

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra

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

Spécialité : **Biochimie et Biologie Moléculaire**

Réf:.....

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

Master

Thème

*Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux
dans la station (TIBA DRINKING WATER) dans la région
d'El Oued*

Présenté par :

DOGGA Hanane

Devant le jury:

Président: M^{lle}. ARIGUE Soulef

Promotrice: M^{lle}. BELKHIRI Dalal

Examinatrice : M^{lle}. BEBBA Nadjat

Maître assistante "A" à l'Univ. de Biskra.

Maître assistant "A" à l'Univ. de Biskra.

Maître assistante "A" à l'Univ. de Biskra.

Promotion : Juin 2014

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Au deux être les plus chères au monde, à mes deux bijoux de la vie :

mes chers parents.

A toute ma famille : frères et sœurs de son aide, conseils et ses encouragements.

A tous mes amis

A toute la promotion de biochimie et biologie moléculaire 2014.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer nos vifs remerciements et nos profondes reconnaissances à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de la mémoire.

Je remercie tout particulièrement notre promotrice M^{lle} *BELKHIRI DALAL*, Maître assistant chargé de cours, université M^{ed} *KHEIDER, BISKRA*. Pour l'intérêt scientifique qu'il a porté à ce travail, elle m'a guidé et fait bénéficier de ses précieux conseils, qu'il soit assuré de nos reconnaissances et de notre respect indéfectibles.

Je remercie particulièrement le président du jury ainsi que le membre qui a accepté de juger notre travail, malgré leurs nombreuses obligations.

Je remercie plus particulièrement M. *DRIHEM M^{ed} LARBI*, directeur général de la station « *TIBA DRINKING WATER* », qui toujours orienté, et beaucoup encourage et sur tout aide pour la réalisation de ce travail.

Je remercie toute l'équipe de laboratoire *CHIHABI* pour leur collaboration dans la réalisation de ce travail.

Résumé

Analyses physico-chimiques et bactériologiques d'eau dans la station de dessalement des eaux dans la région d'El Oued (TIBA DRINKING WATER).

Le présent travail a pour but de faire une étude technique d'une station de dessalement, une station qui fonctionne par le procédé d'osmose inverse. La nécessité d'utiliser ce mode de dessalement est la conséquence de la qualité des eaux de consommation de l'agglomération d'El'Oued qui est caractérisée par une forte salinité, cette dernière, influe sur la santé de consommateur, qui est provoquée dans certains cas l'apparition des maladies graves. A partir des résultats d'analyses physico-chimique et bactériologique des eaux traitées a montré que la réalisation de ce type de station a un effet et rendement positif pour les consommateurs, car elle permet d'avoir de l'eau de bonne qualité, douce, et agréable et contenu en teneur des sels conformément à l'organisation mondiale de la santé.

Mot clé : Dessalement, osmose inverse, salinité, santé, analyses physico-chimique et bactériologique.

Summary

Physic-chemical and bacteriological analyses of water in the desalination of water in the region of ElOued (TIBA DRINKING WATER).

The present work has for purpose to make a technical study of a desalination station, a station that functions by the inverse osmosis process. That necessity of used this fashion of desalination is the consequence of the quality of the waters of consumption of the agglomeration of EL-Oued that is characterized by a strong saltiness, this last, influences on consumer's health, which provokes in certain case the apparition of the serious illnesses. From the results of analyses physical-chemical and bacteriological of the treated waters has show that the realization of this type of station has an effect and output positive for the consumers, because it permits to have the water of good quality, soft, and pleasant and contains in content of salts conform to the world organization of health.

Key words: Desalination, inverse osmosis, saltiness, health, physical-chemical and bacteriological analyses.

الملخص

التحليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للماء في محطة طبية لتحلية المياه في منطقة الوادي

الهدف من هذا العمل هو اجراء دراسة تقنية لمحطة مبدأ عملها هو تحلية المياه باستعمال طريقة التناضح العكسي، و هذا راجع لنوعية مياه الشرب في منطقة الوادي حيث تتميز بملوحة عالية، هذه الاخيرة تؤثر على صحة المستهلك حيث تؤدي في بعض الحالات الى ظهور امراض خطيرة . من خلال نتائج التحليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه المعالجة، استنتجنا ان انجاز مثل هذه المحطات له تأثير و مردود ايجابي على المستهلكين لانه يوفر مياه الشرب ذات نوعية جيدة حيث تحتوي على املاح ذات تراكيز معقولة تتوافق مع معايير المنظمة العالمية للصحة.

الكلمات الدالة: تحليه ماء صالح للشرب، التناضح العكسي، الصحة ، ملوحة، التحليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية .

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
---------------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX

I. Le cycle de l'eau	2
I-1. Le cycle naturel.....	2
I-2. Le cycle de l'eau de consommation.....	2
II. Définition de l'eau potable.....	2
III. Les sources d'eau	3
III- 1- Les eaux de surface.....	3
III- 2- Les eaux souterraines.....	3
III- 2-1- Les sources.....	3
III-2-2- Les puits.....	3
III- 2-3- Les galeries d'infiltration.....	3

CHAPITRE II : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

I- Qualité physique de l'eau	4
I-1- La température.....	4
I- 2- Le potentiel d'hydrogène (PH).....	4
I- 3- La conductivité électrique (CE).....	4
II- Qualité chimique de l'eau.....	4
II-1- Les substances chimiques dites indispensables.....	4
II-2- Les substances chimiques dites indésirables.....	6
II-3- Les éléments traces.....	7

CHAPITRE III : L'EAU ET LA SANTE PUBLIQUE

I- Maladies causées par des bactéries.....	8
I-1- Choléra.....	8
I-2- Fièvre typhoïde.....	8
I-3- Les gastro-entérites.....	8
II- Maladies causées à l'excès des sels.....	9
II-1- Fluorose.....	9
II-2- Arsénicisme.....	9
III- Les maladies liées à la carence des sels.....	9

Chapitre IV : LES TECHNIQUES DE DESSALEMENT

I- Le dessalement.....	10
I-1- Définition.....	10
I-2- Expérience Algérienne dans le dessalement.....	10
II- Les techniques de dessalement.....	10
II-1- Conditions de dessalement.....	10

II-2- Procédé membranaire	11
II-2-1- Nano-filtration.....	11
II-2-2- Electrodialyse.....	12
II-2-3- Osmose inverse.....	13

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : MATERIEL ET METHODES

I- Présentation de région d'étude.....	15
I-1- Situation géographique.....	15
I-2- Données climatiques.....	15
I-2-1- Température.....	16
I-2-2- Pluviométries.....	16
I-3- Hydrogéologie de la région.....	16
I-3-1- Nappe du complexe terminal	17
I-3-2- Nappe du continentale intercalaire.....	17
I-3-3- Nappe phréatique.....	18
II- Présentation de station d'étude.....	18
II-1- Généralités.....	18
II-2- Description de la station.....	18
II-2-1- Phase primaire.....	19
II-2-2- Chaine prétraitement.....	19
II-2-3- Phase de traitement.....	20
III- Matériel et méthodes.....	21
III-1- Méthodes d'échantillonnages.....	21
III-2- Méthodes d'analyse.....	22
III-2-1- Analyse physico-chimique.....	22
III-2-2- Analyse bactériologique.....	30

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

I- Analyses physico-chimiques.....	40
I 1- L'eau brute.....	40
I-2- L'eau sortie.....	40
II- Analyses bactériologiques.....	49
II-1- L'eau brut.....	49
II-2- L'eau sortie.....	49

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1 : Les conséquences de la carence des sels	9
Tableau 2 : Paramètres physiques	23
Tableau 3 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute	40
Tableau 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau sortie	41
Tableau 5 : Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau brute	49
Tableau 6 : Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau sortie	49

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Le principe de dessalement par électrodialyse	12
Figure 2 : L'osmose inverse	13
Figure 3 : La membrane	14
Figure 4 : Carte de limite géographique d'El'Oued	15
Figure 5 : Le filtre à neutralité	20
Figure 6 : La stérilisation par l'ultra-violet	20
Figure 7 : Schéma simplifié de la station	21
Figure 8 : pH mètre	23
Figure 9 : Conductimètre	23
Figure 10 : La photométrie	27
Figure 11 : La cuvette	27
Figure 12 : Bec benzène	30
Figure 13 : Bain marie	30
Figure 14 : Étuve	30
Figure 15 : Autoclave	30
Figure 16 : Recherche et dénombrement des germes totaux	32
Figure 17 : Milieu de BCPL (S/C)	33
Figure 18 : Milieu de BCPL (D/C)	33
Figure 19 : Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	35
Figure 20 : Milieu de ROTH (S/C)	36
Figure 21 : Milieu de ROTH (D/C)	36
Figure 22 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	37

Figure 23: Tube contenant 20 ml de gélose (VF) incubé à 37 °C	38
Figure 24 : Résultats mesurés des températures	41
Figure 25 : Résultats mesurés de PH	42
Figure 26 : Résultats mesurés de la conductivité	43
Figure 27 : Résultats mesurés du potassium	43
Figure 28 : Résultats mesurés du calcium	44
Figure 29 : Résultats mesurés du magnésium	45
Figure 30 : Résultats mesurés du chlorure	46
Figure 31 : Résultats mesurés du sulfate	46
Figure 32 : Résultats mesurés du fer	47
Figure 33 : Résultats mesurés du zinc	48
Figure 34 : Résultats mesurés du TAC	48

LISTE DES ABREVIATIONS

% : Pourcent

ml : Millilitre

mmol/l : Millimole par litre

mol/l : Mole par litre

mg/l : Milligramme par litre

µg/l : Microgramme par litre

g/l: Gramme par litre

g : Gramme

m : Mètre

m³/j : Mètre cubique et par jour

m³/an: Mètre cubique et par an

m³/h : Mètre cubique et par heure

km : Kilomètre

km² : Kilomètre carré

Hab/Km² : Habitant par Kilomètre carré

nm : Nanomètre

°C : Degré Celsius

µs/cm : Microsimens par centimètres

°F : Degré Français

Méq/l : Milliéquivalent par litre

NPP : Nombre plus probable

UF : Ultrafiltration

Introduction

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la surface terrestre, et constitue environ les deux tiers (2/3) du corps humain (Araoua, 1997). Les origines des eaux de consommation sont multiples ; eaux de surface, eaux souterraines, ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (Koul et Bassou, 2002). Donc, est-ce que toutes les eaux sont potables et consommables pour l'homme ?

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans la région d'El'Oued, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est liée à la nature chimique de couches géologiques traversées. Cette salinité présente un problème majeur, face à des conditions climatiques défavorables, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisés sont insuffisants et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telles que : le dessalement des eaux saumâtres semble être la solution incontournable (Sasson, 2005).

Le dessalement des eaux saumâtres est un sujet très important actuellement, et de penser à réaliser des unités de dessalement devient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du côté quantitatif ou qualitatif (eau de bonne qualité, douce et agréable).

Notre travail consiste à essayer de voir l'efficacité de dessalement des eaux de la région d'El'Oued par la technique d'osmose inverse, à travers les analyses physico-chimiques et bactériologiques, il contient deux parties:

Partie bibliographique qui renferme les quatre chapitres suivants : généralités sur les eaux, qualité physico-chimique des eaux, l'eau et la santé publique et les techniques de dessalement. La partie expérimentale présentée par deux chapitres: le 1^{er} chapitre exposera la méthodologie adaptée et le 2^{ème} chapitre traite les résultats et les discussions obtenus.

Partie
bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les eaux

I. LE CYCLE DE L'EAU

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et de sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau ne reste pas à un endroit déterminé de la terre mais comme toutes les substances, elle est perpétuel mouvement, ce qu'on appelle le cycle de l'eau est le résultat des transferts incessants entre les différents réservoirs qui constituent l'hydrosphère : océan, atmosphère, lacs, glaciers et roches poreuses (Belierfert et Perraud, 2001).

I.1. Le cycle naturel

Selon Belierfert et Perraud (2001), le cycle naturel de l'eau (cycle hydrologique) est avant tout favorisé par le rayonnement solaire, de matière qualitative, dont l'eau s'évapore dans l'atmosphère à partir des mers et d'autres eaux de surface (par exemple les lacs), mais à partir du sol et des plantes et alors transportée essentiellement sous forme de nuages, elle retourne en suite vers la terre à partir des nuages sous forme de précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers, soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol.

I.2. Le cycle de l'eau de consommation

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine, elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable ou elle subit divers traitements physiques, chimiques et biologiques, rendue potable. Ce cycle subit par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grandes étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution puis la collecte (Koul et Bassou, 2002).

II. DEFINITION DE L'EAU POTABLE

L'eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) la définit comme une eau ayant les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives de l'OMS ou aux normes nationales relatives à la qualité de l'eau de boisson (Jeanne, 2007).

III. LES SOURCES D'EAU

Le cycle de l'eau est lié aux mouvements de l'humidité dans l'atmosphère. L'eau qui tombe s'écoule vers la mer via les rivières ou s'infiltré dans le sol et forme les nappes d'eau souterraine. En fonction même de cette répartition et ainsi à leur accumulation de la population, il est appel soit aux eaux de surface, soit aux eaux souterraines (Leemans, 2002).

III.1. Les eaux de surface

La provision en eau de surface s'effectue par une prise d'eau installée directement dans un lac ou un cours d'eau. Or, en vertu des exigences réglementaires, l'eau de surface doit subir un traitement de filtration et de désinfection avant d'être distribuée par un système de distribution (Caroline, 2012).

III.2. Les eaux souterraines

D'après Caroline (2012), l'eau souterraine captée ne demande pas de traitement de filtration. Par contre, le captage n'est pas étanche est considérée comme étant sous l'influence directe des eaux de surface. La qualité peut aussi être affectée par un contaminant d'origine naturelle ou par une installation située à proximité. Vilaginès (2003) et Bouziani (2000), montrent que les eaux souterraines sont généralement captées soit par des sources, des puits ou des galeries d'infiltration.

III.2.1. Les sources

Il s'agit le plus souvent d'ouvrages en maçonnerie protégés des eaux de ruissellement par des canaux de dérivation des eaux.

III.2.2. Les puits

Un puit est un procédé de captage des eaux d'une nappe phréatique de moyenne profondeur. On distingue plusieurs types de puits : les puits ordinaires, forés, artésiens et les puits foncés ou tubulaires.

III.2.3. Les galeries d'infiltration

Ces galeries trouvent à flanc de coteau, parallèlement à la l'axe de la vallée, dans les terrains alluvionnaires ou peuvent creusées dans la craie, dont le plus connues sont les Foggaras.

Chapitre II

Qualité physico-chimique des
eaux

I. QUALITE PHYSIQUE DE L'EAU

I.1. La température

La température optimale est de 12°C à 15°C. Elle dépend de la nature de la ressource : les eaux souterraines sont fraîches, les eaux de surface ont une température variable entre 2 à 30 °C. La température maximum des eaux brutes est de 25°C (limites de qualités). La valeur guide à partir de laquelle il est nécessaire d'agir pour les eaux douces superficielles est de 22°C (Bordet, 2007).

I.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Bordet (2007), montre que pour l'eau garde un bon goût, le pH doit être entre 6,5 et 8,5, et ne doit pas être agressive ou entartrant, dont l'eau agressive dissout le calcaire et attaque les métaux, et l'eau entartrant dépose du calcaire, et l'acidité est due à la dissolution du gaz carbonique dans l'eau.

I.3. La conductivité électrique (CE)

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, toute eau est plus ou moins conductrice. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, l'existence d'une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité électrique. La conductivité élevée traduit soit une température élevée, soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites. Les normes fixent la conductivité entre 200 et 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Rodier, 1984).

II. QUALITE CHIMIQUE DE L'EAU

II.1. Les substances chimiques dites indispensables

Ce sont des substances dont la présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil :

II.1.1. Potassium (K^+)

La concentration maximale admissible de 12 mg/l, et sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas 10 à 15 mg/l. Le potassium à faibles doses ne présente pas de risque, mais l'excès du potassium dans le corps humain provoque une hyperkaliémie (Rodier, 1984).

II.1.2. Calcium (Ca^{++})

Composant majeure de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium, les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium présentent de nombreux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation chaudières (l'installation de chauffage) (Rodier, 1984).

II.1.3. Magnésium (Mg^{++})

Rodier (1984), montre que le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue 2.1%, dont la concentration maximale admissible est 50 mg/l et à partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau, s'ils ne provoquent pas des phénomènes toxiques, les sels de magnésium et surtout les sulfates ont un effet laxatif à partir de 400 à 500 mg/l (taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates).

II.1.4. Chlorure (Cl^-)

Les teneurs en chlorure dans l'eau sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés, dont une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium et considère comme un gros inconvénient, généralement la teneur en chlorure des eaux ne dépasse pas 250 mg/l (Rodier, 1984 et Bouziani, 2000).

II.1.5. Sodium (Na^+)

D'après Rodier (1984), la concentration du sodium dans l'eau varie d'une région du globale à une autre. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium devient saumâtre et prennent un goût désagréable.

II.1.6. Sulfate (SO_4^{--})

Les concentrations en sulfates sont de l'ordre de 250 mg/l selon la norme d'OMS, leur présence résulte de la légère dissolution de sulfate de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfates dans les roches (pyrites), des matières organiques par l'origine animale (Rodier, 1984).

II.2. Les substances chimiques dites indésirables

Leur présence dans l'eau est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil. Plusieurs éléments sont indispensables à l'organisme humain à faible dose (Bouziani, 2000).

II.2.1. Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritif soluble dans l'eau, toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrite...etc.) sont susceptible s'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Selon les normes d'OMS, toutes les eaux destinées à la consommation humaine devant avoir une teneur en nitrate sont voisines ou inférieure à 50 mg/l. Si l'existence des nitrates à des doses inférieures à la norme d'OMS dans l'eau donne une saveur agréable en laissant une sensation de fraîcheur. Par contre leur excès n'a pas d'effet toxique direct (sauf à doses très élevées) les faits qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduits à une toxicité indirecte provoquant chez nourrissons, une cyanose liée à la formation méthémoglobine (Rodier, 1984).

II.2.2. Nitrite (NO_2^-)

D'après Rodier (1984), les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles, les nitrites sont la forme intermédiaire entre l'azote ammoniacal et les nitrates car ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction de nitrate sous l'influence d'une action dénitrifiant. Pour la norme d'OMS, les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau boisson, sont des doses inférieures à 1 mg/l, et une eau renferment une quantité élevée des nitrites (supérieur à 1 mg/l) est considérée chimiquement impure.

II.2.3. Fluor (F^-)

Le fluor élément le plus électronégatif et par suite oxydant le plus puissant à la chimie. On considère généralement qu'une faible teneur en fluor dans l'eau (0.4 à 1 mg/l) est favorable à la formation de l'émail dentaire et protège les dents contre la carie, des doses supérieures à 1 mg/l risquent de faire apparaître des taches sur l'émail dentaire (fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes des dents (Bouziani, 2000).

II.2.4. Hydrocarbure

Sont des substances qui surnagent à la surface de l'eau sous forme d'un film superficiel, ils peuvent être également émulsionnés dans l'eau ou adhérer aux particules en suspension dans le cas de contamination de réservoir d'eau par les hydrocarbures, les modifications du goût et de l'odeur de l'eau peuvent persister longtemps, rendant cette eau inutilisables durant de longues périodes. La concentration maximale admissible a été réduite à 1 µg/l (Bouziani, 2000).

II.2.5. Fer (F⁺⁺)

C'est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air. Le fer est un élément ne représentant aucun inconvénient pour l'organisme humaine, il peut, cependant à certain concentration (excès), présenter des désagréments à la consommation (saveur) et au ménager (tache de rouille sur la ligne), les normes de l'OMS retiennent la valeur limite de 0.3 mg/l de fer dans l'eau de boisson (Bouziani, 2000).

II.3. Les éléments traces

Les éléments traces présents dans l'eau comme :

II.3.1. Plomb (Pb)

Est un métal très présent dans notre environnement quotidien. A ce titre, il est susceptible d'être retrouvé dans l'eau potable. En raison des effets néfastes qu'il est susceptible d'engendrer sur la santé, la concentration en plomb dans l'eau potable est contrôlée. Les normes fixent à 0.05 mg/l (Davizac et al, 2008).

II.3.2. Zinc (Zn⁺⁺)

Le zinc est une substance très commune qui est présente naturellement. L'eau potable contient une certaine quantité de zinc, qui peut être plus élevé lorsque l'eau est stockée dans des réservoirs en métal. Le zinc est un élément qui est essentiel pour la santé de l'homme. Le niveau de zinc dans l'eau peut atteindre des niveaux qui peuvent causer des problèmes de santé à cause des rejets industriels et des lieux de déchets, les normes fixent sa concentration maximale à 5 mg/l toxiques (www.lenntech.fr).

Chapitre III

L'eau et la sante publique

I. MALADIES CAUSEES PAR DES BACTERIES

Généralement il existe deux types de bactéries dans l'eau; des bactéries « banales » autotrophes vivant grâce aux éléments présents dans les eaux conformément à leurs types trophiques, et des bactéries « pathogènes » dont la présence est accidentelle et qui vivent au détriment des mammifères (Vilaginès, 2003). On peut citer quelques maladies causées par les bactéries :

I.1. Choléra

Vilaginès (2003), montre qu'en 2000, 254580 cas de choléra ont été recensés dans le monde. Donc le choléra est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse. Elle s'accompagne de vomissement et des douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en l'absence de réhydratation et d'antibiothérapie.

I.2. Fièvre typhoïde

Est une infection bactérienne causée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales. Les symptômes sont des maux de tête, des nausées et l'anorexie. Chaque année, près de douze millions de personnes sont infectées par la typhoïde (Vilaginès, 2003 et Sasson, 2005).

I.3. Les gastro-entérites

Selon Aroua (1997), les gastro-entérites peuvent être dues à de nombreux germes pathogènes transmis par l'eau ou par les aliments souillés et qui déterminent les diarrhées, des intoxications. Chez les nourrissons, les gastro-entériques sont dues à des germes variés et peuvent donner surtout en période de chaleur, des complications comme la neurotoxicoïse responsable de nombreux décès.

II. MALADIES CAUSEES A L'EXCES DES SELS

II.1. Fluorose

La fluorose est une condition anormale causée par une prise excessive de fluore, comme de l'eau potable fluorée, caractérisée principalement par des tâches sur les dents. Dont un niveau modéré d'exposition chronique (supérieur à 1.5 mg/l d'eau) est assez courante (Kettab, 1992). D'après le même auteur, une ingestion à long terme de grandes quantités peut mener à des problèmes squelettiques potentiellement graves (fluorose squelettique) comme : *l'ostéopéotrose* (hyper calcification), et *l'ostéoporose* (décalcification des tissus osseux).

II.2. Arsénicisme

Est une maladie chronique résultant de la consommation d'eau contenant des niveaux élevés en arsenic sur une longue période (5 à 20 ans). Elle est également connue comme empoisonnement à l'arsenic. L'OMS recommande une limite de 0.01 mg/l d'arsenic dans l'eau potable. Des millions de personnes courent un risque d'arsénicisme parce qu'elle utilise des points d'eau (essentiellement naturels) contaminés par l'arsenic n'ont pas accès à une autre source d'eau salubre ou ignorent les risques qu'elles courent (Sasson, 2005).

III. LES MALADIES LIEES A LA CARENCE DES SELS

En outre, le manque de sel génère différentes maladies telles que :

Tableau 1 : Les conséquences de la carence des sels (François, 2008).

Elément	Symptôme de carence	Conséquences
Magnésium	Confusion ; désorientation ; nervosité ; propension à la colère.	Maladie cardiaque, troubles de la prostate, acidité gastrique et lésion de coronaire avec de trouble du rythme.
Sodium	Perte de l'appétit de volume musculaire ; gaz intestinal.	Déshydratation et fièvre.
Potassium	Peau sèche ; constipation ; acné.	Acné, éthyliste allergies et brûlures coliques.
Fer	Anémie ; gêne respiratoire ; constipation.	Anémie et perte de sang.

Chapitre IV

Les techniques de dessalement

I. LE DESSALEMENT

I.1. Définition

L'Algérie à l'instar d'autre pays est confrontée à la problématique de l'eau. Beaucoup d'efforts ont été consentis pour juguler cet épineux problème qui freine le développement socio-économique du pays. Néanmoins le manque et la rareté des pluies ainsi que leur fréquence disparate et irrégulière pénalisent la politique hydraulique entreprise par l'état qui est surtout axée sur la mobilisation de ces ressources naturelles par voie de captage. L'eau est obtenue à partir ces ressources, est caractérisée par des fortes salinités. Donc, l'Algérie dispose de ressources en eau très limitées, ce déficit fait que l'Algérie est classée 14^{ème} pays manquant le plus d'eau et qu'en 2025, elle sera démographie oblige, classe à la 6^{ème} place, déjà que l'Algérien consomme uniquement 55 m³ par an. Comme l'Algérie dispose d'un littoral de 1200 Km, aussi l'une des solutions consiste à dessaler de l'eau (Kehal, 2000).

Quelle a été la politique mise en œuvre par l'Algérie dans ce domaine ?

I.2. Expérience Algérienne dans le dessalement

L'expérience Algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et toute particulièrement de l'industrie pétroliers et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant. Néanmoins une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellal dans la wilayat de Biskra (sud-est Algérien). En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. Il y a également quelque installation qui est destinées, principalement dans le sud, à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine (Kehal, 2000).

II. LES TECHNIQUES DE DESSALEMENT DES EAUX

II.1. Conditions des techniques

Selon Bessenasse (2006), les techniques de dessalement des eaux nécessitent la présence des conditions telque:

- ✓ Salinité de l'eau à traiter : eaux de mer ou eaux saumâtre.
- ✓ Salinité de l'eau produite : eau destinée à la consommation humaine (selon la tolérance des habitants) ou eau de haute pureté pour l'industrie.
- ✓ Caractéristiques physiques de l'eau (turbidité, matières en suspension) qui peuvent en particulier dans le cas de l'osmose inverse, imposer un prétraitement très complexe si l'eau est très polluée ou au contraire l'absence de prétraitement si l'on a une eau très propre (cas de sous-marins en haute mer).
- ✓ Composition chimique de l'eau à traiter dans le cas des eaux saumâtres (dureté, teneur en sulfates).
- ✓ Degré d'automatisation et de contrôle.
- ✓ Source d'énergie disponible.
- ✓ Taille de l'unité.

II.2. Procédé membranaire

Arzate (2008), montre que le rôle de membrane est arrêter le passage de certain espèces et laisser passer autre, dont les principaux procédés à membranes utilisés dans le domaine du dessalement sont :

II.2.1. Nano-filtration

La nano-filtration est un procédé de séparation dont la force motrice est la pression exercée sur le liquide, les espèces concernées par la nano-filtration ont des tailles proches à celle de la molécule d'eau. Des molécules et des ions sont souvent partiellement retenus par ces membranes. Plus que toutes les autres membranes, ces membranes présentent des mécanismes de sélectivité mixtes basés à la fois sur la charge et sur la taille des molécules. Elles permettent donc des séparations entre ions et petites molécules sur la base de leur taille. Les tailles des pores étant petites, les pressions nécessaires sont plus élevées qu'en ultrafiltration et les flux sont en général modérés. Les applications de la nano-filtration sont développées dans le domaine du traitement de l'eau et du traitement de certains fluides biologiques (Arzate, 2008).

II.2.2. Electrodialyse

• Définition

Il s'agit d'une méthode de séparation électrochimique, basée sur la propriété qu'ont les ions à aller toujours vers la polarité inverse de leur charge électrique, le but de l'opération est d'extraire les sels d'une solution (Maalej et Bouguecha, 2002).

• Principe

On dispose alternativement dans l'eau à dessaler, des membranes sélectives anionique et cationique, et on fait passer un courant continu, les ions vont aller dans les sens conformes à cette propriété, traversent les membranes de leur nature et sont arrêtés par les autres, on obtient ainsi des zones où l'eau est pratiquement désionisée séparées par des zones de saumures. Ce procédé a été surtout amélioré et développé dans les années 70, il est d'un emploi facile, même la dépoliarisation est aisée, il suffit d'inverser le sens des électrodes, on l'utilise parfois en amont des échangeurs d'ions dans les installations industrielles. Il est même utilisé pour l'eau de mer (Maalej et Bouguecha, 2002).

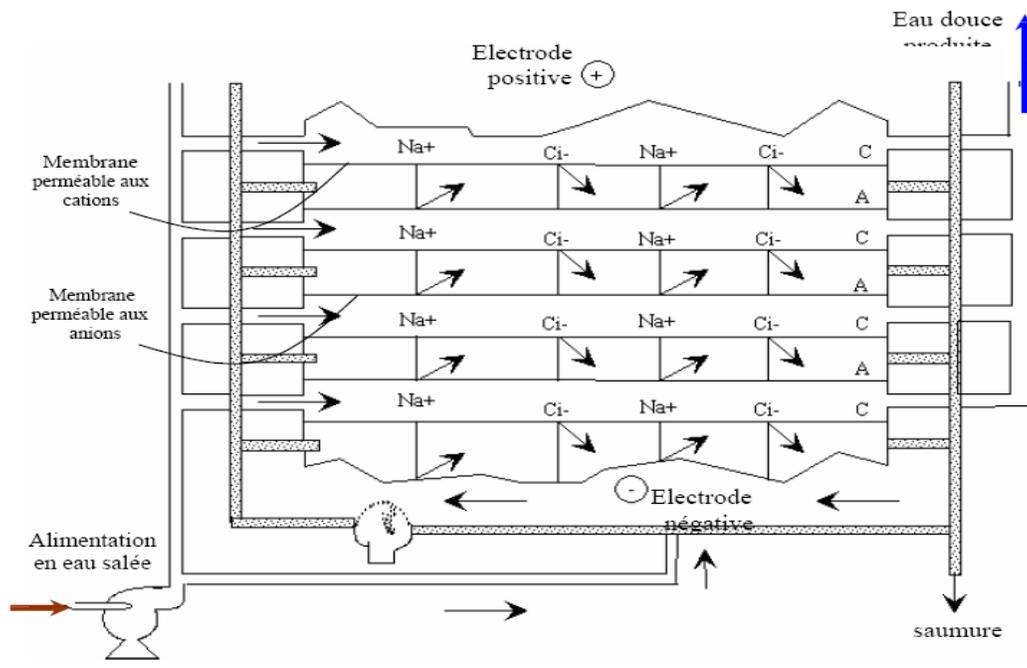


Figure 1: Le principe de dessalement par électrodialyse (Maalej et Bouguecha, 2002).

II.2.3. Osmose inverse

- **Définition**

L'osmose est un phénomène physique qui signifie que lorsque deux solutions des concentrations différentes, sont séparées par une membrane semi perméable, l'eau de la concentration la plus faible va vers la solution la plus forte en vue d'équilibrer les deux solutions et ce jusqu'à une pression donnée dite pression osmotique. Si la solution concentrée est soumise à une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau va alors de la solution concentrée vers la solution la plus faible, à la limite de concentration nulle (Maalej et Bouguecha, 2002).

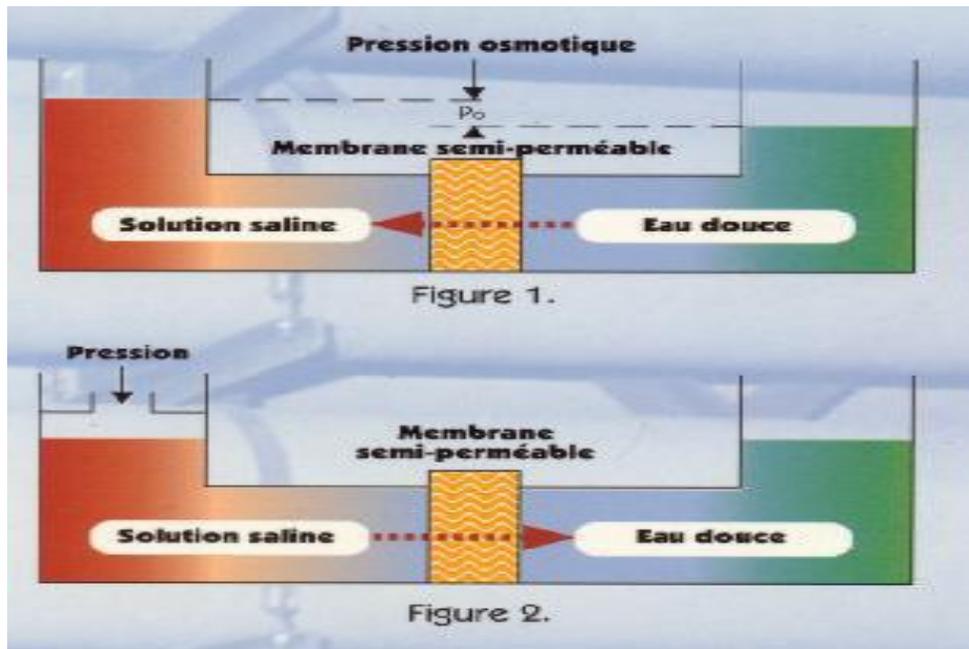


Figure 2: L'osmose inverse (Maalej et Bouguecha, 2002).

• **La membrane**

Selon Arzate (2008), une membrane est le plus souvent fabriquée en acétate de cellulose ou en polymère de synthèse, et une barrière de quelques centaines de nanomètres à quelque millimètre d'épaisseur, sélective, qui sous l'effet d'une force de transfert, va permettre ou interdire, le passage de certains composants entre deux milieux qu'elle sépare. La membrane est dense et le mécanisme est une solubilisation puis une diffusion dans le matériau membranaire.

• **Principe**

L'osmose est basée sur l'équilibre de concentration d'espèces entre deux milieux séparés par une membrane semi-perméable. Sans la présence de membrane, les solutés se transportent par diffusion (et éventuellement convection naturelle), de façon à obtenir un seul milieu homogène avec une concentration uniforme. Mais avec une membrane, les solutés ne peuvent changer de milieu et c'est donc le solvant qui traverse la solution diluée vers la solution concentrée (Arzate, 2008).

D'après le même auteur, la différence de concentration est ainsi réduite, mais une différence de pression de part et d'autre de la membrane est aussi créée, ceci jusqu'à l'atteinte d'un équilibre. Lorsqu'il n'y a plus de mouvement de flux à travers la membrane et qu'il y a une différence de concentration entre les deux côtés de la membrane, la pression correspondante est la pression osmotique. Il apparaît donc que cette pression osmotique dépend bien sûr du milieu solvant/soluté et de la différence de concentration.

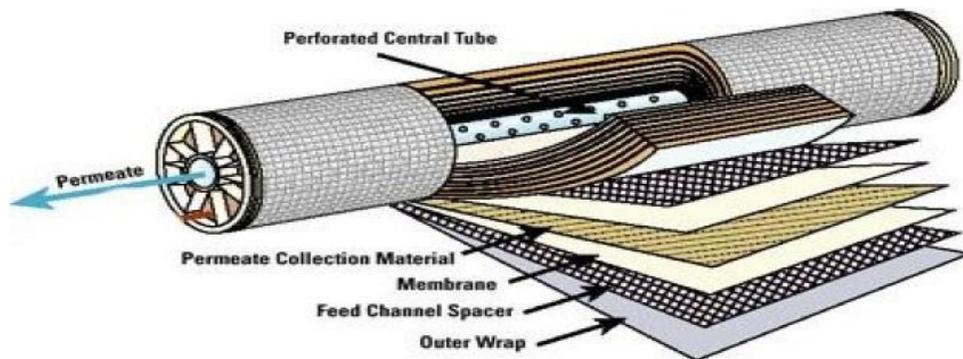


Figure 3: La membrane (Berland et Juery, 2002).

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1. Situation géographique

Le Souf vient du nom berbère désignant rivière ou Oued. La wilayat d'El'Oued est située au nord-est du Sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 445 868 Km² avec une population plus de 500 000 habitants donnant ainsi une densité de 12 hab/Km². A l'origine, la principale activité des habitants de la région était l'agriculture et le commerce (<http://www.aluadesouf.canalblog.com>).

El'Oued est l'une des Oasises du sud-est Algérien à 700 Km de la capital, elle est limitée par les wilayets suivantes (Fig. 4) : au nord par les wilayets de Biskra, Khenchela et Tébessa, au nord-ouest par la wilayat de Djelfa, par la wilayat d'Ouargla au sud et par la frontière tunisienne au l'est (<http://www.aluadesouf.canalblog.com>).

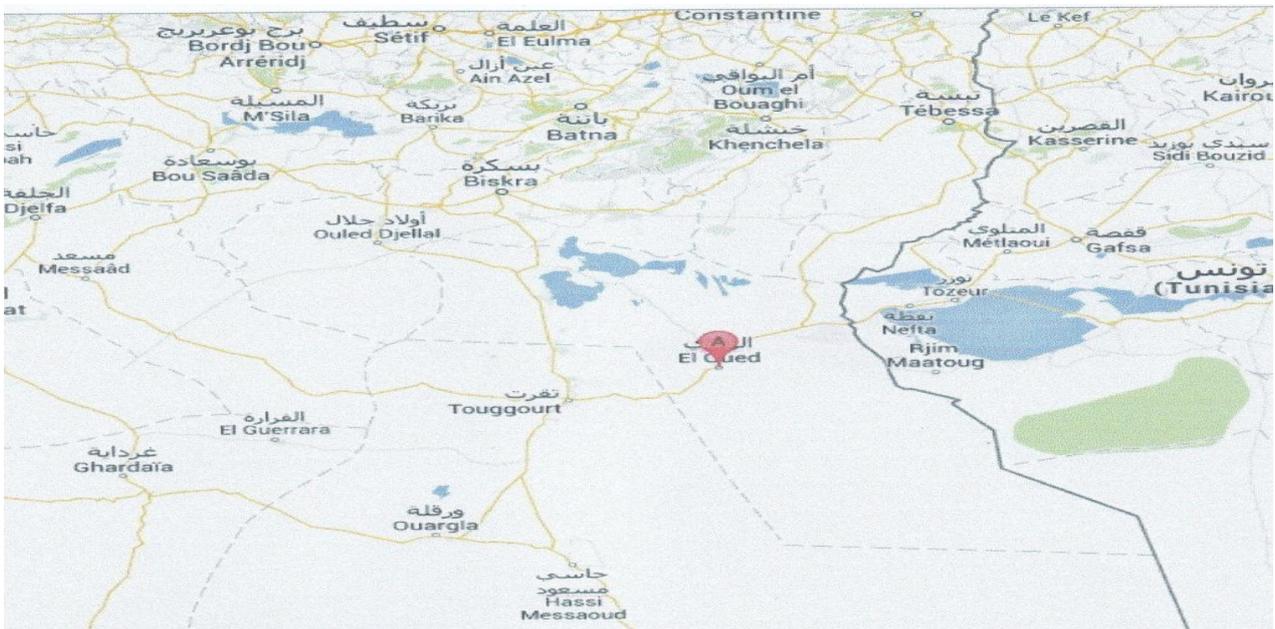


Figure 4 : Carte de limite géographique d'El'Oued (www.Google Earth, 2014).

I.2. Données climatiques

Le climat de région d'El'Oued est de type saharien, caractérisée par un été chaud et un hiver doux et ainsi par la faiblesse des ses précipitations et irrégularité. Les principales contraintes climatique restent la fréquence régulière des vents et leur violence connus sous le nom de chhili (sirocco) ainsi que des vents des sables durant les printemps (<http://www.aluadesouf.canalblog.com>).

D'après le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (Annexe 1), la région d'El'Oued est caractérisée par une période sèche s'étale sur toute l'année.

I.2.1. Températures

La température est l'un des facteurs climatique la plus importants, c'est elle qu'il faut examiner tant premier lieu pour voir l'action climatique sur les êtres vivants (<http://www.aluadesouf.canalblog.com>). La température élevée conduisent à augmentation sensible de l'amplitude thermique, favorisent une intense évaporation (Khadraoui, 2011).

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 22,71 °C, dont la température la plus élevée est notée au moins le plus chaud ; juillet, avec 34.1°C et la température la plus basse est enregistrée au mois le plus froid ; décembre 11.5 °C (Annexe 2).

I.2.2. Pluviométries

Les origines de la précipitation dans les régions saharienne sont inhérentes aux saisons. Dont l'analyse pluviométrique de la région révéler qu'il y a une irrégularité des précipitations moyenne mensuelle (<http://www.aluadesouf.canalblog.com>).

D'après l'annexe 2, les précipitations les plus importantes sont enregistrées aux mois novembre. Par contre, elles sont nulles aux mois de février, mai, juin et juillet et septembre.

I.3. Hydrogéologique de la région

D'après les études effectuées et les coupes de sondages et de forage réalisées dans la région du Souf, nous distingue trois nappes : la nappe du complexe terminal, la nappe du continental intercalaire et la nappe phréatique (Khadraoui, 2010).

I.3.1. Nappes du complexe terminal

Dans l'aquifère complexe terminal, il existe deux nappes suivantes :

I.3.1.1. Nappe de sable

Au sein de ce niveau sableux, viennent s'engendrer deux nappes captives dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal, elle constituée par des sables à grains peu grossier et faisant partie du miocène dont la profondeur peut atteindre à 280 m. La deuxième nappe des sables d'Age Pontien (Eocène supérieure), constituée par des formations sableuses fortement perméables et captées à une profondeur variant entre 400 et 480 m (Khadraoui, 2010).

L'écoulement des eaux dans ces dernières nappes se fait sud-ouest vers le nord-est (autrement dit vers la zone des Chotts). Cette nappe caractérisée par une température comprise entre 20 à 26 °C et débit égale à 89231295 m³/an (Khadraoui, 2010).

I.3.1.2. Nappe de calcaire

Les forages profonds passant par cette nappe montrent qu'elle se situe dans les formations calcaires de l'Eocène inférieur d'une profondeur variant entre 500 et 800 m, mais vu sa faible perméabilité et un taux élevée de salinité de ses eaux, cette nappe ne présente aucun intérêt hydrogéologique (Khadraoui, 2010).

I.3.2. Nappe du continentale intercalaire

Le continentale intercalaire appelée aussi Albien, occupe l'intervalle stratigraphique entre la base de trias et le sommet de l'Albien. Cet horizon aquifère est constitué essentiellement par des sables gréseux avec des intercalations argileuses, sa profondeur varie entre 1600 et 1800 m (Khadraoui, 2010).

Selon le même auteur, les eaux du continentale intercalaire sont caractérisées par : une température qui dépasse les 60 °C sauf certains endroits, une charge en H₂S et CO₂ qui lui donne un caractère corrosif et la minéralisation de l'eau oscille entre 1 à 2 g/l de résidu sec et peut atteindre 5 g/l.

I.3.3. Nappes phréatique

Les nappes phréatique présent dans toute l'étendue du Souf correspond essentiellement à la partie supérieures des formations quaternaire, d'une profondeur moyenne de 50 m et constituée essentiellement par des formations sableuses, à grains fin intercalées par des tufs ou lentilles d'argiles sableuses à gypseuses. Ce type facilite le phénomène d'infiltration et le processus de rencontre capillaire (Khelef, 2006).

Selon le même auteur, le caractère dunaire très perméabilités, la faible profondeur ainsi que les propriétés physico-chimiques, cette nappe captée par plus de 15000 puits alésiens et reste une source d'eau d'irrigation très sollicitée pour le fellah soufi.

La nappe phréatique dans la région est principalement alimentée par les eaux utilisées par la population : l'excès des eaux d'irrigation et les rejets des eaux usées (industrielles et domestique), et la source absolue de ces dernières sont des nappes profondes du complexe terminal et continentale intercalaire et exceptionnellement par les pluies (Khelef, 2006).

II. PRESENTATION DE LA STATION D'ETUDE

II.1. Généralités

La station de dessalement de TIBA DRINKING WATER a été mise en service en 2005 pour satisfaire les besoins en l'eau potable de la région d'El'Oued, basée sur le principe d'osmose inverse. Après une année de service la station a pu réaliser un succès remarquable en produisant et fournissant une quantité d'eau douce importante de l'ordre de 13 m³/h pour la population et l'industrie (fabrication des parfums). Ce succès est le résultat d'une bonne gestion de cet ouvrage, par des techniciens de suivi qui ont remonté le défi et surmonté les difficultés rencontrées durant les premiers mois d'exploitation (Anonyme, 2005).

II.2. Description de la station

Dans ce qui suit, nous allons voir les composantes d'une station d'osmose inverse « TIBA DRINKING WATER EL-OUED » et les différentes étapes à suivre dans le traitement des eaux.

II.2.1. Phase primaire

II.2.1.1. Forage : le puit d'eau réalisé dans la nappe phréatique et extraction d'eau de forage qui se situe à 230 m de profondeur (Anonyme, 2005).

II.2.1.2. Dessablage : le dessablage a pour but d'élimination les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans canaux et conduites, ainsi pour protéger les pompes et autre appareils contre l'abrasion et éviter de surcharger les stades des traitements ultérieurs en particulier les réactions biologiques. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage (Anonyme, 2005).

II.2.1.3. Stockage : l'eau brute déposée dans des réservoirs spéciaux pour le stabiliser. Les réservoirs d'eau de station fabriqués du polyéthylène se caractérisent par des spécificités de qualité supérieure pour faire face aux besoins du consommatoire (Anonyme, 2005).

II.2.2. Chaîne prétraitement

D'après Kamel et Chheibi (2000), le prétraitement à une importance prédominante tant en ce qui concerne les qualités physico-chimiques, organiques et microbiologiques de l'eau a dessalé. Dès son arrivée à l'entrée de la station, l'eau subit une aération intensive pour oxyder le fer et le magnésium et le transformer en hydroxyde. L'eau brute traverse l'appareil turbidimètre pour mesure la turbidité de l'eau.

Dont la chaîne de prétraitement se compose (Labbi et *al*, 2013):

II.2.2.1. Filtres à sable : ce sont des filtres qui retiennent les matières en suspension, ils sont équipés d'un mécanisme d'auto nettoyage pilote par un moteur électrique.

II.2.2.2. Ultrafiltration : dans ce procédé, la membrane est constituée de milliers de fibres très fines, rassemblées à l'intérieur d'une gaine rigide. Les parois de chacune de ces fibres sont percées d'une multitude de pores microscopiques dont la taille est de l'ordre de 0.01 micromètre. L'ultrafiltration permet d'éliminer toutes les particules en suspension, les bactéries et les virus, ainsi que les plus grosses molécules organiques par lavage inverse dans le canal.

II.2.3. Phase de traitement : le traitement qui comporte 02 phases :

II.2.3.1. Stabilisation : la stabilisation consiste à faire passer l'eau à travers un filtre contenant un lit de granulés de carbonate de calcium et de magnésium (neutralité). L'objectif de la neutralisation est de modifier la position de l'équilibre calco-carbonique de l'eau afin de réduire son agressivité et d'obtenir une eau légèrement entartrant (stabilisation de pH et absorption de CO_2) (Anonyme, 2005).

II.2.3.2. Stérilisation : finalement, l'ajout de chlore détruit les dernières bactéries et maintient une bonne qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations. L'eau est ainsi désinfectée. Après les stérilisations, l'eau stockée dans les réservoirs, mais les réservoirs constituent un maillon privilégié de sédimentation des dépôts et par la même une zone à tant risque pour la dégradation de la qualité de l'eau, leur nettoyage doit être donc fréquent. Cette opération se fait d'une façon périodique tous les 15 jours par l'eau de javel.

En fin, avant la sortie de l'eau il faut mesure son pH et aussi la traiter par eau de javel de concentration faible 0.2 mg/l. la direction de la prévention sanitaire à exiger la javellisation de l'eau produite avant distribuer (Anonyme, 2005).



Figure 5 : Le filtre à neutralité.

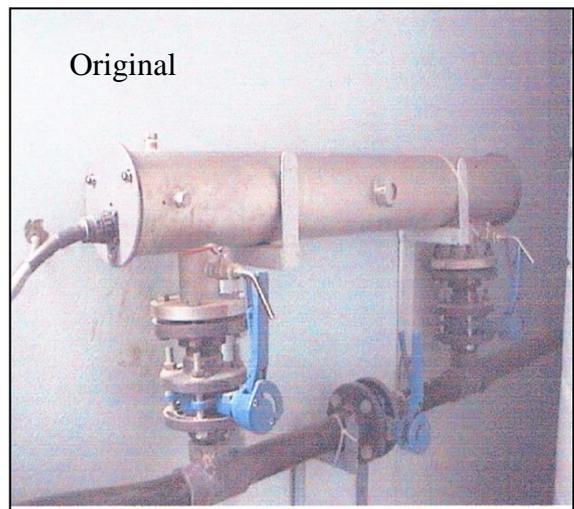


Figure 6 : La stérilisation par l'ultra-violet.

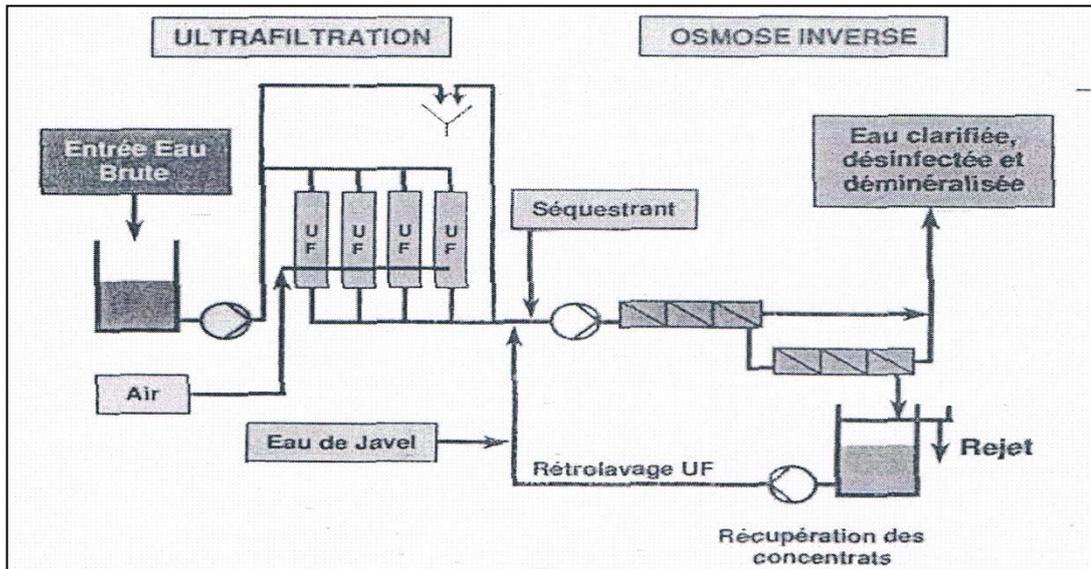


Figure 7: Schéma simplifié de la station (Anonyme, 2005).

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Méthodes d'échantillonnages

Le prélèvement de l'échantillon d'eau est une opération délicate, l'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Dans le cas de prélèvement à un robinet, si le but est contrôler la qualité de l'eau et l'efficacité de la station. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes (Guelil et al, 2010).

Dans la station, il existe deux points possible pour faire le prélèvement sont : *eau brute* et *eau sortie* (eau traitée subit à la stérilisation et la javellisation). Les prélèvements sont manuels, dont les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre ou en polyéthylène, selon l'élément à analyser (Guelil et al, 2010):

➤ Pour analyser les éléments minéraux on a utilisé : 01 flacon d'un litre en polyéthylène et 01 flacon de 250 ml en verre. Ces flacons ont été traités à l'acide chlorhydrique (50%), rincés avec de l'eau du robinet puis avec de l'eau distillée, égouttés, fermés sans être séchés.

➤ Pour les analyses bactériologiques, on a utilisé des flacons en verre blanc de 100 ml, stérilisés dans l'autoclave à 120°C pendant 30 minutes. Au moment du prélèvement de l'échantillon, il est nécessaire de flamber le robinet avec un pistolet à flamme avant de l'ouvrir avec un maximum de débit pour éliminer l'eau stagnante.

Ensuite les flacons sont remplis rapidement mais pas jusqu'au bord, et cela pour permettre une meilleure homogénéisation de l'échantillon. Après le prélèvement, les échantillons sont transportés dans une glacière à une température de 4°C, à l'abri de la lumière. Les analyses bactériologiques devront commencées moins de six heures après le prélèvement (Rodier, 2005).

Tout prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle, on note : origine de l'eau, la date et l'heure de prélèvement et température de l'eau (Rodier, 2009).

III.2. Méthodes d'analyse

Les échantillons de prélèvement ont été placés dans une glacière puis transportés en moins de 24 heures au laboratoire CHIHABI qui a commencé à travailler dans le 04/03/2007 El'Oued.

III.2.1. Analyse physico-chimique

III.2.1.1. Physiques

III.2.1.1.1. Mesure de la température

• **Principe** : La mesure de la température est à effectuer sur le terrain. Cette dernière mesure doit s'accompagner des précautions habituelles en évitant le rayonnement direct du soleil et l'influence de la chaleur dégagée par l'opérateur (Rodier, 2005).

• **Mode opératoire** : La température a été mesurée au même moment et au même endroit que pour les prélèvements d'eau à l'aide d'un thermomètre en respectant les précautions décrites (Rodier, 2005).

III.2.1.1.2. Mesure du potentiel hydrogène (pH)

On plonge l'électrode du pH-mètre après étalonnage dans un Erlenmeyer contenant l'eau à analyser. Les valeurs de pH s'affichent directement sur l'appareil (Bahtoun et Boucheriet, 2009).

III.2.1.1.3. Mesure de la conductivité

On plonge l'électrode de conductimètre après étalonnage dans un Erlenmeyer contenant l'eau à analyser. La lecture de la conductivité se fait directement sur l'appareil, les résultats ont été exprimés en « $\mu\text{s}/\text{cm}$ » (Bahtoun et Boucheriet, 2009).

Tableau 2 : Paramètres physiques (Bahtoun et Boucheriet , 2009).

Paramètre	Principe	Mode opératoire
Ph	C'est un logarithme négatif qui mesure la concentration en ions hydronium qui existent dans la solution.	- Rincer l'élément de mesure (l'électrode) à plusieurs reprises avec l'eau distillée.
Conductivité	C'est l'aptitude d'un corps ou d'une substance de laisser passer un courant électrique. Donne une idée sur la concentration en sels existants.	- Sécher avec papier propre. - Rincer l'électrode avec l'eau à examiner. - Effectue ensuite les mesures dans les appareils.



Figure 8: pH mètre.



Figure 9: Conductimètre.

III.2.1.2. Chimique

III.2.1.2.1. Analyses volumétrique

III.2.1.2.1.1. Chlorure

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier, 2005).

• **Mode opératoire** : La mesure des chlorures a été effectuée par la méthode volumétrique (selon la méthode de Mohr). On titré 100 ml d'eau à analyser dans bicher additionné 2 gouttes de chromate de potassium K_2CrO_4 10% sur l'appareil agitateur avec le nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0.1N. Jusqu'à obtenir une coloration brune rougeâtre. La concentration de chlorure sera calculée selon l'équation suivante (Rejsek, 2002):

$$[Cl^-] \text{ (mg/l)} = V_{AgNO_3} \times C_{AgNO_3} \times F \times M_{Cl} / PE \quad \text{Formule 1}$$

Où: V_{AgNO_3} est le volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour une concentration donnée.

C_{AgNO_3} est la concentration molaire d' $AgNO_3$ (0.1N).

F est le facteur de concentration de titre d' $AgNO_3 = 1 / V_{AgNO_3}$.

M_{Cl} est la masse molaire du chlorure.

PE est la prise d'essai.

III.2.1.2.1.2. Calcium (Ca^{2+})

• **Principe** : Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A (éthylène diamine tétracétique) à pH compris entre 12 et 13. L'E.D.T.A réagi tout d'abord avec les ions des calciums libres, puis avec les ions calciums combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet. La fin de réaction, lorsque tout le calcium est complexé avec l'EDTA, est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu clair (Rodier, 2005).

• **Mode opératoire** : Mettre une prise d'essai eau 10 ml dans un erlen de 250 ml et ajouter 2 ml de NaOH (2 mol/l) et environ 0.2 g de HSN ($C_{12}H_{14}N_2O_7S$ acide calcane carboxylique : acide [hydroxy-2-(hydroxyl 2-sulfo-4-naphtyl- azo-1)-1naphtalène carboxylique]). Dans les cas où le pH reste inférieur à 12, ajouter la quantité de NaOH nécessaire pour amener le pH à 12. Doser immédiatement avec la solution d'EDTA (0.00838 mol/l) en mélangeant, quand la couleur devient nettement bleue. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout goutte à goutte supplémentaire d'EDTA, et noter le volume versé (Rejsek, 2002).

• **Expression des résultats** : Pour une prise d'essai de 10 ml la teneur en calcium est égale à :

$$[Ca^{2+}] \text{ (mmol/l)} = 1000 \times C_{EDTA} \times V_{EDTA} / V_{eau} \quad \text{Formule 2}$$

Où: C_{EDTA} est la concentration molaire de la solution d'EDTA.

V_{EDTA} est le volume en ml de chute de burette.

V_{eau} est le volume en ml de la prise d'essai.

$$[Ca^{2+}] \text{ (°F)} = [Ca^{2+}] \text{ (mmol/l)} \times 10$$

$$[Ca^{2+}] \text{ (mg/l)} = [Ca^{2+}] \text{ (°F)} \times 4$$

III.2.1.2.1.3. Magnésium (Mg^{2+})

• **Principe** : Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA, ce dosage se fait en présence de Noir Eriochrome T (NET). L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleue (Rodier, 2005).

• **Mode opératoire** : A 10 ml d'eau à analyser, sont ajouté du 2 ml de NH_4OH à 34%, puis 4 gouttes Noir Eriochrome T (NET 0.4 %) et titrer avec l'EDTA (0.00838 mol/l) jusqu'au virage «Bleue» puis notée «V» (Rejsek, 2002).

• **Expression des résultats**: Pour une prise d'essai de 10 ml la teneur en magnésium est égale:

$$[Mg^{2+}] \text{ (mmol/l)} = 1000 \times C_{EDTA} \times V_{EDTA} / V_{eau} \quad \text{Formule 3}$$

Où : C_{EDTA} est la concentration molaire de la solution d'EDTA.

V_{EDTA} est le volume en ml de chute de burette.

V_{eau} est le volume en ml de la prise d'essai.

$$[Mg^{2+}] (^{\circ}F) = [Mg^{2+}] (mmol/l) \times 10$$

$$[Mg^{2+}] (mg/l) = [Mg^{2+}] (^{\circ}F) \times 2.43$$

❖ **Par les titrages :**

III.2.1.2.1.4. Carbonates et bicarbonates

• **L'alcalinité :** On a déterminé les deux types Titre Alcalimétrique Complète (TAC) et Titre Alcalimétrique (TA) (Rejsek, 2002):

• **Principe :** Ces terminaisons sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rejsek, 2002).

• **Mode opératoire :**

Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.3.

○ **Détermination de TA :** Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche et ajouter 1 à 2 gouttes de phénolphtaléine. Si aucune coloration rose n'est obtenue (Rejsek, 2002).

○ **Détermination de TAC :** On ajoute 0.24 ml de Hcl (0.0973 N) au 100 ml d'eau jusqu'au pH= 4.5 qui déterminé à l'aide d'électrode du pH mètre (Rejsek, 2002).

• **Expression des résultats :**

$$\text{Alcalinité total (mmol/l)} = 1000 \times V_{Hcl} \times C_{Hcl} / V_{eau} \quad \text{Formule 4}$$

Où : V_{Hcl} est le volume de Hcl nécessaire pour une concentration donnée

C_{Hcl} est le Concentration molaire de Hcl.

V_{eau} est le Volume en ml de la prise d'essai.

$$\text{TAC (F}^{\circ}) = \text{TAC (mmol/l)} \times 5$$

$$[HCO_3^-] (mg/l) = \text{TAC (mEq/l)} \times 61$$

III.2.1.2.2. Analyses photométriques

• **Principe de photométrie** : Très utilisée pour analyses des eaux potables, la méthode de mesure photométrique se base sur les notions susmentionnées : la couleur d'une substance est déterminée par un procédé d'absorption et d'émission de rayonnements électromagnétiques. L'ion à mesurer contenu dans l'eau réagit sous l'action d'une ou d'autres substances (réactifs) par une formation de couleur. L'intensité de cette coloration est directement liée à la concentration de la substance (l'ion) mesurée. La quantité du rayonnement absorbée, appelée absorbance, est donnée par la loi de Beer-Lambert :

$$\text{Absorbance } A = - \log I_0/I$$

Où : I_0 est l'intensité incidente du faisceau lumineux.

I est l'intensité transmise du faisceau lumineux (après absorption).

L'absorbance se définit alors comme : $A = \epsilon \lambda \times C \times d$

$\epsilon \lambda$ est le coefficient d'extinction molaire de la substance à la longueur d'onde fixe.

C est la concentration molaire de la substance.

d est la distance optique parcourue par le faisceau lumineux à travers l'échantillon.

Le photomètre mesure l'intensité lumineuse après le passage du faisceau lumineux à travers la cuvette de mesure (Anonyme, 2002).



Figure 10: La photométrie.

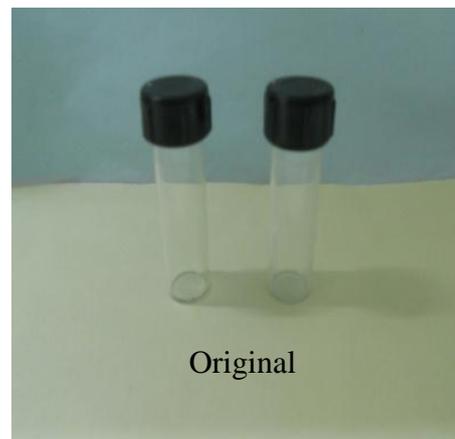


Figure 11: La cuvette.

III.2.1.2.2.1. Fer (Fe^{2+})

• **Principe** : Pour les eaux traitées. La réaction entre le fer et réactif provoque une coloration orange de l'échantillon (Anonyme, 2008).

• **Mode opératoire** : D'après l'annexe 3, remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et bouchez, puis placez cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet. Appuyer sur la touche 0 et lorsque l'instrument indique zéro, il est prêt pour la mesure. Ôtez la cuvette et ajoutez un sachet de réactif poudre codé (HI 93721-0), puis replacez le bouchon et agitez jusqu'à dissolution complète. Insérez la cuvette dans l'instrument et utilisez longueur d'onde de 525 nm avec gamme large (0 à 5 mg/l), puis appuyez sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 3 minutes suivi de l'affichage suivi de l'affichage la concentration (Anonyme, 2008)

III.2.1.2.2.2. Potassium (K^+)

• **Principe** : Adaptation de la méthode par la turbidité au tetraphénylborate. La réaction entre le potassium et les réactifs provoque un trouble dans l'échantillon (Anonyme, 2008).

• **Mode opératoire** : Selon l'Anonyme (2008), sélectionnez la méthode Potassium, versez 10 ml d'échantillon dans une cuvette. Ajoutez 6 gouttes de réactif potassium codé (solution HI 93750A-0) bouchez et mélanger délicatement, et placer la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet. Appuyer sur la touche 0, lorsque l'instrument indique zéro, il est prêt pour la mesure. Otez la cuvette et ajouter un sachet de réactif poudre codé (HI93750B-0) bouchez et mélanger très délicatement pendant 1 minute. Replacez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet et utilisez longueur d'onde de 610 nm avec gamme large (20 à 200 mg/l) mais l'eau filtré utilisé gamme basse (0 à 20 mg/l), appuyez sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 2 minutes suivi de l'affichage la concentration (Annexe 4).

III.2.1.2.2.3. Sulfate (SO_4^{-})

• **Principe** : Les sulfates sont précipités avec des cristaux de chlorures de barium. On mesure l'absorbance de lumière (Anonyme, 2008).

• **Mode opératoire** : Sélectionnez la méthode Sulfate et remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et bouchez, placer la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet (Annexe 5). Appuyer sur la touche zéro, lorsque l'instrument affichera 0 et il est prêt pour la mesure. Otez la cuvette, ajoutez le contenu d'un sachet de réactif codé (HI93751-0) bouchez et agitez délicatement pendant 1 minute. Insérez la cuvette dans la cellule de mesure et fermer le clapet et utilisez longueur d'onde de 466 nm avec gamme (0 à 150 mg/l), appuyez sur la touche TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 5 minutes suivi de l'affichage de la concentration (Anonyme, 2008).

III.2.1.2.2.4. Zinc (Zn^{2+})

• **Principe** : Adaptation de méthode par le zinc, la réaction entre le zinc et les réactifs provoque une coloration orange-vert-violet de l'échantillon (Anonyme, 2008).

• **Mode opératoire** : Sélectionnez la méthode zinc et remplissez une cylindre gradué jusqu'à la marque 20 ml, et ajoutez le contenu d'un sachet de réactif codé (HI 93731A-0). Bouchez le cylindre et mélangez jusqu'à dissolution complète des réactifs, versez 10 ml de cette solution dans une cuvette et bouchez. Placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet, puis appuyer sur la touche zéro, lorsque l'instrument indique 0 et il est prêt pour la mesure (Annexe 6). Otez la cuvette et ajoutez 0.5 ml de réactif cyclohexanone codé (HI93731B-0) et mélangez pendant 15 secondes, placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet puis utilisez longueur d'onde de 575 nm avec gamme (0 à 3 mg/l). Appuyer sur TIMER, l'instrument affiche un chronomètre de 3 minutes et 30 secondes, le résultat est affiché de la concentration (Anonyme, 2008).

III.2.2. Analyse bactériologique

L'analyse microbiologique est un outil complémentaire de l'enquête sanitaire, elle permet de mettre en évidence la pollution de l'eau et favorise également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement.

Les matériels utilisés dans ces mesures :



Figure 12: Bec benzène



Figure 13: Bain marie



Figure 14: Étuve



Figure 15: Autoclave

III.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Il s'agit d'un dénombrement des germes aérobies mésophiles se développent sur un milieu ordinaire, comme la gélose tryptophane glycose à l'extrait de levure (TGEA).

- **Préparation des dilutions** : On prélève dans un flacon 10 ml de l'eau à analyser que l'on place, dans un tube à essai à l'aide d'une pipette stérile. On prélève du tube contenant l'eau à analyser 1 ml que l'on place dans un des tubes contenant les 9 ml de l'eau distillée, on homogénéise la solution, puis on prélève 1 ml de ce tube pour le mettre dans un troisième tube.

- **Mode opératoire** : A partir de l'eau à analyser, en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} à 10^{-3} dans des tubes d'eau distillée, puis porter 1 ml dans des boîtes de Pétri vides stériles. Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 14 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie. Faire ensuite des mouvements circulaires pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

- **Incubation** : Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 72 heures.

- **Lecture** : Elle se fait après 24 heures et 48 heures. Le dénombrement sera fait sur les boîtes Pétri contenant plus 30 à 300 colonies (Lebres et *al*, 1998).

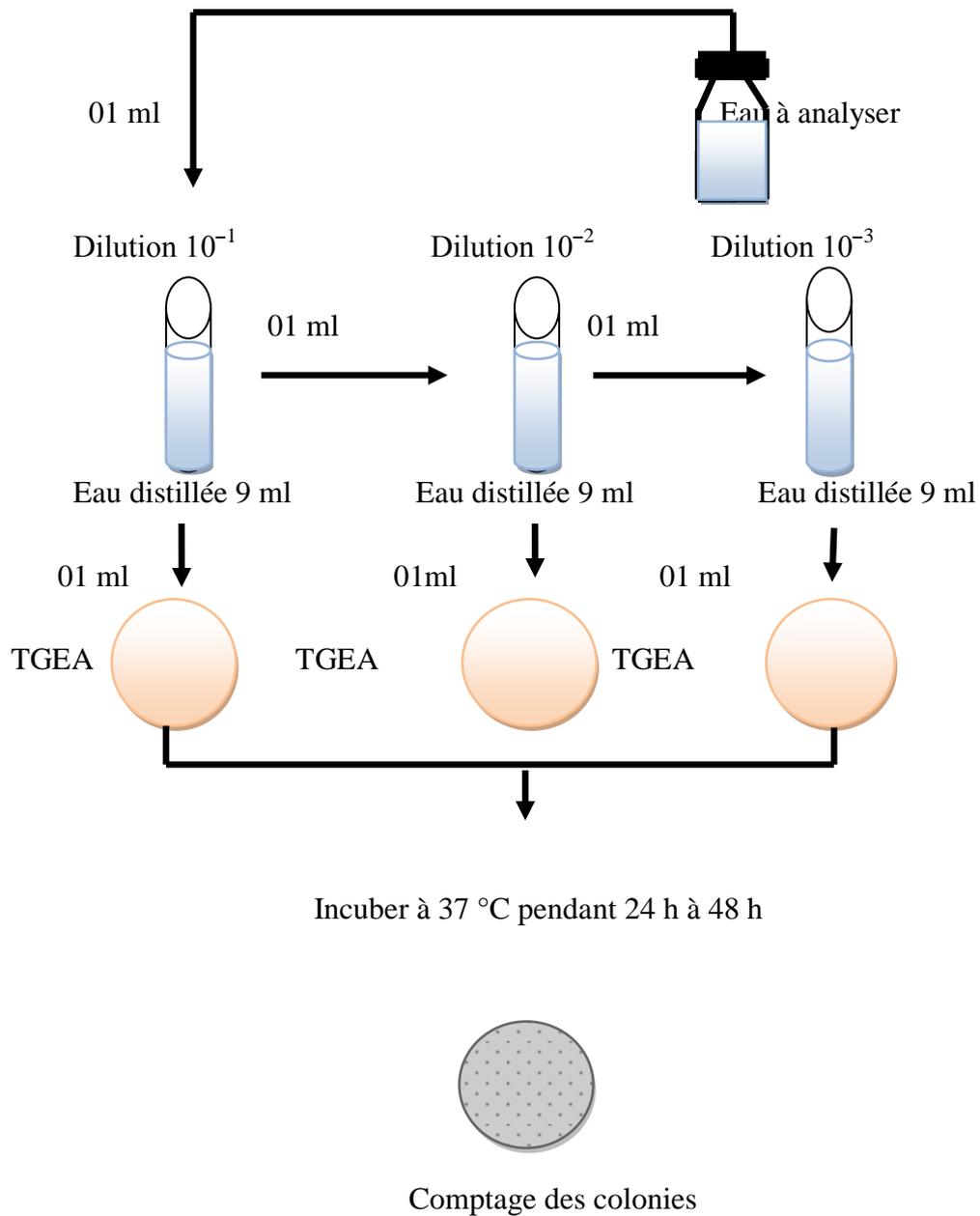


Figure 16: Recherche et dénombrement des germes totaux.

III.2.2.2. Recherche et dénombrement des Coliforme totaux et fécaux

La colimétrie consiste à déceler et à dénombrer les germes Coliformes totaux et parmi eux les Coliformes fécaux (*E.choli*), dont seule l'origine fécale est certaine. Il comporte 2 temps :

III.2.2.2.1. La recherche présomptive des Coliformes

Le milieu utilisé milieu liquide de bouillon lactosé au pourpre de bromocresol (BCPL) (Fig., 17et18), avec cloches de Durham pour déceler le dégagement de gaz dans le milieu (Annexe 7).



Figure 17: Milieu de BCPL (S/C).



Figure 18 : Milieu de BCPL (D/C).

- **Ensemencement** : on fait comme suit :

- 1 flacon de 50 ml de BCPL à double concentration avec 50 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration avec 0.1 ml d'eau à analyser.

- **Incubation:** Pendant 24 heures à 48 heures à 37 °C.

- **La lecture** : Tous les tubes présentent un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche considère comme positifs, c'est-à-dire contenant des Coliformes totaux. Noter les

tubes positifs dans chaque série et se reporter aux tables du nombre le plus probable (NPP) pour obtenir le nombre des Coliformes totaux présents dans 100 ml.

III.2.2.2.2. La recherche confirmative de Coliformes

A partir de chaque bouillon BCPL positif, en semence 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche de Durham.

- **Incubation** : à 44 °C et placé dans l'Étuve, après 24 heures d'incubation tous les tubes présentant un anneau rouge en surface (réaction indole positive) et du gaz dans la cloche après addition de réactifs d'Erlich Kovacs, sont considérés comme positifs c'est-à-dire comme contenant des Coliformes fécaux (*E choli*) dans 100 ml d'eau.

Le nombre des Coliformes fécaux se reporter aux tables NNP à partir le nombre de tube positif dans chaque série (Mouffok, 2001).

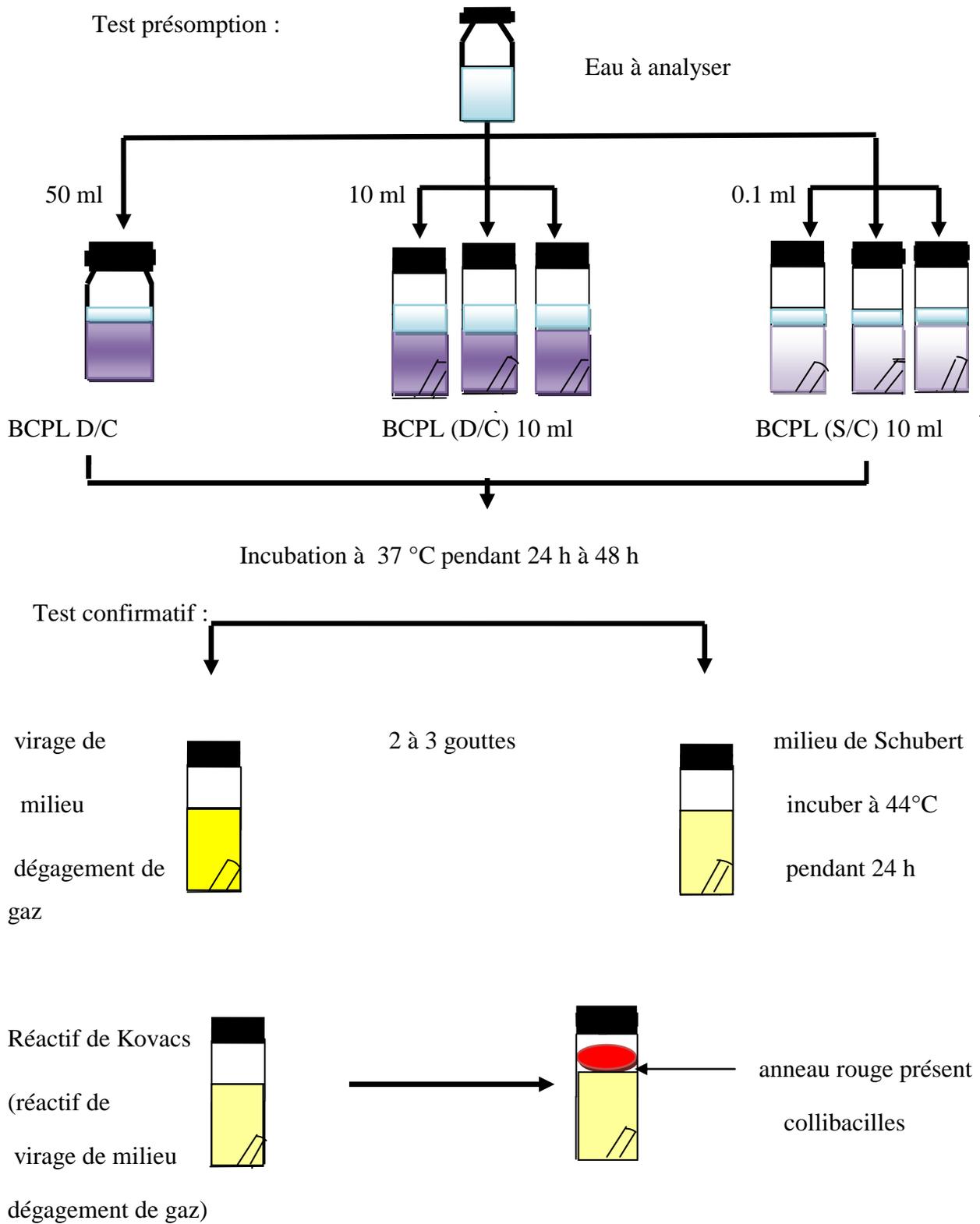


Figure 19: Recherche et Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.

III.2.2.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Ces Streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tout ont un habitat fécal.

III.2.2.3.1. Test présomption : La recherche se fait en bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Roth) (Annexe 7).



Figure 20: Milieu de ROTH (S/C).



Figure 21: Milieu de ROTH (D/C).

• **Ensemencement** : ce fait comme suit :

- 1 flacon contenant 50 ml de bouillon de Roth double concentration avec 50 ml d'eau.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth double concentration avec 10 ml d'eau.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth simple concentration avec 10 ml d'eau.

• **Incubation** : à 37 °C et placé dans l'Étuve.

• **La lecture** : se fait après 48 heures d'incubation.

Les tubes présentant une louche microbienne seront considérés comme pouvant contenir un Streptocoque fécal, il est obligatoirement soumis au test confirmatif.

III.2.2.3.2. Test confirmatif : A partir des tubes de bouillon de Roth positifs, ensemencement 2 à 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet ou acide de sodium (EVA ou listky).

- **Incubation :** à 37 °C pendant 24 heures.

Les tubes présentant une culture et la présence dans le fond des tubes d'une pastille blanche, seront considérés comme positifs. Noter le nombre des tubes positifs dans chaque série, et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre des streptocoques fécaux dans l'eau (Mouffok, 2001) (Annexe7).

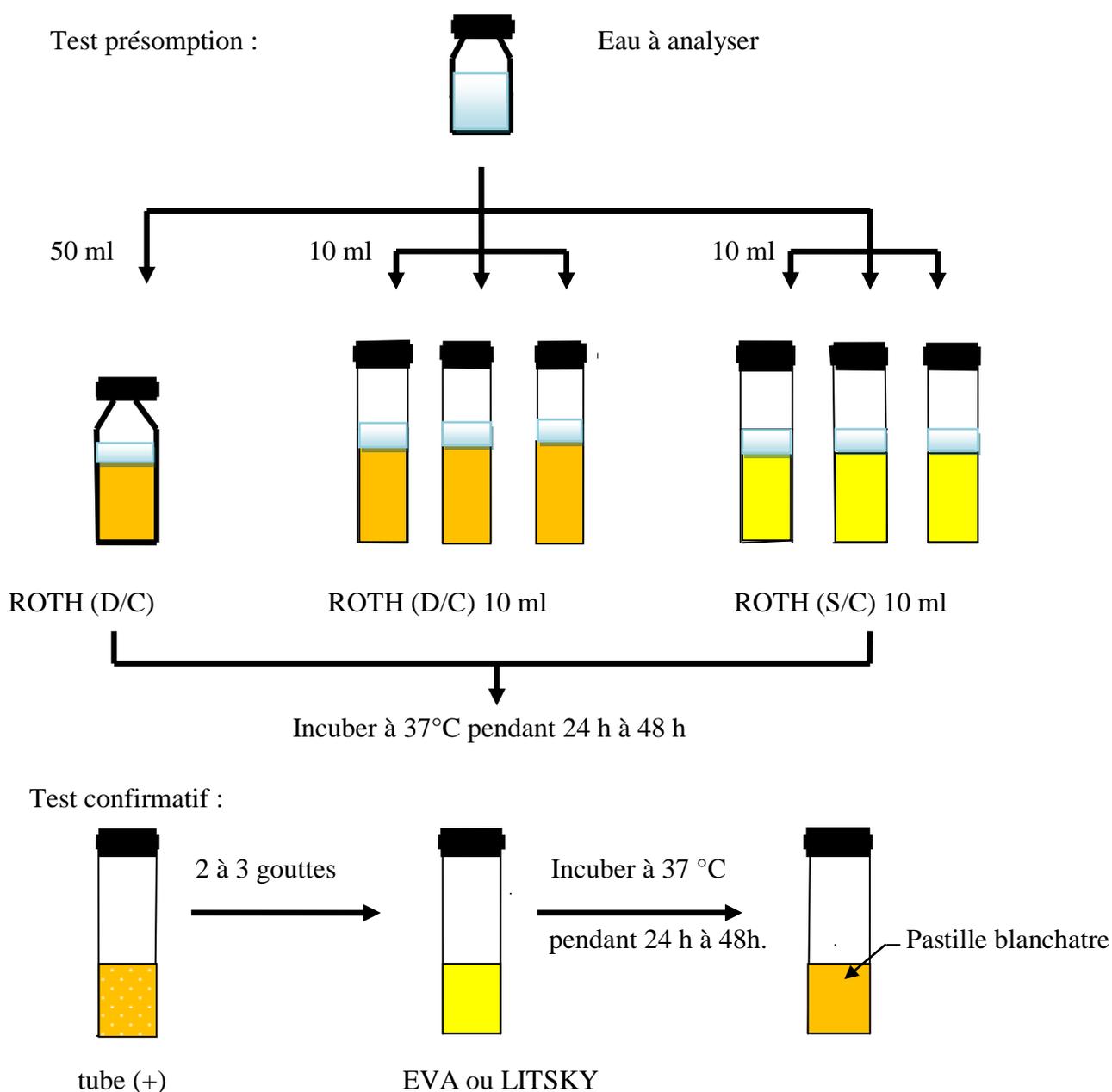


Figure 22: Recherche et Dénombrement des Streptocoques fécaux.

III.2.2.4. Recherche et dénombrement des spores de Clostridium Sulfite-Reducteur

• **Méthode par incorporation en gélose:** Dans un flacon de 200 ml de gélose viande foie fondu eau bain-marie bouillant ajouter :

- Une ampoule de sulfite de sodium (5 ml d'une solution stérile a 5%).
- Une ampoule d'alun de fer ammoniacal (2 ml d'une solution stérile a 5%).

Agiter soigneusement le prélèvement : mettre 25 ml d'eau à analyser dans 1 tube et porter 5 à 10 minutes à 80 °C, toutes les formes végétatives seront éliminées, il ne restera que les spores :

- Refroidir rapidement.
- Placer au bain marie bouillant 4 tubes contenant chacun 20 ml de gélose viande- foie (VF).
- Refroidir à 55 °C, ajoutera chacun de ces 4 tubes 5 ml d'échantillon.
- Agiter et mélanger sans introduire de l'air.
- Refroidir à l'eau du robinet.
- Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures et placé dans l'étuve.



Figure 23: Tube contenant 20 ml de gélose (VF) incubé à 37 °C.

• **La lecture et expression des résultats** : les colonies présumées de *Clostridium Sulfo-réducteur* sont entourées d'une auréole noire. Procéder à une lecture de la lente main car une diffusion des halos en présence de nombreuses colonies noire uniforme du tube. Le résultat est exprimé en nombre de spore par 100 ml. Il est indispensable de procéder à une lecture dès la 24 heures, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible aux 48 heures. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture et si la colonie est petite, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes (Mouffok, 2001).

Chapitre II

Résultats et discussions

Ce chapitre présente et discute les résultats obtenus lors de notre stage ; des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux échantillons analysés. Les valeurs trouvées sont comparées avec les normes et la réglementation en vigueur puis elles sont jugées du point de vue de conformité. Les causes de fluctuation des résultats et l'impact des conditions et des facteurs conditionnant la qualité de l'eau sont avancés.

I. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

I.1. L'eau brute

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats globaux obtenus par les analyses physico-chimiques de l'eau brute.

Tableau 3: Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute.

Les paramètres		mg/l
Cations	Ca ⁺⁺	509.50
	Mg ⁺⁺	65.16
	K ⁺	185
Anions	Cl ⁻	519.39
	SO ₄ ⁻⁻	1600
	CO ₃ ⁻⁻	00
	HCO ₃ ⁻	79.53
Les éléments traces	Fe ⁺⁺	0.06
	Zn ⁺⁺	0.71
Physiques	pH	7.5
	Température °C	24.3
	Conductivité électrique à 25°C (ms/cm)	4.23
Autre paramètres	TA (F°)	00
	TAC (F°)	6.51

I.2. L'eau sortie (filtrée)

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau sortie sont représentés par le tableau 4:

Tableau 4: Résultats d’analyses physico-chimiques de l’eau sortie.

Les paramètres		mg/l
Cations	Ca ⁺⁺	31.84
	Mg ⁺⁺	7.83
	K ⁺	1.5
Anions	Cl ⁻	48.65
	SO ₄ ⁻⁻	100
	CO ₃ ⁻⁻	00
	HCO ₃ ⁻	14.24
Les éléments traces	Fe ⁺⁺	0.01
	Zn ⁺⁺	0.26
Physiques	pH	7.10
	Température °C	21.6
	Conductivité électrique à 25°C (ms/cm)	0.44
Autre paramètres	TA (F°)	00
	TAC (F°)	1.16

➤ **La température**

D’après les tableaux 3, 4 et la figure 24, on constate que toutes les températures mesurées conformes aux normes (25°C), avec une petite différence entre l’eau brute et traité. Il faut noter que la température est considérablement affectée par les saisons de l’année (état météorologique) ainsi que l’heure de prélèvement.

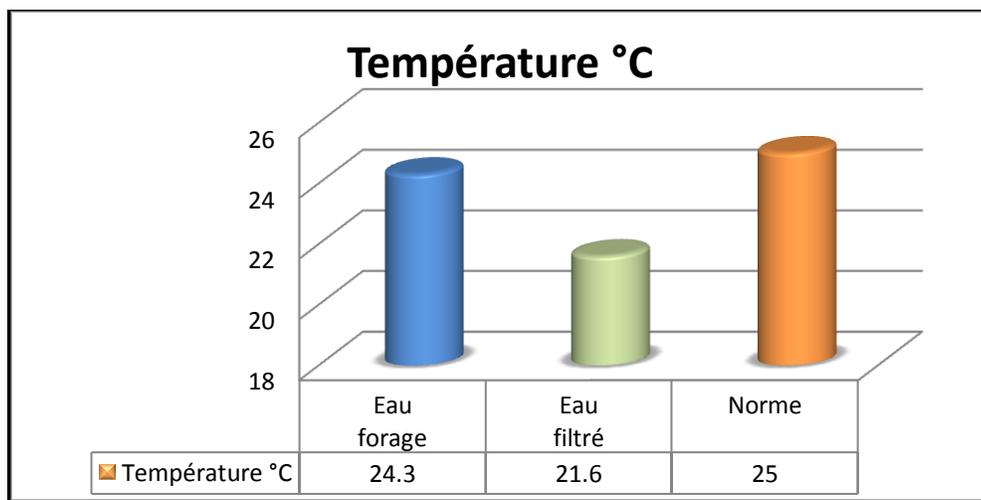


Figure 24 : Résultats mesurés des températures.

➤ **Le pH**

Les valeurs du pH de l'eau brute et l'eau filtré conforme aux normes de l'OMS. Il varie entre 7.10 et 7.5 (Tab., 3, 4 et Fig., 25).

Le pH des eaux naturelles est lie à la nature des terrains traversés, il est 8.5. Les eaux très calcaire ont un pH élevé et celle provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelque fois un peu inferieur (Rodier, 2005).

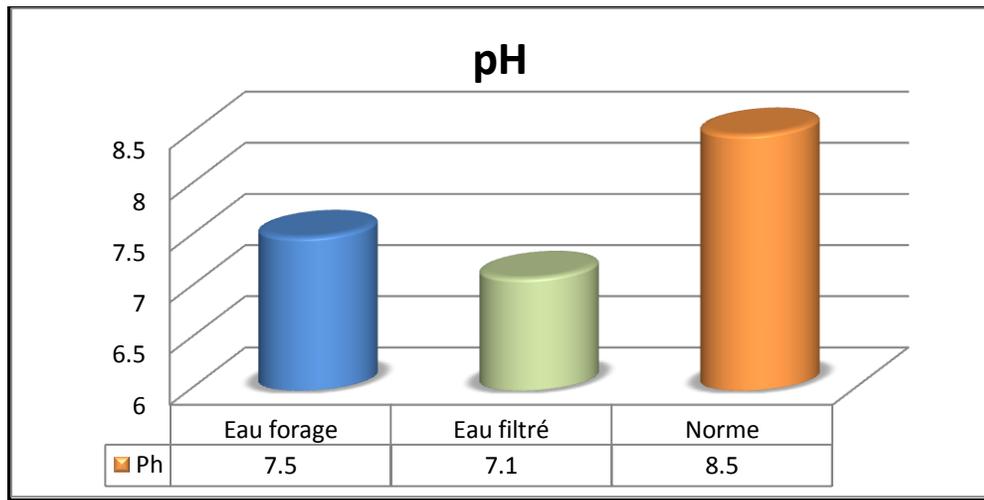


Figure 25 : Résultats mesurés de pH.

➤ **La conductivité électrique**

D'après le tableau 3 et la figure 26, l'eau brute présente une conductivité électrique très élevée (4230 $\mu\text{s}/\text{cm}$) supérieur aux normes des l'OMS (1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Mais la conductivité électrique de l'eau filtré (440 $\mu\text{s}/\text{cm}$) faible par rapport aux normes (Tab., 4 et Fig., 26). Peut-être elle est due à la concentration des substances minérales dissoutes. Donc la conductivité est proportionnelle au degré de la minéralisation (Rodier, 2005).

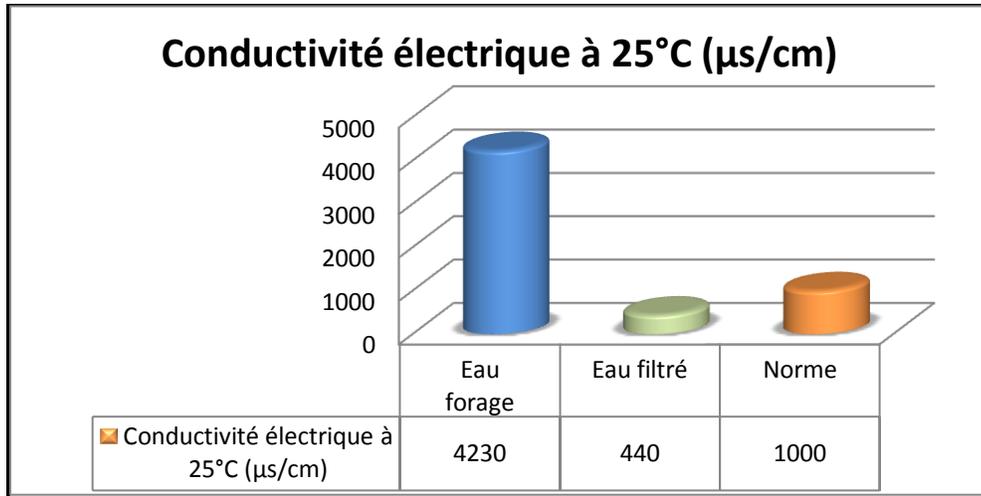


Figure 26 : Résultats mesurés de la conductivité.

➤ **Le potassium (K⁺)**

La teneur en potassium dans l'eau brute est 185 mg/l qui dépassent la norme d'OMS (12mg/l), mais l'eau sortie (1.5 mg/l) très faible par rapport aux normes (Tab., 3, 4 et Fig., 27).

De concentration sensible de l'eau brute plus élevées est sous contrôle de l'homéostasie, mais des variations important de la teneur d'eau n'auraient que des effets négligeables sur la concentration de l'organisme (Rodier, 1984). Le même auteur, la concentration de potassium à faible dose dans l'eau sortie ne présente pas de risque significatif.

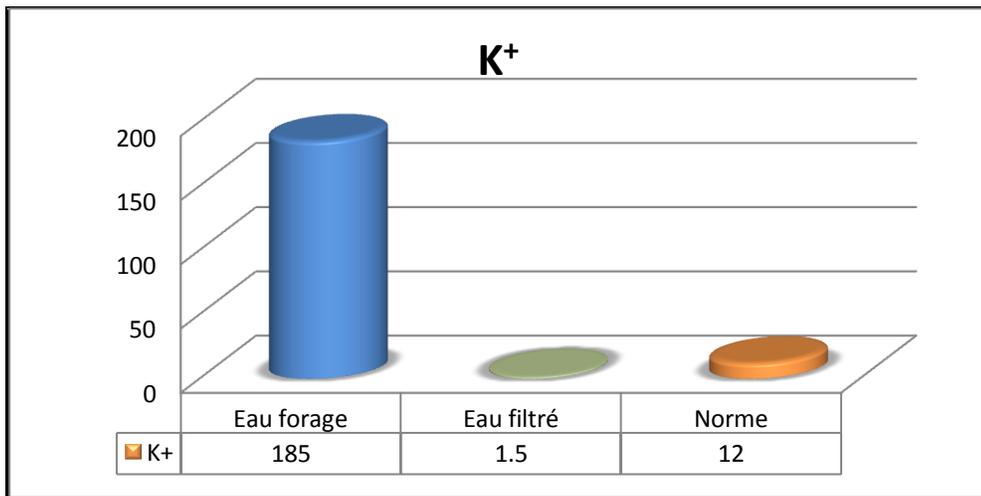


Figure 27 : Résultats mesurés du potassium.

➤ **Le calcium (Ca⁺⁺)**

Le résultat de l'eau sortie (31.84 mg/l) très faible par rapport les normes (140 mg/l), mais pour le cas de l'eau brute (509.5 mg/l) la valeur est dépassée la norme (Tab., 3, 4 et Fig., 28). Apparemment, ceci est dû à une dissolution de carbonate de calcium par l'action de CO₂ aux niveaux des sables gypseux (la nature de nappe) (Rodier, 1984).

La concentration de calcium de l'eau sortie très faible par rapporte la norme de l'OMS, cela est due la javellisation. Il faut noter que le calcium ne représente pas de danger pour la santé, mais des fortes doses peuvent présenter de sérieux inconvénient pour les usages domestiques (Rodier, 2005).

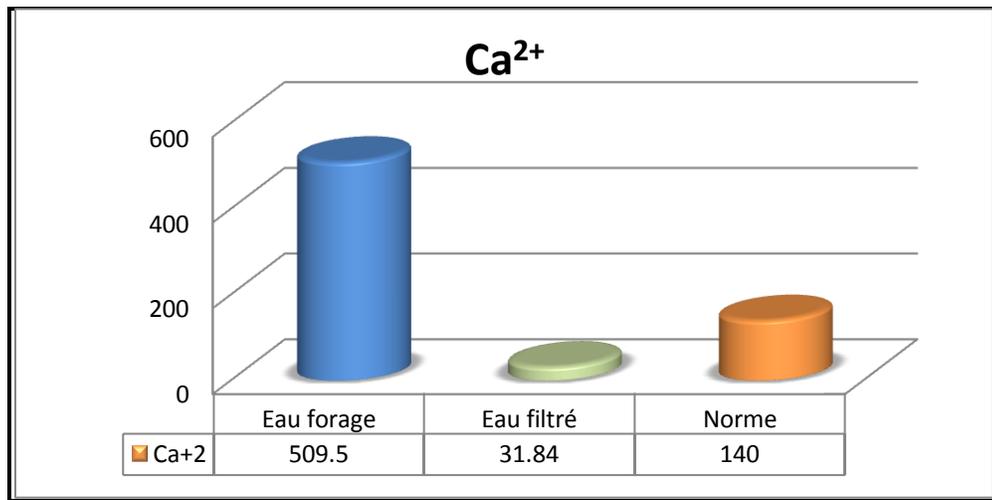


Figure 28 : Résultats mesurés du calcium.

➤ **Le magnésium (Mg⁺⁺)**

La teneur en magnésium de l'eau brute (65.16 mg/l) est supérieure à la norme d'OMS (50 mg/l), mais la valeur d'eau sortie (7.83 mg/l) très faible par rapport les normes (Tab., 3, 4 et Fig., 29).

La présence relativement élevée de magnésium dans l'eau brute s'expliquée par solubilités dans l'eau ainsi que son abondance géologique car il entre dans la composition des argiles qui constituent les formations imperméable et semi-imperméable des toits et / ou des murs des horizons renfermant ces eaux (Rodier, 2005). Ce dernier, montre que cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire et il essentiellement régulateur du système nerveux, il peut donner un gout désagréable à partir 50 mg/l.

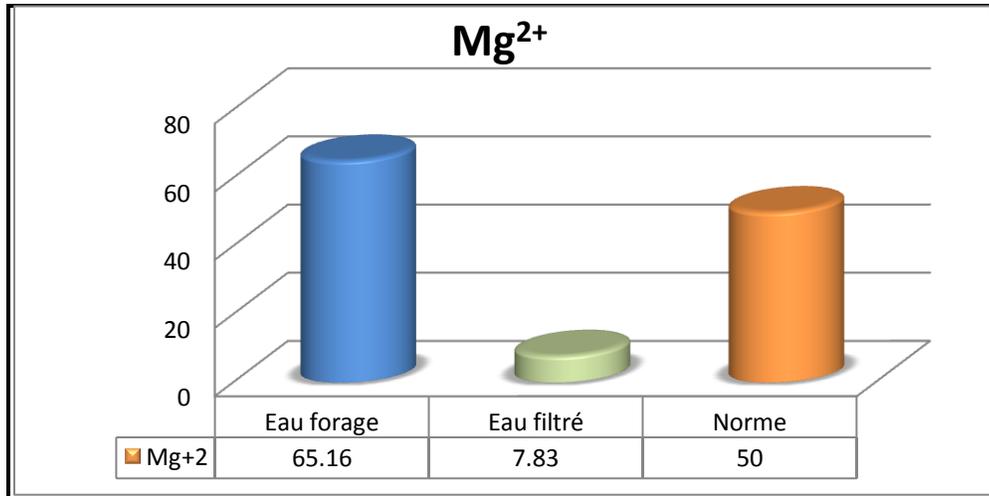


Figure 29 : Résultats mesurés du magnésium.

➤ **Le chlorure (Cl⁻)**

Les tableaux 3, 4 et la figure 30 montrent que la teneur en chlorure dans l'eau brute très élevée (519.39 mg/l) qui est dépasse la norme d'OMS (250 mg/l), la concentration des chlorures de l'eau sortie (48.65 mg/l) est très faible par rapport les normes de l'OMS.

Probablement, le chlorure présente un grande écart parce que les eaux forages sont très riches dont la concentration est dépend de la qualité des nappes traversé par l'eau.

Selon Rodier (2005), les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé, sauf pour les personnes qui suivent un régime hyposodé, leur principal inconvénient est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau.

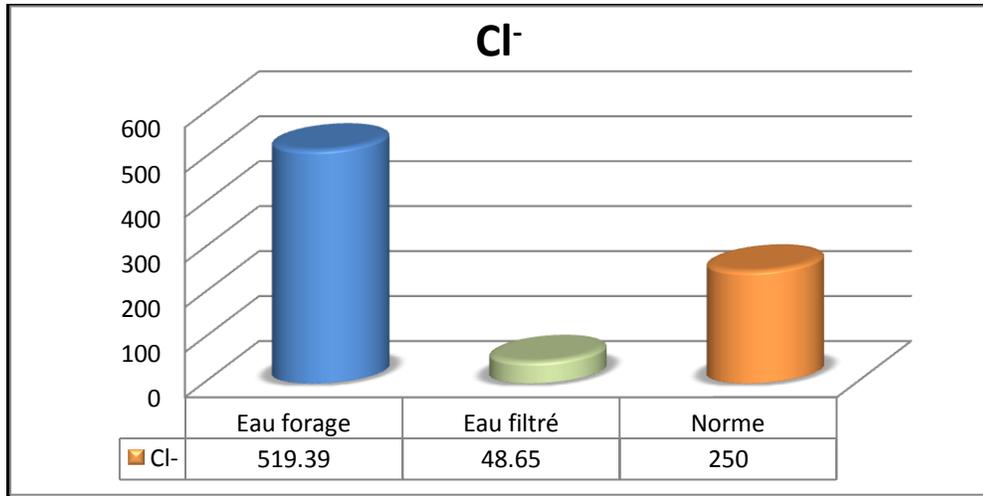


Figure 30 : Résultats mesurés du chlorure.

➤ **Le sulfate (SO_4^{--})**

Le résultat de l'eau sortie (100 mg/l) très faible par rapport les normes d'OMS (250 mg/l), mais la teneur en sulfate dans l'eau brute est très élevée (1600 mg/l) qui est dépasse la norme. Selon Rodier (2005) leur résultat de la dissolution des sulfates de calcium des proches gypseuses (Tab., 3, 4 et Fig., 31).

Les sulfates ont des propriétés laxatives, mais peuvent provoquer des troubles gastro-intestinales en particulier chez l'enfant à une teneur supérieur à 250 mg/l (Rodier, 1984).

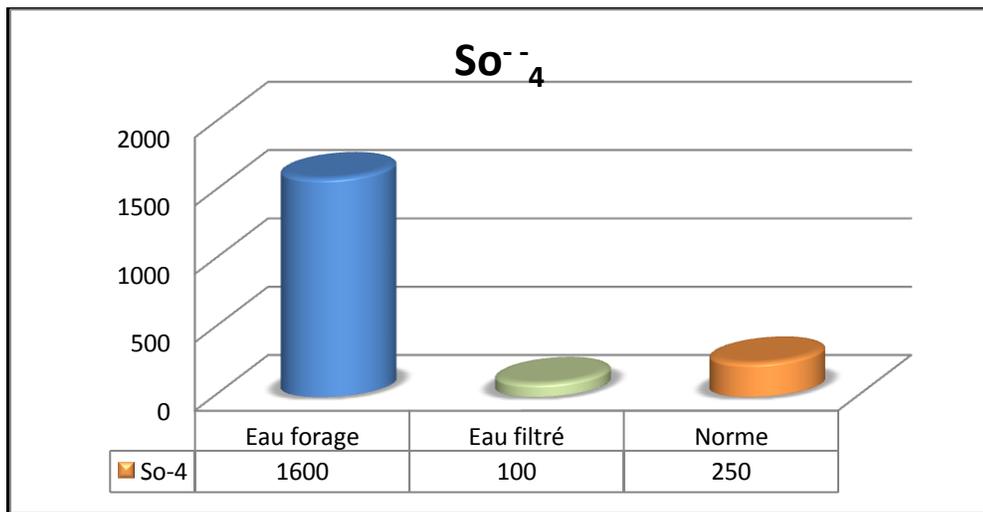


Figure 31 : Résultats mesurés du sulfate.

➤ **Le fer (Fe^{++})**

D'après les résultats d'analyse présentée dans les tableaux 3, 4 et la figure 32, nous remarquons une faible quantité de fer dans l'eau brute (0.06 mg/l) et l'eau sortie (0.01 mg/l). Ces résultats ne dépassent pas les normes (0.3 mg/l) car les sources principales de fer dans les eaux sont l'activité microbienne dans les sols (Rodier, 1996).

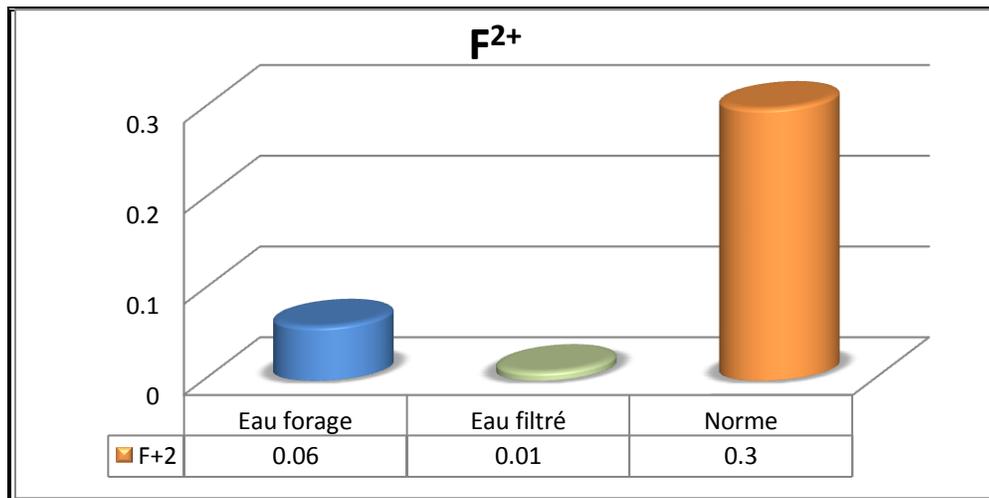


Figure 32 : Résultats mesurés du fer.

➤ **Le zinc (Zn^{++})**

L'OMS recommande une valeur guide 5 mg/l, le résultat obtenue de l'eau brute (0.71 mg/l) et l'eau sortie (0.26 mg/l) sont très faible par rapport à la norme (Tab., 3, 4 et Fig., 33).

Le zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animal, mais sa présence avec un taux élevée est donne un goutte désagréable des sels de zinc (Rodier, 1996).

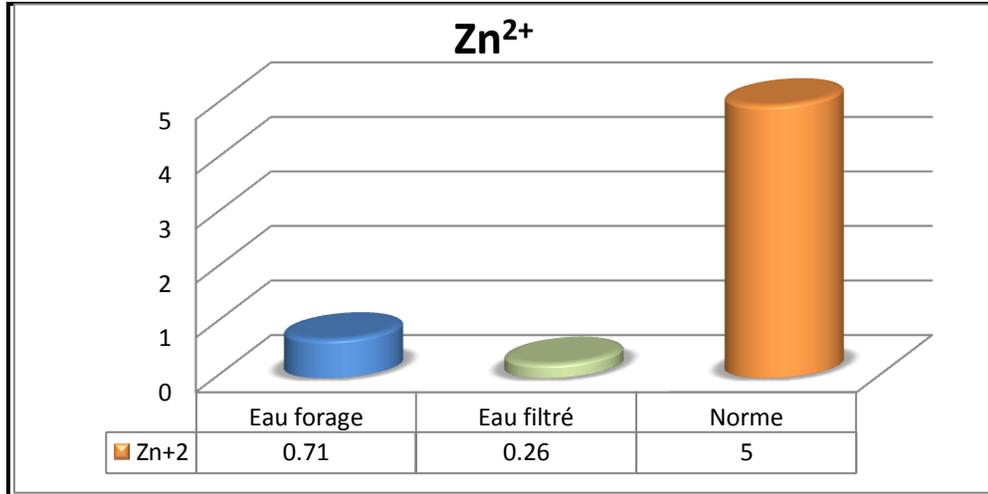


Figure 33 : Résultats mesurés du zinc.

➤ **Titre alcalimétrique complète (TAC)**

Pour des pH inférieur à 8,3, la teneur en ion (OH⁻) et (CO₃⁻²) est négligeable (TA=0). Dont l'eau brute et l'eau sortie sont représentées par les bicarbonates (Tab., 3, 4 et Fig., 34).

Les normes d'OMS fixent une limite maximale exprimée par titre alcalimétrique à 50 °F et d'après nos résultats, les valeurs de TAC de l'eau brute et l'eau sortie ne conformées pas aux normes d'OMS. D'après Rodier (2005), n'existe aucun risque de dépôt excessif de carbonate de calcium.

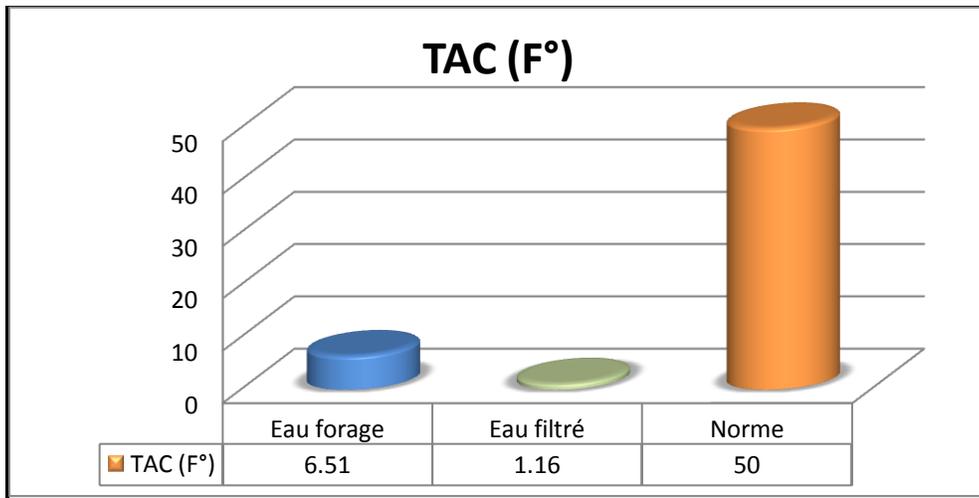


Figure 34 : Résultats mesurés du TAC.

II. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

II.1. L'eau brute

Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute effectuée pendant notre période d'expérimentation sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau brute.

Type de germe	Résultats
Germe totaux à 37 °C	Absence dans 100 ml
Coliformes totaux et fécaux	Absence dans 100 ml
Streptocoque fécaux	Absence dans 100 ml
Clostridium Sulfito-réducteurs	Absence dans 20 ml

II.2. L'eau sortie

Le tableau 6 représente les résultats des analyses bactériologiques de l'eau sortie.

Tableau 6 : Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau sortie.

Type de germe	Résultats
Germe totaux à 37 °C	Absence dans 100 ml
Coliformes totaux et fécaux	Absence dans 100 ml
Streptocoque fécaux	Absence dans 100 ml
Clostridium Sulfito-réducteurs	Absence dans 20 ml

D'après les résultats des analyses bactériologiques de l'eau (Tab., 5 et 6), nous remarquons que les échantillons prélevés soit brute ou sortie présentent une bonne qualité bactériologique car on note l'absence des germes totaux, coliformes totaux et fécaux, Streptocoque fécaux et Clostridium Sulfito-réducteurs. Apparemment, cette absence est due aux différents facteurs telque :

*** Pour l'eau de forage :**

Cette absence est certainement le résultat conjuguée de la profondeur à la quelle puisse l'eau, cette dernier agit sur la teneur en oxygène dissous d'où une faible teneur. L'absence de l'oxygène dissous inhibe le développement des germes aérobies. Ainsi la stratigraphie de forage qui a formés par

le sable fin, le gypse et les argiles ne permet pas d'infiltration des germes vers la nappe. La situation géographique de forage qui est loin de toute activation humaine, et n'existe aucune contamination de cette eau par le réseau d'épuration des eaux usées. Donc les eaux souterraines sont naturellement dépourvues des germes (Anonyme, 2005).

*** Pour l'eau sortie :**

Pendant le traitement, l'absence des germes dans cette eau due que le risque de contamination est très minime, dont le rôle des modules d'UF qui permet d'ultrafiltration de l'eau qui considère comme un procédé de clarification et désinfection de l'eau, à partir des pores à 0.01 micron permet de rétention totale des bactéries, les kystes, les algues et tous les particules les plus fines (Anonyme, 2005).

*** Avant la sortie :**

L'eau subit à la stérilisation qui vise à inactiver tous les germes pathogènes dans l'eau, susceptible de causer des maladies infectieuses chez l'homme. Cette stérilisation s'effectue soit par l'Ultra-violet, soit par des traitements chimiques, dont le réactif chimique utilisé est le chlore, si on ajoute deux gouttes par litre et par conséquent l'élimination de tous les micro-organismes plus que par son action oxydante sur la structure même des cellules vivantes (Anonyme, 2005).

Conclusion

Les eaux de la région d'El'Oued sont des eaux légèrement saumâtre, dure et de qualité médiocre à mauvaise, et ceci nous ramène à penser à la nécessité de procéder au dessalement et la réalisation d'une station de traitement.

Dans notre région, le procédé de dessalement qui est utilisé l'osmose inverse. A l'aide de cette procédé, on obtient une eau très déminéralisé et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse.

L'eau osmose présente une salinité nettement inférieure à la salinité d'eau potable sur le plan physico-chimique, une déminéralisation est indispensable pour obtenir une eau qui répond aux normes de potabilités (OMS) et augmenter ainsi le volume d'eau produit.

Les résultats de notre travail permettent on dit : au niveau de la station « *TIBA DRINKING WATER* » l'eau est de bonnes qualités bactériologiques, alors le consommateur peut consommer cette eau sans aucun souci.

De notre point de vue, la réalisation d'une seule station dans la région ne satisfaire pas les besoins de l'homme et de l'industrie, il est préférable à réaliser d'autre stations. Dans cet aspect l'état est entraine de faire un programme d'installation des stations de dessalement dans le territoire de la wilayat, le projet est en cours d'étude.

Références bibliographiques

- Anonyme., 2002-**Photomètres de laboratoire multiparamètres.Hanna instruments, 21 p.
- Anonyme., 2005-** Sarl Tiba Drinking water Factotory. N° 484511. El'Oued, Algérie, 57 p.
- Anonyme., 2008-** Manuel d'utilisation de photomètre de laboratoire. Hanna instruments, 126 p.
- Aroua A., 1997-** L'homme et son milieu. Ed 531/77, 135 p.
- Arzate A., 2008-** Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc. Québec, 56 p.
- Bahtoun M., Boucheriet R., 2009-** Les eaux minérales naturelles et les eaux de sources à Biskra analyses physico-chimiques et microbiologiques: Guedila et Manbaa el Ghezlane. Thèse Ing. Univ. Biskra, 63p.
- Belierfert C et Perraud R., 2001-** Chimie de l'environnement. Boeck université, 477 p.
- Berland J M., Juery C., 2002-** Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Office international de l'eau SNIDE, 71p.
- Bessenasse M., 2006-** Dessalement d'eau de mer : étude de trois stations du littoral Algérois, water Management and soil conservation in semi-Arid environnement.Marrakech, Morocco, Pp 1- 8.
- Bordet J., 2007-** L'eau dans son environnement rural. Ed johanet, 317 p.
- Bouziani M., 2000-** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed Ibn khaldoun, 247 p.
- Caroline R., 2012-** Règlement sur la qualité de l'eau potable. Ed Québec ,68p.
- Davizac H., Grandguilot G., Robin A.et Saout CH., 2008-** L'eau potable en France. Ed Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative, 66 p.
- François A., 2008-** L'eau et ses enjeux. Ed Boeck université, paris, 228p.
- Guelil A., Madoui F., Herizi L., 2010-** Etude comparative de la qualité de l'eau potable des trios wilayas : M'sila, Bouira et bordj Bou Arreridj. Thèse d'ingénieur d'état en science de la nature et la vie. Univ. Biskra, 86p.
- Jeanne M., 2007-** Dictionnaire de l'environnement. Ed armond colin, 403 p.
- Kamel F., Chheibi H., 2000-** Performances de la station de dessalement de Gabés (22,500 mvj) après cinq ans de fonctionnement. Désaliénation 136 (2001), Pp 263-272.
- Kehal S., 2000-** Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Desalination, Pp 35-42.
- Kettab A., 1992-** Traitement des eaux (les eaux potables). Office des publications universitaires. Ed ben-aknoun , Alger, 151p.

- Khadraoui A., 2010-** Sols et hydrauliques agricole dans les oasis algériennes. Ed n°05/25, office des publications universitaires- ben aknoun-Alger, 311p.
- Khadraoui A., 2011-**Eau et impact environnement al dans le Sahara Algérien : Définition-Evaluation et perspectives de développement. Office des publications universitaire, Pp 55 et 56.
- Khelef K., 2006-** Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique d'oued souf (sud-est Algérienne). Thèse de master, École de management EURO-MED, univ de Marseille, 108p.
- Koul N et Bassou E., 2002-** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla, 84 p.
- Labbi R., Redouani S., Souid D., 2013-** Influence de stockage sur la potabilité de l'eau filtrée dans quelques stations de filtration dans la région d'El'Oued – mémoire de fin d'étude : en vue de l'observation du diplôme de licence académique, univ d'El'Oued, 51 p.
- Lebres E., Mouffok F., Makhlouf P., 1998-** Guide pratique : D'analyses microbiologiques des denrées alimentaires. Institut Pasteur, Alger, 22 p.
- Leemans M., 2002-** Livre de bleu. Legros, 76 p.
- Maalej M., Bouguecha S., 2002-** Le dessalement de l'eau dans le monde arabe (perspectives d'utilisation des énergies renouvelables. Direction des programmes et de la recherche scientifique Tunis, 46 p.
- Mouffok F., 2001-** Guide technique d'analyse Bactériologique des eaux de consommation de mer. Institut Pasteur, Alger, 40 p.
- Rejsek F., 2002 -** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Ed centre régionale de documentation pédagogique D'Aquitaine. France, 358p.
- Rodier J., 1984-** L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 7^{ème} Ed, Dunod, paris, 1354 p.
- Rodier J., 1996-** L'analyse de l'eau (eaux naturelles résiduaires eaux de mer). Tome II, Pp 199-238.
- Rodier J., 2005-** L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 8^{ème} Ed, Dunod, paris, 1383 p.
- Rodier J., 2009-** L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 9^{ème} Ed, Dunod, paris, 1579 p.
- Sasson D., 2005-** Les maladies liées à l'eau le colloque international sur les ressources en eau souterraine dans le Sahara. Ed Ciress Ouargla, 195 p.

Vilaginès R., 2003- Eau, environnement et santé publique. 2^{ème} Ed, lavoisier, 198 p.

Sites d'internet :

<http://www.aluadesouf.canalblog.com>. Etymologie du nom El'Oued souf. Le 21/01/2009 à 12 :15h.

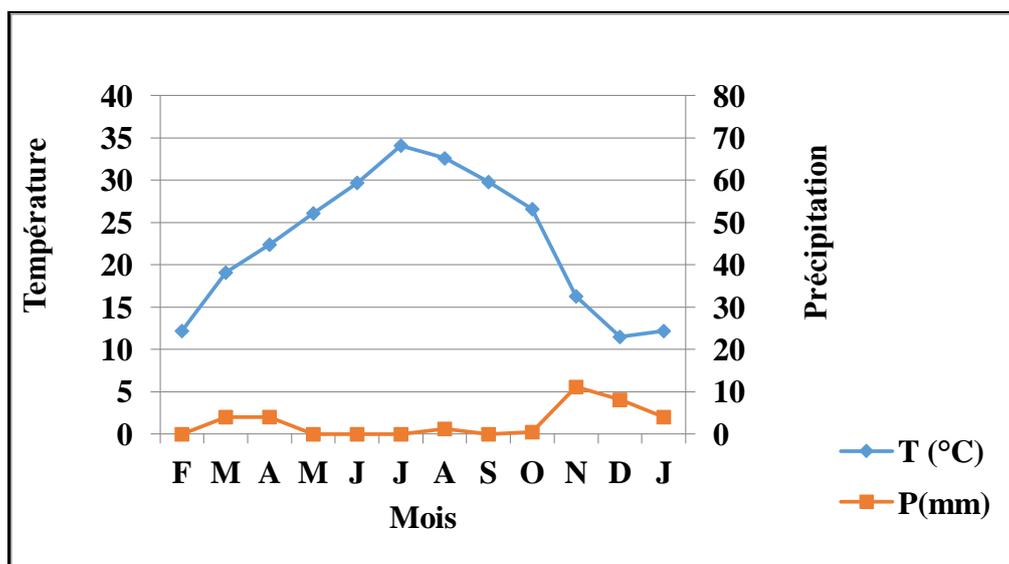
www.lenntech.fr/francais/data-perio/zn. le13/12/2013 à 18:33h.

<https://maps.google.dz/maps>. Le19/12/2013 à 10:15.

<http://www.tutiempo.net/en/Climate/El-Oued/2014/605250.htm> le 09/04/2014 à 14:30h.

Annexes

Annexe 1: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN durant la période (février 2013 à janvier 2014) dans la région d'El 'Oued.



Annexe 2: Les températures et les précipitations moyennes durant la période (février 2013 à janvier 2014) dans la région d'El 'Oued.

Mois	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
T (°C)	12.2	19.1	22.4	26.1	29.7	34.1	32.6	29.8	26.6	16.3	11.5	12.2
P(mm)	0	4.06	4.07	0	0	0	1.27	0	0.51	11.17	8.14	4.06

<http://www.tutiempo.net/en/Climate/El-Oued>

Annexe 3 :

FER GAMME LARGE

SPECIFICATIONS

Gamme	0.00 à 5.00 mg/l
Résolution	0.01 mg/l
Exactitude	± 0.04 mg/L $\pm 2\%$ de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 525 nm

Méthode Adaptation de "EPA Alternative method 315B" pour les eaux naturelles et les eaux traitées. La réaction entre le fer et le réactif provoque une coloration orange de l'échantillon.

REACTIFS NECESSAIRES

Code	Description	Quantité
HI 93721-0	Réactif poudre	1 sachet

KIT DE REACTIF

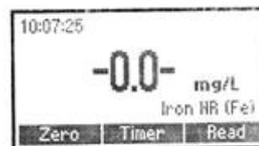
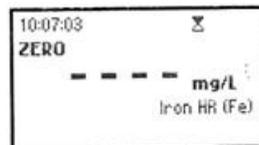
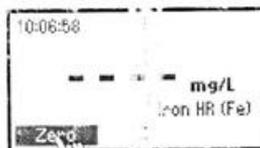
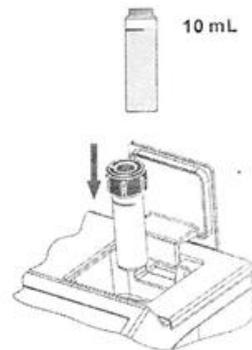
HI 93721-01 Réactifs pour 100 tests

HI 93721-03 Réactifs pour 300 tests

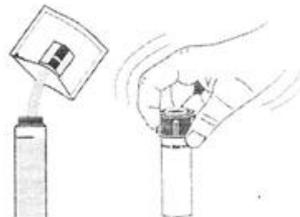
Autres accessoires : page 128

PROCEDURE DE MESURE

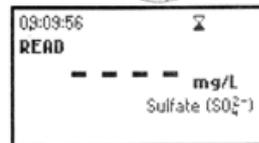
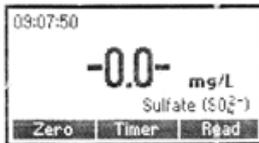
- Sélectionnez la méthode *Iron HR*
- Remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et bouchez.
- Placez cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique "-0.0-" il est prêt pour la mesure.



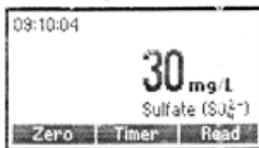
- Ôtez la cuvette et ajoutez un sachet de réactif HI 93721-0. Remplacez le bouchon et agitez jusqu'à dissolution complète.



- Ajoutez le contenu d'un sachet HI 93751-0. Bouchez et agitez délicatement pendant 1 mn.
- Insérez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche **TIMER**.



- L'instrument affiche un chronomètre de 5 mn suivi de l'affichage de la concentration en sulfate (SO_4^{2-}).



INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

Calcium (sous forme CaCO_3) au-dessus de 20000 mg/l

Chlorure (sous forme Cl^-) au-dessus de 40000 mg/l

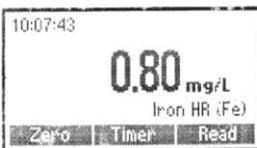
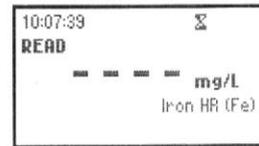
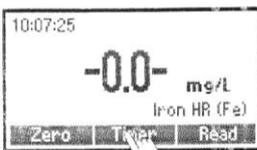
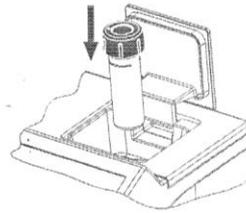
Magnésium (sous forme MgCO_3) au-dessus de 10000 mg/l

Silice (sous forme SiO_2) au-dessus de 500 mg/l

La couleur ou les matières en suspension peuvent présenter une interférence et doivent être éliminés par filtration.

Des matières organiques en grande quantité peuvent empêcher la précipitation du sulfate de baryum.

- Insérez la cuvette dans l'instrument.
- Appuyez sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 3 mn suivi de l'affichage en mg/l de la concentration en fer.



INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

- Molybdate Molybdenum au dessus de 50 ppm
- Calcium au dessus de 10000 ppm (as CaCO₃)
- Magnesium au dessus de 100000 ppm (as CaCO₃)
- Chlorure au dessus de 185000 ppm.

Annexe 4 :

POTASSIUM GAMME LARGE

SPECIFICATIONS

Gamme	20 à 200 mg/l
Résolution	5 mg/l
Exactitude	± 30 mg/l $\pm 7\%$ de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 610 nm

Méthode Adaptation de la méthode par la turbidité au Tetraphénylborate. La réaction entre le potassium et les réactifs provoque un trouble dans l'échantillon.

REACTIFS NECESSAIRES :

<u>Code</u>	<u>Description</u>	<u>Quantité</u>
HI 93750A-0	Réactif potassium	6 gouttes
HI 93750B-0	Réactif poudre	1 sachet

KITS DE REACTIFS

HI 93750-01 Réactifs pour 100 tests

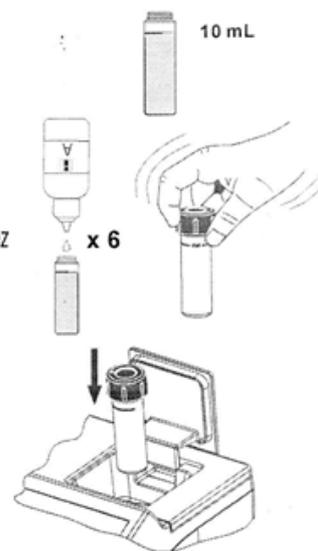
HI 93750-03 Réactifs pour 300 tests

Autres accessoires : page 128

PROCEDURE DE MESURE

Note: Pour la préparation de l'échantillon, veuillez vous reporter au paragraphe "PREPARATION DE SOLUTIONS NUTRITIVES GAMME LARGE;

- Sélectionnez la méthode *Potassium HR*
- Versez 10 ml d'échantillon dans une cuvette.
- Ajoutez 6 gouttes de solution HI 93750A-0 bouchez et mélangez délicatement.
- Placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.



Annexe 5 :

SULFATE

SPECIFICATIONS

Gamme	0 à 150 mg/l
Résolution	5 mg/l
Exactitude	± 5 mg/l $\pm 3\%$ de la lecture
Source lumineuse	Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 466 nm
Méthode	Les sulfates sont précipités avec des cristaux de chlorure de barium. On mesure l'absorbance de lumière

REACTIFS NECESSAIRES

Code	Description	Quantité
HI 93751-0	Indicateur	1 sachet

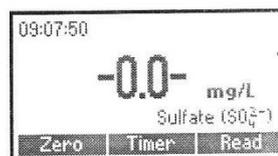
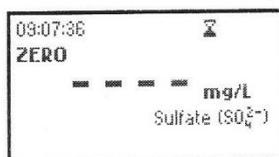
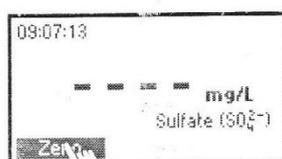
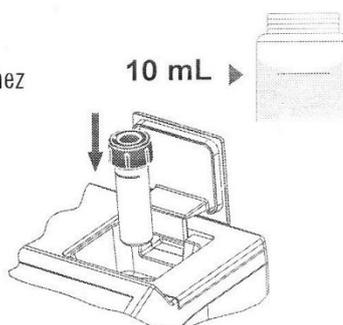
KIT DE REACTIFS

- HI 93751-01 Réactif pour 100 tests
- HI 93751-03 Réactifs pour 300 tests
- Pour d'autres accessoires, voir page 17

PROCEDURE DE MESURE

Note: Pour la préparation de l'échantillon, veuillez vous référer au paragraphe "EAU D'IRRIGATION GAMME BASSE".

- Sélectionnez la méthode *Sulfate*
- Remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et bouchez
- Placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO . Lorsque l'instrument



affichera "-0.0-", il est prêt pour la mesure.

- Ôtez la cuvette.

POTASSIUM GAMME ULTRA LARGE

Préparez l'échantillon comme décrit dans le paragraphe "PREPARATION DES SOLUTIONS NUTRIVES HR".
Versez 20 ml de cette solution dans un cylindre gradué puis complétez le niveau du cylindre gradué avec de l'eau distillée jusqu'à la marque 100 ml.

Procédez à la mesure comme décrit précédemment. Le résultat affiché en mg/l de potassium devra être multiplié par 5 pour obtenir le résultat final.

INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

Ammonium au dessus de 10 mm

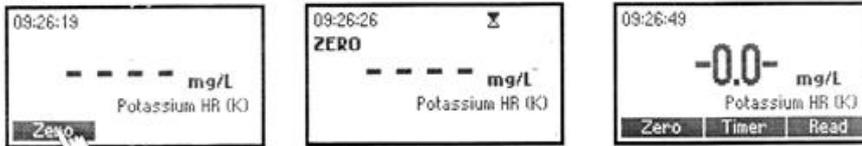
Calcium au dessus de 10000 ppm sous forme CaCO_3

Chlorure au-dessus de 12000 ppm

Magnesium au-dessus de 8000 ppm sous forme CaCO_3

Sodium au-dessus de 8000 ppm

- Appuyez sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique "-0.0-", il est prêt pour la mesure.

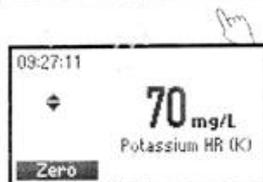
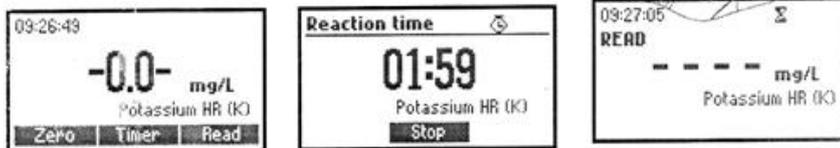


- Ôtez la cuvette et ajoutez un sachet de réactif HI 93750B-0. Bouchez et mélangez très délicatement pendant 1 minute.

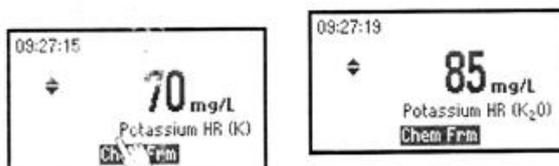


- Remplacez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.

- Appuyez sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 2 mn suivi de l'affichage en mg/l (ppm) du potassium (K).



- Pour afficher d'autres formes chimiques, appuyez sur puis sur la touche de fonction Chem Frm. Il est possible d'afficher en mg/l d'oxyde de potassium (K_2O):



- Appuyez sur pour retourner à revenir à l'écran principal

Annexe 6 :

ZINC

SPECIFICATIONS

Gamme	0.00 à 3.00 mg/l
Résolution	0.01 mg/l
Exactitude	± 0.03 mg/l $\pm 3\%$ de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 575 nm

Méthode Adaptation de méthode par le Zincon '*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18^e édition*'. La réaction entre le Zinc et les réactifs provoque une coloration orange-vert-violet de l'échantillon.

REACTIFS NECESSAIRE :

Code	Description	Quantité
HI 93731A-0	Réactif Zinc	1 sachet
HI 93731B-0	Cyclohexanone	0.5 ml

KIT DE REACTIF

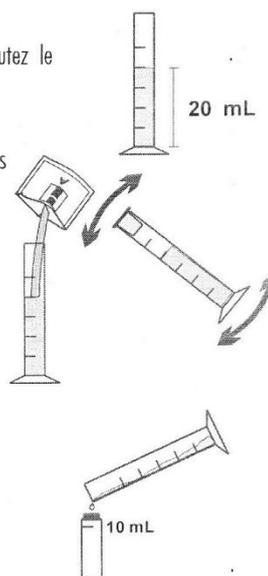
HI 93731-01 Réactifs pour 100 tests

HI 93731-03 Réactifs pour 300 tests

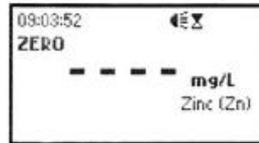
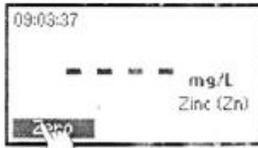
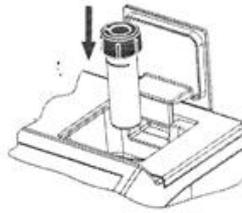
Pour d'autres accessoires : voir page 128

PROCEDURE DE MESURE

- Sélectionnez la méthode *Zinc*
- Remplissez un cylindre gradué jusqu'à la marque 20 ml. Ajoutez le contenu d'un sachet de réactif HI 93731 A. .
- Bouchez le cylindre et mélangez jusqu'à dissolution complète des réactifs
- Versez 10 ml de cette solution dans une cuvette. Bouchez.



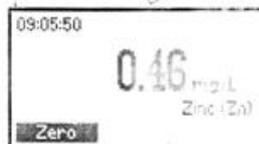
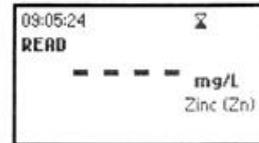
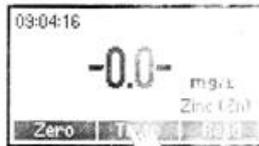
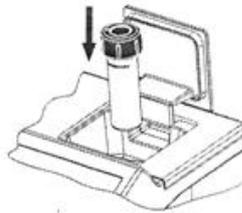
- Placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO. Lorsque l'instrument indique "-0.0-", il est prêt pour la mesure.



- Ôtez la cuvette et ajoutez 0,5 ml de réactif HI 93731B-0
Note: Pour éviter toute contamination par le bouchon, il est nécessaire de placer une topette HDPE sur la cuvette avant de remettre le bouchon.



- Mélangez pendant 15 secondes.
- Placez la cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur TIMER. L'instrument affiche un chronomètre de 3 mn et 30 s



- Le résultat est affiché en mg/l de zinc (Zn).

INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

- Aluminium au-dessus de 6 mg/l
- Cadmium au-dessus de 0,5 mg/l
- Cuivre au-dessus de 5 mg/l
- Fer au-dessus de 7 mg/l
- Manganese au-dessus de 5 mg/l
- Nickel au-dessus de 5 mg/l

Annexe 7: Composition des milieux de culture utilisés dans les analyses bactériologiques.**1- Recherche et dénombrement des germes totaux :*** Gélose : Tryptone, Glucose, Extrait de levure, Agar (TGEA).

- Tryptone.....	05 g.
- Glucose.....	01 g.
- Extrait de levure.....	2.5 g.
- Gélose.....	15 g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

2- Recherche et dénombrement des Coliforme totaux et fécaux :* Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) :

a) Double concentration (D/C)

- Extrait de viande de bœuf.....	6g.
- Peptone.....	10g.
- Lactose.....	10g.
- Pourpre de bromocresol.....	0.06g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

b) Simple concentration (S/C) :

- Extrait de viande de bœuf.....	03g.
- Peptone.....	05g.
- Lactose.....	05g.
- Pourpre de bromocresol.....	0.03g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

* Milieu Indole- mannitol (Schubert) pour *Escherichia coli*:

- Tryptophane.....	0.2g.
- Acide glutamique.....	0.2g.
- Sulfate de magnésium.....	0.7g.
- Sulfate d'ammonium.....	0.4g.
- Citrate de sodium.....	0.5g.
- Chlorure de sodium.....	0.2g.
- Tryptone Oxoid.....	10g.

3- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :*Bouillon glucosée à l'acide de sodium (Roth) :

a) Double concentration (D/C) :

- Tryptone.....	40 g.
- Glucose.....	10 g.
- Chlorure de sodium.....	10 g.
- Phosphate mono potassique.....	5.4 g.
- Phosphate bi potassique.....	5.4 g.
- Acide de sodium.....	0.4 g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

b) Simple concentration (S/C) :

- Tryptone.....	20 g.
- Glucose.....	05 g.
- Chlorure de sodium.....	05 g.
- Phosphate mono potassique.....	2.7g.
- Phosphate bi potassique.....	2.7g.
- Acide de sodium.....	0.2 g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

* Bouillon glucose à l'éthyle violet ou acide de sodium (EVA) :

- Tryptone.....	20 g.
- Glucose.....	05 g.
- Chlorure de sodium.....	05 g.
- Phosphate mono potassique.....	2.7g.
- Phosphate bi potassique.....	2.7g.
- Acide de sodium.....	0.3 g.
- Ethyle violet.....	0.3 g.
- Eau distillée.....	1000 ml.

Table de Mac Crady

Principe :

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation en tubes multiples, au cours de laquelle au moins trois dilutions décimales de l'échantillon sont ensemencées dans des éprouvettes de bouillon et incubées à une température précise, pendant une période donnée, ensuite les résultats sont expliqués selon le tableau de NPP sachant qu'un tube considéré comme positive prenant la valeur (1) et le tube négative a une valeur de (0) (Mouffok, 2001).

Table de nombre plus probable (NPP) :

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400