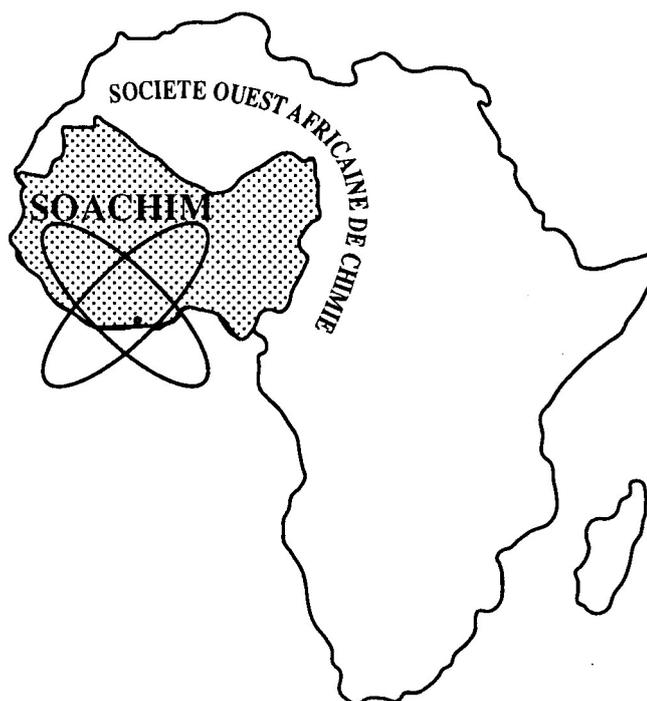


Note

Etude de la qualité métallique des eaux de puits du chef-lieu de la commune de Sinthiou Maléme de la région de Tambacounda (Sénégal).

**Maoudo Hane; Ibrahima Diagne; Momar Ndiaye;
Birame Ndiaye; Cheikh Tidiane Dione;
Dame Cissé; Abdoulaye Diop**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie
J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2020), 049 : 41 - 45
25^{ème} Année, Juin 2020



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2
Cote INIST (CNRS France) : <27680>
Site Web: <http://www.soachim.org>

Note

Etude de la qualité métallique des eaux de puits du chef-lieu de la commune de Sinthiou Maléme de la région de Tambacounda (Sénégal).

Maoudo Hane¹, Ibrahima Diagne¹, Momar Ndiaye^{1*}, Birame Ndiaye¹, Cheikh Tidiane Dione¹, Dame Cissé¹, Abdoulaye Diop¹

¹*Faculte des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chimie Physique Organique et d'Analyses Environnementales (LCPOAE)-UCAD, Dakar, Sénégal.*

(Reçu le 25/07/2019 – Accepté après corrections le 27/12/ 2020)

Résumé : Le but de ce présent travail est de déterminer la teneur en Eléments Traces Métalliques (ETM) (Cr^{6+} , Fe^{2+} et Zn^{2+}) dans les eaux de puits (P_1 , P_2 , P_3 et P_4) du chef-lieu de la commune de Sinthiou Maléme. Les échantillons prélevés ont été analysés en utilisant la méthode photométrique. Les résultats obtenus, après un suivi s'étalant sur une période de quatre mois (février, mars, avril et mai 2016), ont montré des concentrations importantes en éléments traces métalliques principalement le chrome (VI) et le fer (II). Dans ces eaux souterraines, la teneur en zinc (II) est très faible pour l'ensemble des points d'eaux étudiés. Elle est largement inférieure aux normes admissibles par l'OMS (3 mg.L^{-1}). Les teneurs en Cr^{6+} varient entre $0,02$ et $0,24 \text{ mg.L}^{-1}$ et celles du Fe^{2+} de $0,1$ à $0,69 \text{ mg.L}^{-1}$. Ces concentrations en chrome (VI) et en fer (II) sont supérieures aux normes admises par l'OMS ($0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ et $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivement). Les éléments traces métalliques (ETM) présents dans ces eaux de puits peuvent être issus des activités domestiques et certains phénomènes naturels. Ces eaux sont donc polluées et non potables à la consommation humaine.

Mots clés : Sinthiou Maléme, pollution, puits, éléments traces métalliques.

Study of the metal quality of water of well of the chief-location of the commune of Sinthiou Maléme of the area of Tambacounda (Senegal).

Abstract : The aim of present work was to assess the contents trace metallic elements (TME) (Cr^{6+} , Fe^{2+} and Zn^{2+}) in well water (P_1 , P_2 , P_3 and P_4) of the chief-location of the Municipality of Sinthiou Maléme. The chemical analyses on these last were performed using the photometric method. The results obtained after a follow-up over a periods of four months (February, March, April and May 2016), showed significant heavy metal concentrations, mainly chromium (VI) and iron (II). The zinc content (II) was very low for all the studied water points. It is largely lower than the acceptable standards of the World Health Organization which is (3 mg.L^{-1}). These subsoil waters present contents of Cr^{6+} which vary between $0,02$ and $0,24 \text{ mg.L}^{-1}$ and those of the Fe from $0,1$ to $0,69 \text{ mg.L}^{-1}$. These concentrations of chromium (VI) and iron (II) are higher than the acceptable WHO standards ($0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ and $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, respectively). Trace metallic elements (TME) present in these well water may result from domestic activities and certain natural phenomena. This water is thus polluted and unsuitable for human consumption.

Keywords : Sinthiou Maléme, pollution, wells, trace metallic elements.

1. Introduction

Depuis l'antiquité, l'eau a toujours été considérée comme une ressource renouvelable et inépuisable. Mais de nos jours, plusieurs pays d'Afrique sont touchés par l'épuisement et la dégradation de leurs ressources hydriques, du fait du développement des activités agricoles, industrielles et de l'occupation anarchique de l'espace^[1]. Au Sénégal, l'accès à l'eau potable en milieu rural constitue un problème d'ordre national. En 2015, le gouvernement du Sénégal a élaboré un Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire (PEPAM) amenant le taux d'accès en eau potable de 64% en 2004 à 82% en 2015^[2]. Dans la région de Tambacounda l'approvisionnement en eau potable n'est pas développé (30% en 2015)^[2]. En effet, la majorité des ménages utilisent l'eau provenant des puits publics à ciel ouvert, des puits individuels non protégés surtout en milieu rural plus précisément dans la commune de Sinthiou Maléme. Cette faible couverture en eau potable et les comportements à risques des populations (rejets d'usines, feux de brousse, mauvaise gestion des ordures ménagères,...) sont à l'origine des maladies graves dues à l'eau (choléra, Dengue, Diarrhée, Gale, Hépatites, Onchocercose, Paludisme,...). La composition chimique des eaux de puits dépend généralement de la nature géologique du sol d'où elles proviennent et aussi des substances réactives (polluants chimiques) qu'elles rencontrent lors de son écoulement. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la qualité de l'eau souterraine est déterminée par sa composition quantitative et qualitative, en matières en suspension et dissoutes, de nature minérale ou organique. Cette qualité peut cependant être altérée lorsque des substances indésirables voire toxiques entrent en contact avec la nappe. Nous pouvons ainsi évoquer la pollution des ressources en eau par les Eléments Traces Métalliques (ETM) tels que les ions Cr^{6+} , Fe^{2+} et Zn^{2+} qui peuvent, selon leur importance, être des polluants toxiques pour les consommateurs des eaux souterraines^[3]. Cette pollution constitue l'un des risques majeurs dans le monde actuel^[4]. La présente étude vise à déterminer la teneur en ETM (Cr^{6+} , Fe^{2+} et Zn^{2+}) présents dans les 4 puits publics à ciel ouvert, très utilisés dans le chef-lieu de la commune de Sinthiou Maléme, afin de sensibiliser les populations et les autorités sur les sources de contamination.

2. Matériel et méthodes

2.1 Zone d'étude

Notre site de prélèvement (Sinthiou Maléme) est une commune de la région de Tambacounda (Figure 1) constituée de 67 villages et de 13 hameaux avec une superficie de 1207 km² et une population de 20 357 habitants. Les principaux types de sols de cette zone sont les sols Deck Dior (64%) et les sols Dior (28%) avec un climat soudano-sahélien, une pluviométrie variant de 600 à 800 mm/an et les sols dominants sont ceux ferrugineux (latérites)^[5] et les profondeurs des nappes varient entre 35 à 40 m (phréatique) et 150 m (maestricien)^[6]. L'activité économique dominante est l'agriculture, elle occupe 70% de la population. La zone est essentiellement agropastorale et l'élevage reste traditionnel et extensif. Sur le plan hydraulique, la commune est relativement dotée en eaux souterraines exploitées à partir des puits traditionnels ou hydrauliques et des forages. De ce fait, elle dispose de plus d'une centaine de puits traditionnels, de 27 puits hydrauliques et de 3 forages dont 1 non fonctionnel avec un taux d'accès à l'eau potable de 69,3%^[6]. Cependant, ce chiffre cache mal le déficit en eau potable du fait du tarissement des puits qui diminue le nombre utilisable. Les puits retenus pour cette étude (P₁, P₂, P₃ et P₄) sont souvent appelés « ténou boùr » ce terme signifie puits public.

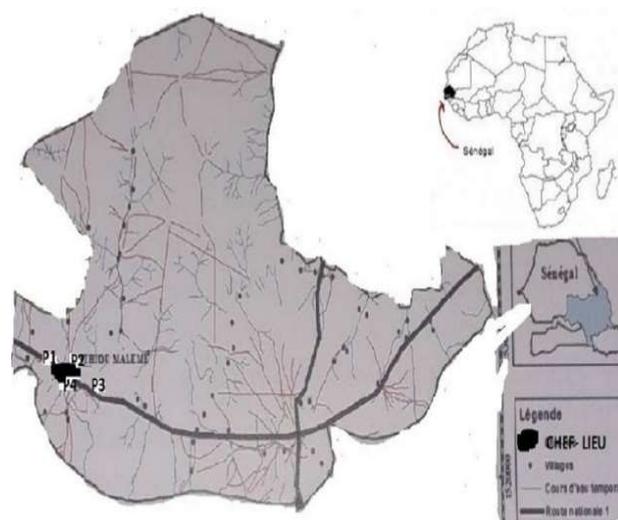


Figure 1: Sites de prélèvements

2.2 Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé, selon un dispositif complètement randomisé, dans quatre campagnes (février, mars, avril et mai 2016). Il a concerné quatre puits (P₁, P₂, P₃ et P₄) de profondeurs respectives 16, 13,9, 14 et 16,9 m. Pour chaque campagne, 4 prélèvements ont été effectués dans chacun des puits. Les échantillons d'eau ont été collectés dans des

bouteilles en polyéthylène de 250 mL numérotées de 1 à 4. Les bouteilles ont été préalablement lavées au détergent et rincées à l'eau distillée [7]. Avant le prélèvement, chaque bouteille a été rincée plusieurs fois avec l'eau à analyser. Les échantillons d'eau ont été conservés dans une glacière à une température de l'ordre de 4 °C et transportés jusqu'au laboratoire [7] pour une analyse chimique dans les 24h qui suivent [8].

2.3 Méthode d'analyse

Les Eléments Traces Métalliques (ETM) ont été mesurés avec un Photomètre PF-11 à cuve ronde. Les analyses ont été réalisées en suivant un protocole comportant les étapes décrites ci-dessous.

2.3.1 Préparation du blanc et de l'échantillon

Le blanc est constitué de l'échantillon d'eau à analyser sans ajout de réactifs. La préparation de l'échantillon à analyser consiste à ajouter des réactifs standards dans 5 mL d'échantillons d'eau prélevés. C'est une méthode d'analyse par ajout dosé.

2.3.2 Analyse des échantillons

L'analyse des échantillons a été faite par la méthode Visocolor Eco. La méthode consiste d'abord à choisir l'élément à doser (ETM). Ensuite, calibré l'appareil à 0 mg.L⁻¹ avec le blanc, avant chaque mesure. Enfin, l'échantillon est placé dans la cellule de mesure et le résultat obtenu en mg.L⁻¹ s'affiche sur l'écran de l'appareil.

2.3.2.1 Dosage du fer (II)

Un prélèvement de 5mL d'échantillon est versé dans un tube à essai dans lequel sont ajoutées 4 gouttes d'un premier réactif (Fe-1). Après quelques secondes d'agitation, une cuillère d'un second réactif (Fe-2) est rajoutée. La solution obtenue est homogénéisée. Le tube est ensuite nettoyé et la mesure est faite au bout de 7 minutes.

2.3.2.2 Dosage du Chrome (VI)

Un prélèvement de 5 mL de l'échantillon est versé dans un tube dans lequel est ajoutées 5 gouttes d'un premier réactif (Cr⁶⁺-1). Après quelques secondes d'agitation, 5 gouttes d'un second réactif (Cr⁶⁺-2) sont rajoutées. La solution obtenue est

homogénéisée. Le tube est ensuite nettoyé et la mesure est effectuée au bout de 3 minutes.

2.3.2.3 Dosage du zinc (II)

Un prélèvement de 5mL de l'échantillon est versé dans un tube dans lequel est ajoutées 5 gouttes d'un premier réactif (Zn²⁺-1). Après quelques secondes d'agitation, 5 gouttes d'un second réactif (Zn²⁺-2) sont rajoutées. Dix (10) gouttes d'un troisième réactif (Zn²⁺-3) sont introduites dans le tube. La solution obtenue est homogénéisée. Le tube est ensuite nettoyé et la mesure est faite au bout de 1 minute.

3. Résultats et discussion

Le tableau I regroupe les concentrations moyennes des ETM mesurées dans les échantillons d'eau provenant des quatre puits, pour les quatre campagnes effectuées, ainsi que les normes de l'OMS [9].

Tableau I : Teneurs moyennes des ETM et leur écart type pour chaque puits.

ETM mg.L ⁻¹	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	Normes OMS
Cr ⁶⁺ ± 6	0,10 ± 0,07	0,10 ± 0,05	0,18 ± 0,05	0,14 ± 0,08	0,05
Fe ²⁺ ± 6	0,50 ± 0,26	0,44 ± 0,17	0,26 ± 0,14	0,19 ± 0,09	0,3
Zn ²⁺ ± 6	< Ld	< Ld	< Ld	< Ld	3

Ld : limite de détection (0,1 mg.L⁻¹)

3.1 Le chrome (VI)

La figure 2 représente la variation de la teneur de chrome (VI) en fonction des puits.

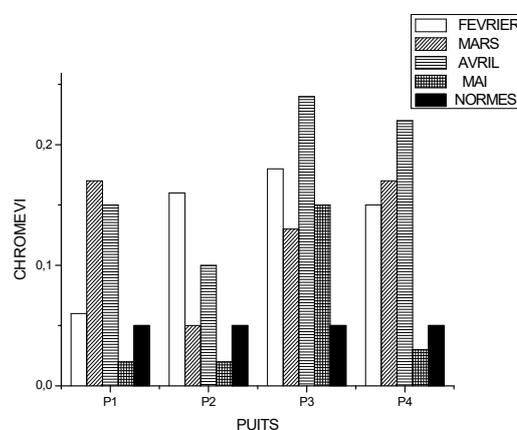


Figure 2 : Variation de la concentration en chrome (VI) en fonction des puits.

La teneur en chrome (VI) dans les eaux de puits étudiées varie entre $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ et $0,24 \text{ mg.L}^{-1}$. Dans les puits P₁, P₂ et P₃, la campagne d'avril est considérée comme la plus chargée en chrome (VI). Toutefois, les concentrations enregistrées au niveau des différents puits sont supérieures à la teneur fixée par l'OMS ^[9] excepté les campagnes du mois de mai dans les puits P₁, P₂ et P₄. Ces valeurs peuvent être néfastes pour la santé des consommateurs de ces eaux. Ces fortes teneurs peuvent être probablement dues aux débris des routes, aux lessivages des métaux en provenance d'ordures ménagères ^[10], aux déchets domestiques enfouis sous terre, aux feux de brousse ^[11] qui sont fréquents dans cette zone surtout entre les mois de mars et d'avril. Naturellement les roches traversées par ces eaux peuvent être, également, des sources de contamination.

3.2 Le Fer (II)

La figure 3 représente la variation de la teneur de fer (II) en fonction des puits.

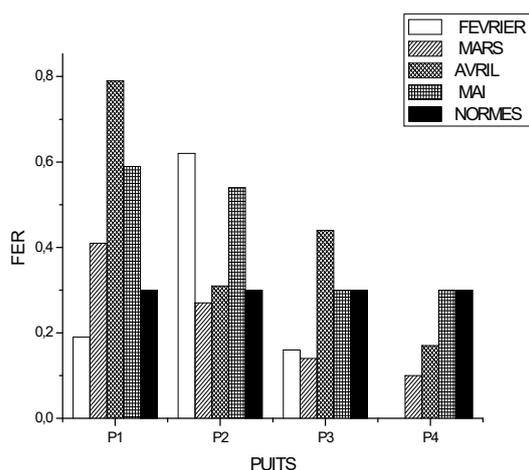


Figure 3: Variation de la concentration en fer (II) en fonction des puits.

Le fer est jugé sans influence sensible sur la santé selon l'OMS. Cet organisme préconise que pour qu'une eau soit potable, la concentration maximale acceptable doit être de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ et celle admissible de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ^[9]. Cependant, la présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations entraînant ainsi des problèmes de goût et d'odeur, ou même des tâches sur le linge ^[12]. De plus, 0 des taux plus élevés de fer pourraient augmenter des risques de maladies cardiovasculaires et de cancers ^[13].

Les concentrations en fer dans les échantillons sont très variables avec des valeurs comprises entre $0,76$

mg.L^{-1} (P₁) pour la campagne d'avril et $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (P₄) pour la campagne de mars. Cependant, seuls les teneurs au niveau des puits P₃ et P₄, pour les campagnes de février et mars, sont dans l'intervalle de valeurs recommandées par l'OMS. Ces concentrations peuvent ne pas avoir d'effets néfastes sur la santé du consommateur. Par contre, celles trouvées dans toutes les campagnes excepté celles de février au niveau du puits P₁ et de mars au niveau de P₂ dépassent légèrement la norme de l'OMS, ce qui pourrait créer des risques sanitaires pour les utilisateurs de ces puits. La source de contamination peut être attribuée au clivage des puits ou à la décomposition de la roche et des minéraux. Elle peut provenir également de l'introduction d'objet en fer métallique dans ces puits puisqu'ils sont à ciel ouverts.

3.3 Le Zinc (II)

Les eaux des puits étudiées contiennent du zinc à des teneurs très négligeables ce qui permet de dire que le zinc ne présente aucun danger pour les consommateurs de ces eaux. En effet, les concentrations enregistrées dans ces différents puits restent très inférieures à la limite de détection de l'appareil ($0,1 \text{ mg.L}^{-1}$) et aussi aux valeurs limites préconisées par l'OMS ^[9].

Les faibles teneurs en zinc dans les puits sont probablement liées à l'absence d'activités industrielles et artisanales génératrice de cet élément au niveau de la zone d'étude ^[10, 13].

4. Conclusion

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur la qualité métallique des eaux de consommation, notamment les eaux de puits de Sinthiou Maléme, il ressort que le chrome (VI) et le fer (II) analysés ne répondent pas aux normes fixées par l'OMS dans presque tous les puits et toutes les campagnes. Par contre, le zinc, présent dans ces puits à l'état de trace, est conforme aux normes établies par l'OMS. La nature géologique de la zone d'étude et la pollution d'origines anthropiques, issue principalement des lessivages ou des feux de brousse sont à l'origine des teneurs élevées en chrome (VI) et fer (II). Par conséquent les eaux de ces puits du chef-lieu de la commune de sinthiou maléme sont impropres à la consommation et exposent les populations à des risques sanitaires.

Ainsi, des précautions doivent être envisagées pour lutter contre la pollution métallique de ces eaux de puits. Le développement d'une technique d'élimination de ces polluants, notamment le fer (II)

et le chrome (VI) dans ces eaux de consommation, peut être envisagé.

5. Références

[1] Blinda, M. & Thivet, G. Ressources et demandes en eau en Méditerranée: situation et perspectives. *Sécheresse*, (2009) 20: 9 -16.

[2] Ministère de l'habitat, de la construction et de l'hydraulique : Etude sur l'hydraulique rurale dans les régions de Tambacounda et Matam en république du Sénégal (2011).

[3] B. Lemièrre, J.J Seguin, C. Le Guern, D. Guyonnet, Ph. Baranger : Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes (2011).

[4] K. Ouro-Sama, H. D. Solitoke, K. Gnandi, K. M. Afiademanyo et E. J. Bowessidjaou. Évaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire togolais *VertigO* (2014) volume 14, Numéro 2.

[5] Blondel (D). Etude des sols de Sinthiou-Maléme. Rapport de stage ORSTOM — miméo. (1964).

[6] Ministère de l'hydraulique rurale et du réseau hydrographique national, Ministère des infrastructures et de l'assainissement : région de Tambacounda, Plan Local d'Hydraulique et d'Assainissement- PLHA, communauté rurale de Sinthiou Maléme (2007).

[7] AQUAREF guide des prescriptions techniques pour la surveillance physico-chimique des milieux aquatiques, opérations d'échantillonnage en eau souterraine. Consortium scientifique et technique, (2011), France.

[8] J. Rodier. Analyse de l'eau ; eaux naturelles - eaux résiduaires - eau de mer. 9^{ème} édition, DUNOD (2009), Paris.

[9] OMS : directive de qualité pour l'eau de boisson, 4^{ème} édition 2017.

[10] Diana Katerine Lamprea Maldonado. Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains. Thèse de Doctorat Ecole Centrale de Nantes (ECN) (2009) 6,7.

[11] L. Matini, J.M. Moutou et M.S. Kongo-Mantono. Evaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo. *Afrique SCIENCE* 05(1) (2009) 82 – 98.

[12] Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D, El Moustaine R. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc) *Larhyss Journal* n°14, (2013), pp. 21-36.

[13] Lund EK, Wharf SG, Fair weather-Tait SJ, Johnson IT. Oral ferrous sulfate supplements increase the free radical-generating capacity of feces from healthy volunteers. *Am J Clin Nutr* (1999); 69(2):250-5.