



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Écologie et Environnement

Spécialité : Protection Des Écosystèmes

Thème

Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de deux sources au niveau de deux communes « Tizi Rached et Béni-Douala » Wilaya de Tizi-Ouzou.



Réalisé par : **AKKOUCHE Thafsouth**

TIFOUN Nabila

Jury composé de :

Président du jury : Mme Ali Ahmed S.

Maître assistante A

U.M.M.T.O

Promotrice : Mme Ali Ahmed -Sadoudi D

Professeure

U.M.M.T.O

Examineur : Mr Mezani S.

Maître de conférences B

U.M.M.T.O

Promotion 2020 -2021

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu, de nous avoir donné la force, la patience, la volonté afin d'accomplir ce travail qui présente le fruit de plusieurs années de sacrifices.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice : Mme Ali Ahmed-Sadoudi D, pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'elle nous a accordé pour notre encadrement.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury : Mme Ali Ahmed S et Mr Mezani S qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail.

Ainsi que toute l'équipe du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage Taksebt pour leur aide et en particulier Mr Abbou Jugurtha. Nous n'aurions pas pu réaliser les expérimentations sans leurs collaborations.

Sans oublier tous les fonctionnaires de la bibliothèque du département Biologie. Nos sincères remerciements à tous nos anciens professeurs.

Arrivés au terme de la rédaction de ce mémoire, nous exprimons notre gratitude pour toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à notre réussite.

Akkouche T et Tifoun N





Dédicace

*A l'aide de DIEU, le tout puissant ce travail est achevé, je dédie à toutes
Personnes que j'aime.*

*A la mémoire de mon père que j'aime beaucoup, que dieu le tout puissant L'accueille
dans son vaste Paradis et lui accorde sa miséricorde, j'aurais tant que tu sois encore
là à mes côtés afin de partager cette joie, malheureusement le destin en a décidé
autrement.*

*A Ma chère mère, qui m'a donné la vie qui a œuvré pour ma réussite, de par son
amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute
son assistance et sa présence dans ma vie, Tu m'as comblé avec ta tendresse et
affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de
m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protège et
donne la santé, le bonheur et longue vie.*

A Mes chères sœurs : Thiziri, sa fille Inese et Thanina.

A Mon frère Amar

A mes beaux-frères Tarek et Habib

*Ainsi qu'à toute ma grande famille notamment mes oncles
Et tantes, mes grands parents.*

A ma cousine Karima

A ma binôme : Nabila

A tout mes amis sans exceptions qu'ils soient

*Proche ou loin : A Anias, Zahoua, Amel, Hazar, Kenza, siham,
Chirifa, Meriem, Lamia, Nabila, Tinhinane, Nacira, Narimane, Malika, Lynda.*

A tous mes camarades de la promotion protection des écosystèmes.

Thafsouth A.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes parents qui ont fait de moi la personne que je suis
aujourd'hui et qui m'ont appris les valeurs de la vie.*

*Ceux qui ont toujours été là pour moi, avec leur amour, leur
patience et leur soutien. Toi ma chère et tendre Mère qui m'a
donné la vie, ainsi que toi mon Père qui s'est tant sacrifié pour
nous, Vous êtes les prunes de mes yeux, mon inspiration et
mon existence.*

A ma chère sœur : Ines

A mes chers frères : Ali et Belaid

A la mémoire de ma grand-mère paternelle

A ma grand-mère maternelle Secoura

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins particulièrement Toufik,
et cousines particulièrement Tifina*

A mon maître : Younes

A ma binôme : Thafsouth

*A tous mes amis sans exception : Radia, Djidji, Yasmine,
Hadjila, Hind, Kenza, Thafsout, Zahoua, Azaki, Hamza.*

*A tous ceux qui ont contribués à la réalisation de ce mémoire
de loin ou de près.*

Ainsi que toute la promotion protection des écosystèmes

Nabila T.



LISTE DES ABRÉVIATIONS

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de boromocresol.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies

T.G.E.A : Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure

E V A : Ethyle violet azide bouillon

P C A: Plate count Agar

S/m : Siemens par mètre.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de l'eau	04
Figure 2 : Photo de la source Toulmouts	14
Figure 3 : Carte géographique de la source Toulmouts	14
Figure 4 : Photo de la source Taguemount oukerrouch	15
Figure 5 : Carte géographique de la source de Taguemount oukerrouch.....	16
Figure 6 : pH – mètre	20
Figure 7 : Conductivimètre	20
Figure 8 : Turbidimètre (néphélobimétrie).....	21
Figure 9 : Valeurs de la température enregistrées dans les deux sources d'eau étudiées	33
Figure 10 : Valeurs du potentiel d'hydrogène des eaux des deux sources étudiées.....	34
Figure 11 : Valeurs de la conductivité pour les deux sources étudiées.....	35
Figure 12 : Valeurs de turbidité des deux sources étudiées	35
Figure 13 : Valeurs de la dureté calcique des eaux des deux sources étudiées	36
Figure 14 : Valeurs de la dureté magnésienne des eaux des deux sources étudiées	37
Figure 15 : Valeurs de Sodium des eaux des deux sources étudiées.....	37
Figure 16 : Teneur en Potassium des eaux des deux sources étudiées.....	38
Figure 17 : Valeurs des chlorures des eaux des deux sources étudiées.....	39
Figure 18 : Concentration en sulfates des eaux des deux sources étudiées.....	39
Figure 19 : Teneurs en carbonates des eaux des deux sources étudiées	40
Figure 20 : Dureté totale des eaux des deux sources étudiées.....	41
Figure 21 : Teneur en Fer des eaux des deux sources étudiées	42
Figure 22 : Teneurs en nitrates des eaux des deux sources étudiées.....	43
Figure 23 : Teneur en phosphate des eaux des deux sources étudiées.....	44
Figure 24 : Teneurs en matière organique des eaux de deux sources étudiées	44
Figure 25 : Classification des eaux selon Stabler pour les deux sources étudiées.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des eaux selon leur pH.....	09
Tableau 2 : Classification des eaux en termes de dureté	10
Tableau 3 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs	11
Tableau 4 : Matériel et méthode utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques ..	19
Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les deux sources Toulmouts (S1) et Taguemount Oukerrouch (S2) et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS	32
Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau.....	47
Tableau 7 : Classification bactériologiques des eaux selon l'Institut Pasteur d'Algérie (1977)	48

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Première partie : Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau.....	03
2. Définition d'une eau potable	03
3. Cycle de l'eau.....	03
4. Propriétés de l'eau.....	04
5. Eau de sources.....	04
6. Différents types de sources.....	05
7. Traitement de l'eau de source	05

Chapitre II : Pollution de l'eau

1. Définition de la pollution d'une eau.....	06
2. Différentes origines de pollution.....	06
2.1 Pollution domestique.....	06
2.2 Pollution industrielle	06
2.3 Pollution agricole	06
2.4 Pollution naturelle	07
3. Différents types de pollution des eaux	07
3.1 Pollution physique.....	07
3.2 Pollution chimique	07
3.3 Pollution organique	07
3.4 Pollution microbiologique.....	07

Chapitre III : Paramètres et qualité d'une eau potable

1. Paramètres organoleptiques.....	08
2. Paramètres physico-chimiques	08
3. Paramètres bactériologiques.....	11

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I.1 Présentation de la zone d'étude.....	14
I.1.1 Source ThalaToulmouts, (Tizi Rached).....	14
I.1.2 Source ThalaTagmount Oukerrouch, (Béni-Douala).....	15
I.2 Echantillonnage.....	17
I.2.1 Analyses physico-chimiques.....	17
I.2.2 Analyses bactériologiques.....	17
I.2.3 Conservation et transport des échantillons.....	18
I.3 Dosage des paramètres physico-chimiques	18
I.3.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	20
I.3.2 Méthodes d'analyse de la minéralisation globale	21
I.3.3 Méthodes d'analyses des paramètres de pollution.....	24
I.3.4 Méthodes d'analyses des éléments indésirables	26
I.3.5 Méthodes d'analyses bactériologiques.....	27

Chapitre II : Résultat et discussion

II.1 Résultats des analyses organoleptiques	32
II.2 Résultats des analyses physico-chimiques.....	32
II.3 Paramètres de la minéralisation globale	36
II.4 Paramètres indésirables	41
II.5 Paramètres de pollutions.....	42
Conclusion.....	47
II.6 Résultats des analyses bactériologiques	47

Conclusion..... 46

Conclusion générale50

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

The background features a soft, painterly texture in shades of light blue and white, with golden-yellow speckles and streaks scattered throughout. A thin, gold-colored rectangular frame is centered on the page, with its lines slightly offset from each other to create a subtle 3D effect.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est la substance la plus importante de l'existence humaine et l'élément clé pour le développement de la société moderne. Ses utilisations augmentent dans différents domaines, tels que l'approvisionnement en eau potable, eau industrielle, irrigation agricole, loisirs, etc.

L'eau est une ressource renouvelable car elle se régénère par ce qu'on appelle le cycle de l'eau. La disponibilité de l'eau de bonne qualité est indispensable pour le bien-être de l'homme. La problématique de l'eau est dans sa quantité et sa qualité, liée à ses ressources et à sa pollution. Hélas, les eaux potables se font de plus en plus rares. Notons que ces eaux doivent absolument être contrôlées. Ces contrôles sont réalisés à différents stades de son cheminement aux consommateurs, partant de la station de potabilisation et du réseau de distribution jusqu'au robinet. Le traitement et le contrôle garantissent la qualité. La réglementation est basée sur les études médicales et des exigences de l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui permettent de déterminer les doses admissibles des substances diverses sans que le sujet ne court de danger de santé.

La situation actuelle est telle que la communauté scientifique a tiré la sonnette d'alarme pour mobiliser la conscience humaine sur l'avenir flou de notre planète. En effet, la protection et la gestion de cet élément naturel sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal.

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. L'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface, elle ne renferme, généralement, pas de polluants microbiologiques **(ROUX, 1995)**.

L'Algérie se classe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques à cause de sa situation géographique. Les ressources en eau sont inégalement réparties et limitées et la principale source de satisfaction de la demande en eau au sud est l'eau souterraine tandis qu'au nord elle est mixte (eau souterraine et de surface). En reparlant de potentialités hydriques, la wilaya de Tizi-Ouzou en a d'importantes. Cependant, dans certaines de ses localités, les eaux souterraines constituent la seule ressource en eau potable. Cette ressource est sous l'influence d'un ensemble de facteurs naturels ou anthropiques. Ces eaux subissent des perturbations quotidiennes qui entraînent une détérioration de leur qualité **(HAMADOUCHE et al., 2018)**.

Introduction générale

L'objectif de notre travail est l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou à savoir :

- ❖ Source Toulmouts, dans la commune de Tizi-Rachid.
- ❖ Source Tagmount Oukerrouch, dans la commune de Béni-Douala.

Le but de cette étude c'est d'évaluer la potabilité des eaux de ces deux sources conformément à la réglementation algérienne en vigueur et l'organisation mondiale de la santé (OMS), étant donné qu'une partie de la population la consomme et la considère comme eau « potable » et « minérale ».

Ce mémoire est structuré en deux parties :

- Une partie bibliographique qui rassemble quelques généralités sur l'eau, la pollution des eaux ainsi que les paramètres et qualité d'une eau potable.
- Une partie expérimentale scindée en deux chapitres dont le premier est consacré au matériel utilisé et aux méthodes adoptées pour l'analyse de la qualité des eaux des deux sources. Le deuxième chapitre comporte les résultats obtenus et leur discussion.

Enfin, nous terminons ce mémoire par une conclusion générale résumant les différents résultats obtenus et quelques recommandations et perspectives.



Première partie :
Partie bibliographique



Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur, transparent sous faible épaisseur mais peut prendre une couleur vert bleu sous grande épaisseur. C'est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). Sa plus grande partie est salée ou contenue dans les calottes glaciaires. L'eau douce utilisable (2,3 % du total environ) se trouve dans les lacs et les marais, l'atmosphère et dans les cours d'eau (**LAROUSSE, 1995**).

2. Définition de l'eau potable

Selon **DEGREMONT, (2005)** la notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- Fraicheur et limpidité ;
- Absence d'odeur et de couleur ;
- Goût agréable ;
- Suffisamment douce, aérée ;
- Minéralisation raisonnable ;
- Absence de matière organique et de germe pathogène.

3. Cycle de l'eau

L'évaporation qui s'effectue au-dessus des océans, grâce à l'énergie solaire, conduit à la formation de nuages, lesquels, poussés par les vents, se résolvent en pluie ou en neige à la faveur d'une variation de température, donnant lieu à ce que l'on appelle les précipitations atmosphériques. Sur les continents, l'eau ainsi tombée a des destinées diverses ; une partie s'évapore, l'autre ruisselle et une partie s'infiltré. Ces manifestations se produisent suivant des proportions variables, où interviennent la topographie, la constitution géologique du sol, le climat, la température, etc (Fig.1).

Finalement, toutes les eaux retournent à la mer par un système d'hydrographie de surface ou souterraine plus ou moins complexes (**DUPONT, 1978**).

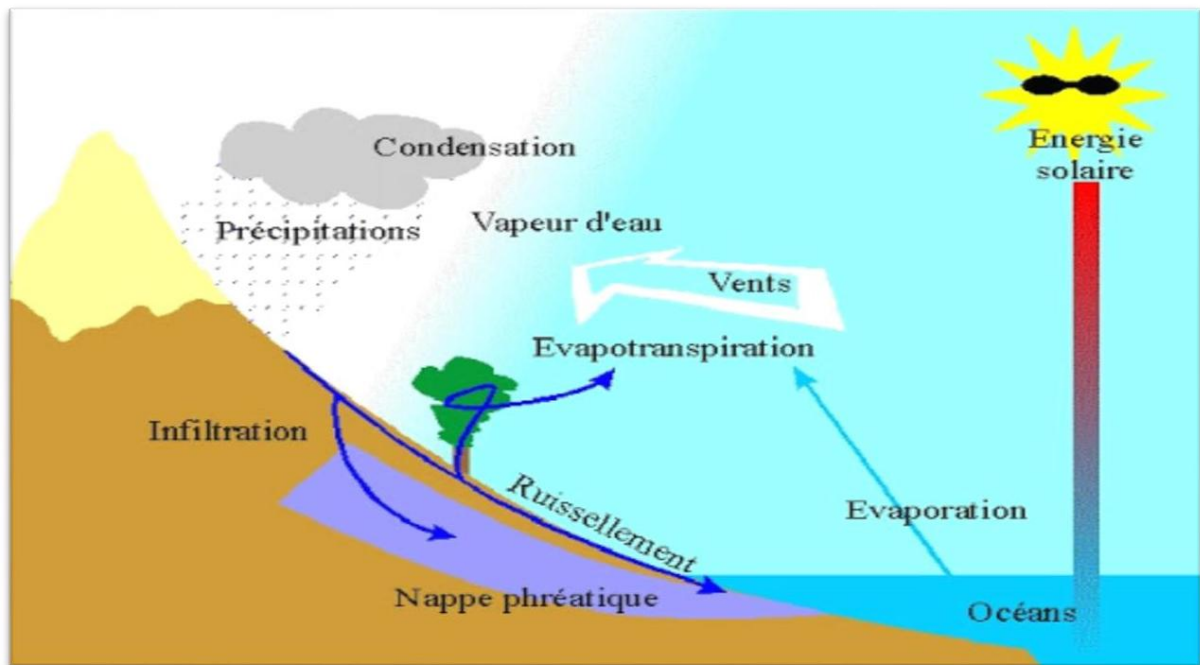


Figure 1 : Le cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008).

4. Propriétés de l'eau

L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant. Elle solubilise, en effet, de nombreux corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés (MICHARD, 2002).

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes de métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (ANONYME, 2006).

5. Eaux de source

Les eaux de sources sont des eaux qui, contrairement aux eaux minérales, doivent répondre à l'émergence, aux critères de potabilité et ne peuvent subir des traitements (DEGREMONT, 1989). Selon le décret exécutif N° 04-195 du 15 Juillet 2004, article 2 chapitre 1 de la législation algérienne, une eau de source est une eau d'origine souterraine, apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution.

6. Différents types de sources

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines et elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources selon BOUZIANI (2000) :

➤ **Sources d'affleurement**

Pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente).

➤ **Source d'émergence ou artésienne**

Elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces ressources sont plus susceptibles de tarissement). Le débit d'une source artésienne est, en principe, uniforme et presque constant durant toute l'année.

➤ **Sources de déversement**

Elles naissent sur les pentes ou de grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée). Généralement leur débit est faible.

7. Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer, et le manganèse), sont l'aération, la décantation et la filtration (**LUNC et LAGRADETTE., 2004**).



Pollution de l'eau

1. Définition de la pollution d'une eau

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et/ou perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux souterraines et/ou les eaux superficielles.

D'après **GAUJOUS (1995)**, la notion d'altération du milieu est fondamentale. En effet, un rejet ne sera, par définition, polluant que s'il amène une altération c'est-à-dire une dégradation. Le problème se posera dès qu'un rejet aura un effet sur la qualité de l'eau. Si cet effet a des conséquences jugées négatives, il s'agira d'une pollution.

2. Différentes origines de pollution de l'eau

Selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer (**GAUJOUS, 1995**).

2.1 Pollution domestique

Elle provient des habitations et elle est, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, de sels minéraux et des détergents (**GAUJOUS, 1995**).

Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (**GAUJOUS, 1995**).

2.2 Pollution industrielle

Elle est provoquée par les rejets d'eau résiduaires d'origine industrielle susceptible de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (**GAUJOUS, 1995**).

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activités : substances organiques banales ou de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds, etc. Ces produits sont exceptionnels mais trop souvent chroniques dans le cas des fuites de réservoirs ou de canalisations (**BEAUCHAMPS, 2006**).

2.3 Pollution agricole

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et, plus particulièrement, pour la qualité des eaux.

On peut citer :

- Les fertilisants : engrais minéraux du commerce ou déjections animales ;
- Les produits phytosanitaires : herbicides, fongicides et insecticides (**GRASCLAUD, 1999**).

2.4 Pollution naturelle

Certains phénomènes naturels sont à l'origine de pollution, par exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, un contact avec des filons géologiques et les pluies acides (**GAUJOUS, 1995**).

Une pollution radioactive naturelle concerne les émetteurs.

3. Différents types de pollution des eaux

3.1 Pollution physique

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eau chaude provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques ou nucléaires (**PESSON, 1976**).

➤ **Pollution radioactive de l'eau**

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium) ou artificielle (Energie nucléaire). La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires (**BOUZIANI, 2000**).

3.2 Pollution chimique

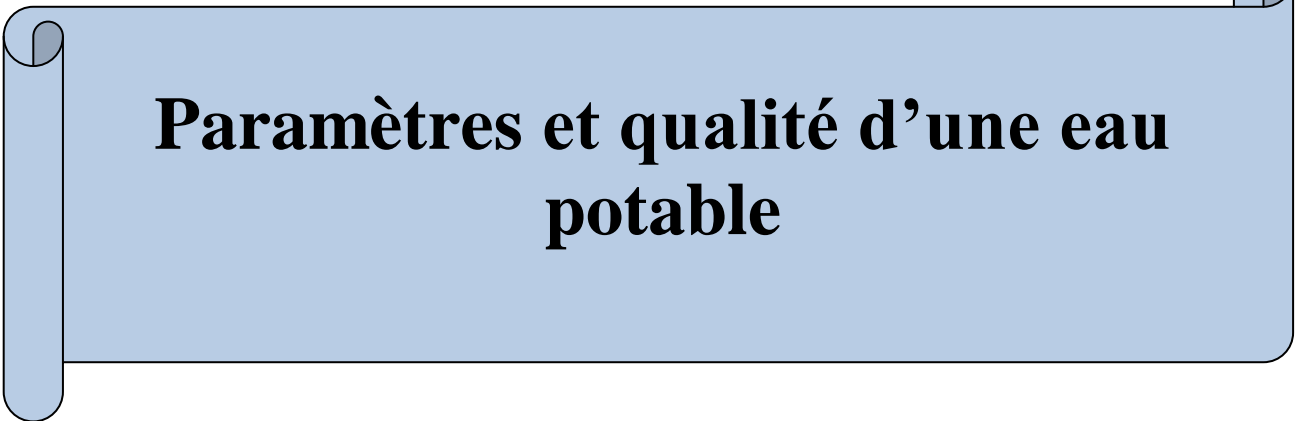
La pollution minérale des eaux résulte de la libération dans ces dernières de divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles que les nitrates, les phosphates et autres sels minéraux nutritifs utilisés en agriculture comme fertilisants et, enfin, de divers résidus rejetés par la métallurgie et d'autres activités (**RAMADE, 2005**).

3.3 Pollution organique

Elle est représentée par des substances plus ou moins biodégradables (sucres, protéines) rejetées par certaines industries agroalimentaires et de conditionnement. Elle comprend aussi des substances toxiques plus ou moins remuantes (phénols, tensioactifs, hydrocarbures pétroliers, pesticides) et apparentés (**ALAIN, 2005**).

3.4 Pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes ; bactéries, et virus. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiène publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (**RAMADE, 2005**).



Paramètres et qualité d'une eau potable

1. Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (GENOUDET, 2001).

1.1 Couleur

La coloration de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 μm . Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER, 2009).

L'eau se présente comme un liquide clair, incolore sous faible épaisseur, bleu verdâtre sous forte épaisseur (MUSY et HIGY., 2004).

1.2 Goût

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique alors que la saveur est la qualité de ces sensations (RODIER, 2009).

1.3 Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont, en général, en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler (RODIER, 2009).

2. Paramètres physico-chimiques

2.1 pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (DERWICH *et al.*, 2010) (Tab.1).

Tableau 1 : Classification des eaux selon leur pH (C.I.E, 2005).

pH < 5	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

2.2 Conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Puisque ce dernier est conduit par le mouvement des ions en solution, la conductivité augmente lorsque la concentration des ions augmente. Les ions responsables de la conductivité électrique sont le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-).

La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 microsiemens par mètre (DEGREMENT, 2005).

2.3 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment les colloïdales, argiles, limons, grains de silice et matières organiques (GRAINDORGE, 2015).

2.4 Température

Les eaux souterraines sont à température relativement constante toute l'année, 12 à 15°C environ lorsque leur environnement n'est pas modifié. La température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2 à 30°C en hiver (GRAINDORGE, 2015).

2.5 Salinité

La salinité explique la chlorosité de l'eau qui est le pourcentage de chlorure dans l'eau. Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables dont l'origine peut être une percolation à travers les terrains salés, des infiltrations des eaux marines dans les

nappes phréatiques ou profondes, des rejets humains (urines), des industries extractives (industries pétrolières, houillères...) et surtout les industries de sel (saline), de la soude et de la potasse (El MORHIT, 2009).

2.6 Dureté

La dureté de l'eau est déterminée par la concentration de cations bivalents dans l'eau, principalement le calcium et le magnésium et est exprimée en mg / l de CaCO₃ (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification des eaux en termes de dureté (The WATER RESEARCH COMMISSION, 2006).

Classification de l'eau selon la dureté	Dureté totale en mg/l (CaCO ₃)
Très douce	Moins de 50
Douce	50-100
Légèrement dure	100-150
Moyennement dure	150-250
Dure	250-350
Très dures	Plus de 350

Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes (BENKADDOUR, 2015).

2.7 Matières en suspensions (MES)

Il s'agit de toutes matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau (se dispersent sans être chimiquement liées à l'eau) et dont la taille est supérieure à 10µm.

De ce fait, leur élimination est assez simple car, si l'on fait reposer l'eau, elles décantent de manière spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation, filtration) (BLIEFERT et al., 2001).

2.8 Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que les carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium et magnésium. Une

minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes (BENKADDOUR, 2015).

2.9 Résidu sec à 105°C

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût (Tab.2).

Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :

$$(\Sigma \text{ cations} + \Sigma \text{ anions}) - 1/2 [\text{HCO}_3^-].$$

Tableau 3 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs (RODIER et al., 2009).

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

3. Paramètres bactériologiques

3.1 Microflore de l'eau

D'après GALZY et GUIRAUD (1998), la microflore de l'eau est constituée de trois types de germes :

➤ Germes typiquement aquatiques

Ce sont des cyanobactéries qui sont des algues microscopiques, et des bactéries (*vibrions*, *Pseudomonas*, etc.).

Ces germes aquatiques sont présents dans les nappes en contaminant le réseau d'adduction, les parois de canalisation leur servant, parfois, d'habitat.

➤ Germes telluriques

Ce sont des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) ou appartenant aux germes *Streptomyces* et des spores fongiques. Elles sont présentes, parfois, dans les nappes où elles peuvent contaminer le réseau en mauvais état.

➤ **Germes de pollution humaine et animale**

Ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale, il s'agit d'entérobactéries (*E. coli*), *Clostridium perfringes*, *vibrio cholerae*, etc .

On peut également rencontrer dans l'eau des protozoaires et autres parasites (kystes de l'amibe) et des virus (Poliomyélite, Hépatitevirale A et B, etc.).

3.2 Principaux germes recherchés dans l'eau

➤ **Coliformes**

Le terme « coliforme » regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* (RODIER et al., 2005). Ce sont des organismes en forme bâtonnet, non sporogènes, et facultativement anaérobies. Ils comprennent les genres *Escherichia*, *Citobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, *Yersina* et *Serratia* (ROUX, 1989).

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance (RODIER et al., 2005).

➤ **Streptocoques fécaux**

Ce sont des bactéries Cocci en chaînette, regroupées sous le terme de « Streptocoques fécaux ». Les germes essentiels du groupe sont *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus* (ROUX, 1989).

Ces streptocoques sont, généralement, pris comme indicateurs de pollution fécale (RODIER et al., 2005).

➤ **Clostridium sulfito-réducteur**

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulantes et sulfito- réductrices, considérées comme témoin de pollution fécale.

La forme sporulée, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, permet de détecter une pollution fécale ancienne (ROUX, 1989).

Les Colistridiums sulfito-réducteurs (CSR) sont pratiquement toujours présents dans les rivières et le sol. Leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, constituent un bon signe de l'efficacité de filtration naturelle (RODIER et al., 2005).

➤ **Staphylocoques pathogènes**

Ce sont des bactéries qui appartiennent à la famille des *Bacillaceae*. Les infections engendrées par cette famille sont dues, principalement, à des souches de *S. aureus*, mais aussi à d'autres espèces de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes et opportunistes (*S. epidermidi*, *S. saprophyticus*...).

Les principales infections qui peuvent être engendrés sont : l'infection cutanée, l'infection septicémique redoutable et les infections liées à la consommation d'eau et d'aliments contaminés (**DALARRAS, 2003**).

➤ **Salmonelles**

Ce sont des coccobacilles appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, généralement considérés comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénicité varient énormément : fièvre typhoïde, les salmonelles systématiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladies mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts, agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer (**BOURGEOIS et LEVEAU, 1980 ; RODIER et al., 2005**).

➤ **Vibrions**

Les vibrions font partie de la famille de Vibrionaceae. Dans les pays où le cholera a pratiquement disparu, il est rare que la recherche du vibron cholérique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Leur recherche se fait uniquement en cas de présence d'un cas suspect (**DELARRAS, 2003**).



Deuxième partie :
Partie expérimentale



Chapitre I : Matériels et Méthodes

I.1 Présentation des zones d'étude

I.1.1 Source Thala Toulmouts, (Tizi Rached)

I.1.1.1 Situation géographique

La source Toulmouts (Fig.2) se situe dans la commune de Tizi-Rached et plus précisément dans la zone industrielle d'Oued Aissi à une dizaine de kilomètres à l'Est de Tizi-Ouzou. La source Toulmouts fait intersection entre la route qui mène vers Tala Amara (commune de Tizi Rached) et la route qui mène vers Tizi-Rached (Fig.3).



Figure 2 : Photo de la source Toulmouts (photo originale, 2021).



Figure 3 : Carte géographique de la source de Toulmouts (www.google Earth.com 2021).

I.1.1.2 Couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie, elle influence le ruissellement superficiel et l'infiltration des eaux dans le sol. Comme le site d'étude est située en basses altitude, la végétation est un maquis dégradé à base de *Calycotome spinosa* et d'*Oleaster* (*Olea europea*) et des formations herbacées qui caractérisent les prairies de la dépression du Sébaou (Yakoub, 2005).

I.1.1.3 Cadre géologique

La kabylie constitue un tronçon important de l'orogénèse alpin de l'Afrique du Nord. La source Toulmouts est située dans le miocène post nappes qui affleure dans une zone synclinale s'étendant sur près de 80 km d'Ouest en Est. C'est une formation conglomératique et gréso-marneuse qui repose en discordance sur le socle métamorphique.

L'eau de la source Toulmouts traverse exclusivement des terrains argilo marneux dont la perméabilité est faible (Yakoub, 2005).

I.1.2 Source Taguemont Oukerrouch, (Béni-Douala)

I.1.2.1 Situation géographique

La source de Taguemont Oukerrouch (Fig.4) se situe dans la commune de Béni-Douala de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est située à 17 km au sud-est de Tizi-Ouzou et à 55km de la mer Méditerranée. Ses coordonnées géographiques sont : 36° 37' 00" nord, 0° 04' 00" est, et environ 850m d'altitude (Fig.5) (ANONYME, 2015).



Figure 4 : Photo de la source Taguemont oukerrouch (photo originale, 2021).



Figure 5 : Carte géographique de la source de Taguemount oukerrouch (www.google Earth.com 2021).

La commune de Beni Douala s'étend sur une superficie de 35.09 km² est bordée par :

Beni Zmenzer à l'Ouest ;

Ait Mahmoud à l'Est ;

Ouadhia au sud ;

Beni Aissi au nord.

I.1.2.2 Couvert végétal

La végétation, dans cette région, est le fruit d'une longue implantation de l'homme. Elle est caractérisée par une strate arborescente, représentée principalement par l'olivier (*Olea europea*) et des arbres fruitiers : oranger, pommier et cerisier. On y trouve aussi quelques espèces sauvages incrustées qui constituent les maquis bas tels que le ciste (*Cistus triflorus*) et le genêt (*Genis tatricupidata*). On y trouve une strate herbacée où domine la famille des composées, tel que le trèfle qui est fauchée en été pour servir de fourrage. On y trouve également le figuier de Barbarie (*Opencia ficus*) (ANONYME, 2015).

I.1.2.3 Situation géologique

Dans cette région est inclus le massif ancien (socle kabyle) d'âge paléozoïque ou même plus ancien. Elle est constituée de formations cristallophylliennes. Ses terrains sont

représentés par des gneiss, des micaschistes, des schistes, des amphibolites et des granulites. Le métamorphisme qui s'effectue en profondeurs affecte de vastes étendues. Ainsi, les roches, et, sous l'effet de différents facteurs d'origine endogènes, ont subi de profondes modifications (ANONYME, 2012).

I.1.2.4 Cadre climatique des deux régions d'étude

Le climat de ces deux régions est de type méditerranéen. Il est caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et sec.

Les températures varient d'une saison à une autre, elles sont généralement élevées de juin à septembre. Les précipitations sont importantes, elles atteignent environ plus 800 mm d'eau par an. Mais elles sont caractérisées par une très forte irrégularité inter et intra-annuelle. Elles sont généralement abondantes en hiver et en automne (ANONYME, 2015).

I.2 Echantillonnage

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

L'échantillonnage s'est effectué :

- Le 04/06/2021 à 10h45mn pour la source Toulmouts, Tizi-Rached et
- Le 03/06/2021 à 08h30mn pour la source Taguemount Oukerrouch, Béni-Douala.

I.2.1 Analyse physico-chimique

Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles en plastique (polyéthylène) de 1.5 litre, rincées préalablement avec l'eau distillée. Elles sont, rincées de nouveau trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement. Puis, elles sont remplies jusqu'au bord pour empêcher toute pénétration de l'air.

I.2.2 Analyse bactériologique

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Les flacons utilisés sont en verre de 250 ml, soumis à un lavage et une stérilisation préalable.

Les flacons sont remplis au 5/6 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies. Pour chaque prélèvement, tous les flacons et toutes les bouteilles portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

- Le nom de la source ;
- La date et l'heure du prélèvement.

I.2.2.1 Milieux de culture

- Gélose, Tryptophane, Glucose, Extrait de levure (T.G.E.A) pour la numération des germes totaux ;

B Les milieux de culture qui ont servi pour l'isolement des germes sont :

- ouillon lactosé au pourpre de Bromo Crésols (B.C.P.L) à simple et double concentration, pour les coliformes ;
- Milieu indole manitol (milieu de SEHUBERT) pour Escherichia coli ;
- Bouillon lactosé à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- Bouillon lactosé à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA), pour confirmer la présence de streptocoques fécaux.

I.2.3 Conservation et transport des échantillons

Le transport des échantillons s'est fait dans une glacière à une température d'environ 4° C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon, et empêcher la multiplication des germes.

L'analyse bactériologique doit être réalisée dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

I.3 Dosage des paramètres physico-chimique

Le matériel et les méthodes utilisés pour dosage des paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 4

Tableau 4 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
pH potentiométrique	Méthode potentiométrique	pH mètre WTW pH 450GLP Multical
Turbidité		Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité		Conductimètre
Alcalinité	Méthode volumétrique	/
Dureté	Titrimétrie	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium		/
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrates	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrites	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Sulfates	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphates	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Potassium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières organiques	Méthode à chaud en milieu acide	/

I.3.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les méthodes de dosage utilisées pour l'analyse de l'eau font presque toujours intervenir des réactions chimiques, soit pour le dosage, soit pour purifier l'échantillon. La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

I.3.1.1 Mesure du potentiel d'hydrogène pH

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des H^+ présents dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique (Fig.6).



Figure 6 : pH – mètre (Photo originale, 2021).

I.3.1.2 Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, de la nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution. Elle est mesurée par un conductimètre (Fig.7)



Figure 7 : Conductivimètre (Photo originale, 2021).

I.3.1.3 Mesure de la température

L'opération consiste à prélever un volume d'eau et à y plonger immédiatement le thermomètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

I.3.1.4 Mesure de la turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, etc.) Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser (Fig.8). Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphalométrique (NTU).



Figure 8 : Turbidimètre (néphélométrie) (Photo originale, 2021).

I.3.2 Méthode d'analyse de la minéralisation globale

I.3.2.1 Dosage de l'alcalinité

Il consiste en la détermination des volumes successifs d'acides pour neutraliser deux niveaux de pH 8.3 et 4.3 de volume d'eau à analyser en présence d'indicateur coloré. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

I.3.2.2 Dosage du titre alcalimétrique (TA)

➤ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate « CO_3^- ».

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons prélevé 100 ml d'eau à analyser puis on ajoute 2 gouttes de solution phénophtaléine. Une couleur rose doit se développer (dans le cas contraire le TA est nul).

I.3.2.3 Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

➤ **Principe**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide (HCl) dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons prélevé 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange. On titre, ensuite, avec HCl jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

I.3.2.4 Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

➤ **Principe**

La dureté totale détermine la concentration en calcium et en magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA). L'indicateur utilisé est le noir

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons prélevé 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au bain marie à une température d'environ 60°C puis on ajoute 0,5 ml de la solution tampon (pH=10) et 3 gouttes d'indicateur coloré. Ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

I.3.2.5 Dosage du calcium

➤ **Principe**

Il consiste en le titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec

le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur bleu.

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250ml, nous avons prélevé 10ml d'eau à analyser, on ajoute 0.4ml de la solution de NaOH et une pincée de murexide. Puis, on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre.

I.3.2.6 Dosage du magnésium

➤ **Principe**

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile, par différence, de calculer la dureté magnésienne, qui est donnée par la formule suivante :

$$CMg \text{ (mg/l)} = C \text{ (Ca+Mg)} - C Ca$$

CMg (mg/l) : teneur en magnésium (mg/l) ;

C (Ca+Mg) : teneur globale en calcium et en magnésium ;

C Ca : teneur en calcium.

I.3.2.7 Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons prélevé 10 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10%. On titre avec le nitrate d'argent ($AgNO_3$) jusqu'au virage au rouge brique.

I.3.2.8 Dosage du sodium

Le mode opératoire consiste en la pesée de 2,54 g de NaCl, et les dissoudre dans l'eau distillée tout en ajustant à un litre. Cette solution qui a une concentration de 1000 mg/l de

sodium est conservée. Par dilutions quotidiennes, une solution de 10 mg/l est préparée. Cette solution est passée au photomètre à flamme trois fois, et lorsque « 10 » est affiché, on fait passer l'échantillon. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l, il faut procéder à la dilution de l'échantillon.

I.3.2.9 Dosage du potassium

Une quantité de 1.907 g de KCl est dissoute dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. A partir de cette dernière une solution de 10 mg/l est préparée quotidiennement et est passée au photomètre à flamme trois fois, une fois le « 10 » est affiché, on fait passer les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon.

I.3.2.10 Dosage des ions sulfates

➤ Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le baryum du sulfate pour former un précipité de sulfate de baryum.

➤ Mode opératoire

Prendre 100 ml d'eau à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante. Puis ajoute 2 ml de chlorure de baryum. Agiter pendant 1mn, puis passer au spectrophotomètre à $\lambda=420$ nm.

I.3.3 Méthode d'analyse des paramètres de pollution

I.3.3.1 Dosage de l'ammonium

➤ Principe

Il consiste en la mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

➤ Mode opératoire

Prendre 40 ml de l'échantillon auxquels sont ajoutés 4 ml du réactif coloré puis mélanger le tout. Il y'aura l'apparition d'une coloration jaune. Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, puis ajouter 2 ml d'eau distillée. Après une

heure de réaction, s'il y aurait apparition d'une coloration verdâtre, mesurer l'absorbance en ions d'ammonium à $\lambda = 655 \text{ nm}$.

I.3.3.2 Dosage des ions nitrites

➤ Principe

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à 540 nm .

➤ Mode opératoire

Introduire 50 ml d'échantillon dans une fiole puis ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes . L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- . La mesure de l'absorbance de chaque étalon est faire à la longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$.

I.3.3.3 Dosage des ions nitrates

➤ Principe

Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromo tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune. Le dosage se base sur la réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfurique et phosphorique, avec production du nitro-4 diméthyl -2,6 phénol.

➤ Mode opératoire

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5 ml de diméthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 min . L'apparition de la coloration jaune indique la présence des NO_3^- . La concentration en nitrates est la valeur donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324 \text{ nm}$.

I.3.3.4 Dosage de phosphate

➤ Principe

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

➤ Mode opératoire

Introduire 40 ml d'échantillon dans une fiole auxquels sont ajoutés 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif puis mélanger et incuber pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde $\lambda=880$ nm.

I.3.4 Méthodes d'analyse des éléments indésirables**I.3.4.1 Dosage du fer****➤ Principe**

Il consiste en l'addition d'une solution de phénantroline-1.10 à une prise d'essai et effectuer la mesure photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Elle est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

➤ Mode opératoire

Prendre comme prise d'essai, 50 ml de l'eau ; dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement. Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 (de préférence 4.5). Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité. Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à 510 nm.

I.3.4.2 Dosage de la matière organique**➤ Principe**

Il consiste en le chauffage de 100 ml d'échantillon en présence de 20 ml de permanganate de potassium et de 20 ml d'acide sulfurique pendant 10 minutes. Puis, réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon. Enfin on procède à la détermination de l'excès du permanganate par addition de 20 ml de la solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate de potassium.

➤ Mode opératoire

Introduire 25 ml d'échantillon dans un bécher de 100 ml. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement. Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à

ébullition. Ajouter 5 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre en maintenant à l'ébullition pendant 10 minutes. Après 10 min ajouter à l'aide d'une pipette 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore puis retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir placé, au préalable, une feuille blanche sur ce dernier. Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à l'obtention d'une coloration pale persistant environ 30 s, noter le volume V1 de permanganate consommé, le volume V0 de solution de permanganate consommé. Au blanc titré, ajouter 5 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et noter le volume V2 de solution de permanganate consommé.

L'indice de permanganate, **IMn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule suivante :

$$IMn = (V1 - V0) / V2 * f$$

V0 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

V1 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

V2 : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante ;

F : facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.

I.3.5 Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées comportent la recherche des germes suivants :

- Les germes totaux ;
- Les coliformes totaux et fécaux ;
- Les streptocoques fécaux.

I.3.5.1 Recherche et dénombrement des germes totaux

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des micro-organismes

viables par comptage des colonies après incubation à 37°C.

Les milieux les plus utilisés pour le dénombrement sont le milieu PCA (Plate Count Agar) ou TGEA (Tryptone Glucose Extrait de Viande Agar).

Mode opératoire

➤ Le principe des dilutions

- ✓ Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère et prélever 1ml d'échantillon à l'aide d'une pipette graduée, dans la zone d'asepsie ;
- ✓ Ouvrir le tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, flamber l'ouverture, y introduire le volume prélevé sur la paroi sans toucher le liquide (dilution au 1/10).
- ✓ Agiter ce tube, prélever 1ml et verser dans un autre tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. L'opération est renouvelée en changeant de pipette et en versant de nouveau 1ml dans un nouveau tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration en bactéries devienne relativement faible.
- ✓ Homogénéiser les tubes entre chaque dilution.

➤ Mise en culture

- ✓ En zone stérile, ensemercer en masse deux séries de boîtes de Pétri en versant 1ml d'inoculum et de ses dilutions décimales successives ;
- ✓ Couler la gélose TGEA maintenue en surfusion mais légèrement refroidie ;
- ✓ Homogénéiser avec des mouvements circulaires. Laisser refroidir la gélose sans bouger en zone stérile ;
- ✓ Incuber une série de boîtes de Pétri durant 24 heures à 37°C (recherche des germes pathogènes) et l'autre série durant 72 heures à 22°C (recherche des germes saprophytes).

Lecture

Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile. On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 30 et 300. Les résultats sont exprimés en nombre des UFC (unité formant colonie) par ml.

I.3.5.2 Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermotolérants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales.

❖ Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP).

Principe

On entend par coliformes, les bactéries qui sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures, à une température comprise entre 36 et 37°C. *Escherichia coli* sont des coliformes thermotolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44 °C.

Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Test de présomption : réservé à la recherche des coliformes ;
- Test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants.
- Méthode par filtration sur membrane (*Escherichia Coli*).

➤ Test présomptif

Un dénombrement présomptif des coliformes totaux est réalisé sur bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL). Cette méthode est sensible mais peu spécifique.

Mode opératoire

- ✓ Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu BCPL (avec cloche de Durham), dont 3 tubes avec 1 ml d'eau non diluée, 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-1} et 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-2} ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement gazeux ;
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage de l'indicateur coloré, le BCP a sa teinte acide jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) ;
- ✓ Evaluer le nombre de coliformes.

➤ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi

lesquels *E. coli*. La mise en évidence et le dénombrement d'*E. coli* sont effectuées à partir des tubes positifs (BCPL) par le test de Mackenzie.

Mode opératoire

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse à boucle dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Lecture

Après l'incubation durant 48 heures à 44 C°, sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un trouble ;
- ✓ Un dégagement gazeux.

I.3.5.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

❖ Méthode par ensemencement en milieu liquide pour détermination du nombre le plus probable (méthode en tubes).

Principe

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrits précédemment pour la colimétrie en milieux liquides. Alors que le tube primaire contient déjà une certaine quantité d'acide de sodium, Le repiquage des tubes positifs sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en acide de sodium et présence d'éthyle violet), ne laisse se développer que les streptocoques fécaux (**RODIER et al., 2009**).

Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux se fait en deux étapes consécutives :

- Test présomptif
- Test confirmatif

➤ Test présomptif

Le test présomptif est réalisé à l'aide de milieu Roth. La forte nutritivité du milieu est due à la présence d'une forte proportion de polypeptone ainsi que le glucose. L'acide de sodium inhibe la croissance des microorganismes à Gram négatif par son action bactériologique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

Mode opératoire

- ✓ Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu de Rothe : dont 3 tubes de Rothe avec 1 ml de la solution mère, 3 autres tubes de Rothe avec 1 ml de la dilution 10^{-1} et enfin les 3 dernier tubes de Rothe avec 1 ml de la dilution 10^{-2} ;
- ✓ Incubation à 37 °C pendant 48h ;
- ✓ Les tubes positifs présentant un trouble sont présumés contenir des entérocoques. Ceux-ci seront obligatoirement soumis au test confirmatif sur bouillon de Litsky.

➤ Test confirmatif**Mode opératoire**

- ✓ On agite les tubes, puis, on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky à l'éthyl-violet d'acide de sodium ;
- ✓ On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- ✓ La sélectivité du milieu est due à la présence d'éthyl-violet et d'acide de sodium qui inhibent la croissance des bacilles à Gram négatif et des microorganismes sporulés à

Gram positif contaminants.

Lecture

L'apparition d'un trouble avec une pastille violette au fond du tube traduit la présence de streptocoques fécaux.



Chapitre II : Résultats et discussion

Afin d'évaluer la qualité de l'eau des deux sources étudiées (Toulmouts et Tagmount Oukerrouch), différentes analyses ont été réalisées au sein du laboratoire du barrage Taksebt. Les résultats des analyses effectuées ont permis de déterminer la concentration de certains éléments et la présence de certaines bactéries qui rendent certaines de ces eaux de sources suspectes ou impropres à la consommation.

II.1 Résultats des analyses organoleptiques

II.1.1 Odeur

L'eau des sources étudiées est inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

II.1.2 Couleur

L'eau des sources étudiées est limpide, ceci indique probablement l'absence des ions métalliques, fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}) qui sont les principaux facteurs du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.

II.2 Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques à savoir la température, le pH, la conductivité et la turbidité de l'eau des deux sources sont représentés dans le tableau 5. Ce tableau rapporte également la norme relative à la qualité des eaux potables fixée par l'Algérie et l'organisation mondiale de la santé (OMS) (ANNEXE 1). Nous signalons que ces analyses sont réalisées une seule fois au laboratoire.

Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les deux sources Toulmouts (S1) et Taguemount Oukerrouch (S2) et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS.

Sources	T (°C)	pH	Conductivité μS/cm	Turbidité (NTU)
S1	25	7,37	850	0,25
S2	20,8	6,70	376	0,31
Norme (NA)	/	6,5-8,5	2800	5
Norme (OMS)	25,0	6,5-9,5	CMA : 2100	/

II.2.1 Température

La température des eaux de sources étudiées est de l'ordre de 25 °C pour Toulmouts. Quant à la source Tagmount Oukerrouch, la température est de l'ordre de 20,8 °C.

Cela montre que la zone de l'aquifère est assez profonde. En effet, la norme fixée par l'OMS concernant l'eau potable est de 25 °C. Les températures enregistrées pour les deux différentes sources répondent à la norme puisqu'elles sont inférieures à 25 °C.

La figure 9 représente les valeurs enregistrées de la température pour les eaux des deux sources étudiées.

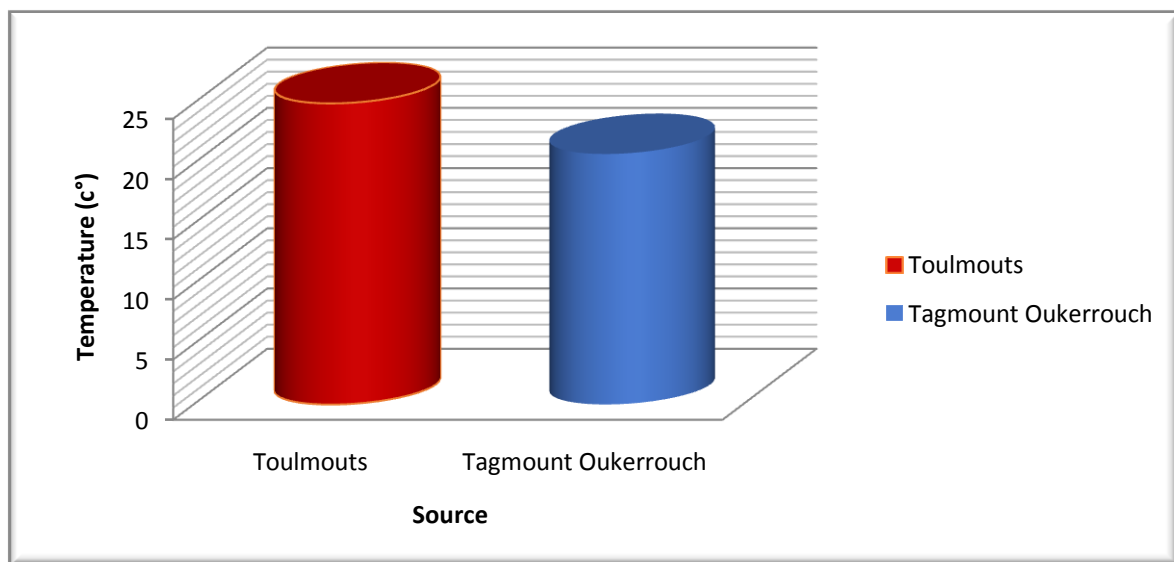


Figure 9 : Valeurs de la température enregistrées dans les deux sources d'eau étudiées.

La diminution ou l'augmentation de la température de l'eau par rapport aux normes considérées n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Par contre, elle peut avoir un effet direct sur la qualité de l'eau. Cependant, une diminution de la température de l'eau peut mener à une diminution de l'efficacité des traitements (désinfection) ainsi qu'une diminution des vitesses de sédimentation et filtration. Par ailleurs, une augmentation de la température de l'eau favorise la croissance bactérienne, induisant l'altération des paramètres organoleptiques (couleur, saveur, odeur) (**BORDET, 2007**).

II.2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Les deux sources Toulmouts et Taguemount Oukerrouch répondent à la norme puisque les valeurs de leur pH respectifs sont de 7,37 et 6,7. Ces valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation selon les normes algériennes et de l'O.M. S (**ANNEXE 2**). La figure 10 illustre les valeurs de pH pour les deux sources étudiées.

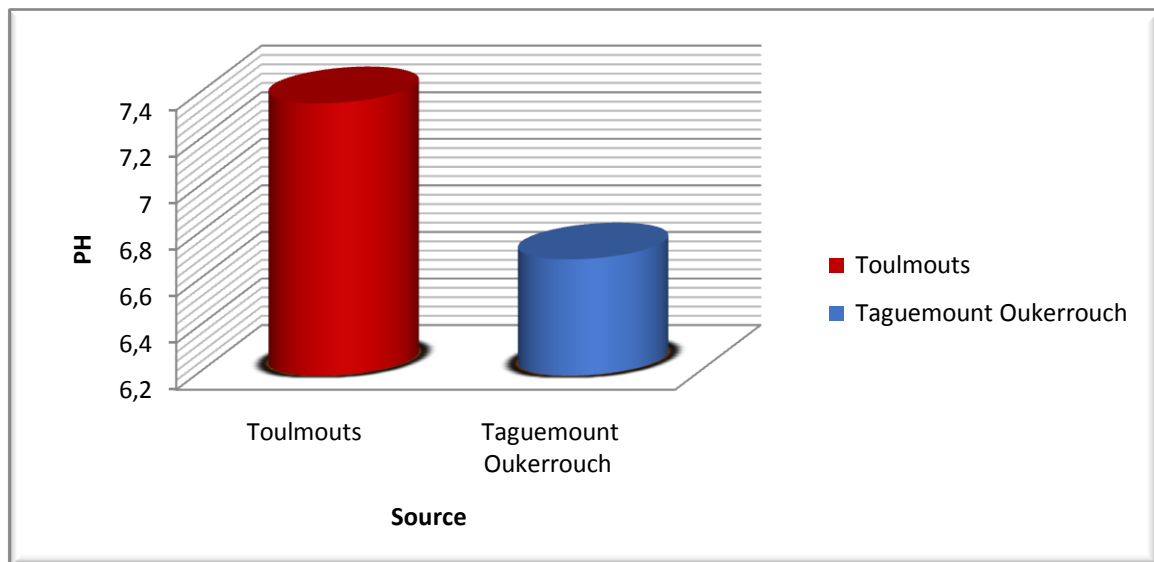


Figure 10 : Valeurs du potentiel d'hydrogène des eaux des deux sources étudiées.

Le pH qui dépend de la teneur en ions acides ou basiques conditionne les équilibres physicochimiques. En outre, le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Les sols pauvres en calcaire ou siliceux ou parfois des régions volcaniques peuvent être acidifiées par de l'acide sulfurique. Les eaux qui ont un pH acide (inférieure à 7) sont des eaux agressives qui peuvent conduire à la corrosion des parties métalliques des canalisations de l'eau de robinet (**RODIER, 2009**).

II.2.3 Conductivité à 25 °C

L'histogramme de la figure 11, représente la moyenne des valeurs de la conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25°C.

Les eaux étudiées présentent des valeurs 376 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la source Taguemount Oukerrouch et 850 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la source Toulmouts.

Ces valeurs restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C et à celle de l'OMS à 2100 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Pour les deux sources étudiées (Fig.11), nous remarquons que la conductivité de l'eau de la source Toulmouts est plus élevée que la conductivité de Taguemount Oukerrouch. Il y'a une grande différence, qui passe du simple au double entre les deux sources.

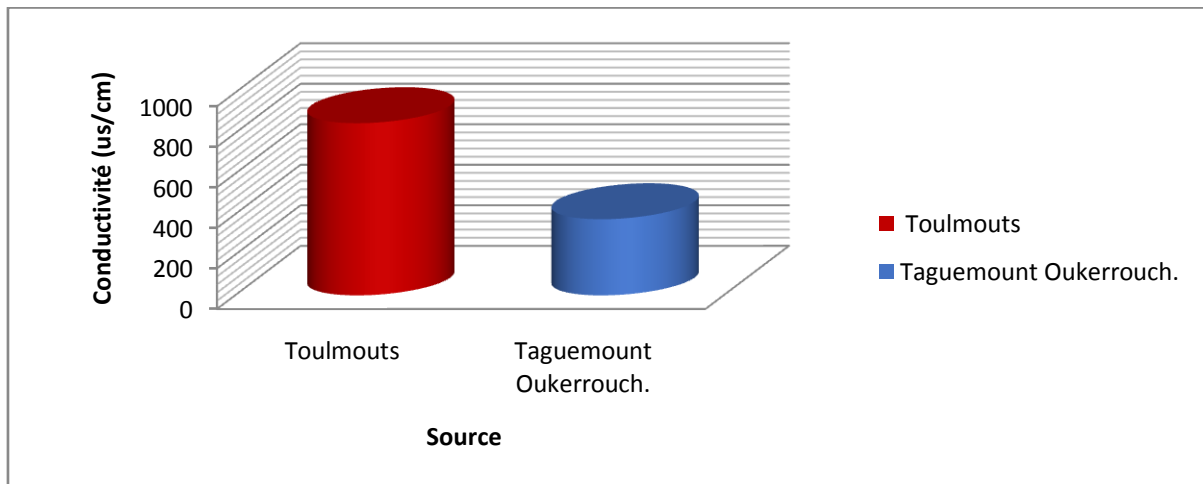


Figure 11 : Les valeurs de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des eaux des sources étudiées.

La conductivité de l'eau fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau (DUGUET *et al.*, 2006).

II.2.4 Turbidité

Selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, les eaux des deux sources Toulmouts et Taguemount Oukerrouch ont une faible turbidité puisque les valeurs sont de l'ordre 0,25 et 0,31 NTU respectivement. Cela serait dû à la filtration de l'eau dans le sol, donc ce sont des eaux claires. Ces variations sont dues principalement aux bacs de décantation qui sont présents juste après le premier captage ; ce qui explique le dépôt de certaines matières dissoutes ou en suspension.

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, colloïdes, etc.). Elle peut être favorisée par la pluviométrie (RODIER *et al.* 2009).

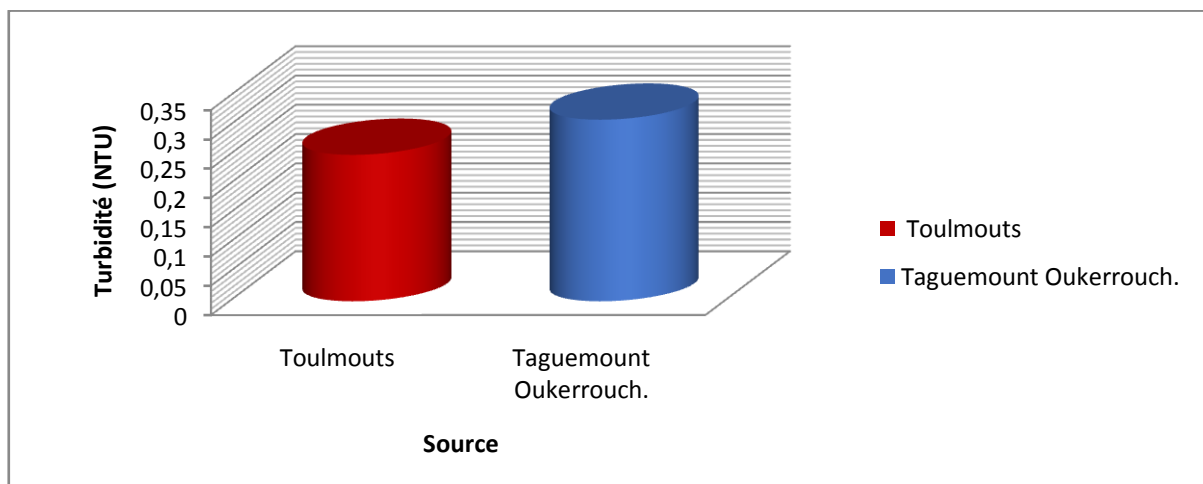


Figure 12 : Valeurs de turbidité des eaux des deux sources étudiées.

II.3 Paramètres de la minéralisation globale

Le calcium et le magnésium se rencontrent dans presque les eaux naturelles et ils contribuent à la dureté de l'eau (**POTELON et ZYSMANE., 1998**).

II.3.1 Dureté calcique

La figure 13 montre que la source Toulmouts est riche en calcium avec une concentration de 121.84 mg/l. La dureté calcique pour cette source reste dans les normes fixées par la législation algérienne qui indique une concentration de 200 mg/l de calcium comme concentration maximale. La source de Taguemount Oukerrouch, quant à elle, indique une valeur moyenne de la dureté calcique de 74.55 mg/l. L'eau de la source Taguemount Oukerrouch est une eau moins dure par rapport à celle de Toulmouts.

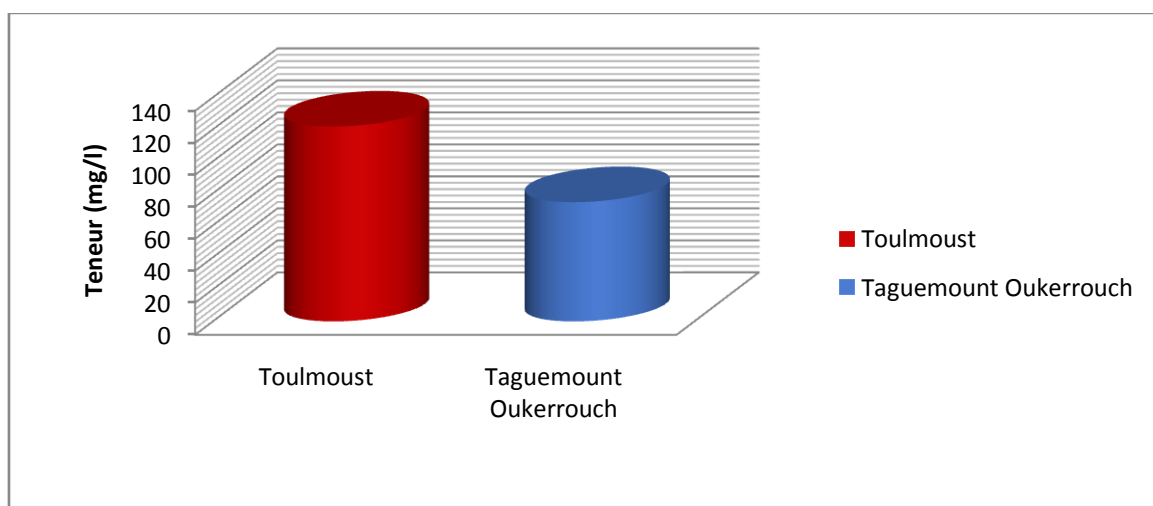


Figure 13 : Valeurs de la dureté calcique des eaux des deux sources étudiées.

II.3.2 Dureté magnésienne

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Les concentrations en magnésium (Fig.14) des eaux de sources étudiées sont de l'ordre de 14.1 mg/l pour la source Toulmouts et 21.86 mg/l pour Taguemount Oukerrouch. Ces valeurs sont inférieures aux concentrations recommandées par l'Algérie et l'O.M. S [30 – 150 mg/l]. Ceci est en relation directe avec l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire des terrains (**RODIER, 2005**).

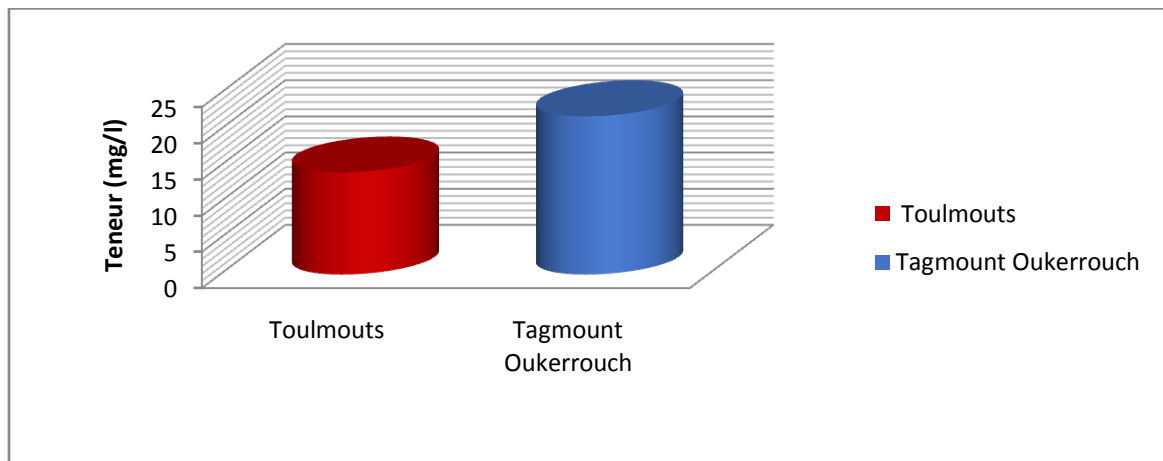


Figure 14 : Valeurs de la dureté magnésienne des eaux des deux sources étudiées.

II.3.3 Sodium

La figure 15 représente les valeurs du sodium enregistrées pour les deux sources d'eau. Nous avons enregistré une valeur de 50 mg/l pour la source de Toulmouts. L'eau de cette source présente des concentrations conformes aux normes algérienne et de l'O.M. S [20-200 mg/l]. Quant à l'eau de la source Taguemount Oukerrouch, nous avons enregistré une valeur très faible en sodium, qui est au-dessous des normes algérienne et de l'O.M.S. Cette valeur est de l'ordre de 8 mg/l.

Il reste l'élément constant dans l'eau à cause de sa grande solubilité. Il provient du lessivage du dépôt en surface et dans le sol des sels tels que les chlorures de sodium, les silicates de sodium, etc (**RODIER, 2005**).

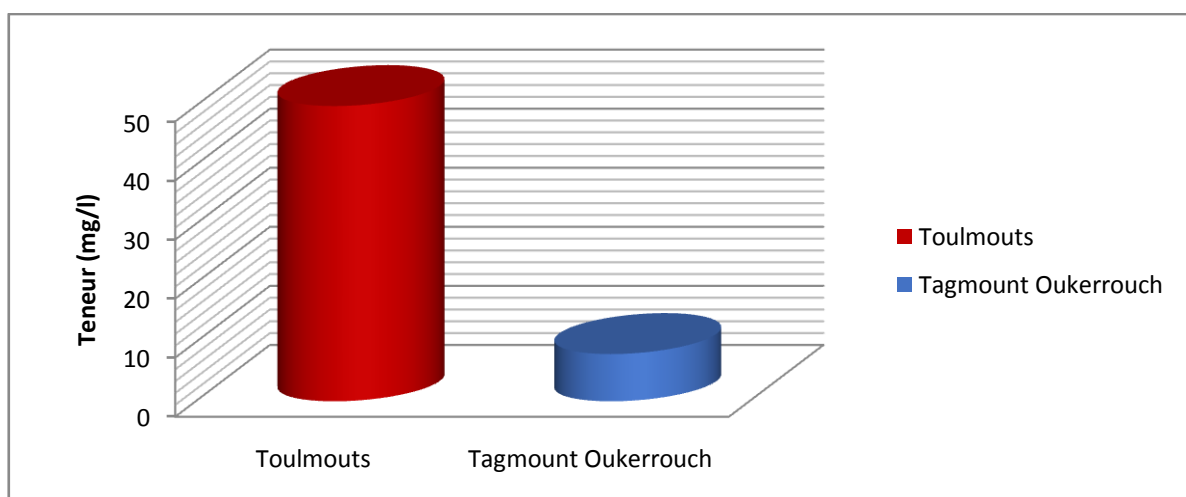


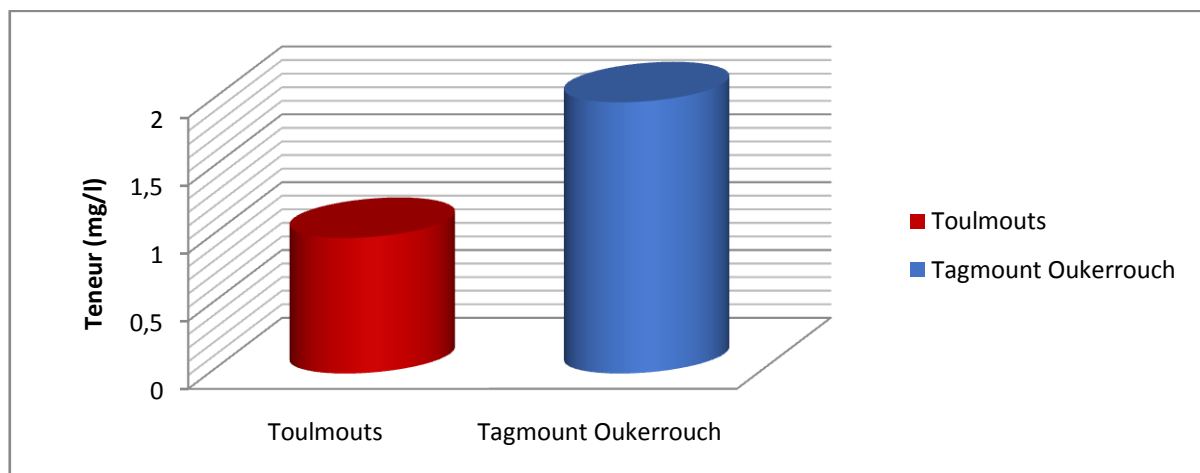
Figure 15 : Teneurs en Sodium des eaux des deux sources étudiées.

II.3.4 Potassium (K⁺)

La concentration en potassium est assez faible dans la plupart des eaux naturelles non polluées.

Les valeurs du potassium enregistrées (Fig.16) pour les deux sources Toulmouts et Tagmount Oukerrouch varient entre 1 et 2 mg/l. Ces concentrations sont au-dessous des concentrations minérales admissibles recommandées par les normes algérienne et de l'O.M.S (10 mg/l).

L'OMS affirme que le potassium à faible dose ne présente pas de risque significatif sur la santé publique et que les besoins de l'organisme sont facilement fournis par l'apport alimentaire. Ces faibles concentrations en potassium montrent aussi que les deux sources ne sont pas polluées par les engrais phosphatés qui pourraient provenir du lessivage des sols agricoles.

**Figure 16 :** Teneurs en Potassium des eaux des deux sources étudiées.

II.3.5 Chlorures

Les eaux des sources échantillonnées présentent des teneurs faibles en chlorure par rapport à la valeur guide algérienne à savoir 54.46 mg/l à la source de Toulmouts et une valeur de 10.25mg/l au niveau de la source Tagmount Oukerrouch (Fig.17).

Les teneurs en chlorures au niveau de la source Toulmouts restent conformes aux normes fixées par l'O.M. S [25 – 200 mg/l]. Par contre, l'eau de la source Tagmount Oukerrouch est

très pauvre en chlorures ; ce qui pourrait la rendre vulnérable au développement des micro-organismes.

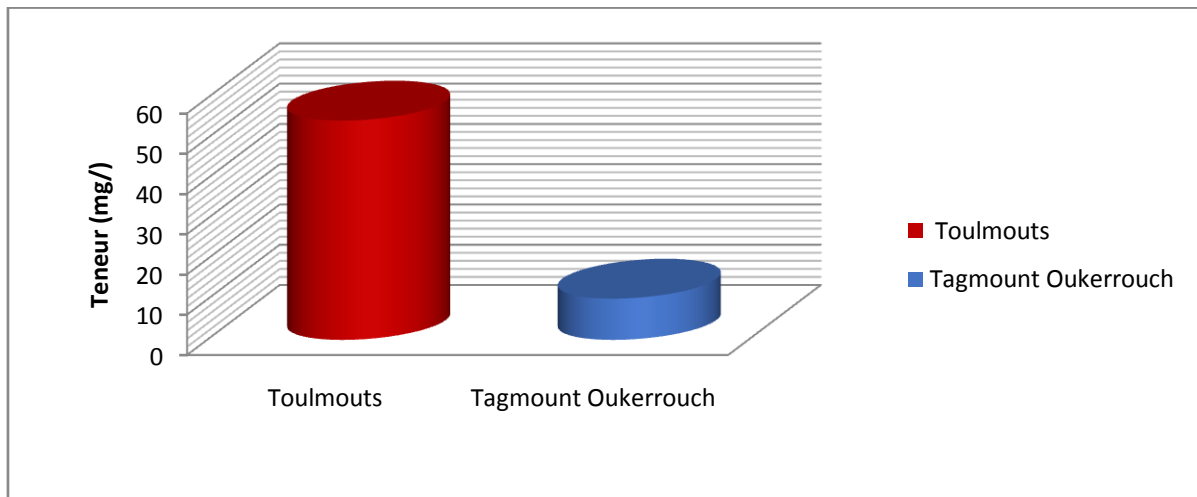


Figure 17 : Teneurs en chlorures des eaux des deux sources étudiées.

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. A teneur élevée les chlorures ne présentent aucun risque sur la santé publique mais donnent à l'eau un goût désagréable. Ce dernier peut être moins marquant en présence du calcium et du magnésium. La réglementation algérienne propose une valeur guide de 200 mg/l et fixe une valeur limite de 500 mg/l.

II.3.6 Sulfates

Les eaux de Toulmouts et de Tagmount Oukerrouch présentent respectivement des teneurs en sulfates de 65 mg/l pour la première et 27.7 mg/l pour la deuxième source (Fig.18).

Ces valeurs sont inférieures à la valeur guide recommandée par l'Algérie pour l'eau potable [200 – 400 mg/l]. Cependant, pour la source Toulmouts, ces valeurs sont admissibles selon l'O.M.S, mais non admissibles pour la source Tagmount Oukerrouch.

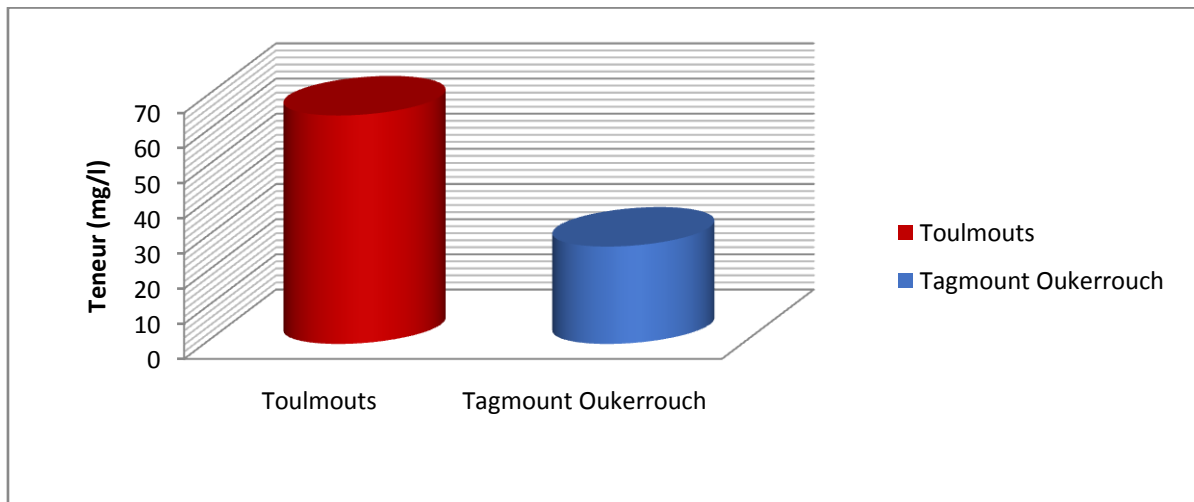


Figure 18 : Concentration en sulfates des eaux des deux sources étudiées.

Les sulfates peuvent avoir un effet purgatif et entraîner une déshydratation et une irritation gastrique à grandes doses. Ils donnent un mauvais goût à l'eau et peuvent entraîner des effets de corrosion des canalisations. Les sulfates peuvent avoir une origine météorologique et peuvent aussi provenir de l'activité agricole (pollution) ou biologique naturelle (DEGREMENT, 1989).

II.3.7 Bicarbonates (HCO_3^-)

La présence de bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau dépend de plusieurs autres paramètres comme le pH, la température, la présence de CO_2 dans l'eau et la nature des terrains traversés par l'eau.

Les mesures algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

Nous remarquons que les valeurs des bicarbonates sont les plus élevées par rapport aux autres minéraux dans les deux sources étudiées (Fig.19). La concentration élevée de bicarbonates pour la source Toulmouts, qui dépasse 400 mg/l, peut s'expliquer par la nature des terrains qui est marno-argileuse (Dépression de Sébaou) et donc riche en carbonates de calcium. Par contre, la source Tagmount Oukerrouch a une faible minéralisation, présentant ainsi des teneurs faibles en bicarbonates comparées à l'eau de source de Toulmouts.

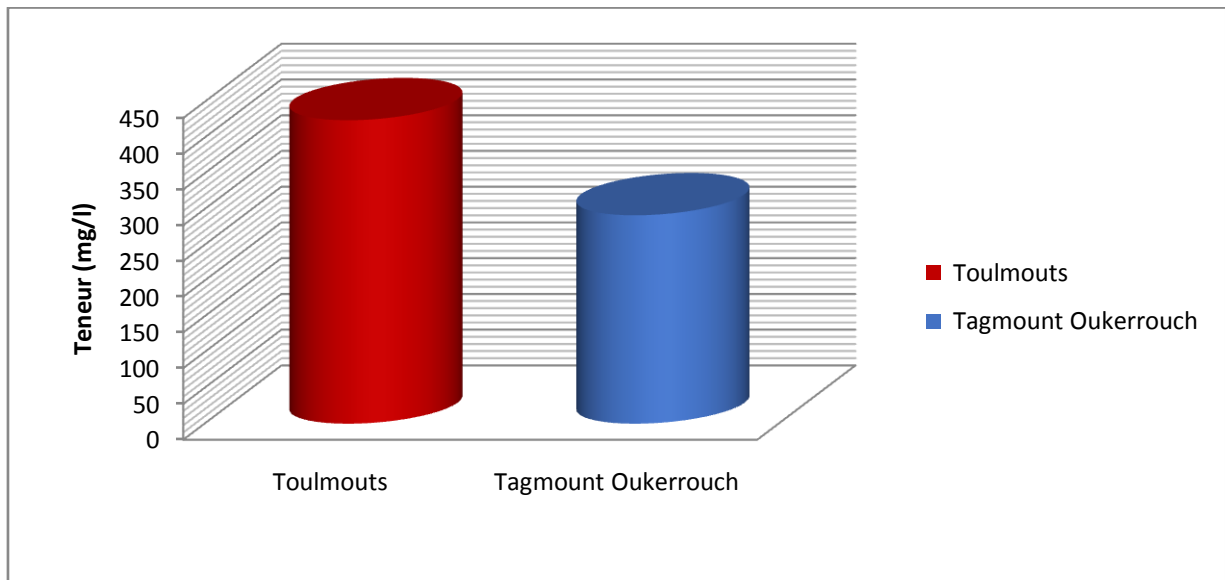


Figure 19 : Teneurs en carbonates des eaux des deux sources étudiées.

II.3.8 Dureté totale

La figure 20 montre une dureté totale de 362 mg CaCO_3/l pour l'eau de Toulmouts ; ce qui la qualifie d'une eau très dure selon la classification des eaux en fonction de leur dureté totale (RODIER et al., 2009).

L'eau de la source de Tagmount Oukerrouch, quant à elle, est d'une dureté moyenne avec une valeur de 250 mg CaCO_3/l et reste beaucoup moins dure que l'eau de Toulmouts. D'après les résultats obtenus, nous constatons que ces deux sources répondent aux normes indiquées par la réglementation algérienne [100 à 500 mg/l de CaCO_3]. Elles sont, donc, conformes aux critères de potabilité de l'eau de boisson (Fig.20).

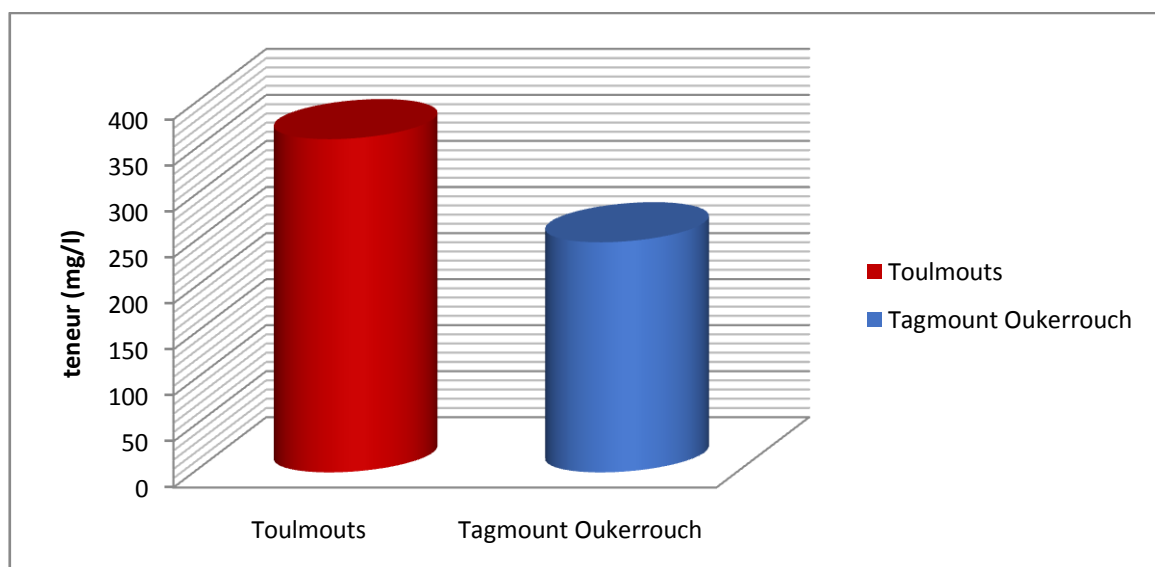


Figure 20 : Valeurs de dureté totale des eaux des deux sources étudiées.

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (RODIER *et al.*, 2009).

II.4 Paramètres indésirables

II.4.1 Fer ferreux (Fe^{2+})

Les résultats obtenus (Fig.21) pour les deux sources étudiées montrent des teneurs en fer comprises entre 0.04 et 0.06 mg/l. Ce sont donc des teneurs très faibles ce qui prescrit largement les eaux de ces deux sources dans la norme de potabilité algérienne qui est de l'ordre de 0.3 mg/l.

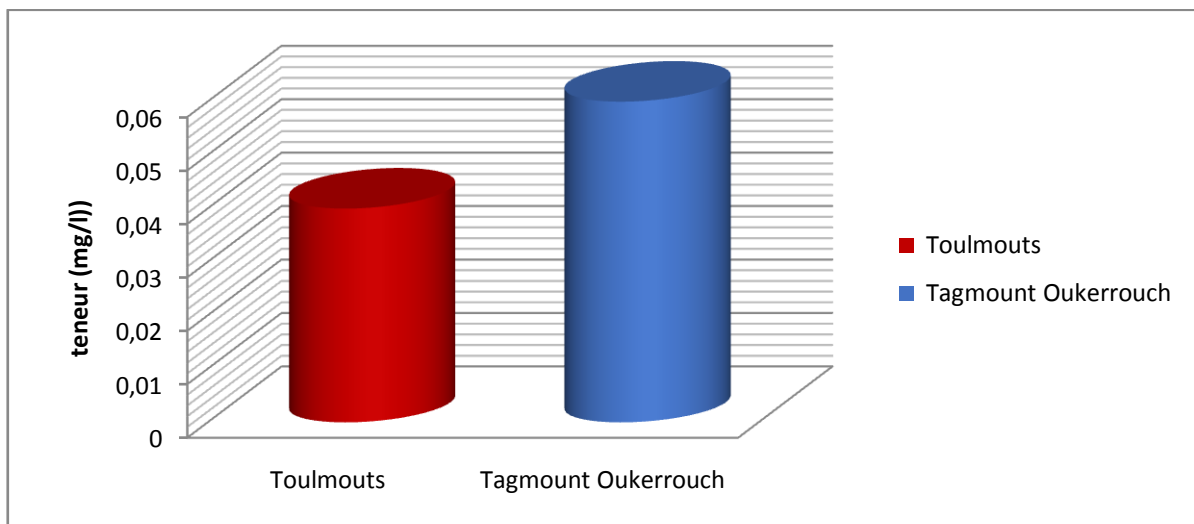


Figure 21 : Teneurs en Fer des eaux des deux sources étudiées.

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les eaux en conditions habituelles, c'est-à-dire à un pH qui varie entre 4.5 et 9, le fer soluble est présent généralement à l'état ferreux. L'excès de fer ne présente pas une toxicité particulière pour l'organisme, mais il peut provoquer bien des problèmes de coloration de l'eau (RODIER *et al.*, 2005).

II.5 Paramètres de pollutions

II.5.1 Ammonium (NH_4^+)

Les eaux des deux sources contiennent quelques traces (0.01 mg/l) d'ammonium ; ce qui exclut la présence de pollution ammoniacale.

L'ammonium provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut provenir aussi de l'apport défluent urbain et des rejets agricoles (RODIER, 2005). La réglementation algérienne fixe la valeur 0.5 mg/l comme teneur limite en ammonium dans les eaux potables.

II.5.2 Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Elles constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-) et elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Les résultats d'analyses dévoilent que les sources de Toulmouts et Tagmount Oukerrouch ne présentent aucune trace de nitrites. Ce qui est confirmé aux eaux non polluées au niveau des deux sources étudiées.

II.5.3 Nitrates (NO_3^-)

Les teneurs en nitrates enregistrées pour les deux sources sont de l'ordre de 2,27mg/l pour la source Toulmouts et 0,23mg/l pour la source de Tagmount Oukerrouch (Fig.22). La présence des nitrates au niveau des deux sources résulte de la décomposition des matières organiques et minérales.

Globalement, les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes et de l'O.M. S qui fixent une teneur de 50 mg/l de nitrates comme limite supérieure.

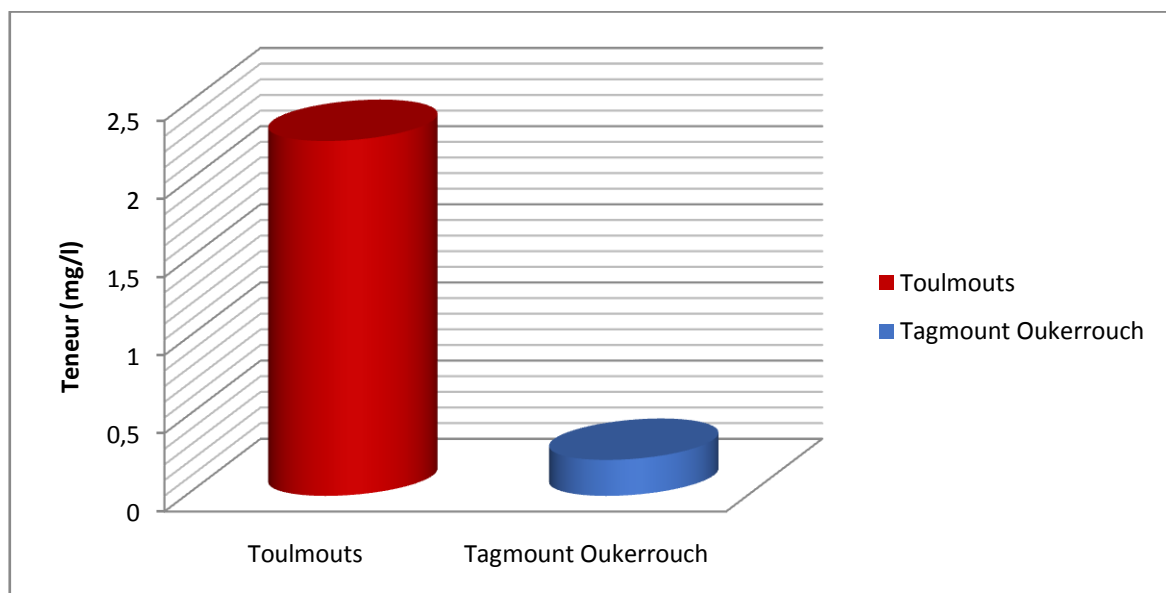


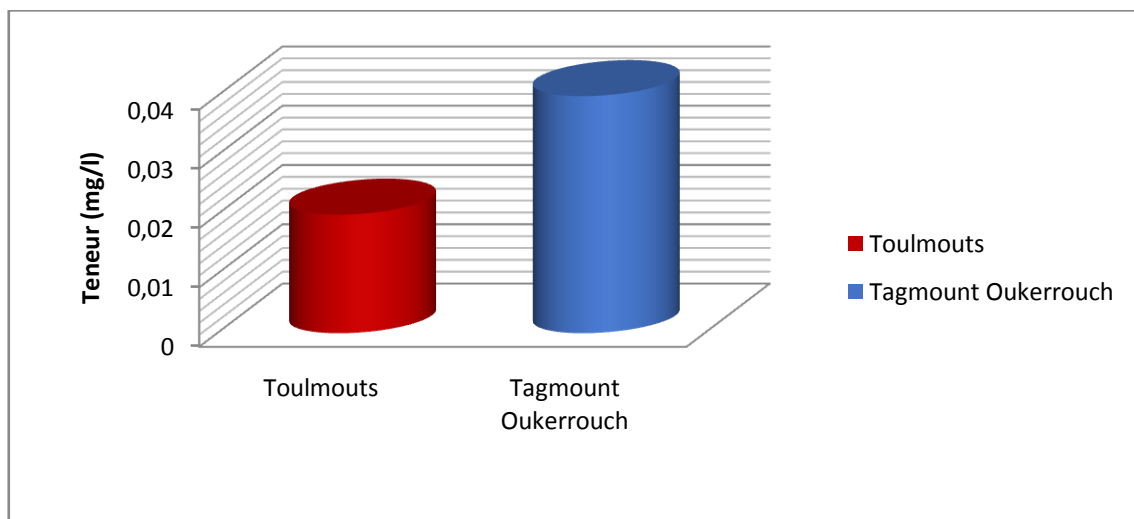
Figure 22 : Teneurs en nitrates des eaux des deux sources étudiées.

II.5.4 Phosphates

Les échantillons analysés renferment des teneurs en phosphates de l'ordre de 0,02 mg/l pour la source Toulmouts et 0,04 mg/l pour la source Tagmount Oukerrouch (Fig.23).

Les normes de l'O.M.S. fixent comme limite supérieure, la valeur de 0.5 mg/l. Ceci nous renseigne sur l'absence de toute pollution organique au niveau de nos sources.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

**Figure 23** : Teneurs en phosphates des eaux des deux sources étudiées.

II.5.5 Matières organiques oxydables en milieu acide

C'est un test qui permet d'évaluer la quantité de matière organique et des substances réductrices oxydables présentes dans l'eau. Une eau est dite très pure pour une teneur en matière organique inférieure à 1 mg/l.

Les résultats d'analyses effectuées sur les eaux des sources étudiées (Fig.24) montrent que l'eau de la source Tagmount Oukerrouch se caractérise par une absence totale en matière organique, nous pouvons dire que c'est une eau potable et pure.

L'eau de la source Toulmouts, par contre, renferme de la matière organique estimée à 3 mg/l, ce qui la classe comme une eau suspecte et donc exposée à une pollution organique.

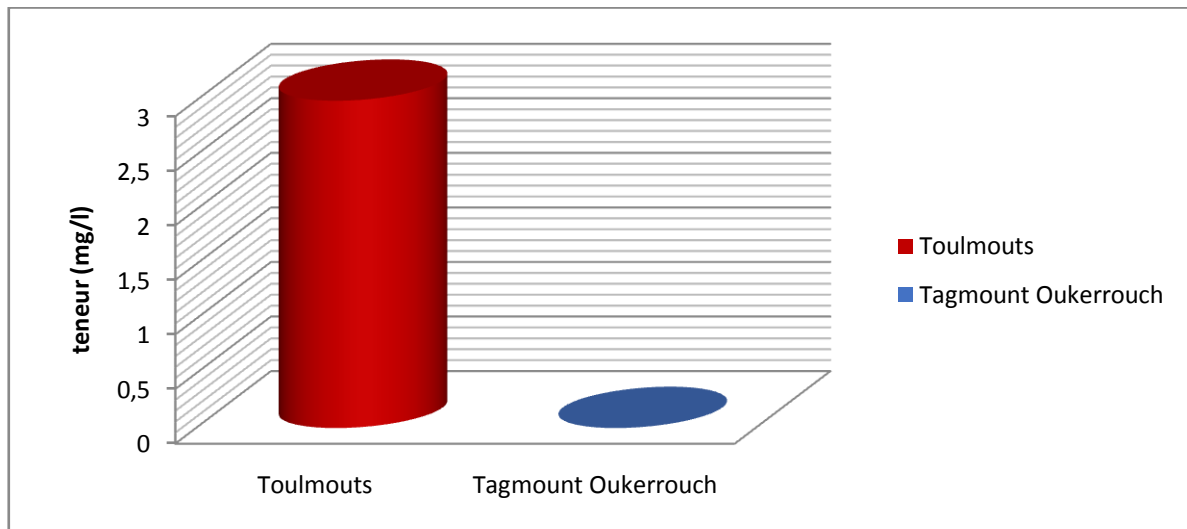


Figure 24 : Teneurs en matière organique des eaux des deux sources étudiées.

❖ Classification des sources d'eau étudiées

➤ Classification selon Stabler

D'après Stabler, la comparaison de deux eaux en vue de leur classification se fait en comparant les teneurs des cations et des anions entre elles.

La figure 25 montre les valeurs des cations et des anions au niveau des eaux des sources étudiées. De cette comparaison, il ressort que la teneur en Calcium (Ca^{2+}) est la plus élevée parmi les cations considérés pour les deux sources. Pour les anions, c'est la teneur en bicarbonates qui est la plus élevée pour les deux sources étudiées. Cette comparaison montre que les eaux des deux sources (Toulmouts et Tagmount Oukerrouch) se classent dans la catégorie des eaux bicarbonatées calciques. La figure 25, ci-dessous, illustre les valeurs des cations et des anions des deux sources d'eau étudiées.

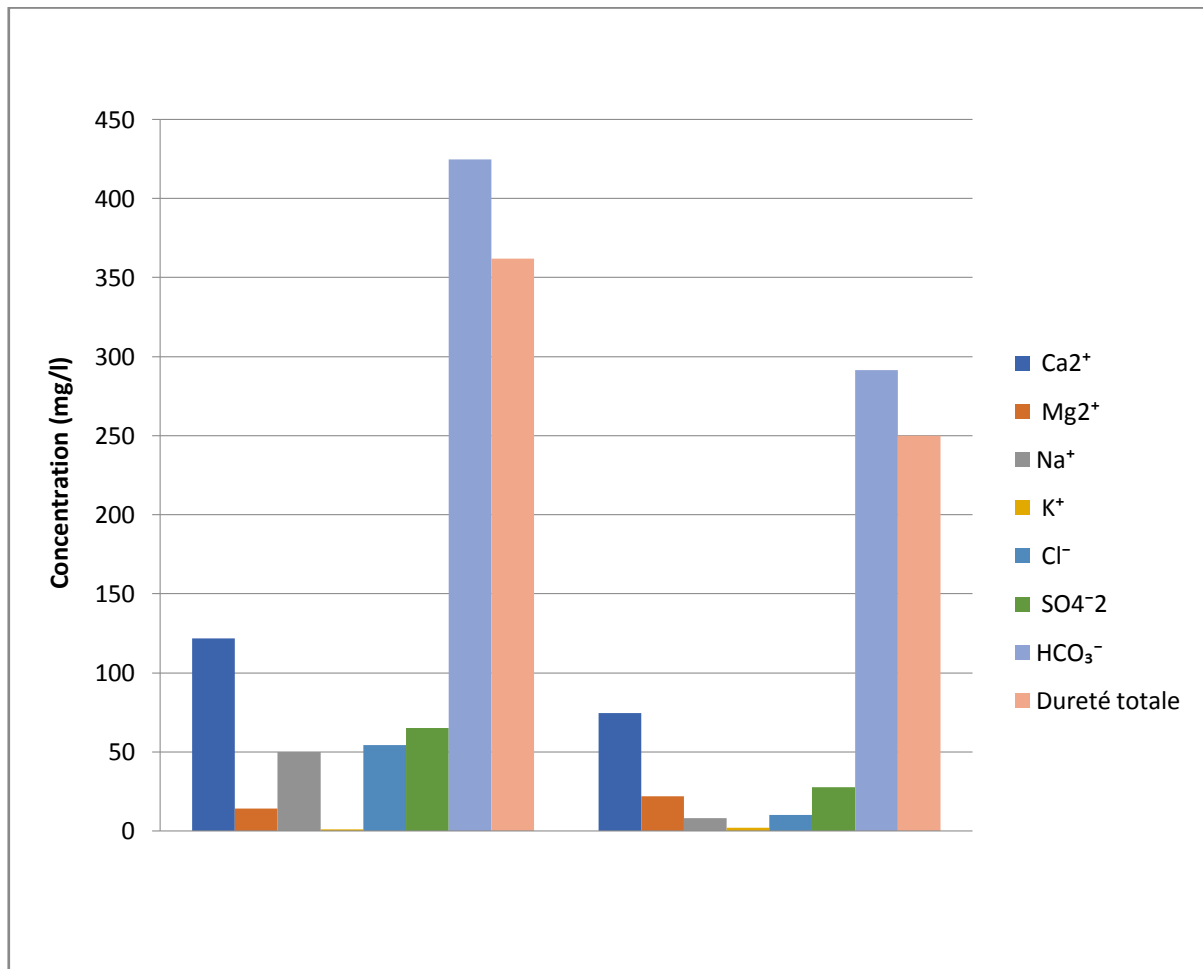


Figure 25 : Classification des eaux des deux sources étudiées selon Stabler.

Conclusion

- Les résultats des analyses organoleptiques montrent que les eaux des deux sources sont :
 - Inodores, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.
 - Limpides, ceci indique probablement l'absence des ions métalliques, fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}) qui sont les principaux facteurs du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.
- Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux des deux sources, nous ont permis de déduire que la situation géomorphologique et surtout géologique de ces dernières peut avoir une influence sur les teneurs en éléments constitutifs de l'eau. La nature géologique des terrains traversés par les eaux des deux sources est à dominance

calcaire ce qui a permis de les classer comme des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonate du Calcium.

- Les résultats des analyses de la minéralisation globale montrent que l'eau de Toulmout est une eau qui présente une minéralisation élevée comparée à l'eau de la source de Taguemount Oukerrouch. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus secs.
- Les résultats des analyses de la pollution montrent que les eaux des deux sources ne présentent ni pollution ammoniacale ni pollution nitrique.

II.6 Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de SEAAL (barrage Taksebt) et consistent en la recherche des germes, Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux des deux sources étudiées.

Germes	Source de Thala Toulmouts	Source de Taguemount Oukerrouch	Normes Algérienne	
Coliformes Totaux (C/100ml)	00	04	00	
E-coli (C/100ml)	00	04	00	
Streptocoques Fécaux (C/100ml)	00	04	00	
	37°C (C/100ml)	00	05	10

Germes Totaux				
	22°C (C/100ml)	00	200	100

II.6.1 Coliformes totaux

La recherche des coliformes totaux nous a permis d'enregistrer quatre colonies par 100 ml (4/100 ml) de coliformes totaux pour la source Taguemount Oukerrouch. Ceci nous laisse soupçonner une présence d'une contamination fécale au niveau de cette source. Les résultats obtenus montrent une absence totale de coliformes totaux au niveau de la source de Toulmouts ; ce qui montre que l'eau de cette source est conforme aux normes algérienne.

II.6.2 *Escherichia coli*

Les résultats obtenus font apparaître une présence de colonies d'*E. coli* au niveau de l'eau de la source Taguemount Oukerrouch (4/100ml) ; ce qui nous laisse soupçonner une contamination fécale de l'eau de cette source. Par contre, l'eau de la source Toulmouts n'est pas contaminée par *E. coli*.

Nous pouvons conclure que l'eau de la source Toulmouts est conforme aux normes algérienne alors que l'eau de Taguemount Oukerrouch reste douteuse d'un point de vue bactériologique.

II.6.3 Streptocoques fécaux

Les résultats obtenus indiquent la valeur de 04 /100 ml pour la source Taguemount Oukerrouch. Cette valeur dépasse de peu la norme algérienne, ce qui confirme la présence d'une contamination bactériologique fécale. Nous constatons toujours une absence totale de streptocoques fécaux pour la source Toulmouts (0 /100 ml) confirmant, ainsi, la potabilité de l'eau de cette source indemne de toute pollution fécale.

II.6.4 Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs, vis- à-vis de toute pollution microbiologique, celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne.

Les résultats obtenus sont de l'ordre de 100 ml au niveau de Toulmouts à 37° C. Quant à la source Taguemount Oukerrouch, la variation est beaucoup plus importante, elle est de l'ordre de 200 ml à 37°C.

Globalement, le dénombrement de germes totaux à 37°C révèle une eau conforme aux normes de potabilité pour la source Toulmouts alors qu'il révèle une eau de qualité douteuse pour la source Taguemount Oukerrouch.

Le tableau 7 rapporte la classification bactériologique des eaux selon l'Institut Pasteur.

Tableau 7 : Classification bactériologique des eaux selon l'Institut Pasteur d'Algérie (1977).

Coliformes	E-Coli	Streptocoques fécaux	Conclusion
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique : potable
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

Conclusion

Selon la classification bactériologique des eaux de l'Institut Pasteur d'Algérie (1977) (Tab.7), nous pouvons conclure que :

❖ Pour la source Tagmount Oukerrouch :

➤ La forte charge en bactéries et germes pathogènes pour l'eau de Tagmount Oukerrouch peut s'expliquer par :

- L'absence de périmètres de protection (sources non entretenues) ;

- Les matières végétales ou une pollution biologique d'origine urbaine ou domestiques (les eaux usées) ;
- L'élévation de température qui favorise la croissance des microorganismes.

La qualité bactériologique de cette eau est très médiocre, avec une présence d'une contamination fécale importante ; ce qui fait que cette source est impropre à la consommation et représente un danger sur la santé des habitants, lorsqu'il y a à la fois streptocoques et *E. coli* dans l'eau, la contamination fécale est certaine.

❖ Pour la source toulmouts :

- Les résultats d'analyses bactériologiques effectués sur l'eau de Toulmouts répondent aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants, ceci est dû essentiellement à la situation géographique de la source (en altitude). Ces résultats nous laissent dire que l'eau de ces sources est de qualité bactériologique saine donc potable.

Toutefois, la pollution et la contamination d'une eau peuvent apparaître soudainement, seules les analyses répétées peuvent déterminer la variation de la qualité de l'eau.



Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude menée au cours de ce modeste travail avait pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de deux sources de la wilaya de Tizi-Ouzou qui sont la source de Toulmouts, située dans la commune de Tizi-Rached, et la source de Taguemount Oukerrouch située dans la commune de Béni-Douala. Ces sources sont destinées à la consommation humaine.

L'analyse des échantillons d'eau de ces sources a permis de faire les constatations suivantes :

- Sur le plan physico-chimique, l'eau de la source de Toulmouts est une eau qui présente une minéralisation élevée comparée à l'eau de la source de Taguemount Oukerrouch. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus secs ;
- L'eau de la source de Toulmouts est plus dure que l'eau de Taguemount Oukerrouch mais toute les deux sont pures en faisant référence au magnésium dont la teneur se situe au-dessous des normes fixées par l'O.M.S.
- La teneur en chlorures est inférieure aux normes algériennes pour l'eau de Taguemount Oukerrouch, ce qui la rend plus vulnérable à une éventuelle pollution par les micro-organismes par rapport à l'eau de Toulmouts. Les sulfates présentent des teneurs inférieures aux normes fixées par l'OMS dans l'eau de Taguemount Oukerrouch contrairement à l'eau de Toulmouts.
- S'agissant de la pollution organique, les eaux des deux sources ne présentent ni une pollution ammoniacale, ni une pollution nitrique. Par contre, l'eau de la source de Taguemount Oukerrouch est plus riche en nitrites que celle de Toulmouts mais sans dépasser les valeurs limites fixées par la réglementation algérienne ;
- Selon les classifications de Stabler, les eaux des deux sources se classent dans la catégorie des eaux bicarbonatées calciques ;
- Selon la classification bactériologique des eaux de l'Institut Pasteur d'Algérie et selon nos résultats obtenus, l'eau de la source de Toulmouts n'a révélé aucune présence de coliformes totaux, d'*Escherichia coli* ni de streptocoques. Ceci permet de la classer comme eau de bonne qualité bactériologique et elle est donc potable selon la réglementation algérienne. Par contre, l'eau de la source de Taguemount Oukerrouch est une eau de mauvaise qualité bactériologique et sa consommation est déconseillée selon les résultats obtenus.

La prolifération des microorganismes dans l'eau de la source Tagmount Oukerrouch indique la vulnérabilité de cette dernière et le manque de protection, du fait qu'elle soit proche

Conclusion générale

des habitations et des rejets domestiques. Cette dégradation affecte la qualité de l'eau, par conséquent, la santé des consommateurs.

Pour préserver les eaux des sources nous recommandons :

- ✓ La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité ;
- ✓ La sensibilisation des populations contre la consommation des eaux non-contrôlées et leur expliquer les risques éventuels ;
- ✓ L'organisation des unités de contrôle pour la totalité des eaux consommées par les populations ;
- ✓ L'amélioration des réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- ✓ L'utilisation des canalisations en PVC.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau des sources et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Nous proposons au terme de ce travail de réaliser une étude plus approfondie sur une longue période et cela afin de réaliser des analyses complètes durant toutes les saisons. Dans le but de protéger le consommateur en eau de source, un appel est adressé aux responsables de :

- Veiller à la réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques de chaque source à travers tout le pays au moins deux fois par an (en hiver et en été) ;
- Communiquer, par voie d'affichage, les résultats obtenues des analyses des eaux des différentes sources ;
- Veiller à la potabilité des eaux de sources.



Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

A

- **ALAIN V. et ALAIN B. (2005).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses Quae, 336p.
- **ANONYME, 1995 :** *Le petit Larousse*, Dictionnaire encyclopédique, Ed. Larousse.
- **ANONYME, 2006:** A Dictionary of ecology. Ed Micheal Albady, Oxford University Press.
- **ANONYME, 2012:** Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme commune Beni Douala., 5-8p
- **ANONYME, 2015:** Service Hydraulique de la daïra de Beni Doula.1p.

B

- **BOUZIANI M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Iben Khaldoun. 247p.
- **BEAUCHAMPS J. 2006.** Qualité et pollution des eaux souterraines. Université de Picardie Jules Vème. France, 335 p.
- **BENKADDOUR N. (2015).** Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de Moringa oleifera dans la dépollution des eaux d'oued Safsaf, Mémoire d'ingénieur d'Etat en agroforesterie. Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. 18-20p.
- **BOURGEOIS C.M, LEVEAU J.Y. (1980).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Volume 3 : Le contrôle microbiologique, Collection Sciences et techniques agro-alimentaires, 331p.
- **BLIEFERT C, PERRAUD R. (2001).** Chimie e l'environnement. Air, Eau, Sol, Déchets. De Book. Bruxelles. 477 p
- **BORDET J., 2007.** L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet. Paris. 309p.

D

- **DALARRAS C. (2003).** Surveillance Sanitaire et Microbiologique des Eaux : Réglementation. Prélèvement., Analyse 2^{ème} édition Lavoisier P : 97.98.
- **DEGREMENT S., 2005 :** Memento technique de l'eau, deuxième édition, tome 1, 1718 pages.
- **DEGREMONT., 1989.** Mémento technique de l'eau Tome I et II : Edition, Cinquantenaire, Paris. 137p.

Références bibliographiques

- **DERWICH B. et ZIANA S., (2010).** Caractérisation physicochimiques des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fes. Larhyss journal ISSN. P101-112
- **DUPONT A., 1978 :** *Hydraulique urbaine*, Tome 1, Ed. Eyrolles, Paris, 263 pages.
- **DEGREMONT G. 1989.** Mémento technique de l'eau Tome I et II: Edition, Cinquantenaire, Paris. 137p.
- **DEGREMONT. 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome I. 10ème édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. 105p.
- **DUPONT A. (1978).** *Hydraulique urbaine*, Tome 1, Ed. Eyrolles, Paris, 263 pages
- **DUGUET J.P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P., 2006.** Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1^{ère} Edition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement), Paris, 839p.

E

- **EL MORHIT M. (2009).** Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences, ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estrien (BASLOUKKAS), Université Mohammed V – AGDAL, Rebat. 37p.

G

- **GAUJOUS D. (1995)** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. 2ème édition. Ed Tec et Doc. 49p.
- **GRASCLAUD G. (1999).** L'eau. Tome I : milieu naturel et maîtrise. Edition INRA. Paris. France, 204p.
- **GALZY P et GUIRAUD J-P. (1998).** L'analyse Microbiologique dans les industries Alimentaires. Ed. L'usine. 236p.
- **GUIRAUD J.P. (1998).** L'eau usage et polluants. Edition DUNOD.Paris 464p.
- **GRAINDORGE J. (2015).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial éditions, paris. 126-183p.

H

Références bibliographiques

- **HAMADOUCHE S., TIFAOUI B. et HENICHE S., 2018.** Révision du PDAU Ait Bouaddou N012.711.115. Centre d'Etudes de Réalisation en Urbanisme : URBA.BLIDA, 85 p.

L

- **LUNC J. et LAGRADETTE M. (2004).** L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris, 48 p.

M

- **MICHARD G. (2002).** Chimie des eaux naturelles. Principe de géochimie des eaux. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. 461p.
- **MUSY ANDRE et HIGY CHRISTOPHE. (2004).** Hydrologie Presses polytechnique et universitaire Romandes. p.32

P

- **PESSON P. (1976).** La pollution des eaux continentales : incidences sur les biocénoses aquatiques Ed. Gauthier-Villars. 285p.
- **POTELON J. et ZYSMAN K., 1998 :** Le guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre du cadre territoriale. 220p.

R

- **RAMADE F. (2005).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscience-international. Paris, 528 p.
- **RODIER J. (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux Résiduaires. Eau de mer. 8ème édition. Edition Dunod. 1824 pages
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et COLL., (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, Paris, 1579 pages.
- **RODIER J., (1984).** L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, Ed. Bordas, Paris. 228 p.
- **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelle, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8ème édition. Edition Dunod. 1381 p
- **ROUX J-C. (1989).** Analyse biologique de l'eau. Etude synthèse. Office national de l'eau. Edition du BRGM, n° 23. 113p
- **ROUX J.C., 1995.** Les secrets de la terre. BRGM. Paris, 63p.

T

- **THE WATER RESEARCH COMMISSION THE WATER INSTITUTE OF SOUTHERN AFRICA, MARS 2006:** Handbook for the operation of water treatment works, Ed. Frik Schutter, Afrique du sud. 242 pages.

Annexes

Annexe 1 : Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011).

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	DBO ₅		<3
	DCO	mg/l	30
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
Sulfates	mg/l	400	
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2

	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Phénols	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0

	Bactéries sulfito-réductrices y compris les spores	nb/20ml	0
--	--	---------	---

Annexe 2 : Les normes de l'OMS de qualité des eaux potables 2006.

Elément/ substance	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	0,2 mg/l
Ammonium	Pas de contraintes
Antimoine	0.02 mg/l
Arsenic	0,01 mg/l
Amiante	Pas de valeur guide
Baryum	0,7 mg/l
Béryllium	Pas de valeur guide
Bore	0.5mg/l
Cadmium	0,003 mg/l
Chlore	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Couleur	Pas de valeur guide
Cyanure	0,07 mg/l
Oxygène dissous	Pas de valeur guide
Fluorure	1,5 mg/l
Dureté	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	0.05 à 1 mg/L
Fer	Pas de valeur guide

Manganèse	0,4 mg/l
Molybdène	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité	Non mentionnée
pH	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Argent	Pas de valeur guide
Sodium	Pas de valeur guide
Sulfate	500 mg/l
Etain inorganique	Pas de valeur guide : peu toxique
TDS	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	0.015 mg/l
Zinc	3 mg/l

Annexe 3 : Les normes fixées par l'OMS (Paramètres microbiologiques).

Paramètres microbiologiques	Unité	Normes OMS
Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
Spores des bactéries	nb/20ml	0
Salmonella	nb/5l	Absence
Vibrions cholériques	nb/10	Absence

Annexe 4 : Les normes de l'OMS et algérienne de la qualité des eaux potables.

Types de pollution	Les polluants	Normes OMS (2006) mg/l	Normes Algériennes (2011) µg/l
Pollution industriel	Détergents	100	2
	Cuivre	2	2
	Plomb	0,01	10
	Nickel	0,07	70
	Sélénium	0,01	10
Pollution agricole	Pesticides totaux		0,5
Pollution physique	MES	<20	25
	Particules alpha		15 Picocurie/l
	Particules bêta		4 Millirems/an
Pollution chimique	Hydrocarbures aromatiques Polycycliques (HAP) totaux		0,2
	Sulfate	500	400
	Chlorures	250	500
	Chrome	0,05	0,1
	Mercure	0,006	0,01
	Huiles et graisses		20
Pollution microbiologique	Coliformes totaux	0 nb/100ml	0 nb/100ml
	Escherichia Coli	0 nb/100ml	0 nb/100ml

Résumé

Le présent travail consiste à étudier les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux des deux sources au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou : Toulmouts et Tagmount Oukerrouch.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que l'eau de ces deux sources sont des eaux à dominance calcaire, ce qui a permis de les classer comme des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonate de calcium. En effet, l'eau de la source de Toulmouts est plus dure que l'eau de Taguemount Oukerrouch. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau.

Concernant l'analyse bactériologique, pour la source Toulmouts, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination. On conclue que ces eaux sont de bonne qualité. Elles sont propres à la consommation humaine. Par contre, l'eau de la source Tagmount Oukerrouch s'est révélée impropre et déconseillée pour la potabilité.

Mots clés : eaux de source, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

Abstract

The present work consists in studying the physico-chemical and bacteriological parameters of the waters of two sources at the level of the Wilaya of Tizi-Ouzou: Toulmouts and Tagmount Oukerrouch.

The water from these two sources is predominantly limestone waters which allowed them to be classified as bicarbonated waters with a predominance of calcium carbonate. Indeed, the water from the source of Toulmouts is harder than the water of Taguemount Oukerrouch. However, the results obtained obey the standards of drinkability of the water.

Regarding the bacteriological analysis, for the source Toulmouts the results revealed the total absence of indicators of fecal contamination. We conclude that these waters are of good quality. They are fit for human consumption. On the other hand, the water of Tagmount Oukerrouch spring has proven to be unsuitable and not recommended for drinkability.

Keywords: spring water, physico-chemical analyzes, bacteriological analyzes, drinking standars.