

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Université SAAD DAHLAB de Blida**

**Faculté des sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie**



**Mémoire**

**De fin d'Etude En Vue de l'Obtention de Master en Biologie  
Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire**

**Thème**

**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et  
bactériologique des eaux des forages et de l'eau de robinet dans  
certains quartiers de la région de Boufarik**

**Présenté par :**

**Soutenue le : 15/12/2013**

**Melle Benamara Soumia**

**Melle Tiffour Wafaa**

**Devant le jury composé de :**

**Mme KHETAR.S**

**MAA**

**Présidente**

**USDB**

**Mme KHEDDAM.H**

**MAA**

**Examinatrice**

**USDB**

**Mme KHETAR.S**

**MAA**

**Examinatrice**

**USDB**

**Mme KHETAR.S**

**MCB**

**Promotrice**

**USDB**

**Promotion 2012-2013**

# Remerciements

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme HAMADI.F, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait M<sup>me</sup> KHETAR.S en étant présidente du jury et M<sup>me</sup> MOHAMED MAHMOUD.F et M<sup>me</sup> KHEDDAM.H d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.*

*Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenu de près ou de loin pour faire mener à terme ce projet.*

# Dédicaces

*Tout d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de mon parcours et m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ...*

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les garde et les protège.*

*A mon cher mari FETHI, pour son précieux soutien et pour sa patience tout au long de ce projet.*

*A mon ange ADEM, que Dieu me le protège.*

*A mes adorables sœurs.....A mes frères ....A mon binôme WAFI*

*A toutes mes amies.*

*Je dédie ce travail.*

*Soumia.*

## Dédicace

- ✚ *Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi, et qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail, et de m'avoir permis d'en arrivé là.*
- ✚ *A mes chères parents TIFFOUR TAYEB et TIFFOUR KHADOUJJA ; qui étaient toujours à mes cotés, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur. Ce travail est le fruit de leurs sacrifices qu'ils ont consentis pour mon éducation et ma formation.*
- ✚ *Je dédie ce travail à Mme HAMAIDI.F, notre promotrice, dont la disponibilité, le savoir faire et le soutien ne nous ont jamais fait défaut.*
- ✚ *Je le dédie particulièrement à ma chère amie et mon binôme, SOUMIA qui a partagé avec moi les moments difficiles et les beaux souvenirs de ce travail..*
- ✚ *Je le dédie aussi à MON MARIE KHELIF MOHAMED LAMINE, pour son précieux soutien et pour sa patience tout au long de ce projet et sa bonne famille.*
- ✚ *A Mon chère frère ; ALI*
- ✚ *A mes chers sœurs ; MERIEM ET MEHDIA*
- ✚ *A mes amies de UNIVESITE DE SAAD DAHLED*
- ✚ *En fin je le dédie à tous mes amies que je n'ai pas citées et à tous ceux qui me connaissent.*

WAFAA



**REMERCIEMENTS**

**DEDICACES**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES FIGURES**

**GLOSSAIRE**

**RESUMES**

**INTRODUCTION ..... 1**

### **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **I.RESSOURCES EN EAU**

**I.1. Cycle de l'eau.....2**

**I.2. Différents types de nappes.....2**

**I.3 Caractéristiques générales des eaux souterraines.....3**

**I.4. Différentes origines de la pollution.....5**

**I.5. Adduction d'eau.....5**

**I.6. Captage des eaux souterraines.....6**

**II. EAU POTABLE.....7**

**II.1. Caractéristiques des eaux potables.....7**

**II-2 Maladies à Transmission Hydrique (MTH).....15**

**III- Désinfection des eaux de consommation .....16**

### **PARTIE EXPERIMENTALE**

**I.MATERIEL ET METHODES.....19**

**I. MATERIEL ET METHODES.....19**

<b>I.1.Présentation de la région d'étude.....</b>	<b>19</b>
I.1.1.Situation démographique et Caractéristiques hydrogéologiques.....	19
I.1.2.Système de distribution d'eau potable .....	19
I.1.3. Ressource en eau .....	19
<b>I.2. Matériel.....</b>	<b>20</b>
<b>I.3. Méthodes.....</b>	<b>20</b>
I.3.1. Choix des sites de prélèvements.....	21
I.3.2.Matériel de prélèvement.....	22
I.3.3. Analyses physico-chimiques .....	22
I.3.4.Analyses bactériologiques.....	28
<b>II.RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>34</b>
<b>II.1.Résultats des analyses physico-chimiques.....</b>	<b>34</b>
<b>II .2. Résultats des analyses bactériologiques .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXES</b>	

## Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**ANRH** : Agence National de Ressources Hydriques.

**ASR** : anaérobies sulfito-réducteurs.

**AT** : après traitement.

**BNG** : bacille gram négatif

**C(1,2,3)** : châteaux d'eau (1,2,3).

**Ca (OCl)<sub>2</sub>**: Hypochlorite de calcium

**CEAEQ** : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.

**CEE** : Commission Economique Européenne.

**CF** : Coliformes Fécaux.

**CMA** : Concentration Maximale Admissible.

**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique.

**CT** : coliformes totaux.

**D /C** : double concentration.

**DPD** :diéthyle-p-phénylene diane.

**E.T** : eau traitée.

**EDTA** : éthylène diamine tétra-acétique.

**EPA** : Eau péptonée alcaline.

**F (1, 2,3...)** : forage (1, 2,3...).

**GNAB** : gélose nutritive alcaline Biliée.

**HOCl**: Acide hypochloreux.

**ISO** :Internationnal Organization of Standardization.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**M** : milieu.

**NA** : Norme Algériennes.

## Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**ANRH** : Agence National de Ressources Hydriques.

**ASR** : anaérobies sulfito-réducteurs.

**AT** : après traitement.

**BNG** : bacille gram négatif

**C(1,2,3)** : châteaux d'eau (1,2,3).

**Ca (OCl)<sub>2</sub>**: Hypochlorite de calcium

**CEAEQ** : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.

**CEE** : Commission Economique Européenne.

**CF** : Coliformes Fécaux.

**CMA** : Concentration Maximale Admissible.

**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique.

**CT** : coliformes totaux.

**D /C** : double concentration.

**DPD** :diéthyle-p-phénylene diane.

**E.T** : eau traitée.

**EDTA** : éthylène diamine tétra-acétique.

**EPA** : Eau péptonée alcaline.

**F (1, 2,3...)** : forage (1, 2,3...).

**GNAB** : gélose nutritive alcaline Biliée.

**HOCl**: Acide hypochloreux.

**ISO** :Internationnal Organization of Standardization.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**M** : milieu.

**NA** : Norme Algériennes.



**NaOCl:** Hypochlorite de sodium.

**NTU :** nephelometric turbidity unit.

**OMS :** Organisation Mondiale de la santé

**PE :** prise d'essais.

**PEHD :** Polyéthylène Haute Densité.

**PPL :** point plus loin.

**ppp :** point plus poche.

**PVC :** Polychlorure de Vinyle.

**RHP :** cité au niveau de la ville de boufarik.

**RQEP :** Règlement sur la Qualité de l'Eau Potable.

**S /C :** simple concentration.

**SFB :** bouillon agar sélénite de sodium.

**SPD :** sous produits de désinfection.

**ST :** streptocoque totaux.

**TAC :** titre alcalimétrique complet.

**TH :** titre hydrométrique.

**THM :** trihalomethane.

**TSI :** Triple Sugar Iron.

## Liste des tableaux

N° tableau	Titre	page
Tableau I	: principale différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines.....	4
Tableau II	: normes organoleptiques d'une eau potable .....	8
Tableau III	: norme physicochimique d'une eau potable .....	9
Tableau IV	: norme bactériologique d'une eau potable .....	13
Tableau V	: principales maladie d'origines hydrique et leurs agents pathogènes.....	15
Tableau VI	: résultats des analyses bactériologique de château d'eau beriane.....	51
Tableau VII	: résultats des analyses bactériologique de château d'eau hacoh gros.....	51
Tableau VIII	: résultats des analyses bactériologiques de château d'eau broussounier.....	52
Tableau IX	: résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de Beriane <b>(annexe 03).</b>	
Tableau X	: résultats des analyses physicochimiques de château d'eau de haoch gros <b>(annexe 03).</b>	
Tableau XI	: résultats des analyses physicochimiques de château d'eau de Broussounier <b>(annexe 03).</b>	

## Liste des figures

<b>N°Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure 1 :	Demande en chlore.....	17
Figure 2 :	Organigramme des points d'échantillonnage dans certaines localités de la région de Boufarik.....	21
Figure 3 :	Photo de l'appareil skalar.....	26
Figure 4 :	Résultats du test de chlore dans la région de Boufarik.....	34
Figure 5 :	Variation des résultats de température.....	35
Figure 6 :	Variation des résultats de pH.....	36
Figure 7 :	Variation des résultats de turbidité.....	37
Figure 8 :	Variation des résultats de conductivité électrique.....	38
Figure 9 :	Variations des résultats de TAC.....	39
Figure 10 :	Variations des résultats de TH.....	40
Figure 11 :	Variation des résultats de calcium.....	41
Figure 12 :	Variation des résultats de magnésium.....	42
Figure 13 :	Variation des valeurs de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> des eaux analysé .....	43
Figure 14 :	Variation des résultats de chlorure.....	44
Figure 15 :	Variation des résultats de nitrate.....	45
Figure 16 :	Variation des résultats de matière organique.....	46
Figure 17 :	Variation des résultats de coliforme totaux.....	48
Figure 18 :	Qualité bactériologique de prélèvement.....	50

# Résumé

Garantir une eau potable de qualité acceptable jusqu'au robinet du consommateur est un véritable défi tant les conditions de dégradation de l'eau dans le réseau de distribution sont complexes et multiples.

Cette étude vise à évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux des forages, des châteaux d'eau et des eaux de robinet chez certains consommateurs.

Les résultats obtenus montrent que :

- L'eau desservie dans la ville de Boufarik est de bonne qualité bactériologique.
- Certains paramètres de la qualité physicochimique, ne répondent pas aux normes comme :
  - les nitrates (66 mg /l) dans le quartier du lotissement 4 alimenté par le château d'eau de Berriane.
  - Des valeurs de turbidité élevées (6,3-7,2 NTU) dans certains quartiers alimentés par le château d'eau de Berriane.
  - Des valeurs de TH élevées (50-53 F°) dans le quartier du lotissement 5 alimenté par le château d'eau de Berriane.
  - Une diminution voire une disparition du chlore résiduel a été notée.

**Mots clés :** forages, eau potable, consommateurs, paramètres bactériologique et physico\_chimique, Boufarik.

# Abstract

Ensure drinking water quality acceptable to the consumer's tap is a real challenge as the conditions of degradation of the water in the distribution system are complex and multifaceted.

This study is evaluated the physicochemical and bacteriological quality of the water of boreholes, water towers and water tap for some consumers

The results obtained show that :

- The water catchment in the city of Boufarik is good bacteriological quality.
- Some physicochemical parameters of quality standards do not answer as

- Nitrates (66 mg / l) in the district of the lot 4 fed by the water tower of Berriane.
- Values of turbidity raised(brought up) ( 6,3-7,2 NTU) in certain districts fed by the water tower of Berriane.
- Values of raised(brought up) TH ( 50-53 F ° ) in the district of the lot 5 fed by the water tower of Berriane.
- A decrease even a disappearance of the residual chlorine was noted.

**Keywords:** Drilling ,, Drinking water, Consumers, bacteriological and physico\_chimique parameters , Boufarik.

# ملخص

من اجل ضمان مياه صالحة للشرب من نوعية مقبولة إلى غاية حنفية المستهلك هي تحدي كبير مادامت شروط تدهور المياه في شبكة توزيع المياه كثيرة و معقدة

إن هذه الدراسة تهدف إلى تقييم النوعية الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية لمياه السدود ,خزانات المياه, الحنفيات لبعض المستهلكين.

و كانت النتائج المحصل عليها كالآتي:

-المياه الموجهة إلى مدينة بوفاريك هي من نوعية جيدة من

حيث النوعية البكتريولوجية

-بعض مقاييس النوعية الفيز و كيميائية لا تتطابق مع المعايير و التي تجاوزتها :

- النترات (66مغ/ل) في حي تجزئة 4 و المزود من

طرف خزان مياه بريان

- قيمة التعكر مرتفعة (6.3-7.2 NTU) في بعض الاحياء

المزودة من طرف خزان مياه بريان.

- قيم المؤشر الهيد و متري مرتفعة (50-53 F°) في حي

التجزئة 5 المزود من طرف خزان مياه بريان.

- نقص الى زوال بقايا الكلور

**الكلمات المفتاحية:** السد, المياه الصالحة للشرب,

المستهلك, المقاييس البكتريولوجية, و الفيزو كيميائية, بوفاريك.



# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Les trois quarts de la surface de la terre sont recouverts d'eau, elle représente 1380 million Km<sup>3</sup>. La majorité est constituée d'eau de mer à 97,2 %, la glace représente 2,15 %, l'eau douce, dont la disponibilité est sous forme de lacs, fleuves, eaux souterraines, elle ne représente que 0,7% de la ressource totale (**VIVIANE RENAUDIN ,2002**).

L'eau c'est la vie, a-t-on l'habitude de dire. C'est en effet "le solvant universel"; il est composé d'oxygène et d'hydrogène qui se lie avec le carbone et sont indispensables à la formation cellulaire (**HERTIG et FALLOT ,2006**).

En revanche, dans la nature l'eau n'est pas toujours source de vie. Elle véhicule en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et/ou protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent, ainsi qu'un nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou se reproduire. Or, de tels organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humain. L'eau est ainsi un vecteur de transmission privilégié de ces maladies que l'on dit hydriques (**CNRS, 2010**).

Afin de préserver la santé de la population, il est nécessaire et obligatoire de contrôler la qualité de ses eaux et de procéder au traitement des eaux polluées si non fermer et interdire l'accès à ses forages lorsqu'ils sont pollués.

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude. En effet, les forages qui desservent la région de Boufarik constituent la source principale d'alimentation en eau potable de cette zone.

Dans cette étude, nous nous proposons un contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau desservie dans la ville de Boufarik.





**PARTIE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. RESSOURCES EN EAU

### I.1. Cycle de l'eau

Sur la Terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturel : solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau).

L'eau s'évapore de toutes les étendues d'eau, depuis la simple flaque jusqu'aux océans.

De l'eau s'évapore aussi de la végétation, on parle alors d'évapotranspiration. Lorsque la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère devient suffisamment grande, la vapeur se condense sur des particules en suspension dans l'air pour former les nuages. Les nuages précipitent éventuellement sous forme de pluie, de neige ou de grêle. L'eau qui est libérée retourne au sol où elle est absorbée par la végétation ou ruisselle vers les rivières et les fleuves si elle n'est pas absorbée par le sol. L'eau peut également percoler (pénétrer lentement dans le sol) vers les couches les plus profondes pour alimenter la nappe phréatique et le système des fleuves et des rivières (SOKONA, 2002).

De ce cycle nous pouvons dégager trois sources d'approvisionnement en eau :

#### ❖ Eaux de pluie

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine, ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (SOKONA, 2002).

#### ❖ Eaux de surface

Composées d'eaux de mer, de fleuve, de rivière etc..., elles reçoivent toutes sortes de déchets contenant des germes nuisibles pour la santé.

#### ❖ Eaux souterraines

Formées par les eaux d'infiltrations, les nappes d'eau souterraines sont contenues dans les aquifères. Elles sont exemptes de pollution. Cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution et d'autre part par le manque de protection. Elles peuvent être chargées par divers éléments ; eaux saumâtres (NaCl), eau dure ( $\text{Ca}^{++}$ ) et/ou eau ferrugineuse ( $\text{Fe}^{++}$ ) (COULIBALY, 2005).

### I.2. Différents types de nappes

#### ❖ Nappe libre

Les nappes libres sont appelées aussi « nappes aquifères non captives ». Elles sont limitées au fond par une couche imperméable et surmontées de terrains perméables (LANOIX et ROY, 1976).

Une nappe libre se définit donc comme une nappe dont le niveau piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (**VILAGENES, 2003**).

❖ **Nappe phréatique**

C'est la première nappe rencontrée lors d'un creusement d'un puits. L'inconvénient est qu'elle est vulnérable aux pollutions. Selon **HASLAY et LECLERC (1993)**, l'autoépuration risque d'être insuffisante pour assurer une qualité sanitaire naturelle correcte, le temps de contact étant trop bref avec le filtre biologique que constitue le sous-sol. L'utilisation de l'eau de cette

nappe à des fins d'alimentation humaine nécessite des traitements pour sa potabilité.

❖ **Nappe alluviale**

Cette nappe constitue un gîte aquifère souvent exploité. Elle se situe dans les terrains alluvionnaires (**DEGREMONT, 1989**). Le séjour dans le lit filtrant surmontant la nappe étant en général bref. La qualité biochimique et microbiologique de l'eau sera voisine de celle de l'eau superficielle qui l'alimente, et sujette aux mêmes variations (**HASLAY et LECLERC, 1993**). Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux d'étriques c'est-à-dire des débris très poreux et gorgés d'eau (**BOEGLIN, 2001**)

❖ **Nappes captives**

Elles peuvent se définir comme des nappes contenues dans deux formations imperméables (**LANOIX et ROY 1976**). Elles ne sont donc pas directement alimentées par le sol. Elles se situent à de grandes profondeurs (**CARDOT, 1999**) ;(**VILAGENES, 2003**).

Dans les nappes captives, la surface piézométrique peut être située au dessus du toit (surface du sol qui recouvre la nappe), dans ce cas la nappe est dite artésienne (**LOUP, 1974**). Un simple forage conduit à un jaillissement spontané.

### **I.3 Caractéristiques générales des eaux souterraines**

La nature géologique du terrain a une influence sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule. Il s'établit 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, les eaux circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatée calcique (**DEGREMENT, 1998**).

Le Tableau I résume les caractéristiques des eaux souterraines selon les principaux paramètres analytiques. Parmi les caractéristiques de ces eaux, il faut retenir une faible turbidité, une température et une composition chimique constante et l'absence presque totale d'oxygène.

**Tableau I. Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines.**

<b>Caractéristique</b>	<b>Eaux de surface</b>	<b>Eau de souterraine</b>
Température	Variable suivant saison	Relativement constante
Turbidité ; MES (vrai ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liées surtout aux MES (argile, algue ...) Sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liées surtout aux matières en Solution (acide humique) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Goûts et odeurs	fréquents	Rares (sauf H <sub>2</sub> S)
Minéralisation globale (ou : salinité)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constant ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région)
Fe et Mn divalentes à l'état dissous	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O <sub>2</sub> dissous	plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H <sub>2</sub> S	Généralement absent	Souvent présent
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organique	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptible de disparaître de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvant chlorés	Rarement présent	Peuvent être présent (pollution de la nappe)
Elément vivants	Bactéries (dont certain pathogènes) virus, plancton, (animal et végétal)	Ferme bactéries et sulfates Réduction fréquentes
Caractère eutrophe	Possible : accentué par les températures élevées	Inexistante

**(BOEGLIN, 2001)**

## I.4. Différentes origines de la pollution

Les pollutions diffuses ont trois origines principales (**Olivier, 2005**).

### ❖ Pollution domestique

Provenant des personnes, elle est en générale véhiculée par les réseaux d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (**GAUJOUT, 1995**).

Elle peut être :

- Organique (graisse)
- Chimique (poudre à laver, détergent)

### ❖ La pollution industrielle

Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est fait de l'eau au cours de la chaîne indus

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs industries agro alimentaire)
  - Des hydrocarbures (industries pétrolières transports)
  - Des métaux (traitement de la surface, métallurgie)
  - Des acides, bases produit chimiques divers.
  - Des eaux chaudes (circuits de refroidissement de la centrale thermique Des matières)
  - Des matières radioactives (centrales nucléaires traitement des déchets radioactives)
- (**ZERROUKI et al., 2006**).

### ❖ Pollution agricole

L'agriculture est la première cause des pollutions diffuses dans les eaux .Dans la quasi-totalité des pays, l'agriculture utilise des engrais et des pesticides contaminant ainsi les nappes souterraines et les eaux superficielles (**ZERROUKI et al., 2006** ).

## I.5. Adduction d'eau

Ce sont des amenées d'eau à partir de leur gisement souterrain, d'un lac ou encore d'un cours d'eau. Elles nécessitent un certain nombre de précautions. Selon **LANOIX et ROY (1976)**, les stations de captage doivent être :

- Facilement accessibles
- A l'abri d'inondations ou autre arrivées d'eaux souterraines
- Protégées par un périmètre de protection.

« Les limites du périmètre de protection immédiate sont établies afin d'interdire toute introduction directe de substances polluantes dans l'eau prélevée et d'empêcher la dégradation des ouvrages. Les terrains compris dans ce périmètre sont clôturés. Toutes activités, installations ou dépôts y sont interdits » (C.I.E, 2005).

## **I.6. Captage des eaux souterraines**

### **❖ 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 pour protéger les eaux de ruissellement par des drains superficiels ou des canaux de déviation des eaux (VILAGENES, 2003).

### **❖ Captage par galerie**

Dans ce cas on construit une galerie voûtée directement dans la nappe aquifère. La construction s'effectue soit par tranchée, soit par tunnel creusée dans l'aquifère. La pente de la galerie est de 1/1000 soit 10m/100 km. Dans ces conditions, la vitesse de l'eau est de l'ordre de 2,3 km/h. Ces galeries peuvent se trouver à flanc, parallèlement à l'axe de la vallée, dans les terrains alluvionnaires ou peuvent être creusées dans la craie (VILAGENES, 2003).

### **❖ Captage par drains**

Ce sont des tuyaux en poterie présentant des orifices, ils possèdent des tranchées de pierres et de graviers. Les tranchées sont ensuite comblées avec de sable, protégées par une couche d'argile, l'ensemble étant recouvert d'une couche de terre meuble (VILAGENES, 2003).

### **❖ Captage par puits**

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 (VILAGENES, 2003).

### **❖ Puits individuels**

Ils sont habituellement creusés par piochage en évitant notamment la proximité des fosses septiques. Ils peuvent être maçonnés au fur et à mesure de leur avancement ou encore muraillées par enfoncement de buses de ciment (VILAGENES, 2003).

Le principal problème des puits individuels est qu'ils n'atteignent que la nappe phréatique, pratiquement toujours polluée.

### **❖ Puits collectifs**

Ce sont des ouvrages industriels qui peuvent être à faible profondeur, situés dans les nappes alluviales et munis de pompes, ils peuvent avoir des débits considérables de l'ordre de 3000m<sup>3</sup>/Jour (VILAGENES, 2003).

## II. EAU POTABLE

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Elle doit être limpide, sans odeur et douce. Sa dureté doit être comprise entre 8 et 15°F et doit être de bonne qualité biologique. Elle ne doit pas contenir des parasites ou des germes pathogènes, ni présenter d'odeur ou de saveur désagréable, ni de coloration ou de turbidité.

Afin de définir précisément sa qualité, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptible d'être nocives à l'homme. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matière polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs. (CNRS, 2010)

### II.1. Caractéristiques des eaux potables

La qualité d'une eau potable issue des eaux souterraines est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractères organoleptiques seuls immédiatement perceptible par l'utilisateur.

Les paramètres pris en compte sont :

- ✚ La dureté de l'eau correspondant à sa minéralisation en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$
- ✚ Le pH qui dépend de la teneur en ions
- ✚ La teneur en gaz dissous issus de l'atmosphère ( $\text{O}_2$  et  $\text{CO}_2$ )
- ✚ La teneur en substances minérales dissoutes généralement sous forme ionique : anions (bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, fluorures) et cations (Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Fer, Manganese, Ammonium).
- ✚ La turbidité, produite par des matières en suspension (argile) dans les aquifères karstiques

#### II.1.1. Caractéristiques organoleptiques

Les paramètres couleur, odeur et saveur peuvent servir comme indicateur de certaines pollutions (Tableau II) (voir annexe 02).

### Couleur

La couleur de l'eau est généralement due à la présence de certaines impuretés minérales comme le fer et le manganèse mais également à certaines matières organiques (acides humiques) (**DEGREMONT, 1989**). La coloration est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en suspension qui y ajoutent leur propre coloration (**RODIER et al., 2005**).

### Odeur

L'eau potable doit être inodore, non seulement au moment du prélèvement mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 16°C (**RODIER et al., 2005**). Les odeurs peuvent être dues au plancton, à l'H<sub>2</sub>S (pour les eaux souterraines) et aux micro-organismes présents. Ces odeurs disparaissent généralement après aération (**LANOIX et ROY, 1976; DUPONT, 1986**).

### Saveur

Une eau potable de bonne qualité doit avoir un goût agréable (**RAMADE, 1998**). Si l'eau renferme une quantité trop élevée en chlorures, elle sera saumâtre. Si elle renferme une quantité élevée en magnésium, elle sera amère. Si elle est chargée en fer, elle sera métallique. En cas d'absence de sels habituels et de l'anhydride carbonique, l'eau sera fade (**RODIER et al., 2005**).

## II.1.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les paramètres de l'eau de consommation dans la pratique sont : la dureté, le pH, la teneur en sulfates, la turbidité, la teneur en Fe, Mn, et Fluor (**HADJADJE, 2011 MOUHAMED 2001, ETUDE DE LA PROPAGATION DES POLLUANTS DANS LES EAUX SOUTERRAINES**)

Le tableau suivant résume les principales normes physico-chimiques pour une eau de consommation :



Tableau III. Normes physico- chimiques d'une eau potable

	Paramètres physico-chimiques	OMS	Normes algériennes	
			NG	CMA
Paramètres physiques	Température	<b>Ne doit pas dépasser 25°C</b>	<b>9°C à 12°C</b>	–
	PH	<b>6,5 &lt; pH &lt; 8,5</b>	<b>6,5 à 6,8</b>	–
	Conductivité (µS/cm) à 20°C	<b>2800</b>	–	<b>2800</b>
Paramètres chimiques (mg/l)	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	< <b>200</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
	Sulfates (so <sup>2-</sup> )	< <b>250</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	< <b>50</b>	–	<b>150</b>
	Sodium (Na <sup>+</sup> )	< <b>150</b>	–	<b>200</b>
	Potassium (K <sup>+</sup> )	< <b>12</b>	–	<b>20</b>
Paramètres chimiques indésirable (mg/l)	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< <b>50</b>	–	<b>50</b>
	Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>2-</sup> )	< <b>0,1</b>	–	<b>0,10</b>
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< <b>0,5</b>	<b>0,05</b>	<b>0,50</b>
	Fer (Fe)	< <b>0,2</b>	–	<b>0,30</b>
	Manganèse (Mn)	< <b>0,05</b>	–	<b>0,05</b>
Paramètres chimiques toxiques (mg/l)	Cuivre (Cu)	< <b>1</b>	–	<b>1,50</b>
	Zinc (Zn)	< <b>5</b>	–	<b>5,00</b>
	Phosphates (P)	< <b>5</b>	–	<b>5,00</b>
	Arsenic (As)	< <b>0,05</b>	–	<b>0,05</b>
	Plomb (Pb)	< <b>0,05</b>	–	<b>0,05</b>

(JORA.2007)

### II.1.2.1. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques sont:

#### Température

La température est un facteur écologique important pour dans un milieu aquatique, les être vivants ont un référendum thermique. Elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers.

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique) mais peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique, qui peut être mis en valeur par l'aquaculture. (GAUJOUS, 1998 la pollution des milieux aquatiques)

#### pH

Il est mesuré sur place par une électrode (ou par un indicateur coloré exemple papier pH) il caractérise l'acidité du milieu :

- En eau douce, les milieux naturels sont généralement "tamponnés" à pH de 7 à 8 ;
- Extrêmes : pH 5 à 6 : zones granitiques, tourbières  
pH 8,5 : zones calmes.

Le pH n'a pas une incidence écologique directe entre 5 et 9 (**GAUJOUS, 1998 la pollution des milieux aquatiques**)

#### Conductivité

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

#### Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension (M.E.S) finement divisées tels que l'argile, limons, grains de silice, matières organiques (**Rodier et al., 2005**). En effet, la turbidité est une propriété optique importante des eaux naturelles qui est définie comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence. De ce fait, une eau turbide est donc plus ou moins trouble (**TARDAT et BEAUDRY, 1998**). La turbidité doit être éliminée pour plusieurs raisons :

- ◆ Permettre une bonne désinfection de l'eau.
- ◆ Eliminer les polluants adsorbés sur les matières en suspension.
- ◆ Eviter tout dépôt dans le réseau de distribution (**DEGREMONT, 2005**).

### II.1.2.2. Caractéristiques chimiques

#### Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variables et liées principalement à la nature des terrains traversés (**DEGREMONT, 1989**). La proportion des chlorures dans l'eau est très variable, ainsi les eaux provenant de régions granitiques, sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage. La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (**TARDAT et BEAUDRY, 1992**).

#### Alcalinité totale ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, en carbonates et en hydrogénocarbonates (**RODIER et al., 2005**).

### ✚ Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportions très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (**TARDAT et BEAUDRY, 1993**).

### ✚ Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) et calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )

Le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) et le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) sont les éléments responsables de la dureté de l'eau. Mais l'élément le plus répandu dans la nature est le magnésium. Il faut noter que les eaux chargées en calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargées sont douces (**DEGREMONT, 1989**).

### ✚ Potassium ( $\text{K}^+$ ) et Sodium ( $\text{Na}^{++}$ )

La présence de  $\text{K}^+$  est souvent constante dans les eaux naturelles. La teneur en potassium est relativement faible comparée à celle des autres cations. Le sodium provient géologiquement de la lixiviation des dépôts en surface et en sous sols tels que les chlorures de sodium. Il peut provenir aussi de la décomposition des silicates alumina sodiques et de pénétration de l'eau de mer dans les nappes aquifères (**DEGREMONT, 1989**).

### ✚ Dureté totale (TH)

La dureté totale d'une eau est en fait l'addition de la dureté calcique et de la dureté magnésienne, ce qui donne la somme des ions calcium et magnésium en solution dans l'eau. La présence dans l'eau de sels minéraux, calcium ou magnésium, n'entraîne aucun danger pour la santé. Mieux, la consommation d'une eau moyennement dure et donc bien équilibrée en sels minéraux, contribue à satisfaire nos besoins en calcium et magnésium (**SIGG et al., 2006**).

## II-1-3 Eléments indicateurs d'une pollution

### ✚ Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation, car il interfère avec la chloration et c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (**DEGREMONT, 2005**).

Son origine :

- Pluies et neige (jusqu'à 2 mg /l) ;
- Eaux souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer ;
- Décomposition des déchets azotés (urée, azote organique) ;
- Industries textiles;

#### ✚ Nitrates ( $\text{NO}_2^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates et les nitrites sont des substances chimiques naturelles et sont des produits de l'oxydation de l'azote par les micro-organismes de l'eau, du sol et des plantes. Pour que l'eau soit considérée comme bonne à la consommation humaine, la concentration en nitrates ne doit pas dépasser 50 mg/l et la concentration en nitrites ne doit pas être élevée que 3,2 mg/l (SIGG et al., 2006).

### II-1-4 Eléments indésirables d'une pollution

#### ✚ Fer total ( $\text{Fe}^{++}$ et $\text{Fe}^{+++}$ )

Il peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9. Le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Dans les eaux souterraines, et si le milieu est réducteur, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées. Le fer peut être en solution vraie, à l'état colloïdal, plus ou moins combiné à la matière organique, sous forme de complexes organiques ou minéraux ou sous forme de particules en suspension. La présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelle par lessivage des terrains argileux, ou industrielle (LALLAHEM, 2002).

#### ✚ Matières organiques

Elles constituent un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes, notamment les pathogènes. Sa présence est un indice de pollution généralement d'origine récente. Elles favorisent l'apparition de « mauvais goûts », notamment à la suite d'une chloration, et d'odeurs désagréables (DESBORDES, 2001).

### II-1-5 Paramètres chimiques toxiques

Désigné communément sous le terme de « métaux lourds » les micropolluants métalliques généralement ciblés dans le cadre réglementaire sont essentiellement : le mercure (Hg), l'antimoine (Sb), le chrome (Cr), l'argent (Ag), le baryum (Ba), le cuivre (Cu), le cadmium (Cd), le nickel (Ni), sans oublier l'arsenic (As) (DEGREMONT, 1989).

### II-1-6-Paramètres bactériologiques

Une eau potable ne doit contenir aucun germe pathogène habituellement les bactéries pathogènes les plus rencontrées dans l'eau souvent responsables des maladies infectieuses chez l'homme. Ils sont à l'origine d'une contamination fécale (Bourgeois et al, 1996). La grande majorité de ces micro-organismes nocifs diffuse dans l'environnement aquatique par l'intermédiaire des souillures fécales humaines ou animales et leur mise en évidence est à la base même de l'analyse bactériologique de

l'eau d'alimentation (HASLAY et LECLERC , 1993). Le tableau suivant résume les principales normes requises pour une eau potable :

**Tableau III. Normes bactériologiques**

Paramètres bactériologiques	unités	OMS	Normes algériennes
Coliformes totaux	Germes/100ml	10	10
Coliformes fécaux	Germes/100ml	0	0
Streptocoques fécaux	Germes/100ml	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	Germes/20ml	0	0
Salmonelles	<i>Pas d'unité</i>	Absence	Absence
Vibrions cholériques	<i>Pas d'unité</i>	Absence	Absence

(OMS 2007 ; JORA, 2007)

#### ❖ Coliformes

##### • Coliformes totaux (CT)

Sous le terme de coliformes est regroupé un nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* (Rodier et al., 2005). En général, tout bacille Gram négatif (BGN), non sporulant, anaérobie facultatif, capable de fermenter la lactose dans les 48 heures avec formation d'acide et de gaz à 37°C (Singleton , 1999).

Les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes .Cependant, l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas un risque pathogène car les kystes de certaines parasites, notamment, sont plus résistants à la désinfection que les coliformes.

La présence d'un petit nombre de coliformes (1-10/100ml) dans les eaux souterraines non traitées n'a qu'une signification réduite sur le plan sanitaire, lorsqu'elle ne s'accompagne pas de coliformes fécaux

##### • Coliformes fécaux (CF)

On les appelle « coliformes thermotolérants » ou « coliformes fécaux ». Ce sont des coliformes capables de se développer à 44° C. Ils constituent une bonne présomption de contamination fécale (GUIRAUD et ROSEC, 2004).

##### • Escherichia coli

Ce sont des coliformes thermo tolérants qui produisent en plus de l'indole à partir du tryptophane à 44°C (RODIER et al., 2005). Hôte normal de l'intestin et des voies excrétrices de l'homme, et des animaux à sang chaud.

C'est une bactérie peu ou pas pathogène. *E. coli* représente la majeure partie des coliformes fécaux. Cette bactérie apparaît toujours en grande quantité dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale.

Les coliformes fécaux ou thermo tolérants constituent un bon test de contamination des eaux par les matières fécales (SATIN ET SELMI, 2006).

❖ **Streptocoques fécaux (SF)**

Les streptocoques sont des cocci à Gram positifs, se développant en général en chainettes, anaérobies facultatifs, exigeant en nutriments et catalase négatives (JOHN SPICER, 2003). Les streptocoques fécaux de type D ont été choisis comme indicateurs d'une pollution fécale (SATIN ET SELMI, 1999).

Certaines études ont même montré que les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathogènes infectieux d'origine hydrique (Potelon, 1998). Toutefois, leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale.

❖ **Salmonelles**

Les bactéries du genre *salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae* dont elles possèdent les principaux caractères : bacille Gram négatif (BGN), aéro-anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche mais certains sont immobiles, oxydase négatif, catalase positif, fermentent les glucides, et possédant une nitrate réductase (BOURGEOIS et al., 1996 ; DROUARD et VOUILLOMOZ, 1999). Les salmonelles sont issues des matières fécales d'individus déjà contaminés.

La présence de ces bactéries dans l'eau est un indicateur de pollution fécale, mais l'absence de ces germes ne signifie pas l'absence de contamination. Notons qu'une eau ne doit comporter aucun germe dans 100ml pour être réglementairement correcte. (SATIN ET SELMI, 1999)

❖ **Vibrions cholériques**

Les vibrions appartiennent à la famille de *Vibrionaceae*, il s'agit des bacilles incurvées en virgule, Gram négatif (BGN), oxydase positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs (GELINAS, 2005). Certaines espèces tolèrent des pH élevés et se retrouvent dans divers habitats aquatiques (eaux douces, eaux de mer). Majoritairement, elles sont d'origine aquatique ou marine (HASLEY et DECLERC, 1993). Ils sont pathogènes chez l'homme, les poissons et les coquillages (Singleton, 1999). Les vibrions cholériques des eaux sont halotolérants et peuvent se développer en présence de chlorures de sodium (DELARASS, 2003).

## II-2 Maladies à Transmission Hydrique (MTH)

L'eau est le principal énergisant de toutes les fonctions du corps. Elle constitue en raison de son pouvoir de dissolution et de sa grande mobilité, un véhicule pour de nombreux microorganismes, bactéries, virus et protistes (UNICEF, 2002).

Selon l'OMS (2003), environ 5 millions de décès étaient imputables à une eau de mauvaise qualité, qui transmet le choléra, la fièvre typhoïde et notamment les diarrhées ou les gastroentérites. Le tableau suivant résume les principales maladies d'origine hydrique :

**Tableau IV. Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes**

Origine	Maladies	Germes responsables
<b>Bactérienne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fièvres typhoïdes</li> <li>▪ Fièvres, infection pulmonaires, Insuffisances rénales</li> <li>▪ Dysenterie bacillaire               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Choléra</li> </ul> </li> <li>▪ Gastro-entérites aiguës</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Salmonella</i></li> <li>▪ <i>Legionella</i></li> <li>▪ <i>Shigella</i></li> <li>▪ <i>Vibrio cholerae</i></li> <li>▪ <i>Escherichia coli, Salmonella, Shigella.</i></li> </ul>
<b>Virale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hépatites</li> <li>▪ Poliomyélite</li> <li>▪ Gastro-entérites aiguës</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Virus hépatiques</li> <li>▪ Virus poliomyélitique</li> <li>▪ Virus de Norwalk, Rotavirus, Entérovirus</li> </ul>
<b>Parasitaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dysenterie amibienne</li> <li>▪ Gastro-entérites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Entamoeba histolytica</i></li> <li>▪ <i>Giardia lamblia, Cryptosporidium</i></li> </ul>

(BESSIERE, 2005).

## III- DESINFECTION DES EAUX DE CONSOMMATION

L'étape centrale de la désinfection est commune à tous les traitements, et c'est la plus importante (C.I.E, 2007). Elle n'a pas pour but de détruire tous les micro-organismes vivants dans l'eau, mais plutôt d'éliminer les germes pathogènes (CARDOT, 1999).

Le décret français N°2001-1220 du 20 Décembre 2001 déclare que : « les eaux destinées à la consommation humaine ne doivent pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes » (C.I.E, 2005).

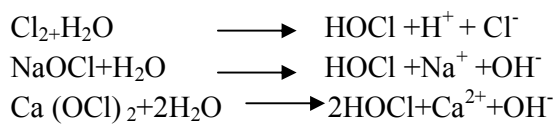
Le facteur le plus important à considérer dans le choix d'un désinfectant est son efficacité vis-à-vis des micro-organismes pathogènes qui est fonction de la concentration de l'agent désinfectant, du temps de contact, du pH, de la température et des substances interférant (LOUMI, 1988).

Les produits de désinfection employés sont des oxydants, car ils améliorent la biodégradabilité de certaines molécules organiques, éliminent certains micropolluants et

certaines éléments indésirables (fer, manganèse), et constituent une barrière désinfectante (**HASLAY et LECLERC, 1993**). En plus, ils servent au maintien de la qualité microbiologique dans les réseaux de distribution (effet rémanent) (**GERBAULET, 1993**). Cependant, l'action répétée, sur un micro-organisme, de doses sub-létale d'oxydants, provoquerait une résistance accrue à cet oxydant. Il a été démontré, sur une souche d'*E. coli*, que la résistance au chlore pouvait s'accroître de plus de 50 fois après 7 expositions successives (**HASLAY et LECLERC, 1993**).

Le chlore est le plus utilisé, à la fois pour son prix de revient et pour sa simplicité de mise en œuvre (**C.I.E, 2007**). Il peut être utilisé sous forme solide d'hypochlorite de calcium  $\text{Cl}_2$  (**LANOIX et ROY, 1976 ; DESJARDAINS, 1990**).

Le chlore donne avec l'eau de l'acide hypochloreux non dissocié selon les réactions suivantes (**CHEVAL, 1983; LOUMI, 1988**) :



L'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  formé s'ionise en donnant l'ion hypochlorite selon la réaction:  $\text{HClO} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$

L'équilibre de la réaction est fonction du pH et de la température (**DESJARDAINS, 1990**).

- ❖ Dans le cas où le pH est inférieur à 2, le chlore se trouve sous forme moléculaire.
- ❖ A pH=5, le chlore moléculaire disparaît complètement et se transforme en acide hypochloreux.
- ❖ A pH= 10, le chlore se trouve combiné sous forme d'ions hypochlorite.
- ❖ Pour un pH compris entre 5 et 10, ce qui est généralement le cas, on est en présence d'un mélange d'acide hypochloreux et d'ions hypochlorite (**RODIER et al. 2005**).

L'effet germicide de l'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  est très supérieur à celui de l'ion hypochlorite (**DESJARDAINS, 1990**). Selon **GERBAULET (1993)**, l'efficacité du chlore est plus grande en milieu acide qu'en milieu alcalin.


Dans le cas des eaux de distribution, la quantité de chlore nécessaire ou « demande en chlore » pour aboutir à une concentration en chlore résiduel libre, dont le pouvoir stérilisant est beaucoup plus élevé que celui du chlore combiné aux matières organiques, est déterminé expérimentalement par la méthode dite de « Break-point » ou « point critique » (**CARDOT, 1999**).

Cette méthode consiste à introduire dans l'eau des doses croissantes de chlore jusqu'à ce que les tests de recherche révèlent la présence de chlore résiduel libre (**MERED, 1972**). La destruction de toutes les bactéries est alors assurée (Figure 1). (Voir annexe 6)





**PARTIE  
EXPERIMENTALE**



**I.MATERIEL ET  
METHODE**

## I. MATERIEL ET METHODES

L'étude expérimentale a été effectuée sur les eaux brutes de forage, des eaux traitées au niveau des châteaux d'eau et des eaux de distribution chez des abonnés dans certaines localités de la région de Boufarik. Elle s'est étalée d'Avril à Juin 2013. Les différentes analyses ont été effectuées au niveau de laboratoire d'hygiène de Blida pour l'analyse bactériologique, et dans ANRH pour les analyses physicochimique.

### I.1. Présentation de la région d'étude

La ville de Boufarik est située à 35 Km au Sud-Ouest d'Alger. D'une superficie de 4327 hectares, elle est limitée :

- ❖ à l'Est par Chebli
- ❖ au Nord-Ouest par Benkhilile
- ❖ Au Nord par les Quatre chemins
- ❖ Et au Sud-Ouest par Blida

Le climat est de type méditerranéen, il comporte deux saisons : l'une sèche et l'autre pluvieuse et froide. La pluviométrie est en moyenne entre 500 et 1000 mm par an. (**AGENCE DE BASSIN ; LES CARNETS DE L'AGENCE N°1 Mai 2002. MINISTERE DES RESSOURCES EN EAUX**)

#### I.1.1. Situation démographique et Caractéristiques hydrogéologiques

Le nombre d'habitants de la ville de Boufarik est environ 69864 d'habitants selon le dernier recensement effectué en 2013 par le Bureau de l'Hygiène de la ville de Boufarik.

La région de Boufarik présente un sol argileux, très compact et humide. Le classement des terrains est de classe II c'est-à-dire terrain à perméabilité moyenne et les ressources en eau sont variable. Le nombre des forages qui sert à alimenter cette ville est évaluée à 18 : huit (8) sont situés au niveau du champ du captage et 10 au niveau de la ville (ANRH, 2012).

#### I.1.2. Système de distribution d'eau potable

L'alimentation en eau potable de la ville de Boufarik est assurée par l'ADE (Algérienne Des Eaux) depuis le premier juin 2013.

#### I.1.3. Ressource en eau

La ressource en eau du château d'eau de Berriane (1500 m<sup>3</sup>) est essentiellement alimentée à partir de :

- ⚡ La station de pompage d'eau de Benramdhane-Chebli, constituée de 5 forages,
- ⚡ De deux forages au niveau du château d'eau de Berriane
- ⚡ et un autre au niveau RHP de Berriane.

La ressource en eau du château d'eau de Haouch Gros (500 m<sup>3</sup>) est alimentée à partir de deux forages de la même zone.

La ressource en eau de Brissounier est produite à partir de 08 forages situés dans le champ de captage de Brissounier.

## I.2. Matériel

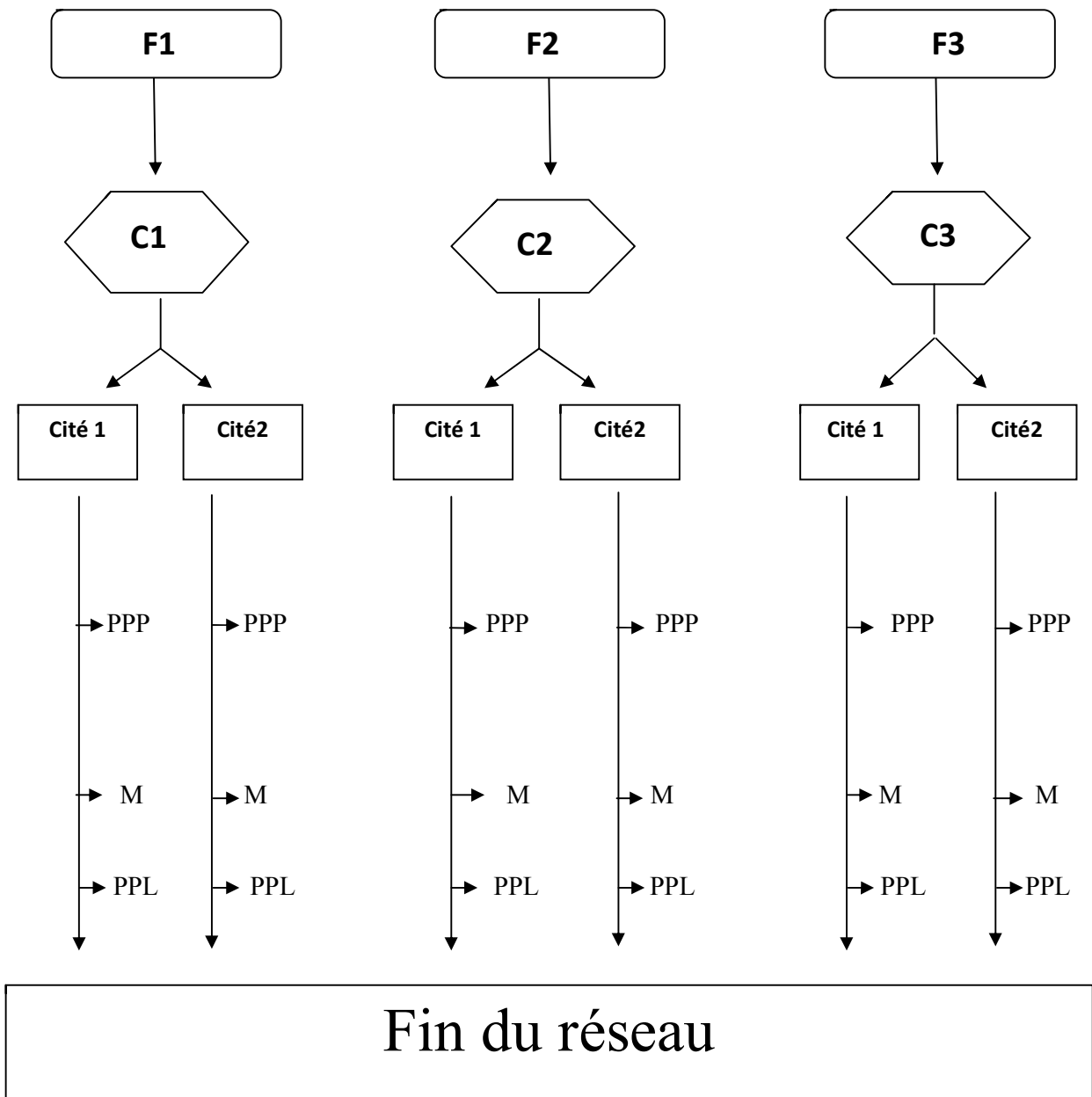
- ✚ Matériel biologique :
  - Eaux brutes des différents forages et eaux traitées au niveau des châteaux d'eau alimentant la ville de Boufarik
  - Eaux potable distribuées aux différents consommateurs
- ✚ Matériel non biologique : Appareillages, verreries, réactifs, solutions, indicateurs colorés et milieux de cultures (voir annexe 1)

## I.3. Méthodes

### I.3.1. Choix des sites de prélèvements

Afin d'évaluer la qualité des eaux, nous avons effectué des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour les eaux de forages, eaux traitées des château d'eau et les eaux de consommation selon la Figure n° et réparties comme suit:

- ✚ Les Forages :
  - F1** alimente **C1**
  - F2** alimente **C2**
  - F 3** alimente **C3**
- ✚ Les Château d'eau (après traitement : **At**):
  - Château d'eau de Beriane (**C1**)
  - Château d'eau de Haouch gros(**C2**)
  - Château d'eau de Brousouni(**C3**)
- Les consommateurs choisis dans deux cités différentes (au point plus proche (**ppp**), en milieu (**M**), au point plus loin (**ppl**))



**Figure N° 2 :** Organigramme des points d'échantillonnage dans certaines localités de la région de Boufarik

**F1 :** Forages de **Berriane** (regroupant 4 forages)

**F2 :** Forages de **Haouch gros** (regroupant 2 forages)

**F3 :** Forages de **Brissounier** (regroupant 4 forages)

### I.3.2. Matériel de prélèvement

#### ✚ Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

L'eau est recueillie dans un flacon propre de un litre de contenance. Les échantillons prélevés auprès des usagers sont réalisés après avoir laissé couler l'eau pendant quelques minutes pour permettre le renouvellement de l'eau dans les canalisations puis inscrire sur les flacons toutes les informations concernant le prélèvement (site, lieu, date, heure).

#### ✚ Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

500 ml d'eau sont échantillonnés de chaque point de prélèvement dans des flacons en verre stérilisés. Les prélèvements ont été effectués après avoir désinfecté par un coton imbibé d'alcool et enflammé pendant au moins une minute le robinet. Laisser couler l'eau pendant au moins deux minutes. Puis inscrire sur le flacon les indications nécessaires à son identification. Les échantillons sont ensuite transportés dans une glacière à température 4°C.

### I.3.3. Analyses physico-chimiques

#### A. Paramètres physiques

##### ❖ Test de chlore

Avant de procéder à tout prélèvement en vue des analyses bactériologiques ou chimiques, le test de chlore libre est obligatoire. Il est réalisé par la méthode de Q1a DPD (Diéthyl-p-phénylène Diamine) en raison de sa sensibilité. Durant cette étude, le test de chlore a été effectué in situ pour détecter la présence ou l'absence du chlore. Elle s'effectue de la façon suivante :

- ✚ Prendre un tube à essais, ajouter une quantité déterminée d'eau à analyser (5 à 10 ml).
- ✚ Ajouter un comprimé de DPD et bien mélanger le contenu du tube pendant un instant.
- ✚ En présence du chlore, le DPD donne à pH 6,2-6,5 une coloration rouge rosâtre.
- ✚ Le taux est évalué à l'aide d'un comparateur.

##### ❖ Température

###### ◆ Principe

La température est mesurée par un thermomètre (thermoval basic HARTMANN) et les valeurs obtenues sont estimées en °C.

###### ◆ Mode opératoire

- Plonger le thermomètre dans l'échantillon.

- Laisser l'appareil se stabiliser.
- Noter la valeur de la température.

### ❖ pH

#### ◆ Principe

La mesure de pH d'une solution s'appuie sur la mesure du potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution. C'est un paramètre qui permet l'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau.

#### ◆ Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre par la solution tampon, puis rincer l'électrode par l'eau distillée.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur du pH.

### ❖ Conductivité

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau. La détermination est directe à l'aide d'un conductimètre (HD 3406.2) (selon ISO 7888, 1985).

#### ◆ Mode opératoire

- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions (température ambiante, hygiène).
- Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode du conductimètre.
- Mettre l'électrode dans le bécher puis appuyer sur la touche READ. La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ou bien (mS/cm) milli siemens par centimètre.
- Si les résultats de la conductivité dépassent la valeur 9999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , les résultats s'affichent en mS/cm.

### ❖ Turbidité

La détermination est directe et s'effectue à l'aide d'un appareil approprié un turbidimètre à lecture directe. L'unité est le NTU (Néphelométric Turbidity Unit)(selon ISO 7027 ,1999).

#### ◆ Mode opératoire

L'échantillon doit être remis à température ambiante et doit être homogénéisé doucement avant sa mesure.

La cuve de mesure doit être propre et essuyée avant chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant la mesure de la turbidité qui s'effectue de la manière suivante :

- Remplir la cuve sans faire de bulles, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère
- Fermer le capot de l'appareil et attendre l'affichage automatique d'une valeur. si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer

## **B. paramètre de pollution**

### **❖ Matière organique (MO)**

Cette détermination a pour but l'évaluation globale des matières organiques contenues dans l'eau que l'on oxyde par le permanganate de potassium ( $K^+MnO_4^-$ ). L'opération consiste à mesurer en milieu acide (ou alcalin) la quantité d' $O_2$  empruntée au  $K^+MnO_4^-$  par les MO d'origine végétale ou animale.

#### **◆ Mode opératoire**

- Dans un Erlen propre et rincé à l'eau distillée fraîchement préparée, on prend 100ml de l'échantillon.
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique à  $\frac{1}{2}$  ( $H_2^+SO_4^{2-}$ ) puis chauffer.
- Au début de l'ébullition, ajouter 10 ml de la solution de permanganate de potassium  $K^+MnO_4^-$ .
- Maintenir cette ébullition pendant 10 minutes, refroidir au robinet et ajouter 15 ml de la solution de sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr).
- La solution se décolore (ajouter quelque ml de cette solution de sulfate si besoin est).
- Titrer enfin la solution de  $K^+MnO_4^-$  jusqu'à coloration au rose pâle persistante pendant quelques secondes.

#### **◆ Expression des résultats**

Soit « V » le volume totale de titrant versé et «  $V_0$  » le volume nécessaire lors d'un essai à blanc.

Calcul de la matière organique en  $mg/l = V - V_0$ .

Ce test conduit à une oxydation modérée de la matière organique dont les résultats se rapprochent de la  $DBO_5$ .

### **❖ Dosage de l'azote ammoniacal**

Mesure spectrométrique (Spectrophotomètre UV / Visible HACH DR 2000) à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.



◆ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml du réactif I.
- Ajouter 2 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h 30. L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de  $\text{NH}_4^+$ .
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/ Visible à une longueur d'onde de 655 nm.

◆ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

❖ **Dosage des chlorures**

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à une longueur d'onde de 470 nm.

◆ **Mode opératoire**

- Placer les PE (5ml) dans des Erlen de 50ml (PE solutions étalons, le témoin ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et les échantillons sont alors traités de manière identique) à savoir:
- Ajouter dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.
- Agiter vigoureusement les Erlen pour uniformiser la coloration qui apparaît et laisser au repos pendant ½ heure.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre HACH DR/2000 à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

◆ **Expression des résultats**

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/l.

❖ **Dosage des nitrites et nitrates**

Le dosage se fait grâce à un appareil SKALAR auto analyseur

◆ **Principe de l'appareil**

- Assembler l'appareil tel qu'indiqué à la figure 3 (voir annexe 7).
- Mettre l'échantillonneur sous tension.
- Tendre les tubes d'aspiration de rinçage de l'échantillonneur.
- Mettre le colorimètre sous tension.
- Tendre les tubes d'aspiration des réactifs.
- Mettre l'interface sous tension.
- Mettre le système d'acquisition en fonction.
- Faire aspirer de l'eau déminéralisée pendant 30 minutes.
- Incorporer les réactifs avec un décalage de 1 minute entre chacun selon l'ordre d'arrivée, de même que la solution de rinçage de l'échantillonneur.
- Laisser stabiliser le signal pendant 60 minutes.
- Disposer les solutions étalons, les échantillons et les contrôles sur le plateau de l'échantillonneur.
- Incorporer la solution étalon de 1,50 mg/l N-NO<sub>3</sub> aux 20 échantillons de la séquence. Les solutions étalons placées au début permettent de définir la courbe d'étalonnage tandis que la solution étalon de 1,50 mg/l N-NO<sub>3</sub> (drift) permet de vérifier la stabilité du système et de corriger automatiquement la dérive qui peut survenir.

Lorsque la séquence est terminée, mettre tous les tubes des réactifs et de la solution de rinçage dans l'eau déminéralisée et laisser aspirer pendant 30 minutes afin de bien rincer la tubulure.

- Eteindre l'interface, le colorimètre et l'échantillonneur.
- Détendre tous les tubes d'aspiration du système.

◆ **Lecture**

Les résultats sont obtenus directement à partir du logiciel d'analyse. Ils sont exprimés en mg/l.

❖ **Dureté ou titre hydrométrique (TH)**

La somme des ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> est dosée dans des conditions opératoires bien déterminées et en présence du noir eriochrome comme indicateur. Le TH est exprimé en degré Français (°F).

◆ **Mode opératoire**

- Prélever 100 ml d'échantillon.
- Chauffer la prise d'échantillon à une température d'environ 60 °C et ajouter 5 ml de la solution tampon et une pincée d'indicateur (NET).

- Titrer avec le complexe III (N/50) jusqu'au virage du rouge veiné au bleu, soit alors V le volume nécessaire.

◆ **Expression des résultats**

$$\text{TH(mg/l)} = 10 \times V$$

✚ **Dureté magnésienne**

◆ **Mode opératoire**

- Dans un Bécher, introduire 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 ml d'oxalate d'ammonium.
- Agiter et laisser reposer 30 minutes puis filtrer.
- Prendre 50 ml du filtrat et ajouter 1 ml de la solution tampon ammoniacale.
- Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré noir Erichrome (la couleur vire vers le mauve).
- Mettre le Bécher dans un agitateur et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à l'apparition d'une couleur bleu, soit alors V le volume nécessaire.

◆ **Expression des résultats**

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = 2 \times 0.9 \times 10 \times V$$

✚ **Dureté calcique**

$$\text{TH}(\text{Ca}^{2+}) = \text{TH}(\text{total}) - \text{TH}(\text{Mg}^{2+})$$

❖ **Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )**

◆ **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

◆ **Mode opératoire**

Prendre 100ml d'eau à analyser,

Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

◆ **Expression des résultats**

$$\text{HCO}_3 \text{ (mg/l)} = V_A \times 61$$

$$\text{T.A.C} = 5 \times V_{\text{HCl}}$$

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3, titrer jusqu'à cette valeur (volume d' HCl obtenu correspond au  $\text{CO}_3^{2-}$ ) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 et noter le volume  $V_{A2}$ .

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_{A2} \times 60$$

$\text{CO}_3^-$  : concentration de bicarbonate (mg /l)

$V_a$  : volume d'acide (HCl) utilisé pour le titrage de l'échantillon (ml)

$N_a$  : normalité d'acide (HCl) versé.

$M$  : masse molaire des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )(mg)

$PE$  : prise d'essai

### I.3.4. Analyses bactériologiques

◆ **Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide**

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en la recherche et la numération des germes de la flore totale de l'eau.

Cette flore est composée de micro-organismes banaux et de germes pathogènes. Ces derniers sont d'origine fécale dont le dénombrement est facilité par l'utilisation de germes indicateurs de pollution.

Concernant cette étude, les germes recherchés sont les suivantes : coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, Clostridium Sulfito-Réducteurs, salmonelles et vibrions. La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

➤ **Test de présomption.**

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

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

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation

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

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- ✚ un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- ✚ un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

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

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.

➤ **Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.**

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- ✚ produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C,
- ✚ donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ✚ ne produit pas de l'acéthyl méthyl carbinol,
- ✚ n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

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

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

Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant **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 NPP en tenant compte du fait *qu'Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

### ◆ **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide**

Ces streptocoques de groupe D (entérocoques) sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale car tous ont un habitat fécal.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption
- le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### ➤ ***Test de présomption***

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

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

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ✚ ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- ✚ doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but d'être confirmés.

➤ **Test de confirmation**

Le test de confirmation 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 à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Eva Litsky.  
Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

Lecture

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

- ✚ un trouble microbien, et
- ✚ une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.

◆ **Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réductrice (ASR)**

La recherche de *Clostridium* sulfito-réducteurs est basée sur la recherche des formes sporulées et pour cela il faut :

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et introduire 25 ml environ dans un tube stérile, le porter 5 à 10 minutes à 80°C afin de détruire la forme végétative et préserver la forme sporulée.
- Refroidir rapidement sous l'eau de robinet.
- Répartir le contenu dans quatre tubes stériles à raison de 5 ml par tube, ajouter 20ml de gélose viande foie (VF) qui a été au préalable fondue au bain marie, refroidie à 45±1°C et additionnée d'une ampoule de sulfite de sodium et d'une ampoule d'alun de fer.

- Mélanger soigneusement sans faire des bulles en évitant l'introduction d'air.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C durant 18 heures.

Après une première lecture, incuber à nouveau jusqu'à 24 heures et éventuellement 48 heures

Les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices.

#### ◆ **6.4. Recherche des salmonelles**

La recherche des salmonelles se fait en 4 étapes comme l'indique le schéma de la figure.

1<sup>ère</sup> étape : Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéine SFB.

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 50 ml dans un flacon contenant 100 ml de bouillon sélénite-cystéine, la solution obtenue est appelée SFB<sub>I</sub>, elle sera incubée à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

2<sup>ème</sup> étape : La solution SFB<sub>I</sub> fera l'objet d'une part, d'un deuxième enrichissement (SFB<sub>II</sub>) qui consiste à ensemencer 1 ml du SFB<sub>I</sub> dans un tube contenant 10 ml de bouillon sélénite-cystéine. D'autre part isolement sur gélose Hecktoen (H<sub>I</sub>).

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

3<sup>ème</sup> étape : D'une part, le bouillon SFB<sub>II</sub> fera l'objet d'un troisième enrichissement (SFB<sub>III</sub>) qui consiste à ensemencer 1 ml du SFB<sub>II</sub> dans un tube contenant 10 ml de bouillon sélénite-cystéine, et un isolement sur gélose Hecktoen (H<sub>II</sub>) puis incubation à 37 °C pendant 24 heures.

D' autre part, la gélose (H<sub>I</sub>) subira une lecture.

4<sup>ème</sup> étape : D'une part, le bouillon SFB<sub>III</sub> fera l'objet d'un isolement sur gélose Hecktoen (H<sub>III</sub>) puis incubation à 37 °C pendant 24 heures. D'autre part, la gélose H<sub>II</sub> subira une lecture.

Les boîtes de gélose Hecktoen subiront une lecture qui se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques et en tenant compte du fait que les salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies grises bleues, vertes bleues avec ou sans centre noire d'une taille très petite.

#### ◆ **Recherche des vibrions cholériques**

Les Vibrionaceae se présentent sous forme de bacilles Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H<sub>2</sub>S.

Jour 1. Premier Enrichissement.



Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu eau peptonée alcaline (EPA) 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 250 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique le schéma n°.

Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet :


- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml
- d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB<sub>I</sub>.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

Jour 3. Lecture des boîtes et Identification.

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB<sub>II</sub>,
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB<sub>I</sub> subira une lecture.

La lecture se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques, en tenant compte que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.



## **II. RESULTATS ET DISCUSSION**

## II. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats concernant l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau distribuée dans la ville de Boufarik seront présentés dans cette partie.

### II.1. Résultats des analyses physico-chimiques

#### A. paramètres physiques

##### a) Test de chlore

D'après les résultats obtenus 77% des échantillons prélevés présentent un taux de chlore positif (+) et 23% un taux de chlore négatif (-). Sur les 77%, 57% présentent un taux chlore sous forme de trace et 20% un taux variant entre 0,1 et 0,3 mg/l.

D'après **SIBILE (1997)**, l'ajoute du chlore, pose un certains nombres de problèmes, notamment, la formation de sous-produits d'oxydation comme les TriHaloMéthanes (THM) dont certains sont reconnues cancérigènes chez l'animal.

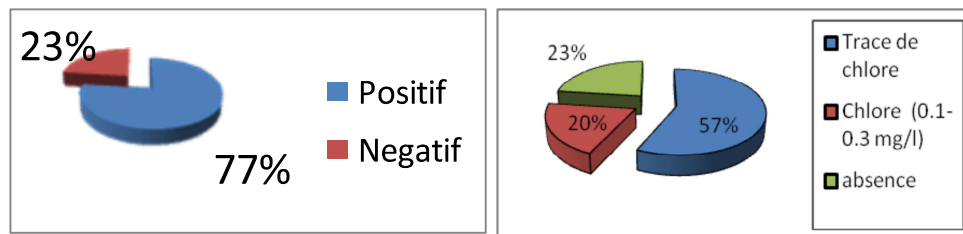
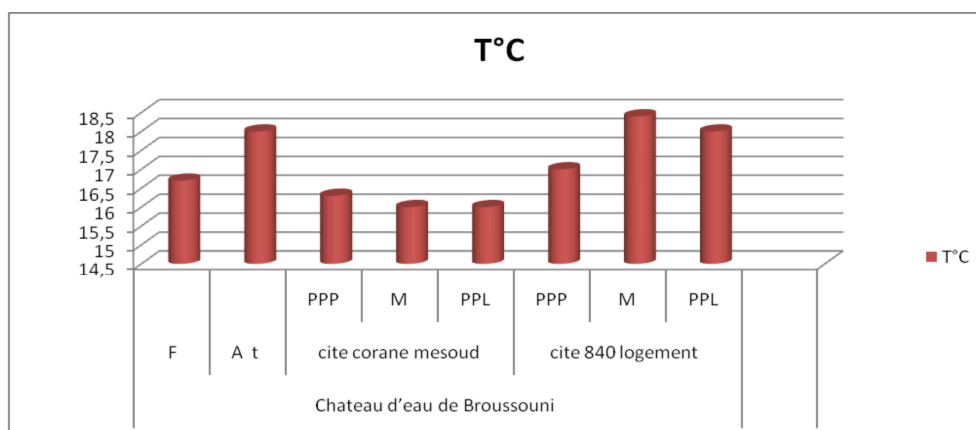


Figure N°4 : Résultats du test de chlore dans la région de Boufarik

##### b) Température

Les valeurs de la température retrouvées dans les trois châteaux d'eau ainsi que leurs forages (**figure N°5**) oscillent entre 15°C et 21°C ce qui montre qu'elles sont conformes aux normes de l'OMS (12°C et à 25°C comme valeur maximale limite). Les valeurs de la température sont pratiquement constantes dans le même réseau et sont conforme aux normes de potabilité.

Selon **DESJARDINS et al., (1997)**, la température de l'eau demeure constante dans l'ensemble du réseau de distribution .



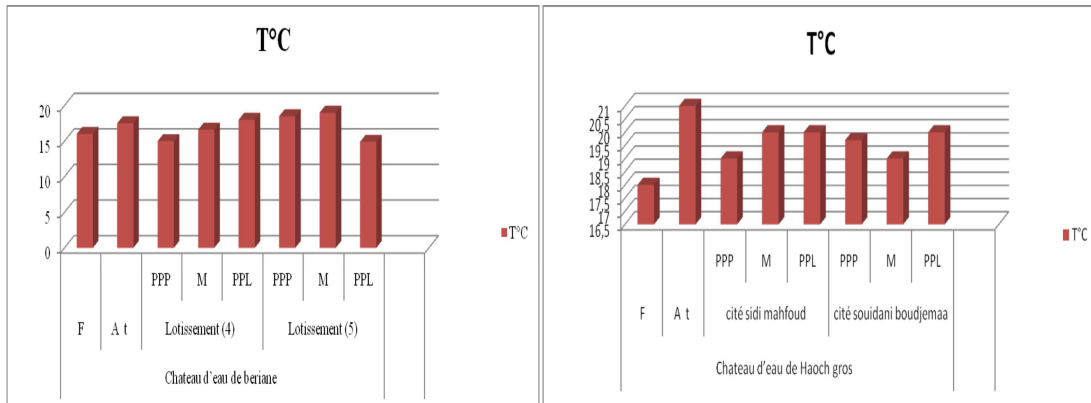
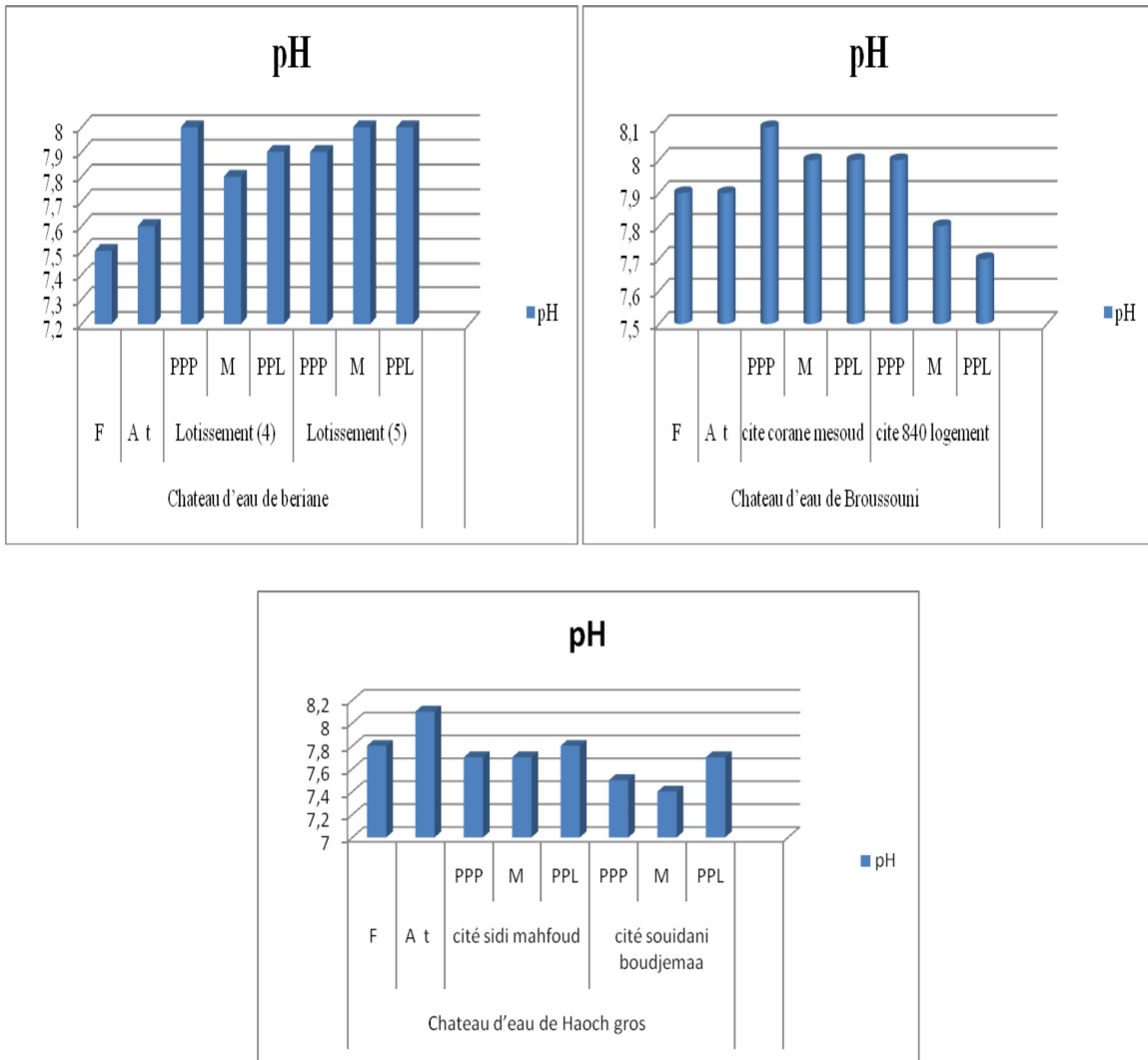


Figure N°5 : Variations des valeurs de la température

### c) pH

Les valeurs du pH obtenues (**figure N°6**) varient entre 7,5 et 8,1. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle fixées par les normes algériennes de potabilité [6,5 et 8,5].

L'OMS ne fixe pas de valeur pour le pH, mais précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et qu'un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution et entrainer ainsi des problèmes de goût. Pour cela, elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore. En effet, au dessus de cette valeur, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. (LAIDANI *et al.*, 2009 ; RODIER *et al.*, 2009 ; SEMINE RAS ,2009).

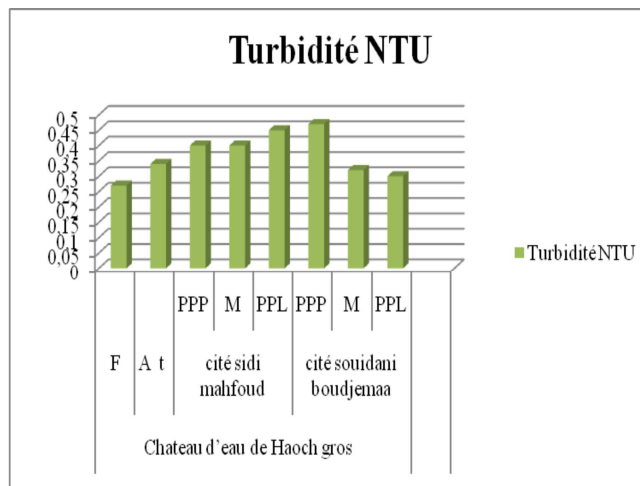
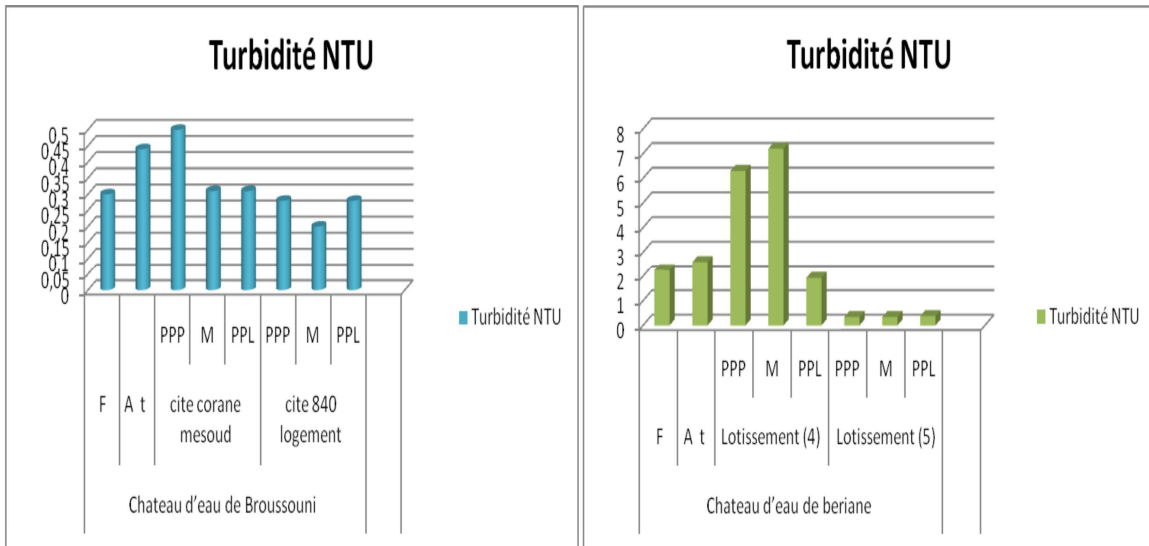


**Figure N°6 :** Variations des Valeurs du pH dans la région de Boufarik

**d) Turbidité**

D'après la **figure N°7**, on note une variation dans la turbidité de l'eau des différents prélèvements. Les valeurs retrouvées sont souvent inférieures à 1NTU, exception faite pour les prélèvements au niveau du château d'eau de beriane où les valeurs sont supérieures à 5 NTU (6,3 NTU ; 7,2NTU).

Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatives: certaines populations habituées à consommer une eau très colorée n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension, la qualité bactériologique d'une eau turbide sera donc suspecte (**RODIER et al., 2009**).



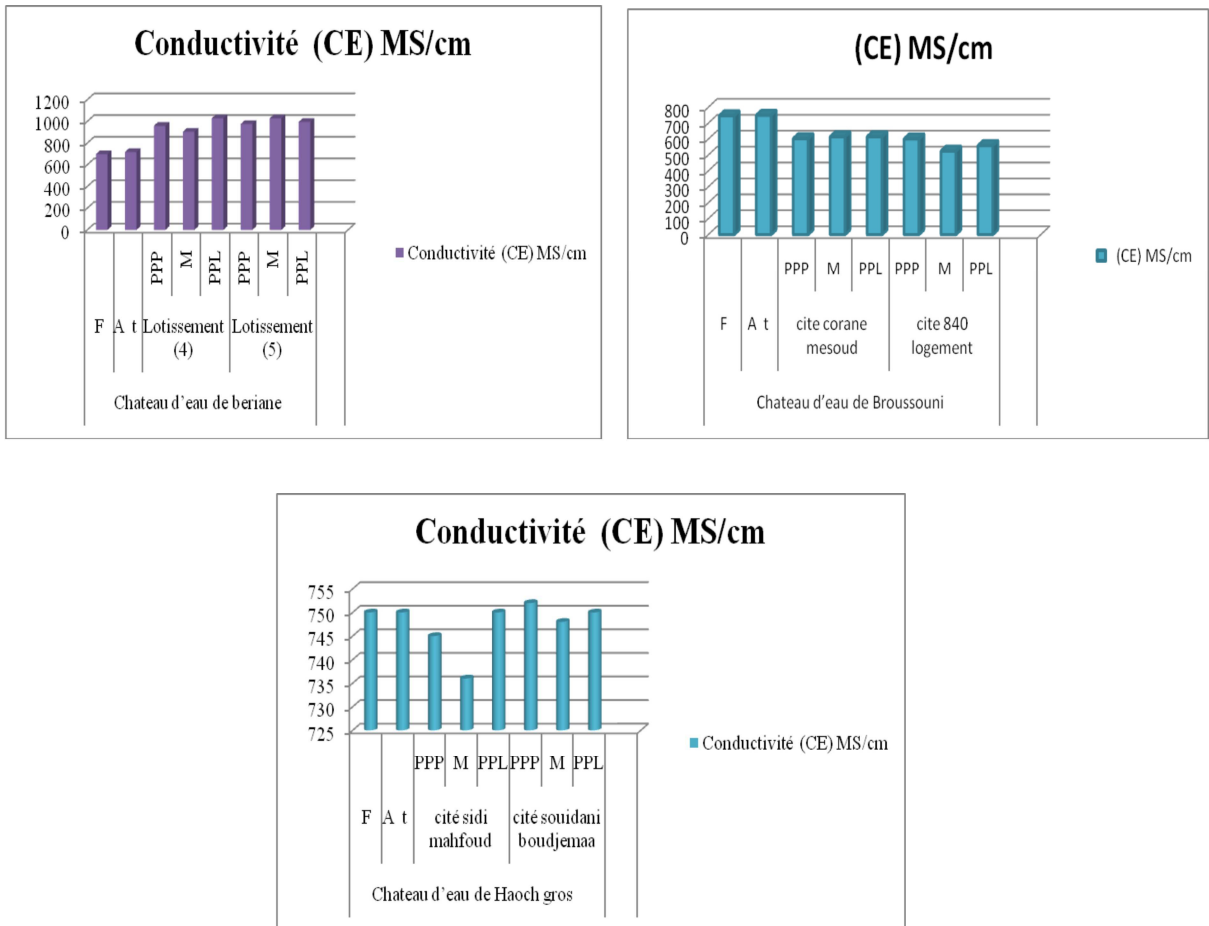
**Figure N°7 :** Variations des valeurs des turbidités dans la région de Boufarik

**e) Conductivité électrique**

La conductivité électrique est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque celle-ci augmente (RODIER *et al.*, 2005).

Les valeurs enregistrées pour la conductivité varient entre 525 et 1030  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figure N°8). Ces résultats montrent qu'elles sont conformes aux normes de l'OMS et aux normes algériennes.

D'après RODIER *et al.*, (2009), une conductivité supérieure à 666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  implique une minéralisation importante des eaux, ce qui est le cas des eaux desservies dans la ville de Boufarik.



**Figure N°8:** Variations des valeurs de la conductivité électrique.

**f).Titre alcalimétrique (Dureté) :**

La dureté d'une eau est appréciée au moyen de deux paramètres : le titre alcalimétrique complet (TAC) et le titre hydrotimétrique (TH).

Les valeurs du titre alcalimétrique complet oscillent entre 19F° et 30 F° et sont conformes aux normes algériennes (<200°F) (**figure N°9**)

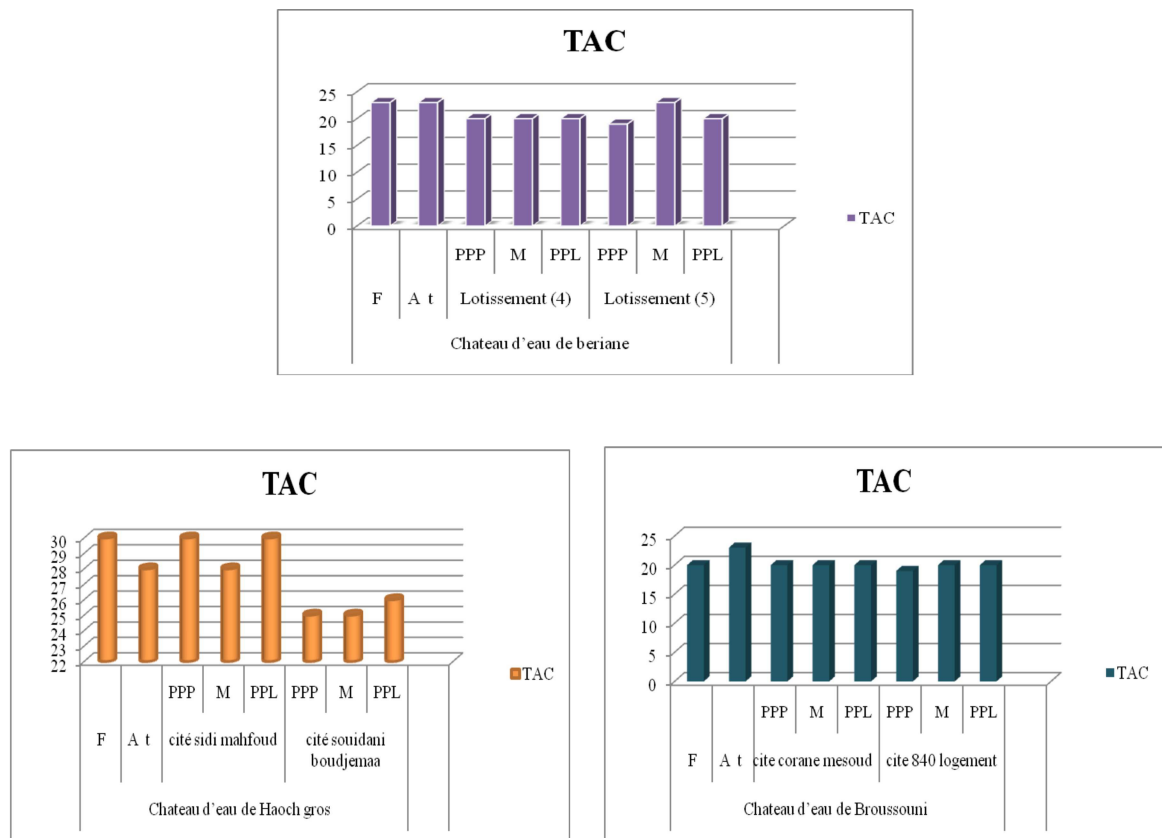


Figure N°09: variations des valeurs de TAC

### Le titre hydrotimétrique

Le titre hydrotimétrique correspond à la teneur globale en sels de calcium et en magnésium. Dans la plupart des eaux naturelles, le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 90%.

Les valeurs de TH enregistrées pour tous les échantillons analysés varient entre 19,53 F° et 53F°

Ces valeurs sont conformes à la norme fixée par la CEE qui est de 50F° sauf à la cité Souidani boudjamaa alimentée par le château d'eau de Haoch gros où elle est estimée à 53F°. Cette valeur ne sera à l'origine d'aucun souci de santé mais le goût sera modifié car elle favorisera entartrage (Figure N°10)



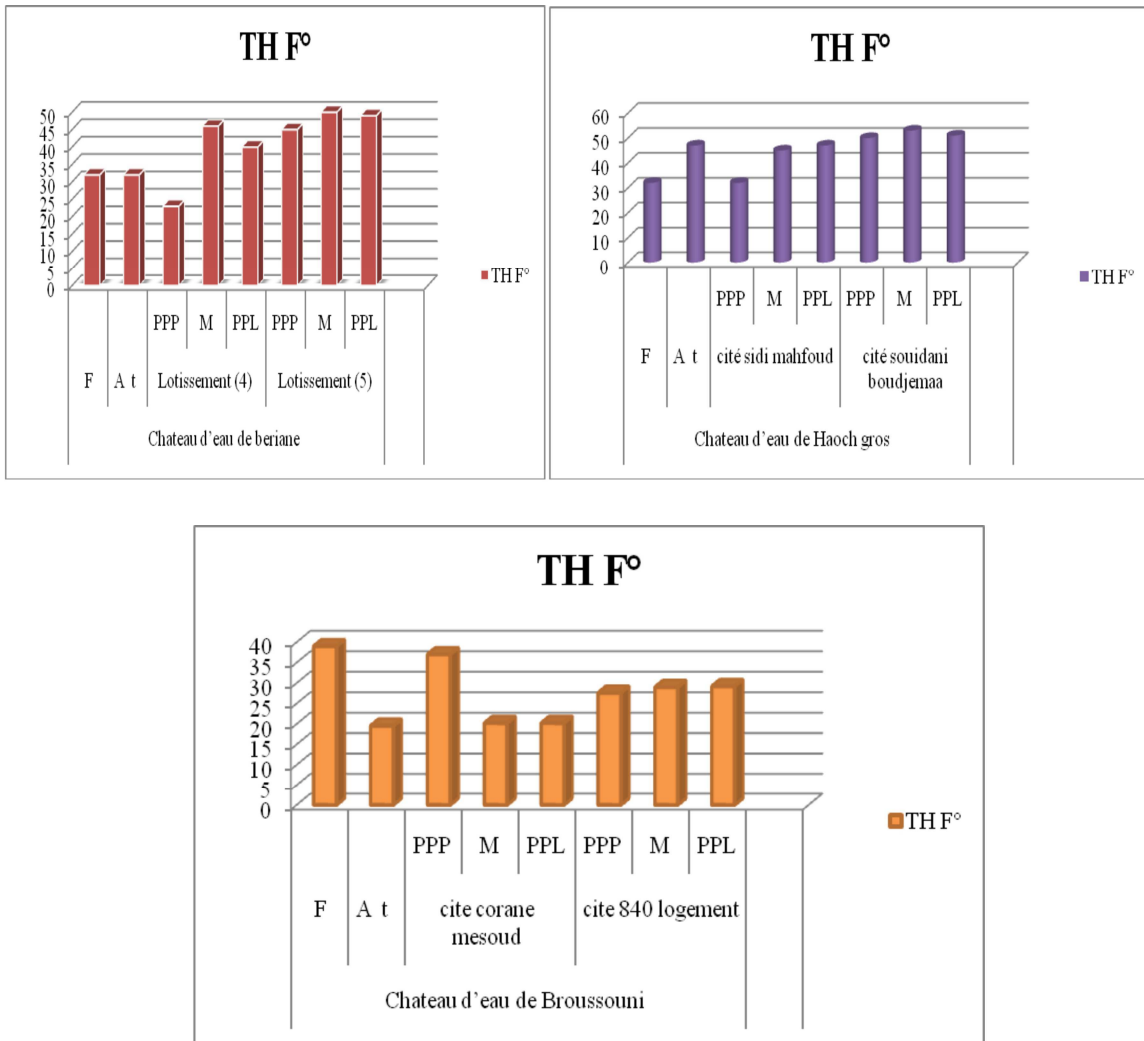


Figure N°10: variations des valeurs de TH

## B. Paramètres chimiques

### a) Éléments minéraux majeurs

Ils sont souvent désignés sous le terme de sels minéraux. On les rencontre naturellement en quantité notable dans les eaux. La présence de ces éléments en excès dans l'eau ne doit pas être négligée complètement sur le plan sanitaire.

#### ❖ Calcium

Le calcium se rencontre dans les eaux ayant traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau qui est exprimée par titre hydrométrique en degrés français (QUENEAU et HABERT, 2009).

Le calcium provient de la dissolution des bicarbonates de calcium (DEFRANCESI, 1996) ce qui expliquerait probablement les teneurs élevées en calcium des eaux analysées surtout dans le château d'eau de beriane.

D'après ,DEFRANCESI (1996). les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en CaO<sub>3</sub>. Bien que l'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a souvent été discutée, des études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau, de plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin son apport est surtout alimentaire

Selon RODIER *et al.*, (2005), en dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg /l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

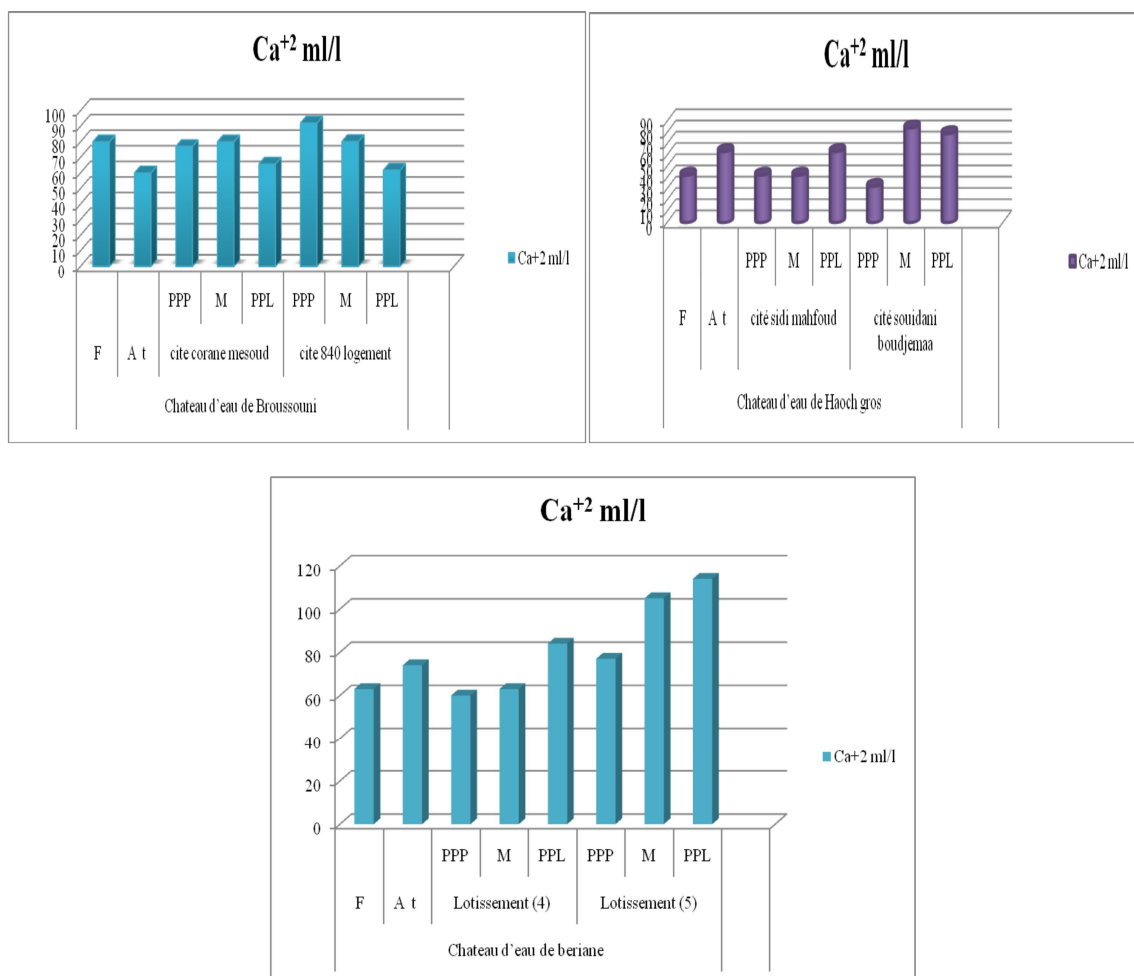


Figure N°11: variations des valeurs des calciums

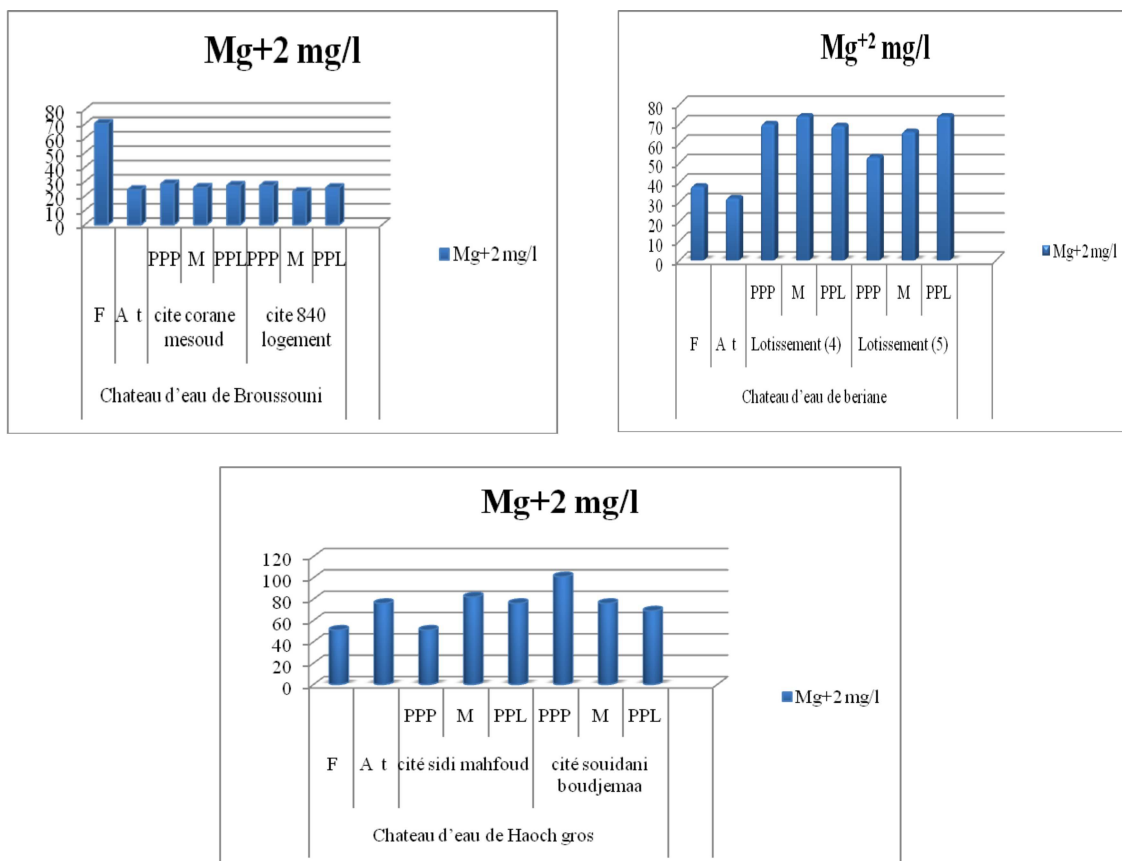
❖ **Magnésium**

Généralement, dans les eaux naturelles, la teneur en calcium est plus importante que celle du magnésium (RODIER *et al.*, 2005). La **figure N° 12** montre que les échantillons prélevés présentent des teneurs considérables en magnésium restant toutefois inférieures à la CMA recommandée par la norme algérienne (150 mg /l).

Le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la teneur globale en sels de calcium et de magnésium. Dans la plupart des eaux naturelles, le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 90% (RODIER *et al.*, 2005).

Les valeurs de TH enregistrées pour tous les échantillons analysés varient entre 19,53 F° et 53F° (ANNEXE03 ;Tableau IX ,X ,XI)). Ces valeurs sont conformes à la norme fixée par le CEE qui est de 50 F° sauf à la cité Souidani Boudjamaa alimentée par le château d'eau de Haoch Gros où elle est estimée à 53 F°.

La dureté de l'eau est attribuée à la présence d'ions calcium et magnésium. L'eau dure est généralement moins corrosive que l'eau douce en raison de l'augmentation des concentrations de calcium. Selon le pH de l'eau et la concentration d'alcalinité, le calcium va se combiner avec les carbonates pour former une couche protectrice sur la paroi du tube ce qui peut retarder la corrosion (KUMER *et KAKRANI*, 2000 ; USEPA, 2006).



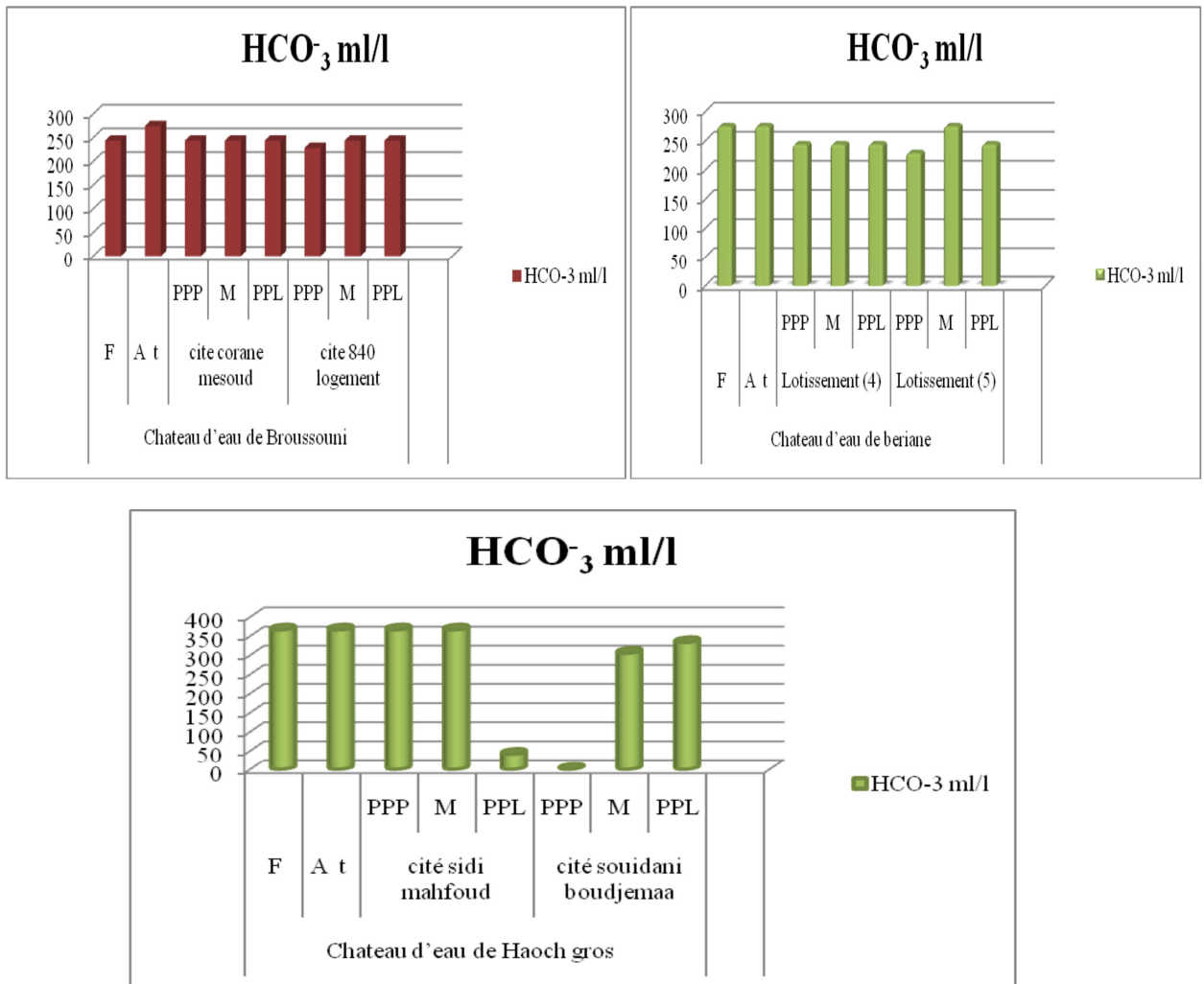
**Figure N° 12** : Variations des valeurs des magnésiums

➤ **Bicarbonates**

Les teneurs en bicarbonates des eaux prélevées varient entre 0 et 366 mg/L (**figure N°13**). On a également constaté que les eaux analysées présentent un pH proche de la neutralité (**figure N° 6**). Selon **REJSECK (2002)**, un pH neutre favorise la formation de dépôts de bicarbonates.

D'origine naturelle, les niveaux d'alcalinité totale allant jusqu'à 400 mg/l de CaCO<sub>3</sub> ne sont pas un danger pour la santé, par contre une faible alcalinité associée à des valeurs de pH faibles peut entrainer des problèmes de corrosion du métal dans les systèmes de plomberie (**SELF, 2010**).

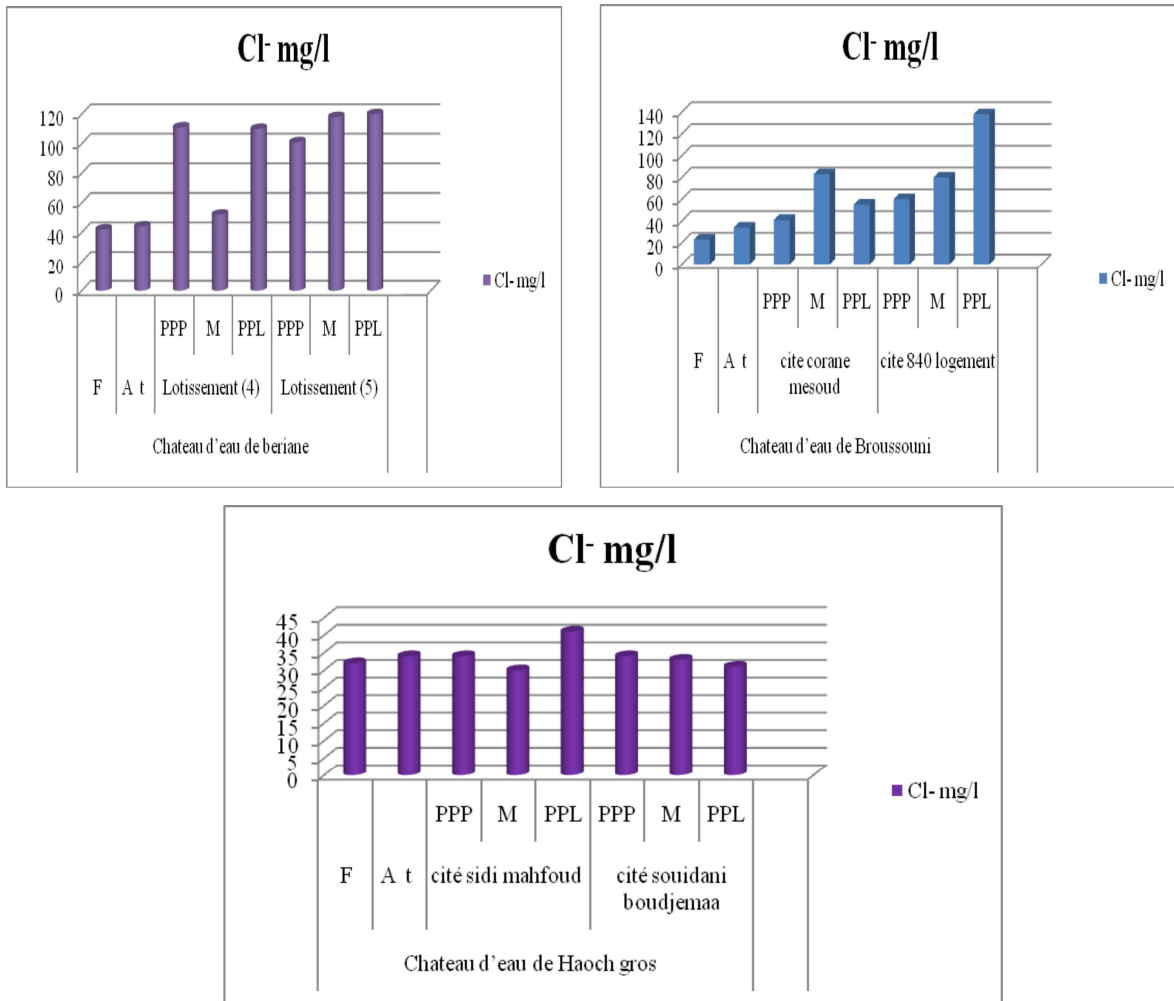
La présence des bicarbonates dans les eaux n'a aucun effet sur la santé, ce qui explique l'absence de normes indiquant la valeur guide de cet élément (**BOULANGE ,1992**).



**Figure N°13:** les variations des valeurs de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> de l'eau analysée

❖ **Chlorures**

Les teneurs en chlorures des eaux distribuées varient entre 23 mg/l et 38mg/l (**figure N°14**) et restent conformes à la norme algérienne (500mg /l).



**Figure N°14** : variations des valeurs des chlorures

**b) Substances indicatrices de pollution**

❖ **Nitrates**

D’après la **figure N°15**, les teneurs en nitrates varient entre 16 et 66 mg /l et ne sont donc pas élevées conformes aux normes de potabilité.

En effet, dans le château d’eau de BERIANE (lotissement 4), la quantité en nitrates dépasse la norme ce qui indique la présence d’une source de pollution. Selon **QUENEAU** et **HABERT(2009)**, les nitrates sont des témoins de la dégradation de la qualité de l’eau. Ces valeurs pourraient être expliquées par le fait que l’eau provient de forages qui se trouvent dans

des terrains à vocation agricole où l'utilisation d'engrais s'effectue constamment pour maintenir la fertilité du sol. Il faut également noté que les faibles profondeurs de la nappe aggravent sa vulnérabilité vis-à-vis de ce type de pollution.

Selon **LEVALLOIS et PHANEUF (1994)**, l'utilisation des fertilisants synthétiques et des fumiers associée aux cultures et à l'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques défectives, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau.

D'après l'**OMS (2006)**, le dépassement de la limite admissible (50 mg/l) peut engendrer la transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine et provoquer ainsi la méthémoglobinémie surtout chez le nourrisson.

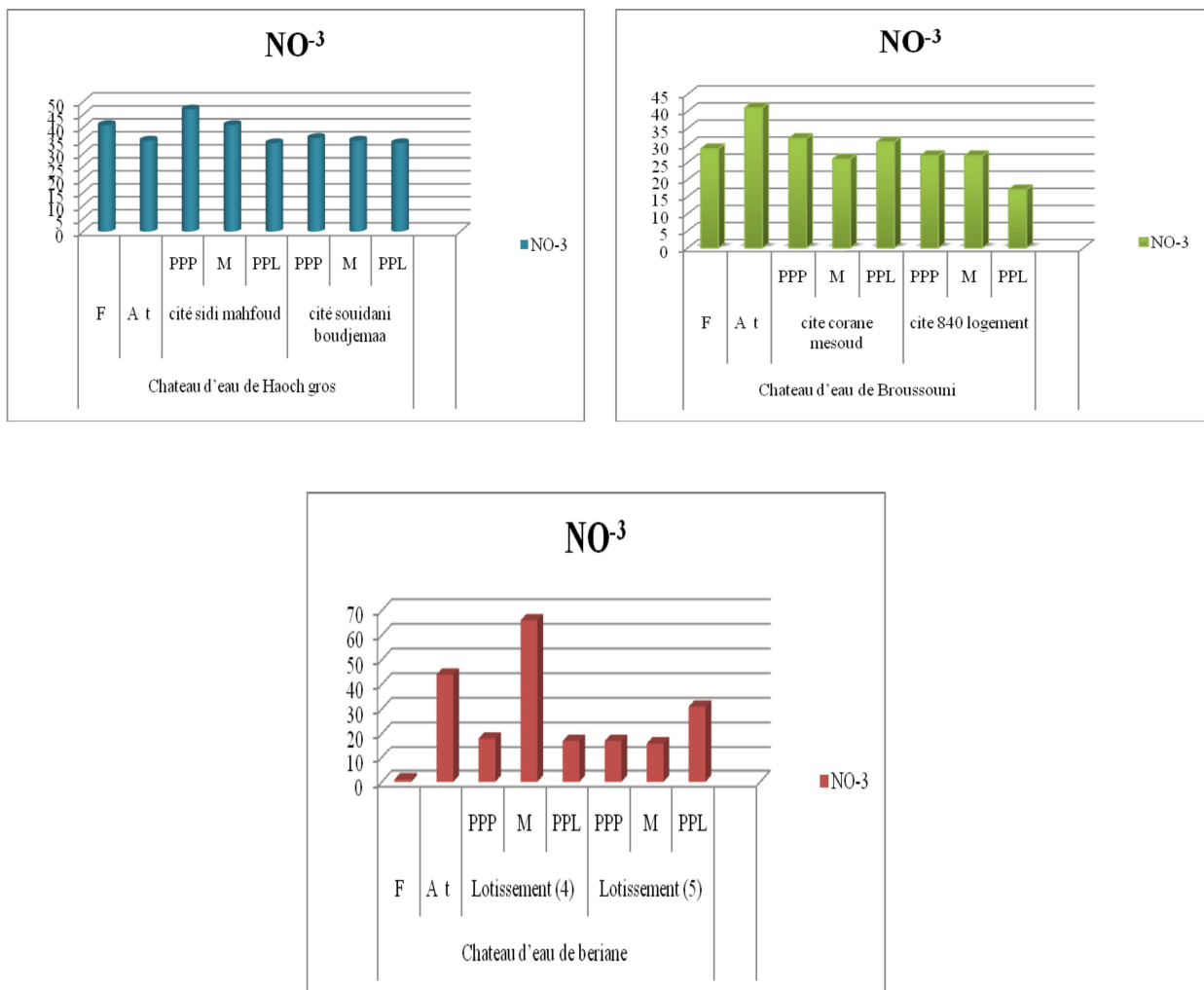


Figure N°15 : variations des valeurs des Nitrates.

### ➤ Nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrés en milieu aquatique (quelque micromoles par litre d'azote nitreux).

Les échantillons analysés montrent une absence totale en nitrites (**Voir annexe 03 ; Tableau IX ,X ,XI**) ce qui prouve que les forages qui alimentent la ville de Boufarik sont bien protégés des apports en nitrites. Selon **RODIER (1984)**, une concentration supérieure à 0,1 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde ce qui le cas pour cette étude.

### ❖ Ammonium

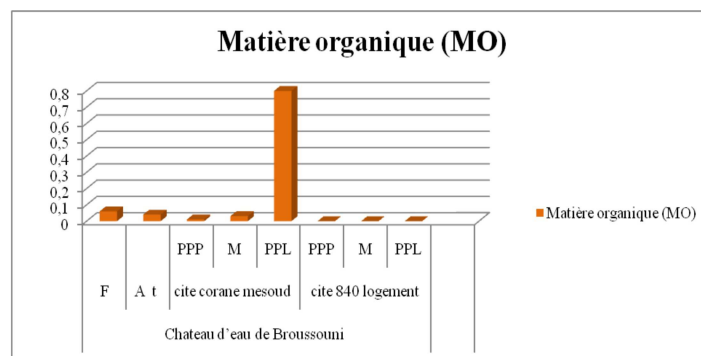
Les tableaux (**Voir annexe 03 ; Tableau IX ,X ,XI**) montrent que l'eau analysée ne contient aucune trace de cet élément pour tous les échantillons prélevés, ce qui est conforme aux normes de l'OMS et du Journal Officiel Algérien (0,5mg/l).

### ❖ Matière organique

La pollution par la matière organique est le résultat des rejet d'égouts urbains et de certaines industries alimentaires hautement polluantes : abattoirs, fromageries, laiteries et sucreries (**KEBICH et al., 1999**).

Pour évaluer la teneur en matières organiques d'une eau, on dispose des indices de l'oxydabilité au permanganate de potassium. **La figure N°16** montre les variations de la moyenne de la matière organique des 3 châteaux d'eau et de celle des forages. Les teneurs en matière organique obtenues varient entre 0 et 0,80 mg/l et sont inférieures à la valeur limite de la norme algérienne (3mg/l).

D'après **MANAHAN (2000)**, l'eau est de mauvaise qualité si la concentration en matière organique est supérieure à 4 mg/l. Cette dernière peut être une source de formation de SPD (sous produits de désinfection) spécialement les THM (TriHaloMéthanes) puisqu'il y a pré-chloration au début du traitement. Elle peut aussi être à l'origine des goûts et des odeurs désagréables. En plus la matière organique représente une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. En effet une consommation de matières organiques s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne.



**Figure N°16** : variations des valeurs de matière organique.

## II.2. Résultats des analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau et permet également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement

### a) Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont abondants dans les matières fécales des animaux et sont des indicateurs de contamination fécale (Archibald, 2000), ce qui implique qu'ils sont d'excellents indicateurs dans l'efficacité du traitement (Institut Pasteur d'Algérie, 1977).

#### ❖ Château d'eau de beriane

##### ✚ forage

La valeur enregistrée au niveau du forage est de 8 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

##### ✚ Après traitement

La valeur enregistrée est de 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

##### ✚ Certains consommateurs

La valeur enregistrée varie entre 0 et 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

#### ❖ Château d'eau de Haoch Gros

##### ✚ forage

La valeur enregistrée au niveau de ce forage est de 4 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

##### ✚ Après traitement

La valeur enregistrée est de 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

##### ✚ Les consommateurs

Les valeurs enregistrées varient entre 0 et 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

#### ❖ Château d'eau de Broussouni

##### ✚ forage

La valeur enregistrée au niveau du forage est de 5 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

##### ✚ Après traitement

La valeur enregistrée est de 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

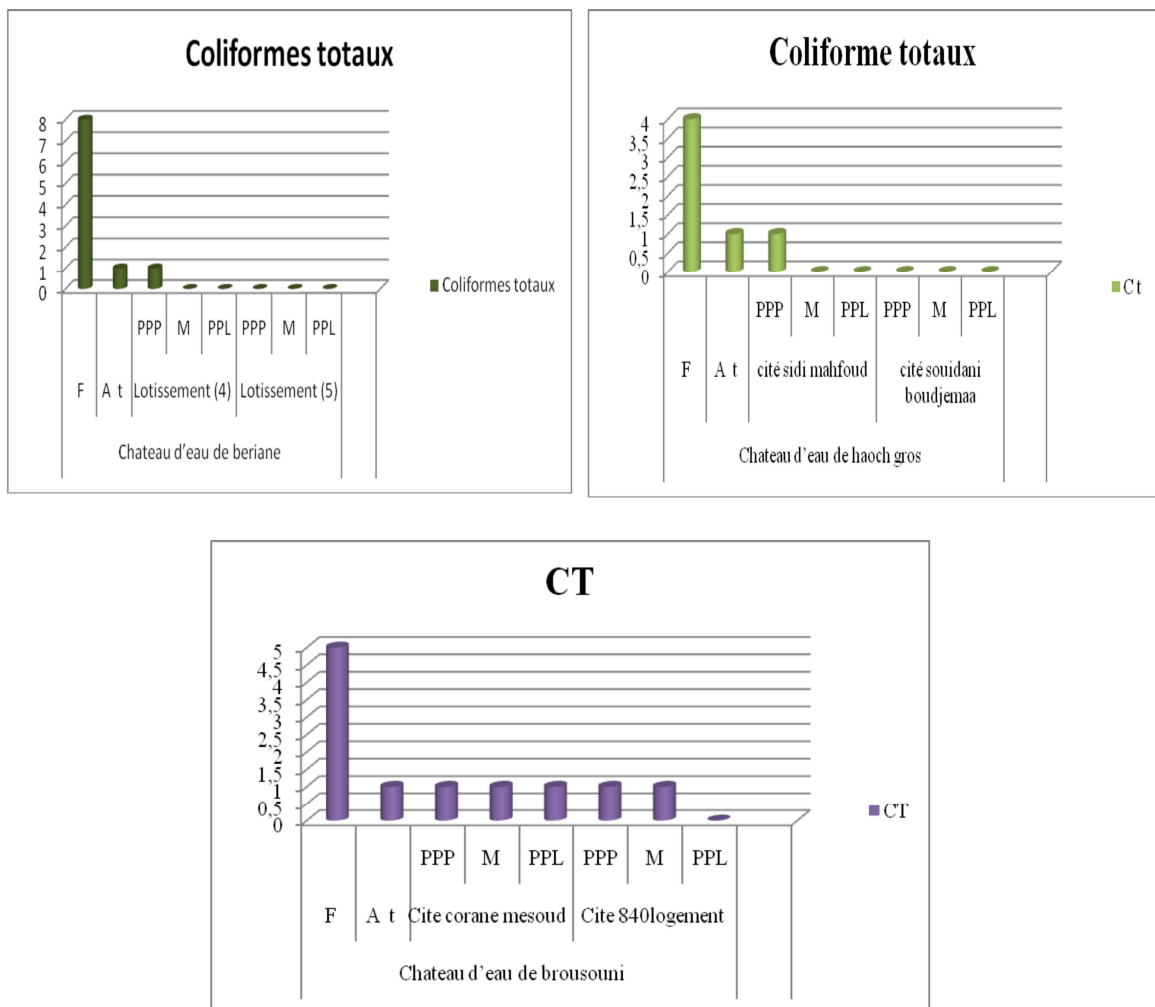


**Les consommateurs**

Les valeurs enregistrées varient entre 0 et 1 C.T dans 100 ml d'eau analysée.

Les résultats obtenus dans cette étude sont probablement dus au manque ou à l'insuffisance de traitement ce qui est confirmé par le test de chlore (**figure n°4**) qui a donné un taux de chlore négatif. Mais selon **LE LABORATOIRE D'HYGIENE DE BLIDA (2007)**, la longueur du réseau (distance séparant le forage du point de prélèvement) et l'état des conduites pourraient avoir également un lien avec cette contamination microbienne.

Presque la totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (**Edberg et al., 2000; OMS, 2000**), à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.



**Figure N°17 : variations des valeurs en coliformes totaux.**

**b) Streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de contamination fécale car tous ont un habitat fécal (**F.MOUFFOK, 2001**)

Dans cette étude, nous avons constaté une absence totale de streptocoques fécaux aussi bien au niveau des châteaux d'eau C1, C2, C3 que chez les consommateurs (OSF dans 100ml d'échantillon analysé) (**tableau N° VI ,VII,VIII voir Annexe N°02**) ce qui est conforme aux normes (**OMS, 2006**), ce qui s'explique probablement par l'efficacité de la désinfection par l'eau de javel malgré l'insuffisance constatée parfois.

Les streptocoques fécaux sont plus résistants au stress et à la chloration que les coliformes et survivent généralement plus longtemps dans l'environnement (**PAYEMENT et al 2003**).

En outre, contrairement aux coliformes, ils recroissent très difficilement dans le réseau. Leur haute résistance à la sécheresse permet de les utiliser dans le contrôle de routine lors de l'installation ou de la réparation de conduites d'un réseau de distribution (**RQEP, 2006**).

**c) Vibrions cholériques**

les vibrions n'ont pas été détectés au cours de cette étude pour les trois châteaux d'eau (C1, C2, C3) et chez les consommateurs (**Tableau N° VI, VII, VIII Annexe N°02**).

**d) Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs**

Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs sont extrêmement persistantes dans l'environnement et résistantes aux processus de désinfection de l'eau, par conséquent, leur valeur comme indicateur de contamination fécale a été mise en doute car les spores pourraient se trouver naturellement dans l'environnement ou représenter une source ancienne de contamination fécale (**PITKANEN, 2010**).

Dans cette étude les ASR sont absents dans les châteaux d'eau et chez les consommateurs ce qui témoigne de l'absence de contamination fécale (**tableau N° VI, VII, VIII Annexe N°02**). L'**OMS (2006)** recommande une absence des ASR dans 20 ml d'eau analysée.

**e) Salmonelles**

La recherche de Salmonella revêt une importance particulière car sa présence dans l'environnement hydrique est le signe d'une contamination fécale (**CAVALLARI et al., 2011**)

Les eaux de trois châteaux d'eau sont exemptes de salmonelles pour tous les prélèvements effectués ce qui traduit l'absence de contamination fécale des eaux par des malades ou des porteur sains de ces germes (**Voir tableau N° VI ,VII,VIII, Annexe N°02**). L'**OMS (2006)** recommande une absence de salmonelles dans 100 ml d'eau analysée.

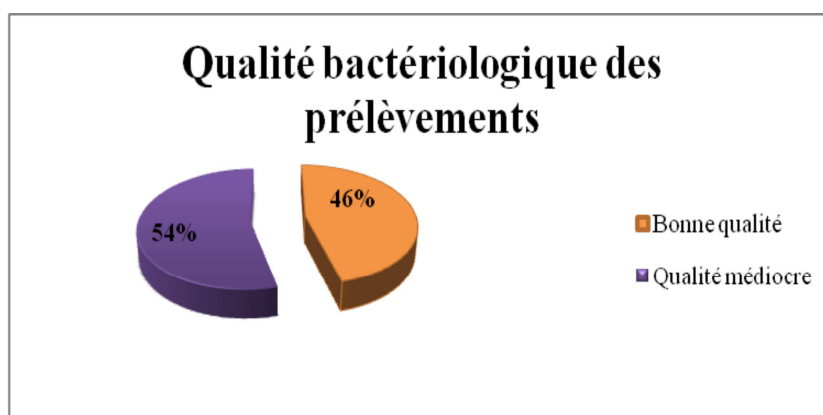
### II.3. Qualité bactériologique des prélèvements

L'eau analysée est considérée comme étant de bonne qualité bactériologique pour 46% des prélèvements (**figure N°18**) avec une absence totale des coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, salmonelles, ASR et vibrions cholériques. Ceci est probablement en rapport avec la présence parfois d'un taux de chlore positif qui varie entre 0.1 et 0.2 mg/l (**figure N°4**)

Nous avons constaté que parmi les 77% des prélèvements analysés, 57% des échantillons présentent un taux de chlore sous forme de trace et 23% des échantillons un taux de chlore négatif 0 mg/l (**figure N°4**), ce qui expliquerait probablement le nombre de coliformes retrouvés dans certains échantillons (**Tableau N° VI, VII, VIII**). Ces 57 % prélèvements sont considérés comme médiocres ou passables du point de vue qualité bactériologique du fait de la présence parfois de coliformes totaux, mais restent toutefois dans l'intervalle des normes.

Le milieu aquatique d'eau douce est soumis à une série de paramètres dont les plus importants sont sa composition chimique, son contenu biologique, sa température et la périodicité de son éclairage. A ces paramètres, s'ajoute le climat et la nature géologique du terrain, facteurs dont l'influence sur les caractéristiques du milieu aquatique est loin d'être négligeable (**NASRI, 2001**).

La consommation d'une eau potable, facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé (**COULIBALY, 2005**).



**Figure N°18** : qualité bactériologique des prélèvements

**Tableau VI** : résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de beriane

	Château d'eau de beriane									
	F	A t	Lotissement (4)			Lotissement (5)			OMS	NA
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL		
<b>Coliformes totaux</b>	8	1	1	0	0	0	0	0	10/100ml	10/100ml
<b>Coliformes fécaux</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques fécaux</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrions cholériques</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence

**Tableau VII** : résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de haoch gros

	Chateau d'eau de haoch gros									
	F	A t	Soudani boudjemaa			Sidi mahfoud			OMS	NA
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL		
<b>CT</b>	4	1	1	0	0	0	0	0	10/100ml	10/100ml
<b>CF</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrions cholériques</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	Absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence

**Tableau VIII** : résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de Broussouni

	<b>Château d'eau de Broussouni</b>									
	<b>F</b>	<b>A t</b>	<b>Cité 840 logement</b>			<b>Corane masoud</b>			<b>OMS</b>	<b>NA</b>
			<b>PPP</b>	<b>M</b>	<b>PPL</b>	<b>PPP</b>	<b>M</b>	<b>PPL</b>		
<b>CT</b>	5	1	1	1	1	1	1	0	10/100ml	10/100ml
<b>CF</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrions cholériques</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	Absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	Absence	Absence



# **CONCLUSION**

## Conclusion

Cette étude avait pour but la surveillance de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation desservie dans la ville de Boufarik depuis les forages jusqu'au robinet des consommateurs.

Les échantillons d'eau analysés répondent aux normes de la qualité bactériologique, mais pas aux normes physico-chimiques. En effet, les valeurs du pH varient entre 7,5 et 8, celles de la conductivité électrique entre 525 et 1030  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et les chlorures varient entre 23 mg/l et 38 mg/l. On note une absence totale des nitrites.

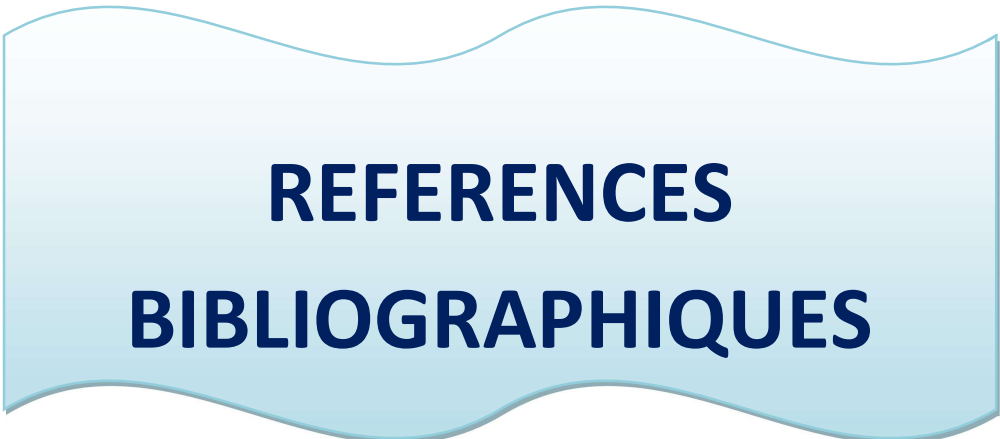
Toutefois les valeurs retrouvées dans cette étude pour les nitrates (16 - 66 mg/l) pour la turbidité (6,3-7,2 NTU) au niveau du château d'eau de Beriane et le titre hydrométrique (50 - 53 F°) ont dépassé les normes. Les eaux échantillonnées sont considérées comme moyennement dures dans la plupart des sites de prélèvements.

Nous notons également soit des valeurs en chlore résiduel très faibles ou nulles et donc insuffisantes pour la destruction des microorganismes soit un surdosage en chlore qui peut induire à l'apparition dans les eaux d'un goût désagréable et la formation de composés toxiques tels que les trihalométhanes des composés organo-halogènes qui, à terme, peuvent mener à des effets mutagènes et cancérigènes.

L'eau potable prélevée dans différents points est considérée comme de bonne qualité bactériologique dans 46% des prélèvements.

Globalement, l'eau alimentant la région de Boufarik est une eau souterraine de bonne qualité, une simple étape de traitement de désinfection qui est la chloration et un suivi hebdomadaire de certains paramètres sont nécessaires.

A l'avenir, il serait souhaitable de poursuivre cette étude en vue d'une comparaison des paramètres physico-chimiques qui ne respectaient pas les normes dans le souci de préserver la santé des consommateurs de cette région.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**



# Références

**AGENCE DE BASSIN ; LES CARNETS DE L'AGENCE N°1 Mai 2002. MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAUX.**

**Archibald. F, (2000)** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems – a cause for concern? *Water Quality Research Journal of Canada*, 35(1) : 1-22.

**BESSIERE,( 2005).** Filtration frontale sur membrane : mise en évidence du volume filtre critique pour l'anticipation et le contrôle du colmatage. Thèse de doctorat en génie des procédés et de l'environnement. Université Paul Sabatier, Toulouse III, France 192 p.

**BOEGLIN,( 2001)** technique d'ingénieur 110 p

**BOULANGE, (1992)** les eaux conditionnées éd Lavoisier tec. Doc ,paris 88p

**BOURGEOIS et al., (1990)** . Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaires. 2e éd., Tome 1, Paris: Lavoisier, 422 p

**Bureau d'hygiène de la ville de Boufarik**

**C.I.E,( 2005)** centre d'information sur l'eau ,les normes de qualité

**C.I.E,( 2005)** centre d'information sur l'eau, la réglementation de qualité

**C.I.E,( 2005)** centre d'information sur l'eau, les contrôles de qualité

**C.I.E,( 2007).** centre d'information sur l'eau, les traitement de qualité p 13, 14

**CAVALLARI et al.,( 2011)** recherche de salmonella en environnement hydrique. Les avantages de la PCR temps réel. *Analytical solutions* 5p

**CHEVAL, (1983)** La désinfection des eaux de consommation .O.I . Eau .Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris. P13-25

**CNRS, (2010 )** CNRS : Centre Nationale De La Recherche Scientifique-France-cnrs.fr)

**COULIBALY,( 2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMACO. Thèse de Docteur en pharmacie. Université de BAMACO. Faculté de médecine, de pharmacie et d'odonto- stomatologie, BAMACO, France 42p

**DEFRANCESHI, (1996).** L'eau dans tout ses états. Ellipse, Paris P29,30,39,60-63,66-68,75-103.

**DEGREMENT, (1998).** Mémento technique de l'eau 10ème édition 1024p tome 2.

**DEGREMONT, (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome II, 10ème édition Lavoisier France 1928 p.

**DELARASS, (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologie des eaux : réglementation – prélèvement –analyse. Edition médicale internationale, Lavoisier ,Paris. 269p.

**DESBORDES, (2001).** Innovation management in the sports industry: Lessons from the Salomon case. European Sport Management Quarterly,501p.

**DESJARDINS et al.,(1997) ).** Le traitement des eaux. 2ème édition, presses internationales polytechnique de Montréal. 304 page

**DROUARD et VOUILLMOZ,( 1999) .** alimentation en eau des populations menacées Ed des sciences des arts p3 ,111.

**DUPONT ,(1986)** hydraulique urbaine :hydrologie et traitement de l'eau. Tome I, 6ème Ed E. Eyrolles p 53, 61-67

**GAUJOUS,( 1998)** la pollution des milieux aquatiques 2ème édition Lavoisier 219p.

**GAUJOUS, (1995).** La pollution des milieux aquatique 2ème édition 458p

**GELINAS, (2005)** répertoire des microorganismes pathogènes transmis par les aliments agricultures et agroalimentaire. Ed CANADA p 170

**GERBAULET C ( 1993).** L'EAU ET LA VIE. Editions Cabédita. 96p.

**Google Maps, (2013)**

**GUIDE TECHNIQUE D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUES DES EAUX, INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, (2001)**

**GUIRAUD et ROSEC, (2004).**Pratique des normes en microbiologie alimentaire. « Edition Québec Griffon d'argile ».768p.

**HADJADJE, (2011 MOUHAMED (2001),** ETUDE DE LA PROPAGATION DES POLLUANTS DANS LES EAUX SOUTERRAINES VOLUME 12 P 95-101

**HASLAY et LECLERQ (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation Edition Tec et doc Lavoisier Paris, France. 496p

**HELENE ROBERT .(1999) (mémoire de l'école international de santé**

**HERTIG et FALLOT ,(2006)** .étude d'impact sur l'environnement. 2ème édition. Volume 23 .presses polytechnique et universitaires romandes. P544

**ISO 7027 ,(1999).** Water quality - Determination of turbidity ISO 7027:1999

**ISO 7888, (1985)** Water quality - Determination of electrical conductivity (ISO 7888:1985)

**JOHN SPICER,( 2003)** pratique clinique en bactériologique, mycologie et parasitologie « Edition Flammarion » paris. 221p

**JORA, (2007).** Journal Officiel de la République Algérienne.

- KEBICH et al.,( 1999).** Pollution des eaux superficielles dans un climat p 137-142
- KUMER et KAKRANI,( 2000 ).** Water-environnement and pollution, Agro Bios publication, New Delhi 258p.
- L'académie nationale de médecine. Société française de l'hydrologie et climatologie médicale.
- LALLAHEM, (2002).** Structure et Modélisation Hydrodynamique Des eaux souterraines : application a l'aquifère crayeux de la bordure nord du bassin de paris. Thèse de doctorat. 129p. Université des sciences et technologies de Lille.
- LANOIX et ROY,( 1976).** Manuel du technicien sanitaire OMS p 21-25, 32, 46,55
- LOUMI, (1988).** Les paramètres physicochimiques de l'eau potable désinfection de l'eau potable service santé et environnement, INSP p 77-88
- LOUP,( 1974 ) ; 1974,** Les eaux terrestres : hydrologie continentale. Masson, Paris, 171p
- MASSCHELEIN, (1996).** Processus unitaire de traitement de l'eau potable traduit par **CHEVROLET.** Ed LAVOISIER 704p
- MERED, (1972).** Le contrôle bactériologique des eaux. Institut pasteur d'Algérie, service des entérobactéries p 62-78
- NASRI, (2001).** Etude de la dynamique spatio-temporelle et des paramètres de croissance des cyanoprocaryotes toxiques dans un milieu d'eau douce (cas du barrage Shafia), thèse de magister. Université d'ANNABA. 78p
- OMS (2006)** Directives de qualité pour l'eau de boisson .Troisième édition , volume 1 Recommandations . Genève .110p.
- OMS (2007)** Norme algérienne et internationale : qualité de l'eau, échantillonnage et système de management environnementale. Direction de l'exploitation département qualité de l'eau
- PAYEMENT et al( 2003)** chapitre 2 :introducing paramètres for the assessment of drinking water quality. p 47-77
- PITKANEN, (2010).** Studies on the detection methods of compylobacter and faecal indicator bacteria in drinking water. National institute for health and Welfare .Finland. 118p
- QUENEAU et HUBERT (2009 )** place des eaux minérales dans l'alimentation  
Bul Acad Nle 190P
- RAMADE,(1998)** dictionnaire encyclopédique des science de l'eau Ed- science international paris 870P
- REJSECK (2002)** analyse des eaux : aspect réglementaire et technique . Service culture Ed pour l'éducation nationale 786p

**RODIER et al (2005)** l'analyse de l'eau ; eau naturelle, les résiduaires, Eaux de mer 8<sup>ème</sup> édition dunod

**RODIER (1984)** L'analyse de l'eau ; Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème Edition, Ed. Dunod, Paris.155 p

**RODIER et al.,(2009)** l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod, paris, France . 1579p

**RQEP, (2006).** Règlement sur la qualité de l'eau potable. Volume 2, présentation du règlement Québec 282 p.

**SATIN ET SELMI, (1999 )** guide technique de l'assainissement 2<sup>ème</sup> édition regisourier 255p

**SATIN ET SELMI, (2006)** « Guide technique de l'assainissement ». 3e éd. « Moniteur référence technique », Paris : Éditions le Moniteur,356p.

**SELF, (2010)** Domestic water quality criteria. Manager , soil, water and plant Testing laboratory, colorado state university crop series irrigation fact sheet 3p

**SIBILE,( 1997)** stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. Elsevier p 117-161

**Sigg et al.,( 2006).** Chimie des milieux aquatiques. Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement, Paris, Dunod.44,45p.

**Singleton , (2005)..** Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies. Ed Dunno, 6ème édition. Sciences SUP. 15: 464-467.

**SOKONA, (2002).** Manuel du cour d'hygiène du milieu,(F.M.P.O.S 2002) 50P

**TARDAT et BEAUDRY, (1992).** Chimie des eaux. Sainte-Foy (Québec): Le Griffon d'argile.537p

**VILAGENES ,(2003).** Eau, environnement et santé publique introduction à l'hydrogéologie 2<sup>ème</sup> Ed Lavoisier 198P

**ZERROUKI et al., (2006).** Preparation of doublet, triangular, and tetrahedral colloidal clusters by controlled emulsification. Langmuir 22 (1): 57-62p.



## **LES ANNEXES**

## **Annexe 01 : Matériel utilisé pour la partie expérimentale**

### **1. Matériel utilisé pour les analyses bactériologiques**

#### **❖ Appareillage**

I. matériel utilisé Pour les analyses bactériologiques :

- Bec bunsen ( Falc)
- Boîtes de pétri de diamètre 55mm
- Etuve à 37°C et 44°C (memmert)
- Bain marie (memmert)

#### **❖ Verreries et matériel consommable**

- Pince stérile
- tubes stériles
- Poires
- Anse de platine
- Boîtes de pétrie stériles
- Pipettes pasteur stériles
- Portoir

#### **❖ Milieux de cultures**

- Milieu triple sugar Iron (TSI)
- Gélose viande - foie (VF)
- Bouillon Sélénite – Cystéine (SFB)
- Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL)
- Gélose Hektoen
- Eau peptonée alcaline ( EPA)
- Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)

#### **❖ Réactifs, additifs et solution**

- Additifs SFB
- Alun de fer
- Eau de javel
- Réactif de Kovacs
- Sulfite de sodium

## ANNEXE

### ❖ Recherche et dénombrement des coliformes

#### • Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL)

##### ➤ A double concentration :

-Extrait de viande de bœuf .....	6gr
- peptone.....	10gr
-lactose.....	10gr
-pourpre de bromocrésol.....	0,06gr
-eau distillée.....	1000ml

##### ➤ A simple concentration :

- Extrait de viande de bœuf .....	3gr
- peptone.....	5gr
- lactose.....	5gr
-pourpre de bromocrésol.....	0,03gr
-eau distillée.....	1000ml

pH :6,7

Autoclavage :20 mn à 120°C

#### • Milieu triple sugar Iron (TSI)

-peptone de caséine .....	15g
-peptone de viande .....	5g
-extrait de viande .....	3g
-peptone de levure.....	3g
-chlorures de sodium.....	5g
-lactose.....	10g
-Saccharose.....	10g
-Glucose .....	1g
-Citrate ammoniacal de Fer(III).....	0,5g
-Thiosulfate de sodium.....	0,5g
-rouge de phénol.....	0,024g
-Agar.....	12g
-Eau distillée.....	1000ml

pH=7,3±0,2

#### • Réactif de Kovacs

- Para-d iméthyle –aminobenzaldehyde.....	5g
- Alcool iso-amylique .....	75g
- Acide chlorhydrique.....	25ml

## ANNEXE

---

### ❖ Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

#### • Milieu indole-mannitol (schubert) :

-tryptophane.....	0,2gr
-acide glutamique.....	0,2gr
-sulfate de magnésium.....	0,7gr
-citrate de sodium.....	4gr
-chlorure de sodium.....	0,5gr
-tryptone oxid.....	2gr
-mannitol.....	10gr
-eau distillée.....	500ml
-tampon phosphate pH 7,6.....	500 ml

Autoclavage 115°C, 10 min

### Préparation du tampon phosphate :

- 500 ml d'eau distillée
- 1,44 gr de phosphate monosodique
- 9,21 gr de phosphate disodique

### ❖ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide

#### • Bouillon glucosé à l'acide de sodium (milieu de Rothe) :

##### ➤ A double concentration :

- Tryptone.....40gr
- Glucose.....10gr
- Chlorure de sodium.....10gr
- Phosphate bipotassique.....5,4gr
- Phosphate monapotassique.....5,4gr
- Azide de sodium.....0,4gr
- Eau distillée.....1000ml

##### ➤ A simple concentration :

- Tryptone.....20gr



## ANNEXE

---

- Glucose.....5gr
- Chlorure de sodium.....5gr
- Phosphate bipotassique.....2,7gr
- Phosphate monopotassique.....2,7gr
- Azide de sodium.....0,2gr
- Eau distillée.....1000ml

pH :6,8\_7

Autoclavage : 15mn à 121°C

### ❖ recherche et dénombrement des vibrions cholérique

#### • eau peptonée alcaline (EPA)

- bacto-protéose peptone.....10gr
- bactopeptone.....10gr
- chlorure de sodium.....5gr
- Eau distillée.....1000ml

pH :8,5-8,6

Autoclavage :15min à 121°C

#### • gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)

- bactopeptone.....10gr
- extrait de viande.....3gr
- chlorure de sodium.....5gr
- 
- agar .....20g
- r

pH :8,5

autoclavage :15 min à 121°C

### ❖ recherche et denombrement des salmonelles

#### • bouillon au selenite acide sodium (SFB)

- peptone tryptique de caséine.....8gr
- lactose.....8gr
- phosphate disodique.....20gr
- selenite acide de sodium.....10gr

## ANNEXE

- eau distillée.....1000ml

Ph :6,8\_7

Autoclavage :15 min 121°c

- **gélose Hektoen**

- protéose peptone.....12gr
- extrait de levure.....3gr
- chlorure de sodium.....5gr
- thiosulfate de sodium.....5gr
- sels biliaires.....9gr
- lactose.....2gr
- saccharose.....12gr
- fushine acide.....0,1gr
- Bleu de bromothymol.....0,065gr
- agar.....18gr
- eau distillée.....1000ml

pH :7,5(+ -)02

autoclavage :15min à121°v

- ❖ **recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

- **Gélose viande foie :**

- base viande foie.....30g
- glucose.....2g
- amidon .....2g
- sulfite de sodium.....2,5g
- Sels de fer.....0,5g
- Agar .....11g
- L'eau distillée.....1000ml

pH avant autoclavage 7,7 +/-0,1à 25 °c

stérilisation à l'autoclave 121°c/15min

- **Sulfite de sodium à 10%**

- NA<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>,7H<sub>2</sub>O (hyper hydraté).....10g

- Eau

- distillée .....100ml

- **Alun de fer à 5%**

- citrate

- ammoniacal.....5g

- eau distillée.....100ml

## 2. matériel utilisé pour les analyses physicochimique :

### ❖ Appareillage

- Auto analyseur (SKALAR)
- Balance analytique (AND GR 200)
- Agitateur magnétique(FALC)
- Bain marie
- Conductimètre
- pH mètre
- turbidimètre
- thermomètre
- spectrophotomètre
- plaque chauffante (FALC)

### ❖ Verrerie et matériels consommable

- pissette d'eau distillée
- Pipettes de 1ml,2ml,5ml,10ml,20ml,25ml.
- Poires
- Erlen Meyer
- Firole de 50ml,100ml
- Glacière
- Becher en verre
- Barreau magnétique et baguette

## réactifs et des solutions utilisés pour les analyses physicochimiques

### ❖ Dosage de pH

REACTIFS

- SOLUTION TAMPON pH/10 ET pH/4
- SOLUTION H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0,01N

### ❖ Dosage de ca Mg

REACTIFS

- SOLUTION E.D.T.A
- 40g E.D.T.A
- 5g Soude caustique

## ANNEXE

---

1g Chlorure de Magnésium.

- SOLUTION : Tampon pH / 10 (Ca/Mg)

- SOLUTION DE SOUDE (Ca)

40g de Soude

1000 ml d'eau distillée.

### ❖ dosage de chlorures

REACTIFS

- SOLUTION SATURÉE DE THIOCYANATE MERCURIQUE

2g Hg (SCN)<sub>2</sub>

2000 ml d'eau bidistillée.

- SOLUTION D'ALUN FERRIQUE

67g d'Alun ferrique Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.NH<sub>4</sub>24H<sub>2</sub>O

430ml d'acide nitrique concentré

H<sub>2</sub>O Q.S.P 1000ml

- SOLUTION MÈRE DE CHLORURES à 10g/l

20,984g de Chlorure de potassium

1000 ml d'eau distillée

- SOLUTIONS ETALONS

100, 80, 65, 50, 35, 20, 10 et 5ml de la solution mère de Cl<sup>-</sup>

1000ml d'eau distillée. ( pour chaque solution)

### ❖ Dosage de la matière organique

REACTIF

- SOLUTION D'ACIDE SULFURIQUE AU ½

## ANNEXE

---

1 volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

3 volumes d'eau distillée

- SOLUTION DE PERMANGANATE DE POTASSIUM N/20

1,58g de permanganate de potassium

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION DE PERMANGANATE DE POTASSIUM A N/80

Préparée à partir de la solution de permanganate de potassium N/20 que l'on dilue 4 fois.

- SOLUTION DE SULFATE FERREUX OU SEL DE MOHR N/80

4,9g de sulfate ferreux Fe SO<sub>4</sub> ( NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 6H<sub>2</sub>O

5ml d'acide sulfurique concentré

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION DE BICARBONATE DE SODIUM A 10%

### ❖ Dosage de l'azote amoniacal

#### REACTIFS

- SOLUTION MERE D'AMMONIUM à 1g/l (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

2,972g de chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl l

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION D'AMMONIUM A 10mg/l (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

10ml de la solution mère à 1g/l

1000ml d'eau distillée.

- SOLUTIONS ETALONS

5, 10, 25, 50, 100, 150 et 200ml de la solution à 10mg/l

## ANNEXE

---

1000ml d'eau distillée ( pour chaque solution)

- SOLUTION TAMPON ET COMPLEXANTE

230g de tartrate de sodium et de potassium

350g de citrate de sodium

40g de soude

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION DE PHENATE DE SODIUM

5g de soude

25ml d'eau distillée

10g de phénol

50ml d'eau distillée.

- SOLUTION DE NITROPRUSSIATE DE SODIUM

0,5g de nitroprussiate de sodium  $\text{Na}_2(\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO})_2\text{H}_2\text{O}$

50ml d'eau distillée

- SOLUTION D'HYPOCHLORITE DE SODIUM A 2° CHLOROMETRIQUE

solution concentrée d'eau de javel commerciale (environ 32° chlorométriques)

un litre de solution d'hypochlorite.

- MELANGE DES REACTIFS

On mélange les 3 premiers réactifs dans les proportions suivantes:

200ml de la solution tampon et complexante

25ml de la solution de phénate

10ml de la solution de nitroprussiate

## ANNEXE

---

### ❖ DOSAGE DES NITRITES

#### REACTIFS

##### - SOLUTION D'ACIDE SULFANILIQUE

1,2g d'acide sulfanilique

140ml d'eau distillée chaude

40ml d'acide chlorhydrique concentré.

200ml d'eau distillée 200ml

##### - SOLUTION D'&-NAPHTHYLAMINE

1,2g d'&-Naphthylamine

2ml d'acide chlorhydrique

200ml d'eau distillée

##### - SOLUTION TAMPON D'ACETATE DE SODIUM.

54,4g d'acétate de sodium  $\text{NaCO}_2\text{-CH}_3, 3\text{H}_2\text{O}$  (ou 32,8g de sel anhydre)

200ml d'eau distillée

##### - SOLUTION ETALON DES NITRITES A 100mg/l

150mg/l de nitrite de sodium

1000ml d'eau distillée

### ❖ DOSAGE DES NITRATES

#### REACTIF

##### - SOLUTION DE SOUDE 1N

40g de soude

1000ml d'eau distillée.

##### - SOLUTION DE SULFATE DE CUIVRE

## ANNEXE

---

2,6g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

40ml d'acide sulfurique 1N.

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION D'HYDRAZINE A 0,1 M

13g de  $\text{NH}_2\text{-NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION D'ACIDE SULFANILIQUE

6g d'acide sulfanilique  $\text{H}_2\text{N SO}_3$

200ml d'acide chlorhydrique concentrée

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION &-NAPHTHYLAMINE

6g de &-Naphthylamine

40ml d'acide chlorhydrique concentrée

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION D'E.D.T.A

5g d'E.D.T.A

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION D'ACETATE DE SODIUM

272g d'acétate de sodium  $\text{NaCOO-CH}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

1000ml d'eau distillée

- SOLUTION MERE DE NITRATE A 1000mg/l

1,631g de Nitrate de Potassium

1000ml d'eau bidistillée.

- SOLUTIONS ETALONS

0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10ml de la solution mère de nitrate

100ml d'eau bidistillée. (Pour chaque solution)



## ANNEXE

### Annexe 02 : Résultats des analyses bactériologiques

**Tableau VI :** résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de Beriane

	Chateau d'eau de beriane									
	F	A t	Lotissement (4)			Lotissement (5)			OMS	NA
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL		
<b>Coliformes totaux</b>	8	1	1	0	0	0	0	0	10/100ml	10/100ml
<b>Coliformes fécaux</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques fécaux</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrion</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence

**Tableau VII :** résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de hawch gros

	Chateau d'eau de haoch gros									
	F	A t	SOUIDANI BOUDJMAA			SIDI MAHFOUD			OMS	NA
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL		
<b>C T</b>	4	1	1	0	0	0	0	0	10/100ml	10/100ml
<b>C F</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques f</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrion</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence

## ANNEXE

**Tableau VIII : résultats des analyses bactériologiques de château d'eau de Broussounier**

	Chateau d'eau de Broussounier									
	F	A t	Cité 840 logement			Corane masoud			OMS	NA
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL		
<b>C T</b>	5	1	1	1	1	1	1	0	10/100ml	10/100ml
<b>C F</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>Streptocoques f</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml	0/100ml
<b>ASR</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20/100ml	20/100ml
<b>Vibrion</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	absence	Absence





## ANNEXE

**Tableau XI : résultats des analyses physicochimiques de château d'eau de Broussoumier**

	Chateau d'eau de Broussoumier								
	F	A t	Cité 840 logement			Corane masoud			N A
			PPP	M	PPL	PPP	M	PPL	
<b>PH</b>	7.9	7.9	8.1	8	8	8	7.8	7.7	6.5 -8.5
<b>T°C</b>	16.7	18	16.3	16	16	17	18.4	18	≤ 25
<b>Turbidité MTU</b>	0.3	0.44	0.5	0.31	0.31	0.28	0.20	0.28	≤ 5
<b>(CE) MS/cm</b>	747	750	603	615	615	601	525	559	≤ 2800
<b>TH F°</b>	39	19.53	37	20.2	20.2	27.6	29	29.2	50
<b>TAC</b>	20	23	20	20	20	19	20	20	-
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ml/l</b>	244	275	244	244	244	229	244	244	-
<b>Ca<sup>+2</sup> ml/l</b>	80	60	77	80	65.7	92	80.2	61.8	200
<b>Mg<sup>+2</sup> mg/l</b>	70.4	24.3	28.3	25.8	27.2	27.2	22.9	25.7	150
<b>Cl<sup>-</sup> mg/l</b>	23	34	41	83	55	60	80	138	500
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	29	41	32	26	31	27	27	17	50
<b>NO<sub>2</sub> mg/l</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
<b>Matière organique (MO)</b>	0.06	0.04	0.01	0.031	0.8	0	0	0	-

## ANNEXE

### Annexe 04 : norme de qualité des eaux potables

**Tableau III. Normes physico- chimiques d'une eau potable**

	Paramètres physico-chimiques	OMS	Normes algériennes	
			NG	CMA
<b>Paramètres physiques</b>	Température	<b>Ne doit pas dépasser 25°C</b>	<b>9°C à 12°C</b>	–
	pH	<b>6,5 &lt; pH &lt; 8,5</b>	<b>6,5 à 6,8</b>	–
	Conductivité (µS/cm) à 20°C	<b>2800</b>	–	<b>2800</b>
<b>Paramètres chimiques (mg/l)</b>	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	<b>&lt; 200</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
	Sulfates (so <sup>2-</sup> )	<b>&lt; 250</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	<b>&lt; 50</b>	–	<b>150</b>
	Sodium (Na <sup>+</sup> )	<b>&lt; 150</b>	–	<b>200</b>
	Potassium (K <sup>+</sup> )	<b>&lt; 12</b>	–	<b>20</b>
<b>Paramètres chimiques indésirable (mg/l)</b>	Nitrates (NO <sup>2-</sup> <sub>3</sub> )	<b>&lt; 50</b>	–	<b>50</b>
	Nitrites (NO <sup>2-</sup> <sub>2</sub> )	<b>&lt; 0,1</b>	–	<b>0,10</b>
	Ammonium (NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> )	<b>&lt; 0,5</b>	<b>0,05</b>	<b>0,50</b>
	Fer (Fe)	<b>&lt; 0,2</b>	–	<b>0,30</b>
	Manganèse (Mn)	<b>&lt; 0,05</b>	–	<b>0,05</b>
<b>Paramètres chimiques toxiques (mg/l)</b>	Cuivre (Cu)	<b>&lt; 1</b>	–	<b>1,50</b>
	Zinc (Zn)	<b>&lt; 5</b>	–	<b>5,00</b>
	Phosphates (P)	<b>&lt; 5</b>	–	<b>5,00</b>
	Arsenic (As)	<b>&lt; 0,05</b>	–	<b>0,05</b>
	Plomb (Pb)	<b>&lt; 0,05</b>	–	<b>0,05</b>

(JORA)

**Tableau IV. Normes bactériologiques**

Paramètres bactériologiques	unités	OMS	Normes algériennes
Coliformes totaux	Germes/100ml	10	10
Coliformes fécaux	Germes/100ml	0	0
Streptocoques fécaux	Germes/100ml	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	Germes/20ml	0	0
Salmonelles	Pas d'unité	Absence	Absence
Vibrions cholériques	Pas d'unité	Absence	Absence

(OMS 2007 ; JORA, 2007)

## ANNEXE

### Annexe 05 : Normes organoleptiques d'une eau potable

**Tableau II. Normes organoleptiques d'une eau potable**

Paramètres Organoleptiques	unités	OMS	Normes algériennes	
			NG	CMA
COULEUR	mg /l	Ne doit pas dépasser 15mg /l de platine en référence à l'échelle platine cobalt	-	25
ODEUR ET SAVEUR	Seuil de perception à 25 <sup>0</sup> c	Le taux de dilution doit être de 2à12	0	4

(Bureau d'hygiène de la ville de Boufarik)

NG : normes guides

CMA : concentration maximale admissible

Annexe 06 : Désinfection des eaux de consommation

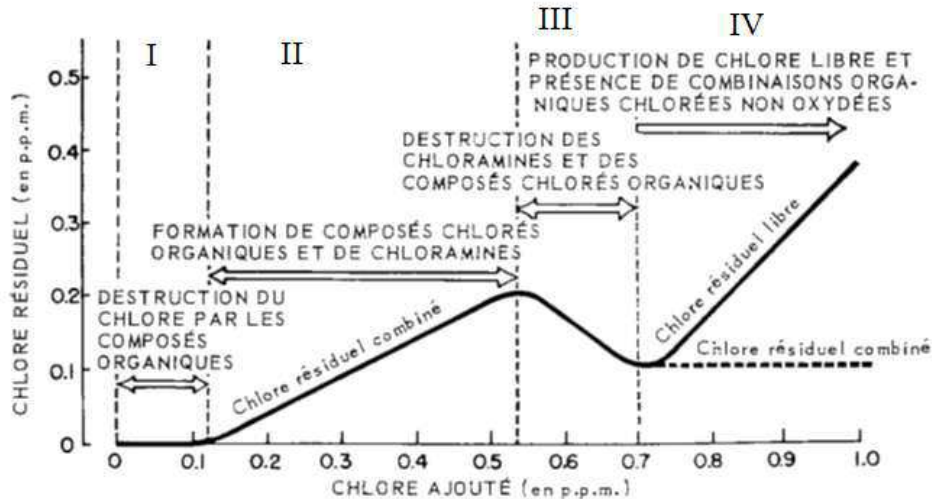


Figure 1: Demande en chlore (MERED, 1972)

- En zone I : le chlore est détruit par les matières organiques (MERED, 1972). C'est la zone de demande immédiate en chlore.
- En zone II : il y a formation des chloramines et de composés organochlorés (LOUMI, 1988). Les chloramines (mono-, di, trichloramines) sont plus faiblement antiseptiques (RODIER *et al.*, 2005).



- En zone III: il y a destruction des composés chlorés et des chloramines (MERED, 1972).



- En zone IV : lorsque la réaction (4) est terminée, le chlore ajouté en excès se trouve sous forme de chlore libre (DESJARDAINS, 1990).



## ANNEXE

---

Le bioxyde de chlore est beaucoup moins utilisé, il est plus onéreux et d'une mise à l'œuvre complexe (C.I.E, 2007). Cependant, il présente l'avantage de ne pas réagir avec l'azote ammoniacal. C'est un puissant désinfectant de l'eau, son action bactéricide et virulicide est en général supérieure à celle du chlore (MASSCHELEIN, 1996).

### Annexe 7 : Dosage des nitrites et nitrates

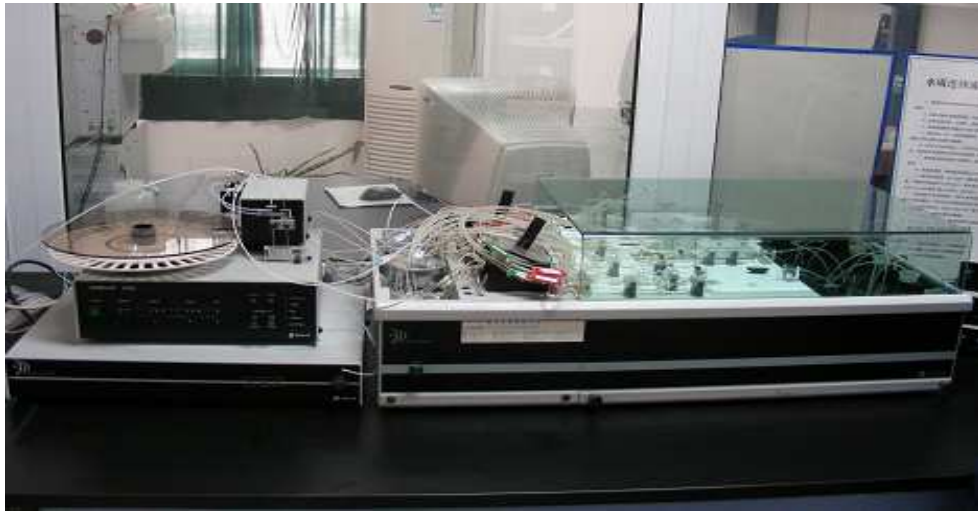
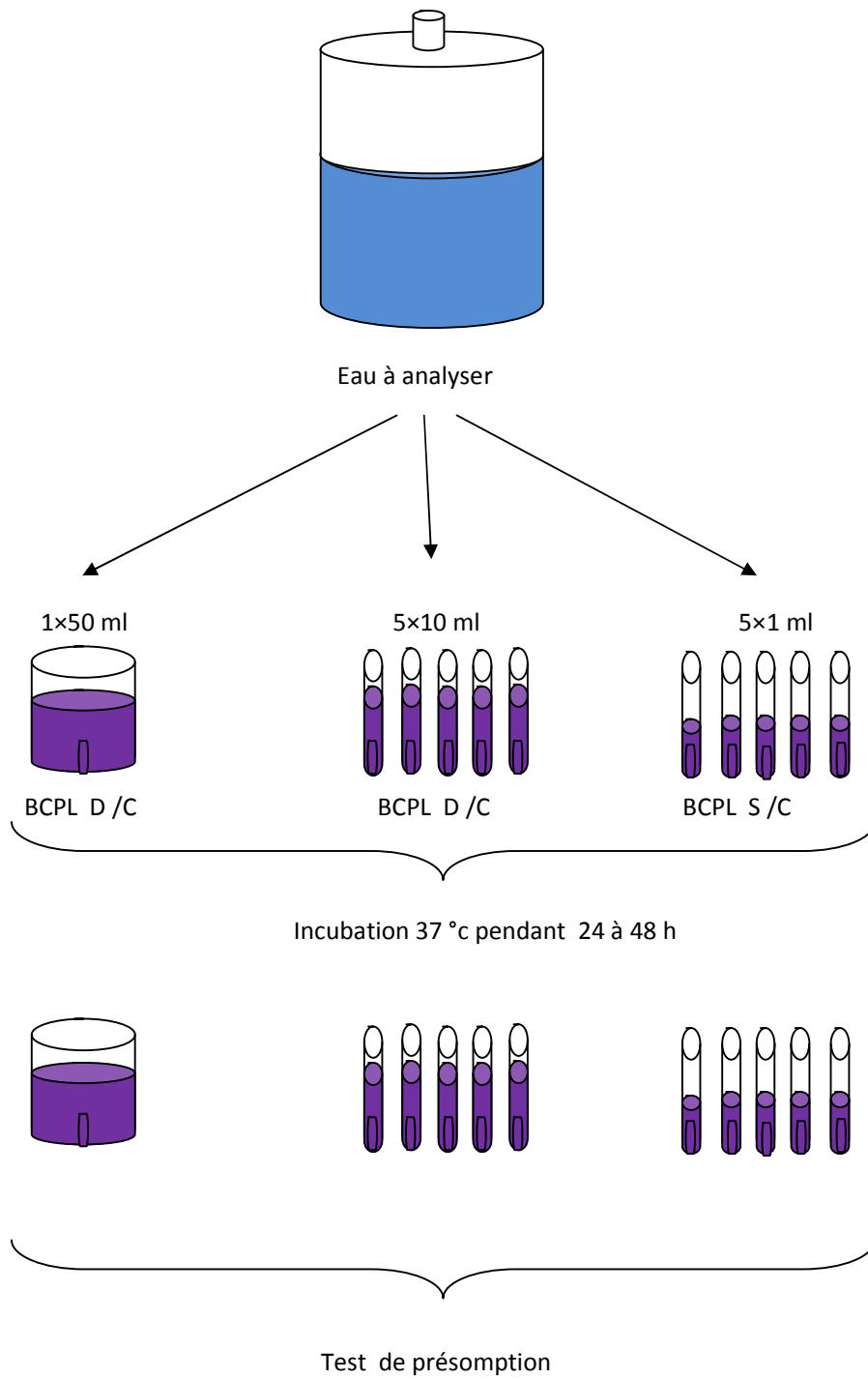


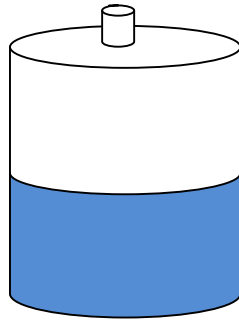
Figure3 : Photo de l'appareil Skalar

**Annexe 05 : recherche et dénombrement des bactéries.**

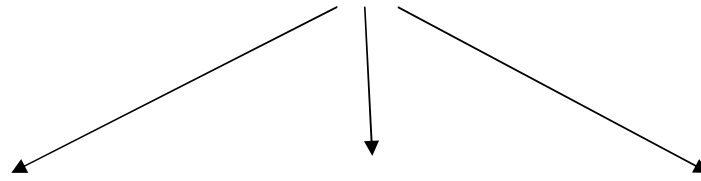


La lecture finale se fera selon la table npp ou table de mac grady

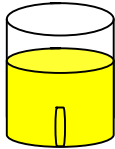
**Recherche et dénombrement des CTT ET CF**



Eau à analyser

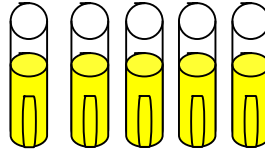


1×50 ml



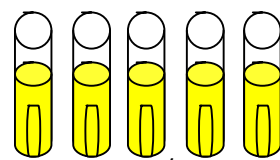
Rothe D/C

5×10 ml



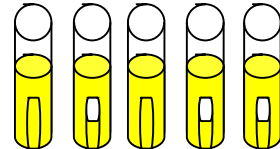
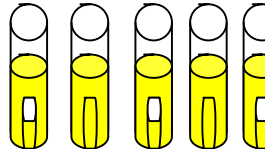
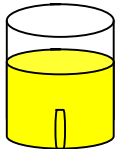
ROTHE D/C

5×1 ml



ROTHE S/C

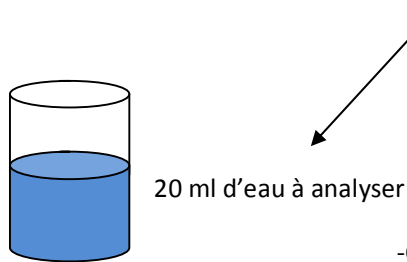
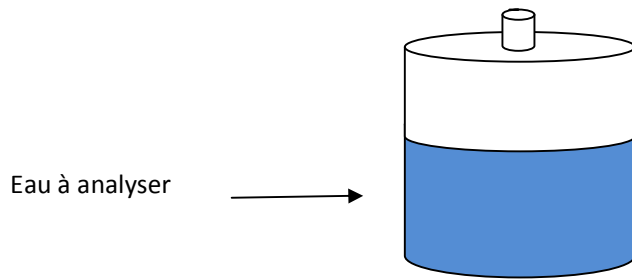
Incubation 37 °c pendant 24 à 48 h



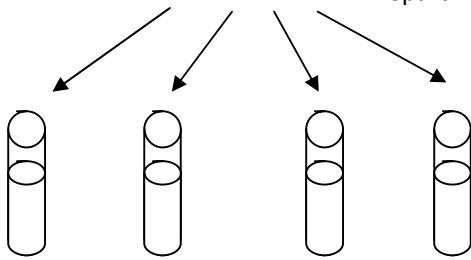
Test de présomption

La lecture finale se fera selon la table npp ou table de mac grady

**Recherche et dénombrement des SF**

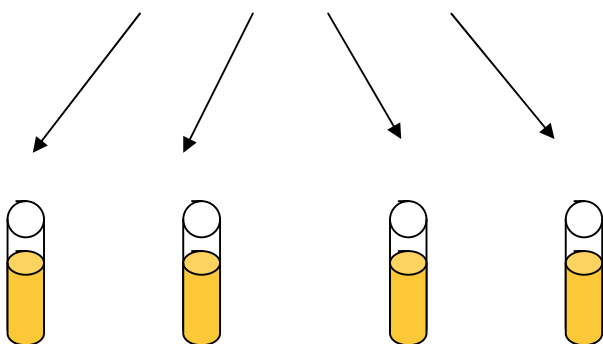


- Chauffage à 80°C pendant 10 minutes
- Refroidissement brutale sous l'eau de robinet
- repartir à raison de 5ml par tube dans les 4 tubes



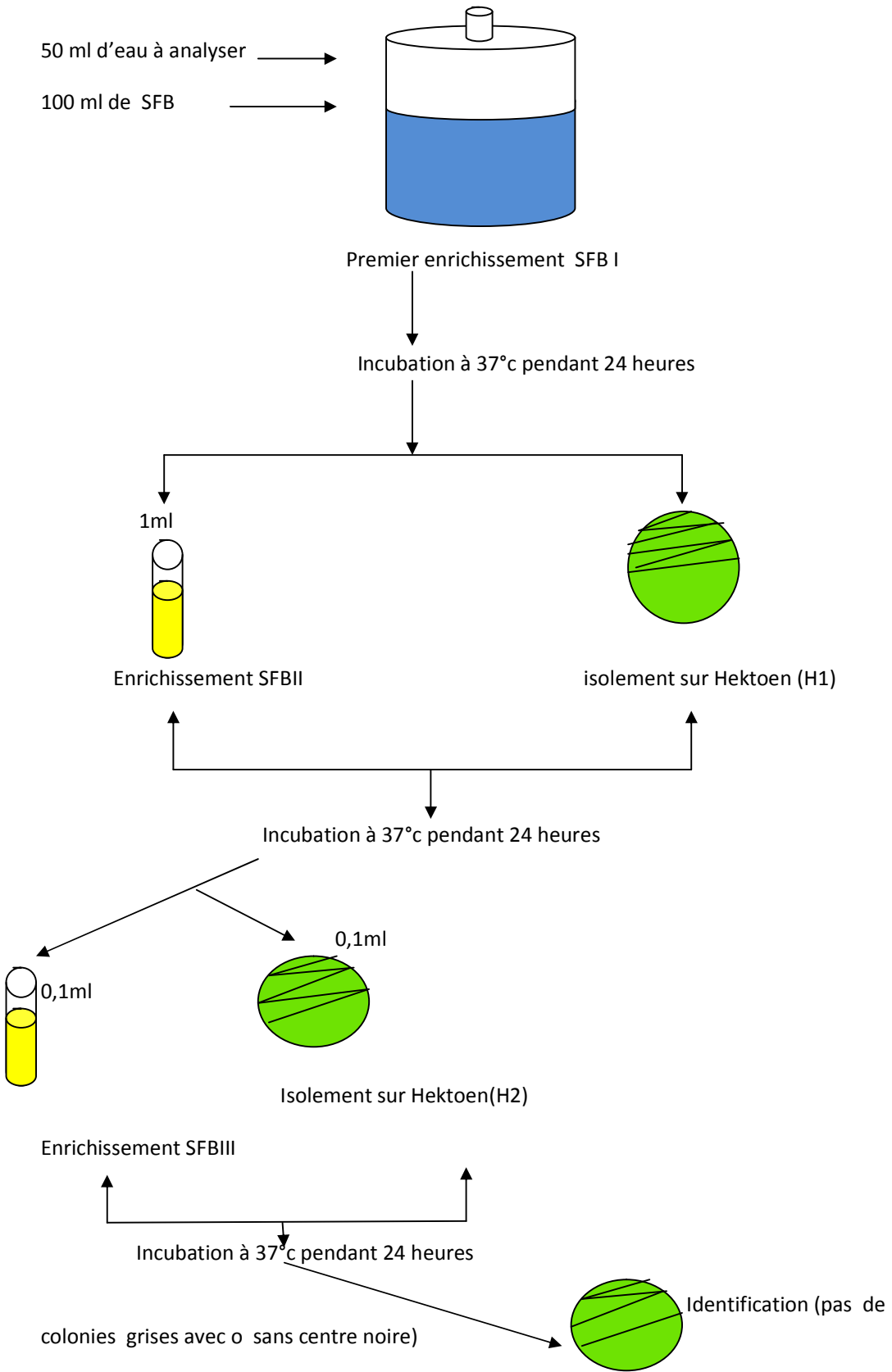
Ajouter 15 ml de gélose VF fondue additionné d'une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium, puis refroidie à 45°C

Laisser solidifier puis incuber à 37°C pendant 16-24 heures

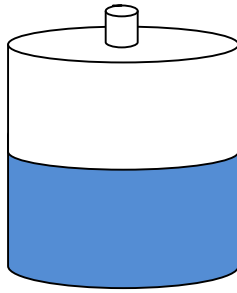


Absence de colonies

### Recherche et démembrement des spores d'ASR

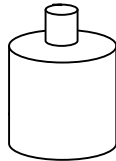


**Recherche des salmonelles**



250 ml d'eau à analyser

Première enrichissement :EPA  
(10 fois concentré)

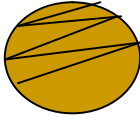


Incubation à 37°C pendant 18 à 24 heures

1ml

Deuxième enrichissement(EPAII)

Isolement sur GNAB1

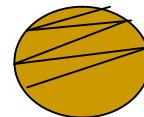


Identification biochimique

(absence des grosses colonies transparentes)



isolement sur GNAB II



Incubation à 37°C

pendant 24 heures

### Recherche des vibrions cholériques

