



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi –Tébessa-



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

Département : Biologie appliquée.

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la nature et de la vie

Filière: sciences biologiques

Option: qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème:

Etude physico-chimiques et microbiologique des eaux souterraines de la région de Tébessa

Présenté par:

ABRANE Salma

BOUCHAGOURA Amer

Devant le jury:

Président :	Fangoure. H	MAA	université de Tébessa
Rapporteur :	Hamoume. Z	MAA	université de Tébessa
Examineur :	Belbel . Z	DR	université de Tébessa

Date de soutenance: 29/05/2016.

Note :..... Mention :.....

ملخص

ترتكز دراستنا على النوعية الفيزيائية والميكروبيولوجية لمياه الجوفية في مدينة تبسة حيث تكشف الخصائص الفيزيائية والكيميائية إمدادات المياه بنوعية جيدة. درجات الـ pH تكون محايدة حيث تتراوح بين 7.6 و 7.5 و درجة حرارة المياه ما بين 11 درجة مئوية و 16 درجة مئوية، تتغير وفقا لاختلاف المناخ. المياه الجوفية الخام المعالجة في مدينة تبسة ليست مياه عكرة حيث تكون القنوات الموصلة الكهربائية عند 25 درجة مئوية بسعة 1407 ميكرو/ثا/سم و 626 ميكرو/ثا في سم و 763 ميكرو/ثا / سم في الثلاث نقاط من أخذ عينات مع معدل ملوحة تتراوح بين 309.3 ملغ / لتر و 693 ملغ/لتر والملوحة بين 0.2 % و 0.7 % . ويتغير عامل قلوية هذه المياه بارتباطه بالبكربونات حيث تتراوح ما بين 1 38.67 ملغ / لتر إلى 152.67 ملغ / لتر. وتتراوح الصلابة الكلية ما بين 314 ملغ /لتر إلى 436 ملغم / لتر. وتصنف مياه هذه الدراسة على أنها مياه خفيفة تحتوي على عناصر الكلور، والكبريت والصوديوم والكالسيوم. وتشير القياسات البيوكيميائية إلى غياب النتريت حسب المعايير الجزائرية في بعض النقاط. الخصائص الميكروبيولوجية لعينات المياه التي تمت دراستها، تكشف عن وجود بكتيريا القولون الكلية في شبكة التوزيع. ولكن تجدر الإشارة إلى عدم وجود بكتيريا القولون البرازية لثلاث عينات.

سمحت هذه الدراسة باستنتاج أن مياه الشرب بتبسة هي مياه معالجة يتم التعامل معها على حسب تلبية المعايير من محطة المعالجة، وأن التلوث قد يحدث أثناء توزيع المياه في مختلف الأنايب.

كلمات البحث: المياه الجوفية، والكائنات الدقيقة والتحليل الفيزيوكيميائية، تبسة.

Abstract

Our study was focused on the physicochemical and microbiological quality of well water from the town of Tebessa. The physical and chemical characteristics reveal a good water supply. The pH values vary between neutral 7,5et 7.6. Water temperatures between 11 ° C and 16 ° C, it changes according to climate variation. The raw ground water, treated and servant of the town of Tebessa are not turbid. The electric conductivity at 25 ° C is 1407 S / cm and 626 S / cm and 763 S / cm for three sampling points with a salinity ranging from 309.3 mg / l and 693 mg / l and salinity between 0.2 ‰ to 0.7 ‰. The alkalinity of the water is entirely due to bicarbonates, varying from 1 38.67 mg / L to 152.67 mg / l. The measured total hardness ranges from 314mg / l to 436 mg / l. The waters of this study are described as light water, chlorinated, sulfated, sodium and calcium. Biochemical parameters show an absence of nitrite accordance with Algerian standards at certain points. The microbiological characteristics of the water samples studied, reveal the existence of total coliform in the distribution network. But it is worth noting the absence of fecal coliforms for three samples.

This study allowed us to conclude that Tebessa drinking water is treated water that answer the standards out of the treatment plant, contamination occurs during distribution of the various pipes.

Keywords: Ground water, microorganisms, physicochemical analyzes, Tebessa.

Résumé- notre étude s'est portée sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de forage de la ville de Tébessa. Les caractéristiques physique et chimique laissent apparaître une eau d'adduction de bonne qualité. Les valeurs de pH sont neutres varient entre 7,5 et 7,6. La température des eaux se situant entre 11°C et 16 °C, elle change selon la variation climatique. Les eaux souterraine brute, traitée et domestique de la ville de Tébessa ne sont pas turbides. La conductivité électrique à 25°C est de 1407 µS/cm et 626 µS/cm et 763 µS/cm pour les trois points de prélèvements avec un taux de salinité variant entre 309,3 mg/l et 693 mg/l et salinité entre 0,2 ‰ et 0,7 ‰. L'alcalinité de ces eaux est entièrement due aux bicarbonates, variant de 138,67 mg/l à 152,67 mg/l. La dureté totale mesurée va de 314mg/l à 436 mg/l. Les eaux de la présente étude sont qualifiées d'eau légère, chlorurée, sulfatée, sodique et calcique. Les paramètres biochimiques montrent une absence de nitrite conforme aux normes algériennes à certains points. Les caractéristiques microbiologiques des échantillons d'eau étudiés, révèlent l'existence de coliforme totaux dans le réseau de distribution. Mais, il est à noter l'absence de coliformes fécaux pour les Trois échantillons.

Cette étude nous a permis de conclure que l'eau potable de Tébessa est une eau traitée qui réponds aux normes en sortant de la station de traitement, la contamination survient lors de sa distribution par les différentes canalisations.

Mots clés: Eau souterraine, microorganismes, analyses physico-chimiques, Tébessa.

Remerciements

*Nous tenons à remercier avant tout notre bon Dieu **ALLAH**, qui nous à donner la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.*

*Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à notre promoteur **M^{md} HAMOUME .Z** pour ses précieux conseils, ses orientations et ses compétences qui ont été mises à notre disposition, qu'elle en soit remercié.*

Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément :

*- **M^{md} FENGHOUR** d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance.*

*- **M^{md} BELBELZD** d'avoir accepté de juger notre travail.*

- Nous remercions également tous les techniciens du laboratoire de l'ADE et de FER FOS.

- Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

ملخص

Abstract

Résumé

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

INTRODUCTION.....1

Chapitre I : Partie Bibliographique

1 -notion générale	2
1-1-présentation de la zone d'étude	2
1-2-Eau potable.....	4
1-3- Composition chimique des eaux	4
1-4 - Origine des eaux potables.....	5
1-5- Contrôle sanitaire de l'eau.....	6
1-6- Critères de potabilité.....	6
1-7-Normes des eaux potables.....	7
1-8-Les étapes du traitement de l'eau	9
2 - Classification des polluants des eaux.....	10
2- 1 -Polluants biologiques.....	10
2- 1- 1- Les organismes libres.....	11
2 - 1 - 2 -Les agents pathogènes.....	11
2 - 2 - Les polluants chimiques.....	13

2- 2 - 1 - Les sels minéraux.....	13
2- 2 -2 Les composés toxique minéraux.....	13
2- 3 Les polluants radioactive.....	15

Chapitre II : Matériel et Méthode

1- prélèvement et échantillonnage	17
2-Paramètres physiques et chimiques de la qualité des eaux souterraines.....	18
2-1Température.....	18
2-2 PH.....	18
2-3 Conductivités électriques, salinité, taux de salinité.....	19
2-4 Turbidité.....	20
2-5 Alcalinité TA (Titre Alcalimétrique), TAC (titre Alcalimétrique couple).....	21
2-6 Dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....	22
2-7 Dosage du Calcium (Méthode tetrimétrique à l'EDTA).....	23
2-8 Détermination de la dureté Magnésienne.....	24
2-9 Dosage du Chlorure	24
2-10 sulfates SO ₄	25
2-11 Fer.....	26
2-12 Nitrite NO ₂ ⁻ (méthode spectrométrique).....	27
3-Paramètres microbiologique de la qualité des eaux souterraine.....	28
4- Etude statistique.....	32

Chapitre III: Résultats et discussion

1-Caractéristiques physique et chimique	34
1-1PH.....	34
1-2 Température	35
1-3 Conductivités électriques.....	36
1-4 Salinité et taux de salinité	37
1-5 Turbidité.....	39
1-6 Titre alcalin complet (TAC).....	40
1-7 Dureté totale (titre hydrotimétrique TH).....	41
1-8 Calcium Ca^{++}	42
1-9 Magnésium Mg^{++}	44
1-10 Chlorure Cl^-	45
1-11 sulfate SO_4	46
1-12 Fer (Fe).....	47
1-13 Nitrite (NO_2).....	48
2- Caractère microbiologique.....	49
2-1 Coliforme totaux	49
2-2 Coliforme fécaux	50
CONCLUSION	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	52
ANNEXE	56

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE : Algérie des eaux

Ca⁺⁺ : Calcium

Cl⁻ : Chlorure

Fe: Fer

OMS : Organisation mondiale de santé

g/ml : gram par millilitre

Mg /l : milligramme par liter

Mg⁺⁺ : Magnésienne

mol/l : mole par lite

NaOH : Hydroxyde de sodium

NO₂⁻ : Nitrite

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

NS : Non significative

PH : potentielle d'hydrogène

Psu : practical salinity unit

S/m : Siemens par mètre

SO₄ : Sulfates

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique coupel

TH : la dureté de l'eau

Liste des figures

Figure1 : Profil graphique du fossé de Tébessa	2
Figure 2 : Esquisse géographique de la zone d'étude	3
Figure 3 : alimentation des communes du nord de la wilaya de Tébessa.....	3
Figure 4 : système d'alimentation de Ain zarroug.....	17
Figure 5 : pH-mètre et thermomètre	19
Figure 6 : Conductimètre.....	20
Figure 7 : Turbidimètre	20
Figure 8 : dosage de TAC.....	22
Figure 9 : dosage de TH.....	23
Figure 10 : dosage de Calcium	24
Figure11 :Dosage du Chlorure	25
Figure 12 : spectrophotomètre	26
Figure 13 : Schéma représentatif des différentes étapes du dénombrement des coliformes thermo-tolèrent.....	32
Figure 14 : Variation du PH pour les trois eaux	34
Figure 15 : Variation de la température en °C pour les trois eaux	35
Figure 16 : Variation de la conductivité électriques pour les trois eaux	36
Figure 17 : Variation de la salinité (‰) pour les trois eaux	37
Figure 18 : Variation du taux salinité (mg/l) pour les trois eaux	38
Figure 19 : Variation de la Turbidité pour les trois eaux	39

Figure 20: Variation du titre alcalimétrique couple (TAC) pour les trois eaux	40
Figure 21 : Variation de la dureté totale TH pour les trois eaux	41
Figure 22 Variation du calcium Ca^{++} pour les trois eaux	42
Figure 23: Variation du Magnésium Mg^{++} pour les trois eaux.....	44
Figure 24: Variation du Chlorure Cl^- pour les trois eaux	45
Figure 25: Variation du sulfate SO^- pour les trois eaux	46
Figure 26: variation du Fer Fe pour les trois eaux.....	47
Figure 27: variation du coliforme totaux dans les trois échantillons	50

Liste de tableau

Tableau 1 : les normes des eaux potables (OMS).....	8
Tableau 2 : les normes des eaux potables (algérienne).....	9
Tableau 3 : Les points de prélèvement des échantillons d'eaux de la ville de Tébessa...	17
Tableau 4 : étude statistique du PH.....	34
Tableau 5 : étude statistique de température.....	35
Tableau 6 : étude statistique de la conductivité électrique.....	36
Tableau 7 : étude statistique de salinité	37
Tableau 8 : étude statistique du taux de salinité (mg/l).....	38
Tableau 9 : étude statistique de Turbidité (NTU)	39
Tableau 10 : étude statistique de Titre alcalin complet (TAC) mg/l	40
Tableau 11 : étude statistique de dureté totale (TH) mg/l	41
Tableau 12 : étude statistique de la quantité de calcium Ca^{++} , (mg/l)	42
Tableau 13 : étude statistique de la quantité de Magnésium Mg^{++} (mg/l)	44
Tableau 14 : étude statistique de la quantité de Chlorure Cl^- (mg/l)	45
Tableau 15 : étude statistique de la quantité de Sulfate SO_4^{--} (mg/l)	46
Tableau 16 : étude statistique de la quantité de Fer Fe (mg/l)	47
Tableau 17 : étude statistique de la quantité de Nitrite NO_2 (mg/l)	48
Tableau 18 : Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau domestique.....	49
Tableau 19 : Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau brute	49
Tableau 20 : Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau traité.....	49

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit elle-même se soumettre à des normes de qualité physico-chimique et biologique. La fabrication d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger.

Dans le cas des eaux souterraines de bonne qualité, une simple étape de traitement est nécessaire, la chloration. Il est bien connu que la chloration a pour objectif l'élimination des germes pathogènes, l'oxydation de la matière organique et quelques éléments minéraux, mais également le maintien d'un résiduel désinfectant capable d'assurer la protection microbiologiques de l'eau pendant son transport dans le réseau de distribution (**Claude, 1999**).

Le chlore sous forme d'eau de javel (hypochlorite de sodium) ou le chlore gazeux est l'oxydant chimique le plus utilisé dans le monde et en particulier en Algérie.

Notons que la ville de Tebessa est alimentée en eau de consommation à partir de forages de la région de Ain Zaroug et ses eaux sont d'origine des eaux souterraines qui sont la seule source d'alimentation en eau pour la wilaya. A Tebessa, Le chlore est systématiquement utilisé pour traiter les eaux destinées à l'alimentation en eau potable.

Le présent travail comporte principalement deux grandes parties la première est consacrée pour les généralités sur les eaux et la potabilité d'eau tandis que la seconde porte sur la présentation des différents dosages pour vérifier la potabilité d'eau avant et après traitement des eaux de forage.

L'objectif de notre travail est de déterminer une pollution minérale et bactérienne des eaux de l'un des forages de Ain Zeroug ainsi que l'eau de distribution consommée par la population.

Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau.

CHAPTER I

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

Partie bibliographique

1 -notion générale

1-1-présentation de la zone d'étude :

La région d'étude est une plaine composée par une topographie plus ou moins plate, sous forme de cuvette juxtaposée et entourée par des massifs montagneux, l'altitude varie de **1712 m**, qui est le sommet le plus haut de la région (Djebel Doukkane) à **900m** qui est l'altitude la plus basse, sur la plaine de Tébessa (**Aissem GHIRIEB, 2011**)

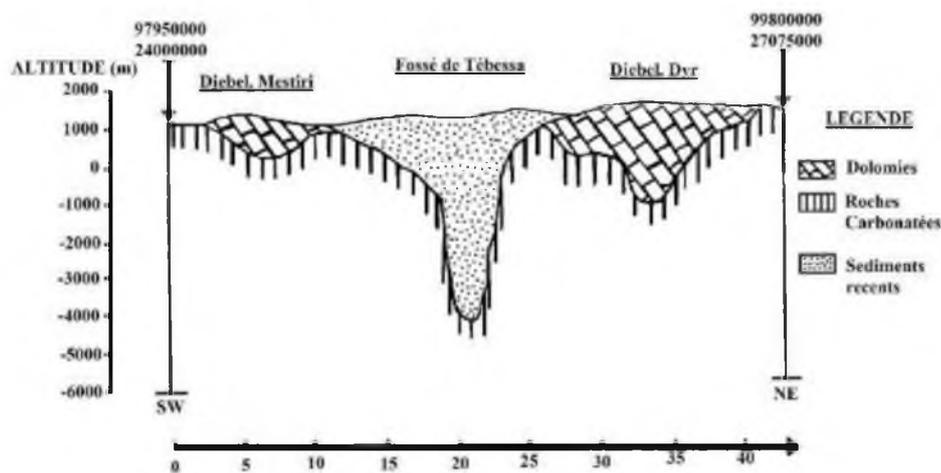


Figure 06: Profil graphique du fossé de Tébessa

(D'après de ZERDASI 1990)

Figure1 : Profil graphique du fossé de Tébessa

La plaine de Tébessa fait partie du bassin-versant de l'oued Medjerda et du sous bassin versant de l'oued Mallégué. Il s'agit d'un fossé d'effondrement entièrement recouvert de matériaux alluviaux (figure2). Il est la conséquence de mouvements récents du socle. Ce fossé prolonge celui de Kasserine, à l'est, en Tunisie, et se poursuit au nord-ouest par celui de Morsott (**Aissem GHIRIEB, 2011**).

Les oueds très encaissés laissent parfois apparaître les éléments supérieurs de la série plio-quaternaire. Les formations du remplissage présentent une très bonne perméabilité en profondeur (**Aissem GHIRIEB, 2011**).

Partie bibliographique

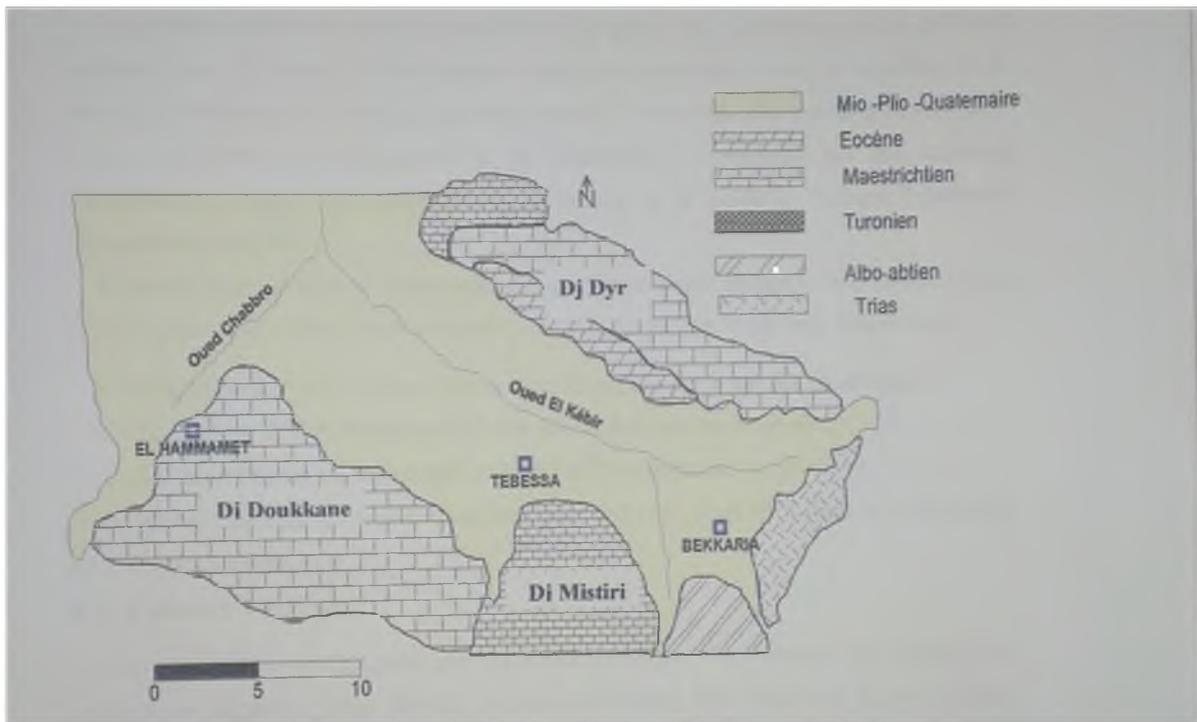


Figure 2 : Esquisse géologique de la zone d'étude (d'après la carte géographique de D. Durozoy 1956)

Tébessa est une ville qui n'a pas de barrage elle est alimentée par les eaux des forages provenant de Ani zarouge (oued Chabbro) c'est le principale oued qui alimente la ville sous forme de plusieurs fourrages (figure3).



Figure 3 : alimentation des communes du nord de la wilaya de Tébessa

Partie bibliographique

1-2-Eau potable :

La définition d'une eau potable est très malaisée .C'est en effet un terme générique qui ne peut s'appuyer un type unique, car toute eau que l'on peut consommer sans danger peut être considérée comme potable (**CARDOT, 2010**).

A cette notion de danger potentiel peut se superposer une notion d'agrément vis-à-vis du gout et même de confort (aspect, température).

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit :

- Etre raisonnablement minéralisée
- Assuré de ne pouvoir nuire à la santé
- Assuré de ne pas voir ses qualités altérées dans le temps ou par les conditions de son transport

Une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et parasites, elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée. Il s'agit en particulier de substance qualifiées d'indésirables ou toxique, comme les nitrates, phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides.

A l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme. Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire (**RIO, 2006**)

1-3- Composition chimique des eaux :

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules de H₂O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène).

Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composés solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, zones humides, roches, atmosphère, etc.) dans lesquels elle circule ou séjourne :

- quand elle tombe en pluie, elle se charge des poussières atmosphériques,
- quand elle ruisselle sur les sols (lessivage),
- quand elle s'infiltré dans le sous-sol, elle se charge des produits d'altération des roches

La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales

Partie bibliographique

et animales, mais également les activités humaines (SARDI Keltoum, 2014)

1-4 - Origine des eaux potables

a-Eaux de source, eaux minérales

-Les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine ; on parle alors d'eau potable. En Europe, les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer sont l'aération, la décantation et la filtration. Aux États-Unis, les traitements sont acceptés. Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du dioxyde de carbone dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillées.

-Les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Une eau ne peut être qualifiée en France de minérale que si elle a été reconnue comme bénéfique pour la santé par l'Académie de médecine et le Ministère de la Santé, En ce sens, c'est un aliment. Elle est d'origine profonde et de composition physico-chimique constante dans le temps, et satisfait à des exigences microbiologiques plus strictes que les autres eaux destinées à la consommation humaine (à l'émergence).

Certaines eaux très fortement minéralisées dépassent les critères législatifs de minéralisation tolérées pour les eaux brutes. Par extension, et certains composants tels que le fluor et les sulfates n'étant bénéfiques pour la santé qu'à faibles doses, il arrive qu'elles soient qualifiées de « non-potable » (SARDI Keltoum, 2014)

b- Eaux brutes

De la qualité des eaux brutes (ressource en eau avant tout traitement de potabilisation) va dépendre :

- l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable
- la filière de potabilisation appropriée.

En application du droit communautaire, les eaux superficielles destinées à la production alimentaire doivent répondre à des exigences de qualité très précises et fixés par des organismes spécialisés.

Partie bibliographique

b-1-Catégorie des eaux brutes

Les eaux brutes sont classées en trois catégories, selon l'intensité du procédé :

- Bonne qualité : traitement physique simple et désinfection (dans une « chambre de contact »)
- qualité moyenne : traitement normal physique, chimique et désinfection
- qualité médiocre : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection. (**SARDI Keltoum, 2014**)

1-5- Contrôle sanitaire de l'eau

La qualité de l'eau potable est soumise à deux types de contrôle, que son distributeur soit public ou privé :

-Un contrôle officiel, ponctuel, qui relève de la compétence des pouvoirs publics (agence régionale de santé). Il s'agit là du contrôle règlementaire fondamental ; il porte sur l'ensemble du système de distribution : points de prélèvement, stations de traitement, réservoirs et réseaux de distribution ainsi que les centres aquatique (piscines...), les campings et les restaurants.

Les échantillons d'eau prélevés aux différents points de contrôle sont analysés par des laboratoires agréés par le ministère chargé de la Santé.

La nature et la fréquence de ces analyses sont fixées par le ministère de la santé. Elles dépendent notamment de la taille de la collectivité desservie : plus celle-ci est grande, plus les contrôles sont fréquents. Suivant le nombre de châteaux d'eau ou stations d'approvisionnement d'eau potable. Cela influence sur la nature et la fréquence des analyses.

-une auto surveillance permanente par les exploitants de leurs services de distribution (régies municipales ou sociétés déléguées). Bien que peu de municipalités le pratiquent en dehors des prélèvements obligatoires, qui incombent financièrement aux communes.

La qualité du réseau influe aussi celle de l'eau selon son intégrité : Quand un réseau fuit, en cas de dépression, c'est l'eau de la nappe superficielle, éventuellement polluée ou chargée de microbes indésirables qui peut pénétrer dans le réseau (**SARDI Keltoum, 2014**).

1-6- Critères de potabilité

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts. Fixés par le ministère de la santé, les critères d'une eau "propre à la consommation" sont au nombre de 63, ils portent sur :

-La qualité microbiologique : L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

Partie bibliographique

-**La qualité chimique** : Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou " toxiques"

- Les substances indésirables : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le fluor et les nitrates) par exemple

- Les substances aux effets toxiques : Le plomb et le chrome en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles

-**La qualité physique et gustative** : L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable (**SARDI Keltoum, 2014**).

I-7-Normes des eaux potables

-Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Partie bibliographique

Tableau1 : les normes des eaux potables (OMS, 2006)

Paramètres	Unités	Valeur
pH		6 à 9
Accroissement de t° après mélange	°C	3
Température	°C	25
Oxygène dissous	% saturation	50
D.B.O	mg/l	6
Azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺	mg/l N	2
Phosphore total	mg/l P	1
Chlorures	mg/l Cl	250
Sulfates	mg/l SO ₄	150
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	ng/l (total)	100
<i>fluoranthène</i>		
<i>benzo(b)fluoranthène</i>		
<i>benzo(k)fluoranthène</i>		
<i>benzo(a)pyrène</i>		
<i>benzo(ghi)perylène</i>		
<i>indéno(1,2,3,c,d)pyrène</i>		
Chlorophénols	ng/l (par substance)	100
Substances tensioactives anioniques	mg/l	0,5
Substances tensioactives non-ioniques	mg/l	0,5
Pesticides organochlorés		
Pesticides organochlorés totaux	ng/l	30
Pesticides organochlorés par substance	ng/l	10
Polychlorobiphényles (PCB)	ng/l	7
Inhibiteurs de cholinestérase**	µg/l	0,5
Cadmium total	mg/l Cd	0,001*
Chrome total	mg/l Cr	0,05
Plomb total	mg/l Pb	0,05
Mercure total	mg/l Hg	0,0005*
Zinc	mg/l Zn	0,3
Cuivre total	mg/l Cu	0,05
Nickel total	mg/l Ni	0,05
Arsenic	mg/l As	0,05
Cyanures totaux	mg/l CN	0,05
Azote Kjeldahl	mg/l N	6
Hydrocarbures aromatiques monocycliques	µg/l	2

* Pour le cadmium et le mercure, la norme de l'AR a été remplacée par celle reprise dans la directive 76/464/CEE sur les substances dangereuses (voir ci-dessous)

**La cholinestérase est une enzyme intervenant dans la transmission de l'influx nerveux.

Les pesticides organophosphorés sont des inhibiteurs de cholinestérase.

Partie bibliographique

Tableau 2 : les normes des eaux potables (algérienne) décret exécutif N°09 du 15/12/2009

Paramètres	Norme
Chlore	0,2-0,6 mg/l
PH	6,5-8,5
Température	25°C
Turbidité	5 NTU
Nitrates	50 mg/l
Nitrites	0,1 mg/l
Azote ammoniacale	0,5 mg/l
Résidu sec	2000 mg/l
Calcium	200 mg/l
Chlorure	600 mg/l
Sulfate	400 mg/l
Aluminium	0,2 mg/l
Cuivre	1 mg/l
Fer	0,3 mg/l
Manganèse	0,5 mg/l
Cadmium	0,05 mg/l
Chrome	0,05 mg/l
Cyanure	0,05 mg/l
Fluorure	1,5 mg/l
Plomb	0,05 mg/l
Arsenic	0,05 mg/l
Mercure	0,01 mg/l
Magnésium	150 mg /l
Dureté total (TH)	500 mg/l
Potassium	15 mg/l

I-8-Les étapes du traitement de l'eau :

Pour rendre l'eau potable, on lui applique des traitements variés qui obéissent tous au même principe : éliminer les éléments de matière contenus dans l'eau par étapes successives, jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes. Tout cela se fait dans une usine d'eau potable.

Partie bibliographique

1) **Le dégrillage** : Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets

2) **Le tamisage** : C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits.

3) **La clarification** : Elle permet de rendre l'eau limpide en la débarrassant des matières en suspension qu'elle contient. On injecte dans l'eau un réactif chimique (coagulant) qui permet le regroupement de ces particules. C'est la floculation.

4) **La décantation** : Plus grosses et plus lourdes, les nouvelles particules sont envoyées dans des bassins de décantation où elles se déposent au fond.

5) **La filtration** : L'eau est ensuite envoyée dans des bassins filtrants à travers des couches de sable et de gravier, à travers des charbons actifs ou à travers une membrane. La filtration sur lit de sable élimine les derniers flocons. Elle consiste à faire passer l'eau à travers une épaisse couche de sable fin, les particules encore présentes dans l'eau sont alors retenues au fil de leur cheminement. On utilise des filtres à charbon actif. Il se forme une sorte d'éponge très poreuse qui peut retenir des molécules de toutes tailles. La filtration sur membranes est de plus en plus utilisée : elle se fonde sur l'utilisation de minces surfaces percées de pores réguliers de très petites dimensions.

6) **L'ozonation** : Epurée, l'eau est soumise à une stérilisation par l'ozone, qui va oxyder les pollutions dissoutes et éliminer tous les micro-organismes dangereux.

7) **La chloration** : 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.

2 - Classification des polluants des eaux

Selon leur origine, les polluants des eaux de surface se divisent en 3 grands groupes :

Les polluants biologiques ;

Les polluants chimiques

Et les polluants radioactifs.

2- 1 -Polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

Partie bibliographique

2- 1- 1- Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont :

le plancton et les macro-invertébrés. Les planctons, organismes vivant essentiellement en suspension dans l'eau, se composent de zoo-plancton et de phytoplancton.

Le zoo-plancton est composé de rotifères, cladocères, de copépodes, de vers, de larves de certains insectes aquatiques, tandis que le phytoplancton regroupe les champignons et les algues.

Les larves d'insectes, insectes aquatiques, les crustacées et les gastéropodes constituent la classe des macro-invertébrés. **(OMS, 1986).**

Les macro – invertébrés sont susceptibles de réduire l'efficacité des systèmes de traitement. Les organismes formant le plancton jouent un rôle important sur la qualité de l'eau. Cependant, ils perturbent le traitement en formant un « bloom » planctonique. Ils produisent des substances toxiques et hébergent des germes pathogènes pour l'homme.

Il s'avère que de plus en plus, des substances toxiques produits par certaines algues des réseaux de distribution peuvent avoir des répercussions néfastes sur la santé publique. **(OMS, 1986).**

La prolifération des algues dans les réseaux d'alimentation en eau peut altérer les qualités organoleptiques et empêcher le traitement en accroissant la demande en dichlore ce qui peut détruire la saveur et l'odeur.

Le développement anarchique des plantes aquatiques (Jacinthe d'eau) dans les cours d'eau entraîne une obstruction des voies de communication, gêne la pêche et constitue un abri et nourriture pour les vecteurs des maladies. En Inde, aux Philippines et aux USA, des expériences ont montré une corrélation entre une forte concentration d'algues bleues et des épidémies de gastro-entérites chez l'homme. **(OMS, 1986).**

2 - 1 - 2 -Les agents pathogènes

Ils comprennent : les virus, les bactéries, les parasites. Les plus courants sont liés au péril fécal.

A-Les virus

Les virus sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses. Ce sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin ou entérovirus. Ils pénètrent essentiellement dans l'eau par les effluents des égouts ou la contamination directe par les matières fécales.

Partie bibliographique

Les entérovirus peuvent produire un large éventail de syndromes, notamment les éruptions cutanées, la fièvre, les gastro-entérites, la méningite, les affections respiratoires et les hépatites. (F.VALIRON, 1991)

B- Les bactéries

-Les coliformes

Sous le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes Gram – appartenant en fait à la famille des *Entérobacteriaceae* et dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose. Le groupe des coliformes pris dans son ensemble ne présente pas une bonne spécificité ; ce sont des bactéries que l'on trouve dans l'intestin, mais qu'on peut rencontrer aussi dans d'autres environnements. (F.VALIRON, 1991)

-Les streptocoques

Dans la famille des *Streptococcaceae* bactéries Gram +, catalase -, aérobies-anaérobies facultatifs, les streptocoques se distinguent par leur forme coccoïde, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire.

Dans ce groupe, les streptocoques fécaux se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de LANCEFIELD et par le fait que leur habitat normal étant le tube digestif des animaux à sang chaud. (F.VALIRON, 1991)

C- Les parasites

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal etc.) et les caractéristiques physico-chimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes. (F.VALIRON, 1991)

-Les protozoaires

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoeba histolytica*, *Giardia sp* et *Balantidium coli* qui respectivement, transmettent l'amibiase, la giardiase et la balantidiose. Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson. (F.VALIRON, 1991)

-Les helminthes

Une grande diversité d'oeufs et de larves d'helminthes a été décelée dans l'eau de boisson. Ils ne sont pas nécessairement véhiculés par l'eau.

Partie bibliographique

Les helminthes pouvant être véhiculés par l'eau de boisson sont : *Les Trématodes* (douves), *les Cestodes* (Ténias) et *les Nématodes* (vers ronds). (SIDIBE M, 1992)

2- 2 - Les polluants chimiques

Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

2- 2 - 1 - Les sels minéraux

Les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates ; les sulfates ; les nitrites ; les carbonates etc...

Les principales sources mises en cause sont :

- les effluents industriels et urbains ;
- le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais ;
- la nature des terrains traversés.

La conséquence la plus préoccupante de la pollution par les sels minéraux est le phénomène de l'eutrophisation. Le phénomène de l'eutrophisation se déroule en deux phases :

- au cours de la 1ère phase ; les sels minéraux assurent une grande fertilité du milieu. Les phytoplanctons et les phanérogames se multiplient anarchiquement et les masses végétales mortes vont s'accumuler au fond de l'eau.
- la seconde phase apparaît avec les conséquences néfastes du phénomène. Ainsi les bactéries aérobies assurent la dégradation des matières organiques, il se crée une demande de dioxygène secondaire.

Dans ce cas on parle de pollution caractérisée par une désoxygénation des eaux, sauf dans les parties superficielles où la photosynthèse est active. (SIDIBE M, 1992)

2- 2 -2 - Les composés toxiques

Ils sont soit minéraux soit organiques ; en l'occurrence sulfates, nitrites, nitrates, chrome.

A- Les composés toxiques minéraux

Ce sont essentiellement :

- les métaux lourds (mercure, plomb, zinc, vanadium, chromeVI) ;
- les minéraux d'origine agricole (organochlorés, organophosphorés et organométalliques) ;
- les minéraux d'origine industrielle (cyanures, sulfure, etc.). (SIDIBE M, 1992)

B- Les polluants organiques toxiques

Ce sont principalement les pesticides et les détergents.

Partie bibliographique

-Les pesticides

On désigne généralement sous le nom de pesticides, tous produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement. (SIDIBE M, 1992)

D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante : les insecticides, les fongicides, les nématocides, les rodenticides, les herbicides, les acaricides.

Suivant les caractéristiques chimiques, les pesticides peuvent être classés comme suit dans le cas de l'étude des problèmes d'eau :

- les composés organochlorés, que ce soient des insecticides tels que le dichloro-diphényl-trichloréthane, lindane ou des herbicides (dérivés chlorés de phenoxyacide acide 2 – 4 dichlorophenoxyacide) ;
- les organophosphorés utilisés comme insecticides tels que le parathion, le malathion
- les composés organiques ou organométalliques dont les molécules comportent des groupements fonctionnels très variés comme les dérivés de l'urée, des triazines employés comme des herbicides, des carbamates et des dithiocarbamates utilisés comme insecticides ou fongicides.

Les sources de pollution sont :

- les industries fabricant les pesticides ;
- l'utilisation des pesticides en agriculture et santé publique ;
- le lessivage par les eaux de pluie des terrains traités. (SIDIBE M, 1992)

-Les détergents

On a l'habitude de désigner par détergent (du latin "détergere" : nettoyer), les produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels.

Chaque tensioactif a deux parties : hydrophile et lipophile. Nous avons les surfactifs anioniques.

La plupart sont des produits de nettoyage surtout d'origine pétrolière (alkylsulfates, alkylsulfonates, alkylaurylsulfates) ; les surfactifs cationiques qui possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels une fois en solution aqueuse, fournissent des ions chargés positivement (chlorhydrates d'amines ou dérivés d'ammonium quaternaire) ; les surfactifs non ioniques constitués par des molécules renfermant des groupements hydroxyles hydrophiles qui

Partie bibliographique

ne s'ionisent pas en solution et des groupements lipophiles. Enfin les surfactifs amphotères, ils s'ionisent en fonction du milieu avec les mêmes caractéristiques qu'un agent de surface anionique et cationique.

Les nuisances créées par l'utilisation des détergents sont :

- l'apparition de goût de savon ;
- la formation de mousses qui freinent le processus d'épuration naturelle ou artificielle, concentrent les impuretés et sont susceptibles de disséminer bactéries et virus
- le ralentissement du transfert et de la dissolution du dioxygène dans l'eau, même en absence de mousses, par création d'un film inter facial. (SIDIBE M, 1992)

2- 3 - Les polluants radioactifs

Ces paramètres n'ont pas fait l'objet d'analyse par manque de matériels. Il existe plusieurs types de rayonnements :

- les rayons alpha ont un pouvoir de pénétration faible et sont arrêtés par la couche superficielle de la peau ;
- les rayons bêta traversent quelques centimètres de tissus ;
- les rayons gamma sont de nature plus énergétique.

Dans le biotope naturel, il existe une quantité de rayonnement d'origine cosmique ou terrestre. En effet il y a des radioéléments naturels dont l'uranium, le radium, le thorium de la croûte terrestre et des radioisotopes biogènes K_{40} (potassium) ; C_{14} (carbone).

Les sources de pollution sont essentiellement les installations nucléaires. La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément se désintégrer spontanément. Les radioéléments sont classés en fonction de leur temps de désintégration et de leur capacité d'intégration à la matière vivante :

- les radionucléides à période brève sont moins offensifs car soit ils disparaissent vite (1 à 2 jours), soit ils libèrent de faibles quantités de radiations ;
- les radionucléides à période moyenne sont plus dangereux car ils ont le temps de s'accumuler dans l'organisme et la chaîne trophique, leur période de désintégration va d'une semaine à quelques années.
- les radioisotopes des constituants fondamentaux de la matière vivante.

C_{14} (Carbone) ; P_{32} (Phosphore) ; Ca_{14} (Calcium) sont les plus redoutables parce qu'ils sont biogènes.

Partie bibliographique

- certains éléments radioactifs présentent des similitudes avec les constituants fondamentaux de la matière vivante. Ce sont : Cs 137 (Césium) avec le potassium et Sr 90 (Strontium) avec le calcium. Sr₉₀ s'accumule dans l'os tandis que Cs₁₃₇ (Césium) s'accumule dans les muscles et à l'intérieur des cellules. (SIDIBE M, 1992).

CHAPITRE II

MATERIELS ET

METHODES

Matériel et méthode

Cette étude a été réalisée dans deux laboratoires différents, l'un au niveau de l'ADE (Algérie des eaux) de la wilaya de Tébessa et l'autre au niveau de fer foc de la wilaya de Tébessa.

Notre travail consiste à étudier certains paramètres physiques et chimiques des eaux de forage de la wilaya de Tébessa avant et après traitement (chloration).

1- prélèvement et échantillonnage :

L'eau retenue dans la présente étude est issue de trois régions de la ville de Tébessa. Le premier prélèvement provient d'Ain Zarouge (eau brute), le second d'une station de traitement et troisième prélèvement provient de l'eau de robinet de la ville Tébessa.

Tableau 3 : Les points de prélèvement des échantillons d'eaux de la ville de Tébessa

Echantillons	Points de prélèvement des échantillons d'eaux
1	Eau brute de Ain Zarouge
2	Eau traitée de station de chloration djabel jorf
3	Eau de robinet de djabal jorf

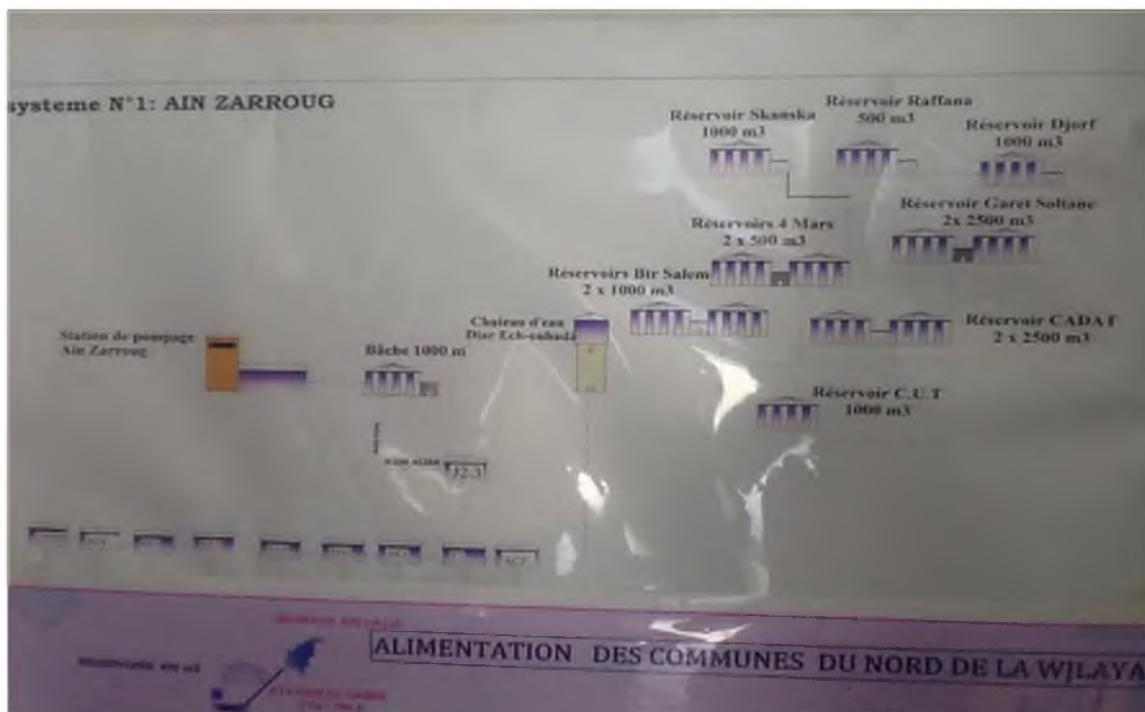


Figure 4: système d'alimentation de Ain zarroug

Matériel et méthode

2-Paramètres physiques et chimiques de la qualité des eaux souterraines:

L'appréciation de la qualité des eaux se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (**RODIER J, 2005**).

2-1 Température :

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C. L'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes (**RODIER J, 2005**).

2-2 PH :

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'anhydride carbonique, l'alcalinité et la température. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6.

Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations (**RODIER J, 2005**).

Mode opératoire :

La température est mesurée sur un thermomètre et pH-mètre de laboratoire à une électrode combinée.

- en prend une prise d'essai dans un becher de chaque eau
- en planage la sonde de le becher
- en attende la valeur stabilisée
- en prend la valeur en degré C° pour la température

Matériel et méthode



Figure 5: pH-mètre et thermomètre

2-3 Conductivités électriques, salinité, taux de salinité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 104 μS/cm = 103 S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau

En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation (**HCEFLCD, 2006**).

La salinité est la quantité de sels secs dissous dans l'eau. Elle est donnée en partie par milliers notée aussi ‰ ou psu (practical salinity unit)

Le taux de salinité est la quantité de sels secs dissous dans l'eau. Elle est donnée en milligramme par litre (mg/l) (**HCEFLCD, 2006**).

Mode opératoire :

La conductivité, la salinité, le taux de salinité est mesuré grâce à un conductimètre

- en prend une prise d'essai dans un becher de chaque eau
- en planage la sonde de le becher
- en cliquer sur le boutant de conductivité
- en attende la valeur stabilisé et prendre la valeur en μS/cm
- cliquer sur le boutant de salinité et prendre la valeur en ‰

Matériel et méthode

- cliquer sur le bouton de taux de salinité et prendre la valeur en mg/l



Figure 6: Conductimètre

2-4 Turbidité :

La turbidité indique la présence de matières en suspension dans l'eau, qui peuvent véhiculer des substances indésirables adsorbées sur les particules. Des événements comme les orages ou la fonte des neiges peuvent fortement augmenter la turbidité de l'eau brute.



Figure 7: Turbidimètre

Mode opératoire :

La turbidité est mesurée grâce à un Turbidimètre

- en rempli le flacon spatiale du turbidimètre avec l'eau en veut analyser
- en rentre le flacon dans le turbidimètre
- en clique sur le bouton de turbidité
- en lattant jusqu'au la valeur ce stabilise
- en prend la valeur en NUT

Matériel et méthode

2-5 Alcalinité TA (Titre Alcalimétrique), TAC (titre Alcalimétrique couple) :

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrates... La silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8,5 (RODIER J, 2005).

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). (RODIER J, 2005).

Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Réactifs utilisés :

-solution alcoolique de phénophtaléine à 0,5% pour préparé cette solution :

- Phénophtaléine 0,5g
- Alcool éthylique 500 ml
- Eau distillée 500 ml

-solution de méthylorange à 0,50% pour préparé cette solution :

- Méthylorange 0,5 g
- Eau distillée 100 ml

Mode opératoire :

a-détermination de TA :

prélever dans un erlenmeyer, 100ml d'eau à analyser ajouter 1 à 2 goutte de solution de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul , ce qui se produit en général pour les eaux naturelle dont le PH est inferieure à 8,3 , verser en suite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment est ce ci jusqu'à décoloration complète de la solution (PH :8,3) soit V le nombre de ml d'acide utilisés pour obtenir le virage .

b- détermination de TAC :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de vert de méthyle orange et titrer de nouveau

Matériel et méthode

avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH 4,5). Soit V' le volume d'acide $N/5$ versé depuis le début du dosage.

Retoucher de ce volume 0,5ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui un peu plus faible que le PH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.



Figure 8: dosage de TAC

2-6 Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français (RODIER J, 2005).

Réactifs utilisés :

– Solution tampon pH 10 :

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl) 67,5 g
- Solution d'ammoniaque 0,910g/ml
- Sel disodique de magnésium de l'EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$) 0,5 g
- eau 1000 ml

-EDTA, solution titré ; C (Na_2EDTA) : 10 m mol/l

- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 3,725 g
- Eau distillé 1000 ml

Matériel et méthode

-mordant noir, indicateur :

- Sel de sodium de mordant noir 0,5g
- Triethanolamine 1000 ml (en peut utiliser l'éthanol à la place de Triethanolamine)

Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon et trois gouttes de solution de mordant noir. La solution se colore en violet, le pH doit être de 10. Mélanger et doser immédiatement, ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter .verser lentement puis goutte à goutte des que la couleur de la solution commence à virer du violé au bleu .

Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA



Figure 9: dosage de TH

2-7 Dosage du Calcium Ca^{++} (Méthode tetrimétrique à l'EDTA) :

Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calccone carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

Matériel et méthode

Réactifs

- Hydroxyde de sodium : solution de 2 mol/l dissoudre 8g de NaOH dans 100 ml d'eau fraîchement distillé .
- EDTA solution titré C (Na_2 EDTA) : 10m mol/l séché une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures, dissoudre 3,725 g de sel sec dan l'eau et diluer a 1000 ml dans une fiole jaugé .
- indicateur HSN : mélangé soigneusement 0,2 g d'acide calcoue carboxylique (acide hydroxy-2-(hydroxy-2solution- 4 -naphtylazo -1)-1-naphtaléne carboxylique) ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S}, 3\text{H}_2\text{O}$) et 100g de chlorure de sodium (NaCl).

Mode opératoire :

à l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250 ml . ajouter 2 ml de la solution de NaOH et environ 0,2g de l'indicateur HSN mélanger et doser immédiatement. ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter verser lentement. Le virage est atteint 'lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout de goutte supplémentaire de la solution d'EDTA .



Figure 10: dosage de Calcium

2-8 Détermination de la dureté Magnésienne Mg^{++} :

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (RODIER J, 2005).

2-9 Dosage du Chlorure Cl^- :

Parmi les méthodes préconisées, l'argentimétrie est utilisée pour les eaux relativement claires contenant de 0,15 à 10 mg/L de chlore dans l'aliquote.

Matériel et méthode

La potentiométrie convient aux eaux colorées ou troubles pour lesquelles les virages colorimétriques peuvent être difficiles à percevoir. Elle peut être utilisée sans prétraitement en présence d'ions ferriques à condition que la teneur soit inférieure à la concentration en chlorures. Il en est de même pour les ions chrome, phosphate ferreux et les autres métaux lourds (RODIER J, 2005).

Principe (Méthode de Mohr)

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

Réactifs utilisés :

- Solution de chromate de potassium K_2CrO_4 : 10 g dissoudre dans l'eau et diluer à 100ml
- Solution de nitrate d'argent $AgNO_3$: dissoudre dans l'eau 4,791g de $AgNO_3$ séché au préalable à $105^\circ C$ et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée.

Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette introduise 100 ml d'échantillon préparé dans d'une fiole conique de 250 ml. Ajouté 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte a goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne Une couleur brun rougeâtre, un essai à blanc et traité de la même façon.



Figure11: Dosage du Chlorure

2-10 Sulfates SO_4 :

Proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006).

Matériel et méthode

Le sulfate est mesuré sur un spectrophotomètre (modèle DREEL/2000 HACH)



Figure 12: spectrophotomètre

Mode opératoire :

- en entre le numéro de programme mémorisé pour les sulfate SO_4^-
- en presse 680 **RADD/ENTR**
- l'affiche indique : **REGLER nm à 450**
- en tourne le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affiche indique : **450 nm**
- en presse : **READ/ENTER** .
- l'affiche indique : **mg/l SO_4^{-2}**
- en pipete 25 ml d'échantillon dans un flacon colorimétrique (le blanc) .
- en remplis un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon.
- en ajoute le contenu d'une gélule de sulfa Ver 4 ; et en agite jusqu'à dissolutions .
- en presse **SHIFTE TIMER**, une période de réaction de 5 minutes commence .
- lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : **mg/l SO_4^{-2}** .

2-11 Fer Fe:

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un PH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées. En l'absence de complexes, le fer ferrique n'est soluble d'une façon significative qu'à des pH inférieurs à 3. Pratiquement, les superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de 1 mg/L. En effet, sous l'action de l'air, ou par addition d'un oxydant, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble. C'est

Matériel et méthode

généralement sous cette forme qu'on le trouve dans les échantillons, sauf si le prélèvement a été pratiqué de telle façon qu'il ne se produise aucune oxydation.

Schématiquement, le fer « total » peut se retrouver à l'état de :

– fer en suspension (à l'état ferrique principalement),

– fer dissous

_ fer à l'état ferrique solubilisé, par complexation, fer à l'état ferreux. **(RODIER J, 2005).**

Le fer est mesuré sur un spectrophotomètre (modèle DREEL/2000 HACH)

Mode opératoire :

-en entre le numéro de programme mémorisé pour le fer (Fe^{++}).

-en presse 255 **READ/ENTER**.

-l'affichage indique REGLER nm à 510 .

-en touche le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique 510 nm.

-en presse **READ/ENTER** .

-l'affichage indique mg/l Fe^{++} .

-en remplis 25 ml de l'échantillon dans in cylindre graduée de 50 ml .

En ajoute le contenu d'une gélule de ferou iron ; en ferme et agite jusqu'à dissolutions complète.

-en prélève 25 ml d'échantillon : c'est le blanc

-en presse **SHIFT TIMER**, une période de réaction de 3 minutes commence .

- en mettre l'échantillon préparer dans une cuve colorimétrique, lorsque le minuteur l'affichage indique mg/l Fe^{++} .

2-11 Nitrite NO_2^- - (méthode spectrométrique) :

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{PH}=1,9$) avec la sulfamilade en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamune-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge

-Champ d'application :

La méthode est applicable à des concentration des ions nitrites de 0,005 à 10 mg /l de **NO_2^-** .

A des concentrations plus élevée, on doit opérer une dilution.

Réactifs :

Matériel et méthode

-Solution de nettoyage :

solution d'acide chlorhydrique (à $d=1,12g = 25\%$).

-Solution du réactif :

20g de sulfamide $C_6H_8N_2O_2S$ a dissoudre un mélange de 50ml d'acide phosphorique ($d=1,71g /ml = 85\%$ de masse) et 250 ml d'eau distillée .

Dans cette solution dissoudre 1g de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté Compléter avec de l'eau distillé dans une fiole jaugée à un volume de 500 ml, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et $4^{\circ}C$ au frigo.

-Solution d'acide phosphorique :

Dans une fiole jaugée de 250 ml, dissoudre 25 ml d'acide phosphorique dans 150ml d'eau distillée après refroidissement à la température ambiante. On complété à l'eau distillée à 250 ml.

-Solution standard de 100 mg/l :

Dissoudre 0,4926 g $\neq 0,0002$ de nitrite de sodium ($NaNO_2$), sécher pendant 2 heures à $105^{\circ}C$ dans 750 ml d'eau distillée compléter à 1 L.

1ml = 100 g = 0,1 mg de NO_2-N cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à $4^{\circ}C$.

-Prélèvement et préparation des échantillons

Conservé l'échantillon a $4^{\circ}C$ et effectuer le dosage dan les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, ajouter une goutte de chloroforme à l'échantillon.

Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre (**GULIAN, 1992**)

-Mode opératoire

Dans le cas d'échantillons troubles, il faut filtrer ceux-ci sur un filtre à membrane de $0,45 \mu m$. Introduire 40ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugé de 50 ml

Ajouter 1ml de la solution du réactif, bien mélanger, ajuster à 50 ml

Vérifier que le PH soit $<1,9$ (à un PH ajouter de l'acide phosphorique).

3-Paramètres microbiologique de la qualité des eaux souterraine :

Au sens de cette méthode, on entend par Coliformes des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de

Matériel et méthode

fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C.

Les Coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à $42 \pm 2^\circ\text{C}$ (HASLAY. C, 1993)

Mode opératoire :

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

- le test de présomption: réservé à la recherche des Coliformes,
- le test de confirmation : réservé à la recherche des Coliformes thermo tolérants .

A-Test de présomption.

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

- 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL D/C avec 10 ml d'eau à analysé muni d'une cloche de Durham
- 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL D/C avec 1 ml d'eau à analysé muni d'une cloche de Durham
- 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL S/C avec 0,1 ml d'eau à analysé muni d'une cloche de Durham .

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

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

B- Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Matériel et méthode

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

Escherichia coli est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

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

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ose bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma.

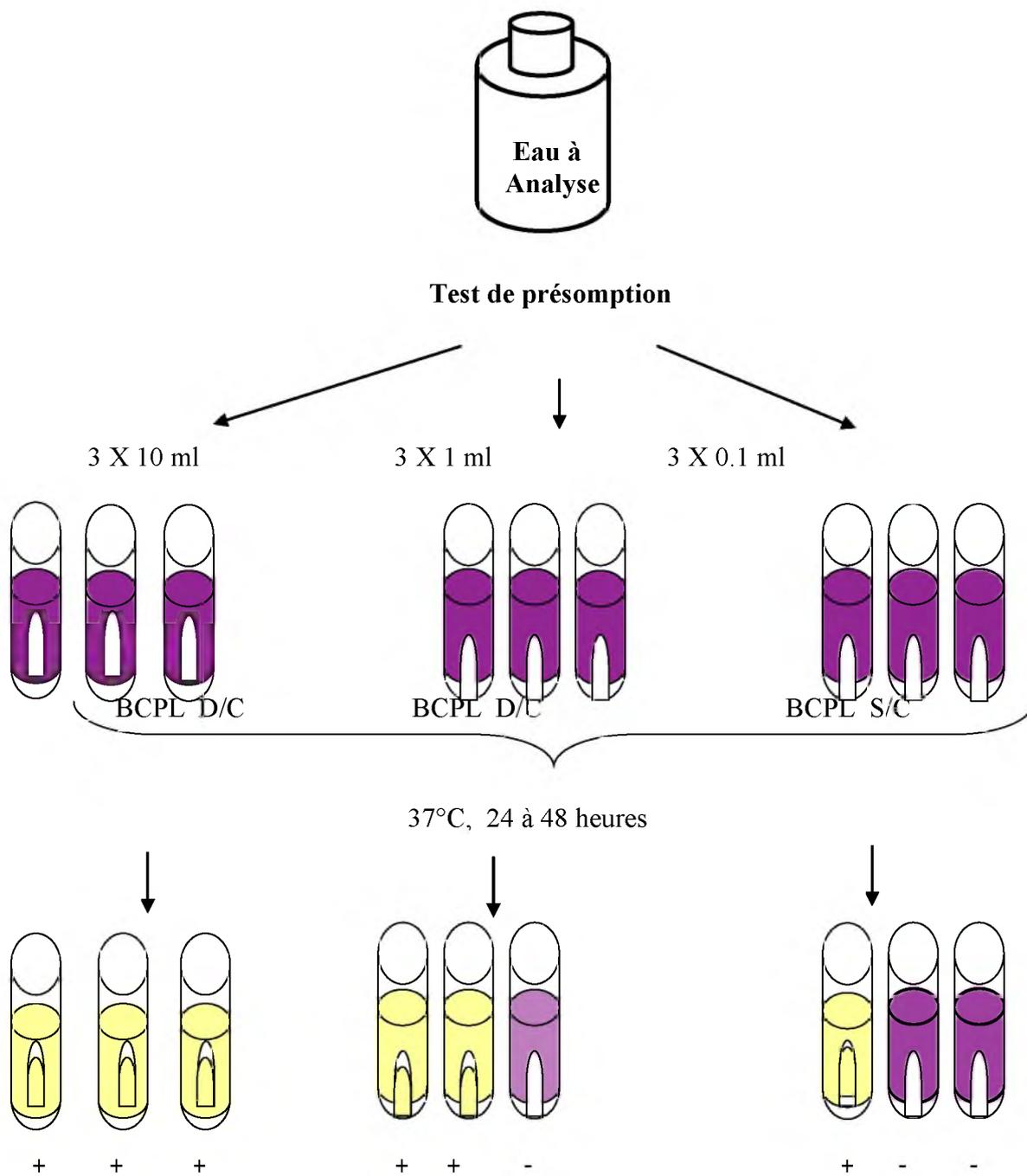
Chasser l'air éventuellement présent dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

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

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

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C (HASLAY. C, 1993).

Matériel et méthode



Matériel et méthode

Test de confirmation :

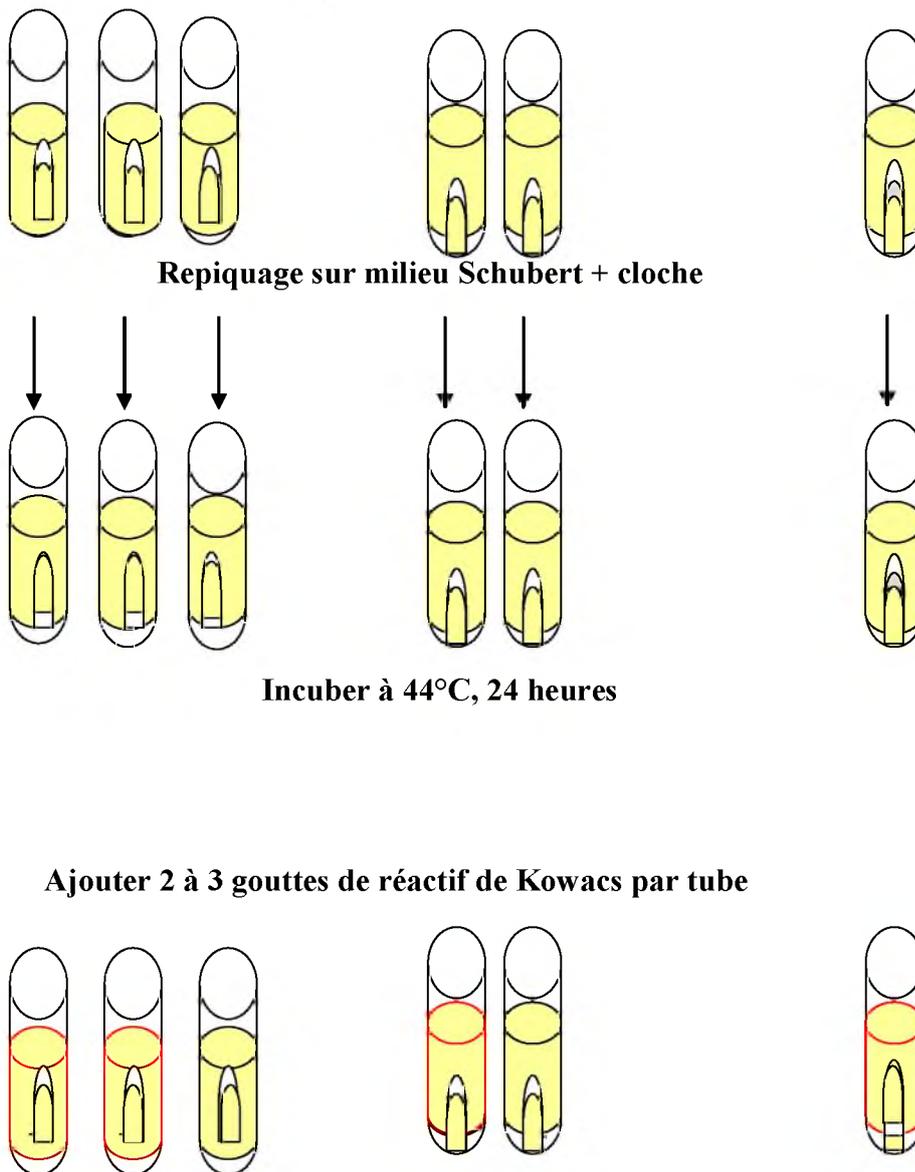


Figure 12: Schéma représentatif des différentes étapes du dénombrement des coliformes thermo-tolèrent

4- Etude statistique :

- **Statistiques descriptifs**, pour mieux décrire les différentes variables (paramètres) qui caractérise chacune des eaux étudiées, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne , qui est un paramètre de position et l'écart-type qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne ;

- **Statique analytique**, nous avons utilisés, le test de student qui consiste à comparer les moyennes de l'eau traitée pour chaque paramètre étudié avec des deux échantillons d'eaux brute et de robinet.

Matériel et méthode

NS : non significative

* significative ($p < 0,05$)

** très significative ($p < 0,01$)

*** hautement significative ($p < 0,001$)

CHAPITRE III

RESULTATS ET

DISCUSSION

Résultats et discussions

1-Caractéristiques physique et chimique

1-1PH :

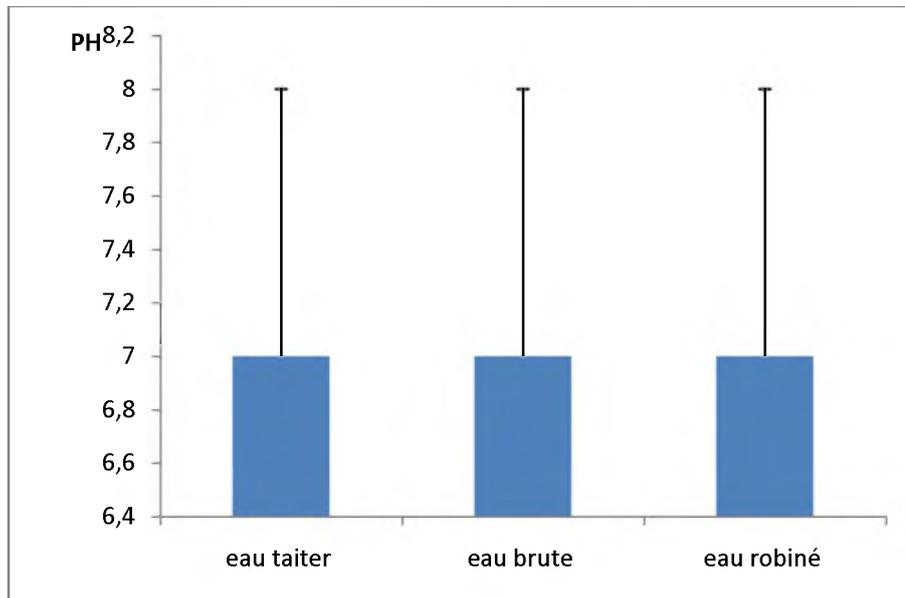


Figure 14: variation du PH pour les trois eaux

Tableau 4: étude statistique du PH (NS P > 0,05)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	7,670	± 0,316	
Eau brute	7,693	± 0,287	NS
Eau robinet	7,553	0,117	NS

Les résultats, laissent apparaître une variation de pH : 7.67 ($m \pm \delta = 0,316$) pour l'eau traitée, 7.69 ($m \pm \delta = 0,287$) pour l'eau brute d'Ain Zarrouge et un pH de 7.55 ($m \pm \delta = 0,117$) pour l'eau domestique. Les trois eaux présentent des pH neutres.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,715$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,429$ NS)

Résultats et discussions

1-2 Température :

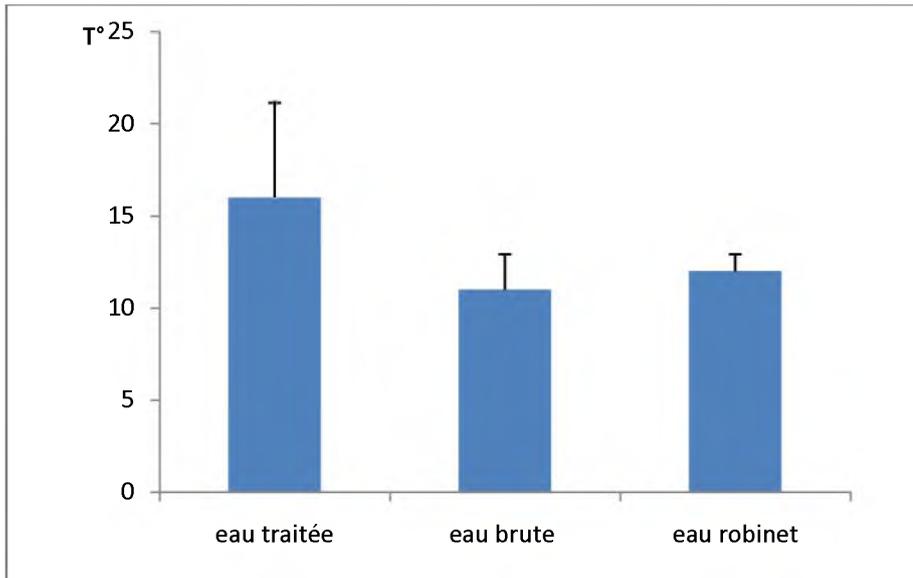


Figure 15: variation de la température en °C pour les trois eaux

Tableau 5: étude statistique de température (NS P > 0,05)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	16,40	± 5,14	
Eau brute	11,09	± 1,92	NS
Eau robinet	12,53	± 0,91	NS

Les résultats laissent apparaître une variation de température entre 16,40°C ($m \pm \delta = 5,14$) pour l'eau traitée, 11,09°C ($m \pm \delta = 1,92$) pour l'eau brute et 12,53°C ($m \pm \delta = 0,91$) pour l'eau domestique cette variation est due à plusieurs causes lors des prélèvements comme le transport, le stockage et la température du laboratoire. On remarque que les 3 eaux dans la présente étude sont dans la norme.

Résultats et discussions

1-3 Conductivité électrique :

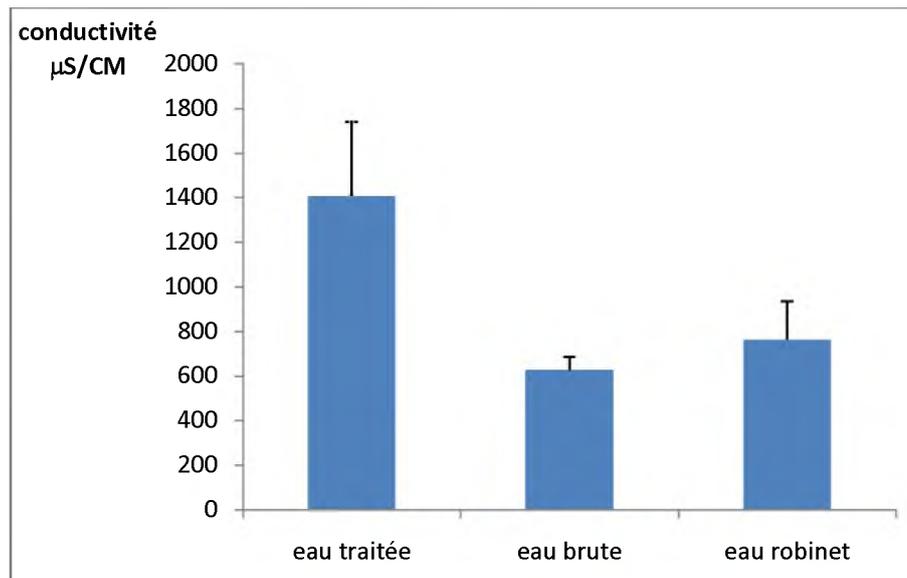


Figure 16: variation de la conductivité électrique pour le trois eaux

Tableau 6: étude statistique de la Conductivité électriques (NS P > 0,05)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	1407	± 332	
Eau brute	626	± 59	NS
Eau robinet	763	±170	NS

Les différentes conductivités électriques mesurées à 25°C des trois échantillons étudiés sont de 1407 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($m \pm \delta = 332$) pour l'eau traitée, 626 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($m \pm \delta = 59$) pour l'eau brute et 763 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($m \pm \delta = 170$).

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,068\text{NS}$) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,120\text{NS}$).

La conductivité augmente dans l'eau traitée car cette eau contient de l'eau de javèle des ions mobiles dans le champ électrique qui a été ajouté récemment par rapport à les deux autres eaux qui ont une valeur plus faible par rapport aux normes 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vu qu'il y a dissolution.

Les normes algériennes, fixent une valeur limite de conductivité de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux chargées en sels minéraux (**JORA, 2000**). Les législations européennes ne font pas état de valeur maximale admissible, mais l'on retient une limite de 1.5 g pour les résidus secs, dont l'équivalent en conductivité serait de l'ordre de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si la conductivité est supérieure à

Résultats et discussions

1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, la minéralisation est élevée (RODIER et al., 2005). Toutes les valeurs de conductivité obtenues au cours de la présente étude indiquent une minéralisation élevée.

1-4 Salinité et taux de salinité :

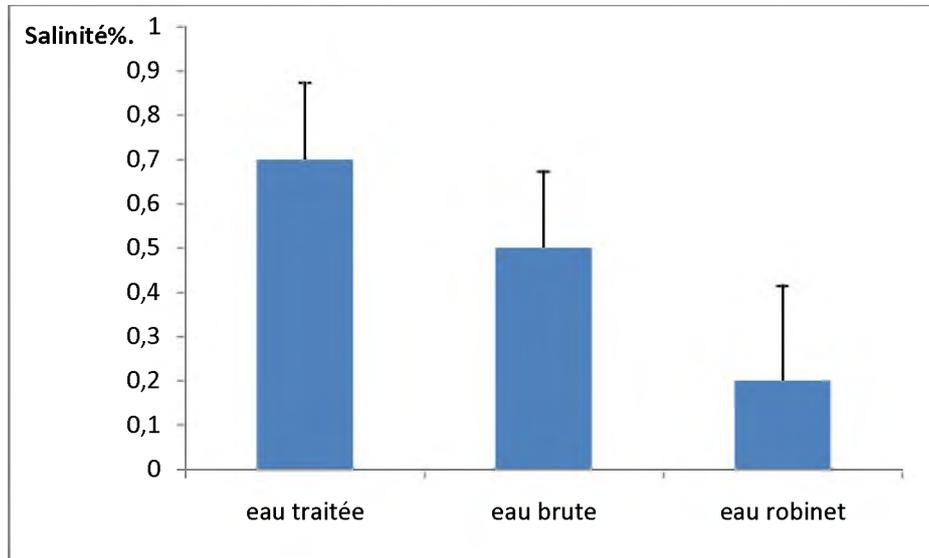


Figure 17 : Variation de la salinité (‰) pour les trois eaux

Tableau 7: étude statistique de la Salinité (‰) (***) $P = 0,00 < 0,001$ (NS $p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	0,7	$\pm 0,173$	
Eau brute	0,5	$\pm 0,173$	***
Eau robinet	0,277	$\pm 0,277$	NS

Résultats et discussions

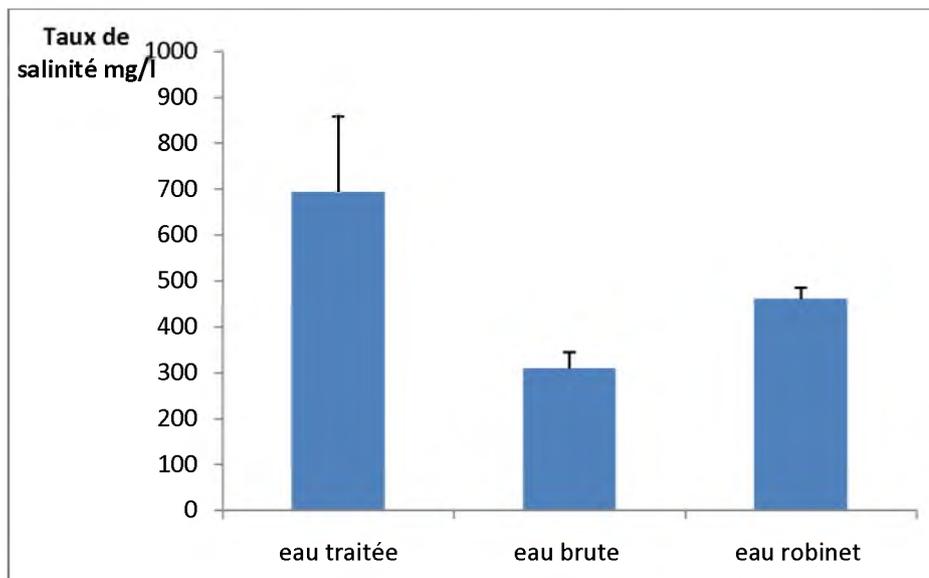


Figure 18 : Variation du taux de salinité (mg/l) pour les trois eaux

Tableau8: étude statistique du taux de salinité (mg/l) ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	693	± 165,6	
Eau brute	309,3	± 35,6	NS
Eau robinet	461,3	± 23,3	NS

Les résultats des figures ?? Montrent des valeurs de salinité et de taux de salinité allant de 0,7 ‰ ($m \pm \delta = 0,173$) et 693 mg/l ($m \pm \delta = 165,6$) pour l'eau traitée, 0,5 ‰ ($m \pm \delta = 0,173$) et 309,3 mg/l ($m \pm \delta = 35,6$) pour l'eau traité et 0,277 ‰ ($m \pm \delta = 0,214$) et 461 mg/l ($m \pm \delta = 23,5$).

Pour la salinité en comparant l'eau traitée et l'eau brute on à démontre une différence hautement significative ($p = 0,00$ ***) et une différence non significative pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,161$ NS).

Et pour le taux de salinité en comparant l'eau traitée et l'eau brute on à démontre une différence non significative ($p = 0,054$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,137$ NS).

La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl₂), etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na⁺), magnésium (Mg²⁺), chlorure (Cl⁻),.... après dissociation

Résultats et discussions

des sels. Cette salinité se mesure directement à partir de la conductivité électrique des échantillons d'eau prélevés (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et al., 2005).

Les normes pour la salinité et le taux de salinité de l'eau potable est de 1g/l et pour les 3 échantillons ce paramètre ne dépasse pas la norme fixée par l'OMS (OMS, 2004).

1-5 Turbidité :

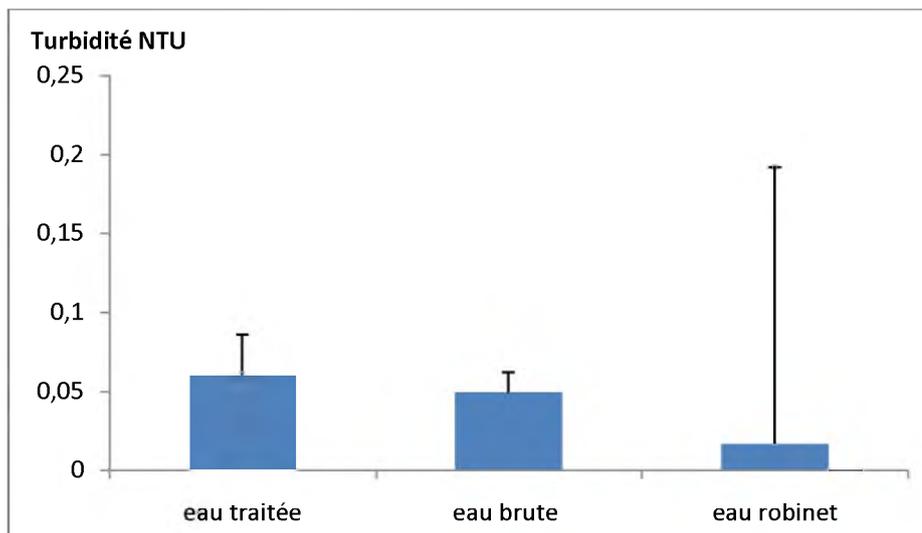


Figure 19: variation de la Turbidité pour les trois eaux

Tableau9: étude statistique de Turbidité (NTU) ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	0,06	± 0,0260	
Eau brute	0,0493	± 0,0129	NS
Eau robinet	0,168	± 0,175	NS

Les résultats de la figure 12, montrent des valeurs de turbidité allant de 0,06 NTU ($m \pm \delta = 0,0260$) pour l'eau traitée, 0,0493 NTU ($m \pm \delta = 0,0129$) pour l'eau brute et 0,168 NTU ($m \pm \delta = 0,175$) pour eau domestique.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,660$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,365$ NS).

Les normes de turbidité de l'eau potable sont assez différentes (OMS, 1965) et les normes algériennes (2000), recommandent comme valeur limitée de turbidité 5 NTU. L'OMS (1993), précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il conviendrait que la turbidité soit inférieure à 1 NTU (RODIER et al., 2005). Les valeurs de turbidité inférieures ou égales à 0.168 NTU, sont conformes aux normes. Selon (DESJARDINS, 1990);

Résultats et discussions

(KETTAB, 1992); (BOEGLIN, 2000), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité. Afin de pouvoir gérer en continu la qualité d'une eau traitée, il a été introduit la notion de concentration en résiduel de désinfectant chimique après un temps de contact donné, pour s'assurer d'une garantie de désinfection à condition que la turbidité de l'eau ne protège pas ces germes (0.3 NTU) (MONTIEL, 1999).

1-6 Titre alcalin complet (TAC) :

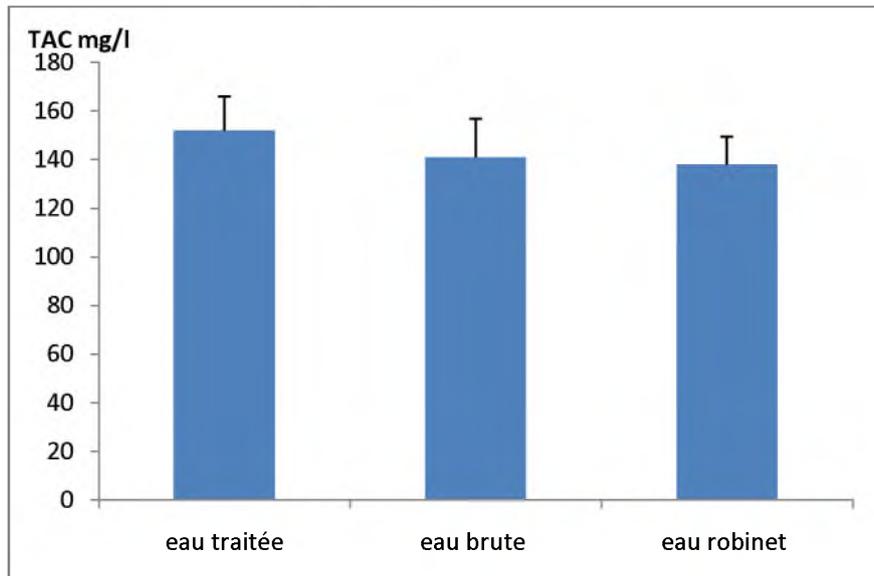


Figure 20: variation du titre alcalimétrique couple (TAC) pour les eaux

Tableau10: étude statistique de Titre alcalin complet (TAC) mg/l ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	152,67	± 14,01	
Eau brute	141,67	± 15,85	NS
Eau robinet	138,67	± 11,55	NS

Les titres alcalimétriques complets des échantillons d'eau sont de 152,67 mg/l ($m \pm \delta = 14,01$) pour l'eau traitée, 141,67 mg/l ($m \pm \delta = 15,89$) pour l'eau brute et de 138,67 mg/l ($m \pm \delta = 11,55$) pour l'eau domestique (Fig. 19).

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,233$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,139$ NS).

Le titre alcalin complet correspond à la teneur en carbonates, hydroxyle, et hydrogencarbonates; pour un pH inférieur à 8.3, l'alcalinité entraînée par l'ion CO_3^- et OH^- .

Résultats et discussions

est nulle (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Dans les eau de distribution, la concentration en OH⁻ est faible, l'alcalinité de l'eau est constituée par des hydrogénocarbonates ou par mélange de carbonates/hydrogénocarbonates (RODIER et al., 2005). Le titre alcalimétrique complet des eaux souterraines de la région de Tébessa est bicarbonaté avec un pH souvent inférieur à 8.3 (ACHOUR, 1990; TABOUCHE et ACHOUR, 2004).

1-7 Dureté totale (titre hydrotimétrique TH) :

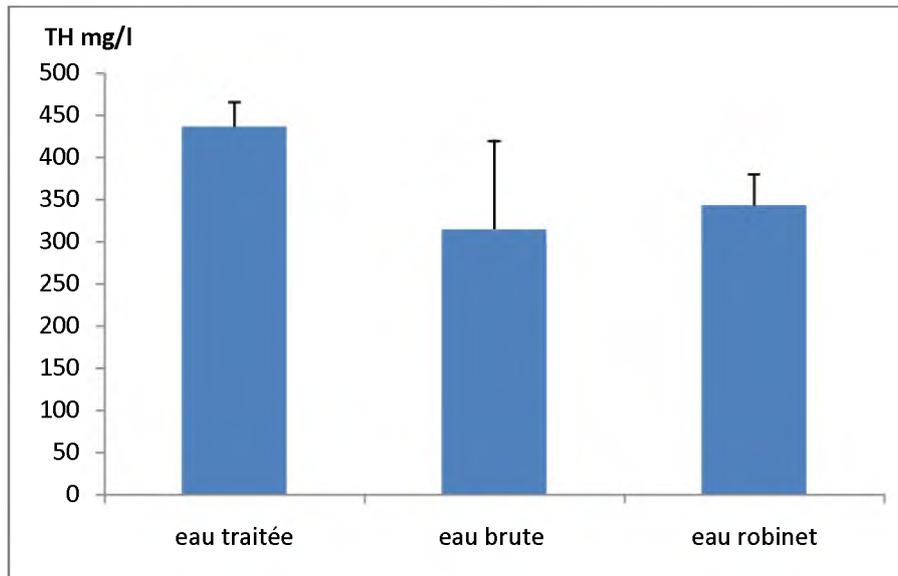


Figure 21 : Variation de la dureté totale TH pour les trois eaux

Tableau11: étude statistique de dureté totale (TH) mg/l ($p= 0,03 < 0,05$) ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	436	± 29,5	
Eau brute	314,7	± 105	NS
Eau robinet	343,7	± 36,7	*

Pour la dureté totale, nos résultats sont de 436 mg/l ($m \pm \delta = 29,5$) pour l'eau traitée, 314,7 mg/l ($m \pm \delta = 105$) pour l'eau brute et 343,3 mg/l ($m \pm \delta = 36,7$) pour l'eau domestique.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p= 0,110$ NS) et une différence significative pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p= 0,033$ *).

L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en Ca⁺⁺ et/ou Mg⁺⁺.

Résultats et discussions

La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (HAKMI, 2006). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de CaCO₃/l (RODIER *et al.*, 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

Le TH des trois échantillons indique que ces eaux on une dureté totale dans la norme 500 mg /l.

Les eaux dures peuvent limiter le transfert intestinal des ions métalliques toxiques comme le cadmium, le cuivre, le plomb, etc., contrairement aux eaux douces (RODIER *et al.*,2005).

1-7 Calcium Ca⁺⁺ :

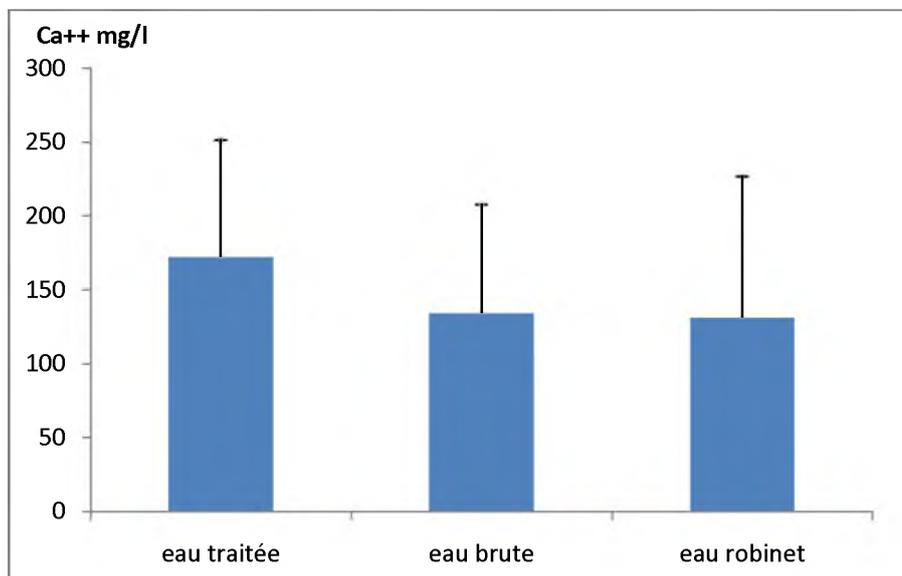


Figure 22: Variation du calcium pour les trois eaux

Tableau12: étude statistique de la quantité de calcium Ca⁺⁺ mg/l (p>0,05)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	436	± 29,5	
Eau brute	314,7	± 105	NS
Eau robinet	343,7	± 36,7	NS

Les normes algériennes de potabilité pour le calcium sont fixées à 200 mg de Ca⁺⁺/l (JORA, 2000). Et lorsqu'en compare avec la quantité de calcium dans les échantillons dans la présente étude, 172,4 mg/l ($m \pm \delta = 79,4$) pour l'eau traitée, et 134,5 mg/l ($m \pm \delta = 73,6$) au

Résultats et discussions

niveau d'eau brute, et 131,4 mg/l ($m \pm \delta = 96$) par apport à l'eau domestique alors que ces eaux (brute, traité et domestique) sont dans la norme algérienne et d'OMS.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,079$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,057$ NS).

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (**BENAMAR et al., 2011**). Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure, etc. (**RODIER et al., 2005**).

Le calcium est fréquent dans les roches sédimentaires. Il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement solubles (**DIB, 2009**). L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Des recherches et des études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau.

Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimées approximativement entre 700 et 900 mg/jour. De plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin. Les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium, présentent des inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (**RODIER et al., 2005**).

Résultats et discussions

1-8 Magnésium Mg^{++} :

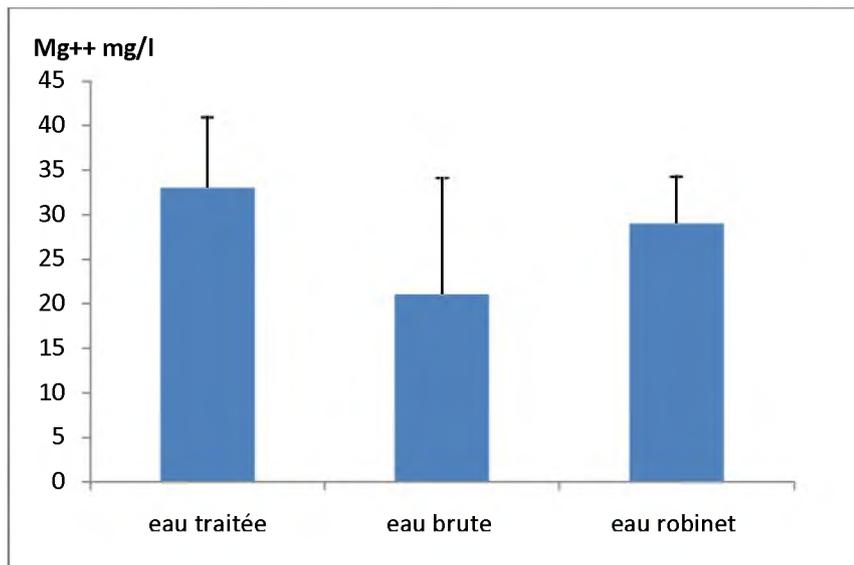


Figure 23: variation du Magnésium Mg^{++} pour les trois eaux

Tableau13: étude statistique de la quantité de Magnésium Mg^{++} mg/l ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	33,38	± 7,91	
Eau brute	21,04	± 13,07	NS
Eau robinet	29,33	± 5,25	NS

En ce qui concerne ce paramètre nos résultats démontre que pour l'eau traitée la teneur en Mg^{++} est de 33,38 mg/l ($m \pm \delta = 7,91$) pour l'eau brute elle est de 21,04 mg/l ($m \pm \delta = 13,07$) et pour l'eau domestique elle est de 29,33 mg/l ($m \pm \delta = 5,25$).

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,130$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,582$ NS).

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en Mg^{++} (DIB, 2009). et comparé avec la norme soit algérienne 150 mg/l les eaux de la présente étude ont une teneur faible.

La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/l à 20°C. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogencarbonates. Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles (BENAMAR et al., 2011).

Résultats et discussions

1-9 Chlorure Cl⁻

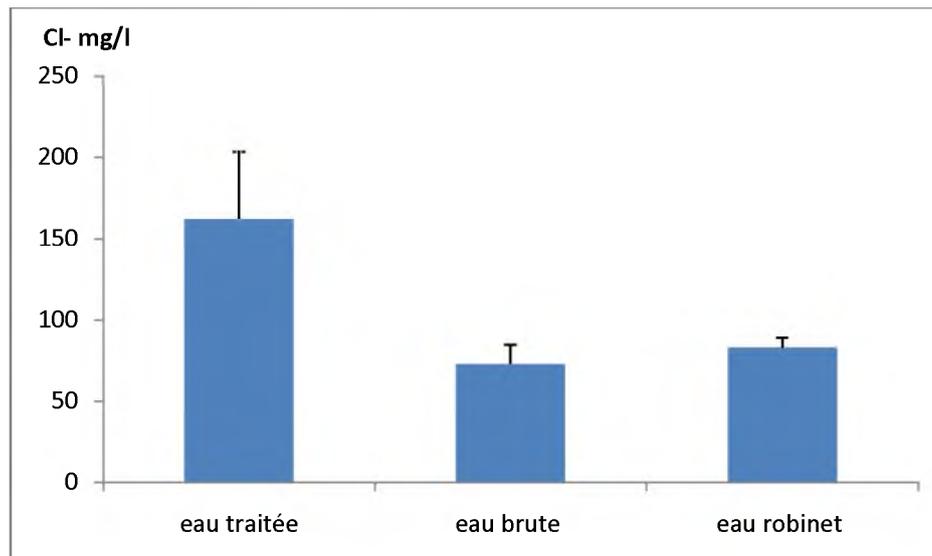


Figure 24: Variation du Chlorure Cl⁻ pour les trois eaux

Tableau14: étude statistique de la quantité de Chlorure Cl⁻ mg/l ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	162,6	± 41,5	
Eau brute	73,3	± 11,7	NS
Eau robinet	83,3	± 5,8	NS

Pour les chlorures, leur teneur est de 162,6 mg/l ($m \pm \delta = 41,5$) pour l'eau traitée, de 73,3 mg/l ($m \pm \delta = 11,7$) pour l'eau brute et de 83,3 mg/l ($m \pm \delta = 5,8$) pour l'eau domestique. Les quantités des chlorures augmentent dans l'eau traitée vu le traitement par l'hypochlorite de sodium, et se stabilisent dans l'eau brute et dans l'eau domestique.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,093$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,070$ NS).

Les normes de potabilité algériennes, fixent 200 mg/l et comme concentration maximale admissible 500 mg/l (JORA, 2000). Or nos trois points de prélèvements ne dépassent pas ces normes là. Pour (RODIER et al. 2005), les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Leurs teneurs dans les eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas de fortes pluies.

Résultats et discussions

Elles peuvent avoir comme origine, selon (DIB, 2009), une contamination par les eaux usées. L'inconvénient majeur des chlorures, est la saveur désagréable, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Pour une quantité équivalente de chlorures, la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium (RODIER et al., 2005).

1-10 Sulfate SO_4 :

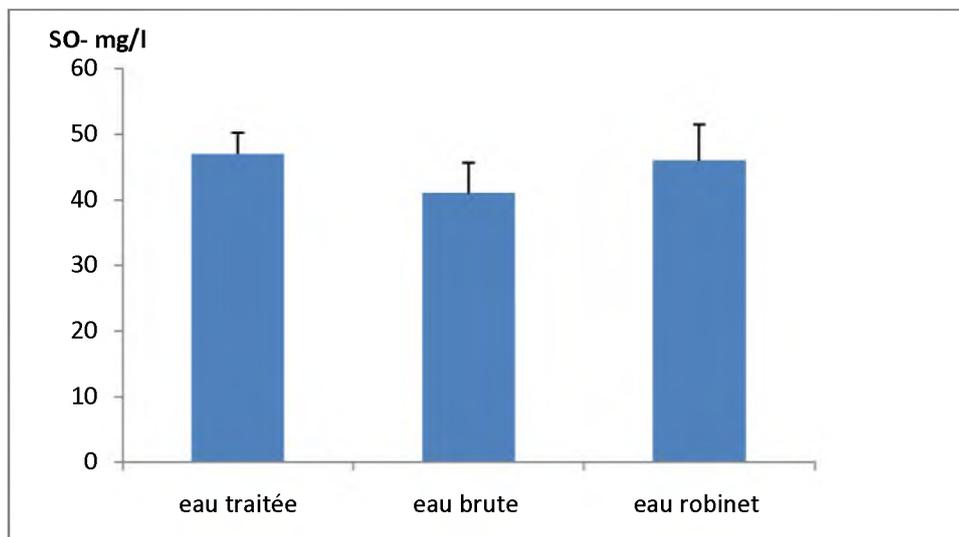


Figure 25: Variation du sulfate SO_4 pour les trois eaux

Tableau15: étude statistique de la quantité de Sulfate SO_4 (mg/l) ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	47,67	$\pm 3,21$	
Eau brute	41,00	$\pm 4,58$	NS
Eau robinet	46,67	$\pm 5,51$	NS

Les sulfates présentent des concentrations de 47,67 mg/l ($m \pm \delta = 3,21$) pour l'eau traitée, de 41,00 mg/l ($m \pm \delta = 4,58$) pour l'eau brute et de 46,67 mg/l ($m \pm \delta = 5,51$) pour l'eau de consommation.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,245$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,803$ NS).

Cette variation de concentration est souvent au-delà des normes de potabilité algériennes fixées à 500 mg/l (JORA, 2000). Il est noté une faible concentration en sulfates pour des eaux souterraines traitées de réservoir et de réseau de distribution de la région de Tébessa.

La concentration en ions sulfates des eaux naturelles, est très variable, peut être largement

Résultats et discussions

dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse (RODIER *et al.*, 2005; DIB, 2009).

1-11 Fer Fe :

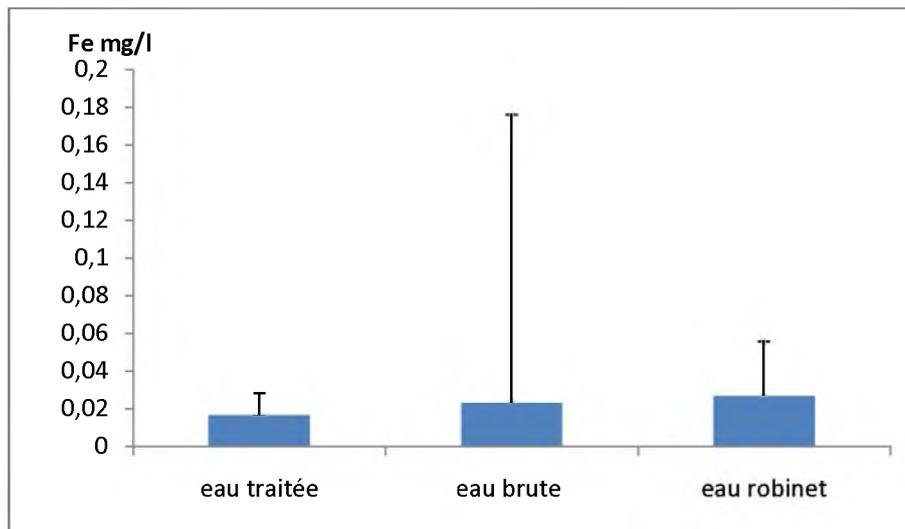


Figure 26: Variation du Fer Fe pour les trois eaux

Tableau16: étude statistique de la quantité de Fer Fe mg/l ($p > 0,05$)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	0,01667	± 0,0115	
Eau brute	0,02333	± 0,0152	NS
Eau robinet	0,0267	± 0,0289	NS

Le Fer présentent des concentrations allant de 0,016mg/l ($m \pm \delta = 0,0115$) dans la station de traitement, à 0,023 mg/l ($m \pm \delta = 0,01528$) pour l'eau de Ain Zarouge , à 0,026 mg/l ($m \pm \delta = 0,0289$) dans l'eau de robinet.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence non significative ($p = 0,635$ NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet ($p = 0,678$ NS).

Cette variation de concentration est souvent au-delà des normes de potabilité algériennes fixées à 0,3 mg/l (JORA, 2000).

Il est noté une faible concentration en Fer pour des eaux souterraines traitées de réservoir et de réseau de distribution de la région de Tébessa.

La concentration en ions Fer des eaux naturelles, est très variable, peut être largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse (RODIER *et al.*, 2005; DIB, 2009).

Résultats et discussions

1-12 Nitrite (NO₂)

Tableau17: étude statistique de la quantité de Nitrite NO₂ mg/l (p<0,001)

Eau	Moyenne	Ecart-type	Significativité
Eau traitée	0,00	± 0,00	
Eau brute	0,00	± 0,00	***
Eau robinet	0,00	± 0,00	***

Au niveau des trois échantillons d'eaux traitée brute et domestiques analysés en remarque une absence totale des nitrites et même s'ils existent, ce sont des taux ne dépassant pas 0,021 mg NO₂ -/l.

En comparant l'eau traitée et l'eau brute on a démontré une différence hautement significative (p= 0,00 NS) et idem pour l'eau traitée et l'eau de robinet (p= 0,00 NS).

La limite de consommation algérienne est fixée à 0,1 mg NO₂ -/l (**JORA, 2000**). Pour (**RODIER et al., 2005**), en l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. Les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (0.01mg NO₂-/l).

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante des bactéries (phénomène de la dénitrification) (**RODIER et al., 2005; DIB, 2009**).

Une eau qui renferme des nitrites, est considéré comme suspecte car elle est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (**RODIER et al., 2005**). Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure (**HAKMI, 2006**). Pour interpréter les résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates, en azote ammoniacal, en matière organique et l'examen bactériologique (**RODIER et al., 2005**).

Pour ce qui est des nitrites, la dose journalière acceptable (DJA) établi par l'OMS (1995), est de 0,02 mg azote total/kg/jour (0,06 mg de NO₂ -/kg/jour), qui est basée sur la prévention d'un risque non cancérigène. Pour une personne de 70 kg, la DJA est équivalente à la consommation, de près de 6 litres d'eau ayant une concentration en nitrates de 10 mg azote total /l (**CHAUSSE et al., 2003**).

Résultats et discussions

2- Caractère microbiologique :

2-1 Coliforme totaux :

Dans le tableau 18, sont consignés les résultats des analyses microbiologiques des trois eaux de la présente étude.

Il est noté après incubation des tube de BCPL dans l'échantillon d'eau domestique un dégagement de gaz dans les cloches et trouble dans le milieu (virage de couleur) dans deux tubes pour les tube de 10 ml et pour les tube de 1ml il noté que Un tube positif , et pour les tubes de 0,1ml il noté un tube positif et d'après le table de Mac Grady l'indice NPP est 20. Comme $NPP > 10$ l'eau est de mauvaise qualité bactériologique.

Tableau 18 : Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau domestique

3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes 0,1 ml	Indice NPP
2	1	1	20

Même pour l'eau brute (Ain zarouge) il noté un tube positif pour les tubes de 10 ml et 2 tubes positif pour les tubes de 1ml , et d'après la table de Mac Grady l'indice NPP est 11 et comme $NPP > 10$ l'eau est de mauvaise qualité bactériologique .

Tableau 19: Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau brute

3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes 0,1 ml	Indice NPP
1	2	0	11

Et en à remarqué que il ya une absence totale de coliforme totaux pour l'eau traité et comme indice $NPP = 0 < 10$ l'eau est de bonne qualité bactériologique.

Tableau 20 : Dénombrement des coliformes totaux pour l'eau traité

3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes 0,1 ml	Indice NPP
0	0	0	0

Résultats et discussions

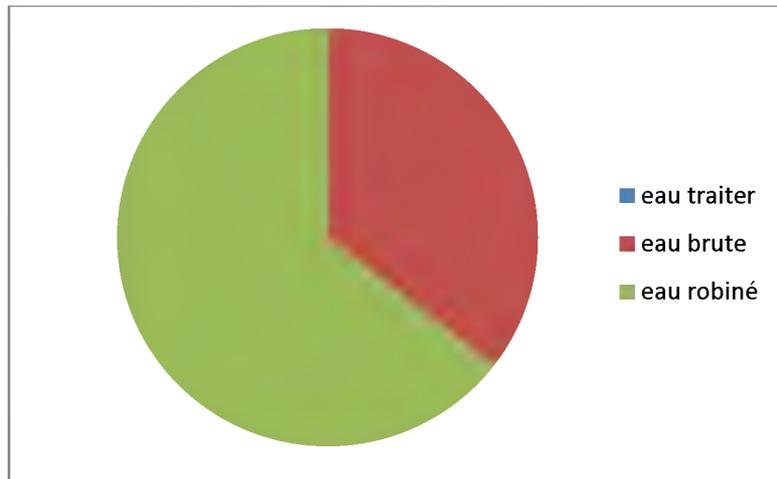


Figure 27: variation de coliforme totaux dans les trois échantillons

D'après la figure 27 on a remarqué la grande quantité de coliforme totaux est dans l'eau domestique malgré que ce eau est distribuée par la station de traitement au niveau de la quelle il ya absence totale de germe la contamination est survenue au niveau des canalisations à été et les réseaux inférieure de distributions.

Un réseau de distribution n'est malheureusement pas un simple outil de transport de l'eau potable (**CELERIER et FABY, 1998; GAUTHIER, 2002**). Il se comporte comme un réacteur biologique dans lequel toutes les conditions sont réunies (**LEVI, 1995; SIBILLE, 1998**). Dans le réseau, se forme également un biofilm, le problème majeur avec cette forme de vie, est qu'elle confère une résistance importante à différents stress: UV, toxicité de métaux, dessiccation, déplétion en nutriments et surtout aux antibiotiques (**COSTERTON et al., 1999**).

Le biofilm constitue une source inépuisable de bactéries qui peuvent être relarguées périodiquement dans le réseau, ce qui explique que la concentration en microorganismes puisse être plus élevée qu'au départ de la station de traitement (**MAUL et al., 1989; FIGARELLA et LEYRAL, 2002**).

Dans certaines conditions dont l'augmentation de la vitesse de circulation de l'eau ou un changement du sens de l'écoulement, des parties importantes de biofilm peuvent se détacher, provoquant une augmentation importante de la concentration microbienne (**MAUL et al., 1989**).

2-2 Coliforme fécaux :

Les coliformes fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés dans la

Résultats et discussions

Zone de Ain zarouge et la station de traitement et de la distribution jusqu'au robinet du consommateur.

Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation **(JORA, 2000)**.

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés **(CHEVALIER, 2003b)**. L'OMS (2004), énonce que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

Ils sont sensibles au traitement de désinfection et ce micro-organisme doit être totalement absent de l'eau de boisson.

CONCLUSION

Conclusion

L'analyse physico-chimique laisse apparaitre que les trois zones d'études, l'eau de forage de Aine Zarouge et l'eau traitée de la station de traitement et l'eau de robinet de la ville de Tébessa sont conforme aux normes algériennes et de l'OMS sauf que il ya une contamination au niveau du réseau de distribution.

Pour une caractérisation complète des eaux souterraines de la ville de Tébessa, des études complémentaires doivent etre réalisées pour éviter certains risques de pollution et de contamination, ainsi que la détermination de certains paramètres de pollution chimique comme les métaux lourds et de pollution hygiéniques tel que les parasites et les virus, doivent être étudiés profondément.

Il est à noter aussi que les biofilms qui colonisent les conduites d'alimentation en eau potable, méritent une attention particulière.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

ACHOUR S., 1990. La qualité des eaux du Sahara Septentrional en Algérie. Etude de l'excès en fluor. Tribune de l'eau, Cebedeau, 42 (542): 53-57.

Aissame GHRIEB, 2011. L'acquisition de la salinité des eaux souterraines en zone semi aride. Cas de la nappe du bassin d'effondrement de Tébessa dans le nord est algérien, Université de Tébessa Master 2 option hydrologie. P 5, 6, 7.

BENAMAR N., MOUADIH N., BENAMAR A., 2011. Étude de la biodiversité et de la pollution, dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.

BOEGLIN J.C., 2000. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. Techniques, de l'ingénieur, 24 p.

CELERIER J.L., FABY J.A., 1998. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE, Office International de l'Eau SNIDE, Paris, 98 p.

CHAUSSE K., PHANEUF D., LEVALLOIS P., GSSE, 2003. Nitrates/Nitrites-
Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 12 p.

CHEVALIER P., 2003. Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé Humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.

COSTERTON J. W., STEWART P. S., GREENBERG E. P., 1999. Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. Science Journal 21 May 1999: Vol. 284 N° 5418 : 1318- 1322.

DESJARDIN R., 1990. Le traitement des eaux. 2ème édition revue, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 304 p.

DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C. 2005

Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

DIB I., 2009. L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.

EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A., 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 5, N°1: 37-68.

FIGARELLA J., LEYRAL G., TERRET M., 2007. Microbiologie générale et appliquée. Ed. Delagrave, Paris, 217 p.

FIGARELLA J., LEYRAL G., 2002. Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

F.VALIRON- J.MONGELLAZ, 1991 Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu Techniques vivantes Agence de Coopération Culturelle et Technique ISBN : 92.9028.108.4

JORA, 2000. Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne N°51, 20 août 2000, Alger, 4 p.

HAKMI A., 2006. Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie Oran, 48 p.

HASLAY.C et LECLERC. H, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier. Paris.

HCEFLCD, 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.

GAUTHIER F., 2002. Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution.

GULIAU, BOLLET, 1992, contrôle bactériologique de l'eau à l'hôpital, manuel de bactériologique clinique.

KETTAB A., 1992. Traitement des eaux, les eaux potables. Ed. Office des publications universitaires, Alger : 7-29

LEVI Y., 1995. Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable. Ed. Technique Science et Méthode, N°3 : 240-245.

MAUL A., VAGOST D., BLOCK J.C., 1989. Stratégie d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseau de distribution d'eau, méthodes et programmes informatiques, Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris : 1-9.

MONTIEL A., 1999. Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.

OMS, 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

OMS, 1986 Directives de la qualité de l'eau de boisson Volume 2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui Genève.

RICHARD C., 1996. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Edition Scientifiques et Médicales Elsevier, Paris, 115 p.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

RODIER J., 2005 L'analyse de l'eau Eaux naturelles - eaux résiduelles - eaux de mer 9è Edition Dunod Parie

SARDI Keltoum, 2014. Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1 er Novembre, Mémoire de Master, Faculté de chimie, Département de chimie physique , Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf, P3, 4, 5,6.

SIBILLE I., 1998. Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. Année biologique, n°78 : 117-161

SIDIBE M.,1992 Etude de quelques aspects physico-chimiques de la pollution du fleuve Niger à Bamako et à Koulikoro Thèse de pharmacie, ENMP, Bamako.

ANNEXE

Annexe

	Traité		Brute		Robinet	
	M	Ecart type	M	Ecart type	M	Ecart type
PH	7.670	0.316	7.693	0.287	7.553	0.117
T°	16.40	5.14	11.09	1.92	12.53	0.91
Conductivité	1407	332	626	59	763	170
Salinité	0.7	0.173	0.500	0.173	0.277	0.214
Taux de salinité	693	165.6	309.3	35.6	461.3	23.5
Turbidité	0.0600	0.0260	0.0493	0.0129	0.168	0.115
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	152.67	14.01	141.67	15.89	138.67	11.55
TH	436.0	29.5	314.7	105.0	343.3	36.7
Ca	172.4	79.4	134.5	73.6	131.4	96.0
Mg	33.38	7.91	21.04	13.07	29.33	5.25
Cl	162.6	41.5	73.3	11.7	83.3	5.8
Sulphate	47.67	3.21	41.00	4.58	46.67	5.51
Fer	0.01667	0.0115	0.02333	0.01528	0.0267	0.0289
Nitrite	0	0	0	0	0	0

Annexe

Tabele de Mac Grady

Indice NPP

Combinaison de résultats positifs obtenus avec trois portions de 10 ml, trois portions de 1 ml et trois portions de 0.1ml

Nombre de flacons donnant une réponse positive			Indice NPP
03 tubes de 10ml	03 tubes de 1ml	03 tubes de 0.1ml	
0	1	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	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	29
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400

- Si l'indice NPP < 10 → L'eau est de bonne qualité bactériologique

-Si l'indice NPP > 10 → L'eau est de mauvaise qualité bactériologique