

Mesure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie

FADILA KHALDI^{1,2}

HOUDA SMATI²

NEDJOUJ GRARA³

NARIMENE SMATI²

NAILA MAIZI⁴

KHOULOUJ BOUKEHLI²

ABDELHAK GHEID¹

¹ Université Mohamed Cherif Messaadia
Laboratoire des sciences et techniques de l'eau et environnement
Souk Ahras
Algérie
<f.khaldi@univ-soukahras.dz>
<hakgheid@yahoo.fr>

² Université Mohamed Cherif Messaadia
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de biologie
Souk Ahras
Algérie
<smati_houda@yahoo.fr>
<smatinarimen@gmail.com>
<boukehlikhouloud@hotmail.com>

³ Université 8 Mai 1945
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers
Département de biologie
Guelma
Algérie
<grara.nedjoud@univ-guekma.dz>

⁴ Université de Akli Mohand Oulhadj
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers
Département de biologie
Bouira
Algérie
<maizi_naila@hotmail.com>

Résumé. La pollution de l'eau est devenue l'une des préoccupations majeures au sein de notre société et à travers le monde. L'objectif de notre travail est la mise en évidence de l'état des qualités bactériologiques et physico-chimiques des eaux des sources – destinées à la consommation humaine – dont le but est la protection des ressources souterraines dans la région d'Ouled Driss (wilaya de Souk Ahras, nord-est algérien). Pour ce faire, des analyses ont été effectuées sur des échantillons prélevés au niveau des quatre sources utilisées dans cette région.

L'étude qualitative et quantitative se base sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur. Les résultats de l'analyse bactériologique ont révélé la présence d'indicateurs de contamination fécale tels que : les coliformes totaux, coliformes fécaux et entérocoques fécaux. Les analyses physico-chimiques ont montré que ces eaux sont minéralisées avec une teneur élevée en bicarbonates et en calcium par rapport aux autres ions considérés, et en plomb et en sodium.

Cependant, les résultats obtenus correspondent aux normes de potabilité de l'eau à l'exception du plomb et de sodium qui dépassent ces normes. Plusieurs sources de pollution sont à l'origine de cette dégradation de la qualité des eaux de source de cette région : les rejets de l'agglomération urbaine proche des sources et les activités agricoles telles que l'élevage bovin et l'utilisation irrationnelle du fumier pour les cultures. Nos principaux résultats prouvent que cette eau est de mauvaise qualité et est impropre à la consommation humaine.

Mots clés : eaux souterraines ; potabilité ; santé ; indicateurs chimiques ; pollution ; risques sanitaires.

Abstract

Measuring and controlling groundwater properties in Ouled Driss, Algeria

Ain Nechema, Ain Souda, Ain Ras Oued, and Ain Maa Bared are important sources of drinking water for the inhabitants of Ouled Driss (Souk Ahras Province, in northeastern Algeria). This article is a qualitative and quantitative study of the physicochemical and bacteriological properties of the water, based on Algerian potability standards and the regulations in force, intended to ensure consumers' health and well-being.

The results of the physicochemical analysis showed that these waters are mineralized with a high content of bicarbonate and calcium, compared with other ions. The results meet Algerian drinking water standards, except for their elevated levels of lead and sodium. The results of the bacteriological analysis showed the presence of several fecal contamination indicators, including total coliforms, fecal coliforms, and fecal streptococci. Several sources of pollution are the cause of this degradation in water quality: waste discharge from the urban area close to the springs and agricultural activities such as cattle breeding

Pour citer cet article : Khaldi F, Smati H, Grara N, Smati N, Maizi N, Boukehili K, Gheid A. Mesure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie. *Environ Risque Sante* 2018 ; 17 : 253-261. doi : 10.1684/ers.2018.1157

Tirés à part :
F. Khaldi

Article reçu le 11 décembre
2017, accepté le 3 avril 2018

and irrational use of manure for crops. We conclude that this water is of poor quality and is unfit for human consumption.

Key words: *groundwater; potability; human health; chemical indicators; pollution; health risks.*

Les eaux souterraines constituent le plus important réservoir d'eau douce au monde et représentent 97 % de toutes les eaux douces disponibles sur la Terre (à l'exclusion des glaciers et des calottes glaciaires). Les 3 % restants sont principalement composés d'eaux de surface (lacs, rivières, zones humides) et de l'humidité du sol. Jusqu'à peu, l'intérêt accordé aux eaux souterraines était dû à leur utilisation pour l'alimentation en eau potable et l'agriculture (irrigation). Cependant, il est de plus en plus évident que les eaux souterraines ne doivent pas être uniquement considérées comme un réservoir d'alimentation en eau, mais qu'elles doivent aussi être protégées pour leur valeur environnementale qui s'appuie sur des indicateurs de performance environnementale qui portent sur l'intégralité de l'exploitation. Les eaux souterraines jouent un rôle essentiel dans le cycle hydrologique et sont capitales car elles maintiennent les zones humides et les débits des cours d'eau, et ont également un rôle de tampon lors des périodes sèches [1].

La qualité des eaux souterraines dans le monde a connu, ces dernières années, une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités [2].

En milieu urbain et industriel, les nappes phréatiques peuvent devenir rapidement fragiles à la surexploitation ou à la contamination. En Algérie, plusieurs études commencent à peine à faire l'inventaire de cette ressource et à développer des outils pour une protection et une exploitation rationnelle [2]. L'étude de la qualité des eaux s'avère très importante en raison de sa place dans la prévention contre les maladies à transmission hydrique et la détermination des sources de pollution réparties dans la région [3].

De l'eau en quantité et en qualité suffisantes pour satisfaire les besoins humains fondamentaux est une condition préalable pour obtenir un meilleur niveau de santé et un développement durable. Cependant, à cause des activités de développement (aménagement et constructions à proximité) qui ne cessent de s'étendre, et qui souvent surexploitent et polluent les ressources en eau limitées de la planète, la rareté et la contamination de l'eau sont devenues de grands sujets d'inquiétude au niveau mondial [3].

Les rejets urbains, les activités agricoles à proximité de ces sources causent un grand effet sur la qualité et

engendrent des concentrations élevées des ions chimiques et la prolifération de bactéries [3].

La pollution des eaux souterraines est l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé. Les eaux souterraines ne sont pratiquement jamais potables du fait de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution [3].

En Algérie, 80 % de l'eau potable est d'origine souterraine. L'irrigation a constitué une voie privilégiée du développement agricole et a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics. Ainsi, de grands aménagements hydrauliques et hydroagricoles ont été mis en œuvre durant les trois dernières décennies [2].

Notre travail vise la mise en évidence de l'état de la qualité des eaux des sources (destinées à la consommation humaine) dans le but de protéger les ressources souterraines dans la région d'Ouled Driss (wilaya de Souk Ahras, nord-est algérien). Pour ce faire, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur des échantillons prélevés au niveau des quatre sources utilisées dans cette région. L'objectif de cette étude est la surveillance de la conformité des normes au niveau des eaux de source dans la région d'Ouled Driss pour définir un niveau de risque acceptable pour la population, évaluer le degré de pollution qui affecte ces eaux et déterminer les causes possibles de cette pollution.

Matériels et méthodes

Présentation du site d'étude

Notre site d'échantillonnage est la commune d'Ouled Driss. Il s'agit d'une zone agricole de 12 640 m² avec un nombre d'habitants de l'ordre de 11 824. Elle est située au nord de la wilaya de Souk Ahras, au nord-est de l'Algérie, et est bordée au nord par la wilaya d'El-Tarf, à l'est par les communes d'Ain Zana et Khedara, à l'ouest par la commune de Mechroha, et au sud par les communes de Souk Ahras et Ouillen (figure 1).

La wilaya de Souk Ahras est l'une des régions de l'Algérie les plus riches en eaux souterraines, qui constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la wilaya.

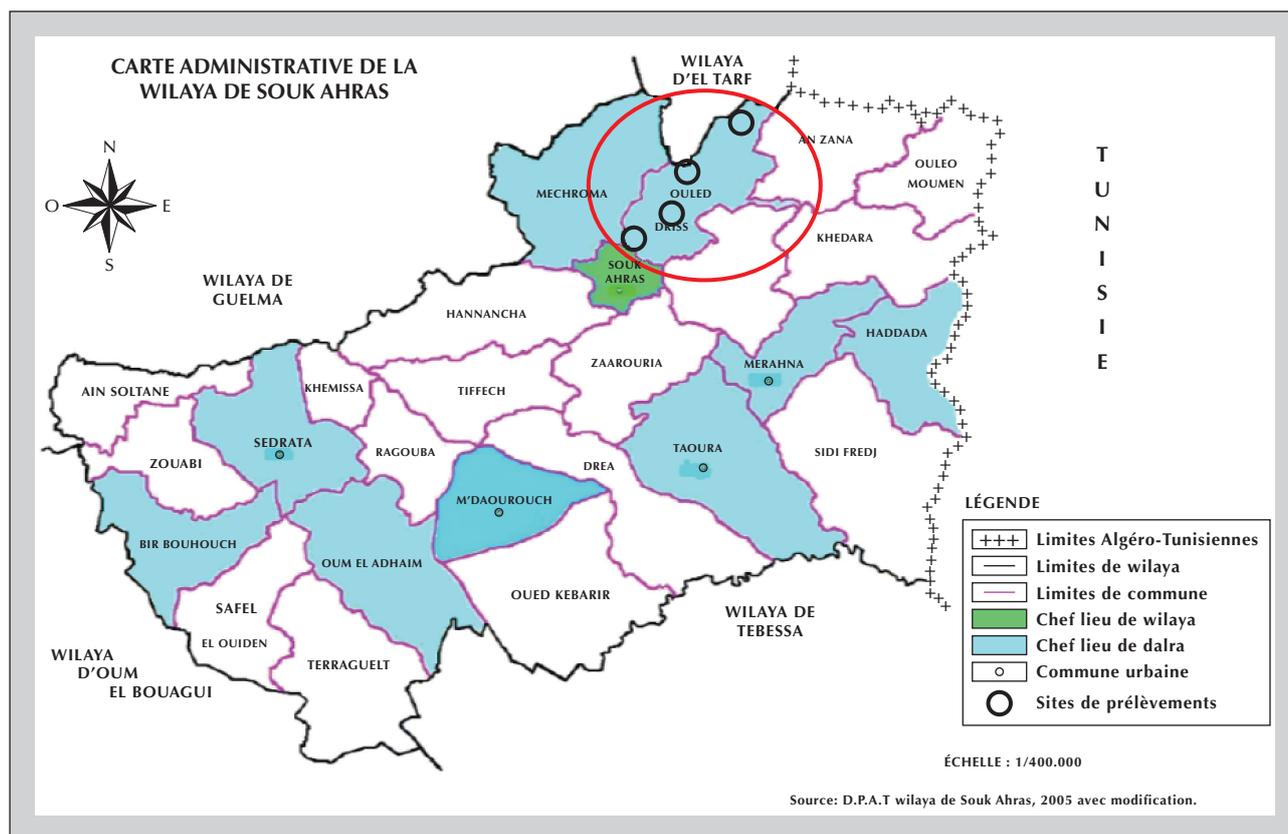


Figure 1. Sites de prélèvement et situation géographique de la commune Ouled Driss, wilaya de Souk Ahras (nord-est algérien) [4].

Figure 1. Sampling sites and location of the town of Ouled Driss, Souk Ahras Province, in northeast Algeria [4].

Points de prélèvements

Les prélèvements ont été effectués dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Nous avons utilisé des flacons de 100/150 ml en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis métallique stérilisé à 180 °C pendant 20 minutes pour l'analyse bactériologique. La technique utilisée pendant le prélèvement a été le flambage qui consiste à flamber le robinet puis à laisser couler pendant 5 minutes. Cette opération est répétée trois fois pour chaque source [5]. Les prélèvements d'eau ont été collectés en février, mars et avril 2016 (période hivernale).

Les sites de prélèvements ont été les suivants : Ain Nechema (Site 1, Aq 1)¹, Ain Souda (Site 2, Aq 2)², Ain Ras

Oued (Site 3, Aq 3)³, Ain Maa Bared (Site 4, Aq 4)⁴. Ces sites ont été choisis en raison de leur différenciation géographique, géologique et de la nature agricole qui les entoure. Ce sont des sources importantes pour l'alimentation en eau potable dans la wilaya de Souk Ahras.

Analyse organoleptique

La couleur a été évaluée par observation à l'œil nu de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eaux prélevées des sources. Nous avons utilisé pour ce test des disques de couleur numérotés de la marque CKD1128, conformes aux normes ISO 7887-4 pour la détermination de la couleur de l'eau.

¹ Puissance des aquifères et profondeur de la surface piézométrique non disponibles.

² Puissance des aquifères : profondeur de 200 m, puissance de 20 m ; Profondeur de la surface piézométrique : 9 à 15 m.

³ Puissance des aquifères : profondeur de 200 m, puissance de 20 m ; Profondeur de la surface piézométrique : 15 à 20 m.

⁴ Puissance des aquifères : profondeur de 100 à 250 m, puissance de 50 à 70 m ; Profondeur de la surface piézométrique : 8 à 40 m.

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive et la saveur a été décelée par dégustation qui exige de rincer la bouche avec de l'eau distillée avant chaque dégustation [5]. Le protocole a été suivi par quatre personnes selon une fiche test (couleur, odeur et goût) suivant la norme NF T 90-035. Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue.

Analyse physico-chimique

Des flacons en plastique (polyéthylène) de 1,5 l ont été utilisés. Avant de procéder au prélèvement des échantillons, les flacons ont été rincés trois fois avec de l'eau distillée. Après les prélèvements, les bouteilles ont été fermées pour éviter l'évaporation [6].

Les paramètres physico-chimiques (conductivité et turbidité) ont été mesurés sur site à l'aide d'un appareil multivariable WTW (P3pH/LF-SET) [7]. Pour doser les anions des nitrites (NO_2^-), nous avons utilisé un spectrophotomètre (SELECTA-UV/VIS). Le dosage des métaux (potassium, plomb, zinc, sodium, fer et cuivre) a été réalisé par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SHIMADZU- AA-6200) [8]. Les flacons ont été stockés dans un réfrigérateur à 4 °C avant leur transport au laboratoire d'analyses.

Analyse bactériologique

Le contrôle bactériologique de l'eau a été réalisé selon les normes de potabilité algérienne (NA 6360-1992) et de l'Association française de normalisation (AFNOR) qui stipulent l'absence totale des germes nuisibles voire les indicateurs de la pollution (concentration maximale admissible = 0/100 ml) [5].

Au moment du prélèvement, les flacons en verre ont été remplis jusqu'au bord et les bouchons placés pour qu'il n'y ait aucune bulle d'air. Nous avons utilisé les milieux de culture BCPL (bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol, NF T90-413) pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, et Rothe pour la recherche des entérocoques fécaux (NF T90-411).

La méthode de référence pour l'analyse a consisté en une inoculation de l'échantillon dans la masse et un dénombrement du nombre des unités formant colonies (UFC) et pas en nombre de cellules, selon les conditions d'incubation.

Analyse statistique

Le traitement et l'analyse des données ont été réalisés à l'aide du logiciel Statistica[®] 8.0⁵.

⁵ www.statsoft.com

Résultats

L'observation de la *figure 2* montre des variations importantes des valeurs de conductivité entre les quatre sites. Durant la période d'étude, nous avons remarqué une valeur minimale de 0,37 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au site 4 et une valeur maximale de 1,27 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au site 1. Nous avons également constaté que le site 1 est caractérisé par des valeurs élevées de conductivité par rapport aux autres sites, mais elles restent toujours inférieures à la valeur maximale admissible selon les normes algériennes de potabilité (JO.ADE).

Les résultats des mesures de la turbidité des eaux montrent des valeurs élevées observées au niveau du site 3 avec 2,34 NTU (unité de turbidité néphélométrique). La valeur la plus faible a été constatée au site 2 avec 0,08 NTU (*figure 3*).

Nous avons relevé (*figure 4, tableau 1*) une teneur de potassium très élevée au niveau du site 1 (0,64 mg/l), par rapport aux autres sites. Les teneurs en plomb sont très élevées au niveau du site 4 (0,045 mg/l) par rapport aux autres sites (*tableau 1*), alors que la valeur la plus faible a été enregistrée au niveau du site 1 (0,008 mg/l) (*figure 5*).

Les teneurs en zinc et sodium sont variables d'un site à l'autre. La teneur maximale du zinc (*figure 6, tableau 1*) a été observée au niveau du site 1 avec une valeur de 0,018 mg/l, et la teneur minimale au niveau du site 2 avec une valeur de 0,006 mg/l. La teneur maximale du sodium (*figure 7, tableau 1*) a été enregistrée au niveau du site 1 (487,5 mg/l) et la teneur minimale au niveau du site 2 (231,39 mg/l).

Nous avons enregistré une valeur en fer (*figure 8, tableau 1*) très élevée au niveau du site 4 (0,034 mg/l), par rapport aux autres sites. Pour le cuivre, les valeurs sont

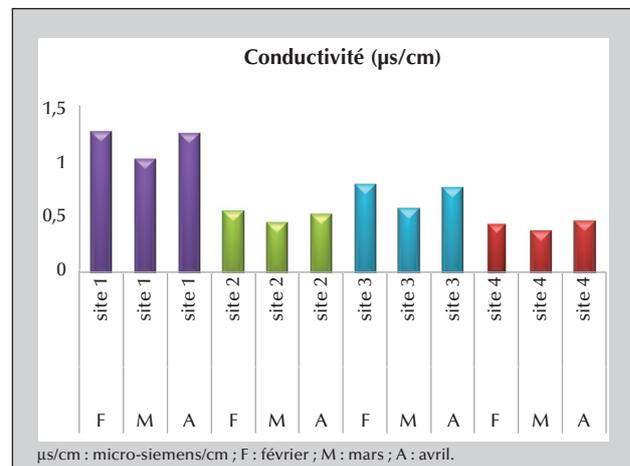


Figure 2. Variations de conductivité.

Figure 2. Variations in conductivity.

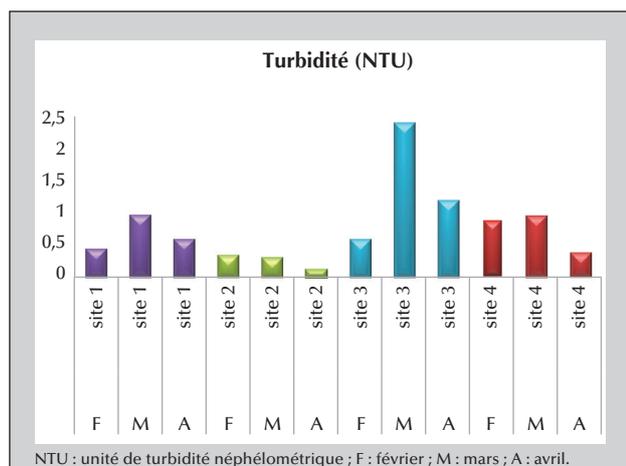


Figure 3. Variations de turbidité.

Figure 3. Variations in turbidity.

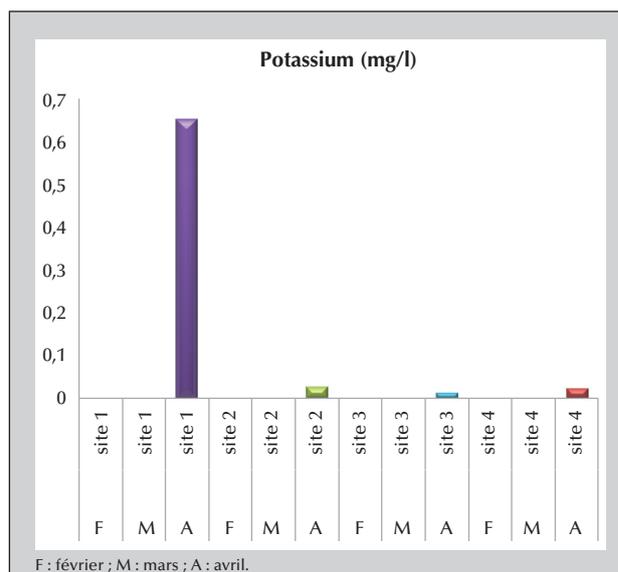


Figure 4. Teneurs en potassium.

Figure 4. Potassium levels.

très élevées au niveau du site 4 (0,0156 mg/l) (tableau 1) et sont faibles au niveau du site 1 (0,006 mg/l) (figure 9).

Les analyses bactériologiques montrent la présence des coliformes totaux au niveau des quatre sites d'échantillonnage pendant deux mois (mars et avril), mais avec des valeurs variables (figure 10, tableau 2). La teneur la plus

élevée a été observée au niveau du site 1 en mars avec une valeur de 460NPP/100 ml (NPP : nombre le plus probable), mais elle est inférieure aux niveaux des sites 2, 3 et 4 où les valeurs varient entre 93 et 4 NPP/100 ml.

La figure 11 indique la présence des coliformes fécaux au niveau de trois sites avec des variables pendant les mois

Tableau 1. Résultats des analyses physico-chimiques et métaux lourds.

Table 1. Results of the physicochemical and heavy metal analyses.

Paramètres	Résultats (valeur max)	Normes algériennes (NA 6360-1992) (CMA)	Normes OMS (OMS-1993) (CMA)	Normes européennes (NE-1998) (CMA)
Conductivité (µs/cm)	1,27 (Site 1, Fév)	2 800	250	250
Turbidité (NTU)	2,3 (Site 3, Mars)	5	—*	—*
Potassium (mg/l)	487,5 (Site 1, Avr)	10	—*	—*
Plomb (mg/l)	0,045 (Site 4, Avr)	0,05	0,01	0,01
Zinc (mg/l)	0,018 (Site 1, Avr)	5	3	—*
Sodium (mg/l)	0,64 (Site 1, Avr)	200	200	200
Fer (mg/l)	0,034 (Site 4, Avr)	0,3	—*	0,2
Cuivre (mg/l)	0,015 (Site 4, Avr)	1,5	2	2

CMA : concentration maximale admissible ; OMS : Organisation mondiale de la santé.

*- : lignes directrices non mentionnées

Site 1 : Ain Nechema ; Site 2 : Ain Souda ; Site 3 : Ain Ras Oued ; Site 4 : Ain Maa Bared.

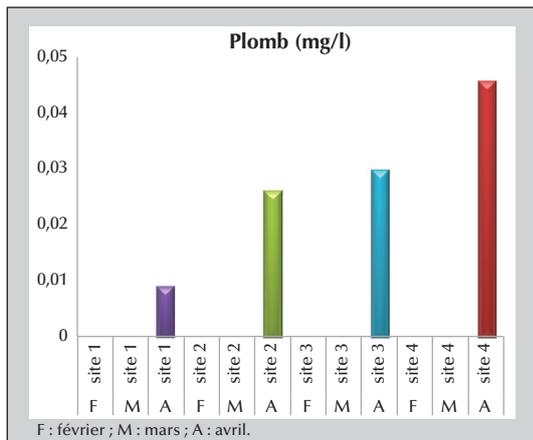


Figure 5. Teneurs en plomb.

Figure 5. Lead levels.

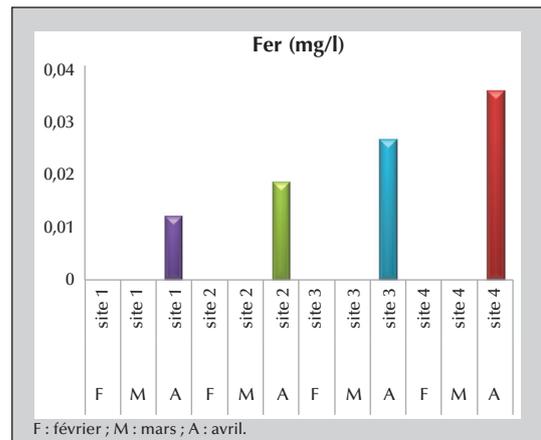


Figure 8. Teneurs en fer.

Figure 8. Iron levels.

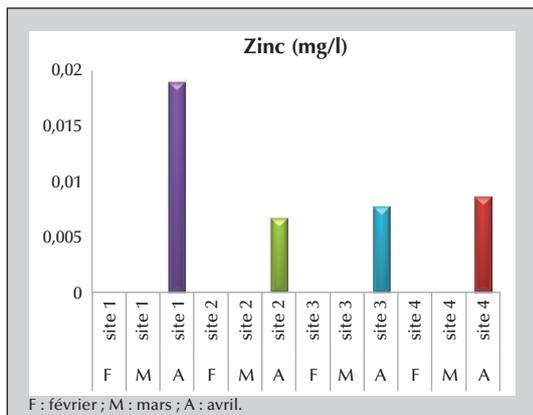


Figure 6. Teneurs en zinc.

Figure 6. Zinc levels.

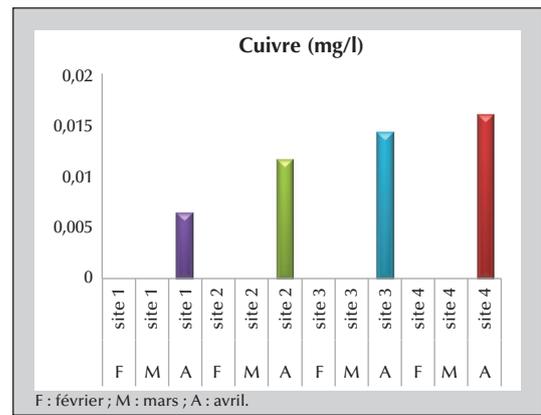


Figure 9. Teneurs en cuivre.

Figure 9. Copper levels.

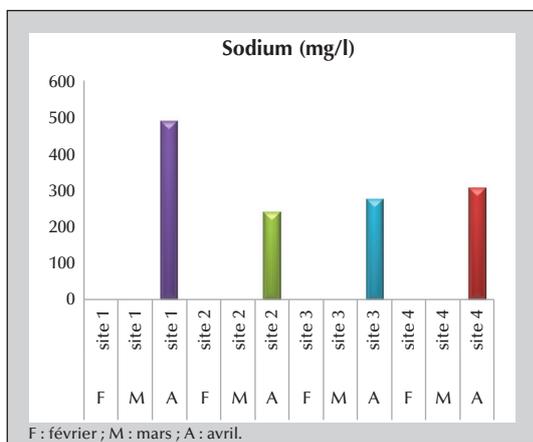


Figure 7. Teneurs en sodium.

Figure 7. Sodium levels.

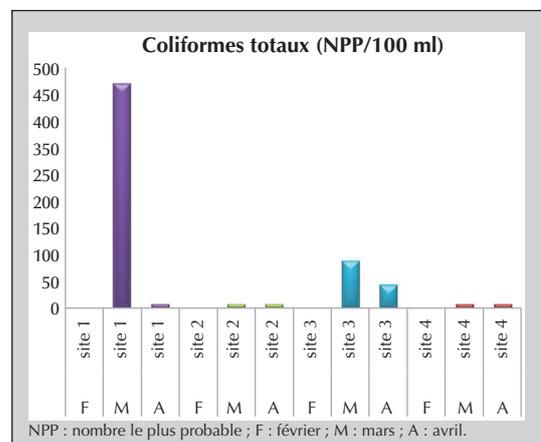


Figure 10. Variations des coliformes totaux.

Figure 10. Variations in total coliforms.

Tableau 2. Résultats des analyses bactériologiques.

Table 2. Bacteriological results.

	Mois	Coliformes totaux (NPP/100 ml)	Coliformes fécaux (NPP/100 ml)	Entérocoques fécaux (NPP/100 ml)
Site 1 <i>Ain Nechema</i>	Février	0	0	0
	Mars	460**	15	9
	Avril	4	4	4
Site 2 <i>Ain Souda</i>	Février	0	0	0
	Mars	4	0	11
	Avril	4	4	0
Site 3 <i>Ras Oued</i>	Février	0	0	0
	Mars	93**	15*	9
	Avril	43*	43*	1100**
Site 4 <i>Ain Maa Bared</i>	Février	0	0	0
	Mars	4	4	4
	Avril	4	4	9
Normes algériennes (NA 6360-1992) (NPP/100 ml)		0	0	0

*Présence abondante des germes pathogènes.

**Présence excessive des germes pathogènes.

de février et mars. Nous avons constaté l'absence totale des coliformes fécaux (0NPP/100 ml) au niveau des sites 1, 2, 3 et 4 pendant le mois d'avril et au niveau du site 2 pendant le mois de mars. La valeur la plus élevée a été observée au niveau du site 3 en avril avec 43NPP/100 ml (tableau 2).

La figure 12 montre l'absence totale des entérocoques fécaux au niveau des quatre sites, pendant le mois de

février (0NPP/100 ml). La valeur la plus élevée a été constatée au niveau du site 3 en avril avec une valeur qui dépasse 1100NPP/100 ml (tableau 2).

Concernant les paramètres microbiologiques, les lignes directives des normes Union européenne/Organisation mondiale de la santé (UE/OMS) mentionnent l'absence totale des germes pathogènes.

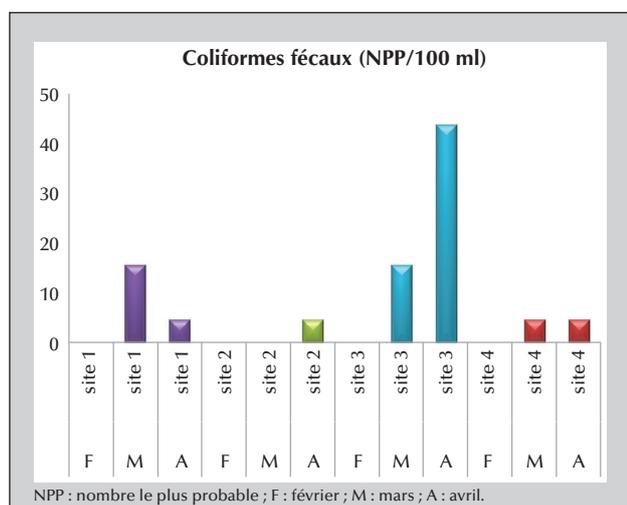


Figure 11. Variations des coliformes fécaux.

Figure 11. Variations in fecal coliforms.

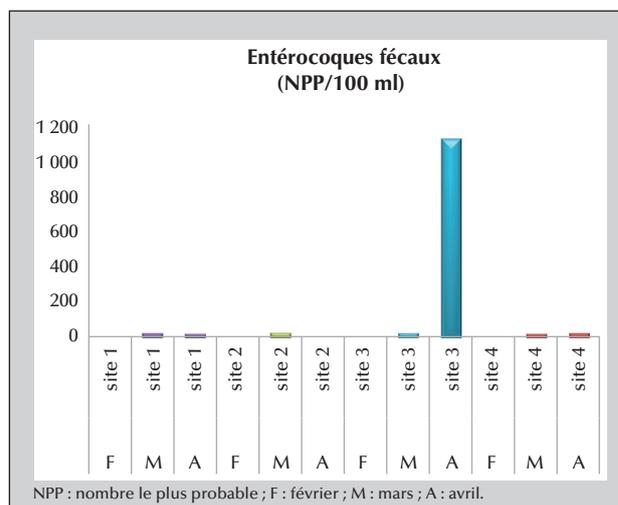


Figure 12. Variations des entérocoques fécaux.

Figure 12. Variations in fecal enterococci.

Discussion

Cette étude sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source d'Ouled Driss a permis de mettre en évidence l'état de la qualité de ces eaux et de cerner les principales sources de pollution [9]. La surveillance de la qualité de l'eau de boisson peut être définie comme « *l'évaluation et l'examen permanents et vigilants sous l'angle de la santé publique de la salubrité et de l'acceptabilité de l'eau de boisson* » [10].

Selon Schoeller [11], la classification géochimique des eaux se fait tout simplement en comparant les teneurs en pourcentage des cations entre eux et des anions entre eux. D'après la classification de dureté, les échantillons d'eaux de trois sources (sites 2, 3 et 4) sont considérés comme des eaux très dures. L'eau de la source d'Ain Nechema (site 1) n'est cependant pas considérée comme dure.

Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont clairs, ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable. Pour l'ensemble des prélèvements, des teneurs nulles en nitrites ont été observées. Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0,1 mg/l [12].

Les résultats nous montrent les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux qui ont subi une dégradation de leur qualité par les différentes sources de pollution.

Ces eaux présentent des teneurs élevées en plomb et sodium, qui dépassent les normes algériennes de potabilité de l'eau. Ces dernières indiquent respectivement des valeurs maximales de 0,05 (Pb) et 200 (Na) mg/l [11]. Des études prouvent que l'exposition prolongée à de faibles doses de plomb peut développer le saturnisme chez les enfants (maladie touchant le système nerveux central et périphérique), ainsi que des problèmes pulmonaires, rénaux, digestifs et sanguins [13, 14].

Le reste des paramètres présente des valeurs normales qui ne dépassent pas les normes algériennes (NA 6360-1992). Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent la présence des germes indicateurs de pollution telle que les coliformes totaux, coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et l'absence de clostridium sulfito-réducteurs.

Conclusion

Les directives de l'OMS sont fondées sur l'hypothèse que la surveillance de la qualité de l'environnement

et la protection de la santé de l'homme sont indissociables. Ces directives sont considérées comme une base de références pour établir les réglementations et normes nationales relatives à la salubrité de l'eau nécessaire à la santé publique, y compris la protection contre les rayonnements ionisants. Depuis la première édition de ces directives, l'OMS se réfère aux travaux de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) sur le mesurage des radionucléides dans l'eau.

Cette étude a permis de fournir des informations sur quelques sources d'eau du nord-est algérien (Ouled Driss, Souk Ahras) et les facteurs associés à la qualité de ces eaux. Nous avons conclu que l'eau de ces sources est une eau non potable, non conforme aux normes en vigueur. Tout programme de développement qui se veut complet doit prévoir des moyens pratiques et économiques pour assurer l'approvisionnement en eau potable et une stratégie volontariste en vue de réduire le risque de transmission des bactéries véhiculées par l'eau. Pour une eau traitée, le dénombrement des germes totaux effectué à l'extrémité du réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90 % des échantillons analysés au cours de l'année.

Le plus grand besoin est de renforcer et d'accélérer les changements d'attitudes et de comportements dans les pratiques d'hygiène, d'assainissement et d'approvisionnement en eau à tous les niveaux. Cela signifie que des programmes de sensibilisation sont toujours nécessaires.

L'efficacité de pratiques saines d'hygiène et de santé publique, combinées avec l'ingénierie de santé publique pour l'approvisionnement en eau, est connue depuis plus d'un siècle, mais a été largement ignorée. Ce qu'il faut faire est résumé dans le vieil adage qui dit « *qu'un soupçon de prévention vaut des tonnes de remèdes* ». Si l'on augmente l'investissement et les ressources dans les services de santé publique et les projets d'ingénierie de santé publique (qu'ils soient privés, publics, communautaires, ou non gouvernementaux), les résultats en matière de santé et de réduction des risques seront alors spectaculaires.

Pour protéger la santé de la collectivité, une approche duale, accordant des rôles et des responsabilités distincts aux prestataires de services et à une autorité indépendante de protection et de surveillance de la santé publique (surveillance des approvisionnements en eau de boisson), s'est révélée efficace. ■

Remerciements et autres mentions

Financement : aucun ; **liens d'intérêts :** les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Dimas S. *Protection des eaux souterraines en Europe*. Bruxelles : Office des publications officielles des communautés européennes, 2008.
2. Chekroud H. *Étude de la pollution des eaux de la plaine de Telezza due aux activités agricoles et commerciales*. Mémoire de magister en chimie. Algérie : Université du 20 Août 1955-Skikda.
3. Mezzar L. *État de la qualité chimique et bactériologique de la nappe alluviale de Guerrara*. Mémoire de magister en éco-pédologie et environnement. Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015.
4. Allalguia A. *Les monogènes des poissons d'eau douce peuplant les cours d'eau de la Wilaya de Souk Ahras*. Thèse de doctorat. Souk Ahras : université Mohamed Chérif Messaadia, 2017.
5. Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Chambon P, Champsaur H, Rodi L. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 8^e ed. Paris : Dunod, 2005.
6. Rouaibia F, Djabri L. Caractéristiques chimiques des eaux de la nappe du synclinal de Taoura, Souk Ahras (Nord-Est de l'Algérie). *J Rev Sci Technol* 2017 ; 35 : 124-39.
7. Rodier J. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 9^e ed. Paris : Dunod, 2009.
8. Institut numérique. *Description du spectrophotomètre d'absorption atomique*. 2014. <http://www.institut-numerique.org/i4description-du-spectrophotometre-dabsorption-atomique-5306014f6b7a8.2014>
9. Marchal JP. *Eau destinée à la consommation humaine. Guide pour la protection des captages publics*. Rapport final BRGM/RP – 55699-FR. Département de Gard et de l'Hérault, 2007.
10. OMS 1976. In : Barker P, Cary R, Dobson S. *World Health Organization & International Programme on Chemical Safety*. 1999.
11. Schoeller H. *Les variations de la composition chimique de l'eau dans une même nappe*. UGGI, AIHS, assemblée Oslo, 1948, p. 124-44.
12. Sari H. *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen)*. Tlemcen : université Abou-Bekr Belkhaïd, 2014, Mémoire de master en science des aliments.
13. Savary P. *Guide des analyses de la qualité de l'eau*. Bresson : Édition Territorial, 2010.
14. Razzolini MTP, Günther Wanda MR, Peternella FAS, et al. Quality of water sources used as drinking water in a brazilian peri-urban area. *Braz J Microbiol* 2011 ; 42 : 560-6.