

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques**  
**Département Biochimie Microbiologie**



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN  
BIOLOGIE  
SPECIALITE : MICROBIOLOGIE APPLIQUEE

Thème

**Étude des paramètres physico-chimiques et  
bactériologiques de l'eau de source « Alma, Tamazirt  
Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-  
Ouzou**



**Réalisé par :**

RAMDANE El yamine

TIGUERCHA Malek

**Présenté devant le jury :**

M<sup>r</sup> AMROUCHE T

Président du Jury

Maître de conférence (A) UMMTO.

M<sup>r</sup> MEDJKOUN N.

Encadreur

Maître assistant classe (B) UMMTO.

M<sup>lle</sup> CHEIKH A.

Examinatrice

Maître assistante classe (A) UMMTO.

M<sup>r</sup> MOULEK I.

Examineur

Maître assistant classe (B) UMMTO.

*Promotion 2014-2015*

## Remerciements

*Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné santé, sérénité afin de réaliser ce modeste travail*

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier nos deux familles et ami(e)s respectifs, qui nous ont toujours soutenues, épaulées et qui ont cru en nous.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur **Mr MEDJKOUNE.N** d'avoir accepté de nous encadrer. Nous saluons sa patience, sa rigueur, son implication exemplaire et surtout sa disponibilité pour notre travail.*

***Mr AMROUCHE.T**, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance, qui ne cesse de nous donner de son expérience et de nous avoir appris la base de la microbiologie alimentaire*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à **Mlle CHEIKH. A** et **Mr MOUALEK, I**, pour avoir acceptés d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à :*

- *Mr LAMRI, ex chef d'unité de l'ADE de Tizi-Ouzou de nous avoir facilité l'accès au laboratoire*
- *Mr FERRAT S., chef de laboratoire central de l'ADE de Tizi-Ouzou, de nous avoir accordé l'accès au laboratoire dont la direction lui est confiée ;*
- *Mme KHETTAB O., Mme METAHRI Z., Mme MOULA S., Mme FETTAH F., Mme LADJEL , Mme BEN SAID C. et Mme SABER L., toutes travaillant au laboratoire de l'ADE, pour leurs explications sur les analyses de l'eau, l'aide précieuse qu'elles nous ont apportée et le temps qu'elles nous ont consacré ;*
- *L'ensemble de nos enseignants, en particulier, Mr BARIJZ K., Mlle MEGUENI Mr SEBBANE H., Mme DERMACHE.S, Mr AMIR,*
- *Tout le personnel travaillant à la bibliothèque de biologie et agronomie, sans oublier Mr AREZKIC. travaillant au service des stages et mémoires, pour tous les services qu'ils nous ont rendus.*

*Enfin, il nous est fort agréable d'exprimer nos remerciements les plus sincères aux nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la bonne réalisation de ce travail.*

## Dédicaces

*Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie source de mon courage et mon inspiration, mes très chers parents pour tout les sacrifices qu'ils ont fournis pour mes études.*

*A mon cher frère Saïd.*

*A mes chères sœurs et mes adorables nièces Anaïs et Souhila*

*A toute ma grande famille.*

*A Mon très cher ami El yamine avec qui j'ai partagé de bons moments tout au long de ce travail.*

*A tous mes ami(e)s qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*A Mohamed amine qui nous a aidés énormément pour la réalisation de ce travail.*

*En fin, à tous les étudiants de la promotion microbiologie appliquée 2014-2015, surtout Ghiles, Iyes, Soumia, Hayet, Ouiza, Cylia, Ryma, Nassima, Melissa, Amel, Fatma, Nesrine, Ibtisseem, et Katia.*

***T. Malek***

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*En premier lieu à ma chère **MAMAN** à qui je dois toutes mes réussites. Aucune dédicace ne serait assez éloquente pour exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que je lui porte. Puisse Dieu, le tout puissant, la préserver et lui accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Ainsi à mon cher **Père** et ces conseils.*

*A ma famille **RIAT** et **RAMDANE***

*A ma famille Scout Groupe **El wafaa** **D.B.K***

*A mes chers amis et à leur tête Amine Lamri, Redha, Abdnour Oussama, et tout mes autres frères que j'aime en Allah*

*A tout les personnes qui me connaissent et qui ont contribué de près ou de loin à la réussite dans mon cursus pédagogique*

*Les 5 (le Big Mohamed amine, Moncef & Yacine, Amayas, Momoh Takali) et le Duo Memo et Nino*

*Et bien sûr mon binôme Malek. T sa patience, son humeur et son sérieux. En fin, à toute la **promotion de microbiologie appliquée** 2014-2015, que Dieu les bénisse tous et les mette sur la voie de la réussite. À leur tête : Ryma, Nassima, Hayet, Katy, Soumia, Nesrine, Liza, Ghilas, Ibtissam, Mélissa et Ouiouiz.*

**Lyamine**

## Liste des abréviations

---

**°F** : Degré français.

**ADE** : Algérienne Des Eaux.

**ASR** : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

**BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

**BLVB** : Bouillon lactosé au vert brillant.

**CMA** : Concentration maximale admissible.

**DPD** : Diethyl paraphenylene diamine.

**EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tértaacitique.

**EVA** : Ethyl Violet Azide de sodium.

**ISO** : Organisation Internationale de Standardisation.

**LM** : limite maximal.

**MES** : Matière en Suspension.

**MTH** : Maladies à Transmission Hydrique.

**NA** : Norme Algériennes.

**NF** : Normes Françaises.

**NG** : Niveau Guide

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique.

**NPP** : Nombre le plus probable.

**OMS**: Organisation Mondiale de la Santé.

**PCA**: Plate Count Agar.

**Pt/Co** : unité platine cobalt

**SAA**: Spéctrophotomètre a absorption atomique

**THM**: Trihalométhanes.

**TDS** : Solides Totaux Dissous.

**UFC**: Unités Formant Colonies.

**VF**: Viande-Foie.

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Répartition de l'eau sur la terre .....	2
<b>Figure 2</b> : Cycle de l'eau .....	3
<b>Figure 3</b> : Galet de chlore.....	30
<b>Figure 4</b> : Concentrations relatives en acide hypochloreux et en anion hypochlorite en fonction du pH à 15°C .....	32
<b>Figure 5</b> :formation de chlore résiduel.....	33
<b>Figure 6</b> : Photo de spectromètre d'émission à flamme et le matériel informatique nécessaire pour les différents dosages .....	47
<b>Figure 7</b> : équipement utilisés lors de dosage de la DCO. ....	50
<b>Figure 8</b> : teste de chlore résiduel libre .....	51
<b>Figure 9</b> : Diagramme de Piper .....	52
<b>Figure 10</b> : Diagramme de schöeller Berkaloff.....	53
<b>Figure 11</b> : variation des valeurs moyennes de la turbidité.....	60
<b>Figure 12</b> : variation des valeurs de pH.....	61
<b>Figure 13</b> : variation des valeurs de la température. ....	61
<b>Figure 14</b> : variation des valeurs de la conductivité.....	63
<b>Figure 15</b> : variation des valeurs de la Dureté totale.....	64
<b>Figure 16</b> : les valeurs moyennes de la dureté Calcique et la dureté Magnésienne.....	65
<b>Figure 17</b> : résultats obtenus lors du dosage des bicarbonates.....	66
<b>Figure 18</b> : résultats obtenus lors du dosage des sulfates.....	67
<b>Figure 19</b> : variation des valeurs pour les chlorures.....	68
<b>Figure 20</b> : variation des valeurs du Fer.....	68
<b>Figure 21</b> : Valeurs obtenues par spectrométrie d'absorption atomique.....	69
<b>Figures 22</b> : les valeurs moyennes d'aluminiums détectés. ....	70
<b>Figure 23</b> : variation des valeurs du l'ammonium.....	70
<b>Figure 24</b> : Résultats d'analyse de la matière organique acide. ....	71
<b>Figure 25</b> : les courbes d'étalonnage.....	73
<b>Figure 26</b> : Diagramme de piper d'eau de source Tamazirt Ourabah. ....	75
<b>Figure 27</b> : Diagramme de Schöeller Berkaloff de l'eau de source Alma, Tamazirt Ourabah...	76

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b> : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines .....	6
<b>Tableau II</b> : Principales analyses à effectuer sur le site .....	11
<b>Tableau III</b> : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée .....	14
<b>Tableau IV</b> : Les éléments indésirables des eaux potables. ....	18
<b>Tableau V</b> : Principales maladies d'origine bactérienne. ....	27
<b>Tableau VI</b> : principales maladies d'origine virale. ....	28
<b>Tableau VII</b> : principales maladies d'origine parasitaire. ....	29
<b>Tableau VIII</b> : quelques avantages et inconvénients au sujet de chloration. ....	33
<b>Tableau IX</b> : récapitulatif des différentes analyses physico-chimiques .....	36
<b>Tableau X</b> : Qualité d'une eau selon la dureté .....	64
<b>Tableau XI</b> : Variation des valeurs de la DCO de l'eau brute et de l'eau traitée. ....	73
<b>Tableau XII</b> : Résultats d'analyse de quelques paramètres de pollution. ....	73
<b>Tableau XIII</b> : résultats d'analyses bactériologiques. ....	76
<b>Tableau XIV</b> : Interprétation des résultats bactériologiques des eaux (Institut Pasteur d'Algérie, 1977). ....	78

# SOMMAIRE

## Partie bibliographique

Introduction .....	1
--------------------	---

### Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

1.1. L'eau sur terre .....	2
1.2. Cycle de l'eau (cycle hydrologique) .....	2
1.3. Différentes sources d'approvisionnement en eau.....	3
1.4. Caractéristiques générales des eaux souterraines.....	5
1.5. Potabilité des eaux souterraines .....	5
1.6. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.....	5
1.7. Captage des eaux souterraines.....	7
1.8. Adduction de l'eau .....	7
1.9. Les ressources en eau en Algérie .....	8

### Chapitre II : paramètres de qualité d'une eau potable

2.1. Définition de l'eau potable.....	9
2.2. Paramètres globaux de la qualité des eaux.....	9
2.2.1. Caractères organoleptiques.....	9
2.2.2. Paramètres physico-chimiques .....	10
2.2.3. Paramètres de Pollution organique .....	16
2.2.4. Paramètres indésirables .....	17
2.2.5. Paramètres de toxicité.....	18
2.2.6. Paramètres bactériologiques .....	20

### Chapitre III : Pollution des eaux et impact sur la santé

3.1. Définition de la pollution d'une eau.....	24
3.2. Principales sources de pollution.....	24
3.3. Composés dangereux pour l'eau .....	25
3.4. Contamination des eaux souterraines.....	25
3.5. Le rôle protecteur du sol.....	26
3.6. L'eau et les maladies .....	26

### Chapitre IV : Eau de consommation de la région de Mizrana

4.1. Traitement de l'eau de consommation de la région de Mizrana .....	30
--	----

4.2. Choix du désinfectant.....	30
4.3. Mode d'action du chlore .....	32
4.4. Analyse d'un dépôt.....	33
4.5. Importance de dosage du Fer .....	34

## **Partie expérimentale**

### **Matériel et méthodes**

1.1. Points d'échantillonnage .....	35
1.2. Echantillonnage.....	35
1.3. Transport des échantillons.....	36
1.4. Matériel et méthodes .....	36
1.5. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	37
1.6. Test de chlore résiduel libre .....	50
1.7. La balance ionique .....	51
1.8. Analyse statistique.....	51
1.8.1. Diagramme de Piper .....	52
1.8.2. Diagramme de schöeller Berkaloff.....	52
1.9. Analyse bactériologique.....	54
1.9.1. Méthodes d'analyses bactériologiques .....	54
1.9.2. Principaux germes recherchés .....	55

### **Résultats et interprétations**

2.1. Résultats et interprétations des analyses organoleptiques.....	59
2.2. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.....	60
2.3. Résultats et interprétations de l'analyse de la minéralisation globale.....	63
2.4. Résultats et interprétations de l'analyse des paramètres de pollution.....	68
2.5. résultats et interprétation de l'analyse du test de chlore résiduel libre.....	73
2.6. Résultats et interprétations des analyses statistiques.....	73
2.7. Résultats et interprétations d'analyses bactériologiques.....	75
Conclusion.....	77

Références bibliographiques

# *INTRODUCTION*

---

## **INTRODUCTION**

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (OMS, 2004).

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 de déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme (ROUGIER et WACKERMANN, 2009).

En effet dès le XIX<sup>e</sup> siècle, le souci de protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (REJSEK, 2002).

L'eau n'est pas un produit commercial comme un autre, elle doit être considérée comme un héritage qui doit être protégé, défendu et traité comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques. Cependant, elle est le réceptacle de tous types de pollution.

Depuis longtemps, les hommes se sont rendus compte que l'eau pourrait être responsable de diverses maladies. C'est pour cela que la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux à chaque étape de l'approvisionnement, que ce soit au niveau des réseaux de la distribution qu'au niveau des sources et des puits, revêt un intérêt primordial pour la prévention contre les intoxications et la préservation de la santé des consommateurs (DJELLOULI et TALEB, 2005).

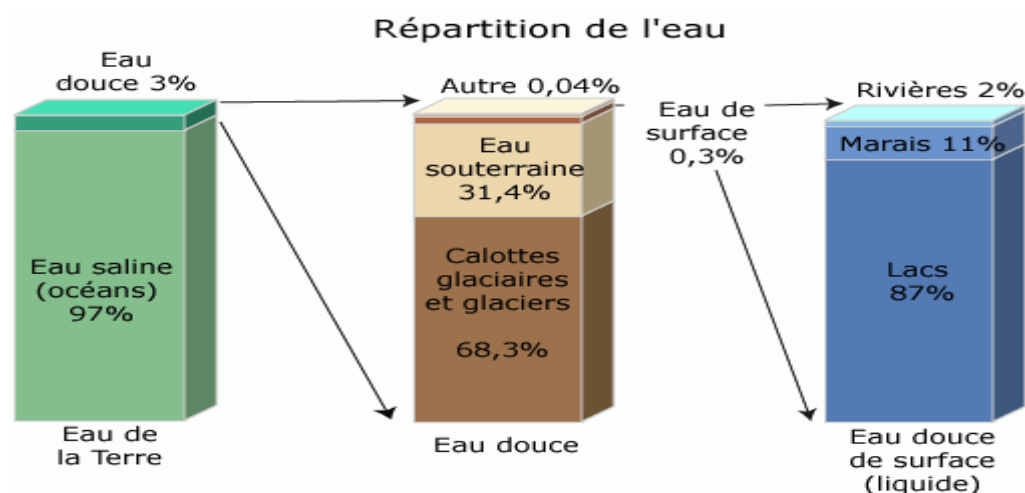
Au cours de notre étude, nous nous sommes basés sur le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source «ALMA, TAMAZIRT OURABAH » afin d'évaluer sa potabilité, avec un espoir de comprendre l'origine de dépôt rouge brique qu'elle présente, mais le plus grand souci de notre étude reste à savoir s'il existe un impacte indésirable sur la santé des villageois à court-terme et ou à long-terme, sachant que ces derniers consomment cette eau quotidiennement et depuis longtemps dans l'absence d'une étude complète qui permet d'évaluer la qualité de cette eau souterraine.

## Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

### 1.1. L'eau sur terre

L'eau, qui est la même depuis son apparition il y a quatre milliards d'années est recyclée en permanence. Le changement d'état de l'eau solide, liquide, et gazeux, permet sa circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

La majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans (Figure 1), et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'Homme. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutefois pas entièrement disponibles pour l'Homme. En effet, environ 68,3% de celle-ci se présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante...etc. Une faible proportion de ces 31,4% est sous forme de vapeur dans l'atmosphère (ASSOULINE S. et ASSOULINE J., 2007).



**Figure 1** : Répartition de l'eau sur la terre (Observatoire Régional de l'Environnement, 2014).

### 1.2. Cycle de l'eau (cycle hydrologique)

On désigne parfois le cycle hydrologique mettant en jeu évaporation, précipitation et ruissellement par le cycle externe de l'eau, ceci par opposition au cycle interne de l'eau, qui correspond à l'infiltration de l'eau dans les pores et les fractures du manteau terrestre (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

En effet, le cycle de l'eau (figure 2) pris dans son ensemble regroupe deux phases bien distinctes, bien couplées entre elles : le cycle de l'eau dans l'atmosphère et le cycle de l'eau dans le sol. La première phase, atmosphérique, est la partie la plus visible du cycle (nuages,

précipitations...), elle est caractérisée par une circulation rapide de l'eau, essentiellement sous forme de vapeur (CHOISNEL, 1999).

Cette vapeur d'eau qui est transportée sur les continents sous forme de pluie a l'originalité de ne déplacer que l'eau dans l'atmosphère. En effet, lors de l'évaporation la quasi-totalité des minéraux reste dans l'océan (seulement certains éléments volatils, tels que le mercure (Hg) ou des molécules organiques s'évaporent). Ceci conduit à une concentration des éléments minéraux dans l'eau de mer (ATTEIA, 2015).

Par contraste, la deuxième partie qui est le cycle de l'eau dans le sol se passe essentiellement en phase liquide est marquée par une vitesse de circulation de l'eau relativement lente (CHOISNEL, 1999).

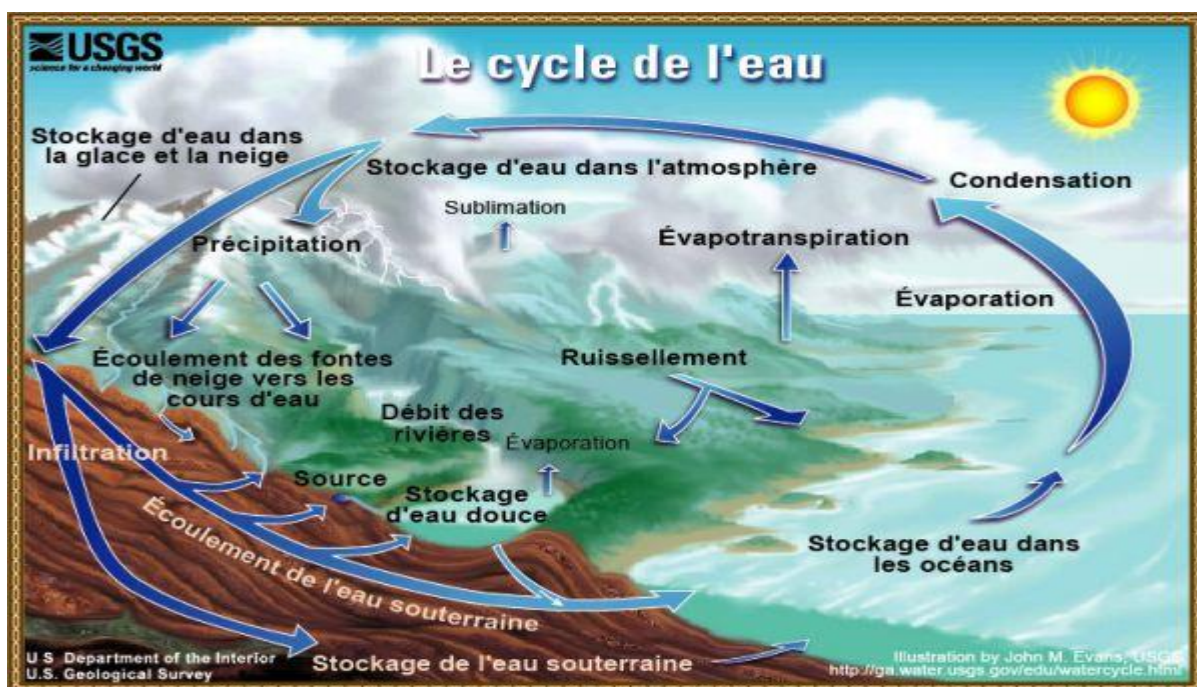


Figure 2: Cycle de l'eau (Observatoire Régional de l'Environnement, 2014)

### 1.3. Différentes sources d'approvisionnement en eau

#### 1.3.1. Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées en oxygène et en azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme le sel de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (DESJARDINS, 1997).

### **1.3.2. Eaux de surface**

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (CHAUSSADE *et al*, 2005).

Ces eaux sont constituées par des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs, glaciers. Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement. On ne doit pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté (VILAGINES, 2003).

Les eaux de surfaces sont rarement potables sans aucun traitement. Elles sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets d'origine urbaine provenant de la collecte des eaux résiduaires urbaines ; d'origine industrielle parmi lesquels on trouve les polluants organiques (hydrocarbures, solvants, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacque, produits toxiques); d'origine Agricole comme les engrais, pesticides (herbicides, insecticides, fongicides); et enfin les rejets d'origine Bactériologique provenant des humaines et des animaux (CHAUSSADE *et al*, 2005).

### **1.3.3. Eaux de mer**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Elles sont caractérisées par leur concentration en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/L (DESJARDINS, 1997).

### **1.3.4. Eaux souterraines**

Les nappes souterraines sont contenues dans des terrains réservoirs appelés aquifères. La porosité et la structure du terrain déterminant le type de nappe et le mode de circulation souterraine.

Une nappe peut être libre (ou phréatique si elle est suffisamment proche de la surface pour être accessible par puits). Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de pluie. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue.

Un cas particulier est représenté par les nappes alluviales dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. La quantité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière.

Une nappe peut être captive si elle est emprisonnée entre deux couches de terrains imperméables. Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement profondes ;

elles sont dites artésiennes quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (CHAUSSADE *et al*, 2005).

L'eau provenant de précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) situés en aval (MYRAND *et al*, 2003).

#### **1.4. Caractéristiques générales des eaux souterraines**

D'après CHAUSSADE *et al* (2005), la nature géologique du terrain à une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel soit elle stagne soit elle circule : il s'établit donc un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées, celles circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques.

Parmi les caractéristiques de ces eaux, il faut retenir une faible turbidité, une température et une composition chimique constantes, absence d'oxygène. Dans le cas de nappes en milieu fermé, principalement en circulation de type karstique, on peut cependant relever des variations brutales dans la composition de l'eau, avec apparition de turbidité et de pollutions diverses. Ces variations sont liées à celle du débit des nappes engendrées par les précipitations. En outre, ces eaux sont souvent d'une grande pureté bactériologique.

#### **1.5. Potabilité des eaux souterraines**

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » et répondant naturellement aux normes de potabilité. Lorsqu'une nappe souterraine est polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également fixés et adsorbés sur les roches et minéraux du sous sol (CHAUSSADE *et al*, 2005).

#### **1.6. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines**

Chacun de ces deux types d'eau présente des caractéristiques spécifiques qui le différencient de l'autre type, et c'est ce qu'on veut mettre en évidence à travers le tableau I qui récapitule l'ensemble de ces différences.

**Tableau I** : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines (CHAUSSADE et al., 2005).

<b>Caractéristiques</b>	<b>Eaux de surface</b>	<b>Eaux souterraines</b>
<b>Température</b>	variable suivant les saisons	relativement constante
<b>Turbidité, MES</b>	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
<b>Couleur</b>	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
<b>Goûts et odeurs</b>	Fréquents	rares (sauf H <sub>2</sub> S)
<b>Minéralisation globale (ou : salinité, TDS ...)</b>	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fe et Mn divalents (à l'état dissous)</b>	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
<b>CO<sub>2</sub> agressif</b>	généralement absent	Souvent présent en grande quantité
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>	le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eaux très polluées	absent la plupart du temps
<b>H<sub>2</sub>S</b>	généralement absent	souvent présent
<b>NH<sub>4</sub></b>	présent seulement dans les eaux polluées	présents fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
<b>Nitrates</b>	peu abondants en général	teneur parfois élevée
<b>Silice</b>	teneur en général modérée	teneur souvent élevée
<b>Micropolluants minéraux et organiques</b>	présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
<b>Solvants chlorés</b>	rarement présents	peuvent être présents (pollution de la nappe)
<b>Caractère eutrophe</b>	possible: accentué par les températures élevées	Non

**MES** : Matières En Suspension ; **TDS** : Solides Totaux Dissous.

## **1.7. Captage des eaux souterraines**

### **1.7.1. Les sources**

On utilise le plus souvent l'exutoire naturel qu'on dégage afin de saisir l'eau à la sortie de la formation. Il s'agit le plus souvent d'ouvrages de maçonnerie protégés des eaux de ruissellement par des drains superficiels ou des canaux de déviation des eaux (VILAGINES, 2003).

### **1.7.2. Captage par galeries**

Selon SALESSE (2011), les galeries de captage émergentes sont des ouvrages dont la fonction est d'exploiter l'eau souterraine et de la ramener à la surface sans le secours d'un système de puisage consommateur d'énergie. Ce captage s'obtient en creusant à partir de la surface une galerie toujours montante, mais d'une pente inférieure à celle de la surface topographique.

### **1.7.3. Captage par drains**

Ce sont des tuyaux en poterie présentant des orifices. Ils sont posés dans des tranchées et entourés de pierres et de graviers. Les tranchées sont ensuite comblées avec du sable, protégées par une couche d'argile, l'ensemble étant recouvert d'une couche de terre meuble. Leurs ramifications, de diamètre croissant, aboutissent à un tronc commun. Cette méthode est généralement utilisée pour l'exploitation de nappes peu profondes (VILAGINES, 2003).

### **1.7.4. Captage par puits**

D'après VILAGINES (2003), ce sont les ouvrages de captage les plus répandus. Ils vont du simple puits individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits.

## **1.8. Adduction d'eau**

L'adduction d'eau désigne l'ensemble des techniques permettant de transporter l'eau de sa source à son lieu de consommation. Elle est constituée :

- de la source (rivière, plan d'eau, nappe) à partir de laquelle on pompe l'eau ;
- du réseau de transport (canalisations) ;
- du stockage (bassin, château d'eau) ;
- du réseau de distribution qui amène l'eau aux consommateurs (robinet, fontaine,...etc).

Différents systèmes d'adduction sont utilisés : l'adduction par refoulement qui emploie un système de pompes pour créer une pression dans le réseau et l'adduction gravitaire qui utilise les différences d'altitude de l'eau (SALESSE, 2011).

### **1.9. Les ressources en eau en Algérie**

L'Algérie est un pays semi-aride, voire aride dont la pluviométrie moyenne annuelle varie de 200 à 400 mm. Les ressources en eau sont faibles, irrégulières et localisées dans la bande côtière. Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m<sup>3</sup>/an dont 12 milliards de m<sup>3</sup> dans les régions du Nord. Les ressources superficielles sont estimées à 15 milliards de m<sup>3</sup> et celles souterraines à 2 milliards de m<sup>3</sup> (KETTAB, 2001).

Selon KADI (1997), la gestion de l'eau en Algérie pose un problème épineux aux autorités. Les ressources disponibles sont en deçà des besoins. La vétusté des réseaux d'adduction et la capacité de stockage déficiente entravent la bonne distribution de l'eau aux consommateurs. La dotation journalière par habitant reste faible par rapport aux normes internationales.

## **Chapitre II : Paramètres de qualité d'une eau potable**

### **2.1. Définition de l'eau potable**

L'OMS définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et à des substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempt d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

### **2.2. Paramètres globaux de la qualité des eaux**

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

#### **2.2.1. Caractères organoleptiques**

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités,... etc).

##### **2.2.1.1. Couleur**

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER *et al*, 2009).

La couleur des eaux souterraines est due, généralement, à des substances colorées d'origines variées :

- Des Substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale ;
- D'algues pouvant donner une coloration variable en fonction des pigments qu'elles contiennent ;
- Des Substances minérales, en particulier le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées. (REJSEK, 2002).

### **2.2.1.2. Odeur et saveur**

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).

La saveur d'une eau est due à la combinaison de nombreux facteurs, parmi lesquels interviennent la minéralisation de l'eau (sels minéraux qui donnent des goûts particuliers à l'eau), les matières organiques dissoutes provenant de la décomposition des matières organiques végétales et des résidus agricoles, et les métabolites de certains micro-organismes vivants dans l'eau (REJSEK, 2002).

Selon l'OMS, les eaux souterraines sont normalement celles qui posent le moins de problèmes. En revanche, la plupart des eaux de surface sont sujettes à des variations saisonnières de goût et de couleur.

### **2.2.1.3. Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques ...etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

Les eaux souterraines qui subissent la filtration par le sol ont une turbidité faible (RODIER *et al*, 2009).

**Remarque :** Selon l'OMS, une turbidité importante peut mettre les microorganismes à l'abri des effets de la désinfection, stimuler la croissance bactérienne et entraîner une demande élevée en chlore. Une turbidité dépassant 5 UNT (Unité de Turbidité Néphélométrique) peut être visible à l'oeil nu et, par la suite, soulever des objections de la part des consommateurs.

## **2.2.2. Paramètres physico-chimiques**

L'eau est un produit alimentaire qui à une composition et des caractéristiques qui sont objet de certaines modification qui peuvent parvenir au cours de transport et de stockage, ce qui nécessite de faire certaines analyses sur le site (Tableau II) afin d'éviter ces changement qui peuvent fausser les résultats d'analyses.

**Tableau II** : Principales analyses à effectuer sur le site (RODIER *et al*, 2009)

Paramètre	Analyse sur site indispensable	Analyse sur site souhaitable
pH	X	
Température	X	
Conductivité		X
Oxygène dissous	X	
Turbidité		X
Potentiel Redox	X	
Anhydride carbonique dissous		X

### 2.2.2.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau (RODIER *et al*, 2009).

### 2.2.2.2. pH

Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau. En effet, il constitue un Paramètre important car non seulement il contrôle la corrosion mais montre aussi la stabilité de l'eau (MAIGA, 2005). Son importance est aussi mise en évidence au cours du traitement de l'eau, en particulier lors de la désinfection par le chlore (REJSEK, 2002).

Selon le même auteur, le pH sert à quantifier la concentration en ions  $H^+$  de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés et varie habituellement entre 7,2 et 7,6. Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH de l'ordre de 7 et parfois un peu inférieur.

Ce paramètre est également important dans la détermination de l'équilibre calcocarbonique. Une baisse de pH est due à la chloration par du chlore gazeux, ce qui rend

l'eau agressive. Cette agressivité peut conduire notamment à la mise en solution de certains éléments absorbés sur les matières en suspension. De plus, l'eau agressive est à l'origine de la dégradation de sa qualité durant son transfert dans les canalisations, redissolution des dépôts protecteurs, corrosion ...etc (VILAGINES, 2003).

### **2.2.2.3. Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogènes ( $H^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $HCO_3^-$ ), carbonate ( $CO_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $OH^-$ ). La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinités :

- Titre Alcalimétrique Complet (TAC) : correspondant à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $OH^-$ .
- Titre Alcalimétrique simple (TA) (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $OH^-$  et à la moitié des ions  $CO_3^{2-}$ . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3 (REJSEK, 2002)

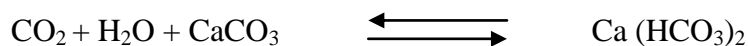
#### **✓ Intérêt de la détermination de l'alcalinité**

C'est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations du fait de son action sur celle-ci. En effet, le TAC ne doit pas être considéré seul mais doit être pris en compte dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH, la température et la dureté de l'eau. Cette ensemble de paramètres permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique (REJSEK, 2002).

### **2.2.2.4. Equilibre calco-carbonique**

En considérant une eau contenant du  $CO_2$  et mise en contact avec du carbonate de calcium ( $CaCO_3$ ) solide en excès, ce dernier est attaqué par le  $CO_2$ .

Au bout d'un certain temps, un équilibre physico-chimique se produit alors qu'il reste encore du  $CaCO_3$  solide et du  $CO_2$  dissous. La réaction prépondérante est la suivante:



Il existe donc un équilibre de saturation du  $CaCO_3$  et un pH de saturation du  $CaCO_3$  puisque le pH dépend du rapport :  $CO_2$  libre /  $CO_2$  des hydrogénocarbonates.

Si la totalité d'anhydride carbonique contenue dans une eau est supérieure à la dose d'anhydride carbonique agressif, ce dernier, en détruisant les carbonates, empêche le dépôt carbonaté protecteur sur les parois métalliques en contact avec les eaux. RODIER *et al* (2009) ont situé le problème de façon suivante:

$\text{CO}_2$  libre >  $\text{CO}_2$  équilibrant = présence de  $\text{CO}_2$  agressif = eau agressive.

$\text{CO}_2$  libre =  $\text{CO}_2$  équilibrant = absence de  $\text{CO}_2$  agressif = eau en équilibre.

$\text{CO}_2$  libre <  $\text{CO}_2$  équilibrant = déficit en  $\text{CO}_2$  équilibrant = eau incrustante.

### 2.2.2.5. Dureté

La dureté d'une eau exprime l'aptitude de cette dernière à réagir et à faire mousser du savon. A l'heure actuelle, on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à  $1 \text{ mg. L}^{-1}$ , c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfate ou d'hydrogencarbonate.

En fonction de la valeur du  $\text{TH}_t$ , REJSEK (2002) a déterminé le caractère de dureté de l'eau :

- entre 00 et 10 °F : eau très douce ;
- entre 10 et 20 °F : eau moyennement douce ;
- entre 20 et 30 °F : eau dure ;
- supérieur à 30 °F : eau très dure.

Selon le même auteur, les sels de calcium se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. La teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par l'eau et peut varier de 1 à 150 mg/l. Dans les régions à substrat acide, on trouve des valeurs faibles, de l'ordre de 2 à 8 mg/l. En pays calcaires, les concentrations se situent entre 70 et 120mg/l.

$1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{l} = 0,2 \text{ mEq/l}$
---

**Remarque :** Une eau est qualifiée de dure lorsqu'elle contient beaucoup d'ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ou d'ions magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

**Une eau dure présente différents inconvénients :**

- Elle mousse difficilement et demande donc beaucoup de savon pour les opérations de lavage.
- Elle entartre les circuits d'eau chaude par dépôt de calcaire (carbonate de calcium)

**Mais elle peut aussi présenter quelques avantages :**

- Elle est riche en minéraux et apporte donc à l'organisme le calcium et le magnésium qui lui sont nécessaires (REJSEK, 2002).

**2.2.2.6. Conductivité électrique**

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

La conductivité s'exprime en Siemens par mètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en Ohm par mètre.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et de suivre son évolution. Le tableau III donne une relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles.

**Tableau III** : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (REJSEK, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation de l'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

**2.2.2.7. Chlorures**

Les chlorures sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de NaCl, KCL ou CaCl<sub>2</sub>.

Les teneurs rencontrées dans les eaux naturelles sont généralement de 10 à 20 mg/l mais peuvent atteindre des valeurs plus importantes au contact de certaines formations géologiques (REJSEK, 2002).

Une concentration élevée en chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans cette dernière (MAIGA, 2005).

### **2.2.2.8. Matière en suspension**

Les solides en suspension sont constitués par la matière en suspension dans l'eau. Ils proviennent des sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du lessivage des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques. On distingue les matières décantables, qui se séparent de l'eau par gravité, des matières colloïdales séparées par coagulation. Les matières en suspension limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous en freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau (ETCHEBER *et al*, 2011).

### **2.2.2.9. Minéralisation globale**

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'Homme et surtout de l'enfant. Cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (RODIER *et al*, 2005).

#### **✓ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )**

Le calcium et le magnésium sont des éléments très fréquents. Le calcium est le cinquième élément naturel le plus abondant et le magnésium, le huitième. Ces deux éléments sont présents dans toutes les eaux naturelles.

En ce qui concerne l'eau souterraine, la source la plus fréquente de calcium et de magnésium est l'érosion des roches, comme le calcaire et la dolomite, et des minéraux comme la calcite et la magnésite. Ces deux éléments possèdent des objectifs d'ordre esthétique. Les paramètres esthétiques peuvent modifier le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau. Une eau dure ne pose pas de risques pour la santé aux concentrations normalement présentes dans l'eau mais elle peut toutefois endommager la plomberie et les appareils ménagers (ANONYME 1, 2009). Le manque de calcium est l'une des principales causes de l'ostéoporose. Cependant, la consommation abusive de calcium (plus de 2,5 g/jour) sans avis médical peut conduire au développement des caillots rénaux, de scléroses rénales et à des problèmes au niveau des vaisseaux sanguins (MAIGA, 2005).

#### **✓ Sodium ( $\text{Na}^+$ )**

Cet élément est originaire de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation. Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau (COUTURE, 2004).

Le sodium est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme et il est également important pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Cependant, trop de sodium peut endommager les reins et augmenter les risques d'hypertension artérielle (ANONYME 2, 2004).

✓ **Potassium ( $K^+$ )**

Le potassium est généralement peu concentré dans les eaux naturelles. Dans les eaux souterraines, sa concentration ne dépasse généralement pas 10 mg/l. De plus fortes teneurs peuvent, cependant, être observées dans des eaux ayant traversé des formations évaporitiques (CHERY, 2006).

Le potassium joue un rôle important dans le système hydrique de l'homme et il intervient dans les fonctions nerveuses. Toutefois, quand les reins fonctionnent mal, il y a une accumulation de potassium, ce qui peut entraîner une perturbation des battements du cœur (ANONYME 2, 2004).

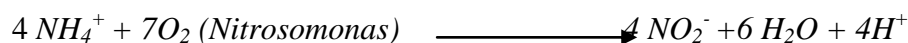
✓ **Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )**

L'ion sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) est la forme prédominante dans les eaux naturelles. Il est lié à l'oxydation des minéraux riches en soufre, principalement des sulfures primaires ou secondaires, ces minéraux sont présents dans tous les types de lithologie (calcaire, sables). La présence de sulfate dans l'eau est également liée à l'oxydation de sulfures dans les précipitations atmosphériques (phénomène des pluies acides). Lorsque le milieu est réducteur (nappe captive), le soufre est aussi représenté par sa forme réduite ( $H_2S$ ). La teneur en sulfate est donc intimement liée aux propriétés redox du milieu. Les teneurs en sulfate des eaux sont variables mais ne dépassent pas le gramme par litre. Bien que des teneurs élevées en sulfate ne soient dangereuses, elles peuvent occasionner des troubles diarrhéiques notamment chez les enfants (CHERY, 2004).

### **2.2.3. Paramètres de Pollution organique**

#### **2.2.3.1. Nitrites ( $NO_2^-$ )**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque par le genre de *Nitrosomonas*, soit à la réduction des nitrates. Ils ne présentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, soit d'origine industrielle, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité (RODIER et al, 2009).

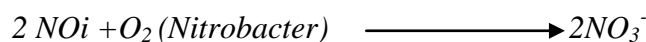


Ils constituent le plus souvent la preuve de la présence d'impuretés d'origine fécale. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique car cela indique un manque d'oxygène pour l'autoépuration. (DOVONOU E.F, 2008).

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer une hypotension chez les humains et une méthémoglobinémie chez les nourrissons (MAIGA, 2005).

### **2.2.3.2. Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrates sont issus de l'oxydation des nitrites (nitration) grâce aux bactéries du genre *Nitrobacter*.



Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux souterraines (RODIER et al, 2009). Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles et quelques milligrammes par litre dans les eaux souterraines.

Pour l'organisme humain, ils ne sont pas toxiques directement (sauf à des doses élevées de plusieurs dizaines de grammes) mais leur réduction en nitrites peut provoquer les mêmes troubles que ceux-ci (REJSEK, 2002).

Les nitrates n'ont pas d'effets toxiques directs à faibles doses ; mais le fait qu'ils puissent conduire aux nitrites dans les conditions peu oxydantes leur confère une toxicité indirecte (DOVONOU E.F, 2008).

### **2.2.3.3. Phosphates (PO<sub>3</sub><sup>4-</sup>)**

Selon MAIGA (2005), leur présence dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution.

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

### **2.2.3.4. Azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux, et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (POTELON et ZYSMAN, 1998).

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe (MAIGA, 2005).

#### 2.2.4. Paramètres indésirables

L'eau présente certains éléments dits indésirable (Tableau IV), qui devraient être prises en considération.

**Tableau IV** : Les éléments indésirables des eaux potables.

éléments indésirables	Origines	Effets	LM (µg/l)	Références
<b>Aluminium (Al)</b>	- roches, sols ; - industrielles : métallurgie, alumine et pétrochimique	encéphalopathies myocloniques chez les patients insuffisants rénaux.	200 µg/l	VILAGINES, 2003; CHERY, 2004.
<b>Cuivre (Cu)</b>	- industrielles : métallurgie, traitement de surface et galvanoplastie ; -corrosion des tuyaux.	- goût désagréable; - noircissement de certaines denrées alimentaires après cuisson ; - cirrhose.	2 mg/l	VILAGINES, 2003; CHERY, 2004 ; RODIER <i>et al</i> , 2005.
<b>Fer (Fe)</b>	- naturelle : eaux souterraines et roches sédimentaires ; - industrielle (minière et métallurgie) ; - lessivage des dépôts d'ordures.	- coloration rouge et goût métallique; - odeur de poisson pourri ; - obstruction des canalisations - taches de rouille (industrie textile ...).	200 µg/l	VILAGINES, 2003; CHERY, 2004.
<b>Manganèse (Mn)</b>	-naturelle (sols bruns, pyrite) ; -industrielle (verrière, teinturerie.	- goût désagréable; - formation d'une couche noire sur les canalisations.	50 µg/l	VILAGINES, 2003; CHERY, 2004 ; RODIER <i>et al</i> , 2005.

#### 2.2.5. Paramètres de toxicité

##### 2.2.5.1. Arsenic (As)

L'Arsenic est un métalloïde souvent rencontré dans les eaux souterraines à des concentrations supérieures aux normes européennes ou américaines (10µg/l). Certains auteurs considèrent qu'actuellement l'arsenic constitue le principal risque lié à l'ingestion d'eau au

niveau mondial. Ceci justifie la baisse de la valeur de la concentration limite dans l'eau potable, de 50 à 10 $\mu$ g/l (ATTEIA, 2005).

Sa présence dans l'environnement et par voie de conséquence dans l'eau est à relier à un certain nombre de pollutions : rejets d'eaux résiduaires industrielles, combustion du charbon ou de déchets, dépôts de résidus industriels, utilisation d'engrais, phosphatés, d'herbicides, d'insecticides et de détergents (RODIER, 2009).

#### **2.2.5.2. Cadmium (Cd)**

Le cadmium est un des métaux les plus toxiques. Il n'a aucun effet bénéfique connu. Ce métal est présent en concentration de plusieurs dizaines de ppm dans les phosphates et dans certains calcaires. L'usage industriel du cadmium est assez limité. Dans certains cas les contaminations d'origine naturelle peuvent aussi conduire à un certain risque (ATTEIA, 2005).

#### **2.2.5.3. Cyanures (CN)**

Les cyanures sont présents dans les eaux sous différentes formes d'acide cyanhydrique ou prussique, on peut les trouver sous forme d'ions cyanure, et de cyanure complexé (complexes de cyanure).

L'intoxication aiguë avec des quantités importantes de cyanures (100 mg en CN<sup>-</sup>) a un caractère foudroyant (vertiges, pertes de connaissance, convulsions, cyanose, arrêt respiratoire). L'intoxication chronique se caractérise par l'asthénie, une perte de poids, des troubles digestifs, nerveux et cardiaques.

Les cyanures retrouvés dans les eaux proviennent généralement des eaux résiduaires industrielles (RODIER, 2009).

#### **2.2.5.4. Chrome (Cr)**

Le chrome présente un comportement original. En effet, à pH neutre, il est présent sous forme d'anion (chromate et bichromate) en milieu aérobie alors qu'il précipite en milieu anaérobie. Par ailleurs le Cr<sup>VI</sup> est environ 100 fois plus toxique que le Cr<sup>III</sup>. Il conviendra donc d'être particulièrement attentif aux réactions d'oxydation dans les eaux contaminées par du chrome (ATTEIA, 2005).

#### **2.2.5.5. Mercure (Hg)**

Pratiquement, le mercure peut se trouver dans l'eau, fixé sur les matières en suspension et/ou à l'état dissous, sous forme de composés organiques et/ou à l'état minéral (RODIER, 2009).

#### **2.2.5.6. Nickel (Ni)**

Selon RODIER (2009), le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines. Les quantités retrouvées dans les eaux de surface varient de quelques microgrammes à 100 µg/L.

#### **2.2.5.7. Plomb (Pb)**

Constituant naturel de l'écorce terrestre, il est largement distribué, il se trouve dans de nombreux minéraux. Néanmoins, la corrosion des canalisations en plomb peut conduire à des niveaux beaucoup plus élevés, il est reconnu que le temps de contact entre l'eau et les tuyauteries en plomb joue un rôle essentiel sur les teneurs observées en distribution (POTELON et ZYSMAN, 1998).

#### **2.2.5.8. Sélénium (Se)**

L'état de valence du sélénium retrouvé dans les eaux est mal connu ; il est fonction de son origine, celle-ci pouvant être liée au lessivage naturel des sols ou à des rejets industriels (sélénates, sélénites, séléniures...) ; par ailleurs, il existe aussi des composés organiques tels que les acides séléno-aminés, le diméthylsélénium, le triméthylsélénium (RODIER et *al*, 2009).

## **2.2.6. Paramètres bactériologiques**

### **2.2.6.1. Les germes aérobies revivifiables**

Selon la norme NF EN ISO 6222 (1986), les germes revivifiables, nommés également mésophiles aérobies sont toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu de culture gélosé (incorporation) ou à la surface de ce milieu à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures, et à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures.

Parmi les bactéries cultivant sur gélose dans les conditions décrites, on peut distinguer deux catégories fondamentales sur le plan d'hygiène:

- les germes saprophytes, qui se développent à  $22^\circ\text{C}$  ;
- les germes pathogènes, qui se multiplient à  $37^\circ\text{C}$ .

Cette distinction provient du fait évident qu'à  $22^\circ\text{C}$ , on favorise le développement des germes spécifiques de l'eau, et qu'à  $37^\circ\text{C}$  (température du corps humain) on sélectionne les micro-organismes provenant de l'homme ou des animaux à sang chaud, de leurs sécrétions, de leurs flores naturelles et en particulier des matières fécales (HASLAY et LECLERC, 1993).

Ces micro-organismes ne présentent pas d'effets directs sur la santé, mais une concentration trop importante peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique et le dénombrement de la flore totale permet d'évaluer la densité bactérienne globale. Une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution (DUGUET et al, 2006).

### **Intérêt du dénombrement des microorganismes revivifiables**

Le principal intérêt de dénombrement de ces microorganismes réside dans la possibilité de détecter les variations par rapport aux nombres attendus grâce à une surveillance fréquente et à long terme. Toute augmentation soudaine de ces germes peut prévenir d'une pollution sérieuse et appeler à des investigations immédiates (REJSEK, 2002).

### **2.2.6.2. Les coliformes**

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 certaines caractéristiques biochimiques.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance

similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C (RODIER *et al*, 2009).

Le terme de « coliformes thermotolérants » se rapporte aux coliformes ayant les mêmes propriétés à 44°C ; celui d'« *Escherichia coli* présumé » concerne les coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à 44°C à partir du tryptophane (HASLAY et LECLERC, 1993).

### **Intérêt de la recherche et du dénombrement des coliformes**

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).

### **2.2.6.3. Recherche et dénombrement des streptocoques (ENTEROCOQUES)**

Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux ». Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield.

Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux (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.

La norme ISO 7899-2 définit précisément les entérocoques comme étant des bactéries Gram positif, sphériques à ovoïdes, formant des chaînettes, non sporulés, catalase négative, cultivant en anaérobiose à 44°C, pH 9,6 et capable d'hydrolyser l'esculine en présence de 40% de bile. (REJSEK, 2002).

#### **2.2.6.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réductrices, ou des *Clostridium* sulfito-réducteurs (CSR), ou encore de *Clostridium perfringens*, est habituellement prise en compte dans les réglementations destinées à garantir la qualité des eaux d'alimentation (HASLAY et LECLERC, 1993).

Selon la norme NF T90-415 (1986), les CSR se présentent sous forme de bacilles Gram positif et qui en se développant à une température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont d'une couleur blanche entourées d'une auréole noire. Cette auréole est le témoin de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  de couleur noire.

Les CSR sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne (RODIER et al, 2009).

Les spores de ces bactéries peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et sont résistantes à la chloration (DUGUET et al, 2006).

## **Chapitre III : Pollution des eaux et impact sur la santé**

### **3.1. Définition de la pollution d'une eau**

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

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

### **3.2. Principales sources de pollution**

La pollution de l'eau souterraine est provoquée par quatre grandes sources de pollution: domestique et urbaine, agricole, industrielle et naturelle, dont l'eau est le véhicule de transport et de dissémination idéal (CASTANY, 1982).

#### **✓ D'origine domestique et urbaine**

Ce sont les rejets d'eaux usées domestiques et municipales (lavage des rues, arrosages). Les eaux utilisées pour la climatisation des immeubles et les dépôts d'ordures ménagères apportent également leur lot de charge polluante (CASTANY, 1982).

Selon GAUJOUS (1995), la pollution domestique se caractérise par des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux (azote, phosphore) et des détergents.

#### **✓ D'origine agricole**

Provenant des fermes ou des cultures, les pollutions agricoles sont causées principalement par l'utilisation irrationnelle d'engrais chimiques et de pesticides. Mais ce sont surtout les pratiques de cultures modernes qui en sont la cause (CASTANY, 1982). La pollution agricole se caractérise par la présence de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant des engrais, des purins et des lisiers (élevage) et de produits chimiques (pesticides, herbicides...) (GAUJOUS, 1995).

✓ **D'origine industrielle**

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans cette dernière, citons :

- les matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires, équarrissages...);
- les hydrocarbures (raffineries);
- les métaux (traitement de surface, métallurgie);
- les acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...);
- l'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques);
- les matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)

(GAUJOUS, 1995).

✓ **D'origine naturelle**

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution; exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux, arsenic), une source thermo minérale...etc. (GAUJOUS, 1995)

### **3.3. Composés dangereux pour l'eau**

On entend par substances polluantes pour l'eau celles qui rendent l'eau impropre ou qui changent de manière négative d'autres propriétés de l'eau. Parmi ces composés, à coté des substances biologiquement dégradables comme les substances nutritives, on compte aussi de nombreux polluants difficilement ou non dégradables, par exemple ceux qui contiennent des huiles minérales, des résidus des pesticides, des métaux lourds ou des hydrocarbures halogénés.

Dans le cas idéal, les déchets organiques se décomposent selon un procédé d'autoépuration biologique jusqu'à la minéralisation complète; ils se transforment donc exclusivement en substances inorganiques. Souvent de telle transformation ne vont pas jusqu'à leur terme, et ils se forment des résidus organiques, qui ne sont pas dégradés ou qui ne le sont alors que lentement (BLIEFERT C. et PERRAUD R., 2001).

### **3.4. Contamination des eaux souterraines**

Les eaux souterraines, longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de

multiples polluants à haut risques dont les plus répandus sont : les nitrates et les pesticides (BOUZIANI, 2000)

La pollution des eaux souterraines issue des sources domestiques, agricoles, et industrielles est en augmentation, il s'agit de rejets directs (effluents) ou indirects (à partir des engrais et des pesticides) ainsi que du lixiviat provenant des déchets, les sources diffuses ont une incidence croissante (BORDET, 2007)

### **3.5. Le rôle protecteur du sol**

Le sol joue un rôle déterminant dans le devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement ainsi que dans la protection des milieux aquatiques des surfaces et souterraines (GRASCLAUD, 1999)

L'action épuratrice est donc due à la nature même du sol ainsi qu'au rôle joué par les végétaux et micro-organismes qui lui sont associés (BILLAULT,)

### **3.6. L'eau et les maladies**

Les effets de l'eau sur la santé de l'homme ont été perçus depuis l'antiquité, mais ce n'est que durant le siècle dernier que le rôle de certains micro-organismes présent dans l'eau a été démontré dans l'apparition des affections hydriques. L'organisation mondiale de la santé, estime que plus d'un milliard de personnes n'ont pas un approvisionnement en eau saine.

Les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues, et elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission.

On peut les répartir en trois catégories, on trouve en premier les maladies à transmission hydriques « MTH » causées par les micro-organismes fécaux-oraux et les substances toxique ; Ensuite les maladies à support hydrique dues aux organismes aquatiques ; et en dernier les maladies transmises par les nombreux vecteurs vivants sur l'eau (moustique, mouche et tsé-tsé) dont les plus graves affections sont représentées par le paludisme et la fièvre jaune.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites, les champignons, les algues, et les insectes (BOUZIANI, 2000).

#### **3.6.1. Maladies d'origine bactérienne**

La présence de certaines bactéries en un nombre défini peut engendrer des maladies (Tableau V), dont les conséquences sur la santé de consommateur peuvent varier selon l'espèce et la charge microbienne.

Tableau V : Principales maladies d'origine bactérienne.

Maladies	Agents responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	-diarrhées -vomissements ; -douleurs épigastriques ; -anurie ; -crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales.	VILLAGINES, 2003
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> et <i>Salmonella paratyphi A</i>	-fièvre ; Céphalées ; -diarrhées ; -douleurs abdominales ; -hémorragies intestinales ; -collapsus cardiovasculaire ; Atteintes hépatiques, respiratoires et neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales.	VILLAGINES, 2003
Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i> et <i>Yersinia enterocolitica</i>	-diarrhées ; -douleurs abdominales ; -selles sanguinolentes ; -fièvre ; -nausées et vomissements	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	DACOSTA, 1998
Légionellose	<i>Legionella pneumophila</i>	- pneumonie aigüe ; - asthénie ; - fièvre ; - myalgie ; - céphalées ; - toux initiale non productive.	Voie aérienne par inhalation	JARRAUD <i>et al</i> , 2007
Dysenterie bacillaire	<i>Shigella dysenteriae</i> type 1	-infection de l'intestin ; -nourrisson et jeune enfant : Hypoglycémie, septicémies, déshydratation, collapsus, insuffisance rénale aiguë.	Voie féco-orale : 10 à 100 bacilles suffisent à provoquer la maladie. L'homme et le seul réservoir et la transmission est interhumaine	DELARRAS, 2010/ Inserm
campylobactriose	<i>Campylobacter jejuni</i> ou <i>Campylobacter coli</i>	-origine de 5 à 14% des diarrhées au monde. -fièvre, maux de tête, douleurs aux muscles, suivi de la diarrhée ; -douleurs abdominales ; -nausée et vomissement ; -l'entérite.	Voie oro-fécale	DELARRAS, 2010 / ANONYME 4

### 3.6.2. Maladies d'origine virale

La détection des virus dans les milieux hydriques environnementaux se heurte principalement à deux problématiques complexes :

A / Une fois excrétées dans le milieu hydrique, les particules virales se retrouvent diluées et donc en faible concentration. Le plus souvent ces particules sont associées aux matières en suspensions, la mise en évidence des particules virales dans ces différents milieux devra donc impérativement tenir compte de cette faible concentration. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder à une concentration de l'échantillon.

B / Il faut utiliser une technique de mise en évidence des particules virales appropriée aux virus recherchés. En effet il existe un grand nombre de virus différents susceptibles d'être pathogènes pour l'homme (Entérovirus, norovirus, virus hépatiques...). De plus dans le milieu hydrique, les virus sont soumis à l'action de différents facteurs naturels physiques (température, rayonnement ultra-violet, adsorption...), chimiques (pH, Force ionique...), biologiques (micro-organismes, Métabolites microbiens...) qui pourront accélérer ou diminuer l'inactivation des particules virales mais également interférer avec la méthode de détection. (RODIER *et al*, 2009).

Le tableau ci-dessous résume les principales maladies d'origine virale rencontrées dans les eaux de consommation.

**Tableau VI** : principales maladies d'origine virale.

Maladies	Agents infectieux	Manifestations	Contamination	Références
Hépatite infectieuse	<i>Virus de l'hépatite A</i>	- fièvre ; - sensation de malaise; - perte d'appétit ; - diarrhées ; - nausées ; - ictère ; -urines foncées.	voie digestive	OMS, 2008 ;
Gastroentérites virales	<i>Rotavirus, Virus de Norwalk et Astrovirus</i>	- nausées ; -vomissement ; -douleurs abdominale ; - diarrhées; - fièvre.	voie digestive	SCHWARTZBROD, 2000

Poliomyélite	<i>Poliovirus</i>	-méningées ; -hyperthermie ; -paralysie du diaphragme et des muscles intercostaux ; -tétraplégie ;	le virus pénètre par voie péross et se multiplie dans l'intestin	SCHWARTZBROD, 2000
--------------	-------------------	---	--	-----------------------

### 3.6.3. Maladies d'origine parasitaire

L'eau constitue le réceptacle de certains parasites qui peuvent provoquer un ensemble de maladies comme il est indiqué dans le tableau VII.

**Tableau VII** : principales maladies d'origine parasitaire.

Maladies	Agent infectieux	Manifestations	Contamination	Références
<b>Giardiase</b>	<i>Giardia intestinalis</i> anciennement <i>Giardia lamblia</i>	-crampes d'estomac -ballonnement ; - flatulences ; - perte de poids ; - fatigue.	ingestion des kystes	VILLAGINE, 2003
<b>Amibiase</b>	Les amibes	-une fièvre ; -une douleur du foie ; - une dyspnée ; - une augmentation du volume du foie	Ingestion des kystes	ANONYME 5
<b>Dysenterie amibienne</b>	<i>Entamoeba histolytica</i>	- crampes ; - diarrhée muco-sanglante.	ingestion des kystes	ADL, 2006

## Chapitre IV : Eau de consommation de la région de Mizrana

### 4.1. Traitement de l'eau de consommation de la région de Mizrana

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant la distribution. Elle permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes de l'eau. Il peut, cependant, subsister dans celle-ci quelques germes banaux.

La désinfection des eaux comporte deux étapes importantes, correspondant à deux effets importants:

✓ **effet bactéricide**

C'est la capacité de détruire des germes à une étape donnée du traitement ;

✓ **effet rémanent**

C'est un effet du désinfectant qui se maintient dans l'eau, en particulier dans le réseau de distribution. Il permet de garantir la qualité bactériologique de l'eau jusqu'au robinet du consommateur. C'est à la fois un effet bactériostatique contre les reviviscences bactériennes et un effet bactéricide contre des pollutions faibles et ponctuelles survenant dans le réseau, en même temps qu'une prévention des développements des micro-invertébrés dont des formes de résistance ou de reproduction aurait pu traverser la station (CHAUSSADE *et al*, 2005).



**Figure 3:** Galet de chlore

### 4.2. Choix du désinfectant

Selon DESJARDINS (1997), le choix du désinfectant est en fonction des caractéristiques de l'eau à traiter et des critères économiques. Celui-ci doit répondre aux conditions suivantes:

- il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution fécale, les germes pathogènes, les virus et les spores quel que soit leur nature et leur quantité ;
- ajouté à l'eau dans des proportions exigées, il ne doit avoir aucun effet toxique ;
- le désinfectant doit être peu onéreux, fiable et facile à manipuler ;
- sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement et très rapidement avec le maximum de précision ;
- il doit être suffisamment stable dans l'eau afin de conserver dans le temps tout son pouvoir rémanent ;
- il ne doit pas se désagréger très rapidement, ni s'allier à certains composants de l'eau, ce qui risquerait en fin de compte d'engendrer des combinaisons dont l'effet protecteur est réduit ou nul.

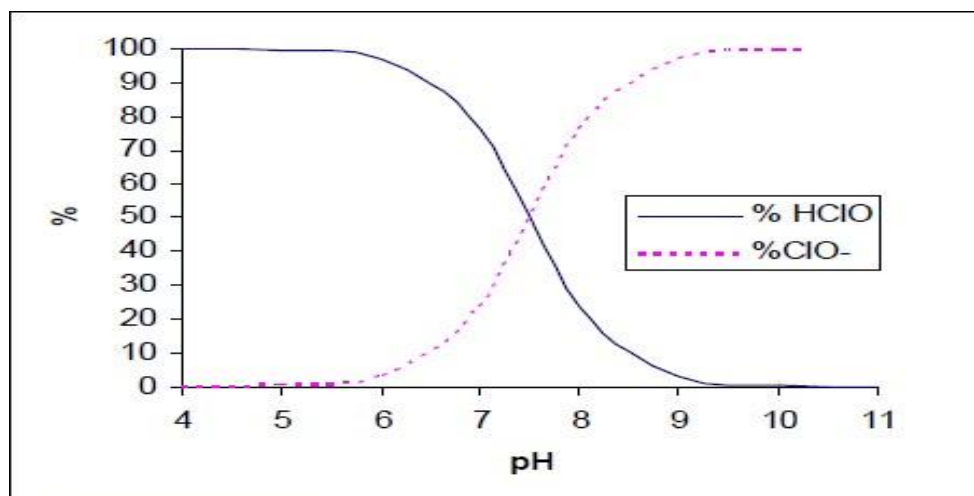
A ce jour, le chlore demeure le désinfectant le plus utilisé pour l'eau de consommation.

N'importe quel type de chlore qui est ajouté à l'eau pendant le processus de traitement formera de l'acide hypochloreux (HOCl) et des ions hypochlorites (OCl<sup>-</sup>), qui sont des composés de désinfection principaux.



L'acide hypochloreux est plus efficace. La quantité de chaque substance dans l'eau dépend du niveau du pH de l'eau avant l'addition du chlore (Figure 4). À niveau de pH bas, l'acide hypochloreux dominera. La combinaison d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite compose ce qui s'appelle un chlore résiduel.

Le chlore résiduel a un potentiel élevé d'oxydation et une désinfection plus efficace que d'autres formes de chlore (ANONYME 3).



**Figure 4 :** Concentrations relatives en acide hypochloreux et en anion hypochlorite en fonction du pH à 15°C (DURLIAT, 1997)

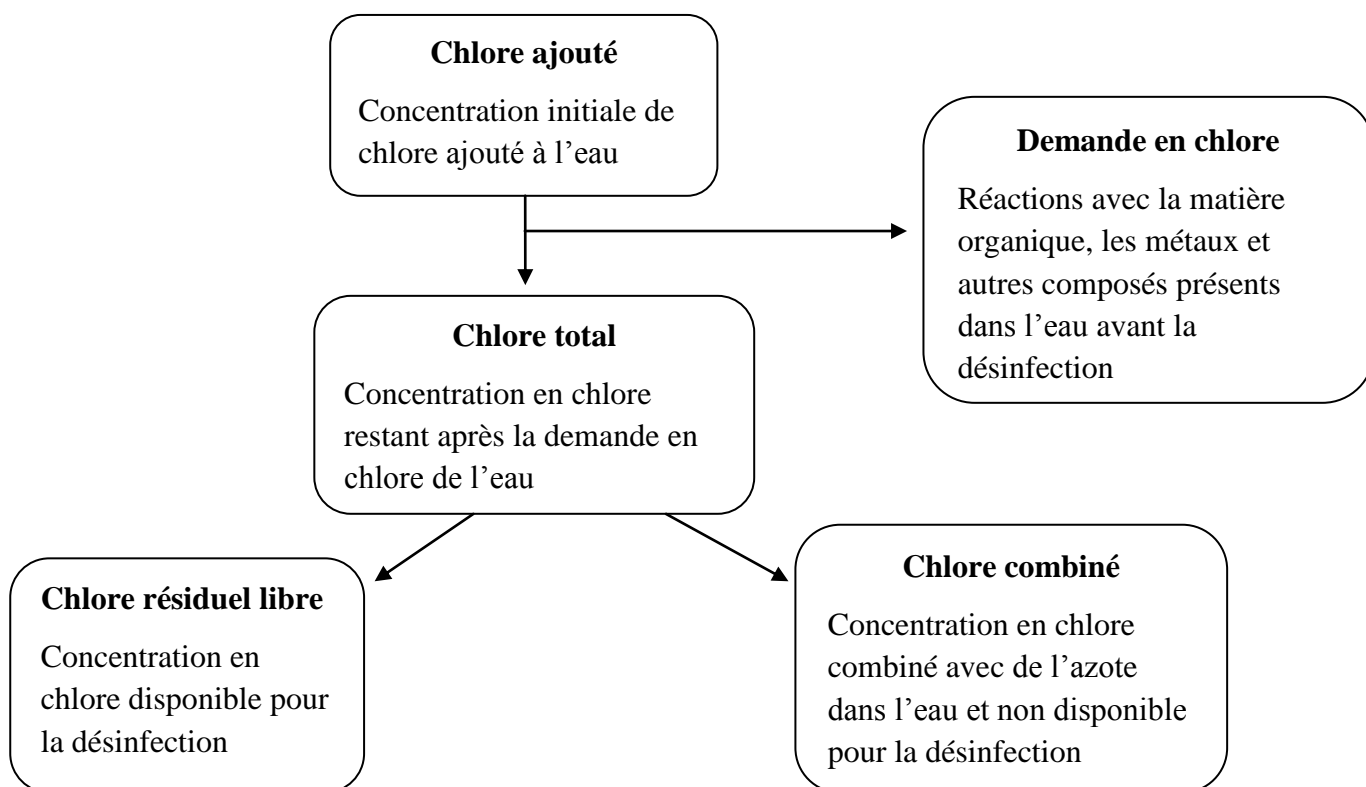
### **4.3. Mode d'action du chlore**

Quand le chlore est ajouté à l'eau, il détruit la membrane de beaucoup de micro-organismes et les tue. Cependant, il est inefficace contre certains kystes, tels que le cryptosporidium (organisme unicellulaire), résistants à la chloration en partie à cause de leur épaisse membrane extérieure.

Le processus fonctionne uniquement si le chlore entre en contact direct avec les organismes. Si l'eau contient des sédiments, il est possible que les bactéries résidant à l'intérieur ne soient pas atteintes par le chlore. Ce dernier désinfecte l'eau et la rend potable d'un point de vue microbiologique mais n'a aucun effet sur les contaminants chimiques.

Le chlore a besoin de temps pour tuer les pathogènes. A une température de 18°C et plus, le chlore doit être en contact avec l'eau pendant au moins 30 minutes. Si l'eau est plus froide, alors la période de contact doit être rallongée. (BOB, 2011)

La figure suivante représente les différentes étapes de la formation de chlore résiduel libre dans l'eau après avoir ajouté une quantité de chlore.



**Figure 5 :** formation de chlore résiduel.

Source: Adapté de Chlorine Residual Testing Fact Sheet, CDC SWS Project.

La désinfection par le chlore est une étape indispensable pour assurer la potabilité et la sécurité d'une eau de boisson, néanmoins, ce procédé peut présenter certains inconvénients comme l'indique le tableau VIII.

**Tableau VIII :** quelques avantages et inconvénients au sujet de chloration (Davis et Lambert., 2002).

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Il existe sous différentes formes : poudre, granulés, pastilles, liquide et gaz.</li><li>-En général il est facilement disponible sous une forme ou une autre et relativement peu coûteux.</li><li>-Il se dissout facilement dans l'eau.</li><li>-Il apporte une désinfection résiduelle.</li><li>-Il est efficace contre de nombreux microorganismes agents pathogènes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- C'est un oxydant puissant qui doit être manipulé avec précaution. Il faut éviter de respirer les vapeurs de chlore.</li><li>- Il pénètre difficilement à l'intérieur des sédiments et particules organiques en suspension dans l'eau.</li><li>- Il peut donner un mauvais goût à l'eau si une dose trop importante est utilisée. Ce qui peut dissuader les usagers de la consommer.</li><li>- Son efficacité contre certains organismes demande des concentrations plus élevées et des périodes de contact plus longues.</li><li>- Il est inefficace pour l'élimination des cryptosporidium. Là où ce pathogène représente une menace, d'autres méthodes devraient être utilisées en association avec le chlore (par exemple la filtration)</li></ul>

#### **4.4. Analyse d'un dépôt**

Les dépôts provenant de canalisations ou de bassins sont fréquemment soumis à l'analyse. Ce chapitre donne quelques lignes directrices permettant l'identification rapide des constituants afin d'en préciser l'origine.

Un examen préalable à la loupe binoculaire ou au microscope donne souvent des informations utiles pour déterminer la nature du dépôt (débris organiques, matières végétales, sels cristallisés, etc). Après cet examen préliminaire, une quantité représentative d'échantillon est séchée et pulvérisée (RODIER *et al*, 2009).

**Remarque :**

La majorité des sources souterraines de la région de Mizrana présentent le même phénomène, le dépôt rouge-orange, donc deux hypothèses sont supposées au sujet de l'origine de ce dernier, à savoir :

a/ Cuivre

b/ Fer

**4.5. Importance de dosage du Fer**

Le fer est le quatrième élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Le niveau de dureté et le niveau de fer montent au même moment. Le fer peut endommager la lessive et la tuyauterie, provoquer un goût désagréable et une couleur, et contribuer à l'augmentation de bactéries. Le fer peut également endommager la plomberie.

Quand il n'y a pas d'oxygène dans l'eau, le fer se trouve dans une forme réduite, dissolue ( $\text{Fe}^{2+}$ ) qui est très fréquente dans l'eau. Cette forme de fer est dissolue et n'a pas de couleur. Quand le fer est soumis à la présence d'oxygène, il va s'oxyder pour créer l'ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Cet ion n'est pas très soluble, et forme des petites particules ou colloïdes. Ces particules de rouille sont rouges et petites, ce qui fait qu'il est difficile de s'en débarrasser. La sédimentation et la filtration sont deux méthodes courantes pour se débarrasser du fer oxydé.

Présent sous forme réduite ( $\text{Fe}^{2+}$ ), le fer est oxydé par l'oxygène de l'air et précipite sous forme ferrique lorsque l'eau est pompée.

Les dalles de forages ou puits sont alors colorées en brun/rouille et les populations se désintéressent parfois de la ressource car l'utilisation d'une eau chargée en fer pour la lessive colore le linge, et consommée directement ou sous forme d'infusion (thé...), peut avoir un goût prononcé (ANONYME 6).

**PARTIE**

**EXPÉRIMENTALE**

---

## **Etude expérimentale : Matériel et méthodes**

Notre étude expérimentale s'est déroulée d'avril à juin 2015. Les différentes analyses ont été effectuées au niveau du :

- ✓ Laboratoire central de l'ADE (Algérienne Des Eaux), localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou. Sa mission est de contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique.
- ✓ Laboratoire chimie de l'environnement (département Chimie- UMMTO)
- ✓ Laboratoire Microbiologie (département biologie-UMMTO)
- ✓ Le laboratoire d'élaboration, caractérisation et modélisation des matériaux (LECMM) du département génie mécanique.

### **1.1. Points d'échantillonnage**

- le 1<sup>er</sup> prélèvement : au niveau du captage (représente l'eau brute avant traitement) ;
- le 2<sup>ème</sup> prélèvement : au niveau des bacs de décantations; (représente un traitement physique) ;
- le 3<sup>ème</sup> prélèvement : eau de consommation (traité).

### **1.2. 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 (gaz dissous, matières en suspension,...etc). 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.

#### **1.2.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques**

Les échantillons prélevés de la source ont été effectués directement. Les flacons teints (1 litre) sont rincés plusieurs fois avec de l'eau à analyser puis remplis totalement pour éviter les réactions d'oxydation. Les flacons doivent être scellés et munis d'une étiquette portant le code pour faciliter leur identification.

#### **1.2.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques**

Le récipient utilisé doit assurer une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. Il ne doit pas céder à l'échantillon de substances toxiques vis-à-vis des

bactéries. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre (250 ml). Avant prélèvement, ces flacons doivent être:

- lavés soigneusement avec un détergent et eau de Javel ;
- rincés avec de l'eau du réseau puis avec de l'eau distillée ;
- séchés ensuite bouchés et finalement stérilisés.

La stérilisation des flacons se fait dans un autoclave en le maintenant à une température de 120°C, pendant au moins 15 minutes.

Au moment du prélèvement, ouvrir le robinet, laisser l'eau couler pendant environ 5 minutes. Désinfecter le robinet soit en passant une tige de coton imbibé d'éthanol à 90%, ou une flamme d'un chalumeau, pendant au moins deux minutes (2 mn). Procéder au flamage du goulot du flacon avant et après remplissage.

Les flacons sont remplis au 3/4. Ceci afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et de pouvoir agiter et mélanger l'échantillon avant analyse. Les prélèvements doivent être scellés et munis d'une étiquette portant le code pour faciliter leur identification (NA 753, 1998).

### 1.3. Transport des échantillons

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire dans des glacières à 4°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 maximum. L'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon.

### 1.4. Matériel et méthodes

Le matériel et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IX** : récapitulatif des différentes analyses physico-chimiques

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillages
pH	Potentiométrie	pH mètre (540 GLP WTW)
Couleur	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Température	/	Thermomètre
Conductivité	/	Conductimètre (LF538)
Turbidité	/	Turbidimètre (2100N HACH)

Alcalinité	Volumétrie	/
Dureté	Titrimétrie à l'EDTA	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Chlorures	Mohr	/
Cuivre	Spectrométrie d'adsorption atomique	Spectromètre d'émission à flamme (SHIMADZU AA-6200)
Fer	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Ammonium	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Nitrites	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Nitrates	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Sulfates	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Phosphates	Spectrométrie d'absorption UV-Visible	Spectromètre (HACH)
Chlore résiduel libre	Colorimétrie	Comparateur colorimétrique
DCO	Spectrométrie d'adsorption UV-Visible	Spectromètre (CETI)
Matière organique acide	l'oxydabilité au permanganate de potassium	/

## 1.5. Mesure des paramètres physico-chimiques

### 1.5.1. Potentiométrie

Le potentiel hydrogène est le cologarithme décimal de la concentration en ions hydrogènes ( $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ ). C'est un paramètre d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $\text{H}^+$  présents (NA 751, 1998).

### 1.5.2. Mesure de la turbidité

La turbidité correspond à la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La turbidité est mesurée par un turbidimètre. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière, Les résultats sont exprimés en NTU.

### **1.5.3. Mesure de la conductivité**

#### **Principe**

La conductivité électrique d'une eau est 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.

Elle est mesurée par un conductimètre.

Le domaine d'application de cette méthode 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  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### **Mode opératoire**

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner. Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule car la température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure.

#### **Expression des résultats**

La conductivité électrique de l'eau est donnée par l'expression suivante :

$$\text{Cond } (\mu\text{S}/\text{cm}) = \text{Conductivité } (\mu\text{S}) / K \text{ (constante d'étalonnage)}$$

La salinité et le TDS sont déterminés aussi par le conductimètre (RODIER et al 2009).

### **1.5.4. Détermination de l'alcalinité**

#### **Principe**

La détermination du TA et du TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (RODIER et al, 2009).

#### **Mode opératoire**

- **Détermination de TA:** Prélever 100 ml d'eau à analyser, ajouter une à deux gouttes de solution de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors se développer, dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Verser ensuite l'acide sulfurique 1/50 N à l'aide d'une burette dotée d'un dosimat (distributeur automatique) en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution. Soit  $V_1$  est le volume (ml) d'acide utilisé pour obtenir le virage.

- **Détermination de TAC** : Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu coloration. Ajouter deux gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec l'acide sulfurique jusqu'au virage du jaune au jaune orangé. Soit  $V_2$  le volume (ml) d'acide utilisé pour obtenir le virage.

**Expression des résultats**

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l sont donnés respectivement par les expressions :

$$TA = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$TAC = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

Où :

Masse molaire des bicarbonates = 61mg.

Masse molaire des carbonates = 60mg.

V : volume de la prise d'essai = 100 ml.

**1.5.5. Détermination de la dureté totale (TH)**

**Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA). La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (RODIER et al, 2009).

**Mode opératoire**

Introduire 50 ml de l'échantillon dans une fiole, ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur mordant noir 11. La solution prendra une couleur rouge foncé. Titrer immédiatement à l'aide de la solution d'EDTA (10mM). Le point final de virage est atteint lorsque la dernière nuance rouge a disparu. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

**Expression des résultats**

La teneur globale en calcium et en magnésium ( $C_{Ca+Mg}$ ) est donnée par l'équation:

$C_{Ca+Mg} \text{ (mg/l)} = C_1 V_1 / V_0$
--

$C_{Ca+Mg}$ : teneur globale en calcium et en magnésium (mg/l).

$C_1$ : concentration de la solution de l'EDTA (mM/l).

$V_0$ : volume de l'échantillon (ml).

$V_1$ : volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le titrage (ml) (ISO 6059-1984 (F)).

### **1.5.6. Dosage du calcium**

#### **Principe**

Titrer les ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. L'acide:hydroxy-2-(hydroxy-2-sulfito-4-naphtylazo-1)-1-naphtalèncarboxylique ( $CH_{14}N_2O_7S \cdot 3H_2O$ ) qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde de sodium et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libre, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleue clair.

#### **Mode opératoire**

Introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole, ajouter 2 ml de la solution de NaOH (2M) et environ 0,2 g de l'indicateur HSN. Ajouter la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur. La teneur en calcium, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par l'équation suivante :

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

$C_{Ca}$ : 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 (ISO 6058 : 1984).

### **1.5.7. Détermination du magnésium**

La détermination du magnésium, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par la Formule suivante :

$$C_{Mg} (mg/l) = C_{Ca+Mg} - C_{Ca} \quad (\text{ISO 6058: 1984})$$

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

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

$C_{Ca}$ : teneur en calcium.

### 1.5.8. Dosage des chlorures

#### Principe

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

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. Ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent 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.

#### Essai à blanc

Titrer une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon pour essai. La valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0.2 ml de Nitrate d'Argent, dans le cas contraire, vérifier la pureté de l'eau.

#### Expression des résultats

La concentration en chlorure PCl exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule

$$P_{Cl} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} C f$$

Où

Pcl : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

Va : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; Les dilutions doivent être prises en compte).

Vb : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de blanc.

Vs : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

C : est la concentration réelle exprimée en moles d'AgNO<sub>3</sub> par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

f : est le facteur de conversion f=35453 mg/mol.

### **1.5.9. Dosage de l'ammonium**

#### **Principe**

C'est un dosage spectrométrique du composé bleu formé suite à la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence nitroprussiate de sodium. ADE de T.O, 2015 in (ISO 7150/1 et ISO 5667)

#### **Mode opératoire**

A 40 ml de l'échantillon, ajouter 4ml du réactif coloré et mélanger, il y aura alors apparition d'une coloration jaune. Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, ajouter 2ml 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 655 nm. L'essai à blanc est réalisé comme décrit précédemment, mais en utilisant 40 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai (ISO 7150/1- 1984 (F)).

### **1.5.10. Dosage des ions nitrites**

#### **Principe**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane.

#### **Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO<sub>2</sub>-Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).

La valeur donnée par le spectrophotomètre correspond à la concentration en N-NO<sub>2</sub>; donc pour avoir la concentration en NO<sub>2</sub>, on doit multiplier la valeur par 3,29 (ISO 6777).

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

### **1.5.11. Dosage des nitrates**

#### **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### **Mode opératoire**

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole conique séchée puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5 ml de la solution de diméthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 à 60 min.

Effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5 ml d'eau distillée. La concentration en azote nitrate est la valeur donnée par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 nm. La concentration en nitrate est égale à  $N\text{-NO}_3 \times 4,427$  (ISO 7890/1-1986).

### **1.5.12. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium- méthode à chaud en milieu acide**

#### **Dosage**

- Transférer à l'aide d'une pipette, 100 ml d'échantillon dans un bécher 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 millimoles/l de permanganate de potassium et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes  $\pm$  2 minutes.
- Après 10 min, 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 (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).
- 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 (de préférence sortant du purificateur).

- Noter le volume  $V_0$  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 retitrer avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s.

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

### **Mesures et calcul du résultat**

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

$$IMn = \frac{(V1 - V0)}{V2} \times f$$

Où

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

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

$V_2$  : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

$f$  : est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre ( $f = 16$ ).

### **1.5.13. Détermination des sulfates**

#### **Principe**

Les ions sulfates sont précipités et doser à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



#### **Mode opératoire**

La méthode consiste à prendre 100 ml d'eau à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante. Ajouter 2 ml de chlorure de baryum. Laisser le temps de contact, passer au spectrophotomètre à 420 nm.

**Remarque :** Si la conductivité dépasse les 500  $\mu\text{s/cm}$  on fait la dilution.

### **Expression des résultats**

Le résultat est exprimé comme suit :

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/l)} = \text{la valeur lue} \times \text{la dilution (méthode Allemande de Kern).}$$

$\text{SO}_4^{2-}$  : concentration des ions sulfates (mg/l).

#### **1.5.14. Dosage des bicarbonates**

La détermination des bicarbonates est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (RODIER, 2005).

#### **1.5.15. Détermination des ions phosphates**

##### **Principe**

Le dosage des phosphates est basé sur la formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et de potassium. Le complexe formé est ensuite réduit par l'acide ascorbique en un produit coloré en bleu.

##### **Mode opératoire**

A 40 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélange. Incuber pendant 10 min (temps de contact). L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance à 880 nm. En parallèle effectuer toujours un essai à blanc.

Les résultats sont exprimés en mg/l (ISO 6878-1, 1986).

$$\text{Formule : } P \times 3,06 = \text{PO}_4^{-3}$$

#### **1.5.16. Dosage du fer**

##### **Principe**

Addition d'une solution de phénantroline-1,10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge - orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Le complexe fer (II) - phénantroline -1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

##### **Dosage**

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml, Transvaser la solution 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 en utilisant une cuve de 10 mm<sup>2</sup>.

### **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

### **1.5.17. Dosage de l'aluminium par spectrométrie**

#### **Principe**

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5,9 en présence de l'acétate d'ammonium.

#### **Dosage**

Dans une fiole de 50ml, verser 25ml de l'eau à analyser puis injecter successivement les réactifs suivants :

- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N avec agitation ;
  - 1 ml d'acide ascorbique à 1% avec agitation ;
  - 1 ml d'acide sulfurique à 0.04 N ;
  - 10 ml de la solution tampon pH 6.2 ;
  - 5 ml de la solution fille d'eriochrome cyanine préparée à partir de 1ml de la solution eriochrome cyanine dans 100 ml d'H<sub>2</sub>O.
- Le temps de contact est de 20 minutes.
  - Mesurer enfin, l'absorbance à la longueur d'onde (environ 540 nm).

#### **Mesures et calcul du résultat**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'aluminium.

### **1.5.18. Dosage de cuivre par spectrométrie d'adsorption atomique**

Le dosage a été effectués à l'aide d'un spectromètre d'émission à flamme qui est lié à un logiciel qui permet de donner la teneur exacte en cuivre (figure 6).



**Figure 6 :** Photo de spectromètre d'émission à flamme et le matériel informatique nécessaire pour les différents dosages (Originale, 2015).

### 1.5.19. Dosage de calcium et de magnésium par méthode titrimétrique à l'EDTA

#### Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10.

L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T appelé aussi le mordant noir 11, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

#### Dosage

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml de la solution tampon pH 10 et une pincée d'indicateur NET (mordant noir 11). Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose. Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA (solution titrée à 0.01 mol/l), en versant lentement jusqu'au virage au bleu. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

#### Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ), exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$\text{TH} = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Où :

TH : dureté exprimée en °F ;

V<sub>2</sub> : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé ;

F<sub>c</sub> : facteur de correction ;

F : facteur de dilution ;

➤ **Calcul de facteur de correction (F<sub>c</sub>)**

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction F<sub>c</sub> est égal à :

$$F_c = \frac{\text{volume versé}}{\text{volume théorique (12,5 ml)}}$$

Si :  $0,96 \leq F_c \leq 1,04$ , alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

### **1.5.20. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)**

#### **Principe**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité de dioxygène (O<sub>2</sub>) provenant de la réduction de potassium, nécessaire pour oxyder les matières oxydables étant dans les conditions opératoires définies selon la norme établie.

La consommation d'oxygène par l'échantillon à analyser provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de dichromate de potassium réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.

#### **Dosage**

##### **Mesure de la DO des échantillons à analyser**

- Prélever à l'aide d'une pipette 2,5 ml de l'eau à analyser et les introduire dans le tube en verre ;
- Ajouter lentement 1,5 ml de la solution de digestion dans le tube ;
- Ajouter lentement 3,5 ml du réactif acide ;
- Mélanger le tout ;
- Chauffage dans un chauffe ballon à une température de 150 °C pendant une période de deux heures (2h) ;

- Après minéralisation, retirer les flacons et laisser refroidir à température ambiante ;
- Effectuer un essai à blanc de l'eau distillée ;
- Ajuster la longueur d'onde du spectrophotomètre à 600 nm et effectuer la lecture.

**Etablir la courbe d'étalonnage de la DCO**

- A partir la solution étalon de 1000mg/l, préparer dans des fioles jaugées de 100 ml, une série de solutions aux concentrations suivantes : 100, 150, 200, 250 et 300 mg/l O<sub>2</sub>.
- Ajouter 0,25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 9N dans chaque fiole et compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée ;
- Homogénéiser les solutions préparées ;
- Prélever à l'aide d'une pipette 2,5 ml de chaque solution préparée et les introduire dans le tube en verre ;
- Ajouter lentement 1,5 ml de la solution de digestion dans chaque tube ;
- Ajouter lentement 3,5 ml du réactif acide ;
- Chauffage dans un chauffe ballon à une température de 150°C pendant une période de deux heures (2h) ;
- Après minéralisation, retirer les flacons et laisser refroidir à température ambiante ;
- Effectuer un essai à blanc de l'eau distillée ;
- Ajuster la longueur d'onde du spectrophotomètre à 600 nm et effectuer la lecture.
- Etablir la courbe d'étalonnage à l'aide de logiciel Excel qui va nous donner l'équation de la droite  $y = a x$

La figure suivante représente un ensemble d'équipements utilisés lors de dosage de la DCO (deux burettes, l'une contienne la solution de digestion et l'autre contienne réactif acide ; un chauffe ballon, spectrophotomètre à UV visibles ; tubes ; fioles jaugées de 100 ml).



**Figure 7** : équipement utilisés lors de dosage de la DCO (Originale, 2015).

### Expression des résultats

La valeur de la DCO de nos échantillons est donnée par la formule suivante :

$$\text{DCO} = \text{DO} / a$$

Où :

DCO : la demande chimique en oxygène exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l.

DO : la densité optique donnée par le spectrophotomètre à UV.

a : valeur de l'absorbance donnée par le logiciel Excel après avoir établi la courbe d'étalonnage.

#### 1.5.21 Teste de chlore résiduel libre

La méthode la plus rapide et la plus facile pour tester la présence de chlore résiduel est le teste DPD, en utilisant un comparateur colorimétrique. Une pastille DPD est ajoutée à un échantillon d'eau, et teint l'eau en rouge. L'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une échelle de couleur afin de déterminer la concentration en chlore.

Les matériaux utilisés pour le teste de chlore résiduel sont représenté par la figure suivante.



**Figure 8** : teste de chlore résiduel libre (originale, 2015).

### 1.6. La balance ionique

En théorie, pour un pH voisin de 7, la somme des anions exprimée en concentration de milliéquivalents doit correspondre exactement à la somme des cations exprimée de la même manière. En pratique, il existe toujours un écart entre ces deux valeurs.

D'une façon générale, on utilise pour les contrôles que quatre anions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) et quatre cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

La validité de l'analyse chimique est conditionnée par la réaction suivante :

$$\frac{|\sum \text{Cations} - \sum \text{Anions}|}{|\sum \text{Cations} + \sum \text{Anions}|} \times 100 = r(\%)$$

L'écart ne doit pas dépasser 5% pour une eau faiblement minéralisée, contenant moins de 1mg/l d'électrolytes. Il devrait être inférieur à 2% pour une eau fortement minéralisée (RODIER et *al*, 2005).

### 1.7. Analyse statistique

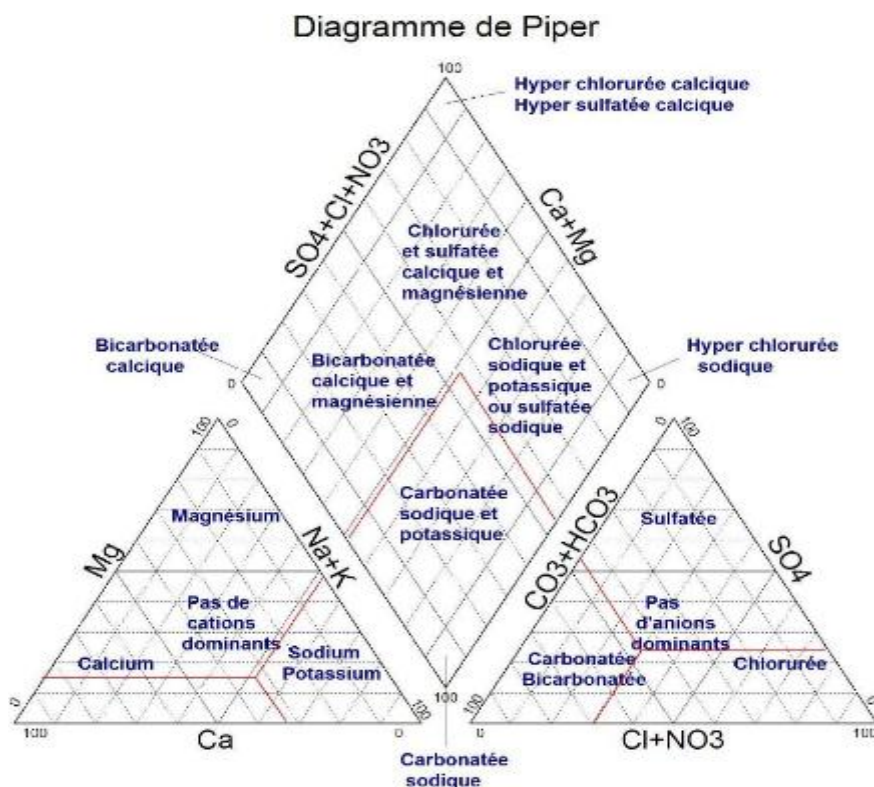
L'utilisation des données en hydrochimie représentées sous forme de diagrammes ou de graphiques s'avère utile et repose parfois sur des outils assez compliqués. Cependant, dans de nombreux cas, il est possible de visualiser simplement les caractéristiques importantes des échantillons d'eau.

Pour notre étude physico-chimique, nous avons fait appel aux diagrammes de Piper et Schöeller Berkloff.

### 1.7.1. Diagramme de Piper

Ce diagramme (figure 9) permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux.

Il est composé, comme le montre la figure ci-dessous, de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.



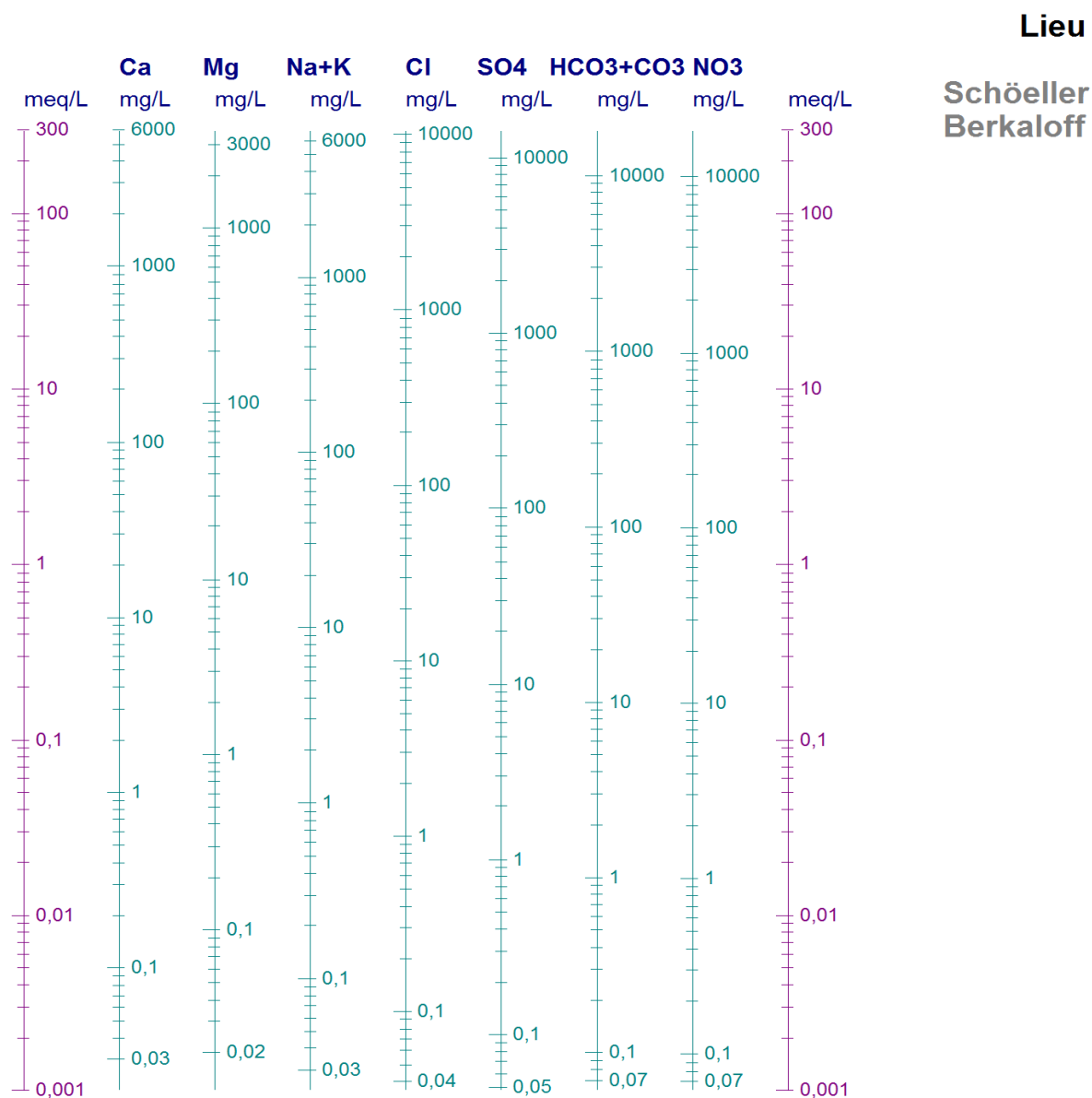
**Figure 9 :** Diagramme de Piper

### 1.7.2. Diagramme de schöeller Berkaloff

Le diagramme de Schöeller Berkaloff (figure 10) permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

Il est ainsi possible de visualiser à la fois le faciès chimique, mais aussi la minéralisation de l'eau (sa charge dissoute), ce qui est appréciable.



**Figure 10** : Diagramme de schöeller Berkaloff

## **1.8. Analyse bactériologique**

### **1.8.1. Méthodes d'analyses bactériologiques**

#### **1.8.1.1. Méthode par incorporation en milieu gélosé**

L'eau est 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).

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

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (loi de Poisson). Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide 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 10ml d'eau, trois autres avec chacun 1ml d'eau, trois autres avec chacun 0,1ml d'eau (soit 1ml d'eau diluée au 1/10).
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 10 ml d'eau, un tube avec 1ml, un tube avec 0,1ml (soit 1ml d'eau diluée au 1/10).
4. Un tube est ensemencé avec 50ml d'eau, cinq autres avec chacun 10 ml, cinq autres avec chacun 1 ml. 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 (Annexe 5).

#### **1.8.1.3. 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 0,45 µm. Incuber ensuite cette membrane pendant  $24 \pm 2h$  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. La présente méthode est recommandée pour les eaux peu contaminées (RODIER et al, 2009).

## **1.8.2. Principaux germes recherchés**

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

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des micro-organismes (bactéries, levures et moisissures) par comptage des colonies après incubation à 22 et à 37°C. A partir de l'eau à analyser (SM =1), porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage (voir Annexe). Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA (ou PCA) fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ . Laisser solidifier les boîtes sur la paillasse. Les boîtes seront ensuite partagées en deux séries distinctes :

- la première série est incubée à 22°C pendant 72h ;
- la seconde série est incubée à 37°C pendant 48h.

### **1.8.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

#### **➤ Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP**

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

**1<sup>ère</sup> étape**, le test de présomption : réservé à la recherche des bactéries coliformes.

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

- 3 fois 10ml d'eau à analyser dans 3 tubes contenant 10ml du milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
- une fois 1ml dans un tube contenant 10ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;
- une fois 0,1ml dans un tube contenant 10 ml du 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 positifs sont ceux présentant à la fois :

- un dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (Annexe 4).

Ces deux caractères sont témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en Annexe.

**2<sup>ème</sup> étape**, le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermotolérantes parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage dans des tubes 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 24h.

Les tubes positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe 5).

### **Remarques**

- En cas de doute lors du test de présomption (trouble qui n'est pas clair ou bien un petit dégagement de gaz), un test de confirmation des coliformes totaux s'avère nécessaire et qui se réalise au même temps que le test de confirmation des coliformes thermotolérantes sur milieu Schubert. Pour cela, on procède au repiquage des tubes BCPL positifs et les tubes dont on a redouté sur milieu BLVB. L'incubation des tubes BLVB se fait à 37°C pendant 48 h (NF T90-413 ; NF V 08-017).
- Pour nos échantillons on les a effectués en utilisant uniquement la méthode **NPP**, pour éviter le risque d'altérer l'appareil (rampe de filtration ; la membrane poreuse) en raison d'une turbidité élevée, en plus on a suspecté la présence d'ions de fer, vu le dépôt rouge qui s'y forme au fond du flacon.

### ➤ **Méthode par filtration sur membrane**

Cette méthode consiste en la recherche et au dénombrement des coliformes et d'*Escherichia coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 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 arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 3$  heures voire  $44 \pm$  heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivi de l'identification biochimique des *Escherichia Coli*.

Après incubation, les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des coliformes portent une coloration rouge et celles ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *Echerichia coli* portent ainsi une coloration bleue.

**Remarque :** L'utilisation d'un bouillon tryptosé au manitol, au laurylsulfate et au tryptophane permet de prouver à la fois la production de gaz et d'indole dans un seul tube à essai.

### **1.8.2.3. 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'azide de sodium, le repiquage des tubes « positifs » sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en azide de sodium et présence d'éthyle violet), ne laisse se développer que les *streptocoques fécaux* (RODIER et al, 2009). La recherche et le dénombrement des *streptocoques fécaux* dans les eaux se fait en deux étapes consécutives :

**1<sup>ère</sup> étape (le test de présomption) :** A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- cinq fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu ROTHE D/C.
- une fois 1 ml dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE S/C.
- une fois 0,1 ml dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 h.

Après incubation, les tubes positifs sont ceux présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement et doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être justement confirmés.

**2<sup>ème</sup> étape (le test de confirmation)** : Ce test est basé sur la confirmation des *Streptocoques fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois ci à 37°C pendant 24h. Les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette au fond des tubes sont considérés comme positifs (Annexe).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en Annexes (NF T 90-411).

#### **1.8.2.4. Recherche et dénombrement des spores des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80°C/10min, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondue, régénéré, additionné de sulfite de sodium et de sels de fer. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir autour des colonies (RODIER et al, 2009 ; NA 6369).

Après chauffage, refroidir immédiatement l'échantillon destiné à l'analyse, sous un fil d'eau du robinet. Prendre cinq tubes contenant chacun 15 ml de gélose Viande Foie fondue à 50°C puis refroidie ; ajouter ensuite ses additifs spécifiques (sulfite de sodium (6 gouttes) et alun de fer (3 gouttes)). Répartir dans chacun des tubes 5 ml de l'échantillon à analyser, mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène. Ajouter quelques gouttes de l'huile de vaseline afin de créer l'anaérobiose.

Laisser solidifier puis incuber à 37°C pendant 24 h (Annexe). La première lecture doit être faite après 16h car très souvent les spores des bactéries anaérobies *Sulfito-réductrices* sont envahissantes. La deuxième lecture se fera après 24h. Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les cinq tubes à 25 ml d'eau à analyser.

## Etude expérimentale : Résultats et interprétations

### 2.1. Résultats et interprétations des analyses organoleptiques

#### 2.1.1. Couleur (Pt Co)

Notre eau brute du captage présente une couleur importante qui est de 39 unités pt/co Sachant que la norme algérienne établie est de 15 pt/co.

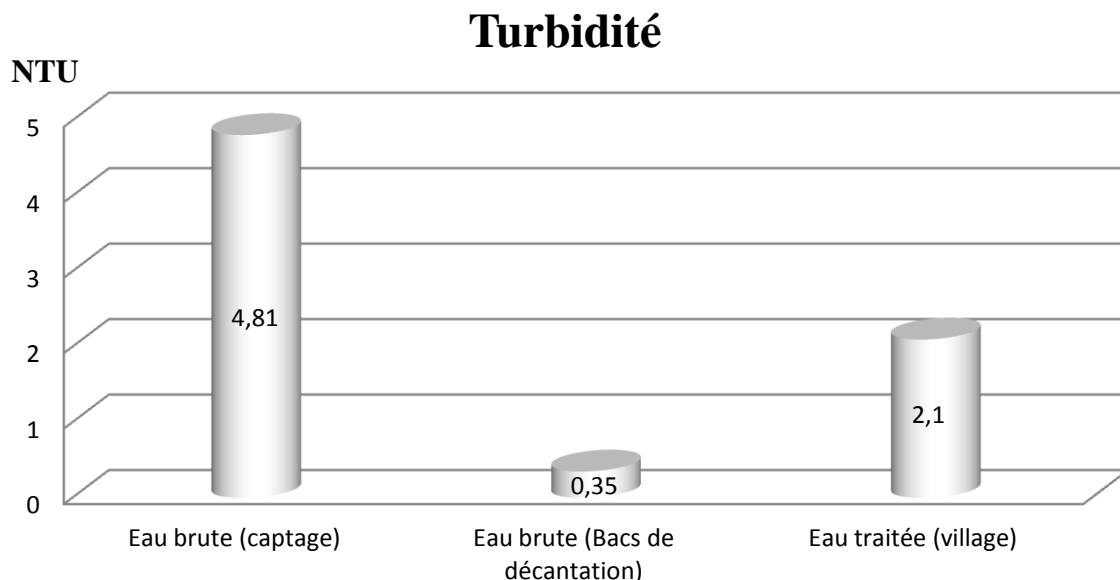
La couleur apparente est probablement due aux substances dissoutes et aux matières en suspension.

La coloration d'une eau potable pose surtout un problème esthétique, entraînant une répugnance vis-à-vis des consommateurs, de plus, une eau colorée est souvent riche en acides humiques et fluviques qui risquent de s'interférer et former des composés potentiellement dangereux (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Nous remarquons que la valeur obtenue ne respecte pas la norme établie pour les eaux potables qui est de 15 unités Pt/Co comme CMA ; ces valeurs traduisent une eau très riche en substances dissoutes et en matières en suspension responsables de la coloration.

#### 2.1.2. Turbidité

L'histogramme suivant représente les valeurs de la turbidité en NTU pour nos échantillons (figure 11).



**Figure 11** : variation des valeurs de la turbidité.

La turbidité a une importance sur les autres paramètres définissant la qualité de l'eau, tant que du point de vue bactériologique que chimique. Les éléments à l'origine de la turbidité augmentent la demande en chlore de l'eau traité (POTELON et ZYSMAN, 1998).

La valeur de la turbidité obtenue au premier captage diffère de celle enregistrée au niveau des bacs de décantation qui diffère aussi de celle consommée par les villageois, ces dernières sont comprises entre 1 et 100 NTU, ces variations sont due principalement au bacs de décantation qui sont présent juste après le premier captage donc sa explique le dépôt de certaines matières dissoutes ou en étaient en suspension.

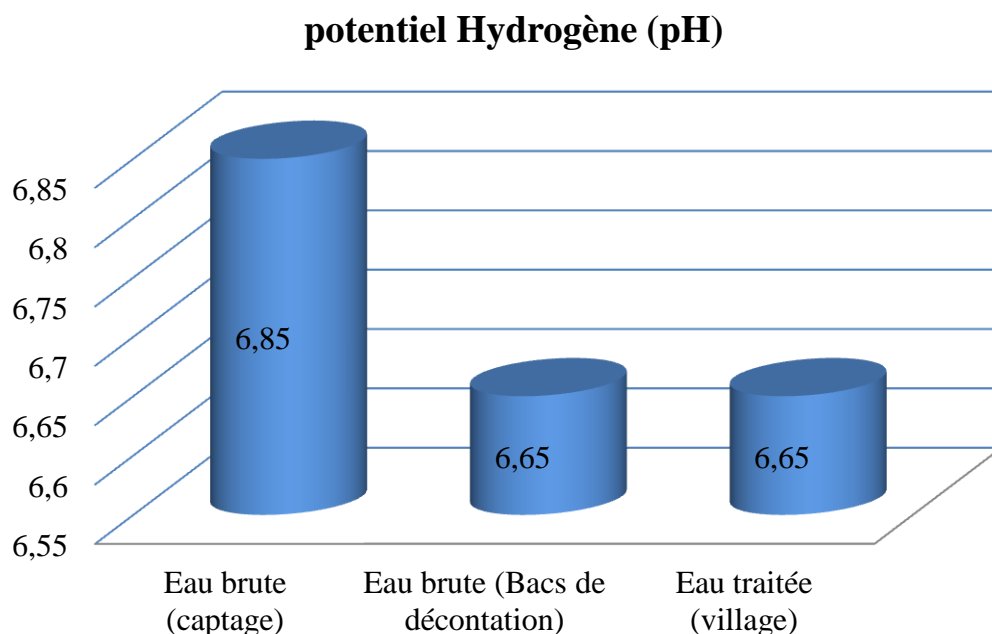
Ainsi dans de la bache à eau la turbidité de l'eau qui arrive aux consommateurs peut varier car à ce niveau il y a un mélange de deux eaux issues de deux captage différents et le deuxième captage non étudié présente une turbidité plus importante que le premier, donc l'augmentation de 0.35 au 2.1 NTU enregistrée chez le consommateur est due surement a ce dernier.

## 2.2. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques

### 2.2.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, il intervient dans les phénomènes complexes avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité.

L'histogramme suivant représente les variations de potentiel Hydrogène (Figure 12).



**Figure 12 :** variation des valeurs de pH.

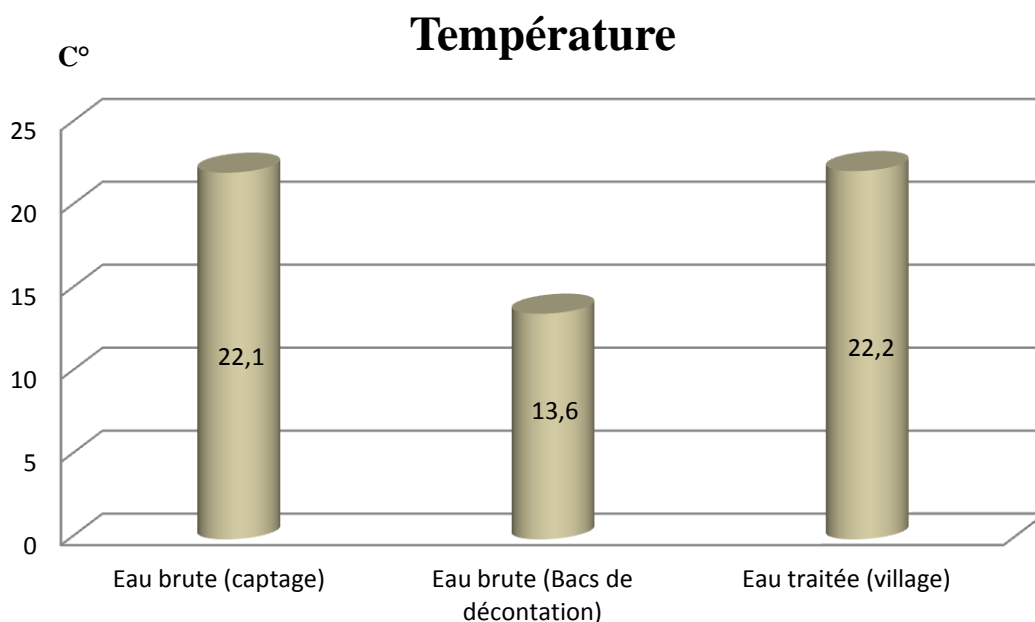
- Un pH inférieure à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple ;
- Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution ;
- Au-dessus de 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore, par ailleurs, la chloration diminue le pH (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Le pH de nos échantillons est compris entre 6.65 et 6.85. Ils ont donc un pH voisin de la neutralité. Selon la norme de pH d'une eau potable, les valeurs doivent être comprises entre 6,5 et 8,5.

L'augmentation de pH peut être une conséquence d'un surdosage de la chaux neutralisante. Ainsi la diminution peut être causée par le traitement avec de chlore.

### 2.2.2. Température

La figure 13 montre l'histogramme qui représente la moyenne des valeurs de la température en degré Celsius.



**Figure 13** : variation des valeurs de la température.

La diminution ou l'augmentation de la température a un effet direct sur la qualité de l'eau

- Sa diminution entraîne les effets suivant :
- Diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection ;

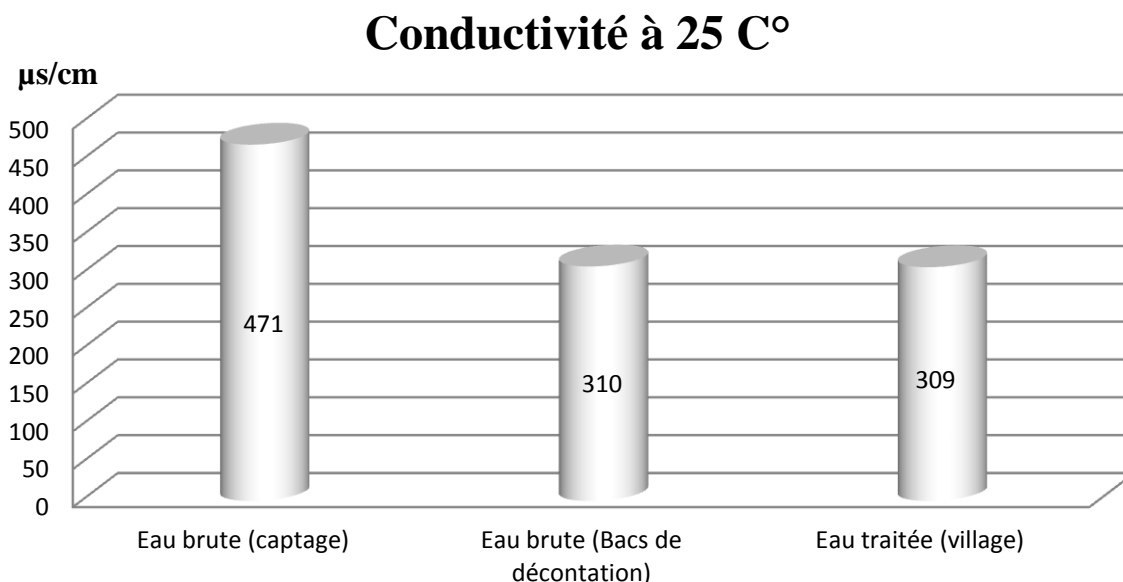
- Augmentation de la viscosité de l'eau ;
- Diminution des vitesses de sédimentation et de filtration.
- Son augmentation a diverse conséquences :
- Croissance bactérienne favorisé induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voir d'hygiène ;
- Diminution du pH optimal pour la coagulation ;
- Augmentation de la vitesse de formation des trihalométhanes avec une eau traitée au chlore.
- Augmentation de la corrosion dans les stations de traitement.

A vraie dire les valeurs obtenues sur le site sont constantes et voisine de 16°C ; lors du transport des échantillons des variations peuvent être observées. Les résultats obtenus montrent une fourchette d'intervalle comprise entre 13°C et 22°C.

La directive européenne du conseil des consommateurs fixe à 12°C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine et à 22°C la température à ne pas dépasser (BORDET, 2007).

### 2.2.3. Conductivité

L'histogramme suivant représente la moyenne des valeurs de la Conductivité en ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) à 25°C (figure 14).



**Figure 14** : variation des valeurs de la conductivité.

La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau (DUGUET et al, 2006).

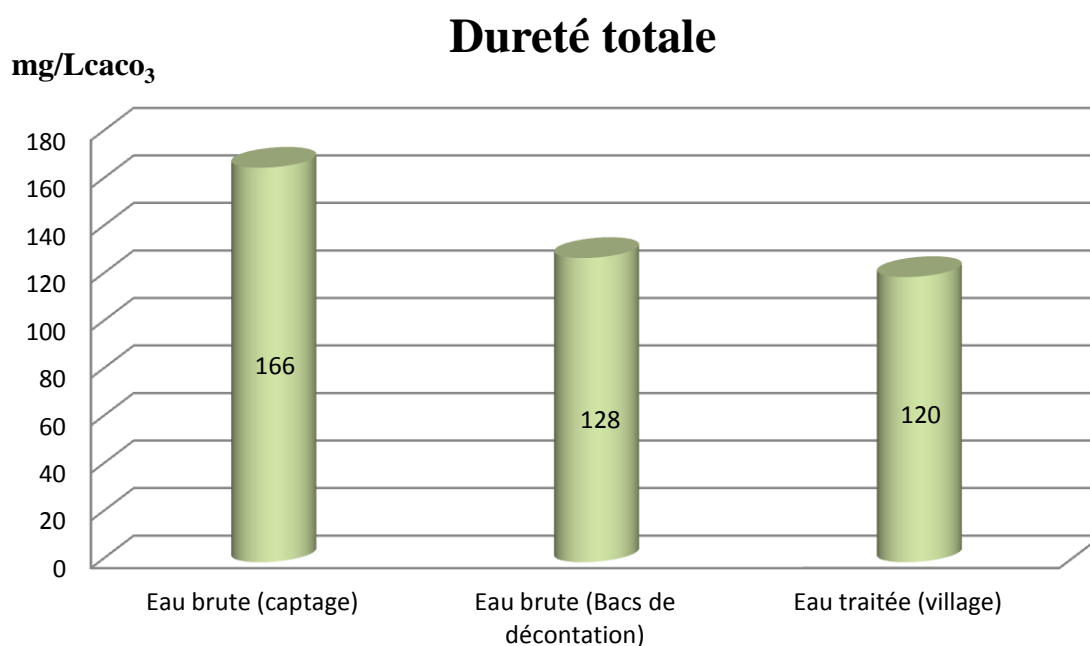
Nous constatons que les valeurs de la conductivité se situent entre 471  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour l'eau de captage et 310 au niveau des bacs de décantation et 309 pour l'eau consommée par les villageois. Cet intervalle classe cette eau selon Rodier en une eau de minéralisation moyennement accentuée pour le captage et moyenne pour les consommateurs, et cette minéralisation est en fonction du terrain de ruissellement ou de stockage.

Les normes algériennes n'indiquent pas de niveaux guide mais une CMA égale à 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et la minéralisation des eaux (captage et consommée) sont en dessous de cette valeur.

### 2.3. Résultats et interprétations de l'analyse de la minéralisation globale

#### 2.3.1. Dureté Totale

La figure 15 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale en  $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ .



**Figure 15 :** variation des valeurs de la Dureté totale.

La dureté ne doit pas être considérée toute seule mais dans un ensemble de paramètres (pH, Température, minéralisation totale) de manière à déterminer le caractère de l'eau vis-à-vis de l'équilibre calco-carbonique.

La qualité de l'eau selon la dureté a été déterminée par TARDAT (1992). Le tableau X donne la classification suivante :

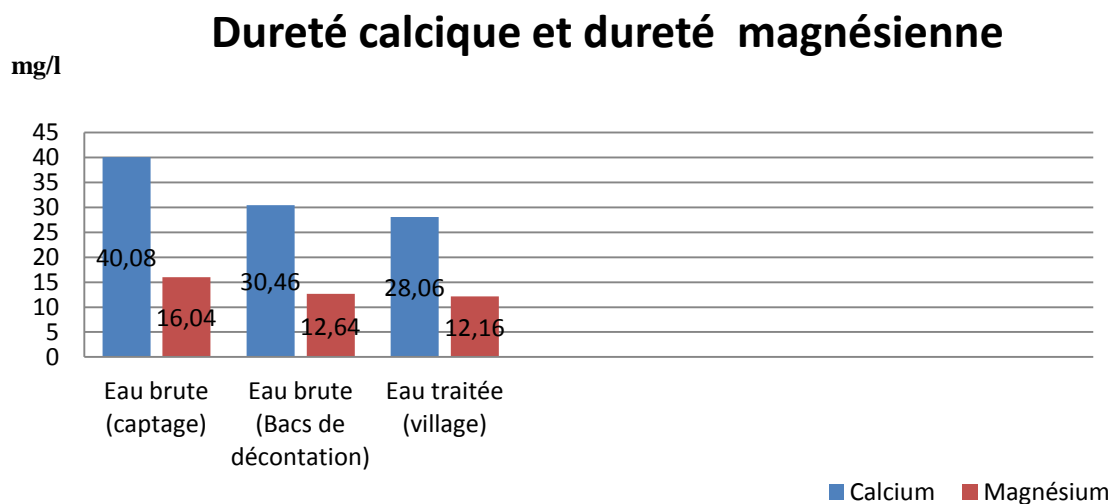
**Tableau X** : Qualité d'une eau selon la dureté (TARDAT, 1992).

Qualité de l'eau	Dureté totale en mg/l de CaCO <sub>3</sub>
Eau douce	<60
Eau légèrement dure	60-120
Eau dure	120-180
Eau très dure	> 180

Les valeurs montrent une variation de titre hydrotimétrique (TH) allant de 166 mg/l (CaCO<sub>3</sub>) pour l'eau de captage et de 128 mg/l (CaCO<sub>3</sub>) au niveau des bacs de décantation et 120 mg/l (CaCO<sub>3</sub>) pour l'eau traitée. Cela permet de classer cette eau en eau légèrement dure (TH entre 60 et 120 mg/l de CaCO<sub>3</sub>).

### 2.3.2. Dureté calcique et dureté magnésienne

La figure 16 suivante représente les valeurs de la dureté Calcique et Magnésienne en mg/l :



**Figure 16** : les valeurs moyennes de la dureté Calcique et la dureté Magnésienne en (mg/l).

Les concentrations en calcium varient de 40,08 à 28,06mg/l et celles du magnésium de 16,04 à 12.16 mg/l et elles sont directement liées à la nature géologique du terrain traversé. Ces valeurs sont conformes à celles fixées par les normes algériennes.

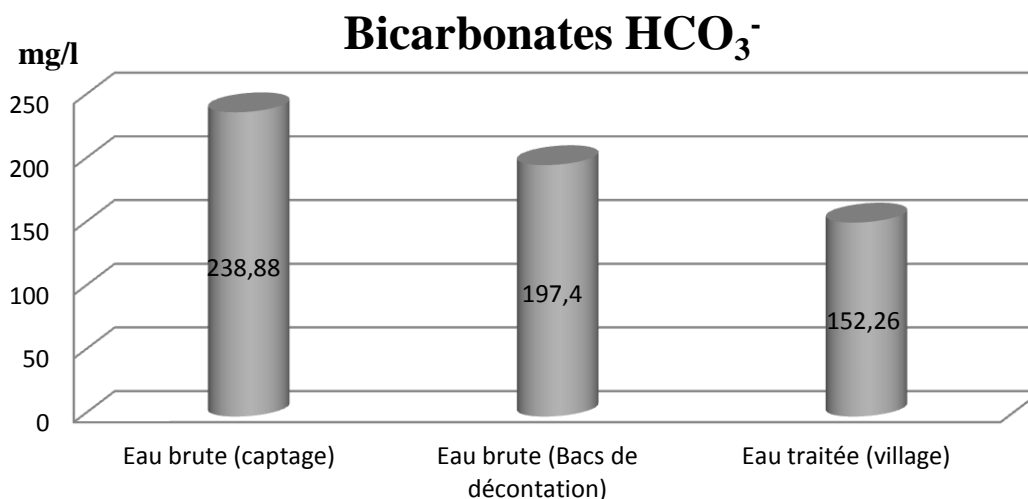
Rappelons que la concentration maximale admissible pour le calcium est de 200 mg/l alors qu'elle est de 150 mg/l pour le magnésium.

### 2.3.3. Sodium et Potassium

Vu la présence d'une turbidité élevée au niveau de notre eau, on a pas pu faire le dosage de ces deux paramètres par précaution pour ne pas endommager le spectrophotomètre d'émission à flamme qui est très sensible.

### 2.3.4. Bicarbonates

L'histogramme suivant (figure 17) représente les valeurs des bicarbonates en mg/l.



**Figure 17** : résultats obtenus lors du dosage des bicarbonates

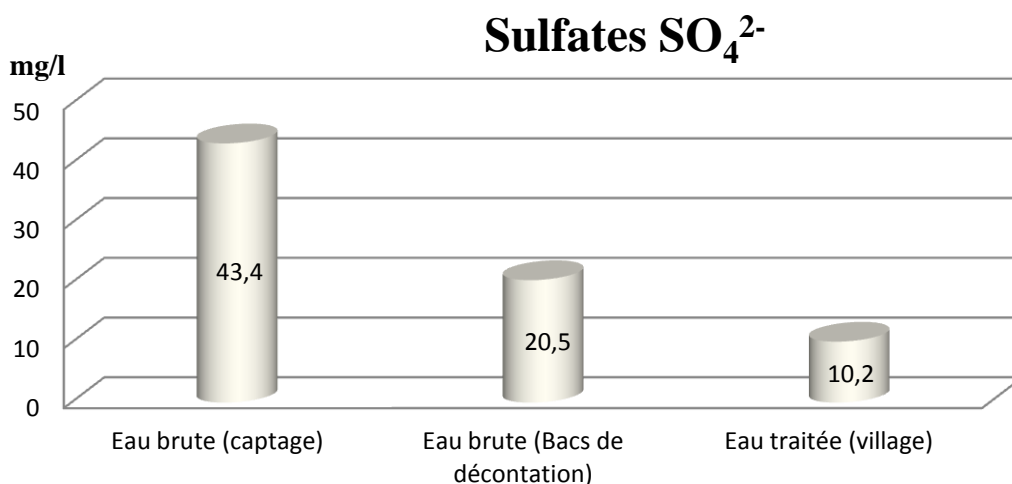
Généralement, l'eau doit permettre de favoriser la formation d'une couche protectrice (donc légèrement incrustante) sur les surfaces métalliques des tuyaux et éviter ainsi les risques de corrosion.

Les HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ne doivent pas être considérées seules, mais avec (pH, TH, Température..). Les valeurs des bicarbonates traduisent l'alcalinité d'une eau, c'est important pour l'eau distribuée dans les canalisations, car elles donnent une idée sur le caractère agressif de l'eau, puisqu'elle dépend de l'équilibre Calcocarbonique.

Nous remarquons que les valeurs sont plus élevées pour l'eau de captage 238,88mg/l que pour l'eau des bacs de décantation 197,40 mg/l et l'eau traitée 152,26mg/l.

### 2.3.5. Sulfates

Les résultats de dosage des sulfates sont représentés dans l'histogramme suivant (figure 18).

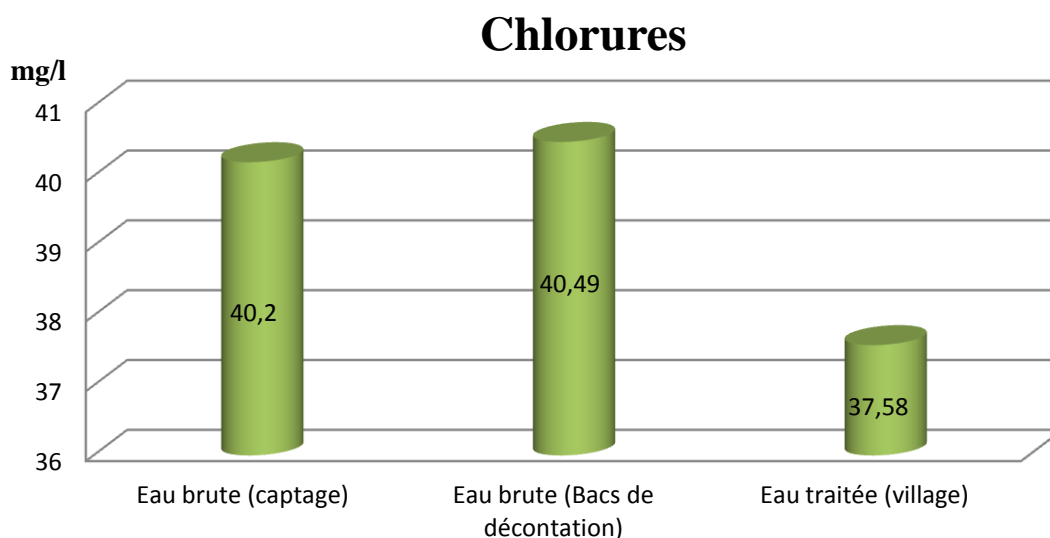


**Figure 18** : résultats obtenus lors du dosage des sulfates.

Les ions sulfates sont liés aux cations majeurs  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ . Les valeurs des sulfates sont légèrement variables, on trouve 43,4 mg/l enregistrés pour l'eau de captage, 20,5 aux bacs de décontation et 10,2mg/l pour les eaux consommées, ces trois valeurs sont dans les normes établies pour les sulfates (NG 200 et CMA 400mg/l).

### 2.3.6. Ions chlorures

La figure 19 représente les valeurs de dosage des chlorures en mg/l.



**Figure 19** : variation des valeurs pour les chlorures.

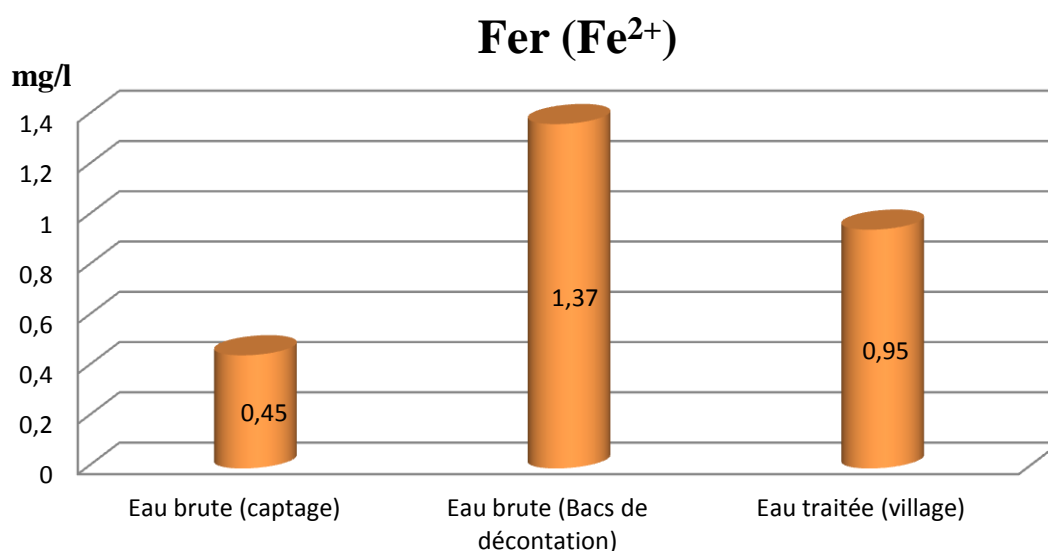
Selon FALL (2007), les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Les valeurs enregistrées répondent aux normes algériennes (CMA : 500 mg/l) et aux normes fixées par l’OMS (250 mg/l).

Cette eau présente donc une faible teneur en ions chlorure ce qui indique qu’elle n’engendre pas de risque de corrosion au niveau des réservoirs et des canalisations.

### 2.3.7. Ions Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

L’histogramme suivant (figure 20) représente les résultats de dosage du Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

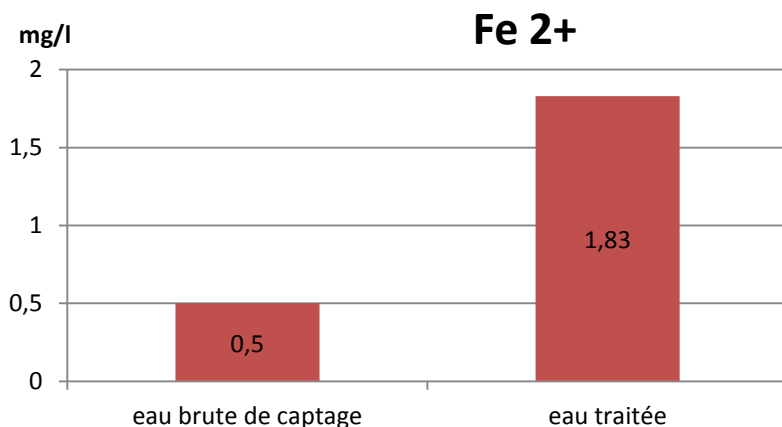


**Figure 20** : variation des valeurs du Fer.

Le Fer et le Manganèse se trouvent en solution dans les eaux appauvries en oxygène, ces deux éléments peuvent affecter la qualité organoleptique de l’eau en lui conférant une coloration, et ils sont à l’origine de corrosion et de dépôt dans les réseaux de distribution d’eau (RODIER et al, 2009)

L’eau brute du captage contient des quantités de Fer de l’ordre de 0,45mg/l comme on trouve 1,37 mg/l pour l’eau des bacs de décantation, ainsi une importante valeur enregistrée au niveau de l’eau de consommation qui est de 0.95 mg/l, donc nous constatons que toutes ces valeurs dépassent la norme Algérienne qui est de l’ordre de 0,3 mg/l. Vu les dépôts qui se forment tout le long du cours d’eau laissant des précipités des taches rougeâtre, on savait à l’avance qu’une valeur importante va être enregistrée lors de dosage.

Comme on eu la chance de réaliser un deuxième dosage de Fer à l'aide d'un spectrophotomètre à émission de flamme, et les résultats obtenus sont représentés dans la figure 21 ci-dessous.



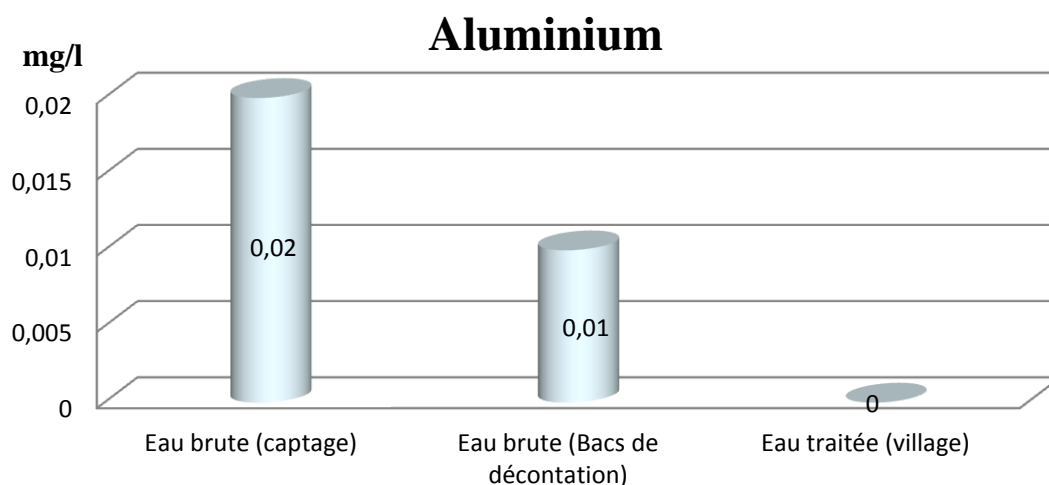
**Figure 21** : Valeurs obtenues par spectrométrie d'absorption atomique.

Nous constatons qu'il y avait une légère augmentation de la concentration des ions  $Fe^{2+}$  du 0,45 à 0,5mg/l pour l'eau brute et une importante hausse au niveau de l'eau de consommation (0,95 à 1,83mg/l), ce qui est du forçement au phénomène d'oxydation naturelle sachant que ces échantillons on les a conservés pour une durée de 7 jours, comme on peut ajouter le degré de précision des deux appareils à savoir (SAA et spectromètre UV/Visible)

## 2.4. Résultats et interprétations de l'analyse des paramètres de pollution

### 2.4.1. Aluminium

L'histogramme de la figure 22 représente les valeurs d'aluminium en mg/l.

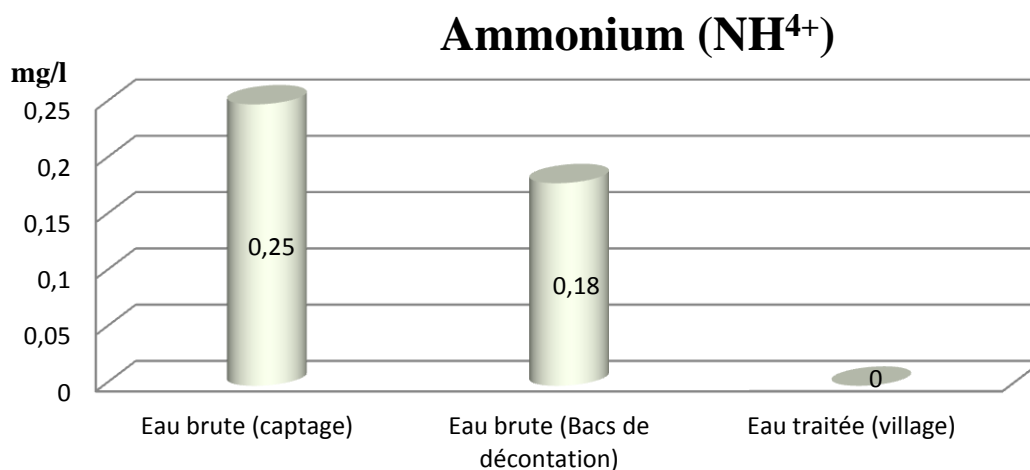


**Figures 22** : les valeurs moyennes d'aluminiums détectés.

Des traces d'aluminium ont été détectés à l'ordre de 0.02mg/l pour eau brute de captage et 00 ml/g chez les utilisateurs de cette eau, de faibles teneurs ne risquent pas de provoquer des conséquences nuisibles sur la santé du moment que la concentration maximale admissible est fixée à 0.2g/l. Notre eau ne subit pas de traitement de coagulation au sulfate d'alumine, donc c'est dû à la qualité intrinsèque du sol et du terrain traversé.

#### 2.4.2. Ammonium

Les résultats d'analyse de l'ammonium sont présentés dans l'histogramme suivant (figure 23).



**Figure 23** : variation des valeurs de l'ammonium.

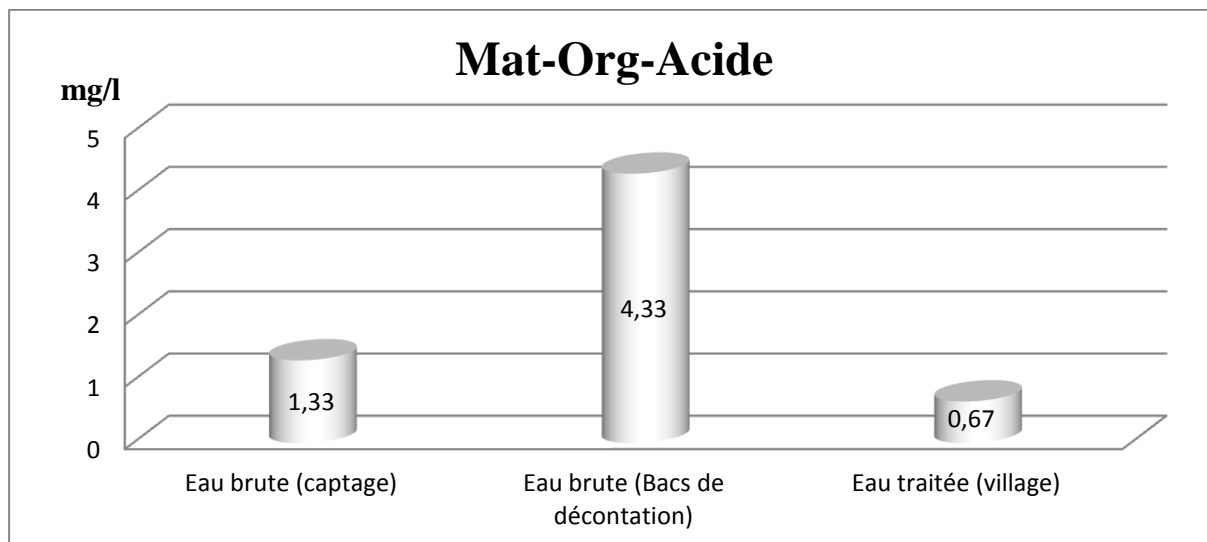
Cette forme de l'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique et des déjections animales. Certaines des eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessairement des eaux polluées, dans ce cas l'ammoniaque NH<sub>4</sub><sup>+</sup> peut provenir d'une désinfection biochimique due aux micro-organismes réducteurs. Par contre si l'ammonium est détecté dans une eau de surface (rivière ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde son origine doit être recherchée (POTELON J et ZYSMAN K. 1998)

En générale, l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation, la mise en évidence dans l'eau des teneurs importantes en azote ammoniacal implique généralement une contamination récente par les matières organiques (RODIER et al, 2009).

L'eau de consommation ne présente aucune trace d'Ammonium (0 mg/l) par contre les eaux de captage et bacs de décantation présentent pour chacune une valeur de 0.25mg/l et 0.18mg/l mais restent en dessous de la NA 0,05-0,5mg/l.

### 2.4.3. Matière organique acide

L'histogramme illustre dans la figure 24 représente les résultats de dosage de la matière organique acide.



**Figure 24 :** Résultats d'analyse de la matière organique acide.

Les eaux souterraines ont une faible teneur en matières oxydables, ce qui constitue un avantage indéniable pour leur utilisation pour la fourniture d'eau potable. Et la valeur limite à ne pas dépasser est de 10 mg/l.

Pour l'eau traitée il convient de limiter la présence de matières oxydables afin de ne pas favoriser un développement microbien ou d'autres organismes tels que les algues et les champignons. La matière organique réagit par ailleurs sur le chlore pour former des composés présentant un risque sanitaire, à savoir les trihalométhanes. Cette matière oxydable est également source de nuisances telles que des goûts désagréables conférés à l'eau sous l'action du chlore notamment.

Une bonne coagulation – floculation – décantation – filtration permet d'atteindre de bons rendements d'élimination.

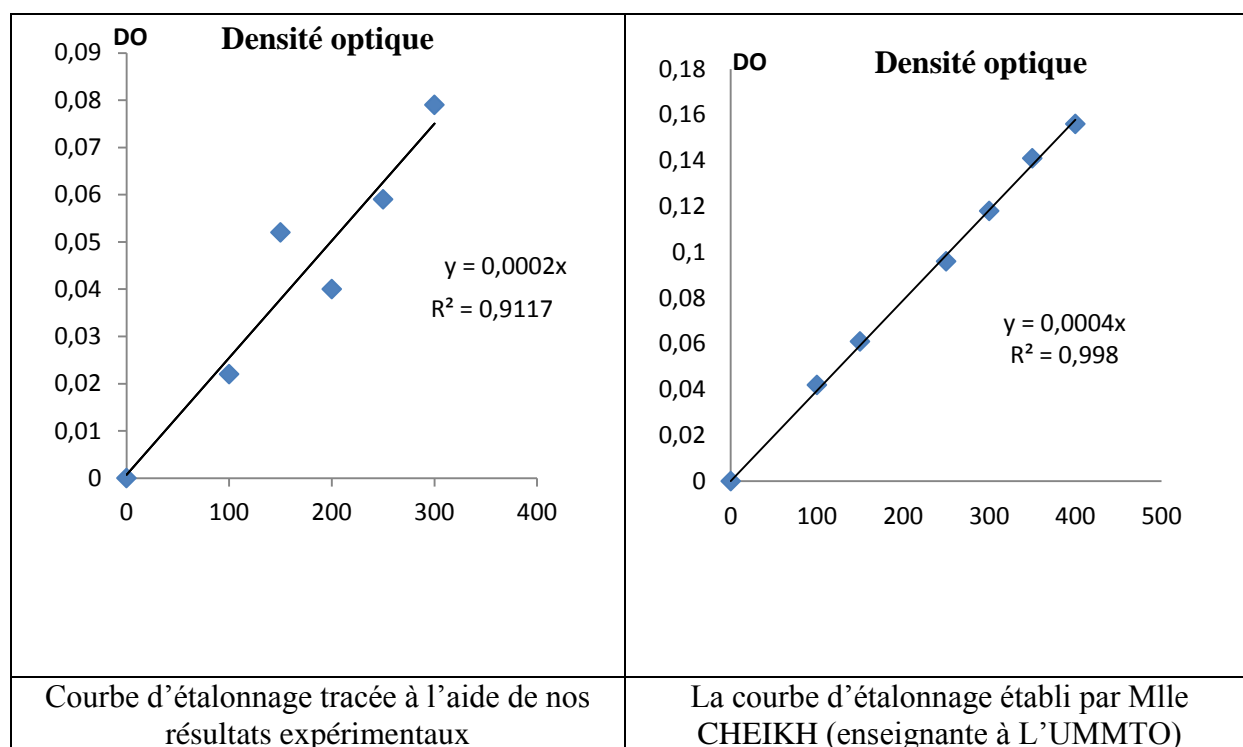
Les résultats obtenus pour l'eau analysée sont de l'ordre de 1,33mg/l pour l'eau brute du captage, 4,33 mg/l au niveau des bacs de décantation et 0,67 mg/l pour l'eau de consommation, donc on peut dire que les valeurs obtenues pour l'eau brute sont inférieures à la norme établie qui est de 10 mg/l, et pour l'eau traitée la valeur obtenue est suffisamment faible pour entraîner une dégradation de la qualité de cette eau.

#### 2.4.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité d'oxygène à fournir à un échantillon d'eau pour dégrader la totalité de la matière organique (oxydation chimique). La mesure de la DCO rend compte de la présence de matières organiques dans l'eau. Plus la valeur est élevée plus l'échantillon est pollué.

Avant de calculer la valeur de DCO de notre échantillon on a procédé à tracer la courbe d'étalonnage à partir de laquelle on a pu déduire la valeur de l'absorbance (x).

La figure 25 suivante représente les courbes d'étalonnage.



**Figure 25** : les courbes d'étalonnage.

Les résultats d'analyse de la DCO sont représentés dans le tableau suivant.

**Tableau XI** : Variation des valeurs de la DCO de l'eau brute et de l'eau traitée.

	Eau brute	Eau traitée
DCO (mgO <sub>2</sub> /l)	0	87,5

Sachant que :

- DCO = DO / a
- DO eau brute de captage = 0.00
- DO eau traitée = 0.035

La forte valeur de la DCO enregistrée lors de l'analyse de notre échantillon d'eau traitée traduit une importante concentration en matières oxydables, ce qui signifie le degré de pollution élevé à ce niveau. Et la valeur nulle enregistrée au niveau l'eau brute peut s'expliquer par le non déclenchement du phénomène d'oxydation des ions de Fer ( $Fe^{2+}$ ) car l'eau n'a pas encore entrée en contact avec l'air extérieur.

**Remarque :** Si la DCO reste élevée, c'est un signe de pollution chimique.

#### 2.4.5. Autres paramètres de pollution (nitrites, nitrates, phosphore et les ortho-phosphates)

Les résultats d'éléments indésirables sont représentés dans le tableau XII

	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphore (mg/l)	Ortho-phosphates (mg/l)	Cuivre (mg/l)
Captage	00	<0,5	00	00	<0,04
Bacs de décantation	00	<0,5	00	00	<0,04
Eau traité	00	<0,5	00	00	<0,04

**Tableau XII :** Résultats d'analyse de quelques paramètres de pollution.

On observe que les valeurs moyennes des paramètres de pollution représentés dans ce tableau sont nulles à tous les niveaux, l'eau brute du captage, l'eau traité et décantée dans le cas des nitrites, le phosphore et les ortho-phosphates comme elles sont indétectables ou inférieure à la limite de détection dans le cas des nitrates et de cuivre.

Ceci peut s'expliquer par l'absence des agglomérations aux alentours, ainsi que l'activité urbaine, domestique et industrielle.

#### 2.5. Résultats et interprétation de l'analyse du test de chlore résiduel libre

Le Chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection, après traitement la teneur résiduelle en Chlore constitue un témoin de l'efficacité de traitement bactéricide et un indicateur de non contamination du réseau.

Il ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation, subsister plus de 0,6 mg/l à 1mg/l de Chlore libre ( $HOCl$ ,  $OCl^-$ ), car des problèmes d'ordre organoleptique peuvent apparaître chez le consommateur (Le seuil de détection du Chlore par le goût étant de 0,2 mg/l).

D'après le test de Chlore résiduel libre, la teneur en Chlore chez les consommateurs était de 00 mg/l pour le jour où les analyses bactériologiques sont faites, elle est inférieure à la norme établie pour le chlore résiduel libre (NG 0,2 mg/l).

## 2.6. Résultats et interprétations des analyses statistiques

### 2.6.1. Diagramme de Piper

Les données chimiques en éléments majeurs sont représentées dans le diagramme de Piper (figure 26) qui permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés expriment les teneurs relatives (%) en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions, exprimés en  $\mu\text{eq/l}$  (cations : triangle de gauche, anions : triangle de droite).

La position d'une analyse d'eau dans ces deux triangles permet de préciser quels sont les anions et cations dominants. La position de l'analyse dans le losange permet de préciser le faciès chimique. Il est important de souligner que ce diagramme ne traduit pas la minéralisation globale d'une eau, mais seulement la répartition des ions dissous.

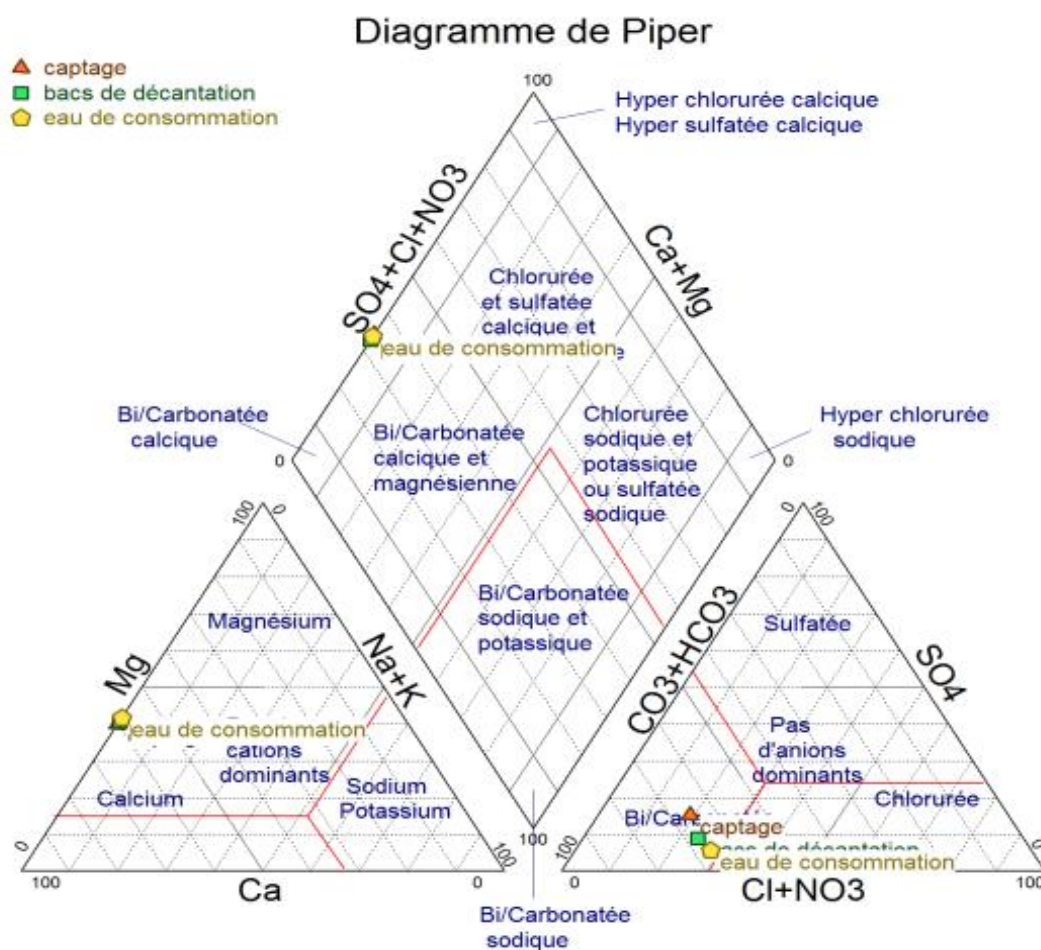
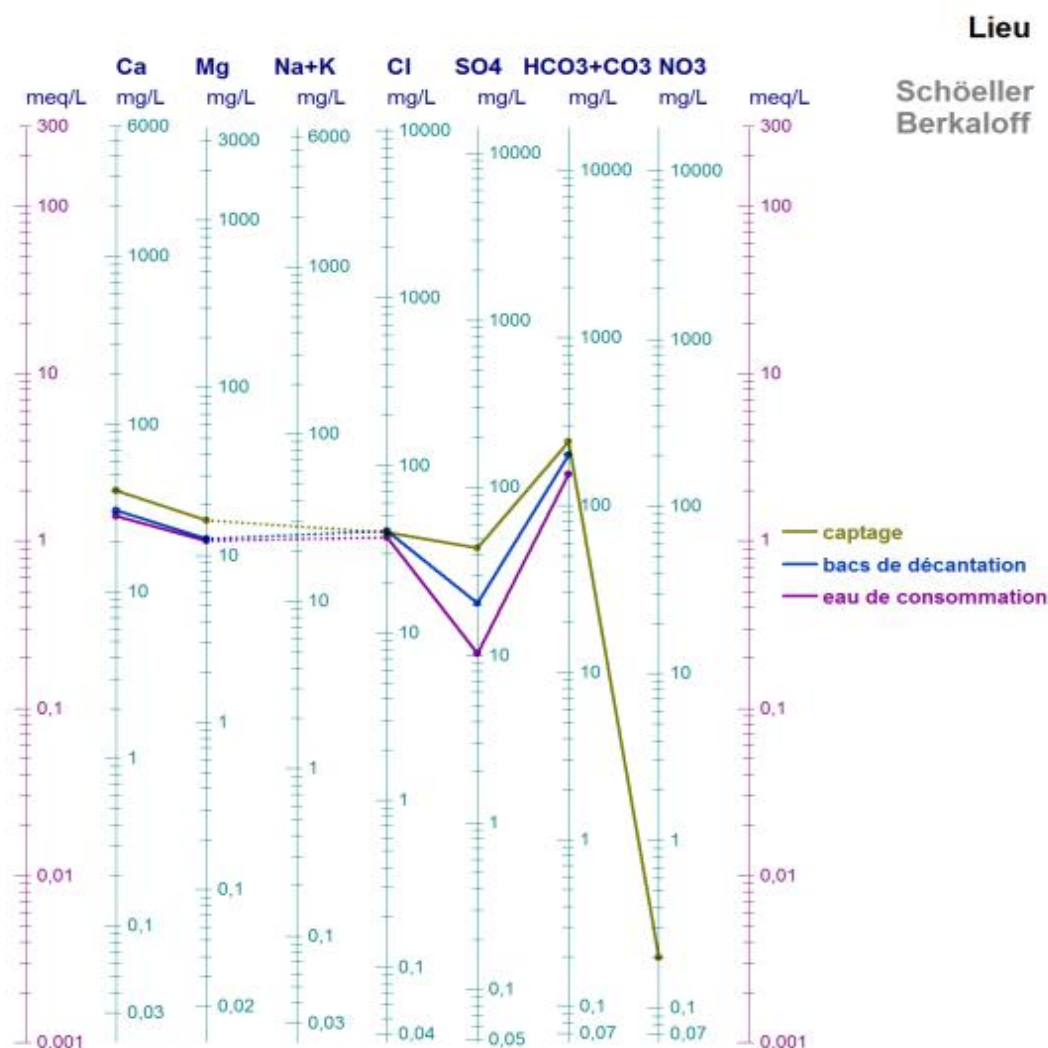


Figure 26 : Diagramme de piper d'eau de source Tamazirt Ourabah.

Le diagramme de Piper des résultats des analyses physicochimiques effectuées montre que cette eau est une eau bicarbonatée calcique et magnésienne avec dominance des ions calcium et des bicarbonates

### 2.6.2. Diagramme de Schöeller et Berkaloff

Afin de situer et classer notre échantillon d'eau on a tracé le diagramme de Schöeller Berkaloff (figure 27) à l'aide de logiciel Diagramme en utilisant les résultats d'analyses physico-chimique.



**Figure 27 :** Diagramme de Schöeller Berkaloff de l'eau de source Alma, Tamazirt Ourabah.

Le diagramme de Schöeller Berkaloff de l'eau de source Alma, Tamazirt Ourabah de la région de Mizrana donne des lignes croisées pour les 3 stades de prélèvement et confirme ainsi sa stabilité physico-chimique avec dominance du calcium et des bicarbonates.

## 2.7. Résultats et interprétations d'analyses bactériologiques

Ce tableau résume l'ensemble des analyses bactériologique de notre eau.

**Tableau XIII** : résultats d'analyses bactériologiques.

Dates	E	Germs revivifiables (UFC/ml)		Coliformes totaux/1ml	E.coli/1ml CCT	Streptococques fécaux/1ml		CSR 25ml
		22°C	37°C					
03/05/15	<b>EBC</b>	05	<01	absence	absence	absence	absence	absence
12/05/15	<b>EBBD</b>	<01	<01	absence	absence	absence	-	-
03/05/15	<b>ETC</b>	>300	10	240	absence	absence	absence	absence
	<b>NA</b>	NG :	NG :	CMA : 0	CMA : 0	CMA : 0	absence	absence
Normes		<b>100</b>	<b>10</b>					CMA : 0
	<b>OMS</b>	/	/	<10	absence	absence	absence	absence

E : échantillons ; (-) : non effectué ; EBC : eau brute de captage, EBBD : eau brute des bacs de décantation, ETC : eau traité de consommation ; CSR : *Clostridium* sulfite-réducteur

La méthode utilisée pour cette analyse est généralement la méthode de dénombrement en milieu liquide par la détermination du nombre le plus probable (NPP).

Les résultats obtenus, au moment que EBC et EBBD représente la qualité de l'eau avant traitement, lors de la lecture on remarque l'absence totale des coliformes totaux, les streptocoques fécaux et les CSR, ainsi que les germes revivifiables qui au principe doivent apparaitre car la niche écologique doit être occupé par une flore microbienne dominante qui va assurer l'autoépuration du sol et de l'eau circulante.

Après avoir eu ce résultat étonnant, une suggestion de la part de notre encadreur est de confirmer ce dernier en changeant de milieu de culture ou la méthode avec laquelle on à effectué la première expérience (ensemencement en surface) en utilisant l'ensemencement en profondeur.

Donc après avoir pris le grand soin de réaliser des échantillons représentatifs et de respecter les conditions de transport et de conditionnement, la seule explication qu'on peut apporter à ces résultats qui s'avèrent presque nuls est le fait que la flore qui occupe cet écosystème est ferrugineuse prenant l'exemple de *sphaerotilus natans* et *gallionella ferruginea* ce qui nécessite un milieu de culture spécifique autre que le TGEA.

Comme on peut supposer que la concentration microbienne est suffisamment faible pour être détectée avec 1 ml de la prise d'essai.

L'absence presque totale des germes ne traduit pas la stérilité de cette eau, d'une part la filtration naturelle du sol et le type du terrain traversé a une importante influence sur la flore qu'on peut rencontrer, d'autre part l'entourage du site d'exploitation de cette source est loin de toute forme de pollution à savoir ; industrielle, urbaine, agricole ...etc.

ETC qui représente la qualité de l'eau traitée qui doit être exempte de toute forme de contamination, après avoir subi un traitement avec le chlore (chloration) au niveau de la bêche à eau qui est supposé être capable d'assurer l'innocuité de cette eau. Cependant notre cas pratique révèle une forte contamination de cette eau en coliformes totaux et germes revivifiables à 37°C. Ceci est peut être dû à une contamination au cours de l'acheminement de cette eau dans les canalisations.

Sachant aussi qu'il existe un deuxième captage situé à 30 mètres de premier qu'on a pu avoir prélevé des échantillons, ceci dit le deuxième captage est toujours rempli à un niveau qui ne permet pas de prélever des échantillons en respectant les conditions d'asepsie.

Comme on peut suggérer une autre raison qui est la grande durée de l'intervalle qui sépare les différentes opérations du nettoyage de la bêche à eau ainsi les lieux de captage qui permet l'accumulation des éléments désagréables qui peuvent traduire l'inefficacité du traitement.

**Tableau XIV :** Interprétation des résultats bactériologiques des eaux (Institut Pasteur d'Algérie, 1977).

coliformes	E.coli	Streptocoques fécaux	conclusion
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique : potable
+	+	+	<b>Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable</b>
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

## **Conclusion**

La rareté de l'eau potable exige une gestion optimale afin de la pérenniser. La gestion de cette denrée a un double intérêt, à savoir, mettre à la disposition du consommateur un produit respectant toutes les exigences d'un produit de qualité et assurer la durabilité.

Vu la sensibilité de cette denrée qui a constituée depuis la nuit des temps le principal vecteur et réceptacle des plus graves épidémies de l'histoire de l'humanité, la qualité de l'eau doit être mise en avant garde pour assurer son innocuité ainsi son sécurité,

Notre étude, ayant porté sur l'analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source 'Alma – Tamazirt Ourabah'. Nous a amené à constater que de point de vue physico-chimique notre eau présente une qualité qui est conforme aux normes, excepté sa teneur en ions de fer qui dépasse largement le seuil d'acceptabilité, ceci nous a permis de trancher au sujet de l'origine du dépôt rouge-orange qui est du fer en contact avec l'oxygène s'oxyde et forme la rouille. Ainsi qu'une DCO élevée inquiétante, un traitement plus poussé est nécessaire pour remédier à ce problème. Sur le plan bactériologique l'eau de captage s'est montrée exempte de germes recherchés, par contre l'eau de consommation qui a subi un traitement au niveau de la bâche à eau, qui est sensé être propre à la consommation, la qualité est affectée par certains germes dont le nombre dépasse les normes, ceci dit pour nos prélèvements où la teneur en chlore résiduel libre était de 00 mg/l, cependant la plus part du temps les teneurs étaient dans l'intervalle de 0,2 - 0,6mg/l, ce qui assure certainement la potabilité de cette eau du point de vue bactériologique.

## ***Recommandations***

Au terme de notre étude, nous pouvons conclure par certaines recommandations que nous jugeons utiles pour l'amélioration de la qualité de cette eau destinée à la consommation humaine à savoir :

- Refaire la construction du périmètre de sécurité afin de bien protéger le lieu du captage et de couvrir les fissures. Car on a observé la présence de certains insectes, rongeurs aux alentours.

- mettre en place un dispositif afin de traiter l'eau du point de vue physico-chimique au sujet de la richesse en Fer du terrain traversé (exemple : Une bonne coagulation, floculation, décantation, filtration, qui permet d'atteindre de bons rendements d'élimination).

- construire de nouveaux bacs de décantations qui vont permettre de décanter l'eau issue des deux captages.

- Refaire les canalisations allant du captage jusqu'aux maisons car celles-ci sont submergées par des dépôts ferreux.

- La bache à eau où le traitement est effectué à l'hypochlorite de sodium doit être contrôlée en permanence afin de maintenir la chloration en continu, ceci pour sauvegarder un taux de chlore résiduel constant dans les conduites d'eau.

- Ne jamais ajouter de chlore sous forme solide directement dans le système d'approvisionnement en eau, car le chlore ne va pas se mélanger ni se dissoudre. Il faut toujours préparer en amont une solution mère, en mixant le composé chloré avec un peu d'eau.

- ✚ **ADL S. (2006).** La Classification des Eucaryotes et la Taxonomie des Parasites. Université d'Oxford, États-Unis d'Amérique.
- ✚ **ATTEIA O. (2005).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Editions Tec&Doc Lavoisier, Paris.
- ✚ **ATTEIA O. (2015).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Editions Tec&Doc Lavoisier, Paris.
- ✚ **ASSOULINE S. et ASSOULINE J. (2007).** Géopolitique de l'Eau : Nature et Enjeux. Edition Studyrama Perspectives.
- ✚ **BLIEFERT C. et PERRAUD R. (2001).** Chimie de l'environnement AIR, EAU, SOLS, DÉCHETS. De Boeck & Larcier s.a.
- ✚ **BILLAULT C. (1989).** Le rôle épurateur du sol : le sol, l'eau et les polluants. Edition office national de l'eau.
- ✚ **Bob R. (2011).** Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau, préparé pour l'OMC par WEDC (Water, Engineering and Development Centre).
- ✚ **BORDET J. (2007).** L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet. Paris
- ✚ **BOUZIANI M. (2000).** L'eau de la pénurie à la maladie. Édition IBN KHALDOUN Oran.
- ✚ **CASTANY G. (1982).** Principes et Méthodes de l'Hydrogéologie. Edition DUNOD, Paris, France.
- ✚ **CATALOGUE (2003).** Milieux de culture réactifs de laboratoire Edition2003 Institut Pasteur d'Algérie.
- ✚ **CHERY L., DICTOR M.C., BARANGER P., MICHEL K., BARBIER J., CLOZEL B., TOUZE S. et BROSSSELIN P. (2004).** Qualité des Eaux d'Alimentation. Edition BRGM, France.
- ✚ **CHERY L. (2006).** Qualité Naturelle des Eaux Souterraines : Méthodes de Caractérisation des Etats de Référence des Aquifères Français. Edition BRGM, Orléans, France.

- ✚ **CHOISNEL E. (1999).** Le cycle de l'eau ; in : «L'eau : milieu naturel et maîtrise, Tome 1». INRA, Paris. ISSN : 1250-5218 ISBN : 2-7380-0854-2 Tome1 - 2-7380-0855-0 (HY. 47/T1).
- ✚ **DESJARDINS R. (1997).** Le traitement des eaux deuxième Edition de l'école polytechnique de Montréal
- ✚ **DELARRAS C. (2010).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux 2<sup>ème</sup> Ed TEC&DOC Lavoisier Paris ISBN : 978-2-7430-1211-3 (BI 512)
- ✚ **DJELLOULI H.M. et TALEB S. (2005).** Qualité Chimique et Bactériologique des Eaux de Consommation du Sud Algérien. Faculté des Sciences, Université LIABES de Sidi Bel Abbés, Algérie.
- ✚ **DOVONOU E.F (2008).** La pollution des plans d'eau au Bénin, Université d'Abomey-calavi (Bénin) - DEA en Environnement, Santé et Développement
- ✚ **DUGUET J.P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P. (2006).** Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1<sup>ère</sup> Edition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement).
- ✚ **DURLIAT G. (1997).** L'Eau de Javel : sa Chimie et son Action Biochimique. Saint Denis, France.
- ✚ **ETCHEBER H., BILLY I. et SAVOYE N. (2011).** Détermination de la Concentration en Matières En Suspension. Edition Somlit.
- ✚ **FALL C. (2007).** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. Thèse de maîtrise, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- ✚ **GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide Mémoire. 2<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier Tec et Doc, Paris, France.
- ✚ **GROSCLAUDE G. (1999).** L'eau milieu naturel et maîtrise Tome 1 Ed INRA Paris.
- ✚ **GROSCLAUDE G. (1999).** L'eau, usage et polluants, Tome 2 Ed INRA Paris.
- ✚ **HASLAY C. et LECLERC H. (1993).** Microbiologie des Eaux d'Alimentation. Edition, Lavoisier Tec et Doc., Paris, France
- ✚ **ISO 9297 – NA 6917 -** Qualité de l'eau – Dosage de chlorures – Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)
- ✚ **JARAUD S., REYROLLE M., MEUGNIER H., FOREY F., ETIENNE J. (2007).** Légionellose. Lyon, France.

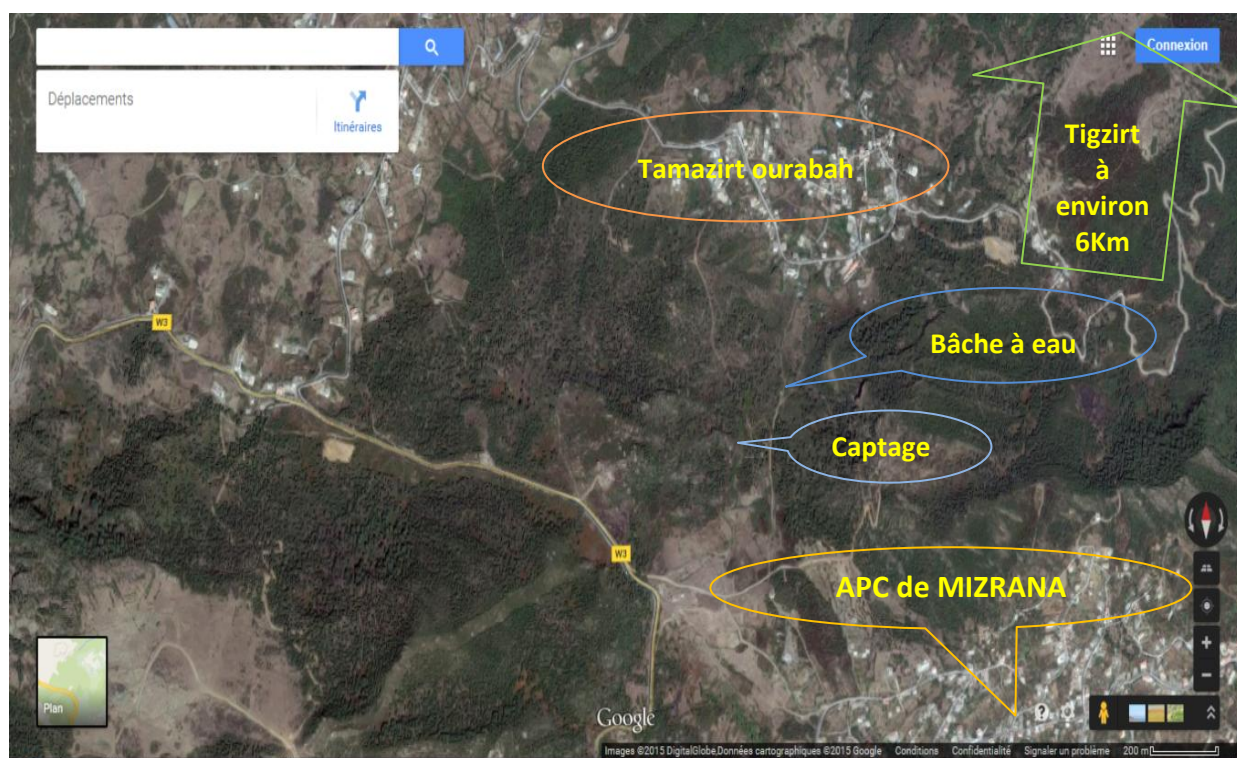
- ✚ **KETTAB A. (2001).** Les Ressources en Eau en Algérie : Stratégies, Enjeux et Vision. Edition Elsevier Science B.V.
- ✚ **KADI A. (1997).** La Gestion de l'Eau en Algérie. Edition Lavoisier Tec.et Doc, Limoges, France.
- ✚ **MAIGA A.S. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière. Thèse de doctorat, Université de Bamako, Mali.
- ✚ **NA 751 :** eaux potables, eaux minérales - Détermination du pH
- ✚ **NA 753 (1998) :** Qualité de l'eau - Echantillonnage - Guide général sur les techniques d'échantillonnage.
- ✚ **Norme ISO 7150/1 (1984) :** Qualité de l'eau - Dosage de l'ammonium - Partie 1 : Méthode spectrométrique manuelle.
- ✚ **Norme ISO 6059 (1984) :** Qualité de l'eau - Dosage de la somme du calcium et du Magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA.
- ✚ **Norme ISO 6777 (1984) :** Qualité de l'eau - Dosage des nitrites - Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.
- ✚ **Norme ISO 6878-1 (1986) :** Qualité de l'eau - Dosage du phosphore - Partie 1: Dosage spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium.
- ✚ **Norme NF EN ISO 6222 (1986) :** Dénombrement des microorganismes revivifiables : comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.
- ✚ **Norme NF T 90-415 (1986) :** Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs. Méthode générale par incorporation en gélose en tubes profonds.
- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2008).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson.
- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2004).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson.
- ✚ **Petelet-Giraud. E, Brenot. A, Négrel. Ph, Millot. R, Roy. S, Dutartre. Ph, Fournier. I.** Les éléments majeurs : l'approche par le diagramme de Piper, valorisation du projet CARISMEAU, Agence de l'Eau Adour-Garonne & BRGM
- ✚ **POTELON, J et ZYSMAN, K. (1998) :** Le guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre du Cadre Territorial

- ✚ **REJSEK F. (2002).** ANALYSE DES EAUX ; Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617-420-8 ; (M.96)
- ✚ **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L. (2005).** L'Analyse de l'Eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, Eaux de Mer. 8<sup>ème</sup> Edition, DUNOD, Paris
- ✚ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse d'eau. 9<sup>ème</sup> Ed, Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-054179-9
- ✚ **ROUGIER H. et WACKERMANN G. (2009).** L'eau ressources et usages. Ellipses Editions Marketing, Paris. ISBN 978-2-7298-5233-7
- ✚ **SCHRIVER-MAZZUOLI L. (2012).** La gestion durable de l'eau : ressources, qualité, organisation. Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-055026-5 (HY.151).
- ✚ **SCHWARTZBROD L. (2000).** Virus humains et santé public conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture conchyliculture. Université de NANCY France
- ✚ **TARDAT (1992).** Chimie des Eaux. Edition Le Griffon d'Argile.
- ✚ **VILAGINES R. (2003).** Eau, environnement et santé publique: introduction a l'hydrologie. 2<sup>ème</sup> Ed, Lavoisier, Paris. ISBN 2-7430-0604-8 (HY.43).

## Références web

### Sources:

- **ANONYME 1 (2009).** Calcium et Magnésium : Risques pour la santé. Disponible sur Internet : [www.gov.ns.ca](http://www.gov.ns.ca)
- **ANONYME 2 (2004).** Effets du Potassium et du Sodium sur la Santé. Disponible sur Internet : [www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr)
- **ANONYME 3.** QU'EST-CE QUE LA CHLORATION. (FEPS) Fondation de l'eau potable sûre. Disponible sur internet : [www.safewater.org](http://www.safewater.org)
- **ANONYME 4** campylobactériose. Disponible sur : [www.about-campylobacter.com](http://www.about-campylobacter.com)
- **ANONYME 5** EAU ET AMIBIASE. Disponible sur : [www.vulgaris-medical.com](http://www.vulgaris-medical.com)
- **ANONYME 6** Analyse du fer. Disponible sur internet : [www.safewater.org](http://www.safewater.org)



**Annexe 1 :** Image de la commune de Mizrana (google maps)

## **Annexe 2 : Composition des milieux de cultures**

### **BOUILLON DE SCHUBERT**

Bouillon Schubert est utilisé comme milieu confirmatif pour la détection des coliformes particulièrement *Escherichia coli*.

#### **Composition Type g/l**

<b>Peptone</b>	10
<b>Tryptone</b>	10
<b>Acide glutamique</b>	0,2
<b>Tryptophane</b>	0,2
<b>Sulfate de magnésium</b>	0,7
<b>Sulfate d'ammonium</b>	0,4
<b>Citrate de sodium</b>	0,5
<b>Chlorure de sodium</b>	2
<b>Mannitol</b>	7,5
<b>Tampon phosphaté</b>	500ml
<b>Eau distillée</b>	500ml

**MILIEU LITSKY EVA**

Bouillon à l'éthyl violet et azide de sodium, il permet la recherche et le dénombrement des *Streptocoques fécaux* dans les eaux. C'est un test de confirmation des résultats obtenus sur milieu de ROTHE

**Composition Type g/l**

<b>Tryptone</b>	<b>20</b>
<b>Glucose</b>	<b>5</b>
<b>Phosphate dipotasique</b>	<b>2,7</b>
<b>Phosphate monopotassique</b>	<b>2,7</b>
<b>Chlorure de sodium</b>	<b>5</b>
<b>Azide de sodium</b>	<b>0,4</b>
<b>Ethyle violet</b>	<b>0.00083</b>

**Milieu de Slanetz et Bartley**

Dans 1 litre d'eau déionisée, dissoudre : (g/l)

<b>Peptone</b>	<b>20</b>
<b>Extrait de levure</b>	<b>5</b>
<b>Glucose</b>	<b>2</b>
<b>Mono hydrogénophosphate de potassium</b>	<b>4</b>
<b>Azide de sodium</b>	<b>0.4</b>

Ajuster le pH à 7,2. Ajouter 10 g d'agar et dissoudre par chauffage doux, sans dépasser 100 °C. Refroidir à 50 °C. Ajouter 10 mL d'une solution stérile de chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium (TTC) à 1 %. Couler en boîtes de Pétri de 50 mm. Laisser refroidir.

Se conserve 3 à 4 semaines à 2-5 °C

**Gélose Viande-foie****Composition type (g/l)**

<b>Glucose</b>	<b>2</b>
<b>Amidon</b>	<b>2</b>
<b>Sulfite de sodium</b>	<b>2,5</b>
<b>Sels de fer</b>	<b>0,5</b>
<b>Agar</b>	<b>11</b>
<b>Base viande-foie</b>	<b>30</b>

pH avant autoclave :  $7,7 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  / Stérilisation à l'autoclave :  $121 \pm 3^{\circ}\text{C}$  pendant 15 mn.

**Additifs** : sulfite de sodium, alun de fer.

**Bouillon lactosé au vert brillant (BLVB)**

<b>Bile de bœuf déshydratée</b>	20
<b>Peptone</b>	10
<b>Vert brillant</b>	0.0133

pH : 7,2

Stérilisation à l'autoclave à 118°C pendant 15 mn.

**Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol (BCPL)****Double Concentration (g/l)**

<b>Extrait de viande de bœuf</b>	<b>6</b>
<b>Peptone</b>	10
<b>Lactose</b>	10
<b>Pourpre au bromocresol</b>	0,06
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

pH : 6,7

Autoclavage : 120°C/mn.

**Simple Concentration (g/l)**

<b>Peptone</b>	5
<b>Extrait de viande de bœuf</b>	3
<b>Lactose</b>	5
<b>Pourpre de bromocresol</b>	0,03
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

pH : 6,7

Autoclavage : 120°C/ 20 mn

**Tryptophane Glucose Extrait d'Agar (TGEA)**

<b>Tryptophane</b>	<b>5</b>
<b>Glucose</b>	<b>1</b>
<b>Extrait de levure</b>	<b>2,5</b>
<b>Gélose</b>	<b>15</b>
<b>Eau distillée</b>	<b>1000 ml</b>

pH : 7,21

Autoclavage : 120°C pendant 15 mn.

**Bouillon lactosé à l'azide de sodium : milieu Rothe****Double Concentration (g/l)**

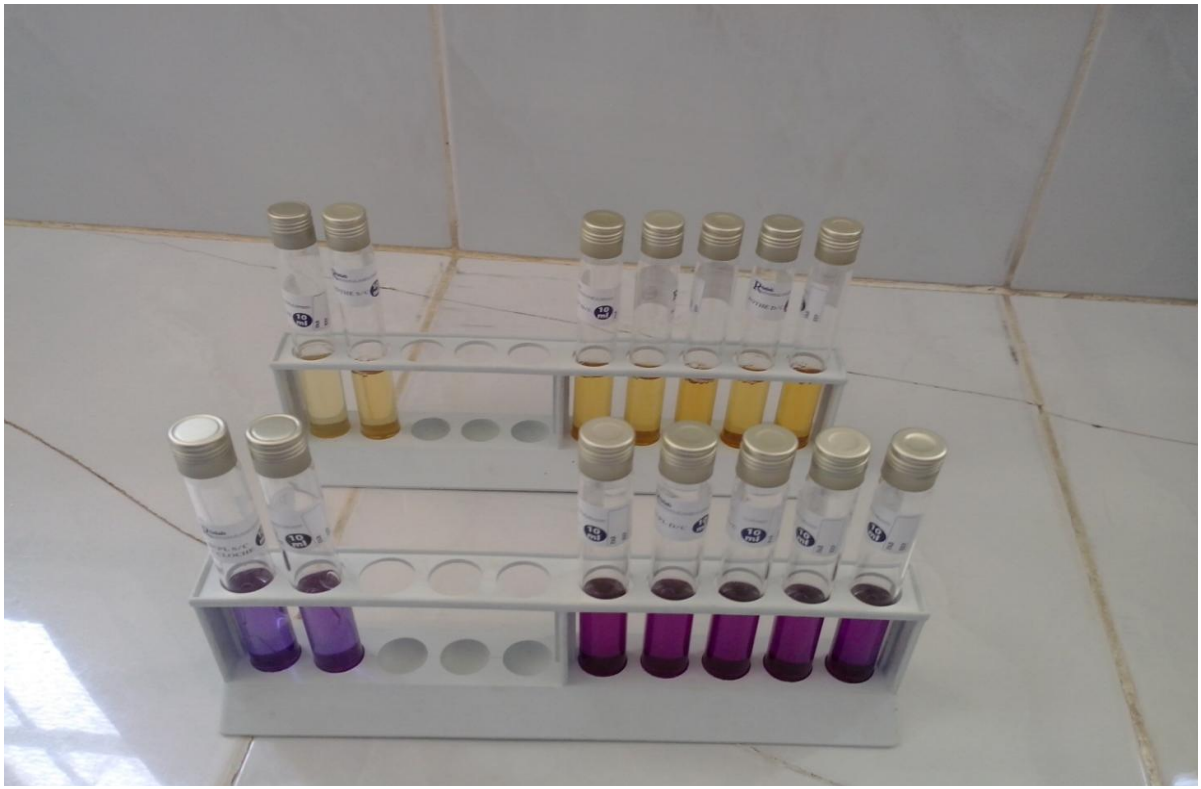
<b>Peptone</b>	<b>40</b>
<b>Glucose</b>	<b>10</b>
<b>Chlorure de sodium</b>	<b>10</b>
<b>Phosphate bipotassique</b>	<b>5,4</b>
<b>Phosphate monopotassique</b>	<b>5,4</b>
<b>Azide de sodium</b>	<b>0,4</b>
<b>Eau distillée</b>	<b>1000ml</b>

pH : 6,8-7 / Autoclavage : 121°C/15 mn.

**Simple Concentration (g/l)**

<b>Peptone</b>	<b>20</b>
<b>Glucose</b>	<b>5</b>
<b>Chlorures de sodium</b>	<b>5</b>
<b>Phosphate bipotassique</b>	<b>2,7</b>
<b>Phosphate monotassique</b>	<b>2,7</b>
<b>Eau distillée</b>	<b>1000 ml</b>

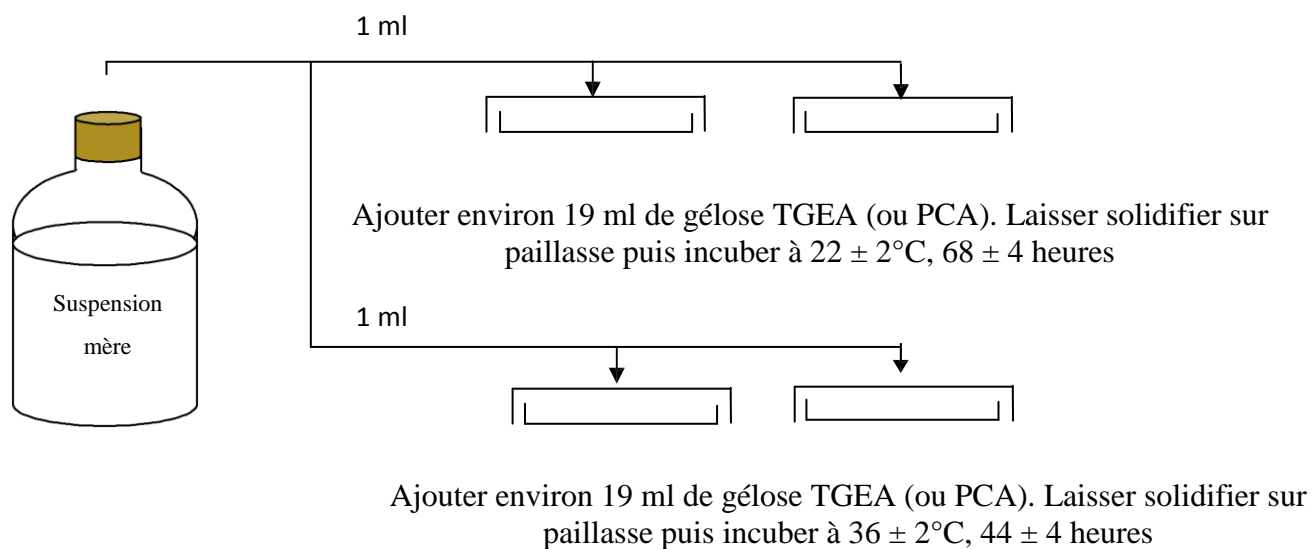
pH : 6,8-7 / Autoclavage : 121°C/15 mn.



Annexe 3 : Images de différents milieux de culture utilisés

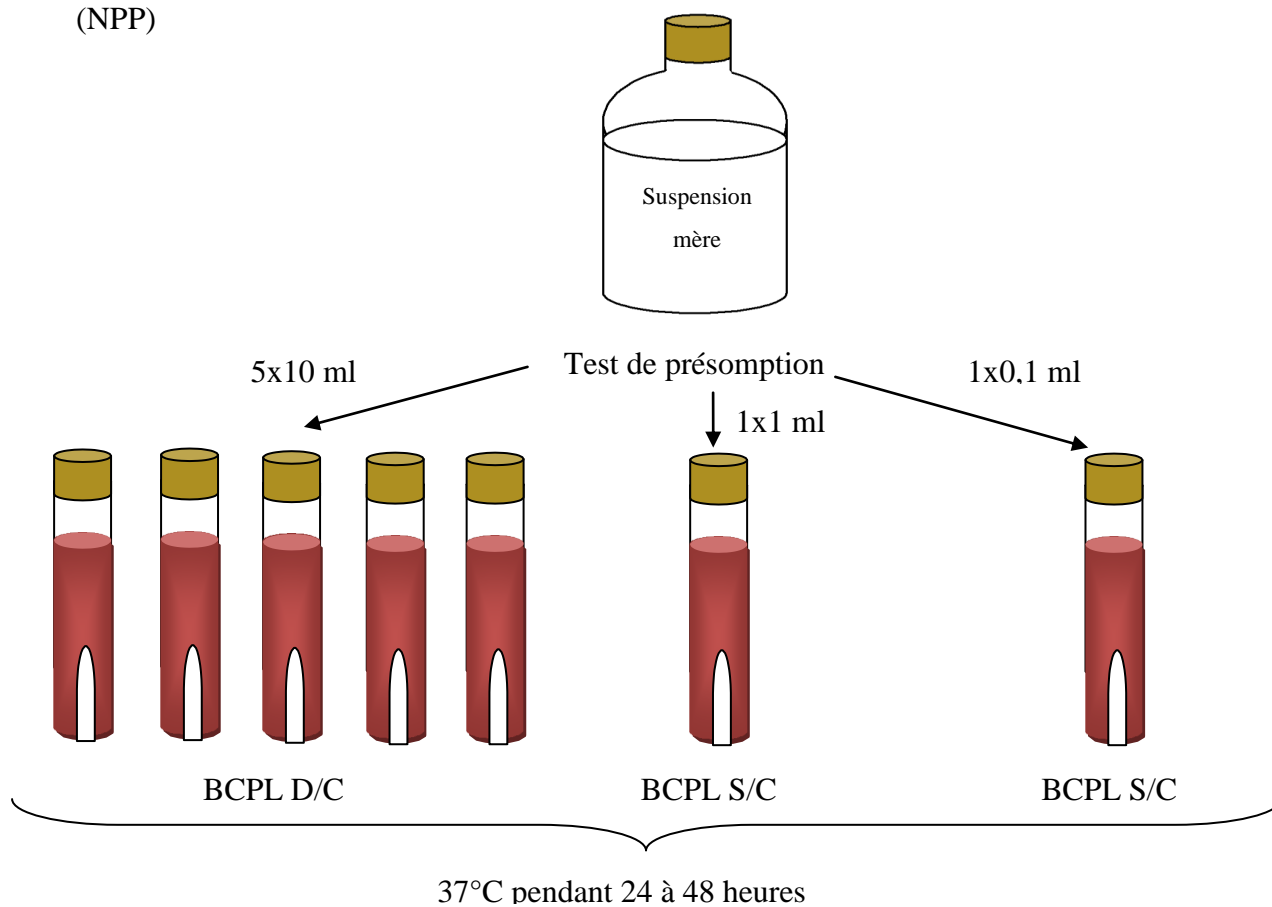
## Annexe 4 : Schémas des modes opératoires d'analyses bactériologiques

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

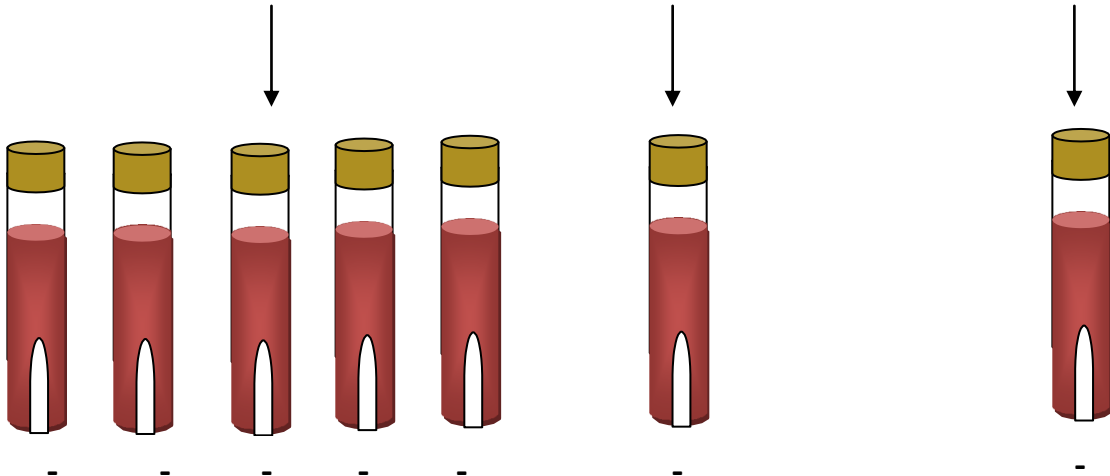


### 2. Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

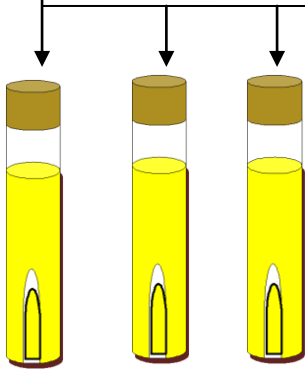
Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)



Concernant nos échantillons



Pour un résultat positif

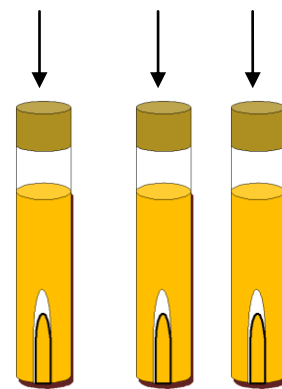
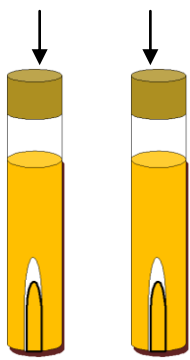


**Test de confirmation**

Repiquage sur milieu Schubert + cloche de Durham

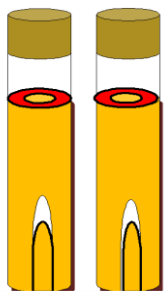
Repiquage sur milieu VLVB + la cloche de Durham

Incuber à 37°C, 48 heures



+ + +

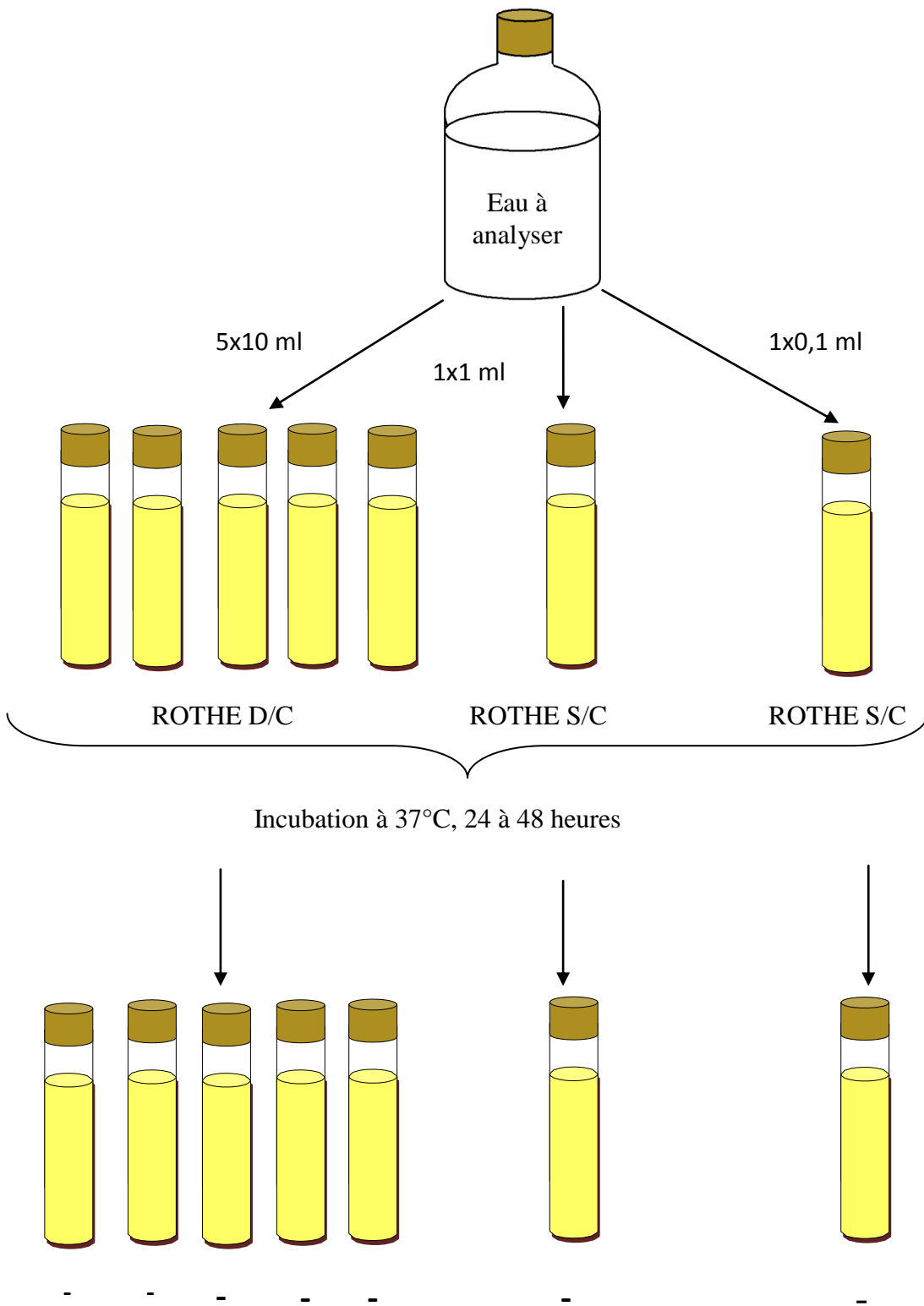
Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs par tube



+ +

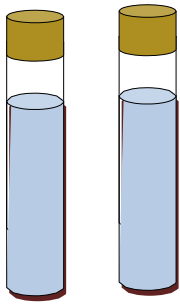
### 3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Entérocoques)

#### Test de présomption

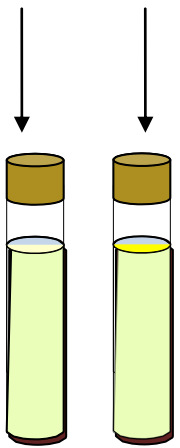


## Test de confirmation

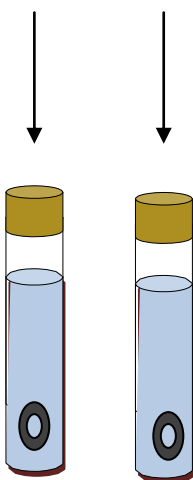
Si un cas positif se présente



Repiquage sur milieu LITSKY EVA



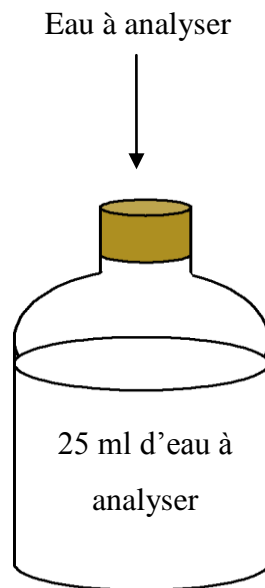
Incubation à 37°C pendant 24 heures



+

+

#### 4. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de *Clostridium* sulfito-réducteurs

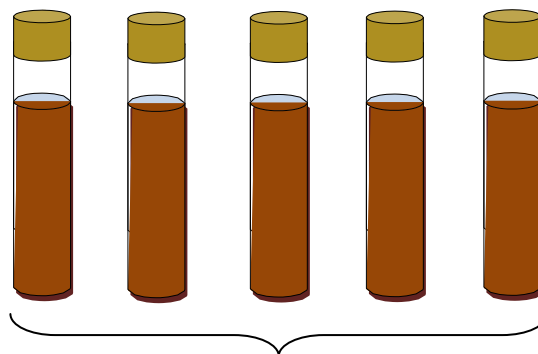


Chauffage à 80°C, 10 minutes ; refroidissement brutal sous l'eau de robinet

Prendre cinq tubes contenant chacun 15 ml de gélose **Viande Foie** fondue à 50°C puis refroidie

Ajouter ensuite ses additifs spécifiques, sulfite de sodium (6 gouttes) et alun de fer (3 gouttes)

Répartir dans chacun des tubes 5 ml de l'échantillon à Analyser, ajouter quelques gouttes de l'huile de vaseline



Laisser solidifier puis incuber selon le protocole (37°C pendant 24 h)

## Annexe 5 : NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE

DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT N° :03

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
5 tubes de 10 ml	1 tubes de 1 ml	1 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3 700

**Annexe 6 : Les NORMES ALGERIENNES.**

Le tableau indique les concentrations maximales admissibles Algériennes (chimiques et bactériologiques) pour les eaux différentes.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale Admissible	Méthodes	Observations
<b>I- Eau transporté sous canalisation</b>					
<b>I-1/Eau traitée à l'entrée du réseau</b>					
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbr/ 100 ml	–	0	NA 764	Turbidité <1 NTU pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH<6.
<b>Coliformes</b>	Nbr/100 ml	–	0	NA 764	Chlore libre résiduel 0,2 à 0,5 mg/l après 30 mn (minimum de contact).
<b>I-2 Eau non traitée à l'entrée du réseau</b>					
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbr/ 100 ml	–	0	NA 764	
<b>Coliformes</b>	Nbr/ 100 ml		0	NA 764	Dans 98% des échantillons examinés au cours de l'année dans le cas de gros débit et d'échantillons prélevés en nombre suffisant.
<b>Coliformes</b>	Nbr / 100 ml		< 10	NA 764	Occasionnellement, mais jamais des prélèvements consécutifs.
<b>I-3 Eau prélevée dans le réseau</b>					
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbr / 100 ml	–	0	NA 764	

<b>Coliformes</b>	Nbr / 100 ml	–	0	NA 764	Dans 98 % des échantillons examinés au cours de l'année dans le cas de gros débit et d'échantillons prélevés en nombre suffisant.
<b>Coliformes</b>	Nbr / 100 ml	–	< 10	NA 764	Occasionnellement, mais jamais des prélèvements consécutifs.
<b>II- Eau de boisson en bouteille</b>					
<b>Coliformes</b>	Nbr / 100 ml	–	0	NA 764	La source doit être exempte de contamination fécale.
<b>III- Eau potable de source</b>					
<b>Coliformes</b>	Nbr / 100 ml	–	0	NA 764	Avertir la population de javelliser ou de bouillir l'eau, au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives.
<b>Germes Totaux 37°C /24 h 22 °C/ 24h</b>	Nbr / 1 ml  Nbr / 1 ml	10 100	– –	NA 763	Dans une eau traitée, le dénombrement des germes totaux effectué à l'extrémité du réseau de distribution ne doit pas excéder 20 fois le taux obtenu en début de réseau, dans 90 % des échantillons analysés au cours de l'année.
<b>Streptocoques fécaux</b>	Nbr / 100 ml	–	0	NA765 ou NA766	

## Facteurs physico-chimiques

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximal Admissible	Méthode	Observations
<b>pH</b>			6.5 - 8.5	<b>NA 751</b>	
<b>Conductivité</b>	µs/cm à 23°C	–	2800	<b>NA 749</b>	En correspondance avec la minéralisation des eaux.
<b>Résidu sec</b>	Mg/l après séchage à 105°C	–	2000	<b>NA 6356</b>	
<b>Dureté Totale</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	200	500	<b>NA 752</b>	
<b>Calcium</b>	mg/l	75	200	<b>NA 1655</b>	La teneur en magnésium est calculée à partir de la différence entre la teneur en Calcium + Magnésium et la teneur en Calcium.
<b>Magnesium</b>	mg/l	–	150	<b>NA752</b> et <b>NA1655</b>	
<b>Sodium</b>	mg/l	–	200	<b>NA 165</b> ou <b>NA163</b>	
<b>Potassium</b>	mg/l	–	20	<b>NA1652</b> ou <b>NA 1653</b>	
<b>Sulfates</b>	mg/l	200	400	<b>NA6361</b>	
<b>Chlorures</b>	mg/l	200	500	<b>NA 6362</b>	
<b>Nitrates</b>	mg/l		50	<b>NA1656</b>	
<b>Nitrites</b>	mg/l		0,1	<b>NA 1657</b>	
<b>Ammonium</b>	mg/l	0,05	0,5	<b>NA1879</b> ou <b>NA1852</b>	
<b>Phosphate</b>	mg/l	–	0,5	<b>NA 2364</b>	

<b>Oxydabilité au KmnO4</b>	mg/l	–		<b>NA 2064</b>	Mesure faite à chaud et en milieu solide
<b>Aluminium</b>	mg/l	–	0,2	<b>NA 6372</b>	

### Facteurs indésirables ou toxiques

<b>Parameters</b>	<b>Unite</b>	<b>Niveau guide</b>	<b>Concentration maximale Admissible</b>	<b>Méthodes</b>	<b>Observations</b>
<b>Argent</b>	mg/l		0,05	NA 6673	
<b>Arsenic</b>	mg/l		0,05	NA 2363	
<b>Barium</b>	mg/l		01	NA 6074	
<b>Cadmium</b>	mg/l		0,01	NA 2362	
<b>Cyanures</b>	mg/l		0,05	NA 1766	
<b>Chrome</b>	mg/l		0,05	NA6375	
<b>Cuivre</b>	mg/l	0,05	1,5	NA2362	
<b>Fer</b>	mg/l		0,3	NA2422	
<b>Fluor</b>	mg/l	0,3	02	NA 6376	
<b>Manganese</b>	mg/l		0,5	NA 6376	
<b>Mercure</b>	mg/l		0,001	NA 2761	
<b>Plomb</b>	mg/l		0,5	NA 2362	
<b>Hydrogène sulfuré</b>	µg/l		0,02	NA 6365	Non décelable organoleptiquement
<b>Sélénium</b>	µg/l		0,61	NA 6364	
<b>Zinc</b>	µg/l		05	NA 2362	



**Annexe 7 :** Images représentatives du captage, bacs de décantations et les les outils utilisés lors de prélèvement des échantillons.

**Annexe 8 :** Résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source Alma, Tamazirt Ourabah de Mizrana, effectuées au niveau de laboratoire de l'ADE, Tizi-Ouzou.

**Résultats d'analyse d'un échantillon d'eau brute prélevé au niveau de captage.**


Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	39	Unité p/c	15	Calcium	40,08	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	16,04	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	/	mg/l	200	
Paramètre physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	/	mg/l	12	
ph	6,85	/	6,5 – 9,0	Chlorures	40,20	mg/l	500	
p-redox	/	mv	/	Sulfate	43,40	mg/l	400	
Conductivité	471	µs/cm	2800	Bicarbonates	238,88	mg/l	/	
Température	22,1	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	4,81	NTU	05	Dureté totale	166	mg/lcaco <sub>3</sub>	500	
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente	/	mg/lcaco <sub>3</sub>	/	
Salinité	/	‰	/	Titre alcalin	00	mg/lcaco <sub>3</sub>	/	
CO <sub>2</sub> libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet	195,80	mg/lcaco <sub>3</sub>	500	
Résidu sec à 105°C	/	mg/l	1500	Elément indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	00	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe <sup>2+</sup>	0,45	mg/l	0,3	
Paramètre de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	0,02	mg/l	0,05	
Ammonium	0,25	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètres bactériologiques	Résultats	unités	Normes NA	
Nitrate	<0,5	mg/l	50	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	05	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		à 37°C	< 01	UFC/ml	10
Ortho-phosphates	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/ 100 ml			10	
Mat-Org-Acide	1,33	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/ 100 ml			00	
DBO <sub>5</sub>	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Streptocoques fécaux : 00/ 100ml			00	
DCO	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	00	S/100ml	00	
				Test de chlore		mg/l	0,2 à 0,6	

## Résultats d'analyses d'un échantillon d'eau brute prélevé au niveau des bacs de décantation

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	15	Unité p/c	15	Calcium	30,46	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	12,64	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	/	mg/l	200	
Paramètre physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	/	mg/l	12	
ph	6,65	/	6,5 – 9,0	Chlorures	40,49	mg/l	500	
p-rédox	/	mv	/	Sulfate	20,50	mg/l	400	
Conductivité	310	µs/cm	2800	Bicarbonates	197,40	mg/l	/	
Température	13,60	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	0,35	NTU	05	Dureté totale	128	mg/lcaco <sub>3</sub>	500	
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente	/	mg/lcaco <sub>3</sub>	/	
Salinité	/	‰	/	Titre alcalin	00	mg/lcaco <sub>3</sub>	/	
CO <sub>2</sub> libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet	161,80	mg/lcaco <sub>3</sub>	500	
Résidu sec à 105°C	/	mg/l	1500	Elément indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	00	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe <sup>2+</sup>	1,37	mg/l	0,3	
Paramètre de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	0,01	mg/l	0,05	
Ammonium	0,18	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètres bactériologiques	Résultats	unités	Normes NA	
Nitrate	< 0,5	mg/l	50	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	< 01	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		à 37°C	< 01	UFC/ml	10
Ortho-phosphates	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/ 100 ml			10	
Mat-Org-Acide	4,33	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/ 100 ml			00	
DBO <sub>5</sub>	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Streptocoques fécaux : 00/ 100ml			00	
DCO	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	/	S/100ml	00	
				Test de chlore	/	mg/l	0,2 à 0,6	

### Résultats d'analyses d'un échantillon d'eau traitée prélevé au niveau de village.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale		Résultats	Unités	Normes NA
Couleur	/	Unité p/c	15	Calcium		28,06	mg/l	200
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium		12,16	mg/l	/
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium		/	mg/l	200
Paramètre physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium		/	mg/l	12
ph	6,65	/	6,5 – 9,0	Chlorures		37,58	mg/l	500
p-rédox	/	mv	/	Sulfate		10,2	mg/l	400
Conductivité	309	µs/cm	2800	Bicarbonates		152,26	mg/l	/
Température	22,2	°C	/	Carbonate		/	mg/l	/
Turbidité	2,10	NTU	05	Dureté totale		120	mg/lcaCO <sub>3</sub>	500
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente		/	mg/lcaCO <sub>3</sub>	/
Salinité	/	‰	/	Titre alcalin		00	mg/lcaCO <sub>3</sub>	/
CO <sub>2</sub> libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet		124,80	mg/lcaCO <sub>3</sub>	500
Résidu sec à 105°C	/	mg/l	1500	Elément indésirables		Résultats	Unités	Normes NA
MES à 105 °C	/	mg/l	00	Fer total		/	mg/l	/
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe <sup>2+</sup>		0,95	mg/l	0,3
Paramètre de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium		00	mg/l	0,05
Ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor		/	mg/l	1,5
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètres bactériologiques		Résultats	unités	Normes NA
Nitrate	00	mg/l	50	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	> 300	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		à 37°C	10	UFC/ml	10
Ortho-phosphates	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 240 / 100 ml				10
Mat-Org-Acide	0,67	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/ 100 ml				00
DBO <sub>5</sub>	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Streptocoques fécaux : 00/ 100ml				00
DCO	/	mg/l O <sub>2</sub>	/	Anaérobies sulfito-réducteurs		00	S/100ml	00
				Test de chlore		0,1	mg/l	0,2 à 0,6


  
 EURL REGILACQ  
 Regional Laboratory of Analysis and Controlling Quality  
 Laboratoire Régional d'Analyse et Contrôle de la Qualité  
 المخبر الجهوي لمراقبة النوعية  
 Décision Ministérielle N° 102 du 19.02.2003  
 Lotissement thala Villa N° 16 boulevard KRIM BELKACEM Nouvelle Ville Tizi-Ouzou.  
 Tel : 026.21.40.18      Mobile : 0661.74.11.24 / 0771.32.42.13

---

### Identification des échantillons

Date : 03/11/2013  
 Nature de prélèvement : eau de source  
 N° de prélèvement : 01  
 Lieu : TAMAZIRT OURABAH  
 Nom de la source : ALMA  
 Source aménagée : oui  
 Présence d'un périmètre de protection : oui  
 Source traitée : oui  
 Eau claire : non  
 Eau trouble : oui  
 Prélèvement effectué par le laboratoire REGILACQ

**Annexe 9 :** Photo représentant le Rapport d'analyse de l'eau de source Alma, Tamazirt Ourabah de la commune de Mizrana réalisé par le laboratoire REGILACQ de Tizi-Ouzou.

The screenshot shows the 'Diagrammes' software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Fichier', 'Affichage', 'Edition', 'Diagrammes', 'Constantes', 'A propos', 'Langue', 'Options', 'Quitter', 'Manuel', and 'Rouvrir'. Below the menu, there are several toolbars and a main data table.

The main data table displays analysis results for three groups of samples. The columns include 'n', 'Nom', 'Libellé', 'Groupe', 'Piper', 'Schoeller', 'Stiff', 'XY', 'Kojinski', 'Phreeq', 'Stat', 'TDS', 'T°C', 'pH', 'c25°C', 'cCALC', 'cCa%', 'Bal=0%', 'Bal=0%', 'Balance refaire', 'Cations', 'Anions', 'Ca', 'Mg', 'Na', 'K', and 'Fe'. The data is as follows:

n	Nom	Libellé	Groupe	Piper	Schoeller	Stiff	XY	Kojinski	Phreeq	Stat	TDS	T°C	pH	c25°C	cCALC	cCa%	Bal=0%	Bal=0%	Balance refaire	Cations	Anions	Ca	Mg	Na	K	Fe
1	captage	eau brute	1	CAL	3						300	22.1	6.65	471	464	+1%	79.0	2.3	-20%	+ cations	3.35220	5.97100	40.06	16.04		
2	bacs de décantation	eau brute	2	CAL	4						303	13.6	6.65	310	377	+10%	64.0	2.4	-29%	- anions	2.62050	4.80410	30.46	12.64		
3	eau de consommation	apres traitement	3	CAL	5						241	19.2	6.65	309	318	+1%	71.0	2.0	-21%	- anions	2.43510	3.76780	28.06	12.16		

At the bottom of the interface, there is a control panel with a search bar, a 'Rechercher dans Nom/Libellé' field, and buttons for 'Modification par cellule', 'Saisie globale', and 'aide flottante'. There is also a temperature input field set to 25°C and a 'Recalculer' button. A status bar at the bottom indicates 'TRI alphabétique croissant selon la colonne sélectionnée (jaune)'.

**Annexe 10 :** Photo qui représente le logiciel Diagramme utilisé pour tracer le diagramme de Piper et le diagramme de Schoëller et Berkaloff.

# *Résumé*

Ce travail consiste à évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source souterraine « Alma, Tamazirt-Ourabah » qui alimente ce village de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou. Qui présente un dépôt rouge-orange important, Le suivi de la qualité est effectué depuis le captage de cette source jusqu'aux robinets des consommateurs en passant par la bêche à eau où le traitement au chlore est effectué.

Le travail se base sur l'évaluation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques, ainsi certains métaux lourds afin d'en déduire l'origine du dépôt.

Les résultats d'analyses montrent que cette eau présente des anomalies sur le plan physico-chimique et même bactériologique ce qui nécessite de prendre des mesures correctives d'urgence afin d'y remédier au problème cité

**Mots clés :** eau de source, qualité, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, chloration.

# *Abstract*

This work is to evaluate the physico-chemical and bacteriological parameters of water from underground source "Alma, Tamazirt-Ourabah" that feeds the village of the town of Mizrana, wilaya of Tizi-Ouzou. Which presents a significant orange-red deposit, the quality monitoring is done from the source to capture this consumer taps through the water tank where chlorine treatment is performed.

The work is based on evaluation of various physico-chemical and bacteriological parameters, and some heavy metals in order to deduce the origin of deposit.

The results of analyzes show that the water has anomalies on the physico-chemical level and even bacteriological which requires taking urgent corrective measures to remedy the problem cited

**Keywords:** spring water quality, physico-chemical analysis, bacteriological, chlorination.