

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et la recherche scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département des Sciences Biologiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Spécialité : Protection de l'environnement

---

---

**Contribution à l'étude des paramètres physico-  
chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau  
de deux stations « Akerrou et Tizi Ouzou »  
Wilaya de Tizi Ouzou.**

---

---

Réalisé par :

Mlle Lassouaoui Nadia

Mlle Kitous Lydia

Devant le jury :

Présidente du jury	Mme SAHMOUNE F.	Maitre assistante (A) UMMTO
Promotrice	Mme LARDJANE N.	Maitre de conférence (A) UMMTO
Examinatrice	Mme LANDRI G.	Maitre assistante (A) UMMTO

2016/2017



## Remerciements

### Au terme de ce travail

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon dieu pour le courage et la patience qu'il nous a donné afin de mener ce projet à terme, et il nous est agréable d'exprimer nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre promotrice Mme LARDJANE.N qui a bien voulu assurer notre encadrement, on salut sa patience, sa rigueur, son implication exemplaire et surtout sa disponibilité pour notre travail ;

A Mme Sahmoune. F, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance ; et a Mme Landri .G, qui nous a fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier tout le personnel de l'ADE pour l'effort et les informations enrichissantes qu'ils nous ont transmis.et en particulier Mme LADJEL (directrice du laboratoire).

Nos remerciements les plus sincères sont surtout adressés à nos parents, nos frères et sœurs et chers amis qui, sans leur aide et soutien, l'accomplissement de ce travail aurait été incertain.



## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation ce sont mes très chers parents.

- A mes frères et mes belles sœurs
- A mes très chers neveux que j'aime énormément.
- A mes grands-parents.
- A la mémoire de mon grand-père.
- A la famille Lassouaoui
- A ma sœur, meilleure amie et binôme qui est bien NADIA
- A ma très chère amie Sarah
- A ma très chère amie ferroudja
- A tous mes amies de la promotion
- A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles
- A toute la promotion de protection de l'environnement
- A tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

*Lydia*



## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation ce sont mes très chers parents.

- A mes frères et sœurs.
- A mes grands-parents.
- A la mémoire de mon grand-père.
- A mes tantes et mes oncles.
- A la famille KITOUS.
- A ma sœur, meilleure amie et binôme qui est bien LYDIA
- A ma très chère amie Ferroudja et Rezika.
- A tous mes amies de la promotion
- A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles
- A toute la promotion de protection de l'environnement
- A tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

*Nadia*



# Sommaire

## Sommaire

Liste des figures et tableaux

❖ Introduction générale .....	1
-------------------------------	---

### *Partie Bibliographique*

#### *Chapitre I : Généralités sur l'eau*

I. Définition de l'eau .....	3
II. Importance de l'eau .....	3
III. Cycle de l'eau .....	3
IV. Les différentes sortes d'eau .....	4
V. Composition des eaux naturelles .....	7

#### *Chapitre II : Paramètres et qualités d'une eau Potable*

❖ Introduction .....	9
I. Norme de potabilité .....	9
II. Les paramètres organoleptiques .....	9
III. Les paramètres physicochimiques .....	10
IV. Les paramètres de pollution .....	16

## Sommaire

V. Les éléments indésirables.....	17
VI. Les paramètres bactériologiques .....	17

### *Chapitre III : Généralités sur la pollution*

❖ Introduction .....	19
I. Définition de la pollution .....	19
II. Définition de la pollution de l'eau .....	19
III. Origine de la pollution de l'eau .....	19
IV. Les différentes formes de pollutions de l'eau .....	20
V. Les effets de la pollution de l'eau.....	22

### *Chapitre IV : Maladies à transmission hydrique*

❖ Introduction .....	24
I. Les maladies d'origine hydrique.....	24

## Sommaire

### Partie Expérimentale

#### Chapitre I : Caractérisation des stations d'étude

I. Présentation des régions d'étude.....	28
a. Source Tigounatine, Akerrou .....	28
b. Source Ain helouf (Haute ville), Tizi Ouzou .....	30

#### Chapitre II : Matériels et méthodes

I. Echantillonnage.....	32
a. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques .....	32
b. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques .....	32
c. La conservation et le transport des échantillons .....	33
II. Matériels et Méthodes .....	33
a. Milieu de culture .....	35
b. Méthodes d'analyses physico-chimiques .....	35
c. Méthodes d'analyses de la Minéralisation Globale.....	37
d. Méthodes d'analyses des paramètres de pollution .....	40
e. Méthodes d'analyses des éléments indésirables.....	42
f. Méthodes d'analyses bactériologiques.....	44

# Sommaire

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

I. Les paramètre organoleptiques .....	51
II. Les paramètres physico-chimiques.....	51
III. Analyse de la minéralisation globale .....	56
IV. Les éléments indésirables.....	64
V. Les paramètres de pollution.....	65
VI. Classification de deux sources d'eau sur deux périodes d'échantillonnage .....	68
VII. Les paramètres bactériologiques.....	69
Conclusion.....	74
Références Bibliographiques	

## Liste des abréviations :

ADE : Algérienne Des Eaux.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone.

pH : le Potentiel hydrogène.

Fe<sup>2+</sup> : Fer

MES : Matière en suspension

MO : Matière organique.

CTT (E- coli) : coliformes thermotolérants

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Les ions bicarbonates

H<sup>+</sup> : L'ion hydrogène

OH<sup>-</sup> : L'ion hydroxyde

Ca<sup>2+</sup> : L'ion calcium

Mg<sup>2+</sup> : L'ion de magnésium

K<sup>+</sup> : L'ion potassium

NaCl : Chlorure de sodium

KCl : Chlorure de potassium

FeS<sub>2</sub> : Disulfure de fer

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

EDTA : Ethylène-diamine tétra acétique.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Cycle de l'eau .....	04
<b>Figure 2</b> : La source du village Tigounatine, commune d'Akerrou.....	28
<b>Figure 3</b> : situation géographique de la commune d'Akerrou dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	29
<b>Figure 4</b> : La source de Ain Helouf (Haute Ville), Tizi Ouzou.....	30
<b>Figure 5</b> : situation géographique de la Haute ville dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	31
<b>Figure 6</b> : Valeurs du pH enregistrées dans les deux sources d'eau sur deux périodes.....	52
<b>Figure 7</b> : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau sur deux périodes. ....	53
<b>Figure 8</b> : Valeurs de la conductivité pour les deux sources d'eau sur deux périodes. ....	54
<b>Figure 9</b> : Valeurs de la température pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	55
<b>Figure 10</b> : Valeurs du Résidu sec à 105°C (mg/l) pour les deux sources sur deux périodes. ....	56
<b>Figure 11</b> : Valeurs de la dureté calcique pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	57
<b>Figure 12</b> : Valeurs de la dureté magnésienne pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	58
<b>Figure 13</b> : Valeurs du sodium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	59
<b>Figure 14</b> : Valeurs du Potassium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	60
<b>Figure 15</b> : Valeurs des chlorures pour les deux sources d'eau sur deux périodes. ....	61
<b>Figure 16</b> : Valeurs des sulfates pour deux sources d'eau sur deux périodes. ....	62
<b>Figure 17</b> : Valeurs des bicarbonates pour les deux sources d'eau sur deux périodes. ....	63
<b>Figure 18</b> : Valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....	64
<b>Figure 19</b> : Valeurs du Fer pour les deux sources d'eau sur deux périodes. ....	65

**Liste des figures**

**Figure 20** : Les paramètres de pollution pour les deux sources d'eau durant la première période..... 67

**Figure 21** : Les paramètres de pollution pour les deux sources d'eau durant la deuxième période ..... 68

**Figure 22** : Classification des minéraux des deux sources d'eau pour la première période. .... 69

**Figure 23** : Classification des minéraux des deux sources d'eau pour la deuxième période ..... 69

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Classification des eaux selon leurs pH.....	11
<b>Tableau 2 :</b> Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité.....	12
<b>Tableau 3 :</b> Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs. ....	14
<b>Tableau 4 :</b> Les effets de la pollution de l'eau. ....	23
<b>Tableau 5 :</b> Les maladies d'origine bactérienne.....	25
<b>Tableau 6 :</b> Les maladies d'origine parasitaire.....	26
<b>Tableau 7 :</b> Les maladies d'origine virale .....	27
<b>Tableau 8 :</b> Matériels et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques .....	34
<b>Tableau 9 :</b> Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau sur deux périodes.....	70
<b>Tableau 10 :</b> Classification bactériologiques des eaux selon l'Institut Pasteur d'Algérie, 1977.....	72

# Introduction générale

## Introduction Générale

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI<sup>e</sup> siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît, or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît et on constate de plus en plus un déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation humaine (ROUGIER et WACKERMANN, 2009).

Pour son bien-être, l'homme a appris à maîtriser l'eau, mais en même temps, il l'a rend impropre et polluée. En effet, l'eau est un élément fragile, qui est facilement dénaturée par la pollution. Polluée, elle devient dans ce cas, une menace pour la vie et un obstacle pour la santé et le progrès des populations. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 30000 personnes par jour environ, approximativement 10 millions par an, meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiène déplorable (BOUZIANI, 2000).

Dans le domaine de l'environnement, il est très important de disposer d'outils capables de détecter la présence de polluants ou de substances toxiques au sein des milieux aqueux ; tels que les écosystèmes aquatiques, l'eau des stations d'épuration et les effluents industriels. En effet, le problème de la pollution de l'eau, par exemple, Par les matières organiques, les pesticides et les ions de métaux lourds devient de plus en plus critique (KHADRO, 2008).

La pollution des eaux continue à préoccuper les populations ; elle compromet la santé, menace la vie ; elle entrave l'activité industrielle, elle freine le développement de la civilisation.

Aujourd'hui, le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont une préoccupation permanente pour la protection de l'environnement et la santé des consommateurs. De ce fait l'eau potable doit être nécessairement analysée, surveillée et l'évaluation de sa qualité repose sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques (COLAS, 1976).

Le but de cette étude est de contrôler la potabilité de deux sources situées dans la wilaya de Tizi Ouzou selon la réglementation algérienne En vigueur, étant donné qu'une partie de la population la consomme et la considère comme eau potable et minérale.

La présente étude est structurée en deux parties :

La partie bibliographique qui comporte quatre chapitres : le premier chapitre rassemble quelques généralités sur l'eau, le second chapitre traite la pollution des eaux, le troisième chapitre est consacré aux paramètres et qualité d'une eau potable et enfin le quatrième chapitre décrit les maladies liées à l'eau.

La partie expérimentale est partagée en deux chapitres ; le premier chapitre est consacré aux matériels utilisés et les méthodes suivies, le deuxième chapitre comporte les résultats obtenus et leurs interprétations. Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant les différents résultats et quelques recommandations.

A decorative border of small yellow stars surrounds the entire page, forming a rectangular frame.

# *Partie Bibliographique*



Chapitre I : Généralités sur l'eau

### **I. Définition de l'eau**

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H<sub>2</sub>O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de la base de vie avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états : liquide, solide, et gazeux dépendants des conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides, car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés (MICHARD, 2002).

### **II. Importance de l'eau**

L'eau est un élément de la nature, elle est nécessaire pour l'hygiène individuelle et collective et pour la quasi-totalité des activités humaines.

En biologie, l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Elle constitue approximativement les deux tiers du poids du corps et représente les trois quarts du poids des tissus actifs, tels que les muscles. Toutes les cellules de l'organisme ont besoin d'eau à la fois pour remplir leur fonction et pour se reconstituer. Dans l'organisme, l'eau est un fluide indispensable à la vie qui est à la base des systèmes sanguins et lymphatiques, ces véhicules liquides qui transportent les aliments aux tissus et en éliminent les déchets. Par ailleurs, dans le corps humain, l'eau aide à la régulation de la température corporelle et sert de lubrifiant pour faciliter le mouvement des articulations ( BOUZIANI, 2000).

### **III. Cycle de l'eau**

L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement, le cycle de l'eau, et qui peut être synthétisé de la façon suivante ( figure 1), à l'échelle terrestre :

- La source principal d'eau douce provient de l'évaporation des océans (sous l'effet du soleil) à laquelle s'ajoutent l'évaporation des rivières et lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux ;
- Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et retombe sous forme de précipitations (pluvieuses et neigeuses) dont une partie parvient aux cours d'eau ;
- Soit directement par ruissellement ;
- Soit indirectement par infiltration, stockage dans les nappes puis restitution aux cours d'eau à la faveur des exurgences (GENIN et *al.*, 2003).

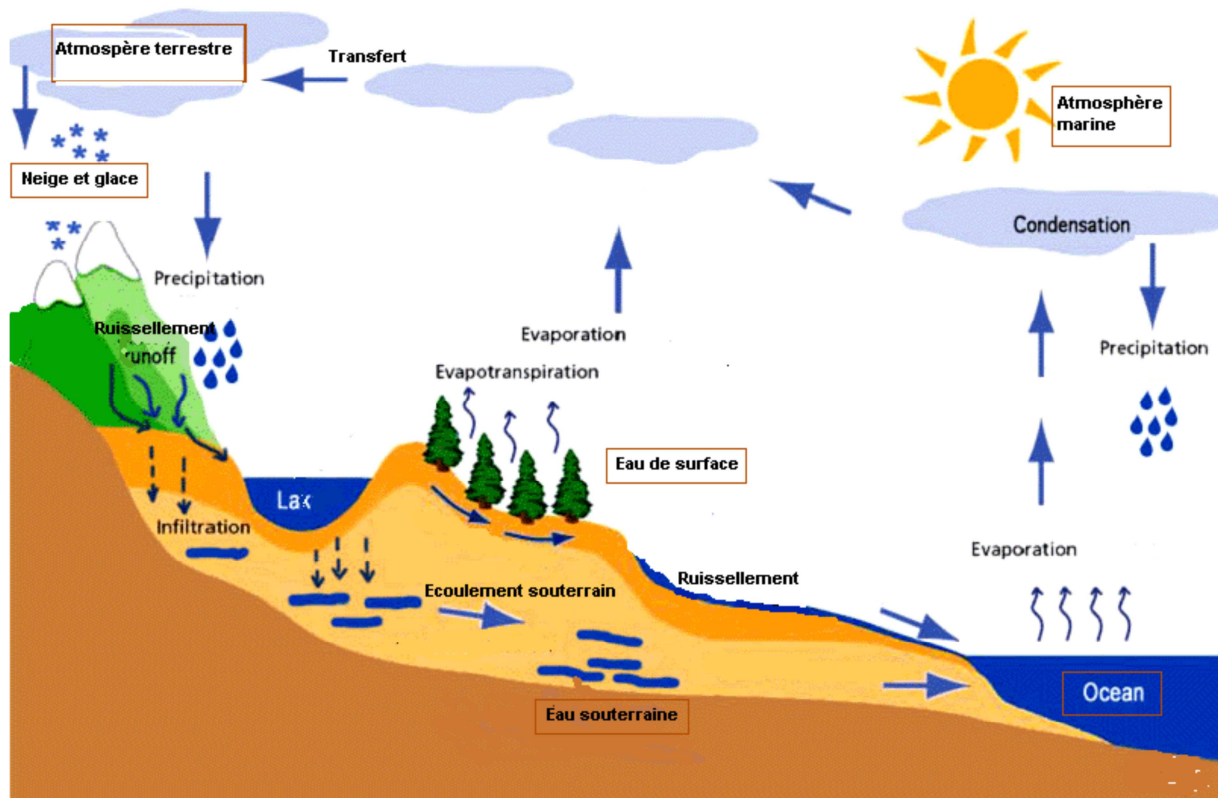


Figure 1 : Cycle de l'eau (site internet, 2010).

#### IV. Les différentes sortes d'eau

##### a) Eau douce

Exempte de gout grâce à une faible minéralisation. On peut distinguer deux types d'eau douce :

➤ **Eau de surface**

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies ; elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux souterraines.

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées ; elles nécessitent plus d'infrastructures pour leur transport jusqu'aux agglomérations. Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique (BOUZIANI,2000).

➤ **Eau souterraine**

Les eaux souterraines se trouvent sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure Géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physicochimique et bactériologique. Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable (VILAGINES,2003).

**b) Eau acide**

Une eau agressive est une eau potable qui peut provoquer une corrosion car c'est une eau naturellement acide avec une teneur élevée en anhydride carbonique.

**c) Eau salée**

Eau salée est une eau à faible dureté, souvent de l'eau granitique.

**d) Eau dure**

Eau dure est une eau à fort pH qui contient le Calcium (Ca) et le Magnésium (Mg), c'est souvent de l'eau de nappes calcaires.

**e) Eau ferrugineuse**

Eau ferrugineuse est une eau qui contient du Fer (Fe) et se trouve colorée.



➤ **Les sources de déversement**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir (VILAGINES, 2003).

**V. Composition des eaux naturelles**

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classés selon deux modes différents :

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérales ;
- Suivant leur étape physique : matières dissoutes, Colloïdales ou en suspension.

**a) Les matières minérales**

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimiques comme par exemple la corrosion.

**b) Les matières organiques**

Ce sont des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau (REJSEK,2002).

**c) Les matières dissoutes**

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées, elles obéissent à des équilibres de dissolution en fonction de la température et de la pression, ce dernier facteur étant très important pour les gaz.

Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer dans l'eau. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates, il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques (REJSEK,2002).

**d) Les matières colloïdales**

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et l'état en suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnés dans la masse liquide. Aussi, leur élimination dans l'eau est difficile car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres.

**e) Les matières en suspension**

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10µm, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. 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) (REJSEK,2002).

*Chapitre II :*  
*Paramètres et qualité d'une eau potable*

**Introduction**

Pour définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. (CNRS, 1999).

**I. Les normes de potabilité**

Une eau potable est synonyme d'une eau propre à la consommation sans entraîner aucun trouble de santé humaine. La qualité d'une eau est définie par sa conformité à des normes qui portent sur plusieurs paramètres, la norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite à ne pas dépasser ou une limite inférieure à atteindre. En général, il importe à chaque pays d'établir sa propre norme de potabilité en fonction des critères locaux et de degrés de son développement (HAMPLAOUI et LAMRANI, 2006).

**II. Les paramètres organoleptiques****a) La couleur**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations (RODIER et *al.*, 2009).

**b) L'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 le déceler (RODIER et *al.*, 2009).

**c) Le gout et la saveur**

Le gout peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et olfactives perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (RODIER et *al.*, 2009).

**III. Les paramètres physico-chimiques****a) La température**

La température est un facteur écologique important dans les milieux aqueux, son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (RODIER, 2005).

Il est important de connaître la température de l'eau car elle joue un rôle important dans la solubilisation des sels minéraux et des gaz particuliers, elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques, par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto-épurateur des cours d'eaux (DEGREMONT, 2005). La norme algérienne fixe la température à 25°C.

**b) Le potentiel hydrogène (pH)**

L'eau renferme des ions  $H^+$  et  $OH^-$  libres (qui ne sont pas combinés pour donner des molécules du liquide). Le taux de concentration en ion  $H^+$  est le potentiel hydrogène (pH) du milieu. Il mesure la valeur de dissociation en ions des acides et des bases (produits alcalins) en solution dans l'eau. Le pH varie entre 0 et 14 ; 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide lorsque son pH (inférieur à 7) est plus près de la valeur 0, et d'autant plus alcaline lorsque son pH (supérieur à 7) est plus près de 14 (GROSCLAUDE, 1999). Le tableau 2 représente la classification des eaux selon leur pH :

**Tableau 1** : Classification des eaux selon leur pH (FEPS, 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

**c) La conductivité électrique**

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002). Le tableau 3 représente la minéralisation des eaux en fonction de la conductivité.

**Tableau 2** : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (SAMAKE, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à $20^\circ\text{C}$	Minéralisation
Cond < 100	Eau de minéralisation très faible
$100 \leq \text{Cond} < 200$	Eau de minéralisation faible
$200 \leq \text{Cond} < 400$	Eau de minéralisation peu accentuée
$400 \leq \text{Cond} < 600$	Eau de minéralisation moyenne
$600 \leq \text{Cond} < 1000$	Eau de minéralisation importante
Cond $\geq 1000$	Eau de minéralisation excessive

#### d) La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée par la présence des matières en suspension fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organiques ou minérales. L'unités de mesure utilisée pour exprimer la turbidité est : NTU = Unité de Turbidité Néphélométrique (REJSEK, 2002).

#### e) La duresté

La duresté de l'eau est associée à la présence d'ions métalliques bivalents en solution comme le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (DESJARDINS, 1997).

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

- Dureté totale (THT) : somme des concentrations en calcium et magnésium ;
- Dureté calcique (TH Ca) : concentration globale en calcium ;
- Dureté magnésienne (TH Mg) : concentration globale en magnésium (REJSEK, 2002) ;
- Dureté temporaire : due au bicarbonate de calcium et de magnésium ;
- Dureté Permanente : est due principalement aux chlorures et aux nitrates de calcium et magnésium (DEFRANCESCHI, 1996).

**f) Matières en suspension (MES)**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, elles déterminent la turbidité de l'eau, elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique (ABDELLATIF ,2006). Les concentrations en matières en suspension dans les eaux sont très variables et sont de l'ordre de 100 à 300 mg/l (GAID, 1984).

**g) Résidu sec à 105°**

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

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

Le tableau 4 représente la potabilité d'une eau en fonction des résidus secs :

**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

#### h) Minéralisation globale

La minéralisation globale est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Elle est en fonction de la géologie des terrains traversés (RODIER, 2005).

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont peu minéralisées, tandis que celles circulant dans des sous-sols à roches sédimentaires le sont nettement plus minéralisées (DEGREMONT, 2005). Parmi ces minéraux :

##### ➤ *Calcium*

Le calcium est l'un des éléments constitutifs majoritaires des roches carbonatées. La concentration en calcium dans les eaux souterraines est contrôlée par la solubilité de certains minéraux. C'est le composant majeur de la dureté de l'eau, des concentrations en calcium de Plus de 200 mg/l diminuent les possibilités d'utilisation de l'eau (Formation de dépôts calcaires) (COLLIN, 2004).

##### ➤ *Magnésium*

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes. Le magnésium est un élément important pour la croissance et pour la production de certaines hormones, il intervient également dans de nombreux systèmes enzymatiques. Un déficit entraîne des troubles neuromusculaires voire des manifestations cardiaques (POTELON et ZYSMAN, 1998).

➤ **Sodium**

Le sodium est un élément constant dans l'eau, il peut provenir de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, et d'autre élément. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles, c'est un métal très abondant dans la nature ne se rencontre pas naturellement à l'état natif (naturel) mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorure, sulfate). Le principal minéral contenant du sodium et l'un des plus répandus est le chlorure de sodium (sel gemme) (POTELON et ZYSMAN, 1998).

➤ **Potassium**

Le potassium est présent dans l'eau à des teneurs ne dépassant pas habituellement 10mg/l à 15mg/l. Certains rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d'usines d'engrais, peuvent en entraîner dans l'eau des quantités relativement élevées (RODIER, 2005).

➤ **Chlorures**

De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux ; à des concentrations variables. Des concentrations élevées de chlorure nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium, il se présente à des teneurs inférieures

à 25mg/l dans les eaux courantes exemptes de pollution (POTELON et ZYSMAN, 1998). Les chlorures présents dans une eau peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation de l'eau à travers des terrains salés ;
- Infiltration d'eaux marines dans la nappe souterraine ;
- Rejets humains (REJSEK, 2002).

➤ **Sulfates**

Les sulfates sont des Composés naturels des eaux, les ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sont liés aux cations majeurs, calcium, magnésium et sodium. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau, ils peuvent être réduits en sulfure volatilisé dans l'air en hydrogène sulfuré (HS)

précipité en sels insolubles ou assimilé par des organismes vivant (POTELON et ZYSMAN, 1998).

➤ **Dureté totale**

La dureté totale est la concentration totale en ions calcium et magnésium. Elle s'effectue par un dosage de l'EDTA à pH = 10, en utilisant le NET comme indicateur (POTELON et ZYSMAN, 1998).

#### **IV. Les paramètres de pollution**

➤ **L'ammonium**

L'ammonium peut aboutir dans l'eau par l'intermédiaire d'agents de floculation ou d'anodes en aluminium (protection cathodique contre la corrosion) (SAMAKE, 2002).

➤ **Nitrites**

Les nitrites sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Elles proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Les nitrites peuvent provoquer dans certains cas des phénomènes de méthémoglobinisation pouvant aller parfois jusqu'à l'asphyxie chez les bébés nourris au biberon (SAMAKE, 2002).

➤ **Nitrates**

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels. Les nitrates proviennent également de l'oxydation de l'ammoniaque. Matières organiques et microorganismes → ammoniaque → nitrites → nitrates (SAMAKE, 2002).

Des concentrations en nitrates supérieure à 50 mg/l sont à l'origine de méthémoglobinémie (Cyanose) des nourissants (DEGREMONT, 2005).

➤ **Phosphore**

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou des nappes peuvent être d'origines naturelles, mais à l'heure actuelle leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets industriels, domestiques ou agricoles (POTELON et ZYSMAN, 1998).

**V. Les éléments indésirables**

➤ **Fer ( $Fe^{2+}$ )**

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse de l'hémoglobine) il est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par ordre d'abondance, sa présence dans l'eau peut avoir diverses origines :

- Lessivage des terrains ; Rejets industriels ;
- Corrosion des canalisations métalliques.

Le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène, suivant les cas, le fer pourra exister à l'état colloïdal, sous forme de complexes organiques ou minéraux ; au contact de l'air on assiste à une précipitation due à l'oxydation de ce métal (POTELON et ZYSMAN, 1998)

**VI. Les paramètres bactériologiques**

L'eau est le milieu favorable pour la prolifération, d'un certain nombre de bactéries et de microorganismes qui proviennent de différentes origines, les principaux types de microorganismes rencontrés dans l'eau sont :

➤ **Les coliformes totaux**

Le terme de "coliformes" ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaine caractéristique biochimique. Les coliformes fécaux présentent en plus une caractéristique liée à leur habitat, c'est l'aptitude à se multiplier à 44° (*E. coli*), ce germe est capable de produire du l'indole à partir du tryptophane à 44°C après 24 h d'incubation (BOURGEOIS et LEVEAU, 2003).

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud où ils représentent moins de 10% des micro-organismes. Dans l'eau, ils perdent leur viabilité plus lentement que la majorité des bactéries pathogènes intestinales et constituent donc un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance. De plus, leur résistance aux agents désinfectants, notamment au chlore, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes ; ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (REJSEK, 2002).

➤ *Les Streptocoque fécaux*

Les streptocoques fécaux Correspondent à l'ensemble des streptocoques possédant l'acide teichoïque qui est un antigénique caractéristique du groupe D. Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (RODIER *et al.*, 2009). Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo-tolérants présumés. Les méthodes sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent.

Chapitre III :

Généralités sur la pollution des  
eaux

## **Introduction**

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol et elle subit donc les dégradations de ces deux milieux (BOUZIANI,2000).

### **I. Définition de la pollution**

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeur vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature ou la quantité de polluant (GENIN *et al.*, 2003).

### **II. Définition de la pollution de l'eau**

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant au polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou de se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajouté à l'eau. Les gens utilisent de plus en plus des matières qui polluent nos sources d'eau potable (CIE, 2003).

### **III. Origine de la pollution de l'eau**

#### **a) Pollution agricole**

Les pratiques actuelles de cultures et d'élevage, influent grandement sur la qualité des eaux. D'une part, L'utilisation massive de fertilisants des sols et d'autre part, l'usage de produits chimiques de traitement des plantes, entraînent la dégradation du milieu aquatique des rivières et des eaux souterraines, les rendant impropres à la consommation (BOUCENNA, 2008).

**b) Pollution domestique**

C'est celle provoquée par la vie des hommes. On peut l'exprimer en Matières en suspension (MES), en matière organique (MO), en azote et en phosphore et éventuellement en apports microbiens. Elle est évidemment fluctuante dans la journée puisqu'elle dépend de l'utilisation de l'eau, toilette, cuisine, rejets naturels, lessive, etc., et sa valeur moyenne dépend aussi des habitudes de vie (VALIRON, 1990).

**c) Pollution industrielle**

La pollution industrielle est provoquée par les rejets d'eau résiduaire d'origine industrielle susceptible de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (CAUJOURS, 1995). Les polluants d'origine industriels sont très variés selon le type d'activités ; substances organiques banales ou de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds, ces produits sont exceptionnels mais trop souvent chroniques dans le cas des fuites de réservoirs ou de canalisations (BEAUCHAMPS, 2006).

**d) Pollution thermique**

L'utilisation de l'eau pour le refroidissement des centrales thermiques produisant de l'électricité mobilise des volumes très importants et leur rejet se fait directement dans la rivière avec un apport thermique en flux calorifique. Ce flux thermique est considérable à basse température, il représente 2 à 2.5 fois l'équivalent de la production électrique en circuit ouvert. Ce flux s'il est rejeté dans la rivière modifie la température. Le réchauffement qui accélère la vie bactérienne, et donc l'autoépuration, conduit dans les rivières très polluées à un appauvrissement en oxygène qui peut être nocif (VALIRON, 1990)

**IV. Les différentes formes de pollution de l'eau****a) La pollution biologique**

Un grand nombre de micro-organismes peuvent proliférer dans l'eau, dans les aliments et dans le milieu naturel. Pour ces micro-organismes, l'eau sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui

sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites, les champignons et les algues. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale, ou parasitaire. Parmi les autres éléments de la pollution biologique de l'eau on peut noter également certains animaux et végétaux microscopiques, dont l'eau et l'habitat naturel, il existe des micro-organismes qui se reproduisent et se multiplient dans l'eau. On distingue surtout le zooplancton (plancton animal) ou le phytoplancton (plancton végétal). Ces microorganismes ne sont pas considérés comme étant pathogènes, néanmoins leurs présences dans l'eau sont un signe de stagnation et d'absence d'aération de l'eau. Une multiplication trop importante du plancton dans l'eau modifie et altère ses qualités organoleptiques (BOUZIANI,2000).

#### **a) La pollution chimique**

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (BOUZIANI,2000). On distingue deux types de polluants :

##### ➤ *Les polluants organiques*

Les hydrocarbures, les pesticides et les détergents sont les plus importants et les plus dangereux des polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques (AROUYA,2011).

##### ➤ *Les polluants inorganiques*

Parmi les polluants inorganiques rejetés en grandes quantités par l'industrie, on trouve les résidus de traitement des minerais, traitement de surface, traitement électrolytiques, etc. ...Beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds et sont donc toxique (AROUYA,2011).

#### **b) La pollution physique**

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluants ayant un caractère physique : les polluants radioactifs et les polluants thermique.

➤ *Les polluants radioactifs*

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

➤ *Les polluants thermiques*

La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes provenant des écosystèmes de refroidissement des centrales nucléaires et électriques ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux. Le réchauffement est toujours de 6 à 7°C au minimum et peut avoisiner 10°C. cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de la densité (AROUYA,2011).

**V. Effets de la pollution de l'eau**

De nos jours, le problème de pollution de l'eau constitue un danger de plus en plus important dans le monde, et engendre de grave conséquences sur l'homme et son habitat. Le tableau 1 représente les effets de la pollution de l'eau :

Tableau 4 : Les effets de la pollution de l'eau (OMS, 2004)

Polluants	Effets environnementaux	Effets sanitaires
<i>Les matières en suspension</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eaux plus troubles : perturbe la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme .</li> </ul>
<i>Pollution organique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons</li> <li>➤ Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme.</li> </ul>
<i>Azote (nitrates, nitrites), phosphore</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux</li> <li>➤ Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue) .</li> <li>➤ Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides .</li> </ul>
<i>Métaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Non biodégradables, bioaccumulables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés .</li> <li>➤ Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes .</li> </ul>
<i>Pesticides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques ;</li> <li>➤ Polluants organiques persistants</li> <li>➤ S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les plus toxiques : les insecticides.</li> <li>➤ Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes .</li> </ul>

**Introduction**

L'eau représente un facteur de salubrité et de progrès pour la population. Mais aussi le véhicule le plus important pour transmission de plusieurs types de maladies, dites maladies à transmission hydrique (BOUZIANI, 2000).

Le bilan de mortalité pour l'ensemble des maladies hydriques est de l'ordre de 5 millions de personnes par année, majoritairement des enfants. C'est d'ailleurs pourquoi la majorité des citoyens n'ont pas confiance en la salubrité de l'eau courante municipale et préfère acheter de l'eau en bouteille (ANCTIL, 2008).

En Algérie, les maladies hydriques ont toujours sévi à l'état endémique. La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique et l'urbanisation anarchique, ont favorisé depuis les années 1980, l'éclosion de multiples foyers de ces maladies qui déterminent souvent d'importants flambées épidémiques : de choléra, de fièvre typhoïde à travers tout le pays (BOUZIANI,2000).

**I. Les maladies d'origine hydrique**

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (RODIER, 1984), on distingue deux types de maladies :

**a) les maladies d'origine bactérienne**

Certaines espèces de bactéries ont un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme, ces bactéries sont les principales responsables de certaines maladies qui provoquent chaque année la mort de millions de personnes (VILAGINES, 2003). Le tableau 5 représente les principales maladies d'origine bactérienne :

Tableau 5 : Les maladies d'origine bactérienne (VILAGINES,2010).

Maladies	Agents responsable	Symptômes	Mode de contamination
Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> et <i>paratyphi</i> A,B et C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fièvre ;</li> <li>➤ céphalées ;</li> <li>➤ douleurs abdominales ;</li> <li>➤ hémorragies intestinales ;</li> <li>➤ collapsus cardiovasculaire ;</li> <li>➤ atteintes hépatique, respiratoires et neurologiques.</li> </ul>	Voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore des mains sales.
Choléra	<i>Vibrio Cholera</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diarrhées ;</li> <li>➤ Vomissements ; douleurs épigastriques crampes musculaires</li> </ul>	
Légionnelles		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fièvre</li> <li>➤ myalgies</li> <li>➤ anorexie</li> <li>➤ céphalées</li> </ul>	
Gastro- entérites	<i>Escherichia coli</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diarrhées ;</li> <li>➤ douleurs abdominales ;</li> <li>➤ fièvre ;</li> <li>➤ nausées et vomissement ;</li> <li>➤ Selles sanguinolentes.</li> </ul>	Voie digestive à partir d'eaux contaminées par matières fécales

**b) Les maladies d'origine parasitaire**

Les maladies parasitaires sont provoquées par le développement des parasites dans l'organisme. Elles peuvent être classées selon leurs agents. Les principales maladies d'origine parasitaire, leurs agents, leurs symptômes, ainsi que leurs modes de contamination sont représentés dans le tableau 6.

**Tableau 6 :** Les maladies d'origine parasitaire (VILAGINES,2010 et VILAGINES,2003).

Maladies	Agents responsable	Symptômes	Mode de contamination
Gastro-entérite	<i>Cryptosporidium parvum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diarrhée sévère ;</li> <li>➤ Crampes abdominales ;</li> <li>➤ anorexie ;</li> <li>➤ nausée.</li> </ul>	Voie digestive
Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crampes;</li> <li>➤ Diarrhée muco-sanglante;</li> <li>➤ abcès du foie, du poumon et du cerveau.</li> </ul>	Voie digestive
Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ diarrhée ;</li> <li>➤ crampes d'estomac</li> <li>➤ perte de poids</li> <li>➤ fatigues.</li> </ul>	Voie digestive

a) Les maladies d'origine virale

Une maladie virale (ou virose) est transmise à un individu par contact avec un virus, qui s'installe dans son organisme en s'adaptant à ses défenses immunitaires pour y proliférer, le tableau 7 représente les principales maladies virales.

Tableau 7 : Les maladies d'origine virale (OMS,2008).

Maladies	Agents responsable	Symptômes	Mode de contamination
Hépatite infectieuse	Virus de L'hépatite A	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Perte d'appétit ;</li> <li>➤ Urines foncées;</li> <li>➤ diarrhées ;</li> <li>➤ nausées</li> <li>➤ fièvres ;</li> </ul>	Voie digestive
	Virus de l'hépatite E	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Trouble digestifs;</li> <li>➤ Urines foncées;</li> <li>➤ Diarrhées ;</li> <li>➤ nausées ;</li> </ul>	Voie digestive



# Partie expérimentale

**Chapitre I :**  
**Caractérisation des stations d'étude**

## I. Présentation des régions d'étude

### a. Source Tigounatine, Akerrou

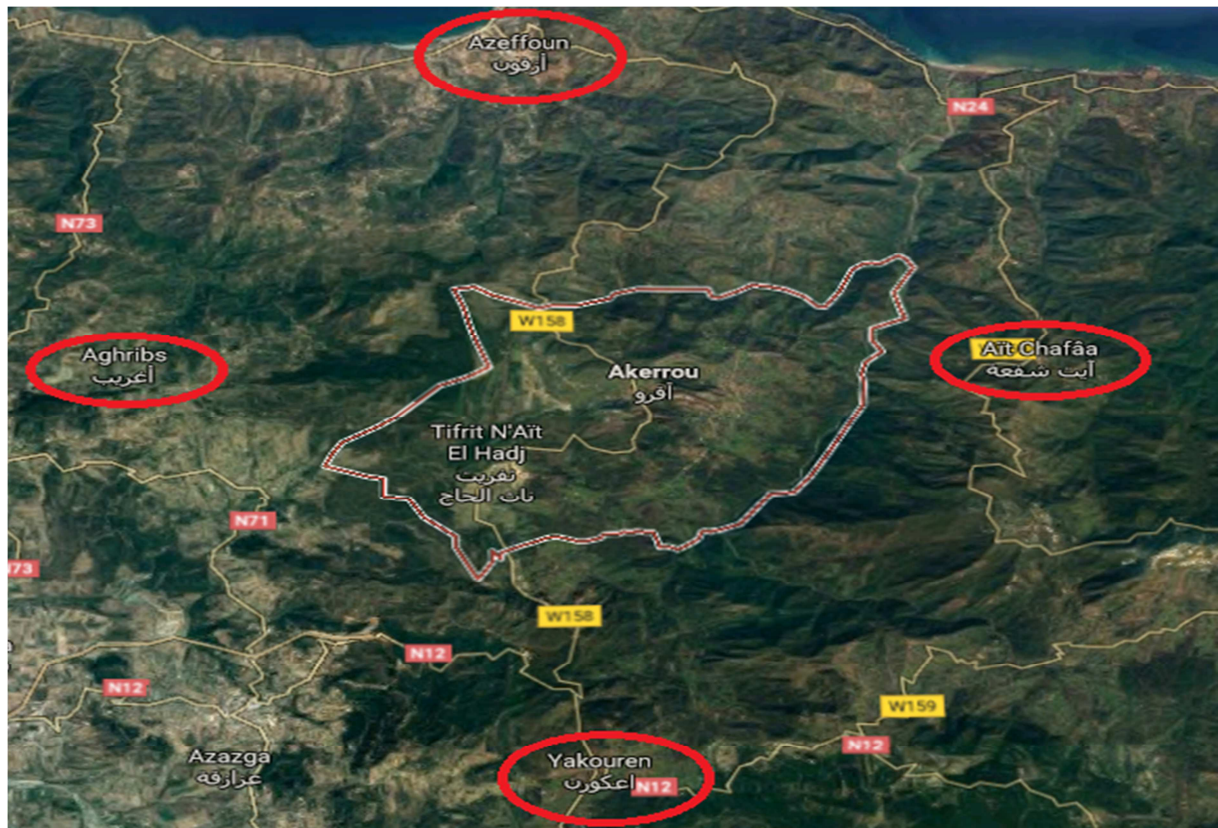


**Figure 2 :** La source du village Tigounatine, Commune Akerrou (Lassouaoui et Kitous, 2017)

#### ❖ *Situation géographique*

La commune d'Akerrou est composée de 12 villages dont le village Tigounatine, qui est le deuxième plus grand village de cette commune, situé à 60 km au nord-est de la wilaya de Tizi-Ouzou, sur une superficie de 41,75 Km<sup>2</sup> avec une population de 4660 habitants. La commune est délimitée (figure 3):

- Au nord par Azeffoun;
- A l'est par Ait Chafaa;
- Au sud par Azazga, Yakouren;
- A l'ouest par Aghribs.



**Figure 3 :** Situation géographique d'Akerrou dans la wilaya de Tizi Ouzou (Google Maps)

❖ *Caractérisation climatique*

Le climat de la zone est de type méditerranéen. En hiver, les pluies sont bien plus importantes que celles qu'elles ne le sont en été. La température moyenne annuelle est de 15.6 °C, chaque année, Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 8.0 °C (site internet).

❖ *La topographie*

La commune d'Akerrou se trouve à environ 2 km du mont Tamgout dans le bassin versant de assif, avec une altitude qui s'élève à 752 mètres (site internet).

**b. Source Ain Helouf (Haute ville), Tizi Ouzou**

**Figure 4 :** La source de Ain Helouf (Haute Ville), Tizi Ouzou (Lassouaoui et Kitous, 2017).

❖ *Situation géographique*

Tizi Ouzou est une wilaya Algérienne située dans la région de la kabylie en plein cœur du massif du Djurdjura. Elle est entourée par plusieurs villages dont le village Redjaouna auquel s'adosse une partie de la vieille ville (dite la Haute Ville). Elle est délimitée

- Au Nord par le village de Redjaouna;
- A l'Est par Timizar N'Leghvar;
- Au Sud par Hesnaoua;
- A l'Ouest par Tala Allam.

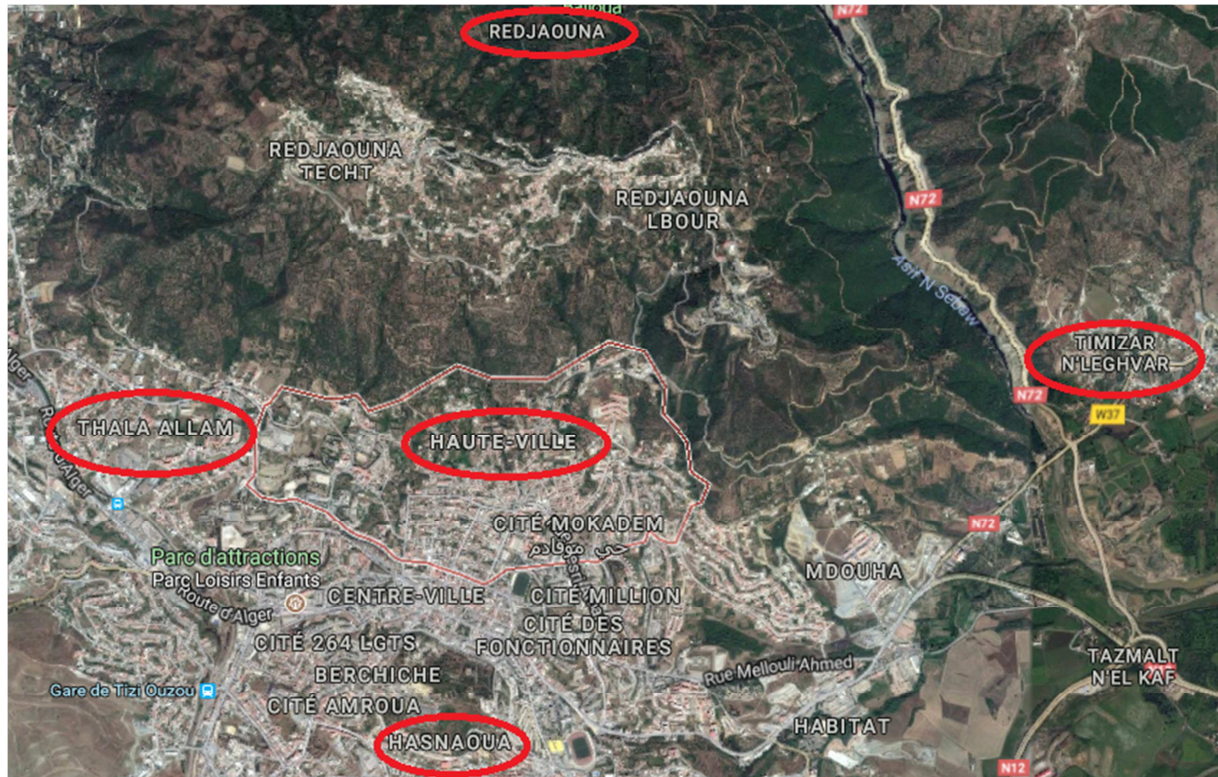


Figure 5 : Situation géographique de la Haute Ville dans la wilaya de Tizi Ouzou (Google Maps).

#### ❖ *Caractérisation climatique*

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe dans l'étage bioclimatique méditerranéen. Le climat est froid et humide entre octobre et avril, en raison du vent du nord. Le reste de l'année, le climat est chaud et sec. Sur les hauteurs le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négatives et une neige abondante en hiver, et des étés très chauds et humide (site internet)

#### ❖ *La topographie*

La commune de Tizi Ouzou se trouve à 30 km de l'oued Sebaou, et à 10 km du barrage taksebt. C'est une ville entourée de montagnes. Tizi Ouzou est située sur un col d'une hauteur de 270 mètres (site internet)



# Chapitre II

## Matériels et méthodes

**I. Echantillonnage**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté. Celui-ci conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire (RODIER ; 2009).

Le premier échantillonnage s'est effectué :

- le 03/01/2017 à 9h30 pour la source de Tigounatine, Akerrou ;
- le 03/01/2017 à 11h pour la source de Ain helouf (haute ville), Tizi Ouzou.

Le second échantillonnage s'est effectué :

- le 08/05/2017 à 10h20 pour la source de Tigounatine, Akerrou;
- le 08/05/2017 à 11h30 pour la source de Ain helouf (Haute ville), Tizi Ouzou.

**a) Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques**

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

**b) Echantillons destinés aux analyses bactériologiques**

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.

**c) La conservation et le transport des échantillons**

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire de l’ADE (Algérienne des Eaux) dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6 °C ; afin de maintenir la composition initiale de l’échantillon, le temps qui s’écoule entre le prélèvement et l’analyse doit être réduit au minimum. L’analyse bactériologie doit être débutée 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.

**II. Matériels et méthodes**

L’analyse des différents échantillons a été effectuée au niveau du laboratoire central de l’Algérienne des eaux (ADE), localisé à Tizi-Ouzou, sa mission est de contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique, en se référant aux méthodes normalisées.

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 8:

**Tableau 8 :** Matériels et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
pH	Potentiométrique	pH Mètre WTW pH 450 GLP Multical
Turbidité		Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité		Conductimètre
Dureté	Titrimétrie	
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	/	/
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrites	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Sulfates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Potassium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre 410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre 410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières organique	Méthode à chaud en milieu acide	/

**a) Milieu de culture**

❖ **Les germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C**

Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure AGAR (TGEA) ( voir annexe 2)

Gélose Plate Count AGAR (PCA)

❖ **Coliformes totaux et coliformes fécaux**

Milieu indole mannitol (milieu de Schubert) (voir annexe2)

Bouillon lactosé au pourpre de Bromocresol (BCPL)

❖ **Streptocoques fécaux**

Bouillon glucosé à l'acide de sodium (Rothe)

Milieu éthyle violet acide de sodium (EVA) LITSKY

**b) Méthode d'analyse physico-chimique**

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

❖ **Potentiel d'hydrogène pH**

Le pH s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C. La zone de détermination de cette méthode s'étend de pH 4,00 à pH 10,00. La détermination électro métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCI saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel

est une fonction linéaire du pH de la solution. Selon la loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$  présents (ADE, 2017)

### ❖ Turbidité

La turbidité s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface.

La zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité). La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (limon, argile, algue, grain de silice...). Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplis avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabilisé (ADE, 2017)

### ❖ Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et eaux usées. La zone de détermination de cette méthode s'étend de 50 à 3000  $\mu S/cm$ . 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, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution. La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ( $\mu S/cm$ ) (ADE, 2017)

### ❖ Mesure de la température

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

**c) Méthode d'analyse de la minéralisation globale****❖ Mesure de l'alcalinité**

La présente méthode d'essai a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC). L'opération est effectuée en utilisant un pH-mètre, une burette ou un dosimat. Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60 °C. Elle comporte la description d'une méthode volumétrique applicable dans tous les cas où la présence de substances qui tamponnent les ions hydrogène dans les zones de pH 4.3 et 8.3 n'est pas à craindre, elle est mise en œuvre à l'aide d'un pH-mètre.

**❖ Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)**

C'est un titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10, et l'indicateur utilisé est le noir ériochrome qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium, et lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

**Mode opératoire**

Introduire 50 ml de l'échantillon, ajouter 4ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur mordant noir 11. La solution doit se colorer en violet et son pH doit être de 10, puis mélanger et doser immédiatement avec la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter, ensuite verser lentement goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

La teneur globale en calcium et magnésium est donnée par l'équation :

$$\text{TH (mg/l)} = C_1 V_1 / V_0$$

**TH:** teneur globale en calcium et en magnésium (mg/l);

**C<sub>1</sub>:** concentration de la solution de l'EDTA ;

$V_1$ : volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le titrage (ml);

$V_0$ : volume de l'échantillon (ml).

### ❖ Dosage du Calcium

C'est un titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13 ; et 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 violet.

### Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (murexide), bien mélanger le tout et titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette, et la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation suivante :

$$C_{Ca} \text{ (mg/l)} = C_1 \times V_1 \times A / V_0$$

$C_{Ca}$ : teneur en calcium mg/l ;

$C_1$  : la concentration en EDTA (mM);

$V_0$  : le volume de la prise d'essai (ml);

$V_1$  : le volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage (ml);

$A$ : masse atomique relative du calcium.

### ❖ Détermination du magnésium

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

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

$C_{Mg}$  (mg/l) : teneur en magnésium (mg/l);

$C_{Ca+Mg}$  : teneur globale en calcium et en magnésium;

$C_{Ca}$  : teneur en calcium.

#### ❖ Dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) 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. Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.

#### Mode opératoire

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître

#### ❖ Dosage du potassium et du sodium par spectrophotométrie d'émission à flamme

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme ; leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité en fonction de sa concentration (RODIER et *al.*, 2009).

#### ❖ Dosage du potassium

##### Mode opératoire

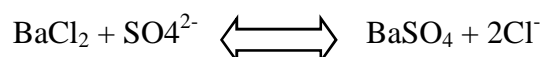
Dissoudre 1.907g de KCl dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. A partir de cette solution préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 » Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

**❖ Dosage du sodium****Mode opératoire**

Peser 2.54 g de NaCl, le dissoudre dans l'eau distillée et compléter à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium et conservée. Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher 10, faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en Na<sup>+</sup> dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

**❖ Dosage des sulfates**

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :

**Mode opératoire**

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

**d) Méthodes d'analyse des paramètres de pollution****❖ Dosage d'Ammonium**

C'est un dosage 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, ajouté 4 ml du réactif coloré et mélanger, il y'aura apparition d'une coloration jaune, puis ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et

homogénéiser, 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  $\lambda = 655$  nm.

❖ **Dosage des nitrites**

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.

**Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1ml du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes. L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2$ , mesurer l'absorbance de chaque étalon a la longueur d'onde  $\lambda = 520$  nm.

❖ **Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

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 dimethyl -2,6 phénol.

**Mode opératoire**

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole puis ajouter 5ml de l'échantillon et 5ml 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  $\text{NO}_3^-$ , la concentration en nitrate est la valeur donnée par spectrophotomètre a une longueur d'onde  $\lambda = 324$  nm.

❖ **Dosage de phosphate**

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, ajouté 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélanger dans une fiole, incubé pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance à 880 nm.

**e) Méthodes d'analyse des éléments indésirables****❖ Dosage du fer**

Le fer réagit avec la phénantroline-1.10 (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

**Mode opératoire**

Prendre comme prise d'essai, 50 ml 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.

**❖ Dosage de la matière organique**

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate.

Prendre 100 ml d'échantillon dans un becher de 250 ml, ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant doucement.

Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition, ajouter 20 ml de la solution étalon 2 mmol/l de permanganate de potassium.

Démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10 minutes, après 10min, ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.

Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier.

Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 s. Noter le volume  $V_1$  de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée. Noter  $V_0$  de solution de permanganate consommé.

Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

- Au blanc titré, ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l.

Réchauffer la solution une à deux minutes à environ 90°C et retirer avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant environ 30 s.

-Noter le volume  $V_2$  de solution de permanganate consommé.

- L'indice de permanganate « **I Mn** », exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\mathbf{I Mn} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} * f$$

$V_0$  : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

$V_1$  : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

$V_2$  : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant ;

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

**f) Méthodes d'analyses bactériologiques**

Les analyses bactériologiques effectuées comportent la recherche des germes suivants :

- les micro-organismes revivifiables à 22 et 37 °C ;
- les coliformes totaux et fécaux ;
- les streptocoques fécaux.

Les méthodes utilisées pour le dénombrement des différents germes sont :

- méthode par incorporation en milieu gélosé ;
- méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP);
- méthode par filtration sur membrane.

**❖ Méthode par incorporation en milieu gélosé**

L'eau inoculée par incorporation dans un milieu strictement défini et non sélectif. La lecture est faite après 48 heures d'incubation à 37 °C ou après 72 heures d'incubation à 22 °C. Cette méthode fait cependant subir un choc thermique aux micro-organismes au moment de l'incorporation de la gélose en surfusion (à 45 °C) (RODIER et *al.*, 2009)

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

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organisme supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de l'indicateur) (RODIER et *al.*, 2009).

**➤ Systèmes d'ensemencement**

Les quatre systèmes retenus sont les suivants :

1. *Trois tubes sont ensemencés avec chacun 10 ml d'eau ; trois autres avec chacun 1ml d'eau ; trois autres avec chacun 0,1ml ;*

2. Système analogue au précédent, mais l'ensemencement porte sur cinq tubes par série au lieu de trois ;
3. Cinq tubes sont ensemencés avec chacun 10ml d'eau, un tube avec 1ml, un tube avec 0,1ml ;
4. Un tube est ensemencé avec 50 ml d'eau, cinq autres avec chacun 10 ml, cinq autres avec chacun 1ml.

Le premier et le deuxième système sont recommandés pour les eaux polluées ou de qualité médiocre. Le troisième et le quatrième système sont recommandés pour les eaux moins polluées. Pour nos analyses, nous avons utilisé le troisième système.

➤ *Lecture des résultats*

Après l'incubation, dénombrer dans chaque série le nombre de tubes positifs. Les éventualités plus courantes sont indiquées dans la table du NPP par le nombre le plus probable de germes contenus dans 100 ml de l'échantillon analysé ;

❖ **Méthode par filtration sur membrane**

Cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau à la surface d'une membrane filtrante stérile de porosité de 0,45µm. Incuber ensuite cette membrane pendant  $24 \pm 2$ h à  $44,5 \pm 0,2$  °C sur une gélose. Les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre de bactéries présentes dans l'échantillon (RODIER et *al.*, 2009)

**1. Recherche et dénombrement des germes totaux**

Cette méthode consiste en la recherche et dénombrement des micro-organismes viables. Par comptage des colonies après incubation à 22°C et à 37°C. Les milieux les plus utilisés pour le dénombrement sont le milieu PCA (Plate Count Agar) ou TGEA (Tryptone Glucose Extrait de levure Agar). Ce sont des milieux ordinaires. ( voir annexe 1)

**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). Eviter tout contact entre la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile. Flamber et refermer le tube ;
- 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 maintenu en surfusion mais légèrement refroidie ;
- Homogénéiser avec des mouvements circulaires. Laisser refroidir la gélose sans bouger en zone stérile ;
- Incuber une série de boîte 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 1ml.

## **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 thermotolerants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales. Cette recherche se pratique en deux méthodes :

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

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 : (voir annexe 1)

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes,
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et *Escherichia Coli*.

**a) Le test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham;
- 5 fois 1ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Après incubation les tubes considérés comme positifs, sont ceux présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10<sup>ème</sup> de la hauteur de la cloche);
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

## b) Le test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche des Coliformes Thermo Tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*. Les coliformes Thermo Tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes, feront l'objet d'un repiquage de quelque goutte à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures. Après incubation les tubes considérés comme positifs, sont ceux présentant à la fois :

Un dégagement gazeux, et un trouble microbien, un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac.

**❖ Méthode par filtration sur membrane**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes et des *Escherichia coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau analysé, par comptage des colonies obtenus en milieu solide après 24h à 48h d'incubation à 37°C puis à 44°C. La recherche des coliformes par cette méthode nécessite une préparation au préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ;
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;

Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondi stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Rapide Coli(RC) préalablement préparé. Cette dernière sera incubée à 37 °C pendant 24 h voire 48 h.

Après incubation, les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des coliformes qui portent une coloration rouge et celles ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *E. Coli* elles portent ainsi une coloration bleu.

### 3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrits précédemment pour la colimétrie en milieux liquides. Cependant, 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). (voir annexe 1)

#### 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 par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

#### Mode opératoire

- Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu de Roth dont : 3 tubes de Roth avec 1ml de la solution mère, 3 autres tubes de Roth avec 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  et enfin les 3 dernières tubes de Roth avec 1ml de la dilution  $10^{-2}$  ;
- Incubation à 37 °C pendant 48h ;
- Les tubes positifs présentent un trouble et 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 pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky a l'éthyle- 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, ce qui traduit la présence de streptocoques fécaux.



# **Chapitre III**

## **Résultats et interprétations**

## I. Les paramètres organoleptiques

### ❖ L'odeur

L'eau étudiée dans les deux sources Ain helouf et Tigounatine est toujours inodore dans les deux périodes du 03/01/2017 et du 08/05/2017.

### ❖ La couleur

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

## II. Les paramètres physico-chimiques

### ❖ Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau, il détermine l'acidité, l'alcalinité et la neutralité des solutions, aussi lié à la nature du terrain. En général, la modification du pH dans l'eau est liée à la perte du gaz carbonique. Il convient aussi de signaler que la valeur du pH est fonction de la matière organique thermostable dissoute ou non dans l'eau (LAGARDETTE, 2015).

Les régions pauvres en calcaire, siliceux ou parfois des régions volcaniques peuvent être acidifiées par de l'acide sulfurique, Les eaux qui ont un pH acide (inférieur à 7) sont des eaux agressives qui peuvent conduire à la corrosion des parties métalliques des canalisations de l'eau du robinet (Rodier, 2009), Pour les deux sources étudiées (figure 6), nous remarquons que les valeurs du pH des échantillons analysés pour la source Tigounatine durant les deux périodes sont de l'ordre de 6,06 et 6,05, ces dernières ne sont pas conformes aux normes, l'eau va présenter des trouble, ce qui peut entrainer la corrosion des canalisations. En ce qui concerne la source de Ain helouf nous remarquons que les valeurs du pH sont proches de la neutralité (6,81 et 6,8) et nous n'avons pas enregistré une différence de pH entre les deux périodes, les valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation.

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

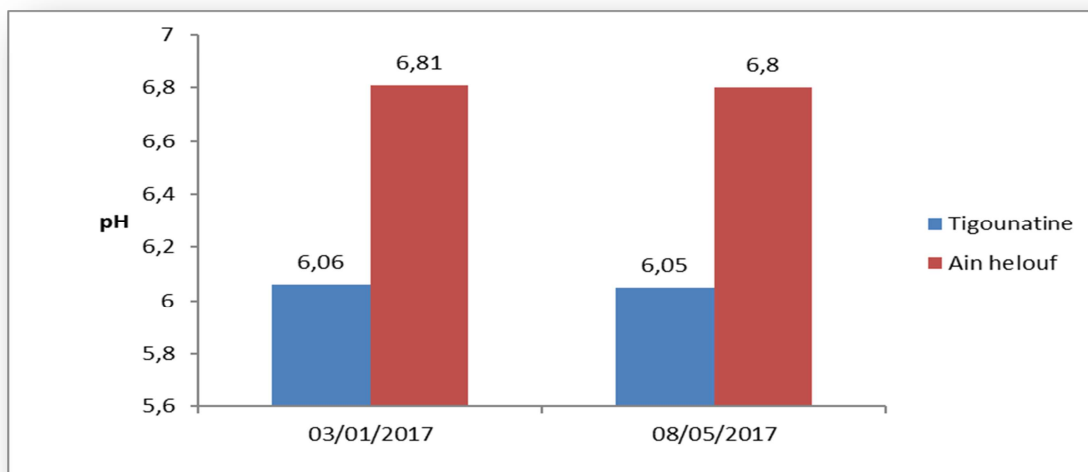


Figure 6 : Valeurs du pH enregistrées dans les deux sources d'eau sur deux périodes.

❖ La Turbidité

la turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, Colloïdes, etc.). Pour les deux sources étudiées (figure7), nous remarquons que l'eau des deux sources enregistrent une faible turbidité, pour la source Tigounatine les analyses

enregistrées durant les deux périodes sont de l'ordre de 0,16 NTU et 0,44 NTU, cette différence est due à la décantation des matières en suspension des particules charriées pendant la période pluviale. En ce qui concerne la source de Ain helouf, les valeurs enregistrées sont égales 1,32 NTU et 1,44 NTU, d'après YAKOUB (1996) cette différence serait due à la nature géologique du terrain traversé. Selon la norme Algérienne qui fixe la turbidité a 5 NTU, nous concluons que les deux sources sont des eaux claires.

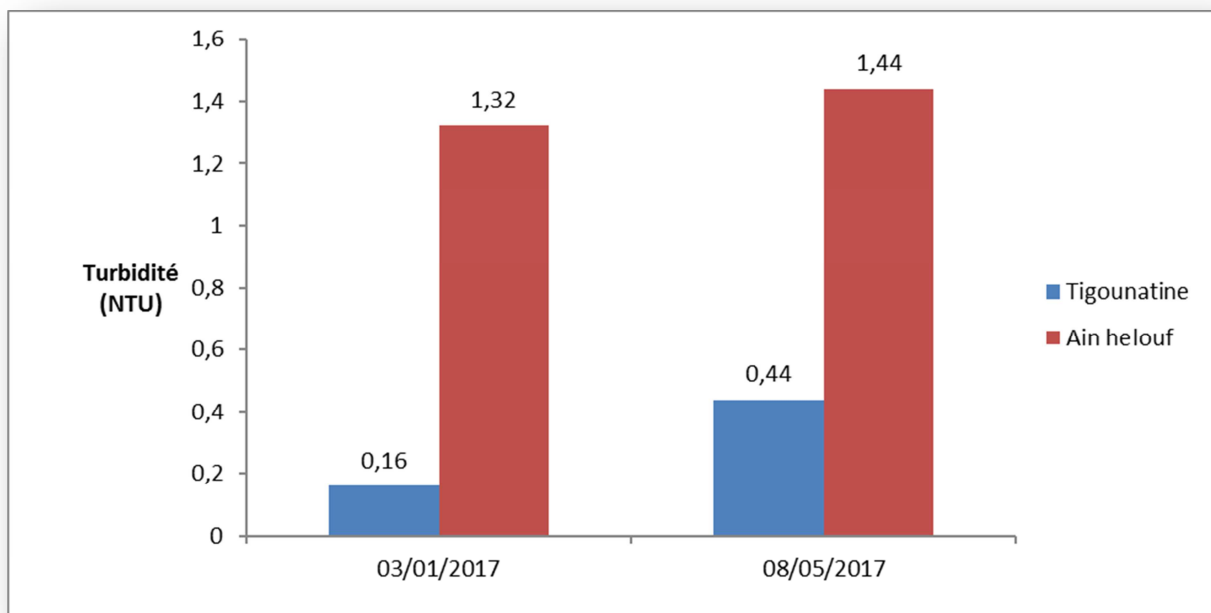


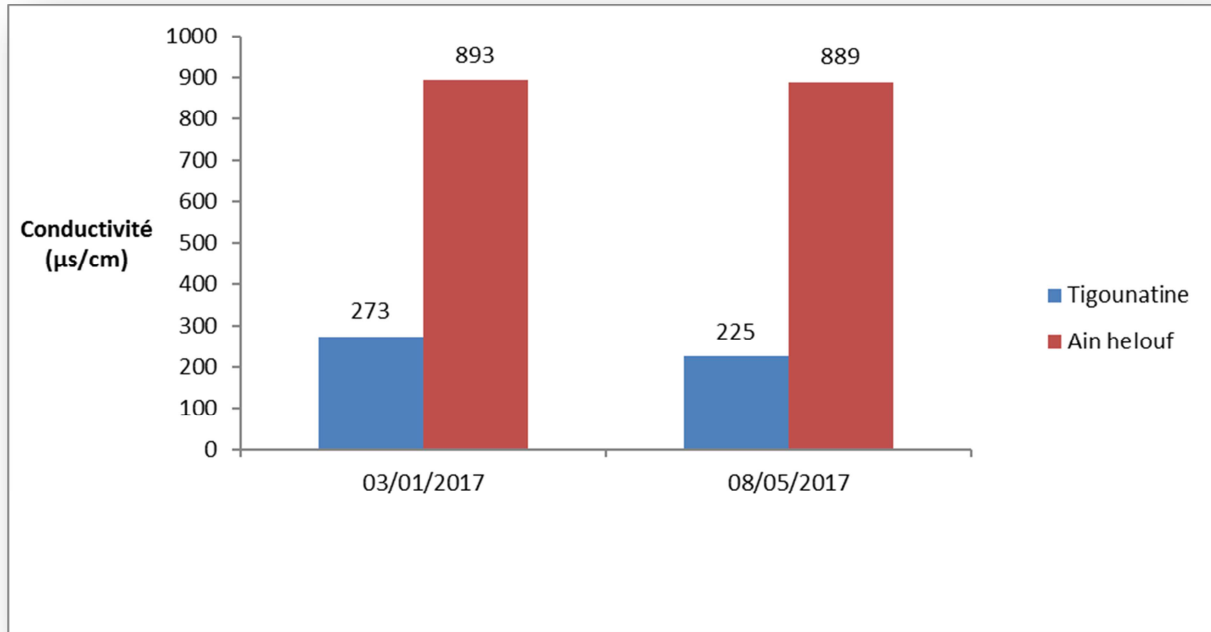
Figure 7 : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

❖ La conductivité

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment, elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sel minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température (RODIER et al., 2008).

Pour les deux sources étudiées (figure8), nous remarquons que la conductivité de Ain helouf est plus élevée que celle de Tigounatine, cette dernière est très faiblement conductrice, d'après les résultats enregistrés, nous pouvons conclure qu'il y a une différence considérable entre les deux sources, confirmant que la source de Ain helouf est plus minéralisée que celle de

Tigounatine. Il est a noté que les valeurs enregistrées se situent dans les normes Algériennes recommandées par les eaux de consommations fixées à 2800  $\mu\text{S}$ .



**Figure 8 :** Valeurs de la conductivité pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

### ❖ La Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). La diminution ou l'augmentation de la température a un effet direct sur la qualité de l'eau :

Sa diminution entraine les effets suivant :

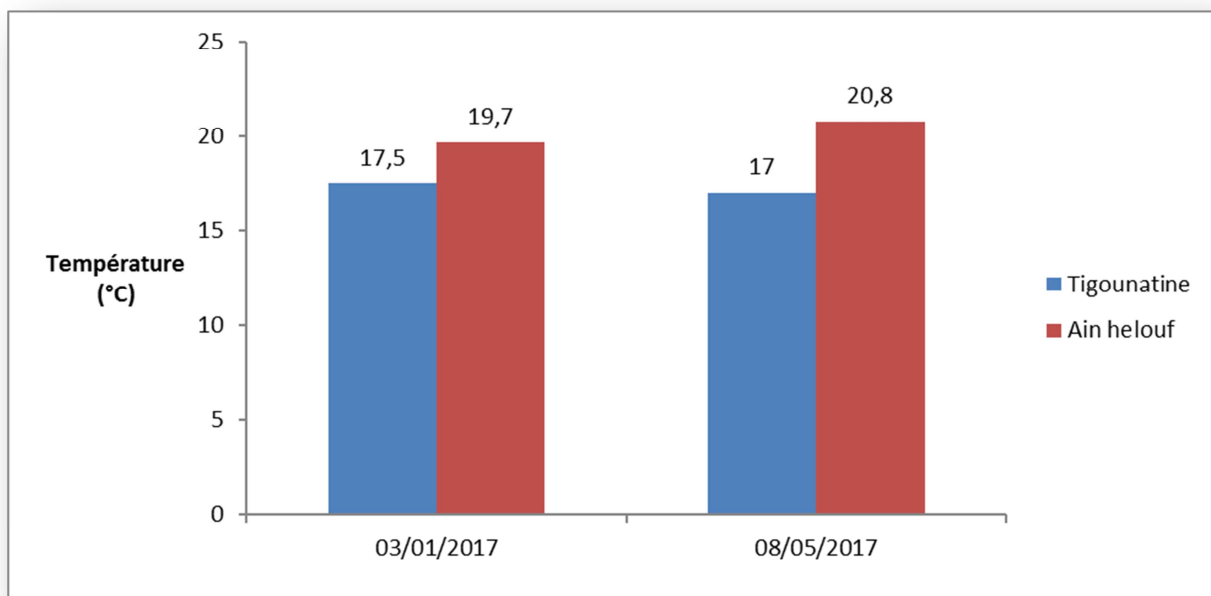
- Diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection ;
- Augmentation de la viscosité de l'eau ;
- Diminution des vitesses de sédimentation et de filtration.

Son augmentation a diverse conséquences :

- Croissance bactérienne favorisée induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voir d'hygiène ;

- Diminution du pH optimal pour la coagulation ;
- Augmentation de la vitesse de formation des trihalométhanes avec une eau traitée au chlore ;
- Augmentation de la corrosion dans les stations de traitement.

Pour les deux sources étudiées (figure 9), nous remarquons une température presque constante (17,5°C et 17 °C) pour la source de Tigounatine durant les deux périodes d'échantillonnage, ceci est dû au couvert végétal important dans cette zone et la situation géographique de la source. Pour la source de Ain helouf les valeurs enregistrées sont de l'ordre 19,7°C et 20,8 °C respectivement, ces valeurs sont proches des valeurs indiquées par la réglementation Algérienne. Les températures enregistrées pour les deux sources répondent aux normes puisque ces dernières sont inférieures à 25°C.



**Figure 9 :** Valeurs de la température pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ Résidu sec à 105°C

La détermination du résidu sec de l'eau permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes en suspension non volatil. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau. Pour les deux sources étudiées (figure10), nous avons constaté une différence considérable. Pour la source

de Ain helouf, nous remarquons d'après les analyses enregistrés une forte augmentation (588,08mg/l et 557,79 mg/l) durant les deux périodes d'échantillonnage, cette forte concentration en résidu sec est probablement due aux minéraux rapportés par l'eau qui traverse des terrains fortement minéralisés, ainsi ces valeurs se corrèlent à la forte conductivité de cette eau. En terme de potabilité en fonction des résidus secs, l'eau de la source de Tigounatine qui a enregistré les valeurs de 169,2 mg/l et 157,76 mg/l est une eau d'excellente qualité selon la norme OMS,1986 ; vu qu'elle a un taux inférieur à 300 mg/l des résidus secs, contrairement à l'eau de la source de Ain helouf qui est d'une qualité passable puisque la concentration en résidus secs est légèrement supérieure à 500 mg/l (Rodier et *al.*, 2009).

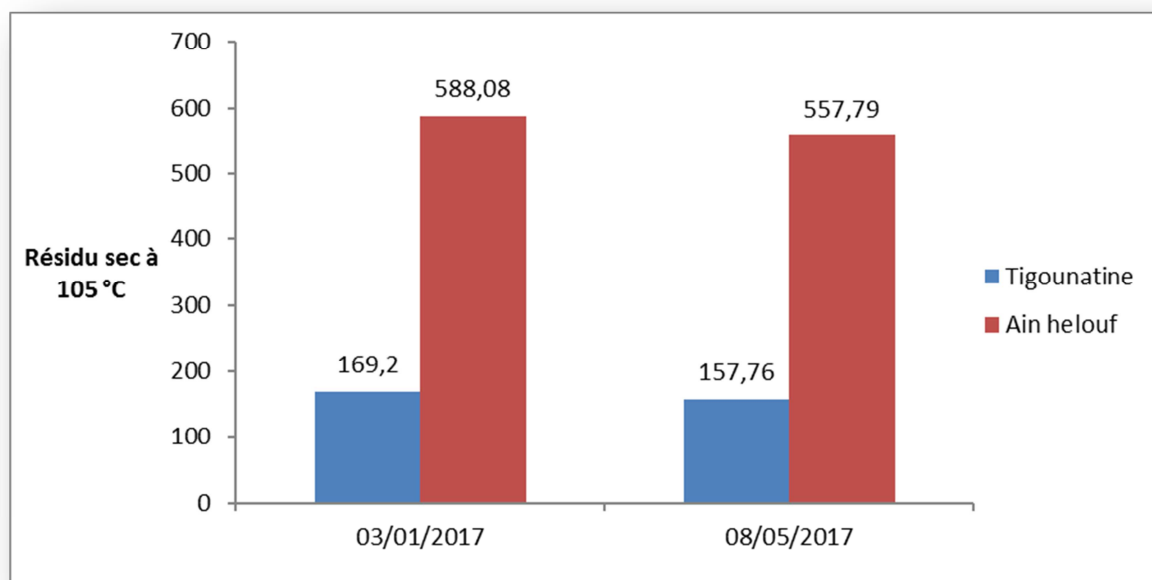


Figure 10 : Valeurs du Résidu sec à 105°C pour les deux sources sur deux périodes.

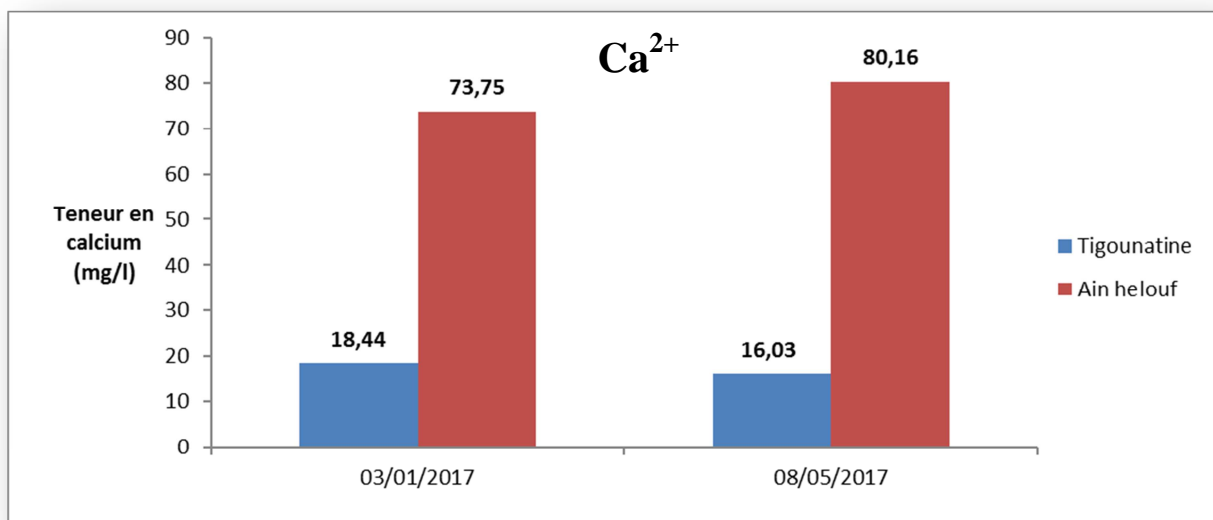
### III. Analyse de la Minéralisation Globale

#### ❖ La dureté calcique et dureté magnésienne

La dureté d'une eau est relative à sa concentration en cation  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , les figures 11 et 12 représentent les valeurs de la dureté Calcique et Magnésienne en mg/l pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

### La dureté calcique

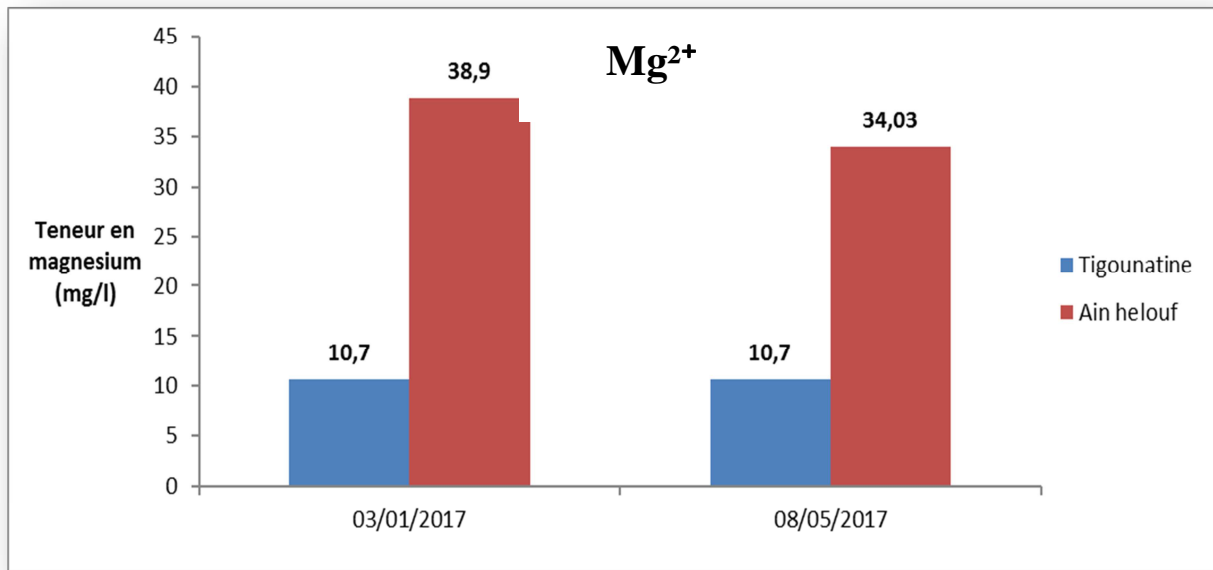
Pour les deux sources étudiées (figure 11), les valeurs enregistrées pour la source de Ain helouf durant les deux périodes sont respectivement (73,75 mg /l et 80,16 mg /l), nous constatons que cette eau est riche en calcium, sa dureté calcique est dans les normes fixées par la législation Algérienne qui indique une concentration de 200 mg /l du calcium comme concentration maximale. Pour la source de Tigounatine les valeurs enregistrées pour les deux périodes sont de l'ordre de 18 ,44 mg /l et 16,03 mg /l, nous concluons que cette eau est moins dure.



**Figure 11** : Valeurs de la dureté calcique pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

### La dureté magnésienne

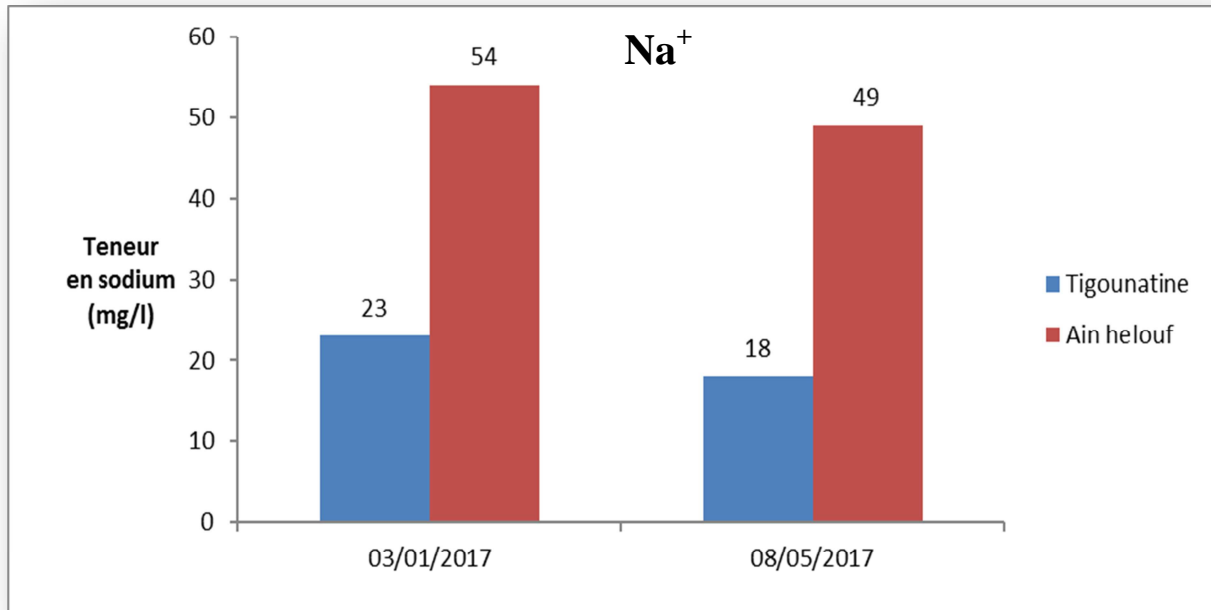
Pour les deux sources étudiées (figure 12), les valeurs enregistrées pour la source de Ain helouf durant les deux périodes sont de l'ordre de 38 ,9mg /l et 34,03 mg /l , et pour la source de Tigounatine d'une valeur stable de 10,07 mg /l durant les deux périodes, ce qui est inférieur aux concentrations recommandées par l'Algérie et l'OMS et ceci est en relation direct avec l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire des terrains.



**Figure 12** : Valeurs de la dureté magnésienne pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ Le sodium ( $\text{Na}^+$ )

Le sodium est un élément essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydratation du corps, il est donc indispensable d'en consommer en quantité suffisante mais pas en excès. D'après YAKOUB (1996), le sodium peut être libéré par certaines formations géologiques. L'omniprésence du Sodium et la grande solubilité de ses sels expliquent qu'il se retrouve dans la majorité des eaux (souterraines et de surface), des teneurs anormalement élevées provoquent des risques sanitaires qui touchent principalement deux catégories de sujets : les nourrissons, en raison de l'immaturité de leurs reins, et les personnes atteintes de troubles cardiaques, vasculaires et rénaux. Pour les deux sources étudiées (figure 13), les valeurs enregistrées pour la source de Ain helouf durant les deux périodes sont respectivement (54 mg/l et 49 mg/l), et la source de Tigounatine est égale à (23 mg/l et 18 mg/l), ce qui présente des concentrations conformes aux normes Algériennes comprise entre 10 et 60 mg/l. Les résultats montrent que les eaux de Tigounatine présentent une teneur faiblement chargée en  $\text{Na}^+$  cela pourrait s'expliquer par l'absence du sodium dans les terrains traversés par ces eaux, par contre la teneur en sodium pour la source de Ain helouf est supérieurs à celle de Tigounatine, cela pourrait avoir une origine géologique.



**Figure 13 :** Valeurs du sodium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ Le potassium (K<sup>+</sup>)

La concentration en potassium est assez faible dans la plupart des eaux naturelles non polluées, 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. La valeur du potassium enregistrée (figure 14) pour la source de Tigounatine est égale à 2 mg /l, et reste stable durant les deux périodes d'échantillonnages, ces concentrations sont au-dessous des concentrations minérales admissibles recommandées par les normes algériennes et l'OMS (10 mg/l). Pour la source de Ain helouf, les valeurs enregistrées pour les deux périodes sont de l'ordre de 13 mg /l et 11 mg /l, ceci serait due à l'altération météorique et érosion des minéraux contenant du potassium comme le feldspath ou lessivage des sols contenant des engrais.

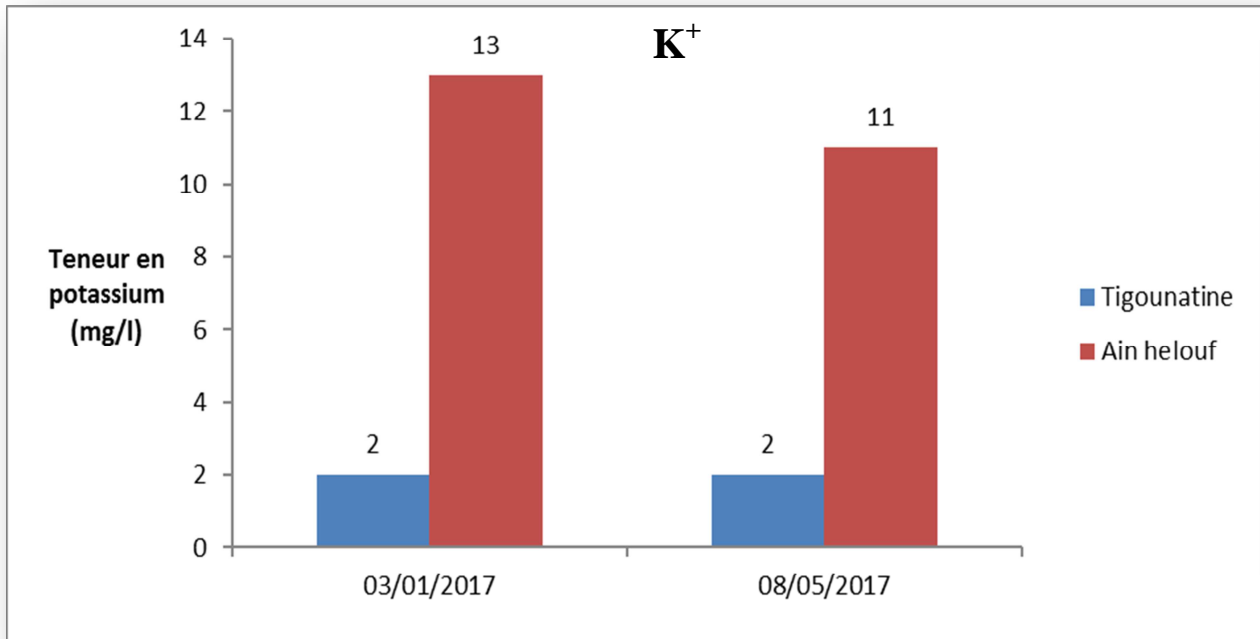


Figure 14 : Valeurs du Potassium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

❖ Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

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 mais qui 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. Les teneurs de nos échantillons sont comprises entre 30 et 100 mg/l (figure 15) ce qui reste conforme aux normes de notre pays. Pour la source de Ain helouf, nous remarquons une augmentation de la concentration des chlorures par rapport à la source de Tigounatine, ceci serait dû aux lixiviats issus des décharges d'ordures ou des sites d'enfouissement des déchets et par contamination par les eaux d'égout. Nous concluons que la teneur en chlorure augmente avec le degré de minéralisation d'une eau (aussi de la conductivité).

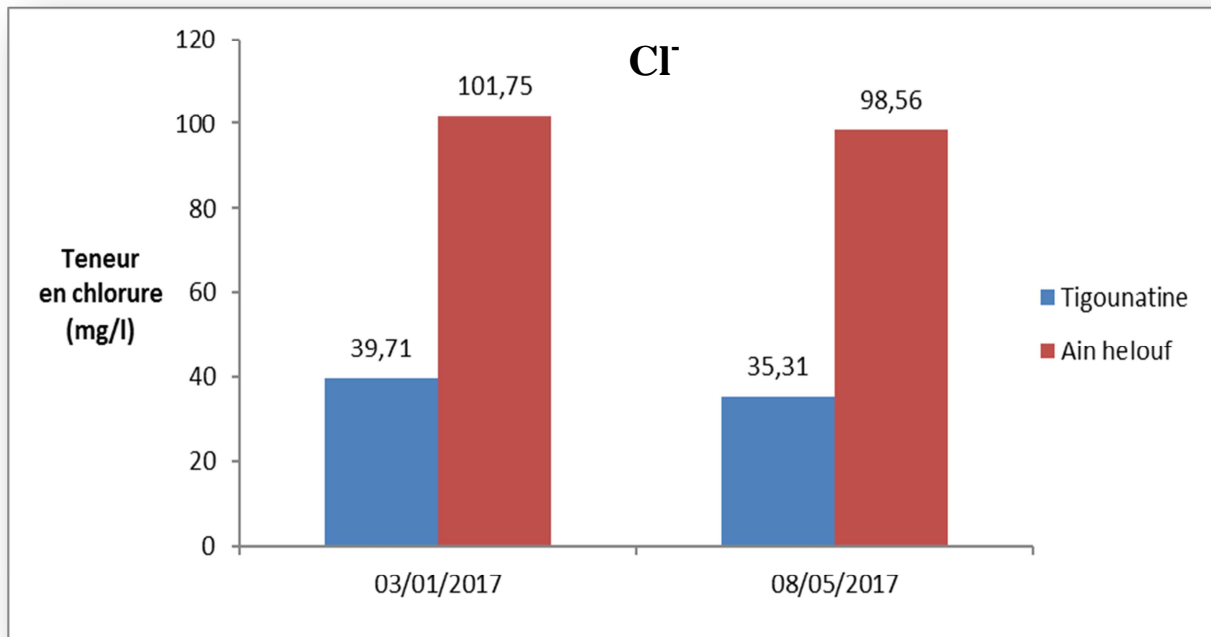
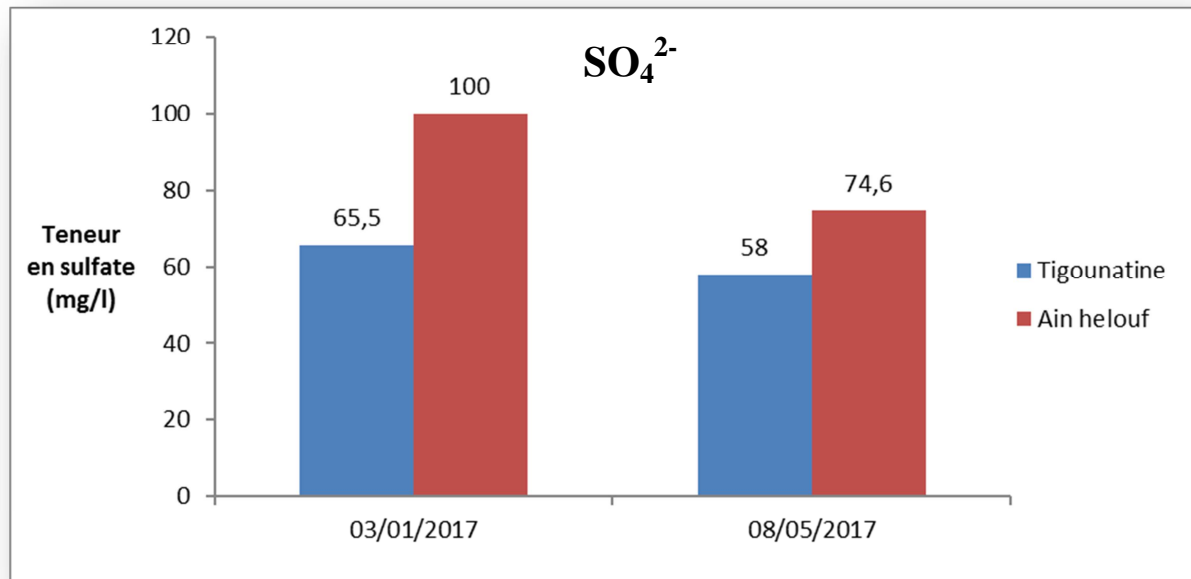


Figure 15 : Valeurs des chlorures pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ Le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

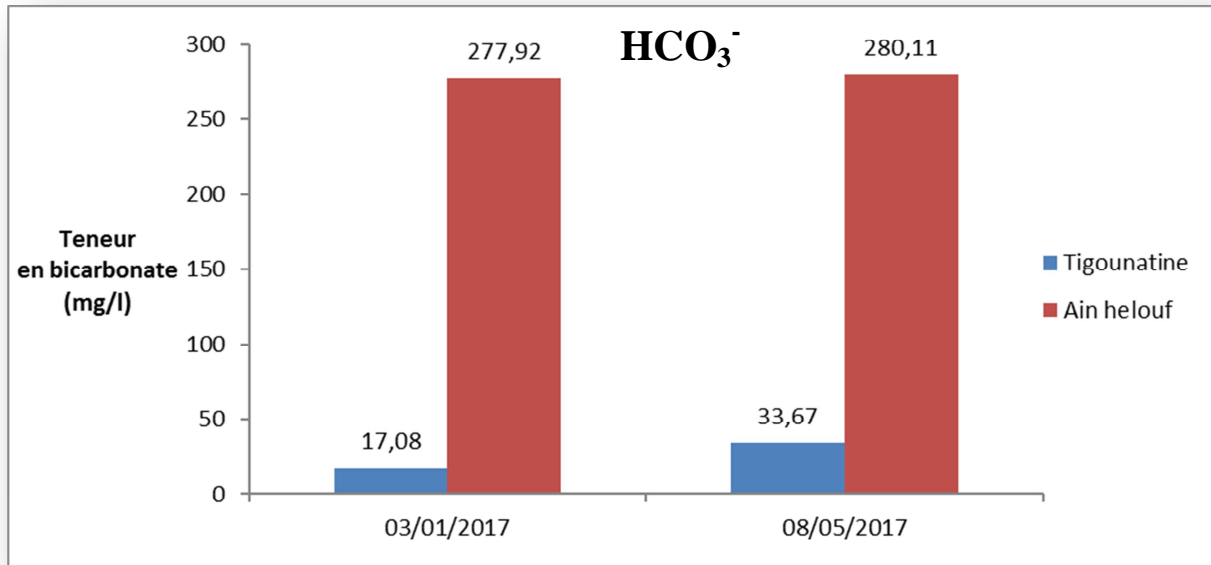
Les sulfates peuvent avoir un effet purgatif et entraîner une déshydratation et une irritation gastrique, ils donnent un mauvais goût à l'eau et peuvent entraîner des effets de corrosion des canalisations. Pour les deux sources étudiées (figure 16), les valeurs enregistrées pour la source de Ain helouf durant les deux périodes sont respectivement (100 mg/l et 74,6 mg/l), et des valeurs considérables pour l'eau de la source de Tigounatine (65,5 mg/l et 58 mg/l), d'après RAMADE (1998) ces résultats seraient dues à la géologie des terrains traversés qui présentent un faible taux de gypse ainsi qu'aux temps réduits de contact eau-roche, aussi la complexité de l'origine des sulfates, naturelles ou anthropiques, matières fécales ou détergents (GAUJOUS, 1995 et RODIER, 1996) engendre une instabilité permanente des teneurs en sulfates, surtout à proximité des zones de rejets. Les sulfates peuvent aussi provenir de l'activité agricole (pollution) ou biologique naturelle.



**Figure 16 :** Valeurs des sulfates pour deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

La présence de bicarbonates dans l'eau dépend de plusieurs autres paramètres tel que le pH, la température, la présence du CO riches en bicarbonates du calcium. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée. Le taux élevé de bicarbonates pour la source de Ain helouf (figure 17), peut s'expliquer par la nature des terrains traversés, et la présence du carbonate du calcium et du magnésium dans l'eau. Par contre, la source de Tigounatine a enregistré des teneurs faibles en bicarbonates. Les sources présentent un pH qui tend vers 7, donc ce pH va favoriser la formation des bicarbonates (REJSEK, 2002). La présence du bicarbonate n'a aucun effet sur la santé, ce qui explique l'absence de norme indiquant la valeur guide en bicarbonates.



**Figure 17** : Valeurs des bicarbonates pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### ❖ La dureté Totale

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). Pour les deux sources étudiées (figure 18), la dureté totale de la source d'eau de Ain helouf est relativement stable (344mg CaCO<sub>3</sub>/l et 340 mg CaCO<sub>3</sub>/l ) ce qui la qualifie d'une eau très dure selon la classification des eaux en fonction de leur dureté totale (RODIER et *al.*, 2009). Pour l'eau de la source de Tigounatine les valeurs de la dureté totale durant les deux périodes sont de l'ordre de 17,08 mg CaCO<sub>3</sub>/l et 33,67 mg CaCO<sub>3</sub>/l , ces eaux sont donc des eaux douces.

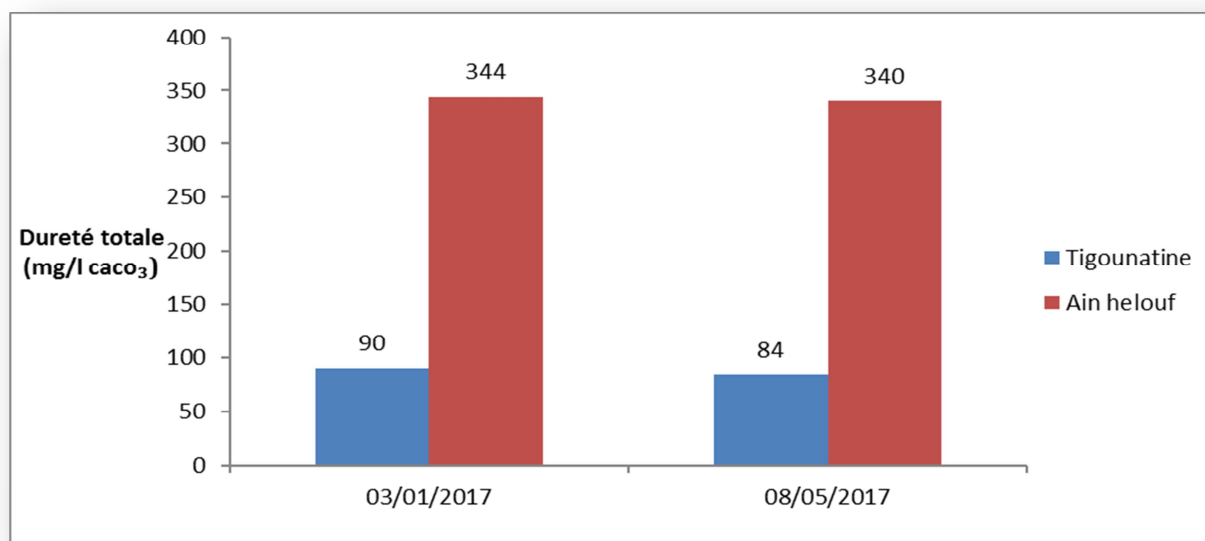


Figure 18 : Valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### IV. Les éléments indésirables

##### ❖ Le fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ )

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. Pour les deux sources étudiées (figure 19), les valeurs enregistrées montrent des teneurs en fer comprise entre 0,04 mg/l et 0,05 mg/l qui restent invariable et cela pendant les deux périodes d'échantillonnages, ce sont donc des teneurs très faibles ce qui prescrit largement les eaux de ces deux sources dans les normes de potabilité algériennes qui est de 0.3 mg/l de fer comme valeur limite.

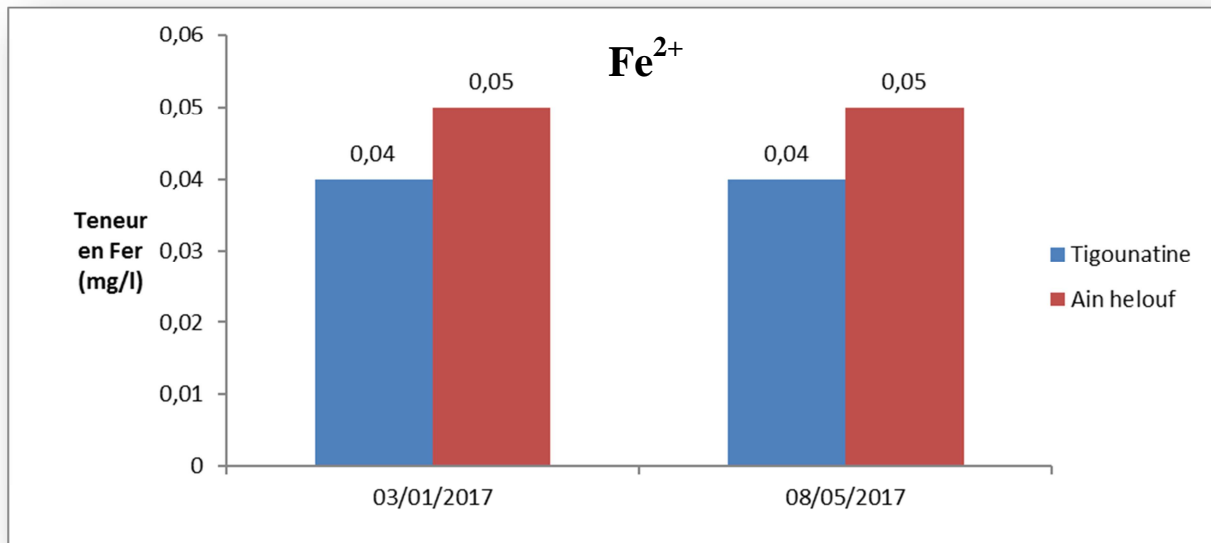


Figure 19 : Valeurs du Fer pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

#### V. Les paramètres de pollution

Les figures 20 et 21 représentent les paramètres de pollution dans les eaux des deux sources pour les deux périodes d'échantillonnage (Janvier 2017 et Mai 2017).

##### ❖ L'ammonium ( $NH_4^+$ )

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries. La réglementation de notre pays fixe 0.5 mg/L comme teneur limite. La teneur trouvée au niveau de nos deux sources durant les deux période d'échantillonnage est nul (0.0 mg/L), ce qui indique une absence d'une pollution ammoniacale.

##### ❖ Les nitrites ( $NO_2^-$ )

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Elles constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium ( $NH_4^+$ ) et les nitrates ( $NO_3^-$ ), elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit, d'une réduction des nitrates. Les résultats d'analyses dévoilent que nos deux sources ne présentent aucune trace de nitrites pour les deux périodes d'échantillonnage ; ce qui confirme l'absence d'une pollution.

**❖ Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrates et nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), présent dans l'eau et le sol, il est oxydé en nitrites par les bactéries de genre nitrosomonas puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (Anonyme, 2003). La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites. Pour les nitrites les résultats des analyses montrent leur absence dans les eaux de sources étudiées. Pour ce qui est des nitrates, les résultats d'analyses révèlent que la source de Ain helouf a enregistré une valeur de 67,73 mg/l pour la première période, et 70,38 mg/l pour la seconde période, ce qui dépasse la norme. Cela est due à l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets. Par contre, les valeurs obtenues pour la source de Tigounatine sont dans la norme durant les deux périodes d'échantillonnage (1,32 mg/l, 0,88 mg/l), ce qui est due au fait que cette source est située au pied de la montagne.

**❖ Le phosphate**

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique, pour les deux sources étudiées les analyses des échantillons, indiquent une présence de phosphates au niveau de la source de Ain helouf sous forme de traces pour la première période (0.03 mg/l) (figure 20), ceci résulte d'une pollution humaine (eau de rejets, engrais etc...). Pour la deuxième période (figure 21) les teneurs en phosphates sont nulles, aussi pour la source de Tigounatine durant les deux périodes d'échantillonnage, cela nous renseigne sur l'absence de toute pollution organique.

**❖ 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 matières organiques inférieure à 1 mg/l. Selon la classification de Rodier (2006) :

- Une eau est dite potable pour des teneurs comprises entre 1 et 2 mg/l ;
- Une eau est dite suspecte pour des teneurs comprises entre 2 et 4 mg/l ;

- Une eau est mauvaise pour des teneurs supérieures à 4 mg/l.

Les résultats d'analyses (figures 20 et 21) montrent que l'eau de la source de Tigounatine enregistre une valeur de 2,61 mg/l en période hivernale, nous remarquons une diminution en période estivale qui atteint 0,66 mg/l, à ce stade cette eau est dite très pure pour une teneur en matières organiques inférieure à 1 mg/l. Pour la source de Ain helouf, nous enregistrons une valeur de 1,96 mg/l en première période, en deuxième période une diminution est enregistrée jusqu'à atteindre 0.91 mg/l qui est proche de 1mg/l, ce qui classe l'eau de cette source comme une eau potable.

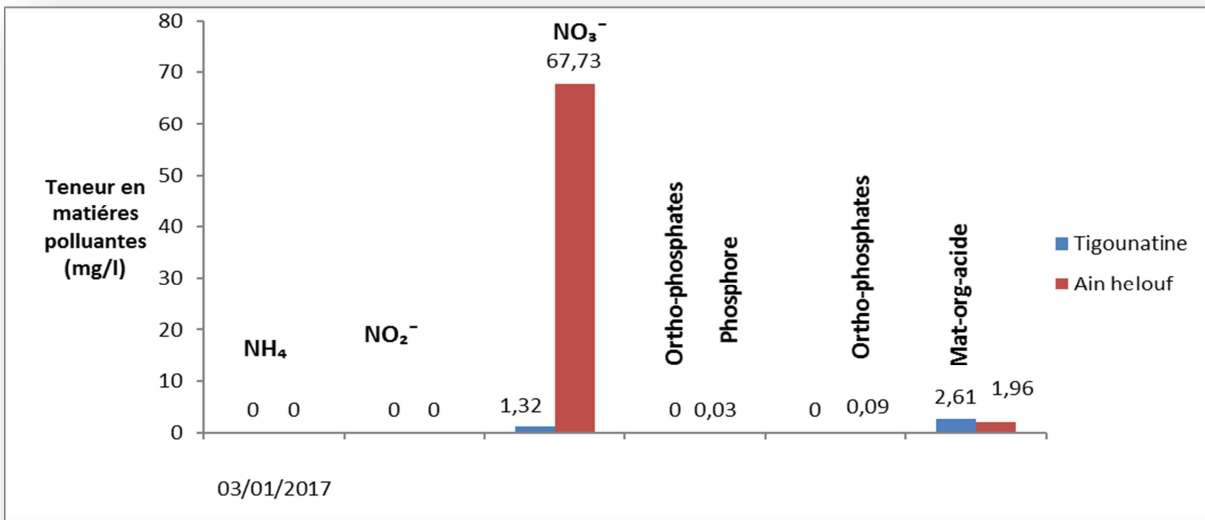


Figure 20 : Les paramètres de pollution pour les deux sources durant la première période.

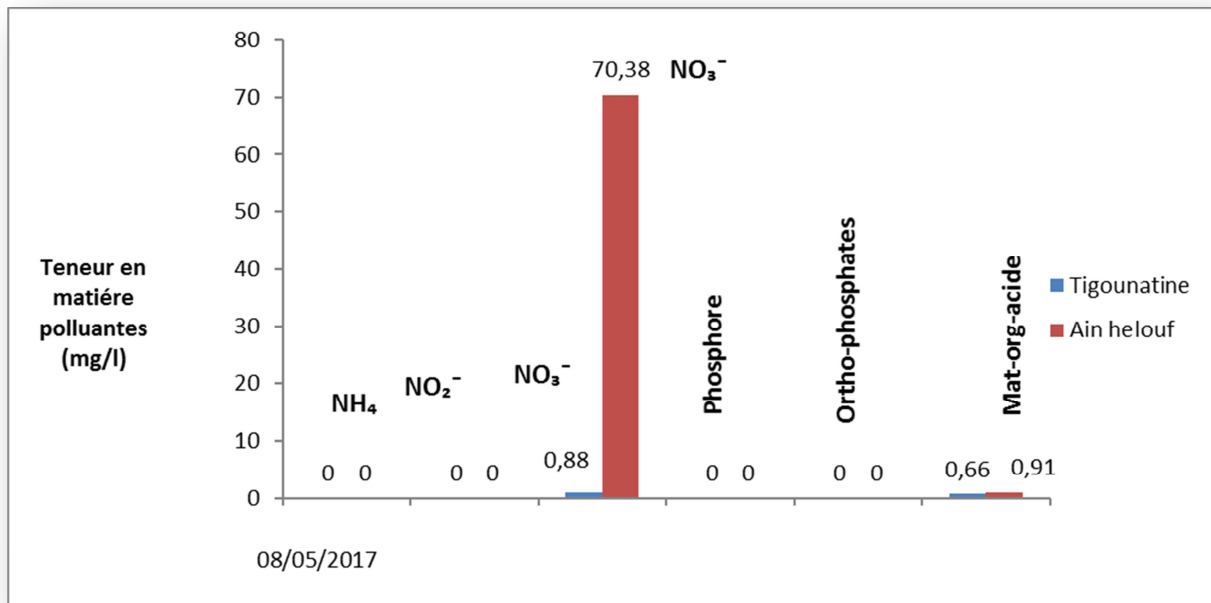


Figure 21 : Les paramètres de pollution pour les deux sources d'eau durant la deuxième période.

### VI. Classification de deux sources d'eau sur deux périodes d'échantillonnage selon Stabler

D'après Stabler, la comparaison de deux eaux en vue de leur classification se fait en comparant les teneurs des cations entre eux et des anions entre eux. Les figures (22 et 23) représentent les valeurs des cations et des anions au niveau des eaux des deux sources étudiées durant les deux périodes. Ces résultats montrent que la teneur en calcium (Ca<sup>2+</sup>) reste la plus élevée parmi les cations et cela pour les deux sources, en ce qui concerne les anions la teneur en Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) reste en tête ; les résultats d'analyse physico-chimique effectués démontrent que la situation géographique du sol a un impact direct sur les teneurs des éléments constitutifs de l'eau. Dans notre cas la nature géologique des terrains traversés par les eaux de Tigounatine et Ain helouf sont riches en roche calcaïque, de ce fait ces eaux sont classées comme étant des eaux bicarbonatées calcaïques.

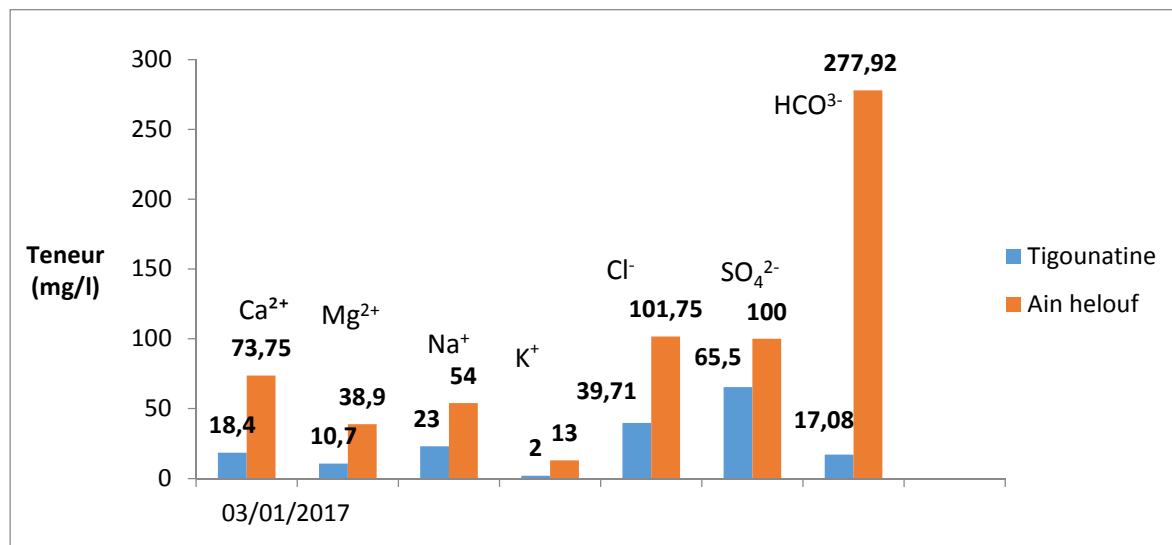


Figure 22 : Classification des minéraux des deux sources d'eau pour la première période

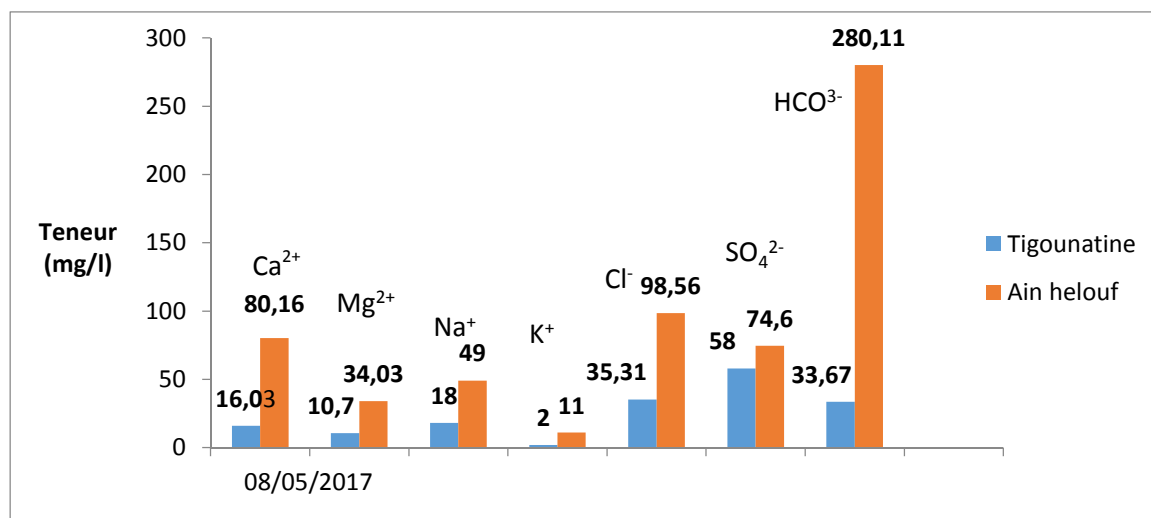


Figure 23 : Classification des minéraux des deux sources d'eau pour la deuxième période.

### VII. Les paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire de bactériologie au niveau de l'Algérienne des Eaux (ADE), et constituent en la recherche des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 9 :

**Tableau 9** : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau sur deux périodes.

		Première période (03/01/2017)	Deuxième période (08/05/2017)	La norme algérienne		
Les Germes		Source de Tigounatine	Source de Ain helouf	Source de Tigounatine	Source de Ain helouf	
Micro-Organismes revivifiables (UFC/100)	à 22°C	>300	>300	Analyse non effectuée.	Analyse non effectuée.	100
	à 37°C	<01	>300	300 UFC/ml	650 UFC/ml	20
Coliformes totaux (C/100ml)		00	1100/100 ml	00	189/100 ml	/
CTT ( E-Coli) (C/100ml)		00	460/100 ml	00	134/100 ml	/
Streptocoques fécaux (C/100ml)		00	240/100 ml	00	163/100 ml	/
Anaérobies sulfito-réducteurs (S/100)		00	00	00	00	/

• **Les micro-organismes revivifiables**

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 durant la première période pour la source de Tigounatine à 22°C est supérieur à 300 UFC/100, et à 37°C nous remarquons, que la valeur est inférieure à 1UFC/100. Durant la deuxième période à 37°C la valeur atteint 300 ml. Les valeurs enregistrées durant la première période pour la source de Ain helouf reste stable (>300) malgré le changement de température (22°C et 37°C). Pour la deuxième période d'échantillonnage à 37°C nous remarquons, une forte augmentation (650 UFC/100), cela pourrait être expliquer par les conditions climatiques, Ces résultats sont non conformes aux normes Algériennes.

- **Les coliformes totaux**

Les résultats d'analyses nous ont permis d'enregistrer la valeur de 1100/100 ml de coliformes totaux pour la source Ain helouf durant la première période d'échantillonnage, pour la deuxième période une valeur de 189/100 ml de colonies de coliformes totaux a été révélées dans la même source. Ces valeurs sont extrêmement élevées et dépassent largement la norme (0/100ml) ce qui nous laisse soupçonner une présence d'une contamination fécale. Les résultats dévoilent une absence totale de coliformes totaux dans la source Tigounatine durant les deux périodes d'échantillonnage, ce qui montre que l'eau de cette source est conforme aux normes algériennes.

- ***Escherichia Coli***

Les résultats d'analyses font apparaitre une présence de colonies d'*E-Coli* au niveau de l'eau de la source Ain helouf d'une valeur extrêmement élevée (460/100ml) pour la première période, et 134/100 ml pour la deuxième période ce qui témoigne une contamination fécale véritable. Cela est forcément dû aux rejets des eaux usées qui passent à proximité de la source. les valeurs de cette source dépassent la norme autorisée. L'eau de la source Tigounatine montre une absence d'*E. Coli* durant les deux périodes d'échantillonnage, cette eau est conforme aux normes algériennes (00/100ml).

- **Les streptocoques fécaux**

La recherche des streptocoques fécaux permet d'évaluer la qualité de l'eau et de détecter une contamination d'origine fécale de l'eau, Les résultats d'analyses de la source Ain helouf indique la valeur de 1100/100 ml pour la première période et 189 /100 ml pour la deuxième période, ces résultats dépassent la norme algérienne ce qui confirme la présence d'une contamination bactériologique d'origine fécale. Nous constatons l'absence totale des Streptocoques fécaux dans la source Tigounatine (0 /100 ml) durant les deux périodes confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

• **Les Anaérobies sulfito-réducteurs**

Les résultats d'analyses indiquent la valeur de 00/100 ml pour la source Tigounatine sur les deux périodes, ces valeurs sont dans les normes algériennes, leurs absences confirment un signe d'efficacité de la filtration naturelle. Nous constatons toujours une absence totale pour la source de « Ain helouf » durant les deux périodes d'échantillonnage, confirmant ainsi l'absence totale des Anaérobies sulfito-réducteurs.

Le tableau suivant représente la classification bactériologique des eaux selon l'Institut Pasteur :

**Tableau 10** : Classification bactériologiques 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

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E. coli*, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, ils sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution. La forte charge en bactéries et germes pathogènes pour l'eau de source de Ain helouf 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. Selon GUIRAUD (1998), lorsqu'il y a à la fois streptocoques et *E.Coli* dans l'eau, la contamination fécale est certaine.

Les résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau de source « Tigounatine » répondent aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants, ceci est dû essentiellement à la situation géographique de cette source (en altitude). Ces résultats nous permet de dire que l'eau de cette source est de qualité bactériologique saine donc potable.

# Conclusion générale

## Conclusion

Les besoins en eau ne cessent d'augmenter contrairement à la surveillance de la qualité de l'eau qui n'a pas fait suffisamment interpellé nos autorités.

Notre étude se base sur la surveillance de la qualité des eaux de deux sources différentes de la région de Tizi Ouzou durant deux périodes d'échantillonnage.

Les différentes analyses nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Sur le plan physico-chimique l'eau de la source de Ain helouf est une eau qui présente une minéralisation élevée comparé à l'eau de la source de Tigounatine. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus sec ;
- L'eau de la source de Ain helouf est plus dure que l'eau de la source de Tigounatine mais toutes les deux sont pures en magnésium et la teneur de ce dernier se situe au-dessous des normes fixées par l'O.M. S ;
- Les teneurs en sodium pour les deux sources de Ain helouf et Tigounatine sont conformes aux normes algériennes, malgré que la teneur en sodium de la source de Tigounatine est inférieure à celle de Ain helouf ; cette dernière peut provoquer des risques sanitaires ;
- La teneur en potassium pour la source de Tigounatine est inférieure aux normes algériennes, contrairement à la source de Ain helouf qui présente une teneur forte en potassium. Les faibles concentrations en potassium montrent que la source de Tigounatine n'est pas polluée par les engrais phosphatés ;
- Les teneurs en chlorures pour les deux sources d'eau Tigounatine et Ain helouf sont conformes aux normes algériennes, malgré que la teneur en chlorure est beaucoup plus forte au niveau de Ain helouf ;
- Sur le plan pollution organique, les deux sources ne présentent ni pollution ammoniacale ni pollution nitrique. Par contre l'eau de la source de Ain helouf est plus riche en nitrate que celle de Tigounatine ;
- Nous n'avons enregistré aucune pollution organique au niveau des deux sources ;
- Selon les classifications de Stabler, les eaux des deux sources se classent dans la catégorie des eaux bicarbonatées calcique ;

- D'après les analyses bactériologiques, l'eau de Tigounatine est meilleure, cela est dû à la non présence des germes pathogènes, contrairement à la source de Ain helouf qui présente une forte présence Coliformes, Streptocoques, et des *E-Coli*.

La forte prolifération des microorganismes dans l'eau de source de Ain helouf démontre le danger et la vulnérabilité de cette dernière. Le manque de protection dû a son emplacement (proche des habitations et des rejets domestique) justifie la dégradation de la qualité de son eau.

Pour préserver les eaux de 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 ;
- De sensibiliser les populations contre les eaux non-contrôlées et leur expliquer les risques éventuels ;
- D'organiser des unités de contrôle pour la totalité des eaux consommées par les populations ;
- D'améliorer les réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- Utilisation d'un adoucisseur d'échange d'ions pour adoucir une eau dure
- De mettre les canalisations en PVC.

La prévention de nos sources passe par un contrôle régulier et rigoureux tout au long de l'année cela nous permettra de garder nos sources naturelles dans le cas d'un éventuel manque en eau, et ainsi prévenir toutes sources de pollution.



# Références Bibliographiques

« A »

- **ABDELLATIF H. (2006).** Traitements de l'eau source bousa fer. Mémoire de fin d'étude licence. Université des sciences et de la technologie, Oran. Algérie. 72p.
- **ANCTIL F. (2008).** L'eau et ses enjeux. 1ère édition. Paris. France.248p.
- **AROUYA K. (2011).** Pollution des eaux. Edition Universitaire Européennes. Paris. France.124p.

« B »

- **BEAUCHAMPS J. (2006).** Qualité et pollution des eaux souterraines. 5ème édition. Université de Picardie Jules. Amiens. France. 188p.
- **BOUCENNA F. (2008).** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière car de la plaine alluviale de l'oued Djendjen. Jijel, Nord-est Algérien. Thèse de doctorat. Algérie. 80p.
- **BOURGEOIS C.M et LEVEAU J.Y. (2003).** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires contrôle microbiologique. Ed Tec&Doc. 3<sup>ème</sup> édition Lavoisier. Paris. France. 450p.
- **BOUZIANI M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn- Khaldoun. Alger. Algérie. 247p.

« C »

- **CIE.(2003):** Centre d'Information sur l'Eau. [www.Cieau.com](http://www.Cieau.com)
- **CNRS. (1999) :** Centre National de la Recherche Scientifique. [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)
- **COLAS R. (1976).** La pollution des eaux. 4ème édition. Presses universitaire de France (PUF). Paris. France. 126p.

- **COLLIN J. (2004).** Les eaux souterraines : connaissance et gestion. Edition Hermann, Paris. France. 169p.

« *D* »

- **DEFRANCESCHI M. (1996).** L'eau dans tous ses états. Ellipses édition marketing.S.A. Paris. France. 127p.
- **DEGREMONT. (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome I. 10<sup>ème</sup> édition. Lavoisier Tec & Doc, Paris. France.1928p.
- **DESJARDINS. (1997).** Le traitement des eaux. Edition Tec & Doc. 2<sup>ème</sup> édition. France. 304p.

« *F* »

- **FEPS.(2005).** : Fondation de l'Eau Potable Sure. [www.canadahelps.org](http://www.canadahelps.org)

« *G* »

- **GAID A. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Office des publications universitaires (OPU). Alger. Algérie. 261p.
- **GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques. 2<sup>ème</sup> édition. Lyon. France. 220p.
- **GENIN B ,CHRISTIAN CHAUVIN et FRANCOISE MENARD. (2003).** Cours d'eaux et indices biologiques : pollution, méthodes, IBGN. Édition Educagri. France.221p.
- **GROSCLAUDE G. (1999).** L'eau. Tome I : milieu naturel et maitrise. Edition INRA, Paris. France. 204P.

- **GUIRAUD. J P. (1998).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. France. 652p.

« *H* »

- **HAMLAOUI N et LAMRANI C. (2003).** Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux du moyen Sébaou (Zone Tadmaït- Draa-Ben-Khedda). Mémoire de fin d'étude Hydraulique Agricole. UMMTO. Algérie. 125p

« *K* »

- **KHADRO B. (2008).** Conception et réalisation de biocapteurs pour le suivi de polluants dans les eaux naturelles. Thèse de doctorat. Maroc. 145p

« *L* »

- **LAGARDETTE.M. (2009).** Evolution et finalité. Edition L'Harmattan. France.162p.

« *M* »

- **MICHARD G. (2002).** Chimie des eaux naturelles : principes de géochimie des eaux. Edition publisud. Paris. France. 461p.

« *O* »

- **OMS.(1986) :** Organisation Mondiale de la Santé.
- **OMS. (2004) :** Organisation Mondiale de la Santé.
- **OMS.(2008) :** Organisation Mondiale de la Santé

« *P* »

- **POTELON J et ZYSMAN K. (1998).** Le guide de l'analyse d'eau potable. Edition la lettre du cadre territorial. Paris. France. 120p.

« R »

- **RAMADE F. (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edi science internationale. Paris, France. 786p.
- **REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Edition canopé – CRDP de bordeaux. France. 360p.
- **RODIER J. (1984).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 7<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris. France. 1365p.
- **RODIER J. (1996).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8<sup>ème</sup> édition : Dunod, paris. France. 1383 p.
- **RODIER J. (2005).** L'analyse de l'eau : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris. France. 1381p.
- **RODIER J, LEGUBEB, MERLET N et BRUNET R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris. France. 1526p.
- **ROUGIER H et WACKERMANN G. (2009).** L'eau : ressources et usages. Ellipses éditions marketing. Paris. France. 272p.

« S »

- **SAMAKE H. (2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N. S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de doctorat. Mali. 77p.
- **SITE INTERNET.(2010)** : Cycle de l'eau. [www.google.dz](http://www.google.dz) .

« V »

- **VALIRON F. (1990).** Gestion des eaux 1 : Principes, moyens, structures. 2<sup>ème</sup> édition. Edition presses des ponts. Paris. France. 350p.

- **VILAGINES R. (2003).** Eau, Environnement et Santé publique : introduction à l'hydrologie. 2<sup>ème</sup> édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. Paris. France. 198p.
- **VILAGINES R. (2010).** Eau, Environnement et Santé publique : introduction à l'hydrologie.3<sup>ème</sup> édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. Paris. France. 198p.

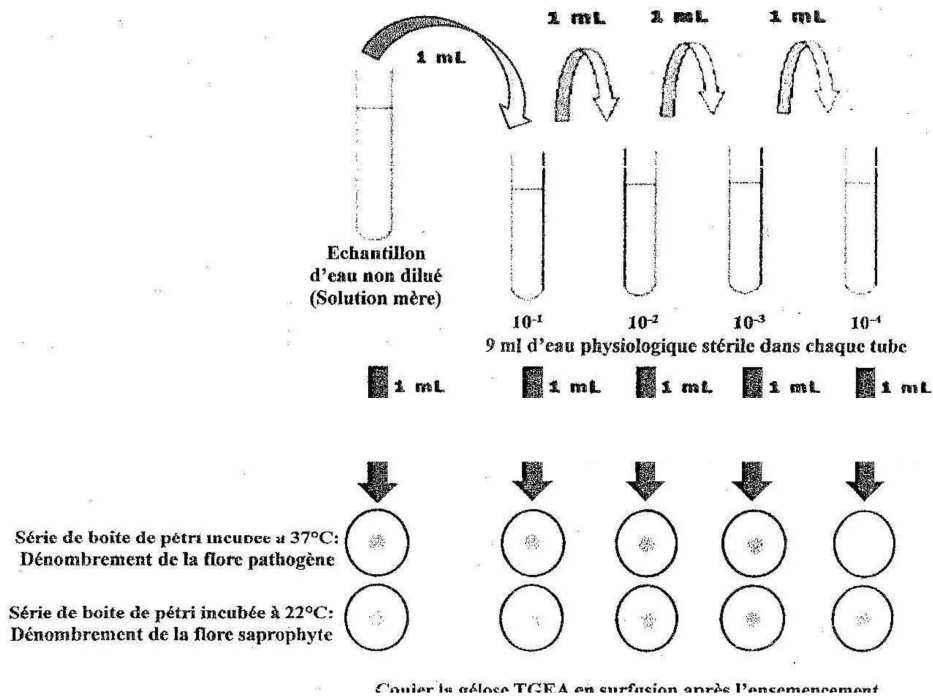
« Y »

- **YAKOUB B. (1996).** Etude climatologique dans le bassin versant de l'oued Sebaou dans la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse d'ingénieur en écologie. Tizi Ouzou.Algerie.76p.

# Annexes

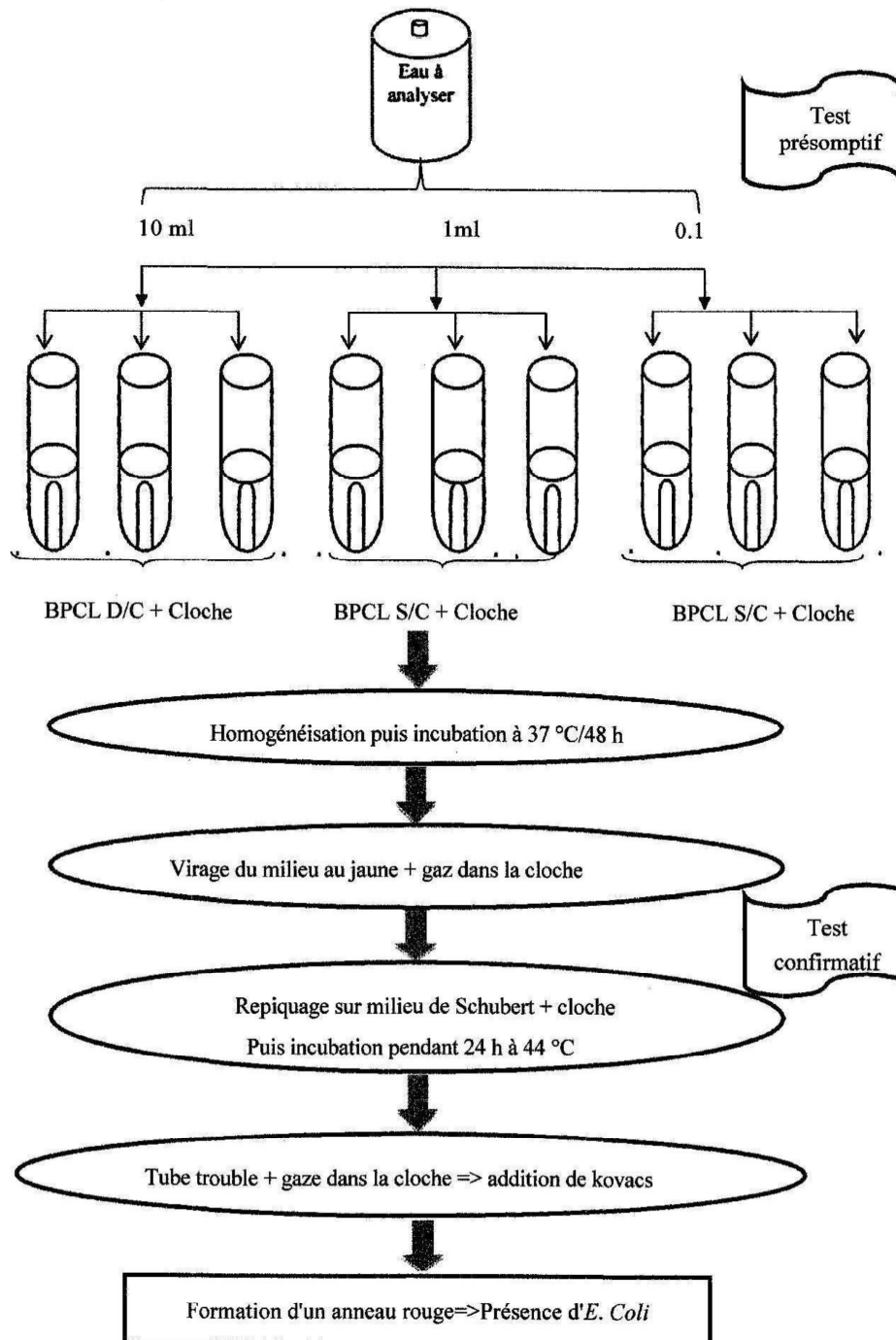
## Annexe 1 : Schémas des modes opératoires bactériologiques

### 1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C

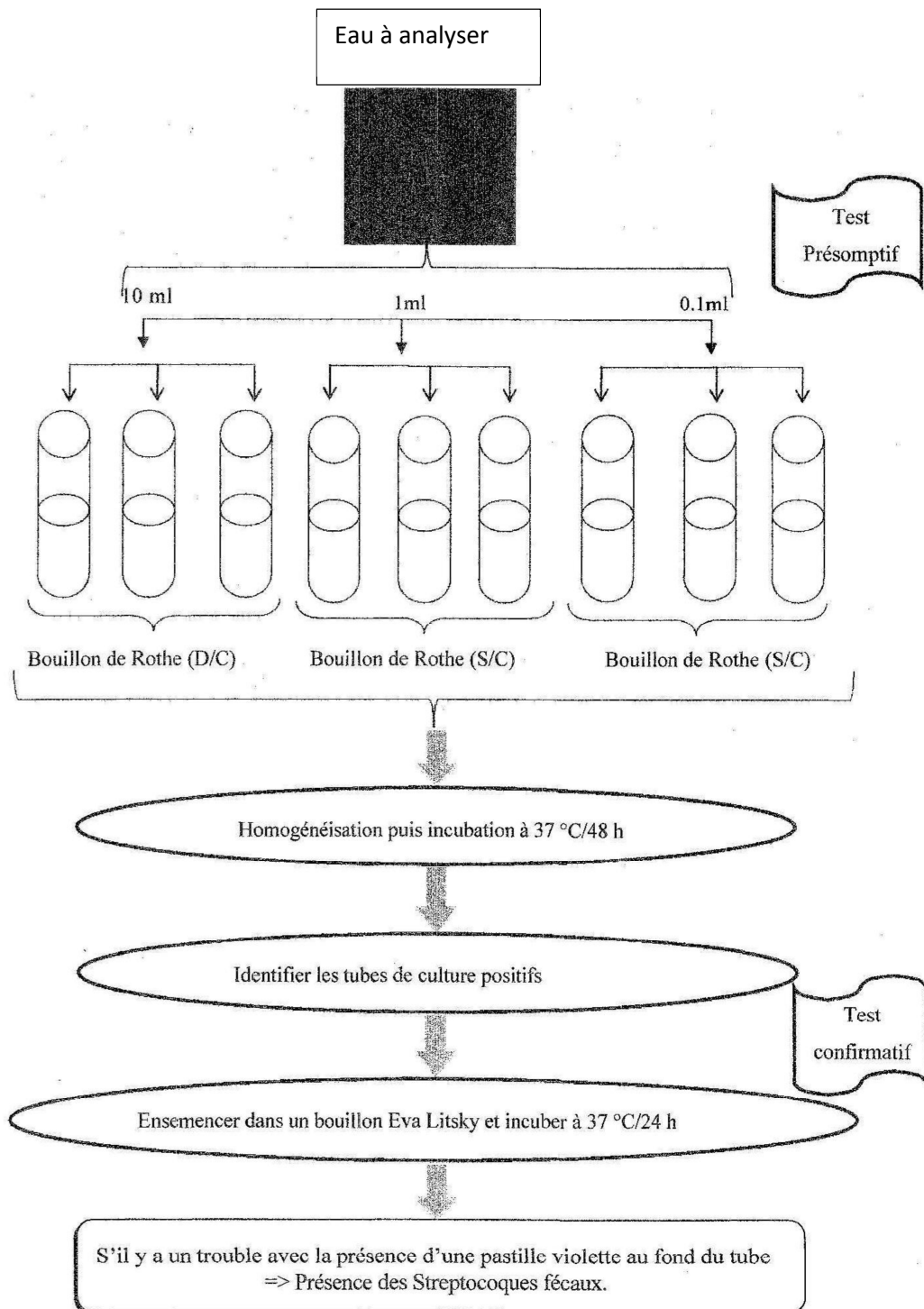


## 2. Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

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



## 2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux



## Annexe 2 : Composition des milieux de cultures

### 1. Tryptophane Glucose extrait d'AGAR (TGEA)

Tryptophane	5g
Glucose	1g
Extrait de levure	2,5g
Eau distillée	1000ml
pH	7,21
Autoclavage	120°C pendant 15min.

### 2. Milieu indole mannitol : Schubert

Tryptone	0,2g
Sulfate de magnésium	0,7g
Acide glutamique	0,2g
Sulfate d'ammonium	0,4g
Citrate de sodium	0,5g
Chlorure de sodium	2,0g
Mannitol	7,5g
Eau distillée	500ml
Tampon phosphaté	500ml
pH	7,2
Autoclavage	115°C pendant 10min.

### 3. Bouillon lactosé au propre de Bromocresol (BCPL)