

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie Industriel et Environnementale »

THÈME

*Caractérisation physico-chimique et évolution de la contamination
organique des eaux de source d'Ain Melloul au niveau de la région D'Oum
Teboul (La wilaya d'El Taref).*

Soutenu le : 26/ 06 /2021

Présenté Par : LABAR Yousra

Devant le jury composé de :

Dr. DELIMI Amel	MCA	Président	UCBET
Dr. BOUMARAF Ward	MCA	Examinatrice	UCBET
Dr. BERGAL Amira	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement notre cher encadrant

Dr. BERGAL Amira pour le temps consacrer afin de réaliser de ce manuscrit, ainsi nous la remercies profondément pour ses conseils et ses directions pour que ce travail se réalise sous une meilleure forme.

Je tiens à remercier Mme DELIMI Amel d'avoir bien acceptée de présider ce jury et Mme Boumaaraf Warda d'avoir exprimée son entière disponibilité à participer à ce jury et à examiner ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent Également au chef service de laboratoire d'Algérien des eaux de Boutaldja Saliha ainsi que toute l'équipe de laboratoire qui nous ont aidés : Sabra, Amina, Monia

Enfin Nous remercions aussi toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

A tous, Merci

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que Je dédie cette Thèse... ?

A mes chères parents qui m'ont soutenue pour aller jusqu'au bout de mes ambitions, Pour leur immense affection et tendresse à mon égard et leurs prières. Je vous remercie pour tout le soutien et l'Amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

Que Dieu les garde et les protège pour nous

A mon grand-père Mahmoud

A mon frère Islem, A mes chères sœurs qui les aiment Rania, Anfel, douaa, A matante Alia.

A toute ma famille paternelle et maternelle Labar et Belhani.

A mon toute la promo de 2ème Master de Toxicologie Industriel et Environnementale (2021/2022).

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Yousra

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I. Partie Bibliographique

1.1.	Définition de l'eau.....	03
1.2.	Cycle de l'eau.....	03
1.2.1.	Précipitations.....	03
1.2.2.	Ruissellement.....	03
1.2.3.	Évaporation.....	03
1.2.4.	Infiltration.....	03
1.3.	Les principales ressources en eaux.....	04
1.3.1.	Les eaux souterraines	04
1.3.2.	Les eaux de surface.....	04
1.4.	La potabilité de l'eau.....	04
1.4.1.	Les différents types d'eaux de consommation.....	04
	a) Eaux du robinet.....	04
	b) Eaux embouteillées	04
1.5.	La pollution de l'eau.....	05
1.5.1.	Définition.....	05
1.5.2.	Les différentes sources de la pollution d'eau.....	05
	a) Naturel.....	05
	b) Domestique.....	05
	c) Industriel.....	06
	d) Agricole.....	06
1.5.3.	Les conséquences de la pollution.....	07
1.5.4.	La lutte contre la pollution.....	08
1.6.	Caractéristiques de l'eau de surface.....	08
1.6.1.	Paramètres physicochimiques.....	08
1.6.1.1.	Paramètres organoleptiques.....	08
	a) Couleur.....	08
	b) Odeur.....	08
	c) Goût.....	08
1.6.1.2.	Paramètres physiques.....	09
	a) Température (T°).....	09
	b) Turbidité.....	09
	c) Conductivité Electrique (CE).....	09

	d) Potentiel d'hydrogène (pH).....	09
	e) La salinité.....	10
	f) Solides dissous totaux (TDS).....	10
1.6.1.3.	Paramètres chimiques.....	10
	a) Calcium (Ca ²⁺).....	10
	b) Magnésium (Mg ²⁺).....	10
	c) Sodium (Na ⁺).....	10
	d) Potassium (K ⁺).....	11
	e) Chlorures (Cl ⁻).....	11
	f) Chlore.....	11
	g) (Cl ₂).....	11
	h) Les Sulfates (SO ₄ ⁻²).....	11
	i) Oxygène dissous.....	11
	j) La dureté totale (TH).....	11
	k) Titre alcalimétrique.....	12
1.6.1.4.	Paramètres de pollutions.....	12
	a) Ammonium (NH ₄ ⁺).....	12
	b) Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	12
	c) Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	13
	d) Les phosphates (PO ₄ ³⁻).....	13
	e) Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	13
	f) Demande chimique en oxygène (DCO).....	13
	g) Le rapport DCO/DBO ₅	13

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.1	Description du site d'étude.....	16
2.2	Choix des points de prélèvement.....	16
2.3	Echantillonnage.....	16
2.3.1	Matériel d'échantillonnage.....	17
2.3.2	Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	17
2.3.3	Méthode de prélèvement.....	18
2.3.4	Transport et conservation des échantillons.....	18
2.4	Analyses physico-chimiques.....	18
2.4.1	Paramètres physiques.....	18
	- Mesure de la conductivité, salinité et TDS.....	18
	- Mesure du pH et la température.....	19
	- Mesure de la turbidité par absorption.....	20
2.4.2	Paramètres chimiques.....	21
	- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet.....	22
	- Dosage du TH ou titre hydrotimétrique.....	23
2.4.3	Paramètres de pollution.....	25
	- Détermination de la matière organique.....	25
	- Mesure de la nitrate, chlorure, ammonium et sodium.....	26
	- Dosage des nitrites.....	27
	- Dosage des Ortho phosphates.....	28

- Dosage de calcium (Ca ²⁺) et de magnésium (Mg ²⁺)	29
- Dosage du potassium (K ⁺)	31
- Dosage du sodium (Na ⁺)	31
A. Aptitude de l'eau pour l'irrigation	31
B. Évaluation de l'indice de pollution organique (OPI).....	31

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1	Paramètres	physiques
.....
Potentielle d'hydrogène (pH).....	.....	33
La température (T°) .....	.....	34
La	conductivité	Electrique
(CE).....	.....	34
La salinité.....	.....	35
TDS.....	.....	35
La turbidité.....	.....	36
3.2		Paramètres
chimiques.....	.....	37
Titre	alcalimétrique	et
TAC.....	.....	titre
.....	.....	alcalimétrique
.....	.....	complet
Dosage	du	TH
TH.....	.....	ou
.....	.....	titre
.....	.....	hydrotimétriques
3.3	Les	éléments
pollution.....	.....	de
.....	.....	la
Le	nitrate	(NO ₃ ⁻)
.....	.....	38
Le	nitrite	(NO ₂ ⁻)
.....	.....	39
Le	chlorure	(Cl ⁻)
.....	.....	39
L'ammonium		(NH ₄ ⁺)
.....	.....	40
Le calcium (Ca ²⁺)	40
Le magnésium (Mg ²⁺).....	41
Le sodium.....	.....	41
Le		
potassium.....	.....	42
Ortho	phosphate	(PO ₄ ⁻)
.....	.....	42
A. Faciès géochimique.....	.....	43
B. Aptitude de l'eau pour l'irrigation.....	.....	43

C. Évaluation de l'indice de pollution organique (OPI).....	43
Discussion.....	44-46
<i>Conclusion</i>	47
<i>Références Bibliographique</i>	49
<i>Annexes</i>	55

Résumé

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, il est une richesse nécessaire à toutes activités humaines.

Pour apprécier la qualité de ces eaux, un contrôle physico-chimique été réalisé sur la source de la région d'Oum Teboul de la wilaya d'El Taref ; Ain Melloul.

Les analyses de ces dernières ont été effectuées au niveau de l'ADE unité de Boutaldja ainsi qu'un laboratoire privé à Annaba pour les analyses physicochimiques.

L'objectif de cette étude consiste à vérifier la qualité physicochimique de cette source et de déterminer la conformité des paramètres analysés aux normes Algériennes de potabilité.

Les résultats obtenus fait ressortir que l'eau de source d'Ain Melloul est de bonne qualité physico-chimique.

Mots clés : Eaux de sources, qualité, analyses physico-chimiques.

Abstract

Water is a Natural element of Paramount importance, essential to all Forms of life; it is a wealth necessary for all human activities.

To assess the quality of these waters, a physico-chemical control was carried out on the source of the Oum Teboul region of the wilaya of El Taref; Ain Melloul.

The analyzes of the latter were carried out at the level of the ADE unit of Boutaldja as well as a private laboratory in Annaba for the physicochemical analyses.

The objective of this study is to verify the physicochemical quality of this source and to determine the compliance of the analysis parameters with the Algerian standards of potability.

The results obtained show that the spring water of Ain Melloul is of good physico-chemical quality.

Keywords: Spring water, quality, physico-chemical analyses.

ملخص

الماء عنصر طبيعي ذو أهمية قصوى، ضروري لجميع أشكال الحياة، إنه ثروة ضرورية لجميع الأنشطة البشرية.

لتقييم جودة هذه المياه، تم إجراء مراقبة فيزيائية كيميائية على منبع منطقة أم طبول بولاية الطارف. عين ملول. أجريت تحليلات هذا الأخير على مستوى وحدة بوتلجة للمياه وكذلك على مستوى معمل خاص في عنابة للتحاليل الفيزيائية والكيميائية.

يتمثل الهدف من هذه الدراسة في التحقق من الجودة الفيزيائية والكيميائية لهذا المصدر وفي تحديد مطابقة المعايير التي تم تحليلها مع المعايير الجزائرية للشرب.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مياه عين ملول ذات جودة فيزيائية-كيميائية جيدة.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، الجودة، التحليلات الفيزيائية والكيميائية.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Situation géographique de la région d'El Kala (extrême nord-est algérien)	12
Figure 2	Flacon en plastique stérile et glacière	17
Figure 3	Mesure de la conductivité, Salinité, TDS	19
Figure 4	Mesure du pH et de la température	20
Figure 5	Mesure de la turbidité	21
Figure 6	Mesure de TA	22
Figure 7	Dosage de TAC	23
Figure 8	Dosage de TH	24
Figure 9	Détermination de la matière organique	26
Figure 10	Mesure du nitrate, la chlorure, l'ammonium et le sodium	27
Figure 11	Dosage de nitrite	28
Figure 12	Dosage de calcium	30
Figure 13	Représentation graphique des teneurs en pH	34
Figure 14	Représentation graphique de la teneur en température	34
Figure 15	Représentation graphique du teneur en conductivité	35
Figure 16	Représentation graphique du teneur en salinité	35
Figure 17	Représentation graphique du teneur en conductivité	36
Figure 18	Représentation graphique du teneur en Turbidité	36
Figure 19	Représentation graphique du teneur en TAC	37
Figure 20	Représentation graphique du teneur en TH	37
Figure 21	Représentation graphique du teneur en Matière organique	38
Figure 22	Représentation graphique du teneur en nitrate	38
Figure 23	Représentation graphique du teneur en nitrite	39
Figure 24	Représentation graphique du teneur en chlorure	39
Figure 25	Représentation graphique du teneur en ammonium	40
Figure 26	Représentation graphique du teneur en calcium	40
Figure 27	Représentation graphique du teneur en magnésium	41

Figure 28	Représentation graphique du teneur en sodium	41
Figure 29	Représentation graphique du teneur en potassium	42
Figure 30	Représentation graphique du teneur en ortho phosphate	42

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Présentation récapitulative des résultats des analyses physico-chimique	33
Tableau II	Grille des classes d'indices de pollution organique OPI et degrés de pollution	43
Tableau III	Les normes algériennes de la potabilité des eaux	55

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius.
%	Pourcentage.
°	Degré
Km	Kilomètre
M	Mètre.
G	Gramme
µs/cm	Micro siemens par centimètre.
Mg	Milligramme
Mg/l	Milligramme par litre.
ml	Millilitre.
ADE	Algérienne des Eaux
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	Potentiel Hydrogène
CE	Conductivité électrique
TH	Dureté ou titre hydrométrique
TAC	Le Titre Alkali métrique Complet
TDS	Le Taux de Solides Dissous
THca	Dureté calcique Concentration globale en Calcium
THMg	Dureté Magnésienne
THp	Dureté permanente ou non carbonatée
H₂O	Monoxyde de dihydrogène
NH₄⁺	Ammonium
Cl⁻	Chlorure.
NaCl	Sodium
KCl	Potassium
Ca²⁺	Calcium
Mg²⁺	Magnésium
NTV	Turbidité
Fig	Figure

Introduction

L'eau est l'élément naturel indispensable à la vie et à la satisfaction des différents besoins humains (**Bouziani, 2006**), denrée de grande importance pour les êtres vivants (**Houssou, 2010**). L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport.

Ses usages sont donc multiples, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques et surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable. (**Festy et al., 2003**)

L'un des éléments qui affecte la santé est l'eau polluée, de mauvaise qualité qui constitue l'une des causes des maladies altérant la santé de l'homme, donc elle est également source de part sa dégradation et sa mauvaise gestion (**Babadjide, 2001**).

Aujourd'hui, la qualité de l'eau constitue un élément très important pour la protection de la santé publique. C'est pourquoi, il est nécessaire de traiter et de l'économiser (**Tricard et al., 2003**).

L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité (**Amghar, 2016**).

L'analyse physico-chimique au laboratoire est une activité essentielle à la caractérisation, la mesure de la pureté ou le suivi des réactions chimiques pour connaître des résultats anormaux permettent de mettre en évidence et d'évaluer les niveaux de pollutions.

L'objectif de ce travail consiste à faire des analyses physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau de surface au niveau de la région Oum Teboul (La wilaya d'El Tarf).

Cette étude est subdivisée en trois chapitres essentiels :

Le premier chapitre : est un rappelle sur l'eau d'une façon générale avec des notions sur la pollution.

Le deuxième chapitre : donne un aperçu sur la description de la zone d'étude et expérimentale consacrée à la présentation du matériel et la méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physicochimiques effectuées durant ce travail.

Le troisième chapitre : réservé à la présentation des résultats et leur discussion.

Enfin, notre travail se terminera par une conclusion générale qui résume les résultats obtenus.

Chapitre. I

Partie bibliographique

1.1. Définition de l'eau

C'est un liquide incolore et inodore, sans saveur de pH neutre et transparent quand il est pur (Perry, 1984). L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour à usages multiples (domestiques, industriels et agricoles). Sa qualité est un facteur influençant l'état de santé et la mortalité à la fois chez l'homme et les animaux (Kazi, 2009).

L'eau potable se doit approuvée à l'ensemble des conditions sanitaires et doit être conforme aux normes de potabilité. Depuis la source naturelle via l'usine de potabilisation et le réseau de distribution jusqu'au robinet. Elle ne contient pas des germes pathogènes (pouvant nuire à la santé), de composés chimiques dangereux, ni de substances radioactives (Nmer, 2015).

1.2. Cycle de l'eau

La masse d'eau totale de l'hydrosphère ne varie pas au cours des années. L'eau change d'état au cours de son cycle mais sa quantité globale reste inchangée depuis 3 milliards d'années. C'est l'énergie solaire qui est le moteur du cycle de l'eau en entraînant ses changements d'état (Maurel, 2006).

1.2.1. Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuage qui engendre les précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle (Boeglin, 2001).

1.2.2. Ruissellement

Le volume d'eau qui ruisselle à l'air libre vers les lacs et les cours d'eau dépend des conditions biotiques et abiotiques (le relief, la végétation, la nature des roches et les conditions du climat) (Bogomolov, 1986).

1.2.3. Évaporation

L'évaporation se produit directement sur les plans d'eau ou sur les sols humides et se fait également par extraction racinaire dans le sol et sera libérée ultérieurement à l'extérieur par transpiration par les végétaux (Mersily, 1986).

1.2.4. Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et alimente les eaux souterraines, elle constitue les réserves d'eau du sol et des nappes phréatiques. Ces eaux souterraines retourneront naturellement ou artificiellement à la surface du sol où elles participeront à l'écoulement et l'évapotranspiration (Boeglin, 2001).

1.3. Les principales ressources en eaux

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigue et l'industrie (**Harrat et Achour, 2010**).

1.3.1. Les eaux souterraines

La plupart des eaux souterraines ont une origine météorique, c'est-à-dire proviennent des précipitations (pluie, neige) et de leur infiltration dans le sous-sol. Dans les aquifères de grande taille, l'eau peut provenir de périodes où le climat était différent et peut donc servir d'indicateur de paléoclimat (**François, 2002**).

Elles sont souvent bonnes eaux pour une consommation sans traitement (**Sde, 2005**).

1.3.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface (rivières, lacs, barrages, etc.) sont très largement utilisées aujourd'hui, car ce sont les seuls capables de fournir des quantités considérables pour des consommations diverses. Mais elles sont inévitablement sujettes à contamination par des eaux ruissellement et des eaux résiduaires. Elles peuvent véhiculer des microorganismes et des polluants chimiques, d'où la nécessité d'un traitement adapté avant leur utilisation (une décantation, une filtration, un affinage, une désinfection) (**Festy et al., 2003**).

1.4. La potabilité de l'eau

La notion de la potabilité est liée directement à l'alimentation humaine, agréable à consommer, et qui n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé (**Oil, 1998**).

1.4.1. Les différents types d'eaux de consommation

a) Eaux du robinet

C'est une eau destinée à la consommation humaine. Cette eau distribuée par un réseau public, doit être conforme à des normes de potabilité définies par la réglementation de l'état.

L'eau du robinet est d'abord pompée dans les réservoirs naturels (sources, nappes phréatique, barrages), pour un usage destiné à la boisson, usage domestique, hospitalier et l'industrie agroalimentaire...etc. (**Hartemann et al., 2003**).

b) Eaux embouteillées

C'est une eau minérale naturelle qui se distingue nettement de l'eau de boisson ordinaire (**FAO/OMS, 2007**), et qui doit être répondre à des critères définis par la réglementation du fait que :

- ✚ Elle provient directement de nappes souterraines par des émergences naturelles ou forées pour lesquelles toutes les précautions devraient être prises afin d'éviter toute pollution ou influence extérieure sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau minérale naturelle.
- ✚ Elle est conditionnée à proximité de l'émergence de la source avec des précautions d'hygiènes particulières.
- ✚ Elle est caractérisée par sa teneur en certains sels minéraux, les proportions relatives de ces sels et la présence d'oligo-éléments ou d'autres constituants.
- ✚ Elle est constante dans sa composition et stable dans son débit et sa température, compte dument tenu des cycles de fluctuations naturelles mineures.

1.5. La pollution de l'eau

1.5.1. Définition

La pollution des eaux, est définie comme étant une dégradation physique, chimique ou biologique provoquée par l'activité humaine, perturbe les conditions de vie et les équilibres aquatique compromettant ainsi les utilisations multiples. Cependant la qualité des eaux de surface est influencée aussi bien par des processus naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation) que par l'activité humaine (l'agriculture, eaux usées urbaines et industrielles) (Strobl et Robillard, 2008).

1.5.2. Les différentes sources de la pollution d'eau

Les différentes sources de pollution des eaux peuvent être d'origine :

a) Naturel

Implique par exemple, les précipitations qui entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol, ainsi les ressorts des poissons, les sui tènements de pétrole ...etc. (Gaamoune, 2010). Cette origine concerne aussi un phénomène tel que la pluie, lorsque l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds (Dekhil, 2012).

b) Domestique

Elle résulte par les rejets qui proviennent des activités quotidiennes de l'homme : excréments, bains, préparation des aliments, vaisselle et lessive.

Les eaux usées domestiques sont devisées eaux en : eaux ménagères, et en eaux de vannes. A cause de ces activités, l'homme rejette un part des pollutions biologiques, fécales et urinaires. L'urine se rapporte par le K, Cl et Na, et surtout, les matières organiques (la créatinine, l'acide urique, l'urée,...etc.) (Gisèle, 2007).

c) Industriel

Cette pollution concerne les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique et par des produits chimiques (hydrocarbures, métaux lourds...), ainsi les effluents chargés en éléments toxiques, de quelque entreprise (galvanisation, transformation des métaux, raffinerie **(Khalfoui et al, 2012)**).

En effet, les activités de stockage de ferraille et de construction métalliques sont les principales causes de pollution industrielle, représenté par la présence des éléments toxiques (fer, plomb, nickel,...).

d) Agricole

Caractérisé surtout par, les eaux surchargées par les produits qui provient de l'épandage (engrais, pesticides...). Elle est influencée par les pratiques de cultures (l'irrigation, traitement des plantes, produits chimiques, utilisation massive des engrais,etc.) de l'élevage intensif des pores, bovins et volailles **(Kevin, 2012)**.

1.5.3. Les conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent divisés en trois classes principales.

- **Conséquences écologiques**

Les conséquences écologiques de la pollution des eaux se traduisent par la dégradation des milieux aquatiques **(Amghar et Tessadit, 2017)**.

Naturellement, un écosystème a des capacités d'autoépuration par l'action directe de l'oxygène (aération) et par l'action d'organismes aérobies (oxydation) et anaérobies (réduction). L'écosystème est ainsi capable de transformer et d'éliminer (en partie ou en totalité) les substances biodégradables qu'il reçoit, le maintien de l'équilibre de l'écosystème ainsi que de sa qualité des eaux est alors effectif **(Charente, 2015)**.

Un déséquilibre peut être observé lorsque la qualité de substances plus ou moins toxiques reçue est supérieure aux capacités auto-épuratoires de l'écosystème. L'élimination des polluants n'est alors plus aussi efficace et ceux-ci tendent à s'accumuler dans le milieu pouvant alors devenir toxiques pour les espèces.

- **Conséquences sanitaires**

La qualité de l'eau a un impact sur la santé de l'homme. En effet, les eaux usées sont le réservoir du transport et la multiplication de certains agents pathogènes.

L'homme est exposé aux maladies hydriques dues à la pollution biologique, représenté e par les pollutions bactériennes, zoo-parasitaires, virales ; **(Gisèle, 2007)**.

- Conséquences industrielles

Les industries sont les gros consommateurs d'eau (Amghar et Tassadit, 2017). Les circuits de refroidissement, certaines industries chimiques et textiles, les conserveries alimentaires, demandent de l'eau non polluée.

1.5.4. La lutte contre la pollution

Pour tout problème de pollution, des recommandations peuvent être apportées (Lamribah et al.,) telles que :

- ✚ Équipement total de la ville par le réseau d'assainissement liquide et achever la réalisation de la station de traitement.
- ✚ Généraliser l'accès à l'eau potable dans les secteurs étudiés.
- ✚ Interdire les rejets des eaux usées domestiques et industrielles de façon anarchique à l'air libre et dans la rivière de la ville.
- ✚ Utiliser avec modération les engrais dans les zones agricoles.
- ✚ Surveiller régulièrement la qualité des eaux souterraines par des prélèvements périodiques.

1.6. Caractéristiques de l'eau de surface

1.6.1. Paramètres physicochimiques

L'évaluation de la pollution de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis.

1.6.1.1. Paramètres organoleptiques

a) Couleur

La couleur apparente est due aux matières en suspension et en solution. Elle est en fonction des composés chimiques solubles qui sont colorés (Djermakoye, 2005).

b) Odeur

L'existence d'une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs (Fall, 2007 ; Rodier et al., 2009).

c) Goût

Il peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'eau est dans la bouche (Rodier et al., 1996).

1.6.1.2. Paramètres physiques

a) Température (T°)

C'est un paramètre souvent négligé, mais qui devrait être plus souvent mesuré car le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration, notamment les dégraisseurs, est sensible à des températures trop élevées. Ainsi la température de tout rejet doit être inférieure à 30°C (**Satin et Selmi, 1999**).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination de pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Rodier et al., 2009**).

b) Turbidité

La turbidité est définie comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence, une eau turbide est donc plus ou moins trouble (**Henry et al., 1992**). C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (**Degremont, 1995**).

Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : l'argile, limons, grains de silice et matières organiques (**Rodier et al., 2005**).

La turbidité doit aussi être éliminée pour d'autres raisons :

- Permettre une bonne désinfection de l'eau ;
- Eliminer les polluants adsorbés sur les matières en suspension (métaux lourds ...)
- Eviter tous dépôts dans le réseau de distribution (**Degremont, 1995**).

c) Conductivité Electrique (CE)

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique. Elle est directement liée à la concentration des substances ionisées (**Gaujous, 1998**). Sa mesure nous renseigne sur la salinité de l'eau, elle est utile pour la surveillance dans le temps d'une même eau, car elle permet de déceler de suite des variations dans sa composition (**Gaujous, 1998**).

d) Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène est par définition une mesure de l'activité des ions H⁺ contenus dans une eau (**Henry et al., 1992**).

*C'est l'un des paramètres les plus importants de la qualité ; Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,5 et 8,5. C'est à l'intérieur de ces deux valeurs que se situe le pH des eaux distribués aux collectivités (**Rodier et al., 2005**).*

e) La salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute médication intempestive de la salinité due à location de Lhomme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (**Ramade, 2011**).

f) Solides dissous totaux (TDS)

Il représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des anions. Des actions sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement.

1.6.1.3. Paramètres chimiques

a) Calcium (Ca_2^+)

Le calcium est un élément (métal) alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates surtout à l'état d'hydrogencarbonate, et en quantité moindre sous forme de sulfate et chlorures. Il est le composant majeur de la dureté de l'eau, et l'élément dominant des eaux naturelles. Lorsque sa teneur dans les eaux dépasse la norme, il provoque d'entartrage dans les canalisations. Son dosage se fait généralement par la méthode complexe métrique (**Tardat- Henry M., 1992**).

b) Magnésium (Mg^{2+})

Comme le calcium, il est aussi un élément dominant de l'eau, il constitue un élément significatif de sa dureté, sa teneur dépend des terrains traversés. C'est un élément indispensable pour la croissance ; il intervient comme élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux. Son dosage se fait de la même manière que le calcium (**Tardat- Henry M., 1992**).

c) Sodium (Na^+)

Les concentrations en sodium peuvent être extrêmement variables, indépendamment du lessivage des formations géologiques contenant du chlorure de sodium. Le sel peut provenir de la décomposition des minéraux, comme les silicates de sodium et d'aluminium. L'OMS recommande pour l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 150 mg/l. Une ingestion excessive de chlorure de sodium provoque des cas pathologiques tels que l'hyper inflammation et l'hypertension. Son dosage s'effectue par la SAA (**Sabrina, 2004**).

d) Potassium (K⁺) :

La teneur en potassium est beaucoup moins importante que celle de sodium, sa présence est à peu près constante dans les eaux naturelles. Il ne présente aucun inconvénient particulier, bien qu'il soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau. Selon les normes de L'OMS, sa valeur maximale dans les eaux de consommation est de 12mg/L. Il est également dosé par la SAA (Sabrina, 2004).

e) Chlorures (Cl⁻)

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Une eau à concentration élevée en chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau (Lounnas, 2009).

f) Chlore total (CL₂)

Le chlore total est le chlore qui reste dans l'eau qu'il soit libre, ou qu'il ait réagi. Le comité Fédéral-Provincial-Territorial de l'eau potable recommande un taux de chlore résiduel libre minimum de 0.1mg/l ou un niveau de chlore total de 0.5mg/l au minimum.

g) Les Sulfates (SO₄-2)

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle. L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques. Toute fois des concentrations élevées peut avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution (Maiga, 2005).

h) Oxygène dissous

On considère qu'une eau est polluée lorsque la concentration en O₂ dissous est située au-dessous d'une certaine valeur limite ; car la consommation d'O₂ dans l'eau est principalement due à des substances polluantes qui sont microbiologiquement désagréables (Bliefert et al., 2001).

i) La dureté totale (TH)

La dureté

Initialement, la dureté d'une eau exprimait l'aptitude de cette eau à réagir et à faire

Mousser le savon. A l'heure actuelle on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1 mg/L, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans lieu sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou d'hydrogénocarbonate.

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté :

- **Dureté totale (THt) :** Somme des concentrations globales en calcium et magnésium.
- **Dureté calcique (THca) :** Concentration globale en calcium.
- **Dureté magnésienne (THMg) :** Concentration globale en magnésium.
- **Dureté permanente ou non carbonatée (THp) :** Dureté qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et de magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorure et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitant sous forme de carbonate de calcium.
- **Dureté temporaire ou carbonate :** Dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonate, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté

Permanente (**Réjsek, 2002**)

j) Titre alcalimétrique

- Le titre alcali métrique simple ou (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.
- Le titre alcali métrique complet ou (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Rodier et al., 2005**).

1.6.1.4. Elément de pollutions

a) Ammonium (NH₄⁺)

C'est un composé d'hydrogène et d'azote. Dans l'eau de surface et dans l'eau souterraine à faible profondeur, sa présence constitue un indicateur de pollution, tandis que dans l'eau souterraine profonde, c'est le signe que cette eau a séjourné longtemps dans le sol, ce qui en garantit sa bonne qualité. Dans les deux cas, l'ammonium doit être éliminé lors du traitement de l'eau (**Livre bleu, 2002**).

b) Les nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin, à cause de leurs solubilités dans l'eau, les nitrates sont

facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (**Bliefert et Perraud, 2001**).

c) Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions NH_4^+ et les ions NO_3^- , leur présence pourrait être due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates (**Anrh, 2000**).

d) Les phosphates (PO_4^{3-})

Ils sont d'origines organique ou minérale, le plus souvent leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additif dans les détergents et comme agent de traitement des eaux de chaudière. A l'état naturel ils se trouvent à un degré d'oxydation (+5), ainsi on trouve le phosphate dans un grand nombre de roches et de minerais sous forme d'apatites (phosphate de calcium) ou de fluoro-apatites ($\text{CaF}_2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Il n'y a pas de normes qui limitent la teneur en phosphate dans l'eau, il peut même être ajouté à l'eau potable pour combattre la corrosion des réseaux de distribution.

e) Demande biologique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours. La DBO5 est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d' (O_2) /L, et quand elle dépasse les 9 mg/L l'eau est considérée comme étant impropre (**Gomella et al., 1978**).

f) Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle regroupe la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'ensemble des matières minérales et organiques biodégradables ou non, présentes dans un milieu. Donc les matières oxydables par les processus purement chimiques et celles oxydables par les processus biochimiques (**Bousseboua, 2005**).

g) Le rapport DCO/DBO5

La différence entre la DCO et la DBO_5 se reflète dans les substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement, la quantification de la charge polluante biodégradable dans l'eau est déterminé par sa DCO et DBO_5 ce qui fait le rapport entre la DCO et DBO_5 un

indicateur permettant de mesurer« dégradabilité » biochimique des composés organiques présents dans une eau résiduaire, lorsque des substances toxiques sont présentes.

L'activité biologique est ralentie donc la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre, ce qui traduit par un rapport DCO/DBO5 élevé (**Devillers et al., 2005**).

Selon la biodégradabilité, on peut caractériser l'origine des effluents générateurs de la matière organique, ils peuvent être domestiques ou industriels (**Boutayab et al., 2012**).

Chapitre. II

Matériel et méthodes

2.1 Description du site d'étude

Situation géographique

L'étude porte sur le territoire d'Oum Teboul. Ce dernier est un village situé dans la commune de Souarekh, dans la Wilaya d'El Tarf, en Algérie, il est situé à 10 km à l'ouest de la frontière tunisienne. Situé à l'extrême nord-est de l'Algérie, avec un littoral de 09 km, habité par environ 22000 personnes [1].

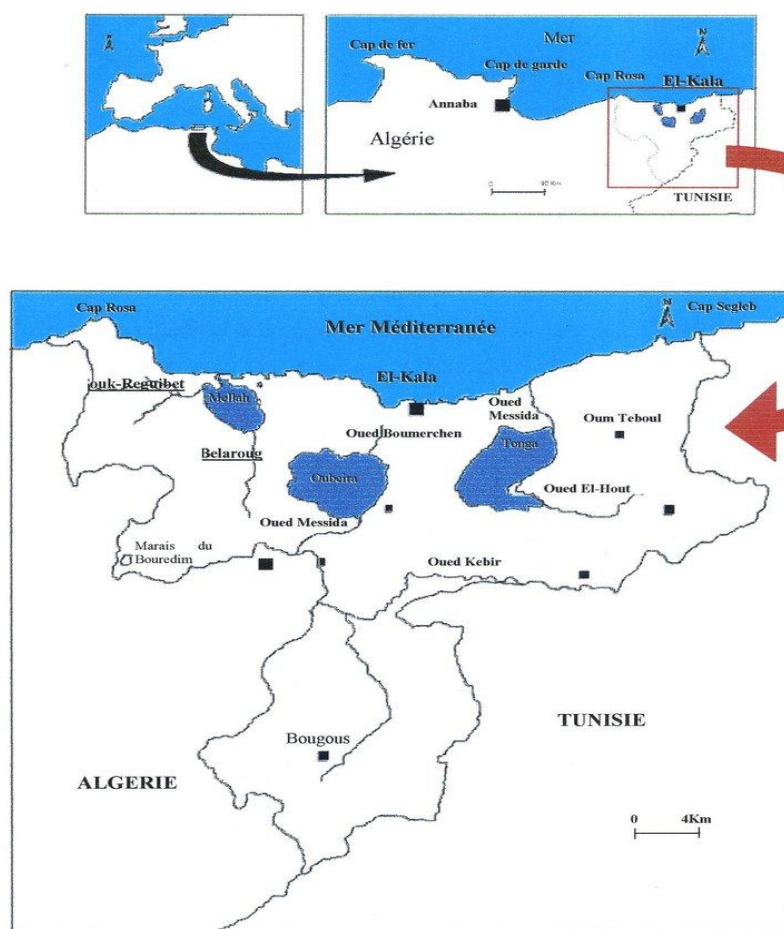


Fig. 1 : Situation géographique de la région d'Oum Teboul (extrême nord-est algérien)

2.2 Choix des points de prélèvement

Dans le cadre de l'analyse physique de la qualité de l'eau consommation de certaines ressources naturelles dans la municipalité d'Al-Sawarekh, basée sur un grand nombre de sources y ont été trouvées, un site a été choisi ; [Source d'Ain Melloul](#)

L'échantillonnage a été prélevé sur place, mensuellement sur une période de 3 mois. Le nombre d'échantillons était limité par les moyens d'analyse, il était donc impossible de les

réaliser au niveau universitaire. Des milieux extérieurs ont été invités à effectuer des analyses physiques et chimiques ;

- L'ADE (Boutaldja) et un laboratoire privé sur (Annaba).

2.3 Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera faite.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc...). Etant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. **(Rodier, 2009).**

2.3.1 Matériel d'échantillonnage

La préparation du matériel est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matériel de terrain doit inclure notamment une quantité suffisante de bouteilles stérilisées clairement identifiées, une glacière, de la glace, un carnet pour prendre des notes sur le terrain et un multi-paramètre ;

- Flacon en plastique
- Glacière



Fig. 2 : Flacon en plastique stérile et glacière

2.3.2 Enregistrement et étiquetage des échantillons

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables (**Rodier, 1996**). Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales ;

- Lieu
- Nom de la source
- Le temps de prélèvement
- La climatologie

2.3.3 Méthode de prélèvement

Pendant l'échantillonnage, nous avons respecté les recommandations dictées par l'auteur **Rodier en 2009** et qui sont :

- Les bouteilles utilisées pour les analyses physico-chimiques doivent être rincées au moins trois fois avec de l'eau à prélever.
- Les prélèvements se font à une profondeur de 5 à 10 cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air, et de ne pas toucher le fond du réservoir avec les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiments qui risquent de contaminer l'échantillon.
- Les bouteilles sont remplies jusqu'à bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.
- Après la mise en flacons et l'étiquetage, l'échantillon doit être placé dans une glacière à 4°C pour le maintenir au frais.

2.3.4 Transport et conservation des échantillons

Les échantillons prélevés doivent être remis le plus tôt possible pour analyse. Ils doivent être acheminés dans des conditions qui évitent le changement des paramètres physico chimique. Ils doivent être transportés dans des glacières.

2.4 Analyses physico-chimiques

Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur place. **La température, le pH, la salinité, la conductivité électrique, le taux des sels dissouts, et dioxygène dissout** ont été mesurés à l'aide d'une sonde multi paramètres. La couleur, a été estimée à l'œil nue.

2.4.1 Paramètres physiques

- Mesure de la conductivité, salinité et TDS

C'est la mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couverte de noir de platine) maintenues parallèles. La mesure du TDS et la salinité est réalisée à l'aide du même appareil que celui qui détermine la Conductivité électrique (conductimètre HACH Sension 3).

Mode opératoire

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant Usage
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient de l'eau à examiner puis faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la conductivité électrique en en micro-siemens par centimètre ($\mu S/cm$) et la valeur des TDS mg/l et la salinité en pourcentage.



Fig. 3 : Mesure de la conductivité, Salinité, TDS.

- Mesure du pH et la température

Objectif

Ce protocole opératoire a pour objet la description de la mesure du pH des eaux par une méthode potentiométrique à l'aide d'une électrode au platine combinée à une sonde de température.

Mode opératoire

- Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincée avec de l'eau distillée, dans un bêcher contenant l'échantillon à analyser.
- Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- Appuyer sur la touche (Read / Enter), la valeur du pH et de la température évolue Jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.
- La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température.
- A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la Solution de conservation KCL.

Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la température en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ainsi que la valeur du pH correspondante.



Fig. 4 : Mesure du pH et de la température

- Mesure de la turbidité par absorption

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure de la turbidité.

Mode opératoire

- L'échantillon doit être remis à température ambiante et être homogénéisés doucement

- Avant la mesure.
 - La cuve de mesure doit être propre et essuyée à chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant mesure.
 - La mesure de la turbidité s'effectue de la manière suivante :
 - Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- Fermer le capot de l'appareil.
 - Attendre l'affichage automatique d'une valeur. Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (ENTRER) et lire la valeur affichée.
 - Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en Néphelometric Turbidity Unit (NTU).



Fig. 5 : Mesure de la turbidité

2.4.2 Paramètres chimiques

- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet

Objectif

Le présent document décrit le mode opératoire afin d'évaluer le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre alcalimétrique Complet (TAC) en degrés français (f...)

Le TA correspond à la mesure de la teneur d'une eau en hydroxydes et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux.

Le TAC est la teneur d'une eau en hydroxydes, en carbonates et en hydrogénocarbonate-natte alcalins et alcalino-terreux.

Mode opératoire

- Le TA et le TAC se mesurent après détermination du pH de l'eau, sur une prise d'échantillon de 50 ml.

- Mesure du TA

Dans un erlenmeyer contenant 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine.

-Si le pH < 8,3, la solution ne se colore pas en rose : le TA est = 0

-Si le pH > 8,3, la solution est rose : le TA est déterminé par addition de liqueur alcalimétrique (solution d'acide sulfurique N/25), V (ml), nécessaire au virage de la phénolphtaléine

D'où : $TA = V \text{ (ml)} \times 4^\circ F$



Fig.6 : Mesure de TA

- Mesure du TAC

Elle succède à celle du TA sur le même échantillon.

Si le TA est non nul, ne pas réajuster la burette de liqueur alcalimétrique à zéro.

Dans l'échantillon précédent, ajouter 1 goutte de Methylorange.

- Si le pH < 4,3, la solution est immédiatement rouge ou orangée : TAC = TA
- Si le pH > 4,3, la solution est jaune : le TAC est déterminé de la même manière que le TA avec V(ml) volume total de titrant versé.

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en (mg/l)

$$\text{TAC} = V_{\text{éq}} \cdot 0.5$$

TAC : titre alcalimétrique complet

V_{éq} : volume équivalent de H₂SO₄.

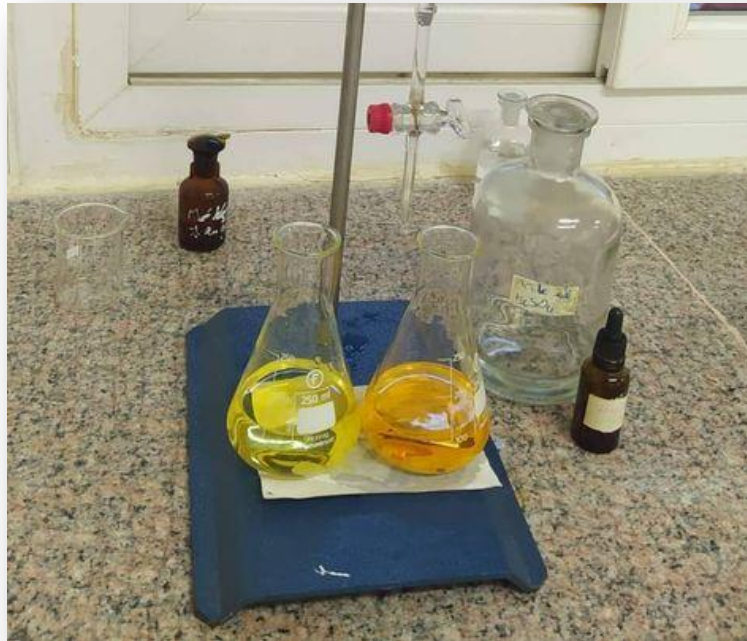


Fig.7 : Dosage de TAC

- Dosage du TH ou titre hydrotimétrique

Objectif

La mesure du TH s'effectue sur les eaux dont on veut déterminer la dureté.

La dureté correspond à l'ensemble des ions alcalino-terreux, soient les ions calcium et magnésium principalement.

Méthodes de dosage

Dosage par liqueur complexe métrique (ou liqueur hydrotimétrique).

Principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétra sodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique).

La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles ^les chélates^.

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une burette.
- Les verser dans un erlenmeyer adapté puis ajouter 10 gouttes de complexe ériochrome noir permettant la complexation totale des ions calcium et magnésium à pH = 10.

-si la solution est bleue : TH = 0. L'eau est adoucie ou non-dure.

Kit TH-test

Verser l'eau à analyser dans le tube à essai jusqu'au repère.

Ajouter 2 gouttes de réactif K ; agiter.

Ajouter 2 gouttes de réactif TH test 1 (NET) ; agiter.

-Si la couleur est bleue, le TH = 0 : l'eau n'est pas dure.

-Si la couleur est violette, l'eau a une certaine dureté : ajouter goutte à goutte le réactif TH test 2 (complexe). Compter le nombre de gouttes ajoutées jusque à obtenir une coloration bleue.

La dureté ou TH en F est égale à deux fois le nombre de gouttes de réactif TH test 2 versées.

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en mg/l.

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{+}]$$

$$TH = V_{\text{éq1}} \times 100$$

TH : titre hydrotimétrique (mg/l).

[Ca²⁺] : concentration en calcium (mg/l).

[Mg⁺] : concentration en magnésium (mg/l).

V_{éq1} : volume équivalent d'EDTA



Fig. 8 : Dosage de TH

2.4.3 Elément de pollution

- Détermination de la matière organique

Objectif

Le protocole décrit la détermination de l'indice de KMnO_4 ou « oxydabilité » permettant d'évaluer la contamination en matière organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées.



Réactifs

- Acide sulfurique.
- Permanganate de potassium KMnO_4 , solution mère.
- Oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, solution talon.

Mode opératoire

- Prendre 25 ml échantillon.
- Ajouter 5ml acide sulfurique chauffé 10 min pendant 10 min à $85-90^\circ\text{C}$
- Ajouter 5 ml (KMnO_4) 10 min à 90°C .
- Retire échantillon et ajouter 5 ml oxalate de sodium.

Si la couleur rose indique que la matière organique est 0.

Si la couleur transparente en titre avec le KMnO_4 jusqu'à à obtenir la couleur rose.

Après l'apparition de couleur rose du blanc en ajoute une autre fois 5 ml de l'oxalate afin d'obtenir la couleur transparente en titre avec le KMnO_4

Expression des résultats :

$$C = \frac{V1 - V0}{V2} \times 16$$

V1 : volume KMnO_4 .

V0 : volume blanc KMnO_4 (première étape).

V2 : volume blanc KMnO_4 (deuxième étape).



Fig. 9 : Détermination de la matière organique

- Mesure du nitrate, chlorure, ammonium et sodium

Objectif

Ce protocole opération a pour la description de la mesure du la nitrate, chlorure, l'ammonium, et le sodium des eaux en utilisant l'appareil de multi élément qui exprimé les résultats.

Mode opératoire

- Prendre environ 100 ml échantillon dans un bécher.
- Immerger les électrodes dans le bécher puis appuyer sur la touche READ. Les valeurs du nitrate, chlore, ammonium et sodium s'affiches sur l'écran de l'appareil
- Mettre l'électrode dans le bécher puis appuyer sur la touche READ. La valeur du nitrate, chlorure, ammonium et sodium s'affiches sur l'écran de l'appareil.

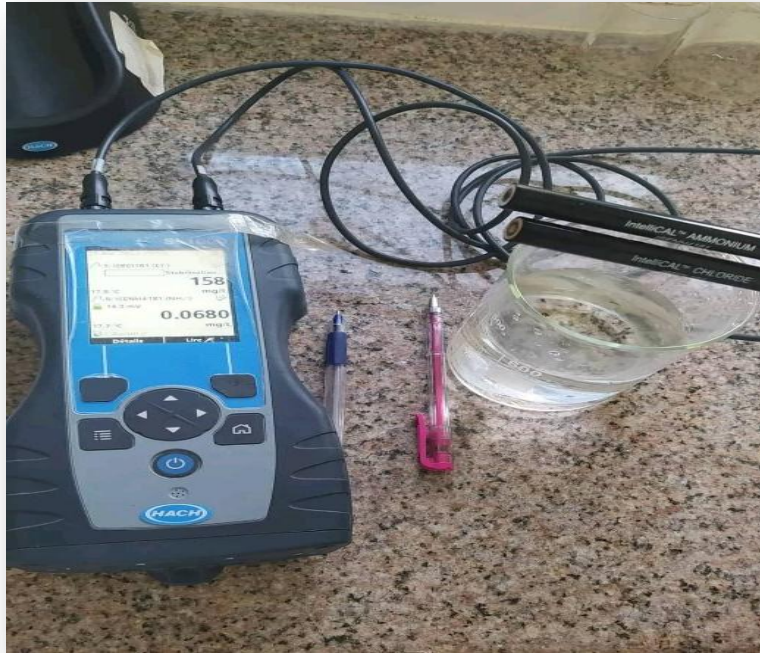


Fig. 10 : Mesure du nitrate, le chlorure, l'ammonium et le sodium

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en mg/l.

- Dosage des nitrites

La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec la dichlore-hydrate de N-naphtyl-1-diamino-1,2 éthane, mesure de l'absorbance à 540nm.

Mode opératoire

- Prendre 40ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml de réactif mixte coloré.
- Homogénéiser immédiatement, le pH à ce stade doit être de 1,9.
- Après 20 min, l'apparition d'une couleur rose indique la présence de nitrite.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à longueur d'onde de 540nm.



Fig. 11 : Dosage de nitrite

- **Dosage des Ortho phosphates**

Ce protocole a pour objet la description du dosage de spectrométrie des Ortho phosphates.

Principe

Repose par formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700nm et l'autre plus intense à 880nm).

Réactifs

- Molybdate
- Acide ascorbique.

Mode opératoire

- Filtrer l'échantillon dans les 04h après le prélèvement sur une membrane filtrant de porosité 0.45um, préalablement rincée pour être rendue exempte de phosphates par passage de 200ml d'eau chauffée à 30° à 40°C. Eliminer les eaux de rinçage ainsi que les premiers 10ml du filtrat de l'échantillon et recueillir le reste dans une bouteille en verre propre et sèche pour le dosage des ortho phosphates.
- Si l'échantillon a été conservé au froid entre temps, l'amener à la température ambiante avant de le filtrer.
- Si le ph du filtrat n'est pas situé entre 3 et 10, l'ajuste avec une solution de NaOH à 2mol/l ou une solution de H₂SO₄ à 2mol/l.
- Introduire 40ml d'échantillon, ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2ml de molybdate d'acide dans une fiole jaugée de 50ml. Compléter au volume avec de l'eau distillée.

- Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même volume approprié d'eau distillée à la place de prise d'essai.

Si aucune couleur n'est apparue, il n'y a pas de phosphores (PO_4^{3-}).

Indique alors comme résultats : $<0,09\text{mg/l}$ de phosphore.

C'est une coloration bleue est app préalablement rincée pour être rendue exempte de phosphates par parue, effectuer la mesure au Spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880nm.

Expression des résultats

Les résultats de dosage son données directement en mg/l.

- Dosage de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+})

Ce protocole a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'eau.

Principe

- Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène- diamine-tétra-acétique (EDTA) à $\text{pH} = 10$. Le noire eriochrome et le murexide sont utilisés comme indicateurs.
- L'EDTA réagit tous d'abord avec les ions de calcium libres puis avec les ions de calcium combinés, l'indicateur vire de la couleur rose à la couleur violet.

Réactifs

- Solution EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{H}_2\text{O}$) à 0,02N.
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 2N.
- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH à $\text{pH}=10,1$).
- Indicateur coloré.
- Murexide.
- Noir eriochrome.

Mode opératoire

Pour le Ca^{2+}

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 goutte de NaOH.
- Ajouter 1 mg de l'indicateur coloré Murexide.
- Après homogénéation on titre avec l'EDTA jusqu'à virage de la couleur (violet).

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en mg/l.

$$[Ca^{2+}] = V_{\text{éq}2} \times 40$$

[Ca²⁺] = concentration de calcium

V_{éq2} = volume équivalent de EDTA



Fig. 12 : Dosage de calcium

(Mg²⁺)

Mode opératoire

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4ml de NH₄OH (pH = 10,1).
- Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré eriochrome, puis titrer avec l'EDTA jusqu'au virage de la couleur (bleu).

Expression des résultats

Les résultats exprimaient en mg/l.

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{+}]$$

$$V_{\text{éq}3} [Mg^{+}] = V_{\text{éq}1} TH - V_{\text{éq}2} [Ca^{2+}]$$

$$[Mg^{+}] = V_{\text{éq}3} \times 24$$

Véq1 : Volume équivalente d'EDTA de titre hydrotimétrique (mg/l).

Véq2 [Ca²⁺] = Volume équivalente de EDTA de calcium (mg/l).

Véq3 = Volume équivalente de EDTA de magnésium (mg/l).

- Dosage du potassium (K⁺)

Le potassium a été dosé selon la méthode Aubert (1978) décrite au-dessous.

La solution mère

Chlorure de potassium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml faire dissoudre 1.90 g de chlorure de potassium (KCl) dans 500ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

Les solutions filles

Dans une fiole jaugée de 100 ml faire diluer respectivement 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 et 3.5ml de la solution mère (KCl) avec l'eau distillée, ces solutions contiennent respectivement 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ppm.

Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

Passer les échantillons au spectrophotomètre à flamme.

Lecture des résultats.

A. Aptitude de l'eau pour l'irrigation

La classification la plus utilisée des eaux d'irrigation est celle du laboratoire américain de salinité (USDA) développée par Richards en 1954, basée sur la combinaison du SAR "Sodium Absorption Ratio" avec la conductivité électrique sous forme de diagramme de classe (diagramme de Wilcox). Le SAR est donné par la formule ; $SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}}$

- B. Évaluation de l'indice de pollution organique (OPI)

Pour l'évaluation de la pollution organique, nous avons utilisé l'indice de pollution organique (Leclercq, 2001). Le principe de calcul de l'OPI est basé sur les mesures d'ammonium, de DBO5, de nitrite et d'orthophosphate et de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes (**tableau II**). Le numéro de classe correspondant à chaque paramètre est ensuite déterminé à partir des valeurs obtenues dans l'étude. L'indice final de pollution organique est la moyenne des classes de pollution pour l'ensemble des paramètres (**tableau II**).

Chapitre. III

Résultats et discussion

3. Résultats des Analyses Physico-chimique

Tableau I. Présentation récapitulatifs des résultats des analyses physico-chimique

Paramètres	Mois et date		
	Mars. 15/03/2022	Avril. 22/04/2022	Mai. 24/05/2022
<i>Température (C°)</i>	15,4	17,1	19
<i>pH</i>	7,99	8,04	8,09
<i>TDS (mg/l)</i>	216,4	222	224
<i>Salinité %</i>	0,2	0,2	0,2
<i>Turbidité (NTU)</i>	1,25	2,25	2,56
<i>Conductivité ($\mu S/cm$)</i>	448	450	457
<i>TAC (f°)</i>	8,5	8,5	8,5
<i>TH (mg/l)</i>	180	180	180
<i>Nitrite (mg/l)</i>	0,07	0,06	0,07
<i>Nitrate (mg/l)</i>	1,16	1,23	1,4
<i>Chlorure (mg/l)</i>	40,8	41,5	42,7
<i>Ammonium</i>	0,36	0,3	0,3
<i>Calcium (mg/l)</i>	44	44	44
<i>Magnésium (mg/l)</i>	16,8	16,8	16,8
<i>Potassium (mg/l)</i>	1,2	1,3	1,6
<i>Sodium (mg/l)</i>	8,3	8,14	8,6
<i>Matière organique</i>	0	0	0
<i>Ortho phosphate</i>	0,05	0,05	0,05

3.1 Paramètres physiques

✓ Potentielle d'hydrogène (pH)

Le pH des eaux analysées des différents mois est compris entre 7,99 et 8,09. La valeur la plus faible a été observée au cours du mois de Mars avec une valeur 7.99. Parallèlement on remarque une augmentation au cours du mois d'avril avec une valeur de 8.04 et la valeur la plus élevée détectée au cours du mois de Mai avec une valeur de 8,09.

Les teneurs du pH publiées par les normes Algérienne varient entre 6,5 et 9.

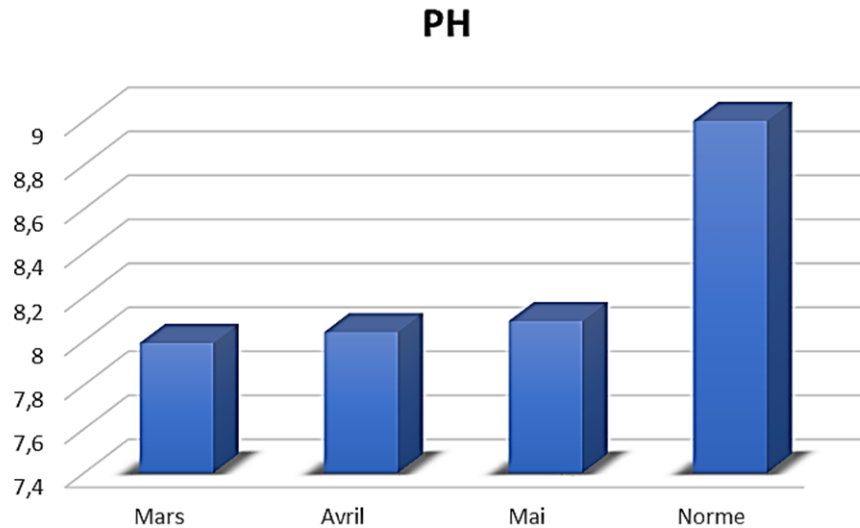


Fig. 13 : Représentation graphique des teneurs en pH

✓ **La température (T°)**

Il est constaté que les valeurs de la température pour les trois mois sont généralement très proches. Elles se situent entre 15,4 et 19°C.

Ces valeurs sont en accord avec les valeurs accordé par les normes algériennes.

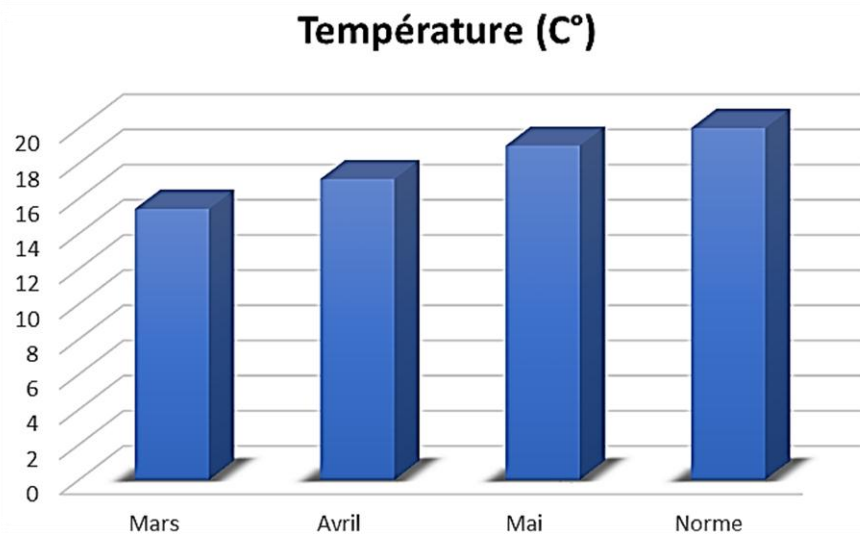


Fig. 14 : Représentation graphique de la teneur en température

✓ **La conductivité Electrique (CE)**

La conductivité est due à la présence d'ions dans le milieu, et qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejesk, 2002**).

Nous constatons que les valeurs de la conductivité électrique varient entre 448 et 457µS/cm. La valeur maximale de 457 µS/cm est enregistrée pendant le mois de Mai et la valeur minimal

en mois de Mars. Par contre une valeur intermédiaire de 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au cours du mois d'Avril.

Ces données sont inférieures à la norme Algérienne (valeur maximale de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

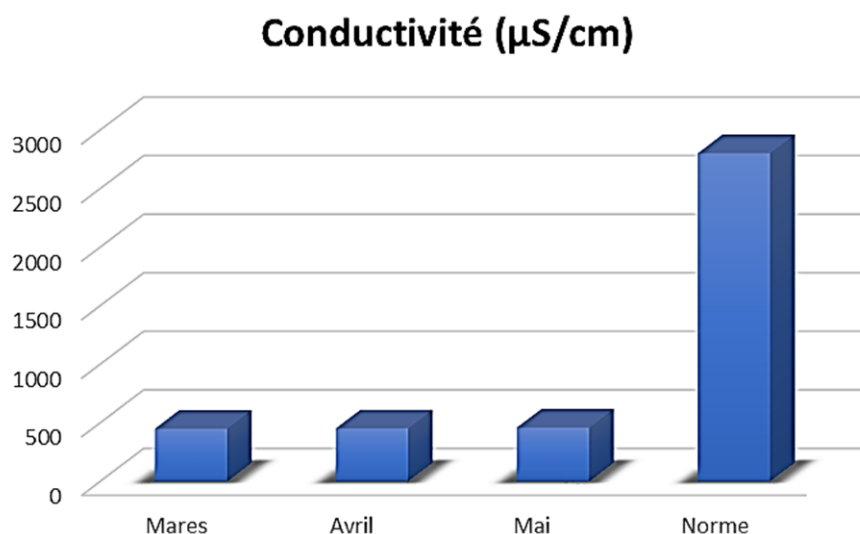


Fig. 15 : Représentation graphique du teneur en conductivité

✓ La salinité

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Elle est stable dans les trois mois d'une valeur 0.2%.

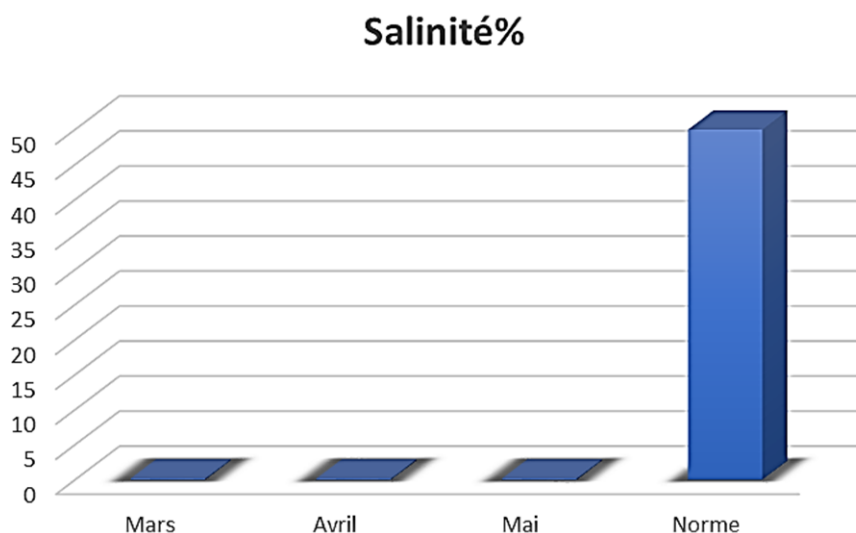


Fig. 16 : Représentation graphique du teneur en salinité

✓ TDS

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau, ont conclus à une stabilité de la minéralisation.

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200mg/l (norme de l’OMS)

Au mois de mars, nous avons enregistré une valeur de 216.4mg/l ; ou elle augmente au cours du mois d’avril avec une valeur de 222mg/l et une valeur proche affichée au cours du mois de Mai 224mg/l.

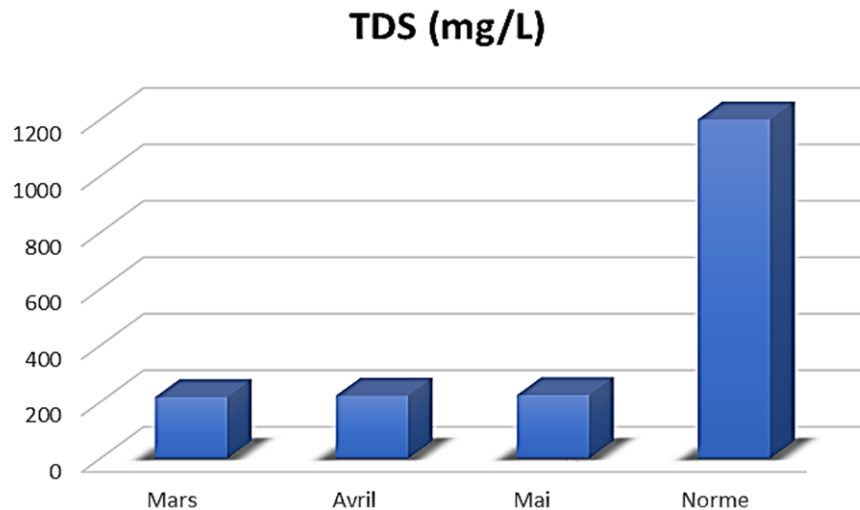


Fig. 17 : Représentation graphique du teneur en conductivité

✓ La turbidité

La turbidité affecte beaucoup la potabilité d’une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre. Elle est le plus souvent due à la présence des matières en suspensions finement divisées telles les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques.

On remarque que les valeurs sont très proches au cours des trois mois d’étude et que ne dépassent pas les normes recommandées (**Fig. 18**).

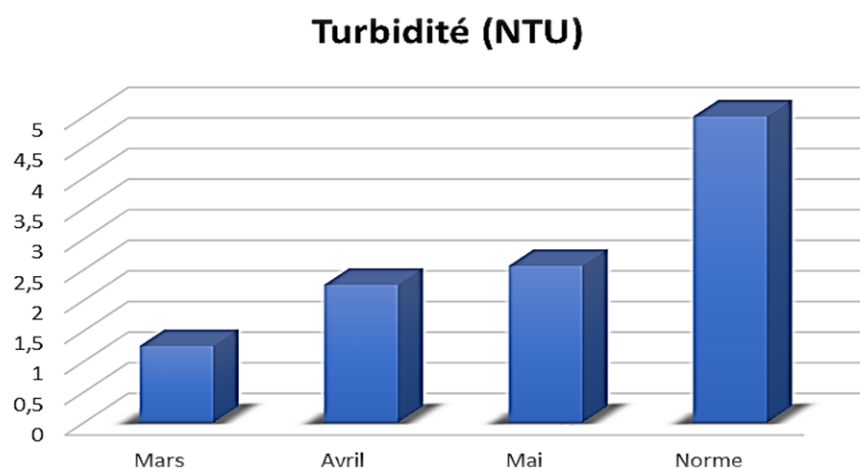


Fig. 18 : Représentation graphique du teneur en Turbidité

3.2 Paramètres chimiques

✓ Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC

D'après nos analyses, le titre alcalimétrique complet pour les trois mois sont stables ; avec une valeur 8.5 f°. Nous distinguons une faible présence de bicarbonates et ces derniers sont conformes avec les normes algériennes de la potabilité qui sont fixées à 125 f° (Fig.19).

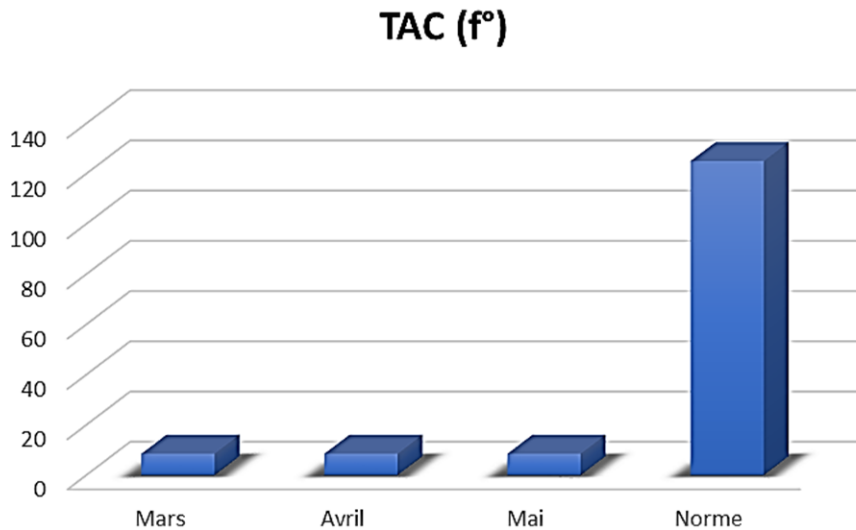


Fig.19 : Représentation graphique du teneur en TAC

✓ Dosage du TH ou titre hydrotimétriques TH

Le titre hydrométrique correspond à la teneur globale en sels de calcium et en magnésium.

Les résultats obtenus (Fig. 20) nous montrent que les eaux analysées ont des duretés de valeurs moyennes ne dépassent pas la norme qui varient entre 180 mg/l a chaque mois.

L'OMS exige que la dureté totale de lieu destinée à la consommation humaine soit inférieure à 500mg/l.

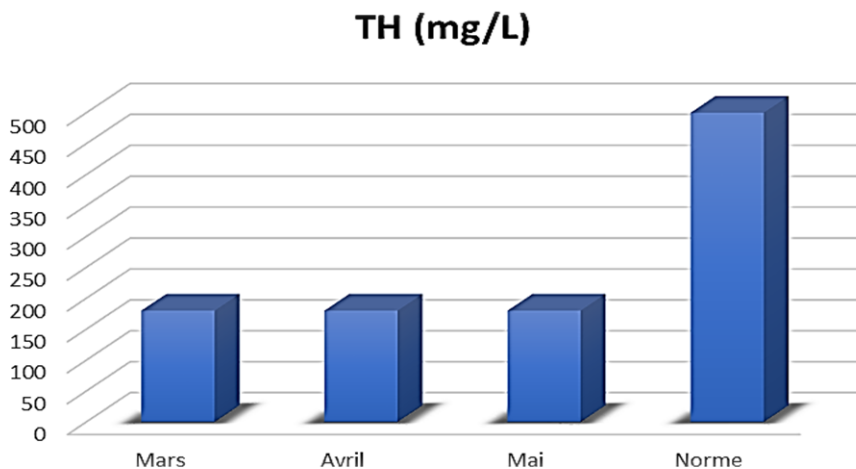


Fig. 20 : Représentation graphique du teneur en TH

3.3 Les éléments de la pollution

Les valeurs représentées dans la figure 21, montrent que la matière organique dans les trois mois est nulle.

Ces valeurs sont conformées cependant à la norme Algérienne soit inférieure à 3 mg/l.

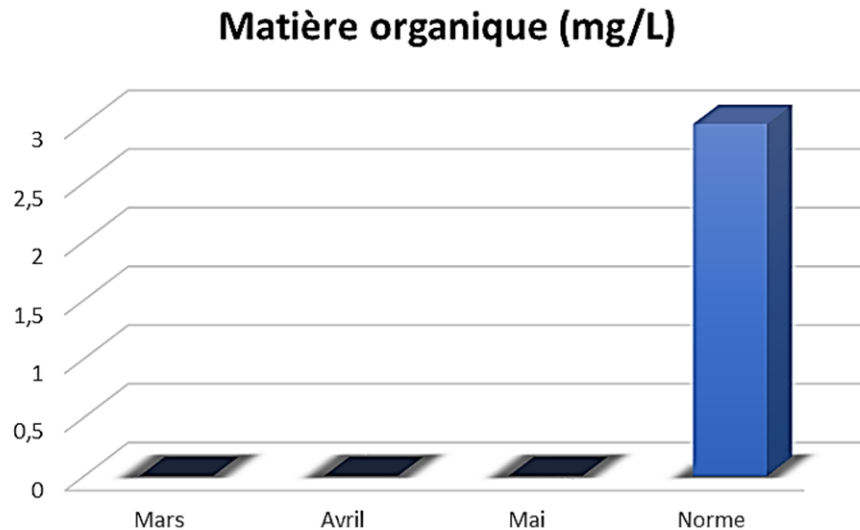


Fig. 21 : Représentation graphique du teneur en Matière organique

✓ **Le nitrate (NO₃⁻)**

Ces résultats montrent que les teneurs en nitrate dans l'eau des trois mois sont très proche ; Mars 1.16mg/l, Avril 1.23mg/l et Mai 1.40mg/l.

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L (NO₃⁻) (Rodier et al., 2009).

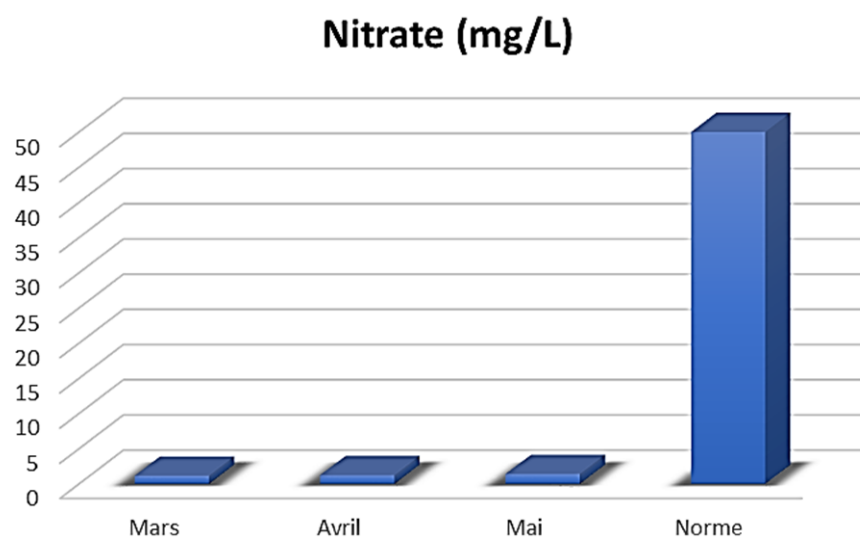


Fig. 22 : Représentation graphique du teneur en nitrate

✓ Le nitrite (NO₂⁻)

D'après les résultats des échantillons analysés, nous remarquons que les valeurs des nitrites des eaux notés au mois de Mars et mois de Mai sont identiques ; 0,07mg/l. Une valeur minimale de 0,06mg/l est observée au cours du mois d'avril. Elle reste cependant inférieure à la norme Algérien qui indique des valeurs inférieures de 0,2m/l.

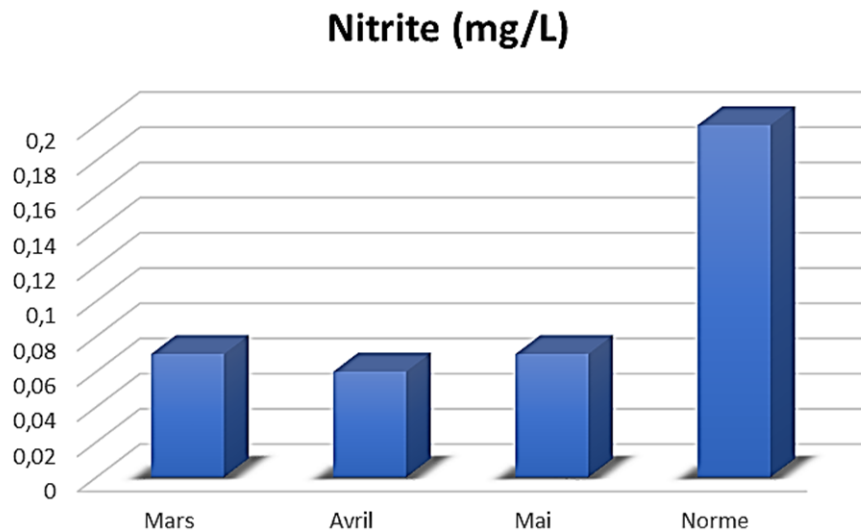


Fig. 23 : Représentation graphique du teneur en nitrite

✓ Le chlorure (Cl⁻)

Les teneurs en chlorure trouvés pour l'ensemble des échantillons analysés sont compris entre 40.8mg/l et 42.8mg/l. La réglementation algérienne autorise une valeur de 500 mg/l pour les eaux potables. Donc ces valeurs sont tous conformes à la norme.

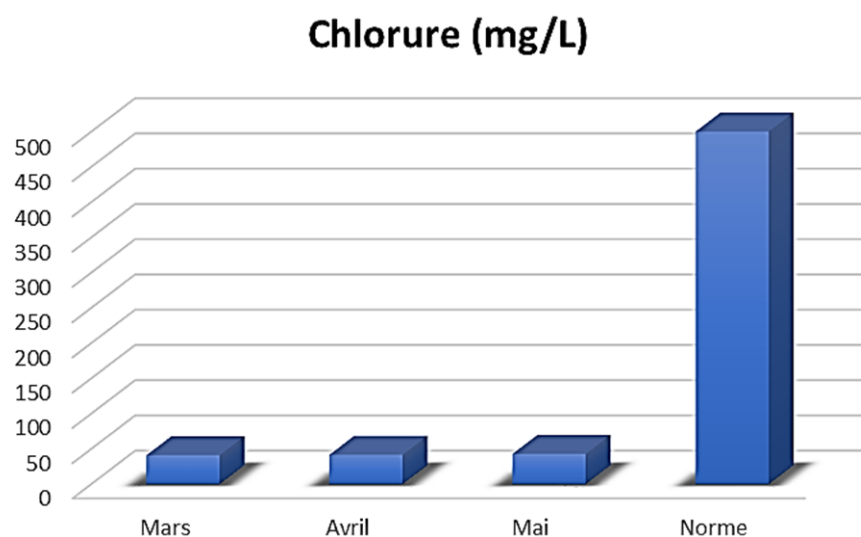


Fig. 24 : Représentation graphique du teneur en chlorure

✓ **L'ammonium (NH₄⁺)**

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution conforme d'après **Dembele (2005)**.

Les résultats obtenus varient entre 0.3 et 0.36mg/l (**Fig. 25**) qui sont inférieure à la limite maximale de 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne.

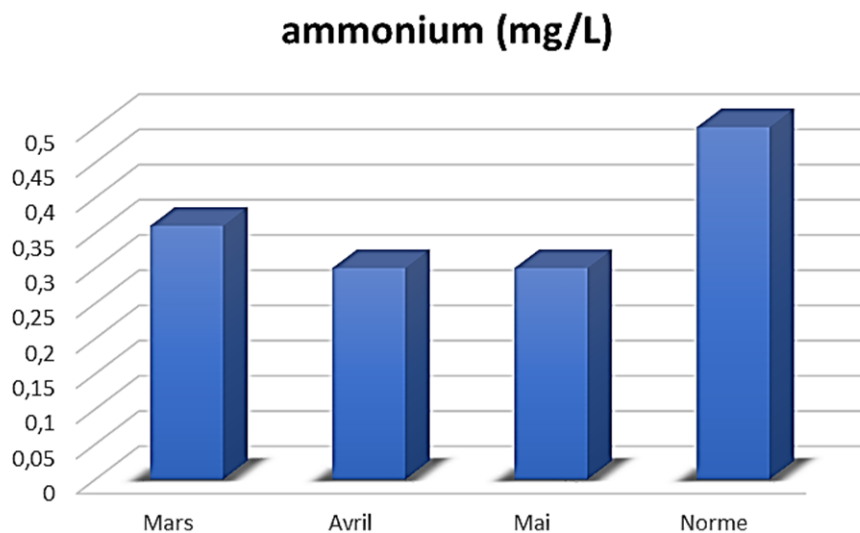


Fig. 25 : Représentation graphique du teneur en ammonium

✓ **Le calcium (Ca₂⁺)**

Le calcium est le composant majeur de la dureté de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potable. Les analyses effectuées sur l'eau dans la source d'Ain Melloul au cours des trois mois donnent une valeur constante de 44mg/l. Cette valeur est accordée avec les valeurs algériennes qui fixent une valeur maximale de 200 mg/l.

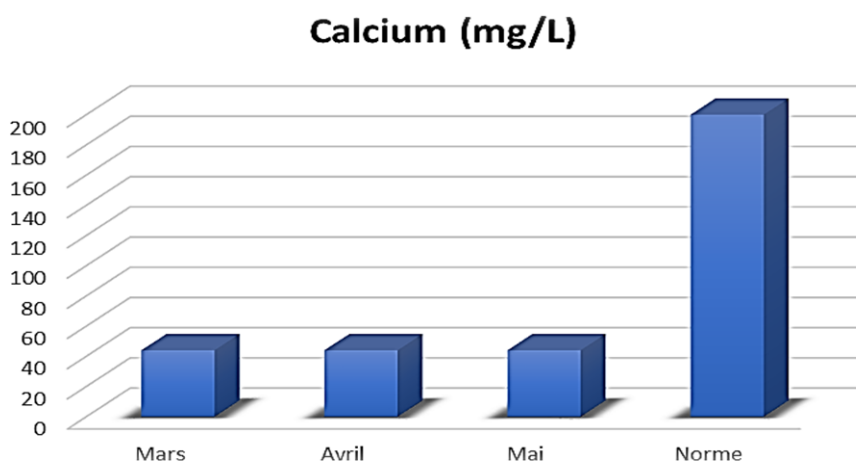


Fig. 26 : Représentation graphique du teneur en calcium

✓ **Le magnésium (Mg₂⁺)**

Le magnésium est un élément essentiel dans l'eau. D'après nos résultats ; on observe que les teneurs en magnésium des trois mois sont stables avec une valeur de 16,8mg/l.

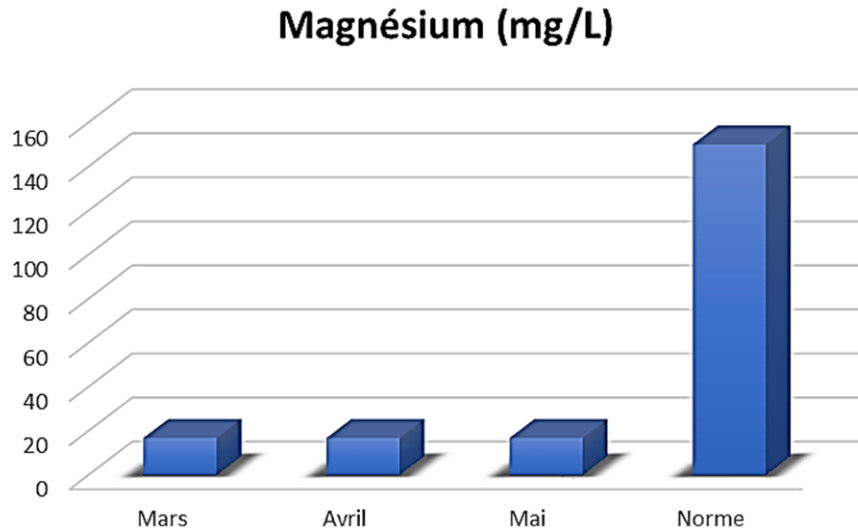


Fig. 27 : Représentation graphique du teneur en magnésium

✓ **Le sodium**

Les résultats obtenus au cours des 3 mois sont comme suit ; Mars avec une valeur de 8.30 mg/l, Avril : 8.14mg/l et Mai : 8.60mg/l (**Fig. 23**). Ces derniers sont en accord avec la norme Algérienne et qui est inférieure à 200mg/l.

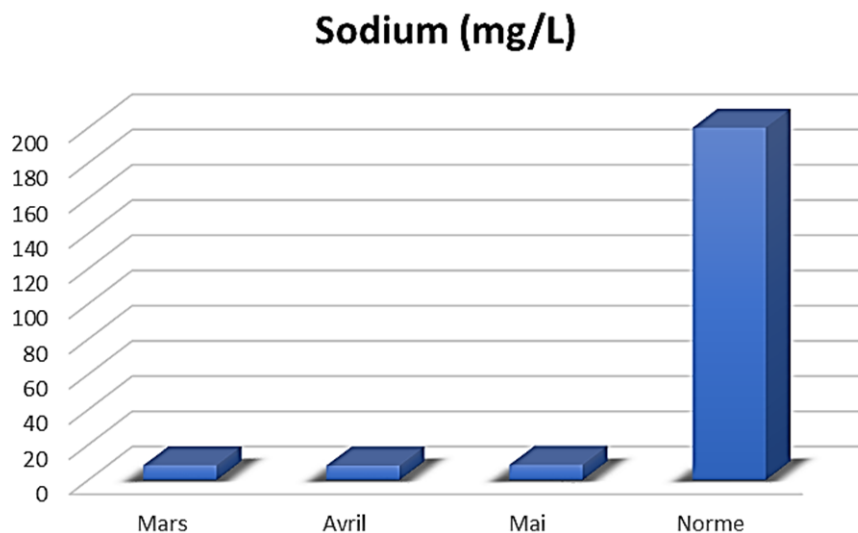


Fig. 28 : Représentation graphique du teneur en sodium

✓ Le potassium

Les valeurs représentées dans la **figure (29)** montrent que ces valeurs sont très proches les unes des autres. Comme on peut remarquer qu'au mois de Mars une valeur de 1,2mg/l a été observée, le mois d'Avril 1,3mg/l et le mois de Mai 1,6 mg/l. **Ce qui nous permettrons de dire que notre eau est dont la norme Algérienne.**

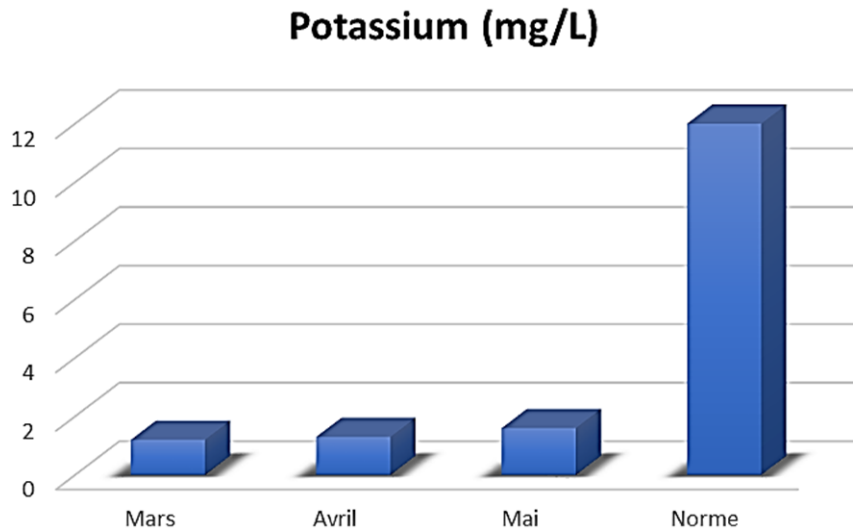


Fig. 29 : Représentation graphique du teneur en potassium

✓ Ortho phosphate (PO₄³⁻)

Les résultats représentés sur la **figure 30** montrent que nos résultats sont séminaires au cours des trois mois ; 0.05mg/l.

Les concentrations en ortho phosphates (PO₄³⁻) enregistrées sont très faibles, **et conforme à la norme algérienne qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.**

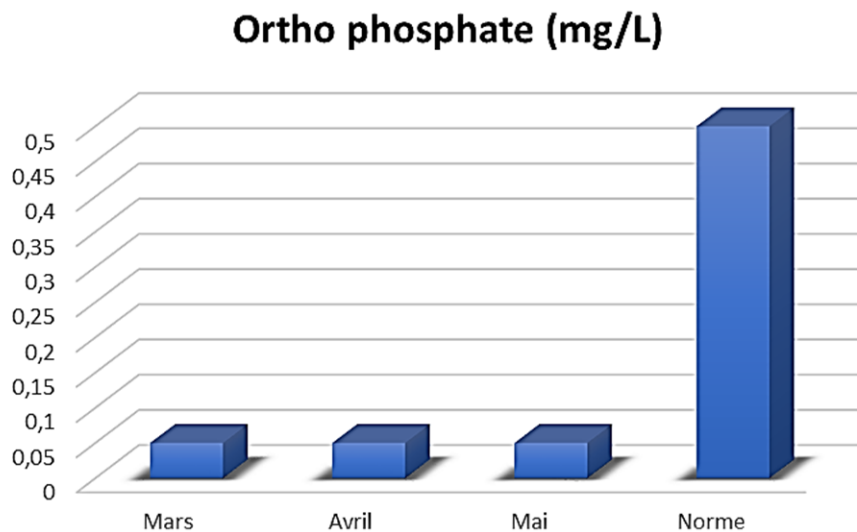


Fig. 30 : Représentation graphique du teneur en ortho phosphate

A. Faciès géochimique

La représentation des concentrations des éléments majeurs sur le diagramme de Piper, montre que les eaux prélevées sont généralement du faciès calcique hyper chloruré. On constate que les cations calcium caractérisent tous les points représentés sur le triangle des cations, donnant ainsi des indications sur l'origine de l'eau. Les anions chlorures caractérisent l'ensemble des points représentés sur le triangle des anions, donnant des indications sur l'origine de l'eau.

B. Aptitude de l'eau pour l'irrigation

Après avoir tracé les deux stations d'eau sur le diagramme de Wilcox (Fig. 3), selon la conductivité électrique et la valeur SAR, les eaux de source D'Ain Meloul appartiennent à la classe C2S1 : caractérisent les eaux de bonne qualité et peuvent être utilisé sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes aux sels et sur des sols avec une bonne perméabilité.

C. Évaluation de l'indice de pollution organique (OPI)

Nos résultats donnent une valeur de 4,25 qui classe nos eaux dans la catégorie des faibles pollutions organiques. Les valeurs de cet indice s'expliquent par les très faibles valeurs d'ammonium, de nitrite et de phosphate.

Table II. Grille des classes d'indices de pollution organique OPI et degrés de pollution (Leclercq, 2001).

Classes	NH ₄ ⁺ (mg/l)	DBO ₅ (mgO ₂ /l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	IPO	Pollution organique
5	<0,1	<2	<15	4,6-5,0	Nulle
4	0,1-0,9	2,1-5	16-75	4,0-4,5	Faible
3	1-2,4	5,1-10	76-250	3,0-3,9	Modérée
2	2,5-6	10,1-15	251-900	2,0-2,9	Forte
1	>6	>15	>900	1,0-1,9	Très forte

4. Discussion

4.1 Paramètres physiques

- ✓ **Potentielle d'hydrogène (pH)**

Les résultats enregistrés de nos échantillons varie entre 7.99 et 8.09. Ces valeurs sont en accord avec les résultats de **Hazzab (2011)**, **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ La température (T°)

Les mesures de la température des eaux dans les trois mois d'étude sont généralement très proches. Elles se situent entre 15,4 et 19°C. Ces derniers sont en accord avec les résultats de **Hazzab (2013)**.

✓ La conductivité Electrique (CE)

Les résultats obtenus sur le terrain d'étude montrent que la conductivité électrique des eaux varie entre 448 et 457 μ S/cm. Cette dernière représente des valeurs inférieures par rapport aux travaux de **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ La salinité

Nos résultats affichent des valeurs stables au cours des trois mois d'étude avec une valeur de 0.2%. Cette dernière est similaire avec les résultats de **Hazzab (2011)**.

✓ TDS

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200mg/l (Norme de l'OMS). Ces données sont conformes avec les valeurs discernées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ La turbidité

Son taux normal est fixe à 5 NTU selon l'OMS. Les valeurs moyennes calculées dans les points d'étude ne dépassent pas la norme et sont on accorde avec les travaux de **Kellil (2014)**.

3.2 Paramètres chimiques

✓ Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC

D'après nos analyses, les résultats de titre alcalimétrique complet sont très similaires par rapport aux travaux de **Hazzab (2011)**.

✓ Dosage du TH ou titre hydrotimétriques TH

Les résultats obtenus nous dévoilent que les eaux analysées ont des duretés de valeurs moyennes calculées dans les points ciblés et que ne dépassent pas la norme qui varient entre 180 mg/l.

Ces valeurs sont en accord avec les résultats de **Hazzab (2011)**.

4.4 Les éléments de la pollution

✓ Matière organique

Nos résultats montrent que la matière organique dans les trois mois est 0mg/l. ces données se concorde avec les travaux de **Kellil (2014)**.

✓ **Le nitrate (NO₃⁻)**

À la suite de nos résultats (varie entre 1.6 et 1.40mg/l) ; Ces valeurs sont inférieurs à celle trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)** et par **Jatoi et al., (2018)** et qui fixent respectivement des valeurs maximales de 30 et 21 mg/l.

✓ **Le nitrite (NO₂⁻)**

Les résultats obtenus sont négligeables et varient entre 0.06 et 0.07mg/l. Ces valeurs sont inférieures aux normes algériennes qui fixent 0.2 mg/l comme valeur maximale.

La concentration obtenue est comparable à celles rapportées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ **Le chlorure (Cl⁻)**

Le résultat enregistré de nos échantillons varie entre 40.8 et 42.7mg/l et qui sont en accord avec la norme algérienne qui fixe 500 mg/l comme valeur maximale.

Des résultats similaires ont été trouvés dans les études réalisées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ **L'ammonium (NH₄⁺)**

Les résultats obtenus varient entre 0.36 et 0.3 mg/l et qui sont inférieure à la limite maximale de 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne.

La concentration obtenue est comparable à celles rapportées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ **Le calcium (Ca²⁺)**

Les résultats obtenus de la source d'Ain Melloul sont accord à celles des normes algériennes qui fixe une valeur maximale de 200 mg/l.

En revanche nos résultats sont inférieurs à celles obtenues par **Hazzab (2011)** avec des valeurs maximales de 280mg/l.

✓ **Le magnésium (Mg²⁺)**

Les valeurs sont en accord avec la norme Algérienne qui fixe une valeur maximale de 150 mg/l.

Des résultats similaires ont été trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)**.

Cependant une autre étude réalisée par **Hazzab (2011)** a révélé que la concentration en magnésium varie entre 5 et 400 mg/l.

✓ **Le sodium**

Les résultats obtenus varient entre 8.30et 8.60mg/l et qui sont en accord avec la norme Algérienne.

En revanche nos résultats représentent des valeurs supérieures à celles élaborés par **Sekiou et Kellil (2014)**.

✓ Le potassium

Les résultats obtenus varient entre 1.2 et 1.6 mg/l. Ce qui nous permettrons de dire que notre eau est dans la norme algérienne. Nos résultats sont proches aux résultats trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)**, par contre nos résultats sont inférieurs aux résultats obtenus par **Hazzab (2011)**.

✓ Ortho phosphate (PO₄³⁻)

Les résultats obtenus varient entre 0.05 mg/l. Les concentrations en ortho phosphates (PO₄³⁻) enregistrées sont très faibles, et conforme à la norme algérienne qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.

Cependant une autre étude réalisée au Ghana par **Hazzab (2011)**. A révélé que la concentration en ortho phosphates est supérieure à la norme.

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour la vie sur terre, et sa consommation journalière par tous êtres vivants implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique que physico chimique.

L'étude de la qualité des eaux a permis de mettre en évidence l'importance des caractéristiques physico-chimiques des eaux au sein de la région d'Oum Teboul. Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité physico chimique de l'eau de certains puits et sources de la région d'Oum Teboul (Nord-Est de l'Algérie).

Pour arriver à nos objectifs un protocole d'étude a été établie ainsi qu'une analyse complémentaire des données sont exploitées pour bien interprété les résultats obtenus. Les déférentes analyses effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité des eaux ainsi que celle de l'ADE consistent à mesurer, dans les réseaux de distribution des eaux de la wilaya d'El Tarf, les qualités physicochimiques de l'eau distribuée.

L'analyse des résultats obtenus, montre que l'eau de la source d'**Ain Melloul** est caractérisée par les paramètres physico-chimiques suivants :

- ✓ Une température inférieure à 20C°durant toutes les périodes ; Un pH compris entre 7.06 à 8.08 ; Une conductivité électrique allant de 381 à476µs/cm ; Une turbidité comprise entre 1.25 et 2.56 NTU ; Le TDS variant entre 216.4 et 224mg/l ; La teneur en titre alcalimétrique complet est de 8.5mg/l et finalement une teneur en titre hydrométrique de 180mg/l.

A travers ces résultats, il est constaté que la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes algériennes. Donc l'eau de Source d'Ain Melloul est de qualité physico-chimique admissible.

En recommandation, et pour améliorer la qualité des eaux de puits et des sources nous proposons les solutions suivantes :

- ✓ Les autorités chargées de l'approvisionnement en eau doivent prendre les mesures appropriées pour la protection de la ressource en eau, de l'entretien et le nettoyage des réseaux d'eau et des réservoirs et assurer l'application correcte de la chloration.
- ✓ La sensibilisation du public peut également jouer un rôle important pour aider à prévenir de tels problèmes. Les consommateurs devraient être conscients de l'importance de la qualité de l'eau en utilisant des méthodes de traitement de l'eau comme la filtration ou l'ébullition qui peuvent être bénéfiques pour éviter les maladies d'origine hydrique.
- ✓ Mettre en place un système d'évacuation correcte des eaux usées.
- ✓ Surveiller et contrôler l'utilisation des fertilisants et des pesticides afin de minimiser ou éviter la migration des excès vers les eaux souterraines.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Amghar F, Tassait F., (2016).** Résurgence des maladies à transmission hydrique en Algérie : entre causes et effets. Mémoire de master en science économique.
- **Arsac S., (2006).** Les catégories d'eau dans les établissements de santé Typologie. Traitements complémentaires. Référentiels. C. Clin Sud-est, France.16p.
- **Babadjedi C. H., (2001).** Pollution, ses conséquences, ses causes et ses incidences sur la santé.
- **Bliefert, C., et Perraud, R., (2001).** Chimie de l'environnement, air, eau, sol, air, déchets. Edition de Boeck. Université Paris.
- **Bliefret C., Perraud., (2001).** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Bruxelles : De Boeck, pp285-286-326.
- **Boeglin J-C., (2001).** Technique de l'ingénieur G1 (6-110 à 110-7). Environnement. Edition technique d'ingénieur. Paris.
- **Bousseboua., (2005)** : Eléments de microbiologie. 2ème édition, Campus-Club, Algérie.
- **Boutayeb, Bouzidi et Fekhaoui., (2012).** Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia – Ouardigha (Maroc).
- **Bouziane M., (2006).** L'eau dans tous ses états. Source de vie, ressource épuisable, Maladies hydriques. Pollution chimique. Edition : Dar El Gharb.35-154p.
- **Bogomolov G., (1986).** Hydrologie et notion de géologie d'ingénieur. Édition Moscou, 278p.
- **Charente, (2015).** Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes (rubrique la qualité).
- **Cnrs., (2010).** Centre Nationale de la recherche scientifique –France-Cnrs. Fr
- **Dégrment T., (1995).** Mémento technique de l'eau, tome 1.10eme édition. Lavoisier France, PP60-63-40-46-59-1114.
- **Djermakoy M.M., (2005).** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques, et impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Thèse de Doctorat. Université de Bamako. Mali. P 119.
- **Fall C., (2007).** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. Pp 11-12.
- **FAO / OMS., (2007).** L'eau, première édition. Organisation mondiale de la santé, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2007.

- **Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D., (2003).** Qualité de l'eau In : Environnement et santé publique- fondements et pratiques, pp.333-368.
- **Gaamoune., (2010).** Le rôle des bio-films d'algues dans les traitements biologiques des eaux. Thèse de magister en biologie végétale.
- **Gaujous D., (1998).** La pollution des milieux aquatiques 2^{ème} édition Lavoisier 219p.
- **Gomela C., GUERREE H., (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles, p262 Paris. France.
- **Gisèle B., (2007).** Pollution des eaux et rivières et impact sur les populations riveraines : cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala Bassa. Master en gestion de l'eau, option environnement.
- **Harrat N et Achour S., (2010).** Pollution physicochimique des eaux de barrage de la région d'El taraf impact sur la chloration. Larhyss journal, n°8, 47-54.
- **Hartemann P, Festy B, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D., (2003).** Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique- fondements et pratiques, pp.333-368.
- **HAZZAB A. (2011).** Eaux minérales naturelles et eaux de source en Algérie, Géoscience, 343, 20-31.
- **Henry M. et Beaudry J., (1992).** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada. PP 71-105.
- **Henry M. et Beaudry J., (1992).** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada. PP 103-106-130-136-153-157-258-264.
- **Hébert S., Légaré S., (2000).** Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'environnement, Québec, envirodoq NO ENV-2001-0141, rapport N°QE-123.24p.
- **Houssou C. J. L., (2010).** Gestion de l'eau au Bénin et ses impacts environnementaux : Cas de l'arrondissement de Houin dans la Commune de Lokossa Mémoire de maîtrise professionnelle FLASH/UAC, 68 p + annexes.
- **Kazi, T. G., Arain, M. B., Jamali, M. K., Jalbabani, N. Afridi, H. I., Sarfraz, R. A., Baig, J. A. & Shah, A. Q., (2009).** Assessment of water Quality of polluted lake using multivariate stastical technique: a cause study. Eco-toxicology and environmental safety 72-301-309.
- **Kiven L., (2012).** Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion, université de Kinshasa Graduat 2012.

- **Lamribah A, Benajiba M.H, Saoud Y, Ahrikat M, Benzakour M., (2013).** Impact de la pollution urbaine sur la contamination par les nitrates et les nitrites de la nappe phréatique de Martil (Maroc). Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 79-91.
- **Livre bleu., (2002).** Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées.
- **Leclercq L. (2001).** Les eaux courantes : caractéristiques et moyens d'étude, dans les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, DGRNE. pp. 67-82.
- **Lounnas A., (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi –kroma de Skikda. Mémoire de Magister en Chimie. Option : pollutions Chimiques et Environnement. Université du 20 Aout 1955 Skikda, Algérie. 120p.
- **Marsily, G. (1986).** Hydrogéologie quantitative. Presse Académique, Paris.
- **Marsily G., (1995).** L'eau. Edition : Flammarion 128.
- **Maiga, A-S., (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de BAMAKO : évaluation saisonnière .Thèse de Doctorat. Faculté de Médecine de pharmacie et D'odonto-stomatologie. P21.
- **Maurel A., (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en douce. 2ème édition. Paris : TEC & DOC. 286 p.
- **Oil, (1998).** Office international de l'eau. Qualité de l'eau dans les établissements de santé.
- **Perry J., (1984).** Microbiologie : cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.
- **Ramade., (2011).** Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'homme édition. Lavoisier. Paris.
- **Rodier., 2009.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition : Dunod, Paris.
- **Rejesk F., (2002).** Analyse Des Eaux ; Aspects règlementaires et techniques. Sceren.Paris. 360p.
- **Réjsek, F., (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementations et technique. Série sciences et techniques de l'environnement ISBN2-86617-42-8 Bordeaux.
- **Rodier J. ; Bazin C. ; Broutin JP. ; Chambon G-P. ; Chompson H et Rodi L., (1996).** L'analyse de l'eau : eaux résiduaires, eaux de mers 5ème Edition, Edition DUNOD. P633.

- **Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin G-P., Champsaur H et Rodi L., (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8eme édition. Paris : DUNOD technique. PP 383-782-784-803.
 - **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Colli., (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.9ème édition. Paris : DUNOD technique.1579p.
 - **Rodier, J., Bazin, C., Boutin J-P., Chambon, P., Champsaur, H., et Rodi, L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie. Interprétation des résultats. Edition DUNOD, Paris, 1385P.
 - **Rodier J., Legube B., Merlet N., et Colli., (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.9ème édition. Paris : DUNOD technique.
 - **Rodier, Legube, Merlet et coll., (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition. p 727, 754,768, 799.
 - **SABRINA S., (2004).** SMAIL. T. Analyse physico-chimique des eaux de consommation de la ville de Bejaia, mémoire de fin d'étude D. E. U.A
 - **Sari Hassiba, (2014).** Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « ATTAR » (TLEMCEN). Mémoire magister. Université ABOUBEKR BELKAID TLEMC. P : 92.
 - **Satin M. et Selmi B., (1999).** Guide technique de l'assainissement ; 2ème édition. Paris : Le moniteur. 680p.
 - **Sde., (2005).** En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information. -Dakar. -SDE. - 1 dépliant.
 - **Sekiou F., et Kellil A., (2014).** Caractérisation et classification empirique graphique et statistique multivariable d'eaux de source embouteillée de l'Algérie. Hydraulique (20): 1112-3680.
 - **Soulard B., (2007).** Ecologie fondamentale eau et milieux humides, direction départementale de l'agriculture et de la forêt du Morbihan p57.
 - **Strobl R. O et Robillard P. D., (2008).** Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. Journal of Environmental Management 87, 639-648.
 - **Tardat- Henry M., (1992).** Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile. Pp 213-215.
 - **Tricard D, Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P., (2003).** Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique- fondements et pratiques, pp.333-368.
- [1]https://fr.wikipedia.org/wiki/Oum_Teboul#:~:text=Oum%20Teboul%20est%20un%20village,village%20abrite%20un%20poste%2Dfronti%C3%A8re

Annexes

Annexes

Tableau III : Les normes algériennes de la potabilité des eaux

Paramètre physique	Unité	N. A
pH		6,5-9
Conductivité	µS/cm	2800
TEMPERATURE	°C	25
Turbidité	NTU	5
Salinité	%.	50
T D S	mg / L	1200

Minéralisation globale	Unité	N. A
Calcium Ca ⁺⁺	mg/l	200
Magnésium Mg ⁺⁺	mg/l	150
Sodium Na ⁺⁺	mg/l	200
Potassium K ⁺	mg/l	12
Chlorure CL ⁻	mg/l	500
Dureté totale (TH)	mg/l	500
Titre alcalin complet (TAC)	mg/l	500

Paramètre de pollution	Unité	N. A
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/	50
Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/	0.2
Matière organique	mg/	3
Ortho phosphate (PO ₄ ⁻)	mg/	0.5