fortes concentrations de ces éléments pourraient s'expliquer par le fait que ce puits est démuné de paramètre de protection, l'eau de ce puit est en contact direct avec le sol. Les infiltrations d'eau pourront donc se faire de tous les côtés. Les résultats de l'ACP montrent que les eaux de ce puits sont fortement minéralisées par la dégradation de la matière organique

Conclusion

Ce travail a porté sur l'étude relative à l'impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de leurs eaux. Le cuvelage des puits traditionnels impacte les eaux de la nappe phréatique. En outre, les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux ont montré que la nature des matériaux de confection des cuvelages a un impact sur la qualité des eaux des puits étudiés. Le fer et la silice qui sont des constituants chimiques des pneus d'automobiles des briques et plastique en PVC sont en concentration très importante dans les eaux par rapport aux eaux du puits témoin. En fait, le puit témoin est sans cuvelage mais partage la même nature géologique que les autres puits munis de cuvelage. Les différents éléments chimiques (silice et fer) se retrouvent dans ces eaux par les réactions de dissolution et d'oxydation. Les eaux du puits témoin sont riches en nutriment (azote, phosphore) résultant de la minéralisation de la matière organique. Les eaux du puits Y2PL doté d'un cuvelage en plastique présentent

une eau moins minéralisées pauvres en ETM et en nutriments que les eaux des autres puits. Ce type de cuvelage peut donc constituer une barrière intéressante contre la pollution métallique et organique des eaux des puits à usage domestique.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Afnor (2001). Qualité de l'eau : Analyses organoleptiques, Mesures physicochimiques, Paramètres globaux, Composés organiques. Aubenas Ardèche, 6e Edition (2), 629p
2. Aghui, N., & Biémi, J. (1984). Bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire : Géologie et Hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. Annales Univ Nat de CI, série C (Sciences), tome 20, 313-348.
3. Ahoussi, KE., Soro, N, Soro, G, Lasme, T, Oga, M. S, & Zade, S, P, (2008). Groundwater pollution in Africans biggest towns: case of the town of Abidjan (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol 20, N°2, 302-316.
4. Anonyme, (2020). Arrêté portant fixation des normes de l'eau destinée à la consommation humaine, à l'exclusion de l'eau minérale naturelle et de l'eau de source. Le Ministre de la santé et de l'hygiène publique, le Ministre des eaux et forêts, 17p.
5. Ballet, TGN., Gnagne, AEJEY, Fofana, V, & Yapo, OB, (2018). Evaluation de la perception des ménages de la qualité de l'eau du robinet de deux communes, Cocody et Yopougon de la ville d'Abidjan, côte d'Ivoire. *Afrique Science* 14(6) : 48-57.
6. Chippaux, JP., Houssier, S, Gross, P, Bouvier, C, & Brissaud, F, (2002). Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 94(2), 119-123.
7. Clarke, RK., & Ainsworth, M, (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92(3), 205-219.
8. Deh, SK., Kouame, KJ, Saley, MB, Tanoh, KJJ, Anani, EKA, Signo KH, Jourda JP, & Biémi J, (2012). Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO₃) des eaux souterraines du District

- d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(3), 1390-1408.
9. Gnagne, AE, (2009). Pollution urbaine et processus d'acidification des eaux de puits de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. DEA, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 57p.
 10. Gnagne, YA, Yapo, OB, Mambo V, Meité, L, & Houenou P, (2013). Pollution urbaine et processus d'acidification des eaux de puits de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 036, 55-61.
 11. Konan, KP, Adou, GAT, & Zran, OL, (2022). Les trajectoires résidentielles, révélatrices des modes d'habiter des ménages locataires des quartiers Port-Bouët II et Maroc dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire). *Revue Internationale du Chercheur « Volume 3 : N°3 »*, 441-464.
 12. Kordoghli, S., (2016). Mise au point d'un combustible innovant à partir des déchets de pneus usagés par pyrolyse. Thèse de Tunisie, 250p.
 13. Marc, C., Lavoie, & Viens P, (1983). Water quality control in rural Ivory Coast. *Trans of the roysof trol med and hyg*, 119-120.
 14. Memento technique des eaux minérales, (1978). Formulaire du foreur- Edition Technip, 235p.
 15. Okou, GM, (2021). Caractérisation physico-chimique des eaux de puits à usage domestique d'Abidjan et amélioration de leur qualité sur un massif filtrant argileux. Thèse de Doctorat Unique, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 202p.
 16. OMS (Organisation Mondiale de la Santé), (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. Intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum], Genève : Organisation mondiale de la Santé, 538p.
 17. RGPH, (2021). Résultats-globaux du recensement général de la population et de l'habitat en 2021, 37p.
 18. Rodier, J., (1996). Analyse de l'eau. (Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer). Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. DUNOD 8è édition Paris, 1384p.
 19. Rodier, J., Leguibe B, & Coll NM, (2009). Analyse de l'eau, 9ème édition Jean Rodier. Dunod, Paris. DUNOD, 1579p.
 20. Tastet JP., (1979). Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de Guinée, Côte d'Ivoire, Togo, Bénin. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeau I, 181p.
 21. Tett, P., Gilpin L, Svendsen, H, Erlandsson, CP, Larsson, U, Kratzen, S, Fouilland, E, Janzen, C, Lee, JY, Grenz, C, Newton, A, Ferreira, JG, Fernandes, T, & Scory S, (2003). Eutrophication and some European

- waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23 (2003), 1635-1671.
22. Trotignon, JP, Verdu, J, Dobraczynski, A, & Piperaud, M, (2006). *Matières plastiques. Structures propriétés, mise en œuvre, normalisation*. Nathan 2 éd., 231p.
23. Yapo, OB., Mambo, V, Seka, A, Ohou, MJA, Konan, F, Gouzile, V, Tidou, AS, Kouame, KV, & Houenou, P, (2010). Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(April), 289-307.