

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

Hydrobiologie marine et continentale

Option : Eau, Environnement et Santé publique

Thème

*Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux
brutes et traitées au niveau des stations de traitement de Sidi Amar et
Mazafran*

Soutenu par:

M^{me} Chachou Asma

M^{elle} Fahem Fedoua

Devant le Jury :

Mme Radi .N

MAA

U.S.D. Blida

Présidente

Mme El Mahdi. I

MAA

U.S.D. Blida

Examinatrice

Mme Belmeskine. H

MCB

U.S.D. Blida

Promotrice

Année Universitaire 2016-2017

المخلص

يهدف هذا العمل الى دراسة المعايير الفيزيوكيميائية و الباكثيريولوجية للمياه الخام و معالجتها في محطة المعالجة للمياه الصالحة للشرب بسيدي عمر و مازافران, و يتطلب هذا النهج متابعة لمدة اربعة اشهر (فيفري- ماي2017).

اثبتت نتائج التحاليل للمياه الخام و المعالجة بان المعايير الفيزيوكيميائية تتماشى مع المقاييس المحددة من طرف الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية(2011) و المنظمة العالمية للصحة (1991), كما اثبتت الدراسة الباكثيريولوجية بان مياه الخام دو نوعية رديئة (وجود الكلوستريديوم). و مع ذلك تشير نتائج المياه الصالحة للشرب الى جودة مرضية وفقا للمعايير التي تقدمها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية(2011) و المنظمة العالمية للصحة (1991).

الكلمات المفتاحية

مياه الخام, المياه المعالجة, التحاليل الفيزيوكيميائية, التحاليل الباكثيريولوجية.

Chapitre III : Présentation des stations de traitement des eaux potables

III.1. Présentation de la station de Mazafran

Située à 32 km de l'est d'Alger entre Tessala El Mardja et Koléa, la station de Mazafran présente une organisation classique et commune aux stations de traitements d'eau potable. Bien que chaque station ait un ton spécial et unique ; celle de Mazafran à la particularité d'être composée de deux filières de traitement à savoir la filière Virgo et la filière Lind qui fonctionnent en parallèle dans un même but, celui de la production de l'eau potable. Sa capacité totale de traitement est de 100 000 m³ d'eau potable par an.

III.2. Présentation de la station de Sidi-Amer

Cette station est située à environ 1Km du barrage de Boukerdane. Elle est alimentée par une conduite en amiante-ciment de 800mm de diamètre. Mise en service depuis 1996, elle est constituée de deux unités. Sa capacité totale de traitement est de 200 litres par seconde.

Des échantillons d'eau sont analysés périodiquement pour s'assurer que l'eau potable qui circule dans le réseau d'alimentation répond aux normes de qualité des eaux potables.

LISTE DES ABREVIATIONS

ASR : Anaérobies Sulfite-Réducteurs.

BEA : Bile Esculine Azide.

BK : Boukerdane

BR : Bouroumi

CF : Coliformes fécaux.

CT : Coliformes totaux.

EB : Eau brute.

EDTA : Sel disodique d'acide éthylène diamine tetracétique

ET : Eau traitée.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

mgO₂/l : Milligramme oxygène par litre.

MO : Matière organique.

N : Normalité.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé..

RS : Résidu sec.

SAA : Secours Alimentaires du grand Alger

SF : Streptocoques Fécaux

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TCC : Triphényl-Tétrazolium.

TH : Titre Hydrométrique.

Liste des tableaux

Tableau I : Classification des eaux selon la conductivité	8
Tableau II : La potabilité en fonction des résidus secs.....	9
Tableau III : Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents.....	16
Tableau IV : Résultats des moyennes mensuelles d'azote ammoniacal.....	35
Tableau V : Résultats des moyennes mensuelles de phosphore.....	36
Tableau VI : Résultats des moyennes mensuelles de Nitrites.....	37
Tableau VII : Résultats des moyennes mensuelles de TH.....	40
Tableau VIII : Résultats des moyennes mensuelles de Fer.....	44
Tableau IX : Résultats des moyennes mensuelles de manganèse.....	44
Tableau X : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau brute (Mazafran).....	47
Tableau XI : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau traitée (Mazafran).....	48
Tableau XII : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau brute (sidi Amar).....	48
Tableau XIII : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau traitée (sidi Amar).....	49

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation.....	6
Figure 2 : Variation des moyennes mensuelles du pH en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).....	31
Figure 3: Variation des moyennes mensuelles de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	32
Figure 4 : Variation des moyennes de la turbidité (NTU) en fonctions du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).....	33
Figure 5 : Variation des moyennes mensuelles de matière organique (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	34
Figure 6 : Variation des moyennes mensuelles de nitrate (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	36
Figure 7: Variation des moyennes mensuelles du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	38
Figure 8 : Variation des moyennes mensuelles du Magnésium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	39
Figure 9: Variation des moyennes mensuelles du chlorure (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	41
Figure 10: variation des moyennes mensuelles du bicarbonate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).....	42
Figure 11 : Variation des moyennes mensuelles du sulfates (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).....	43
Figure 12 : Variation des moyennes mensuelles du Aluminium (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).....	46
Figure 13: Principale source d'approvisionnement en eau potable à Alger et Tipaza.....	51
Figure 14 : Résultats du sondage concernant la saveur de l'eau de robinet.....	52
Figure 15 : Résultats du sondage concernant l'odeur de l'eau de robinet.....	53

Figure 16 : Résultats du sondage concernant la coloration de l'eau de robinet.....	54
Figure 17: Résultats du sondage concernant le traitement de l'eau du robinet avant consommation.....	55
Figure18: Résultats du sondage concernant les maladies causées par la consommation de l'eau du robinet.....	56
Figure 19 : Résultats du sondage concernant la qualité de l'eau du robinet.....	56

SOMMAIRE

Résumé

Liste des abréviations

Liste de tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Différentes origines d'eau.....	3
I.1.1 Eaux de surface	3
I.1.2 Eaux souterraines.....	3
I.2. pollution de l'eau	4
I.3. procédés de traitement des eaux brutes de surface.....	5

Chapitre II : Eau potable et paramètres de potabilisation de l'eau

II.1. Eau potable.....	7
II.2. paramètres physicochimiques	8
II.3. Paramètres de pollutions.....	12
II.4. Minéralisation globale	13
II.5. Paramètres indésirables	15
II.6. Paramètres bactériologiques.....	16
II.7. principales maladies à transmission hydrique	19

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Présentation des stations de traitement des eaux potables

III.1. Présentation de la station de Mazafran.....	21
III.2.Présentation de la station de Sidi-Amer	21

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV. 1. Matériel.....	25
IV.2.Méthodes.....	25
IV.2.1. Méthodes de prélèvement.....	25
IV.2.2. Détermination des paramètres physico-chimiques.....	27
IV.2.3. Détermination des paramètres de pollution.....	30
IV.2.4. Détermination de minéralisation globale.	33
IV.2.5. Détermination des paramètres indésirables.....	39
IV.2.6.Analyses bactériologiques.....	41
IV.2.7. Détermination des paramètres organoleptiques (le sondage).....	47

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	31
V.1.1. Paramètres physiques.....	31
V.1.2 Paramètres de pollution.....	34
V.1.3 Minéralisation globale.....	38
V.1.4.Paramètres indésirables.....	44
V.1.5 Résultats des analyses bactériologiques.....	47
V.1.6.Résultats du sondage.....	51

Conclusion.....	55
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Notre travail a pour objectif d'étudier les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute et traitée au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer et Mazafran. Cette approche a nécessité un suivi de quatre mois (Février-Mai 2017).

Les résultats d'analyses des eaux brutes et traitées révèlent que les paramètres physico-chimiques représentent une conformité aux normes tolérées (JORA 2011) et (OMS, 1991)

L'étude bactériologique a révélé que les eaux des deux barrages (eaux brutes) présentent une mauvaise qualité pour Clostridium Sulfito-Réducteur. Cependant, les eaux traitées indiquent une qualité satisfaisante selon les normes données par le journal officiel des eaux potables (JORA 2011) et (l'OMS, 1991)

Mots clés :

Eaux brutes, eaux traitées, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

Abstract

Our work aims to study the physicochemical and bacteriological parameters of raw water and treated at the Sidi Amer and Mazafran drinking water treatment plant. This approach required a four-month follow-up (February-May 2017).

Results from raw and treated water analyzes show that physico-chemical parameters represent compliance with tolerated standards (JORA 2011) and (OMS, 1991)

The bacteriological study revealed that the waters of the two dams (raw water) present a poor quality for Clostridium Sulfito-Reducer. However, the treated water indicates a satisfactory quality according to the standards given by the official drinking water journal (JORA 2011) and (OMS, 1991)

Keywords:

Raw water, treated water, physic-chemical analysis, bacteriological analysis.

المخلص

يهدف عملنا إلى دراسة البكتريولوجية للمياه الخام ومعالجتها في محطة سيديعامر ومزافران لمعالجة (مياه الشرب). ويتطلب هذا النهج متابعة لمدة أربعة أشهر (شباط / فبراير - أيار / مايو 2017

وتبين نتائج تحليل المياه الخام المعالجة أن المعلمات الفيزيائية والكيميائية تماثل الامتثال للمعايير المقبولة (جورا 2011) و (منظمة الصحة العالمية، 1991

وكشفت الدراسة البكتريولوجية أن مياه السدودين (المياه الخام) تقدم نوعية جيدة لكلوستريديوم مسولفيتو المنخفض. ومع ذلك، تشير المياه المعالجة إلى جودة مرضية وفقاً للمعايير التي تقدمتها المجلة الرسمية لمياه الشرب (جورا 2011) و (منظمة الصحة العالمية، 1991

الكلمات المفتاحية

مياه الخام - المياه المعالجة - التحليل الفيزيوكيميائية - التحليل البكتيريولوجية.



Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions **LE BON DIEU** qui nous à donné le courage et la volonté afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont principalement à **Dr. BELMESKINE.H**, qui nous a toujours accueillis à bras ouverts et à tout moment, de nous avoir assisté le long de la réalisation du travail, qu'elle trouve ici nos sincères gratitudees et nos profondes reconnaissances pour tous les efforts qu'elle a déployé dans ce sujet, ainsi que de sa compréhension et de sa patience.*

Nous remercions les membres du jury :

***Mme RADIN**, de vouloir bien examiner ce travail et présider le jury.*

***Mme ELMAHDI.I**, d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

Nous adressons également nos sincères remerciements, à tous nos enseignants du département de Biologie et physiologie Cellulaire pour leurs efforts dans notre formation tout au long du cursus universitaire.

*Par la même occasion nous remercions l'ensemble du personnel du laboratoire de **SEAAL** de Mazafran spécialement **Mme SALMI LILIA**.*

Nous tenons à remercier très sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire par leurs conseils et leurs encouragements.





DÉDICACE

Au nom d'Allah, tout Miséricordieux, le très Miséricordieux

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail que je dédie :

A mes chères parents qui m'ont soutenue pour aller jusqu'au bout de mes ambitions, Pour leur immense affection et tendresse à mon égard et leurs prières.

Que Dieu les garde et les protège pour nous

A mes chers frères et ma chère sœur

A tous mes beaux neveux

A toute ma famille

A tous mes amis et mes collègues

A ma chère binôme ASMA et toute sa famille.

Fedoua





DÉDICACE

En premier, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail que je dédie :

A la mémoire de mon cher père,

A ma source de vie,

*A toi chère mère **Bouhdjeur Zohra**, je n'aurais jamais pu réussir sans tes prières. Je te savais patiente et indulgente avec un caractère d'acier.*

*A mon cher mari **Mouhamed** qui m'a aidé, aimé, soutenu dans tout mon itinéraire d'étude.*

*A mon petit ange **Mahdi***

*A mon cher frère **Mouhamed** tu es mon confident et mon soutien moral et ta femme **Sonia** et à votre fils **Ayoub**.*

Toute ma famille sans exception

*A ma chère binôme **Fedoua** et toute sa famille*

*A mes meilleures copines **Lamis, Salima, laila**.*

*A tous les êtres que j'aime et qui m'aiment
veuillez tous accepter mes hautes salutations et considération.*



Introduction

L'eau est l'élément naturel indispensable à la vie et à la satisfaction des différents besoins humains (**Bouziati, 2006**). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (**Bernard C., 2007**). En effet, l'eau est à l'origine de la vie sur la terre (**Zella, 2007**).

En Algérie, la demande en eau connaît un accroissement important pour répondre à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels ; la ville, l'industrie et le périmètre d'irrigation. En plus de la rareté de l'eau, les sécheresses s'étant accrues, la mobilisation des eaux superficielles par la construction de barrages et des retenues collinaires devient indispensable (**Habila, 2002**).

Il faut rappeler que l'eau est une source de richesse et bien-être pour l'être humain, elle peut être la cause de pauvreté, de malnutrition et de famines, si elle venait à manquer ou si elle subit des altérations (**Bouziati, 2006**). Il semble donc que le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont indispensables pour la protection de l'environnement et de la santé des consommateurs.

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

La station de traitement de l'eau brute destinée à la consommation est sous une pression croissante pour produire une eau potable de bonne qualité et à plus faible coût. Ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement.

C'est dans cette optique que nous nous sommes proposés de réaliser une étude comparative des paramètres physicochimiques, bactériologiques des eaux brutes provenant du :

- 1) barrage de Boukerdane et traitées au niveau de la station de Sidi Amar qui alimente les régions de Hadjout, Cherchal et Sidi Amar.
- 2) barrage de Bouroumi et traitées au niveau de la station de Mazafran qui alimente des régions de la wilaya d'Alger : Baba Hassen, Bouzarea et Draria.

Introduction

A la fin , nous avons évalué les paramètres organoleptiques des eaux traitées.

Notre travail est réparti comme suit :

- Dans une première partie, une Synthèse bibliographique qui englobe les caractéristiques générales de l'eau de consommation et les normes applicables aux eaux destinées à l'alimentation humaine est présentée. Les différentes techniques de traitements des eaux de surfaces qui permettent d'obtenir une eau potable ainsi que les différentes maladies à transmission hydriques sont aussi présentées.
- Dans une deuxième partie (partie expérimentale), une étude qualitative et quantitative des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques est effectuée.
- En dernier lieu, une partie réservée à la présentation des résultats et leur discussion.

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Différentes origines d'eau

Lorsque l'on aborde le sujet de la ressource en eau, il faut avant tout distinguer les eaux souterraines des eaux de surface dites aussi superficielles. Bien qu'il s'agisse d'une même ressource circulant dans les bassins versants, une importante différence est faite entre les deux quant au mode d'exploitation, au rythme de renouvellement et aux protections dont elles bénéficient (**Garaud,2009**).

I.1.1 Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (**Degremont ,2005**).

La composition chimique des eaux de surfaces dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants (**Bliefret et Perraud,2001**).

Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable, la pollution rendant souvent impropre à l'utilisation en absence d'un traitement préalable (**Boeglin, 2003**).

I.1.2 Eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot, 1999**).

I.2. La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de la vie et l'équilibre du milieu aquatique (**Brémude et al., 2006**).

Les principales sources de pollution des eaux de surface ou souterraines sont d'origine domestique et urbaine, agricole et industrielle.

I.2.1. Pollution domestique et urbaine

Les usages quotidiens de l'eau à la maison génèrent des eaux usées. Aux eaux domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluie et les eaux collectives de lavage des rues, des marchés, des commerces, etc. Elles peuvent être responsables de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation ainsi que le développement de l'eutrophisation dans les rivières (**Brémaude et al., 2006**).

I.2.2. Pollution agricole

Les pollutions d'origine agricole restent les premières responsables de la dégradation de la qualité d'une grande partie des eaux superficielles et souterraines, ces dernières étant particulièrement vulnérables. Les nitrates et les pesticides sont souvent longs à être décantables (dizaines d'années) puisqu'ils se manifestent généralement après un temps d'accumulation dans le sol, contrairement aux eaux de surfaces qui sont rapidement touchées par des pollutions ponctuelles et accidentelles (**Brémaude et al., 2006**).

I.2.3. Pollution industrielle

Les rejets industriels sont caractérisés par leurs très grandes diversités renfermant des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et /ou organique, parfois toxiques même à très faibles concentrations (**Brémaude et al., 2006**).

I.3. Les procédés de traitement des eaux brutes de surface

Les ressources en eau douce de surface comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient énormément de pollutions qui la rendent non potable ; l'élimination de ces polluants est indispensable. Dans ce but l'eau brute va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable (**Valentin,2000**).

I.3.1. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour le traitement ultérieur. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface (**Valentin, 2000**).

I.3.1.1.Préchloration

Elle consiste à faciliter la coagulation et éliminer les germes de l'eau (effet germicide). La détermination de sa concentration est primordiale car une dose trop forte amène à l'eau une saveur désagréable et une dose trop faible donne une désinfection insuffisante (**Rodier et al., 2005**).

I.3.2. Coagulation-Floculation

Son principe consiste à annuler les charges électriques des particules qui maintiennent la suspension à l'état colloïdal par addition de sels minéraux cationiques ou de poly-électrolytes organiques. Les particules perdent leur charge électrique : c'est la coagulation, puis s'agrègent : c'est la floculation, suivie de la décantation (**Vilaginés, 2010**).

I.3.3. Décantation

Elle a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité. La vitesse de décantation est fonction de la vitesse de chute des particules qui elle-même est fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules. Elle peut être accélérée par centrifugation (**Vilaginés, 2010**).

I.3.4. Filtration

C'est un procédé de traitement au cours duquel l'eau passe à travers d'une couche de matière poreuse (AFNOR, 2005). Elle représente donc le moyen physique pour extraire de l'eau les particules non éliminées préalablement lors de la décantation. De façon générale, un filtre aura une longévité entre deux lavages d'autant plus importante que les traitements préalables auront été efficaces (coagulation-floculation-décantation) (Valentin, 2000).

I.3.5. Désinfection

C'est un traitement visant à éliminer les microorganismes pathogènes, algues, les bactéries, les virus et parasites. C'est un moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. La désinfection est assurée par des oxydants chimiques tel que le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone et dans certains cas par procédés physiques comme le rayonnement UV (Cardot, 2002).

II.1. Eau potable

L'eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Elle doit être limpide, sans odeur et douce. Sa dureté doit être comprise entre 8 et 15°F et doit être de bonne qualité biologique. Elle ne doit pas contenir des parasites ou des germes pathogènes, ni présenter d'odeur ou de saveur désagréable, ni de coloration ou de turbidité. Afin de définir précisément sa qualité, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être nocives à l'homme. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs (CNRS, 2010).

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (Hébert et Légaré, 2000).

Les eaux potables ne doivent pas contenir de micro-organismes, de parasites ou toute autre substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes et doivent être conforme aux limites de qualité pour les paramètres qui peuvent entraîner des risques immédiats ou à plus long terme pour la santé du consommateur (Arsac, 2006).

II.3. Les paramètres physicochimiques :

Il existe de nombreux paramètres qui permettent de qualifier les éléments physiques (Ex. : température, pH) ou chimiques (minéralisation,...). Plusieurs indicateurs de la charge polluante, résultant des activités humaines, sont également suivis (Ammonium, Nitrates) (Marc *et al.*, 2007).

II.3.1. Paramètres physiques

II.3.1.1. La température (T°)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH, etc. (Rodier *et al.*, 2005).

II.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ($\text{pH} < 7$) ou son alcalinité ($\text{pH} > 7$). Les eaux minéralisées (TAC et TH) ont généralement un pH légèrement alcalin, alors que les eaux contenant des teneurs élevées en matières organiques naturelles peuvent présenter des variations de pH très importantes (Bernard, 2015).

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. (Rodier et al., 2005).

II.3.1.3. La turbidité

En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique, qui trouble l'eau, c'est donc une notion opposée à celle de limpidité (Degremont, 2005).

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (Rodier et al., 2005).

II.3.1.4. La conductivité électrique et taux de sels dissous :

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous et la résistance qu'elle oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance peut s'exprimer de deux manières : la résistivité ou son inverse, la conductivité. La conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en espèces minérales généralement ionisées) et varie en fonction de la température (Graindorge, 2015). Une conductivité élevée traduit soit des pH loin de la neutralité, soit une salinité élevée. Elle varie en fonction de la température (Degremont, 2005).

Tableau 2 : Classification des eaux selon la conductivité (Rodier et al., 2005)

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

II.3.1.5. Le résidu sec

Parmi les éléments présents dans l'eau en quantité notable on trouve les ions. Ce sont ces éléments qui déterminent la minéralisation de l'eau. Après une évaporation à 100-105°C d'une eau débarrassée de ses matières en suspension, on obtient un résidu sec dont le poids est presque égal à la somme des poids des ions déterminés par l'analyse chimique complétée. Le résidu sec donne une idée sur la teneur des sels minéraux présents dans l'eau. Sa valeur ne saurait dépasser 1.5g dans les eaux de surface (**Drouiche, 2006**).

Tableau 3: la potabilité en fonction des résidus secs (Rodier et al., 2005).

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

II.4. Paramètres de pollutions

II.4.1. Matières organiques (MO)

Sa présence dans les eaux de consommation n'est pas directement liée à un risque particulier pour la santé humaine, mais elle risque de réagir avec les composés halogènes et donner des sous-produits indésirables ou toxiques comme les chloroformes, bromoformes et d'autres trihalométhanes qui ont un fort pouvoir mutagène, voir cancérogène (**Celerier et al., 2002**).

II.4.2. Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension sont toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les limons, les sables, les matières organiques et minérales de faibles dimension. La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (**Rodier et al., 2005**).

Synthèse bibliographique

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (**Degremont, 2005**).

II.4.3. L'azote ammoniacal (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons du cycle de l'azote (**Graindorge, 2015**).

Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates (**Celerier et al., 2002**).

L'ion ammonium est un acide faible dont la base conjuguée est NH_3 . C'est sous forme NH_4^+ que l'azote ammoniacal est toujours présent dans les eaux (son dégazage nécessite un pH élevé) (**Bernard, 2015**).

II.4.4. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée qui est souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote globale ou azote total avec une autre composante, l'azote organique (**Rodier et al., 2009**).

Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, il varie de 1 à 15 mg/l (**Rodier et al., 2005**).

II.4.5. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites présentent souvent de faibles teneurs dans les eaux naturelles. Ils proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammonium (**Cornaz, 2004**).

Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (**Graindorge, 2015**).

II.4.6. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Dans les eaux, le phosphore se trouve principalement sous forme d'orthophosphate. Le phosphate est la forme sous laquelle le phosphore peut être assimilé par les êtres vivants. (**Barroin, 2003**).

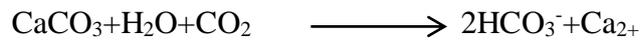
II.5. Minéralisation globale

II.5.1. Chlorures (Cl⁻)

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Une eau à concentration élevée en chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau (**Lounnas, 2009**).

II.5.2. Bicarbonate (HCO₃⁻)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique (**Debeiche, 2002**), selon la réaction suivante :



II.5.3. Calcium (Ca²⁺)

Le calcium est un élément de la dureté de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe à l'état de bicarbonates et en quantités faibles. Les eaux chargées de calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargées sont douces (**Degremont, 2005**).

La présence des Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄) (**Debeiche, 2002**).

II.5.4. Magnésium (Mg²⁺)

C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Ainsi il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau (**Rodier et al, 2005**).

À partir de certaines teneurs, le magnésium donne à l'eau un goût désagréable. Il se trouve dans l'eau sous les mêmes formes que le calcium, il possède les mêmes inconvénients et rend l'eau dure (**Degremont, 2005**).

II.5.5. Sulfate (SO_4^{2-})

Composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium, la plupart des sulfates sont solubles dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfates, volatilisés dans l'air en hydrogène sulfuré (H_2S), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants (**Graindorge, 2015**).

La concentration des sulfates est très faible, dans la plupart des eaux douces. Elle peut atteindre 30 à 50 mg/l dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de minéraux sulfatés (**OMS, 2000**).

II.5.6. Oxygène dissous

On considère qu'une eau est polluée lorsque la concentration en O_2 dissous est située au-dessous d'une certaine valeur limite ; car la consommation d' O_2 dans l'eau est principalement due à des substances polluantes qui sont microbiologiquement désagréables (**Bliefert et al., 2001**).

II.5.7. Titre hydrotimétrique (TH)

La dureté, ou titre hydrotimétrique (TH), d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés (**Graindorge, 2015**).

II.5.8. Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

Les teneurs relatives du TA et TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates alcalins et alcalinoterreux contenus dans l'eau :

- Le TA assure la détermination, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celles en carbonates ;

- Le TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonate (**Degremont, 2005**).

II.6. Paramètres indésirables

II.6. 1. Fer (Fe^{2+})

Le fer est le quatrième élément le plus abondant après l'oxygène, le silicium et l'aluminium (Gaillard, 2001).

La présence de fer dans l'eau de robinet peut être le signe d'une coagulation défectueuse, d'un mauvais contrôle du pH, d'une crevasse de filtre ou d'une anomalie dans le processus de traitement (Graindorge, 2015).

II.6. 2. Aluminium (Al^{3+})

L'aluminium est un composé abondant de l'écorce terrestre que l'on retrouve dans l'eau, les aliments (Vilaginés, 2010). L'acidification de ces derniers par les pluies acides, a augmenté la quantité d'aluminium sous forme Al^{3+} libre dans l'environnement (Caudron, 2006).

Une des causes les plus courantes de la présence d'aluminium dans l'eau est l'emploi de sels d'aluminium lors de l'étape de coagulation-floculation-décantation préalable à la décantation et/ou la filtration lors du traitement des eaux, pour éliminer la couleur ou la turbidité. Ces sels nécessitent des conditions de pH très précises qui, si elles ne sont pas respectées, sont à l'origine de fuites d'aluminium soluble dans les eaux traitées (Graindorge, 2015).

II.6. 3. Manganèse (Mn^{2+})

Le manganèse est présent dans les eaux à l'état soluble (ions Mn^{2+} , souvent sous forme de carbonates ou bicarbonates), en suspension, ou sous forme de différent complexe, mais non à l'état libre. Sa solubilité dépend du pH, de l'oxygène dissous, de la présence d'agents complexant (Graindorge, 2015).

Ce métal ne présente pas de risque majeur pour la santé humaine, mais il peut poser des problèmes dans les eaux de consommation lors de son oxydation lente et sa précipitation dans le réseau de distribution (Lassalli-kaiser, 2008)

II.7. Paramètres bactériologiques

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau potable n'est pas d'effectuer l'inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont

Synthèse bibliographique

susceptible d'être pathogène, soit ce qui est souvent plus aisé, celle qui sont en plus grand nombre en particulier dans l'intestin de l'homme, et sont par leur présence indicatrice de contamination fécale (**Rodier et al., 2005**).

Une eau est dite conforme en bactériologie quand les indicateurs de contamination (*Escherichia coli* et *Entérocoques*) sont absents dans 100ml d'eau. D'autre part, l'absence de Coliformes, de spores et des bactéries Sulfito-réductrices sert de référence de qualité (**ARS, 2011**).

II.7.1. Coliformes totaux

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae (**Delarras, 2003**). Ce sont des bactéries à Gram négatif, non sporulée, aéro-anaérobies ou anaérobies facultatifs capables de se multiplier en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose avec production de gaz à une température de 35 à 37°C (**Gadin-Goyon, 2002 ; Delarras, 2007**).

Ils sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécales (**Archibald, 2000 ; CEAEQ, 2000 ; Edberg et al., 2000**).

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, Entérobactérie, *Escherichia*, *Klebseilla* et *Serratia*. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que rares bactéries pathogènes opportunistes (**Chevalier, 2003**).

II.7.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux mais leur température d'incubation est de 44°C (**Gadin-Goyon, 2002 ; Delarras, 2003**).

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale (**Chevalier, 2003**). *Escherichia coli* n'est pas directement pathogène car elle supprime des bactéries nuisibles dans l'intestin. Cependant elle est productrice de

vérottoxine qui provoque des diarrhées hémorragiques (**Boucaud-Maitre et al., 2001 ; Miquel, 2003**).

II.7.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux (ou streptocoques du groupe D ou entérocoques) sont des bactéries aérobies-anaérobies facultatives, à Gram positif qui se présentent sous forme de coques en courtes chaînes. Ils ont la capacité de croître à une température entre 10 et 45°C, à un pH alcalin de 9,6 dans une solution contenant 6,5 de NaCl, ces caractéristiques sont utilisées pour leur identification (**Chevalier, 2002**).

Dans l'eau, ils sont témoins de contamination fécale, car ils ont tous un habitat fécal, mais leur spécificité n'est pas identiques pour toutes les espèces (**Bonnefoy et al., 2002**)

Les entérocoques se caractérisent par une grande résistance à des conditions de milieux hostiles. Cette particularité est utilisée pour leur mise en évidence au laboratoire (**Gadin-Goyon, 2002**)

La résistance dans l'eau des entérocoques est supérieure à celle des salmonelles, ce qui permet de considérer que leur absence dans l'eau est un bon critère de potabilité sur le plan microbiologique (**Gadin-Goyon, 2002**)

Selon les directives des communautés européennes, les eaux d'alimentation ne doivent présenter aucun streptocoque fécal ni coliforme thermotolérant dans 100 ml d'eau (**Bonnefoy et al., 2002**).

II.7.4. Clostridium Sulfito-Réducteur

Les Clostridium Sulfito-réducteurs sont des bacilles Gram positif anaérobies stricts capables de sporuler réduisant les sulfites en sulfures (**Cavallo et al., 2002**).

Hôtes nombreux de l'intestin, ils peuvent également être d'origine tellurique (**Pourcher, 2007**). Dans les eaux, les formes sporulées, plus résistantes que les formes végétatives permettent de déceler une contamination fécale ancienne. Elles sont mises en évidence par culture à 37°C en 2 heures (**Bonnefoyet et al., 2002**).

Les spores de Clostridium perfringens ont une résistance qui se rapproche de celle des micro-organismes fécaux les plus résistants (**Hanon et al., 2011**).

Synthèse bibliographique

II.7.5. Salmonella

Les salmonelles possèdent les caractères généraux de la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles Gram négatif, souvent mobile par ciliature péritriche, non sporulés, anaérobie facultatives, fermentent le glucose avec ou sans production de gaz, possédant une catalase positive, oxydase négative et H₂S positif sauf certaines souches de salmonella paratyphi A (CEAEQ, 2011).

Les salmonelles peuvent être présentes dans les eaux destinées à la consommation humaine : dans les eaux douce (y compris les eaux potables et les nappes phréatiques) ainsi que l'eau de mer (Rodieret *al.*, 2005).

Il en existe deux types selon leur pathologie, les salmonelles typhiques qui provoquent la fièvre typhoïde et les salmonelles non typhiques responsables de gastro-entérites (Vaubourdolle, 2007).

Maladies origine bactérienne	Agents pathogènes
Légionellose Fièvres typhoïde et paratyphoïde Dysenterie bacillaire Choléra	<i>Legionella pneumophila</i> <i>Salmonella typhi</i> et <i>paratyphi</i> <i>A et B</i> <i>Shigella dysenteriae</i> <i>Vibrio cholerae</i>
Origine parasitaire Amibiase Bilharzioses	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Shistosoma</i> <i>haematobium, S.mansoni</i>
Origine virale Poliomyélite Hépatite A Hépatite E	Entérovirus. Virus de la poliomyélite Virus d'hépatite A (HVA) Virus d'hépatite E (HVE)

II.7.6. *Vibrio cholerae*

Les vibrions cholériques appartiennent à la famille de Vibrionaceae. ce sont des bacilles à Gram négatifs, incurvés en virgule , parfois isolés ou groupés par deux ou plus, mobiles grâce à la présence d'un cil polaire unique, non sporulés et non capsulés. Ils ont un métabolisme aérobie préférentiel , oxydase positive , se développant bien dans l'eau (température $> 15^{\circ}\text{C}$) , dans les milieux humides , alcalins (pH > 8) et salés (**Avril *et al.*, 2000 ; Delarras, 2006 ; Konate , 2006**) .Ils provoquent une maladie diarrhéique strictement humaine qui est le choléra (**Bonhomme, 2003**).

II.8. Les maladies à transmission hydrique

A l'échelle mondiale, la mortalité par les maladies à transmission hydrique reste un problème majeur de santé publique (**Caselliet *al.*, 2002**).

Les agents biologiques pathogènes pour l'homme peuvent être d'origine bactériologique, parasitaire ou virale, et peuvent être à l'origine de nombreuses maladies, entre autre : le choléra, la fièvre, les hépatites virales et les salmonelloses (**Coulibaly, 2005**)

Tableau 4 : Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents (Caselli *et al.*, 2002)

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Au cours de notre stage pratique qui s'étale sur quatre mois (Février- Mai) nous avons réalisé un contrôle de la qualité physicochimique des eaux brutes du barrage de Boukerdane et Bouroumi et des eaux traitées au niveau des stations de traitement des eaux potables de Sidi Amer et Mazafran. Quant aux paramètres bactériologiques nous les avons suivis au niveau de laboratoire d'hygiène de Blida.

IV. 1. Matériel

IV. 1.1. Matériel biologique

Le matériel sur lequel nous avons effectué notre analyse est **l'eau brute** du barrage de Boukerdane et Bouroumi, **l'eau traitée** au niveau de la station de traitement de Sidi Amer et SAA et **l'eau potable** au niveau de différentes communes : wilaya d'Alger et Tipaza.

Dans notre travail, le choix des points de l'échantillonnage s'est fixé sur plusieurs prélèvements :

- Un prélèvement de l'eau à l'entrée de chaque station (EB : c'est le prélèvement de l'eau brute),
- Un prélèvement au niveau de la sortie de chaque station (ET : c'est le prélèvement de l'eau traitée),

IV.1.2. Matériel non biologique : voir annexe 1

IV.2. Méthodes

IV.2.1. Méthodes de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Ladel, 2007 ; Rodier *et al.* , 2009**).

IV.2.1.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique

Pour les prélèvements effectués au robinet, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes (**Rodier et al ; 2009**). Les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de 1000 ml.

- Rincer les flacons trois fois avec de l'eau à analyser puis les remplir jusqu'au bord.
- Incrire sur les flacons les indications nécessaires à son identification.
- Les récipients sont placés dans un conteneur approprié.

IV.2.1.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique

Les prélèvements se font dans des flacons en verre stériles de 500 ml (les flacons seront stérilisés dans l'autoclave à 120°C pendant 1 heure) (**Rodier et al., 2005**).

- Désinfecté le robinet avec un coton alcoolisé à 70°C
- Flamber le robinet pendant 1 à 3 min.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 min avant de faire le prélèvement.
- Remplir le flacon en le maintenant près de la flamme.
- Flamber le bord du goulot et mettre le bouchon.
- Incrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification des prélèvements (Origine de prélèvement, date et heure de prélèvement).

Les flacons sont maintenus à une température comprise entre 4 à 6°C à l'obscurité dans une boîte à isolement thermique (glacière) appropriée, menue des poches de glace, et transportés le vite possible au laboratoire afin de limiter toute croissance des germes éventuellement présents dans un délai n'excédant pas 8 heures de temps.

Dès que les échantillons sont prélevés, il faut les transporter de façon hygiénique et dans des conditions strictes en ce qui concerne la durée et la température, afin de préserver leur état microbiologique (**Maier, 2010**).

IV.2.2. Détermination des paramètres physico-chimiques.

IV.2.2.1. Mesure de température et pH :

Ce protocole opératoire a pour objectif la description de la mesure du pH des eaux par une méthode potentiométrique à l'aide d'une électrode au platine combinée à une sonde de température.

- Mode opératoire :

- Introduire l'électrode de pH-mètre, préalablement rincé avec de l'eau distillée, dans un bécher contenant l'échantillon à analyser ;
- Agiter doucement avec un barreau à analyser ;
Appuyer sur la touche (Read/ Enter), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.
- La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température ;
- A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL

- Expression des résultats :

L'appareil donne la valeur de la température en degré Celsius (°C) ainsi que la valeur du pH correspondante.

IV.2.2.2. Mesure de turbidité :

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un néphélémètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport un faisceau de lumière incident.

- **Mode opératoire :**

L'échantillon doit être remis à température ambiante et être homogénéisé doucement avant la mesure. La cuve de mesure doit être propre et essuyée à chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant mesure.

La mesure de la turbidité s'effectue selon les étapes suivantes :

- Remplir la cuve sans former de bulles, visser le bouchon et sécher la cuve ;
- Insérer la cuve dans le puit de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère ;
- Fermer le capot de l'appareil ;
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur, si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur « enter » et lire la valeur affichée ;
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.
- Les résultats s'expriment en Néphelometricturbidity Unit (NTU).

IV.2.2.3. Mesure de la conductivité électrique et taux de sels dissous (TDS) :

c'est la mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couverte de noir de platine) maintenues parallèles.

La mesure du TDS est réalisée à l'aide du même appareil que celui qui détermine la conductivité électrique (conductimètre HACH Sension 3).

- **Mode opératoire :**

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant usage
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient de l'eau à examiner puis faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Matériel et méthodes

- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

- **Expression des résultats :**

L'appareil donne la valeur de la conductivité électrique en $\mu S/cm$ et la valeur des TDS mg/l.

IV.2.2.4. Mesure de l'extrait sec à 180°C :

Le résidu sec représente la quantité de sel dissous dans l'échantillon après élimination des matières en suspension puis évaporation de l'eau. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

- **Mode opératoire :**

- Filtrer l'échantillon sur papier filtre ;
- Peser la capsule vide (PV en gm) ;
- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée ;
- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule ;
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24heures ;
- Laisser refroidir pendant $\frac{1}{4}$ d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement et rapidement (PP en gm).

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l d'où :

PP : est le poids de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.

$(PP - PV) \times 100 = \text{mg/l de RS}$

IV.2.3. Détermination des paramètres de pollution

IV.2.3.1. La détermination de la matière organique (MO) : Le protocole décrit la détermination de l'indice de KMnO_4 ou < oxydabilité > permettant d'évaluer la contamination en matière organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées.



- **Réactifs :**

- Acide sulfurique ;
- Permanganate de potassium KMnO_4 solution mère ;
- Oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, Solution étalon.

- **Mode opératoire :**

- Transférer à l'aide d'une pipette ,100ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un bécher de 250ml. Ajouter 20ml de l'acide sulfurique 2mol/l et mélanger en agitant doucement.
 - Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition ;
 - Ajouter 20ml de la solution étalon 2millimoles/l de permanganate de potassium ;
 - Après 10min, ajouter 15ml de la solution d'acide oxalique à 0,01N ;
 - Titrer après décoloration, alors que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium à 0,01 N jusqu'à apparition d'une coloration rose qui persiste 10 à 15 secondes ;
 - Noter le volume V_1 de permanganate consommé ;
 - Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100ml d'eau distillé ;
 - Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé ;
- **Expression des résultats :**

$$\text{MO} = \frac{(V_1 - V_0) \times f \times 80}{PE}$$

MO : Matière organique (mg d' O_2 /l).

V_1 : Volume KMnO_4 à 0,01 N nécessaire pour le dosage de l'échantillon (ml).

V_0 : Volume KMnO_4 à 0,01N nécessaire pour le dosage du blanc (ml).

f : Facteur de dilution éventuel de l'échantillon avant analyse.

Matériel et méthodes

PE : prise d'essai. 1 ml de KMnO_4 à 0,01 N correspond à 0,08mg d' O_2 /l.

IV.2.3.2. Dosage d'Azote ammoniacal (NH_4^+): C'est une mesure par spectrophotomètre d'un composé verdâtre formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopenracynoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium). La lecture s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655nm.

- **Réactifs :**

- Réactifs dichloroisocyanurate de sodium.
- Réactifs (coloré).

- **Mode opératoire :**

- Prendre 40ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4ml de réactif dichloroisocyanurate de sodium.
- Ajouter 4ml de réactif coloré ; après homogénéisation on laisse agir pendant 60min.
- L'apparition d'une couleur verdâtre indique la présence d'ammoniaque.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655 nm.

- **Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l

IV.2.3.3. Dosage des Nitrites : La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec la dichlor-hydrate de N-naphtyl-1-diamino-1,2 éthane, mesure de l'absorbance à 540nm.

Réactif mixte :

- Acide sulfalinique (réactif 1).
- N-1naphtyle éthylène diamine (réactifs 2).

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 40ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml de réactif mixte coloré.
- Homogénéiser immédiatement, le pH à ce stade doit être de 1,9.
- Après 10min, l'apparition d'une couleur rose indique la présence de nitrite.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à longueur d'onde de 543nm.

❖ Expression des résultats :

Les résultats sont donnés directement en mg/l

IV.2.3.4. Dosage de nitrates : Ce protocole a pour objet la description du dosage spectrométrique de nitrate par la méthode au salicylate de sodium.

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

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% ;

- Solution d'hydroxyde de sodium à 30% ;

- Acide sulfurique concentrée ;

- Tartrate double de sodium et de potassium.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 10ml d'échantillon à analyser.

- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.

- Ajouter 1ml de salicylate de sodium à 0,5%.

- Evaporer à sec à l'étuve à 75°C – 88°C.

- Laisser refroidir.

- Reprendre le résidu avec 2ml d'H₂SO₄ concentré.

- Attendre 10min, ajouter 15ml d'eau distillée puis 15ml de tartrate double de sodium et de potassium.

- L'apparition de la coloration jaune indique la présence des nitrates.

- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à longueur d'onde de 415nm.

- **Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

IV.2.3.5. Dosage des Orthophosphates : Ce protocole a pour objet la description du dosage de spectrométrique des Orthophosphates par la méthode au molybdate d'ammonium dans les eaux potable, les eaux brute et les eaux résiduaires.

- **Principe :** Reposepar formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700nm et l'autre plus intense à 880nm).

- **Réactifs :**

Matériel et méthodes

- Heptamolybdate d'ammonium ;
- Acide ascorbique.

- **Mode opératoire :**
- Prélever 40ml de l'échantillon à analyser ; ajouter sans attendre entre chaque ajout :
 - 1ml d'acide ascorbique à 100g/l ;
 - 2ml d'heptamolybdate d'ammonium.
- Agiter quelque seconde. Après un temps compris entre 10 et 30min (temps nécessaire au développement de la couleur). :
 - Si aucune couleur n'est apparue, il n'y a pas de phosphores (PO_4^{3-}). Indique alors comme résultats : <0,09mg/l de phosphore.
 - C'est une coloration bleu est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880nm.
- **Expression des résultats :** Les résultats de dosage son données directement en mg/l.
-

IV.2.4. Minéralisation globale :

IV.2.4.1 Dosage de sulfate : Ce protocole a pour but de déterminé le sulfate spectrophotomètre d'absorption moléculaire.

- Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de baryum en présence de BaCl_2



- Réactifs :

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum.

- Mode opératoire :

- On complète les 20ml de l'eau à analyser par l'eau distillée à 100ml ;
- On ajout 5ml de solution stabilisante et 2ml de chlorure de baryum ;
- Après agitation pendant 1min, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420nm.

- Expression des résultats :

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

IV.2.4.2. Dosage de chlorures : Détermination de la concentration des chlorures en mg/l dans un échantillon donné.

- **Principe :**

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (AgNO_3) en utilisant du chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur. Réaction des ions chlorures avec des ions d'argents pour former du chlorure d'argent (AgCl) insoluble qui précipite. Ce précipité réagit avec l'indicateur (K_2CrO_4) pour former de chromate d'argent, brun rouge (Ag_2CrO_4).

L'apparition de la coloration brun rouge (virage) marque la fin du titrage.



- **Réactifs :**

- Nitrate d'argent 0,01N.
- Chromate de potassium 10%.

- **Mode opératoire :**

- Introduire au moyen d'une fiole 100ml de l'échantillon dans un bécher.
- Ajouter 3 gouttes d'indicateur de chromate de potassium qui donne la couleur jaune ;
- Après homogénéisation, on titre la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage de couleur au brun rougeâtre.

- **Expression des résultats :**

La contraction en chlorure exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = F \times V \times N \times M \times 1000 / PE$$

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = 1 \times V \times 0,01 \times 35,5 \times 1000 / 5$$

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = V \times 71$$

Avec :

Cl^- : La concentration en milligramme par litre de chlore ;

V : Le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon ;

N : Normalité de nitrate d'argent ;

M : Masse molaire du chlorures ;

PE : Pris d'essai ;

F : Facteur lie en réactif.

IV.2.4.3. Dosage des bicarbonates : Ce protocole opératoire a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure de titre alcalimétrique (TA) et de titre alcalimétrique complet (TAC).

- Principe :

Les carbonates n'existent qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,3 et 8,3. Au cours d'un dosage a cimérique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont présents ou non dans l'échantillon.

- Réactifs :

- Solution HCL 0,1N

- pH mètre.

- Mode opératoire :

- Prendre 100ml d'eau à analyser.

- Noter son PH ;

- Titrer avec HCl à 0,1 jusqu'au pH égale 4,3.

- Expression des résultats :

La concentration en bicarbonate exprimé en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = F \times V \times N \times M \times 1000 / PE$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = F \times 0,1 \times 61 \times M \times 1000 / 100$$

$$\text{HCO}_3^- = V \times 61 \times M \text{ (mg/l)}$$

Avec :

HCO_3^- : la concentration en milligramme par litre de chlore (mg/l) ;

V : le volume en ml de la solution utilisée pour le titrage du l'échantillon (ml) ;

N : La normalité d'acide chlorhydrique versé ;

M : La masse d'acide chlorhydrique (g/M) ;

PE : Pris d'essai (ml) ;

F : Facteur lie au réactif.

Titre alcalinométrique complet est :

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{F}) = V \times 5$$

IV.2.4.4. Dosage de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+}) : Ce protocole a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'eau.

- **Principe :**

- Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène- diamine-tétra-acétique (EDTA) à pH = 10. Le noir eriochrome et le murexide sont utilisés comme indicateurs.

- L'EDTA réagit tous d'abord avec les ions de calcium libres puis avec les ions de calcium combinés, l'indicateur vire de la couleur rose à la couleur violet.

- **Réactifs :**

- Solution EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) à 0,02N ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 2N ;
- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH à pH=10,1) ;
- Indicateur coloré :
 - Murexide ;
 - Noir eriochrome.

- **Mode opératoire :**

- **Pour le Ca^{2+} :**

- Prendre 50ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2ml de NaOH à 2N ;
- Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré Murexide ;
- Après homogénéation on titre avec l'EDTA jusqu'à virage de la couleur (violet).

- **Expression des résultats :**

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{V_1 \times N(\text{EDTA}) \times M(\text{Ca}^{2+}) \times 1000 \times F}{PE \times 2} = \frac{v_1 \times 0,01 \times F \times 40,08 \times 1000}{PE}$$

$$\text{Ca}^{2+} = V_1 \times F \times 8,016$$

Ca^{2+} : Concentration de calcium (mg/l).

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour concentration donnée.

$M_{\text{Ca}^{2+}}$: Masse molaire du calcium (g/M).

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01M/l).

F : Facteur de dilution.

PE : Prise d'essai (ml).

➤ **Pour (Mg^{2+}) :**

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 50ml d'eau a analysé.
- Ajouter 4ml de NH_4OH (pH = 10,1) ;
- Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré eriochrome, puis titrer avec l'EDTA jusqu'au virage de la couleur (bleu).

❖ **Expression des résultats :**

$$Mg^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) C_{EDTA} \times F \times M(Mg^{2+}) \times 1000}{PE} = (V_2 - V_1) \times F \times 4,8$$

Mg^{2+} : Concentration en magnésium (mg/l).

V_2 : Volume totale d'EDTA.

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$M_{Mg^{2+}}$: Masse molaire du magnésium (g/M).

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,001M/l).

F : Facteur de dilution.

PE : Prisse d'essai (ml).

IV.2.4.5. Oxygène dissous :

❖ **Objectif :**

Ce protocole opératoire a pour objet la description du dosage de l'oxygène dissous par une méthode électrochimique à la sonde.

❖ **Principe :**

Immersion d'une sonde, constituée d'une cellule fermée par une membrane sélective et contenant l'électrolyte et deux électrodes métalliques, dans l'eau à analyser.

❖ **Mode opératoire :**

Une fois l'électrode soigneusement stabilisée et calibrée, la mesure doit être effectuée comme suit :

- Placer l'électrode dans l'échantillon, la sonde de la température doit être émergée.
- Agiter correctement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon afin de retirer toute bulle d'air de la membrane.
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée ; noter la valeur ou l'enregistrer.

❖ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné en concentration milligramme d'oxygène par litre.

IV.2.4.6. Titre alcalimétrique(TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) :

- **Principe :**

Détermination de la concentration en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonate (TA) et hydroxydes (OH^-) par la mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH =8,3 et 4,5 l'échantillon à analyser.

La première détermination (pH 8,3) sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde (pH=4 ,3) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

- **Mode opératoire :**

- Prendre 100ml de l'échantillon à analyser
- Mesurer le pH. Si le pH est supérieur à 8,3 versé lentement de l'acide chlorhydrique 0,01N pour obtenir 8,3.
- Noter le volume V_1 (ml) d'acide lu au dosimat, continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0,01N jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,5
- Noter le volume V_2 (ml) d'acide versé pour amener le pH à 4,5.
- Si le pH est inférieure à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique 0,01N pour obtenir 4,5, noter le volume V_2 (ml) d'acide lu au dosimat.

$$[CO_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000) M_1}{V} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right), \text{TAC} = V_2 \times 5 (^\circ F)$$

$$[HCO_3^-] = \frac{(V_2 \times N \times 1000) M_2}{V} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right), \text{TAC} = V_1 \times 10 (^\circ F)$$

avec :

M1 est la masse molaire des carbonates=60mg.

M2 est la masse molaire des bicarbonates=61mg.

V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100ml).

V1 est le volume d'acide chlorhydrique lu au dosimat pour amener le pH 8,3.

V2 est le volume total d'acide chlorhydrique en millilitre au dosimat.

N est la normalité de la solution.

IV.2.5. Paramètres indésirables :

IV.2.5.1. Dosage de fer :

❖ Objectif :

Le présent mode opératoire spécifie une méthode spectrométrique à la phénanthroline pour le dosage du fer (Fe^{2+}).

❖ Principe :

Le complexe fer-phénanthroline, est stable dans l'intervalle de pH entre 2,5 et 9. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510nm.

❖ Réactif :

- Tampon acétate ;
- Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Solution phéanthroline (1,10).

❖ **Mode opératoire :**

- Verser 1ml de solution HCL 0,1N et 5ml de persulfate de potassium à 50ml d'eau à analyser ;
- Après chauffage de 20min, on ajoute 2ml d'acétate d'ammonium et 2ml de solution phéanthroline et 2ml chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- On mélange soigneusement puis conserver la fiole à l'obscurité pendant 15min,
- La lecture sera s'effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 510nm.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

IV.2.5.2.Dosage de l'aluminium :

- **Principe :**

En présence d'aluminium, l'ériocyanine vire au rouge violacé.

- **Réactifs :**

- Solution d'ériocyanine ;
- Solution tampon acéto-acétique à pH=6 ;
- Acide ascorbique à 1% ;
- Acide sulfurique à (N/25).

- **Mode opératoire :**

- Prendre 25ml d'eau à analyser dans une fiole ;
- Ajouter 1ml d'acide sulfurique à (N/25) ;
- Ajouter 1ml de l'acide ascorbique à 1% ;
- Ajouter 10ml de la solution tampon ;
- Ajouter 5ml de la solution d'ériocyanine, puis attendre 10minutes : l'apparition de la couleur rose indique la présence d'aluminium ;
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à longueur d'onde de 560nm.

- Expression des résultats :

Le résultat est donné en mg/l.

IV.2.6. Analyses bactériologiques

Notre analyse bactériologique de l'eau de consommation comporte la recherche et le dénombrement des :

- Coliformes totaux.
- Coliformes fécaux.
- Streptocoque fécaux
- Clostridium Sulfito-réducteur.
- Salmonelles.
- Vibriion cholerae.

IV.2.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

❖ Principe

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer, à la surface d'un pore filtrant d'un diamètre de 0.45 μm , les bactéries recherchées dans un échantillon.

Après filtration de l'eau à étudier, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié qui permettra aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et sous un aspect suffisamment caractéristique pour autoriser un diagnostic présomptif. Celui-ci peut d'ailleurs être confirmé par des repiquages judicieux (Ladel, 2007 ; Rodier et al., 2009).

❖ Mode opératoire

- Allumer le bec bunsen pour créer une zone de stérilisation.
- Flamber la surface supérieure de la rampe de filtration, la plaque poreuse et le réservoir pour assurer un travail dans les conditions d'asepsie, puis laissez refroidir.
- Prélever deux membranes de leur emballage à l'aide d'une pince stérile.
- Poser les membranes sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.

Matériel et méthodes

- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100ml pour une eau désinfectée).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Enlever le réservoir dès que les membranes paraissent sèches puis les prélever avec une pince stérile en le saisissant par leur extrême bord.
- Déposer les membranes sur le milieu sélectif gélose lactosée au TTC et Tergitol en prêtant attention à ne pas piéger de bulle d'air.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures une des deux boîtes de pétri, et l'autre à 44°C pendant 16 à 24 heures couvercle vers le bas.

La norme demande un temps d'incubation de 24 heures aux deux températures. Ce temps d'incubation est nécessaire vis-à-vis des germes stressés comme c'est le cas des germes en présence de chlore dans le réseau de distribution (**Rodier et al. 2009**).

❖ Lecture

La lecture des boîtes incubées à 37°C permet de reconnaître la présence des coliformes totaux par les caractéristiques suivantes :

- Une coloration jaune des colonies, résultant de l'absence de réduction du TTC par les coliformes.
- Un halo jaune dans le milieu, sous la membrane, autour des colonies correspondant à une fermentation du lactose par les coliformes.

La lecture des boîtes incubées à 44°C permet de mettre en évidence les coliformes fécaux de la même façon que les boîtes incubées à 37°C.

❖ Test de confirmation

Pour confirmer la présence d'E. coli, prendre quelques colonies à partir des boîtes incubées à 44°C et procéder comme suit :

- Ensemencer à l'aide d'une pipette pasteur le culot du milieu TSI en tube par piqure centrale et la surface inclinée par des stries serrées, puis incuber à 37°C pendant 24 heures (capsules desserrées) de manière à favoriser les changes gazeux.
- Introduire à l'aide d'une pipette pasteur les colonies dans un tube à essai contenant un petit volume de milieu urée-indole puis incuber à 37°C pendant 24 heures, ajouter par la suite 2 à 3 gouttes du réactif Kovacs.

❖ Lecture

- Tube TSI : L'utilisation de l'un des sucres contenus dans le milieu (glucose, saccharose et lactose) se traduit par une acidification (virage au jaune du rouge de phénol). La production de sulfure d'hydrogène est absente dans le cas d'*E. coli*.

La présence de *E. coli* est mise en évidence par

- Culot jaune : glucose fermenté
 - Pente inclinée jaune : lactose et saccharose fermentés.
 - Apparition de gaz dans le culot.
- Tube urée-indole : le réactif Kovacs réagit avec le milieu indole pour former un anneau rouge en surface du milieu urée-indole confirmant la présence d'*E. coli*.

❖ Expression des résultats

- Le résultat est donné en nombre de germes par 100ml.

IV.2.6.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

❖ Principe

Après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies des streptocoques fécaux.

❖ Mode opératoire

- Filtrer les mêmes quantités d'eau que pour la colimétrie selon la même technique.
- Disposer les membranes sur le milieu Slanetz, puis incubé à 37°C pendant 48h.

❖ Lecture

Compter les colonies qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Un diamètre de 0.5 à 2 mm
- Une coloration rouge, violette, marron ou rose visible sur la boîte.

❖ Test de confirmation

- Transférer le filtre sur une boîte de gélose BEA, puis incubé à 44°C pendant 2 heures.

❖ Lecture

Dénombrer toutes les colonies entourées d'un halo noir résultant de la dégradation de l'esculine du milieu par les streptocoques fécaux.

❖ Expression des résultats

Les résultats du dénombrement des coliformes totaux, fécaux et des streptocoques fécaux sont exprimés en nombres de germes par 100ml.

IV.2.6.3. Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

❖ Principe

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80°C, l'échantillon est incorporé à une gélose viande foie fondue. Après solidification et incubation, la présence de germes Sulfito-Réducteurs se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies.

❖ Mode opératoire

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et en introduire 25 ml environ dans un tube stérile.
- Porter 8 à 10 minutes à 80°C.
- Après chauffage, refroidir rapidement le tube sous l'eau du robinet dans le but de détruire les formes végétatives des ASR éventuellement présentes et garder uniquement les formes sporulées.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes stériles, à raison de 5ml par tube
- Ajouter environ 15ml de gélose Viande Foie fondue et refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée d'une ampoule d'Alun de Fer et d'une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

- La première lecture doit absolument être faite après 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes. Dans ce cas on se trouve en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible.
- Dans le cas où les colonies caractéristiques n'apparaissent pas, réincuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures, puis une troisième et dernière lecture après 48 heures.
- Dénombrer toutes les colonies noires de 0.5mm de diamètre, poussant en masse.

❖ Expression des résultats

Il est impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20ml d'eau à analyser.

IV.2.6.4. Recherche des salmonelles :

❖ Principe :

Un très grand nombre de méthodes de recherche sur divers types de milieux sont disponibles. La recherche dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement de sélection puis de confirmation.

La méthode de recherche de ces micro-organismes découle de deux données : d'une part leur

Présence en nombre relativement faible dans les eaux ainsi que leur difficulté d'y survivre ; d'autre part l'existence habituelle d'un nombre important de germe d'accompagnement, d'origine fécale (coliformes, streptocoques) ou non (Pseudomonas, Achromobacter, etc.). Ces germes, plus nombreux, entrent en compétition avec les salmonelles éventuellement présentes qui sont alors inhibées. Ces constatations entraînent l'obligation d'utiliser des milieux d'enrichissements sélectifs, dans le but d'inhiber le développement des autres bactéries.

Pour la recherche des Salmonelles utiliser un milieu à la Cystéine Sélénite et incubé à 35°C ou 37°C pendant 24 heures.

❖ Mode opératoire :

La recherche des salmonelles se fait en 4 étapes :

➤ Le 1^{er} jour :

➤ Enrichissement primaire :

Induire 100ml de l'eau à analyser dans 100ml de bouillon Sélénite-Cystéine D/C.

La solution obtenue est appelée SFB1, elle est incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ Le 2^{ème} jour :

➤ Enrichissement secondaire et isolement :

Utiliser la solution SFB1 incubée la veille pour effectuer le 2^{ème} enrichissement (solution SFB2) sur bouillon Sélénite-Cystéine en tube à raison de 1ml par tube et un isolement sur gélose Hektoen1 (H1). L'incubation est réalisée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ **Le 3^{ème} jour :**

➤ **Isolement, lecture et identification :**

- Effectuer à partir du bouillon SFB2 un isolement sur gélose Hektoen 2 (H2).
- Prendre ensuite 1ml du SFB2 et l'induire dans un bouillon Sélénite-Cystéines en tubes (SFB3), puis l'incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Effectuer la lecture de la boîte de gélose Hektoen (H1).

➤ **Le 4^{ème} jour :**

➤ **Isolement, lecture et identification :**

- Effectuer à partir du bouillon SFB3 un isolement sur gélose Hektoen (H3) et incuber à 37 °C pendant 18 à 24 heures.
- Faire la lecture de la boîte de gélose Hektoen(H2) incubée la veille.

➤ **Le 5^{ème} jour :**

➤ **Lecture et identification :**

Effectuer la lecture de la boîte de gélose Hektoen (H3) incubée la veille.

Les salmonelles apparaissent le plus souvent sous forme de colonies grises avec ou sans centre noire. Ces dernières subiront une identification biochimique.

❖ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné en nombre de germe par 100ml

IV.2.6.5. Recherche des vibrions cholériques :

❖ **Principe :**

La recherche dans l'eau des vibrions cholériques doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement, de sélection puis de confirmation.

Après enrichissement par passage en milieu hyper salé et après isolement sur milieu sélectif, l'identification est basée essentiellement sur des épreuves immunologiques.

❖ **Mode opératoire :**

La recherche des vibrions est réalisée en 3 étapes :

Matériel et méthodes

➤ **Le 1^{er} jour :**

Réaliser un premier enrichissement sur un milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré, auquel on ajoute aseptiquement 450ml d'eau à analyser au moment du prélèvement puis incubé à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Le 2^{ème} jour :**

Effectuer le deuxième enrichissement sur milieu EPA2 en tubes à raison de 1ml par tube et un isolement sur GNAB1 (Bouillon Nutritif Alcaline Biliée), puis incubé à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Le 3^{ème} jour :**

Isoler le tube EPA2 sur gélose GNAP2 et effectuer une lecture de la boîte GNAB.

➤ **Le 4^{ème} jour :**

Effectuer la lecture de la boîte de gélose GNAB2, tout en sachant que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de colonies lisses et transparentes. Ces derniers subiront une identification biochimique.

❖ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné en nombre de germe par 100ml.

IV.2.7. Détermination des paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement. L'évaluation a été réalisée suite à **un sondage** auprès de la population (différents âges) des régions visées par notre étude

IV.2.7.1. Test de la couleur : La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée.

IV.2.7.2. Test de l'odeur et de la saveur : L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation

INTRODUCTION

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

PARIE EXPÉRIMENTALE

MATÉRIELS ET MÉTHODES

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

CONCLUSION

ANNEXE

Résultats et discussion

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques

V.1.1. Paramètres physiques

V.1.1.1 Potentielle d'hydrogène (pH)

Les résultats de la mesure de pH sont représentés dans la figure 2.

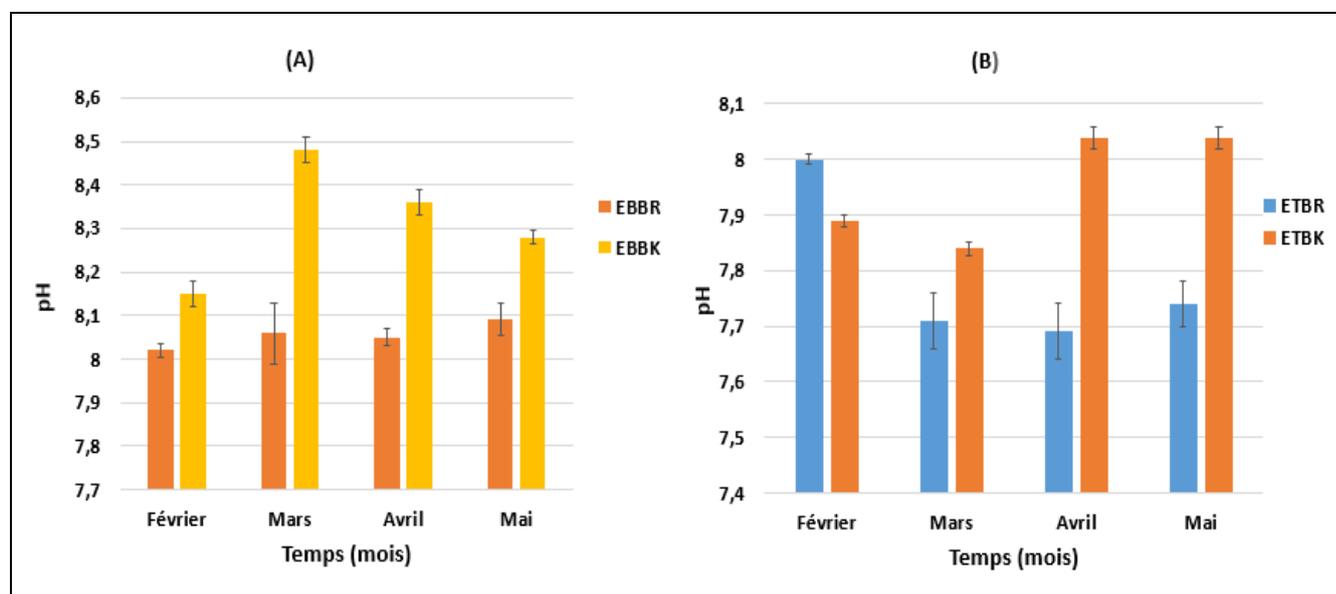


Figure 2: Variation des moyennes mensuelles du pH en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B)

La figure(A) révèle que les eaux des deux barrages sont alcalines et dépassent les 7 unités de pH durant toute la période d'étude et une variabilité des valeurs des moyennes mensuelles de pH de 8.02 (Février) et 8.09 (Mai) au niveau de barrage de Bouroumi.

Au niveau de barrage de Boukerdane, la valeur la plus faible a été observée au niveau de mois Février avec une valeur de 8.15 et on remarque un pic d'augmentation au niveau de mois de Mars avec une valeur de 8.48 due à l'augmentation d'algues.

Nous avons remarqué que les valeurs obtenues dans la figure (B) pour l'eau traitée sont inférieures à celles de l'eau brute. Cette diminution est due au traitement appliqué pour l'élimination de certaines charges par l'injection de sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$. Il est à noter que le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (Rodier et al., 2009).

Selon JORA, les valeurs de pH montrent une conformité aux normes.

Résultats et discussion

De plus, au-dessus de 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité du chlore sur la contamination microbienne (**Laidani et al. 2009 ; Rodier et al., 2009 ; Semine ras, 2009**).

Des études ont montrés que le pH de l'eau est influencé par la température, l'oxygène dissous, la minéralisation totale et bien d'autre facteurs (**Laidani et al ., 2009 ; Rodier et al., 2009 ; Semine ras, 2009**).

V.1.1.2 Conductivité électrique et TDS

Variation de la conductivité est illustrée dans la figure 3.

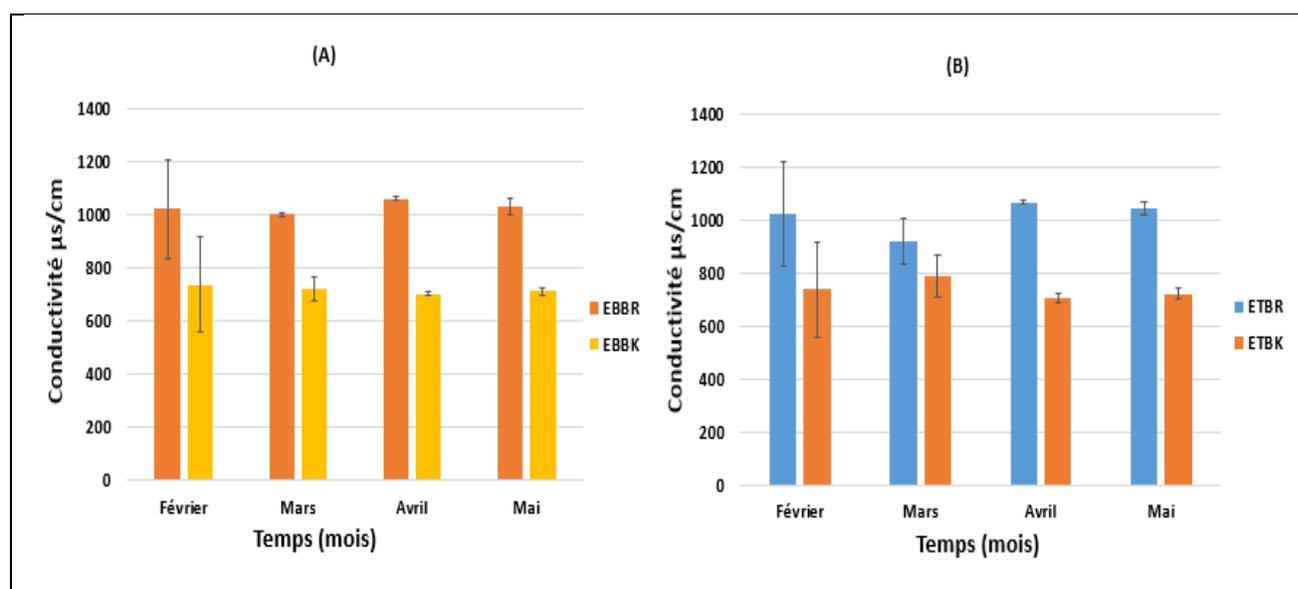


Figure 3: Variation des moyennes mensuelles de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B)

D'après la figure 3, nous constatons que les valeurs de la conductivité électrique des eaux brutes (EBBR) varient entre 1001 et 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$, (EBBK) entre 703 et 738 $\mu\text{S}/\text{cm}$. IL est impératif de constater que malgré ces valeurs soient élevées, elles restent cependant inférieures à la norme de l'OMS (valeur maximale de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

D'après **Rodier et al (2009)**, une conductivité supérieure à 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ implique une minéralisation importante des eaux. Ce qui est le cas de ces deux barrages.

Lorsque la concentration des sels dissous (sels de sodium, de calcium et de magnésium, des bicarbonates, des chlorures des surates) augmente dans l'eau, la conductivité électrique augmente également (**Kelin et al., 2005**). Cette augmentation du à l'injection de différents produits durant le traitement par l'hypochlorite de calcium.

Résultats et discussion

D'après USEPA (2003), la conductivité restera relativement constante tout au long d'un système de distribution aussi longtemps que l'eau est en équilibre avec le matériau de la conduite. Des changements de conductivité peuvent indiquer des problèmes de corrosion.

V.1.1.3. Turbidité

Variation de la turbidité est illustrée dans la figure 4.

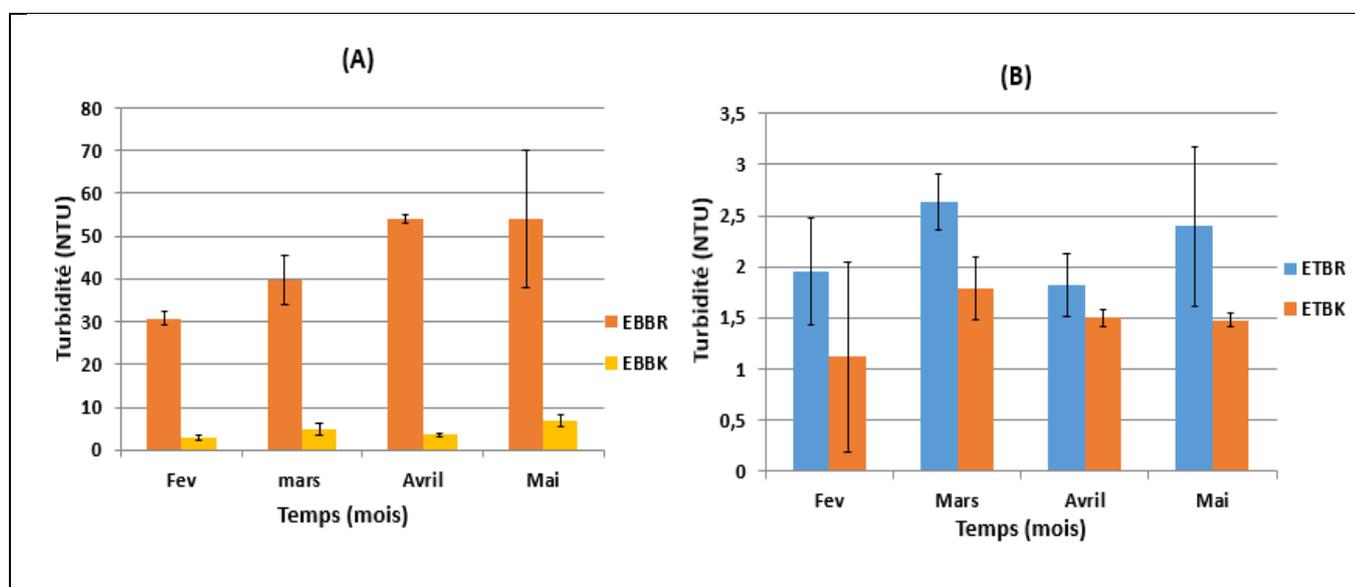


Figure 4: Variation des moyennes de la turbidité (NTU) en fonctions du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B)

D'après la figure 4, on remarque une grande différence entre les valeurs de turbidité des eaux brutes de barrage de Bouroumi et celles de barrages de Boukerdane :

- Pour (EBBR), les valeurs sont très élevées variant entre 30.8 NTU au mois de Février et 54.13 NTU révélée durant le mois de Mai.
- Pour (EBBK), les valeurs sont très faibles compris entre 3.03NTU (Février) et 6.86 NTU (Mai).

Les valeurs retrouvées dans les eaux traitées (ETBR) sont inférieures à 3NTU et pour ETBK, les valeurs sont inférieures à 2NTU. Ces valeurs restent en deca du seuil toléré (<5NTU), par le **JORA (Mars 2011)**.

La turbidité est causé par les particules en suspension dans l'eau (débris organique : argile, organismes microscopiques....) (**Bendada et Boulakradache, 2011**)

Résultats et discussion

En général, les valeurs augmentent fortement pendant et après une pluie. Une turbidité élevée peut être également à l'origine d'une augmentation de la température de l'eau et d'une diminution de l'oxygène dissous (Behar,1997)

V.1.2 Paramètres de pollution

Les résultats des paramètres de pollution sont regroupé dans l'annexe 2.

V.1.2.1 Matière organique

Variation de matière organique est illustrée dans la figure 5

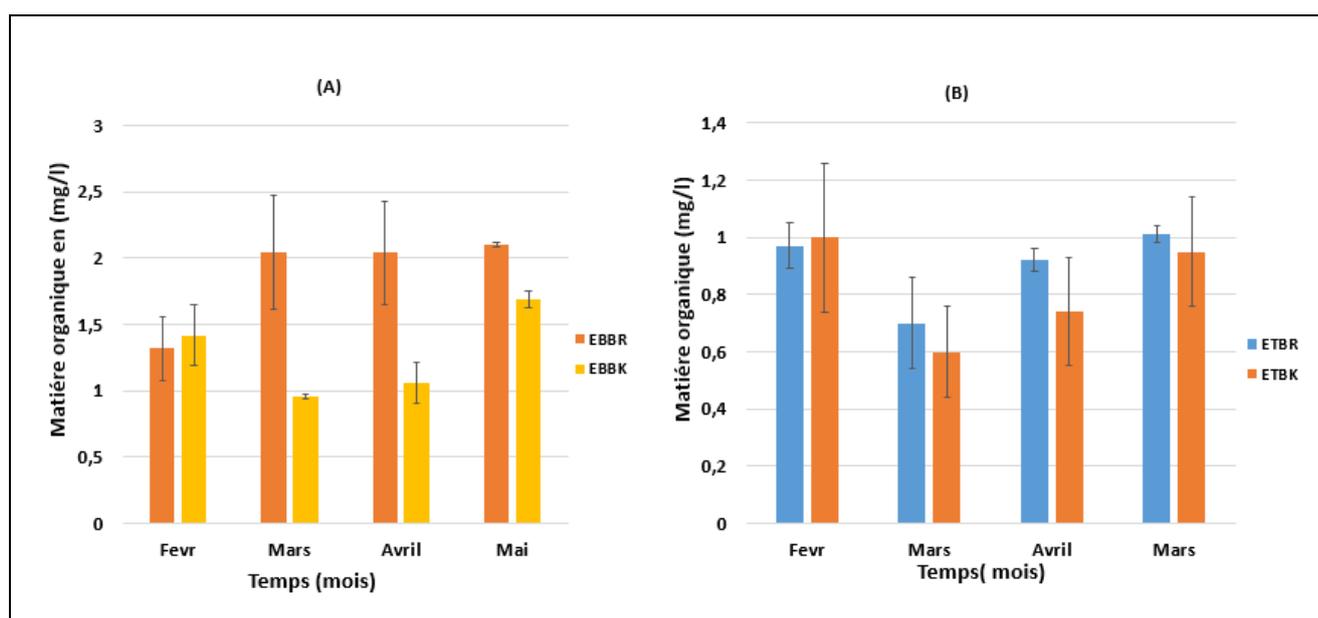


Figure 5 : Variation des moyennes mensuelles de matière organique (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B)

Les valeurs représentées dans la figure 5, montrent une faible teneur en matières organiques des eaux brutes de deux barrages : EBBR de 1.32 à 2.83 et EBBK de 0.96 à 2.54

Ces valeurs diminuent dans les eaux traitées pour les deux station, par le procédé de coagulation-floculation au sulfate d'alumine (Franceschi et al., 2002)

D'après Harrat et Achour (2010). Le contact entre la matière organique des eaux de surface et de chlore induit la formation de sous-produits de chloration parmi lesquels le chloroforme dont les risques toxiques à long terme doivent être pris en considération.

Résultats et discussion

V.1.2.2 Azote ammoniacal

Le tableau IV, montrent que les valeurs de l'azote ammoniacal des eaux brute (EBBR),(EBBK) et des eaux traitées (ETBR), (ETBK) sont toutes inférieures aux normes de potabilité (0.5mg/l)(JORA, 2011).

Tableau IV : Résultats des moyennes mensuelles d'azote ammoniacal

Mois	Moyennes mensuelles d'Azote ammoniacal (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mars	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Avril	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mai	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (l'homme élimine 15 à 30 g d'urée par jour), les rejets industriels, les engrais, etc (Rodier et al,2009)

D'après Rodier et al,(2009), l'oxydation par le chlore permet d'éliminer l'azote ammoniacal dans l'eau.

Selon Rodier et al,(2009), l'oxydation biologique et l'ammoniaque peut développer des zones anaérobies des certaines parties des réseaux de distribution et entériner ainsi des goûts désagréables en provoquant la corrosion des conduite

V.1.2.3. Orthophosphates

Le tableau V, montre une teneur très faible dans les eaux brutes et traitées, les valeurs enregistrées ne dépassent pas 0.09mg/l. En effet, la présence naturelle de phosphore dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution (Rodier et al., 2009).

Résultats et discussion

Tableau V: Résultats des moyennes mensuelles de phosphore.

Mois	Moyennes mensuelles de phosphore (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Mars	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Avril	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Mai	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09

V.1.2.4 Nitrate

Les résultats de la mesure de nitrate sont représentés dans la figure 6.

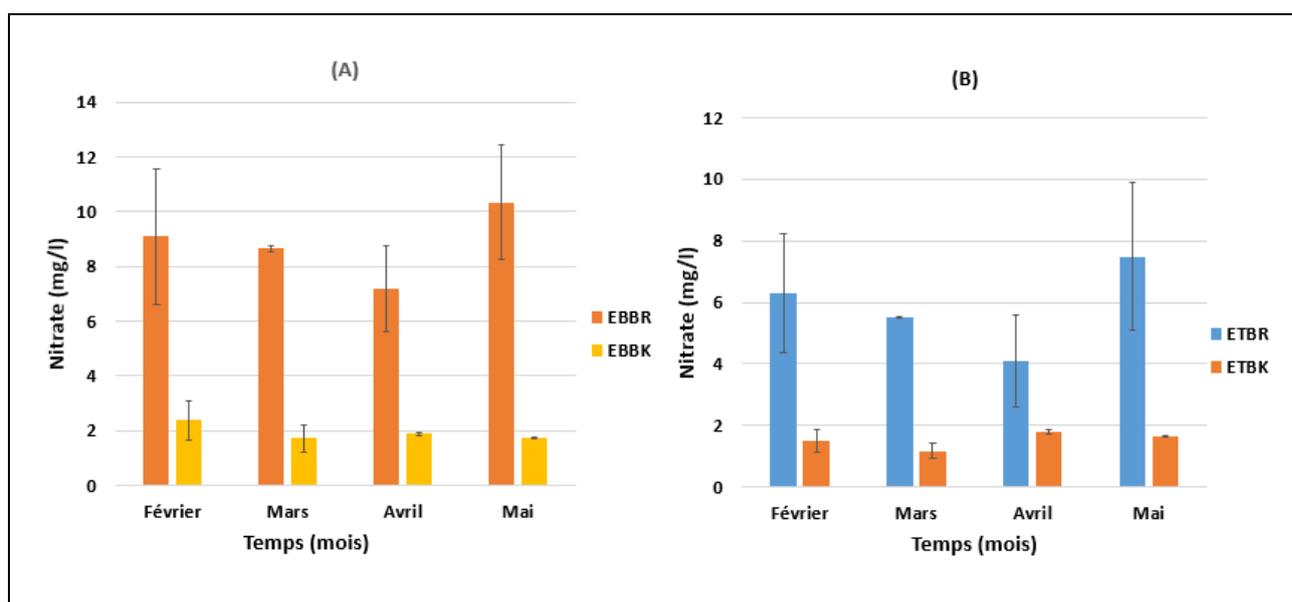


Figure 6 : Variation des moyennes mensuelles de nitrate (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).

La variation des concentrations des nitrates montre une grande différence dans les concentrations de nitrate de l'eau brute de Bouroumi variant entre 7.19 mg/l et 10.35 mg/l, par contre, l'eau brute de Boukerdane présente des concentrations très faibles variant entre 1.71 mg/l et 2.39 mg/l. Nous avons remarqué que les valeurs obtenues pour l'eau traitée pour les deux stations Mazafran et Sidi Amar sont inférieures à celle de l'eau brute.

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L (NO_3^-) (Rodier et al, 2009).

Résultats et discussion

D'après **Rodier et al, (2005)**, les nitrates proviennent de la décomposition naturelle, par des micro-organismes azotés tels que les protéines des végétaux, des animaux et des extra d'animaux. Ainsi, les eaux de pluies peuvent contenir des nitrates en provenance des oxydes d'azote et de l'ammoniac présents dans l'atmosphère. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (**Bengoumi et al, 2004**).

La concentration des eaux ayant des teneurs élevées en nitrate provoque l'irritation des muqueuses, des nausées, des vomissements, des selles sanguinolentes et des hypertensions (**Benamar et al, 2011**).

V.1.2.5 Nitrite

D'après le tableau VI, révèle une faible présence de nitrite. Selon (**Cornaz ,2004**), les nitrites sont souvent présents en faibles teneurs dans les eaux naturelles.

Tableau VI : Résultats des moyennes mensuelles de Nitrites

Mois	Moyennes mensuelles de Nitrites (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mars	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Avril	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mai	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

L'origine des nitrites dans les eaux brutes peut être :

L'oxydation partielle de l'azote ammoniacale et sa transformation en nitrite sous l'action des bactéries nitrifiantes ;

La réduction des nitrates d'origine agricole en nitrites sous l'influence des bactéries dénitrifiantes (**Sarkar et al., 2007**) .

Selon **Rodier et al., (2009)**, Les nitrites pouvant apparaître comme sous-produits lors de la chloration de l'eau, cette disposition permet de maintenir la chloration tout en garantissant un niveau adéquat de protection pour les consommateurs.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 3 mg/L (NO^{2-}) (**Rodier et al.,2009**).

Résultats et discussion

V.1.3. Minéralisation globale

V.1.3.1 Calcium, Magnésium et TH

Les résultats de la mesure de calcium et celle de Magnésium sont représentés dans les figures 7 et 8.

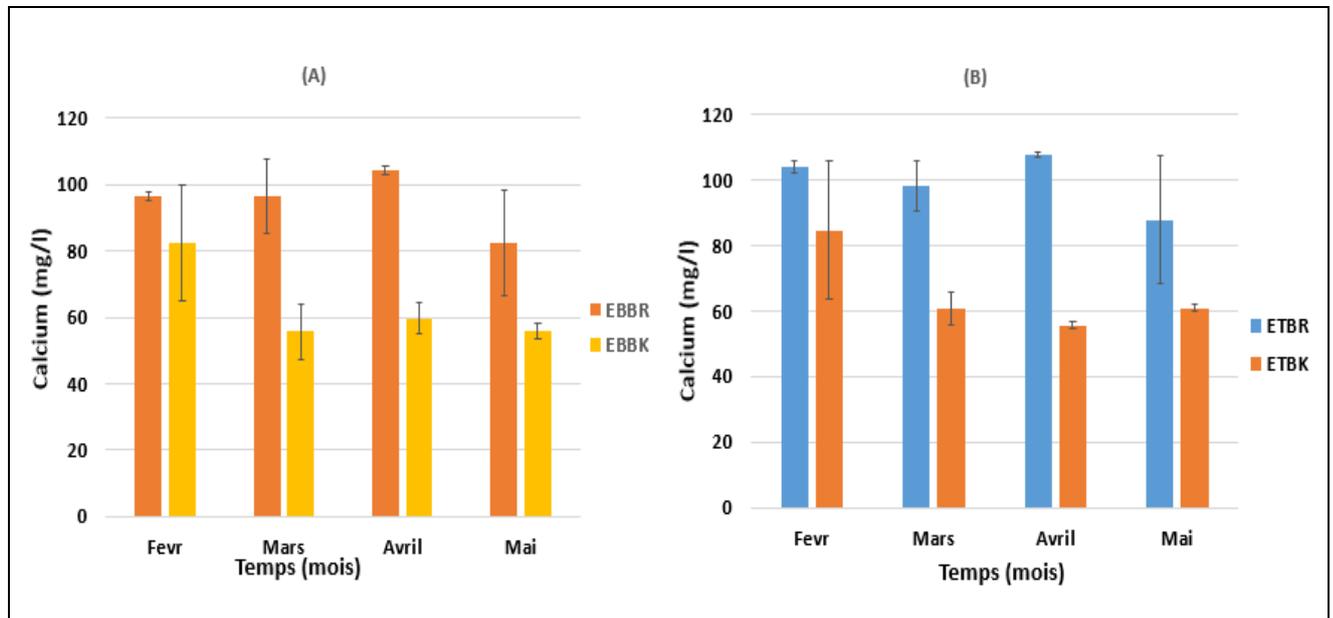


Figure 7 : Variation des moyennes mensuelles du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).

Résultats et discussion

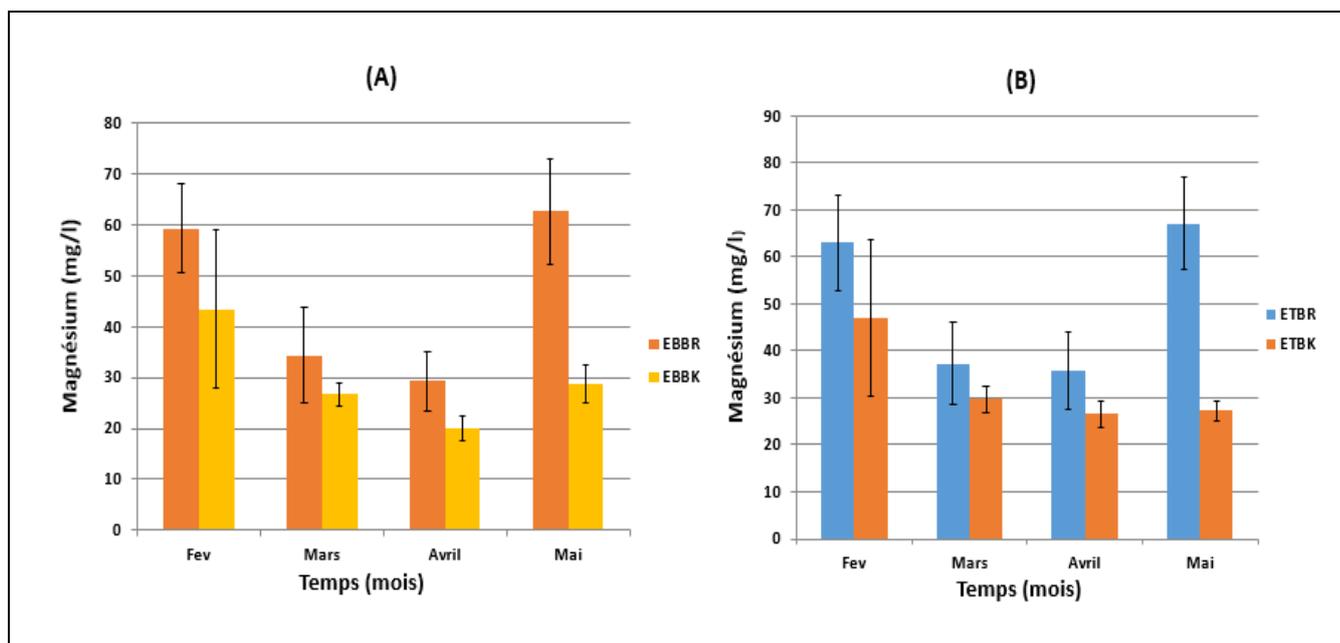


Figure 8: Variation des moyennes mensuelles du Magnésium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).

Nous constatons d'après la figure 7, que la teneur en calcium dans les eaux brutes varie entre 82.55 (Mai) et 104.31 mg/l (Avril) pour barrage de Bouroumi, par contre dans l'eau brute de Boukerdane les valeurs varient entre 55.66 (Mars) et 82.41 (Février)

Nous remarquons aussi que les concentrations en calcium dans les eaux traitées sont légèrement supérieures à celles dans des eaux brutes. Cela est dû à l'injection de l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) durant l'étape de pré chloration.

Selon la figure 8, les concentrations moyennes mensuelles du magnésium présentent une certaine hétérogénéité des valeurs que ce soit dans les eaux brutes ou traitées des deux barrages, ces concentrations varient entre 29.26 mg/l (Avril) et 62.65 mg/l (Mai) pour barrage Bouroumi et entre 19.54 (Avril) et 43.43 mg/l (février) pour barrage Bouroumi. Pour les eaux traitées les valeurs varient entre 35.65mg/l (Avril) et 67.11 mg/l (mai) pour (ETBR) , et entre 26.56 (Avril) et 46.91 mg/l (Février) pour (ETBK).

D'après **Rodier et al.,(2009)**,la productivité des eaux douces est assez nettement liée à la teneur en sels de calcium et de magnésium ; son maximum correspondrait à une alcalinité totale en calcium de 25 mg/L.

Résultats et discussion

Selon les résultats enregistrés au cours de la période d'étude :

- Les valeurs du TH des eaux brutes varient de 38.41 à 48.81°f pour (EBBR) et de 22.5 à 32.11°f pour (EBBK).
- Les valeurs du TH des eaux traitées varient de 40.75 à 51.25 (ETBR) et de 24.78 à 34.83°f (ETBK).

Tableau VII : Résultats des moyennes mensuelles de TH.

Mois	Moyennes mensuelles de TH (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	48.81	51.25	32.11	34.83
Mars	38.41	40.75	25.06	25.85
Avril	38.7	42	22.5	24.78
Mai	45.08	47.26	25.23	26.98

- ☛ On remarque que les valeurs de TH augmentent après le traitement à cause de l'injection de l'hypochlorite de calcium. Malgré cette augmentation, ces valeurs restent conformes aux normes recommandées par (**JORA, 2011**) (200°f)

Selon **Rodier (2009)**, il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau douce. Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg/L de CaCO₃ (c'est-à-dire 7,5 ° de TH calcique) ou à 30 mg/L de Ca est une eau douce et qu'au-dessus, il s'agit d'une eau dure.

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

Résultats et discussion

V.1.3.2 Chlorure

Variation de chlorure est représentée dans la figure 9.

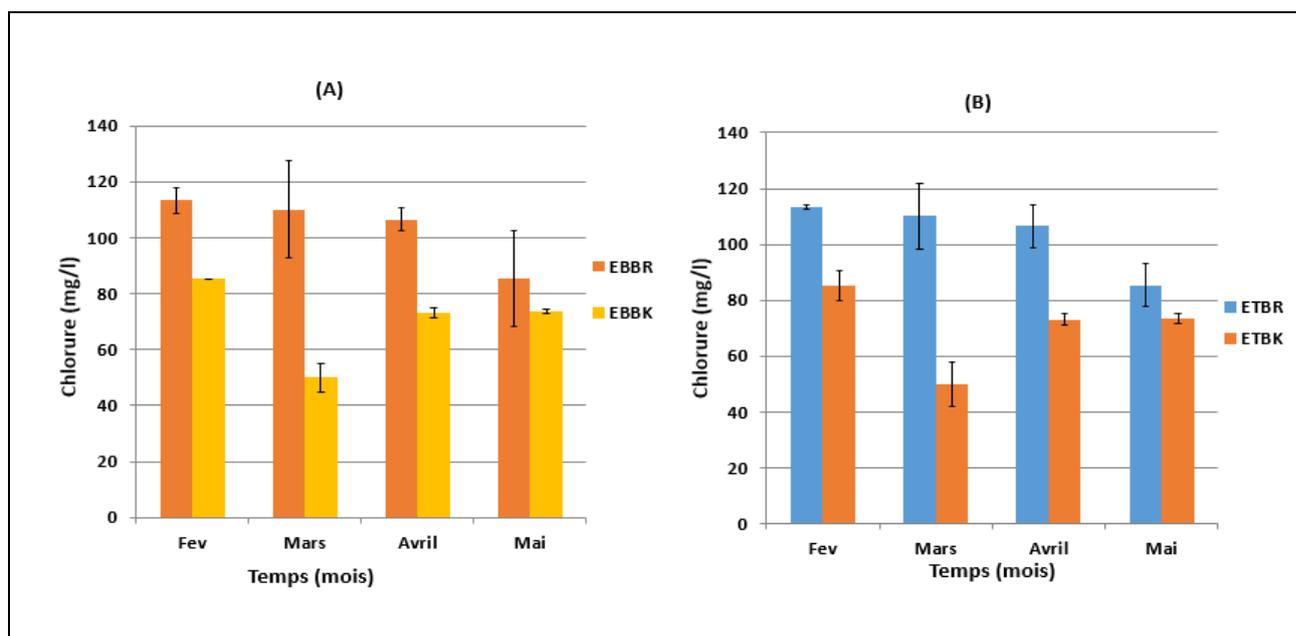


Figure 9 : Variation des moyennes mensuelles du chlorure (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).

La variation des concentrations des chlorures montre une différence dans les teneurs des chlorures dans les eaux brutes, varient entre 81.98 mg/l (Avril) et 94.1 mg/l (Mars) pour barrage Bouroumi et 61.38 mg/l (Mars) et 78.16mg/l (Février) pour barrage Boukerdane.

Les teneurs en chlorures des eaux brutes (EBBR), (EBBK) et des eaux traitées (ETBR), (ETBK) sont conformes aux normes (250mg/l).

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/L, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure. Pour une quantité équivalente de chlorures, la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium. Ils sont aussi susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier pour les éléments en acier inoxydable, pour lesquels les risques s'accroissent à partir de 50 mg/L. (Rodier et al., 2009).

Résultats et discussion

V.1.3.3 Bicarbonate

Variation de bicarbonate est illustrée dans la figure 10.

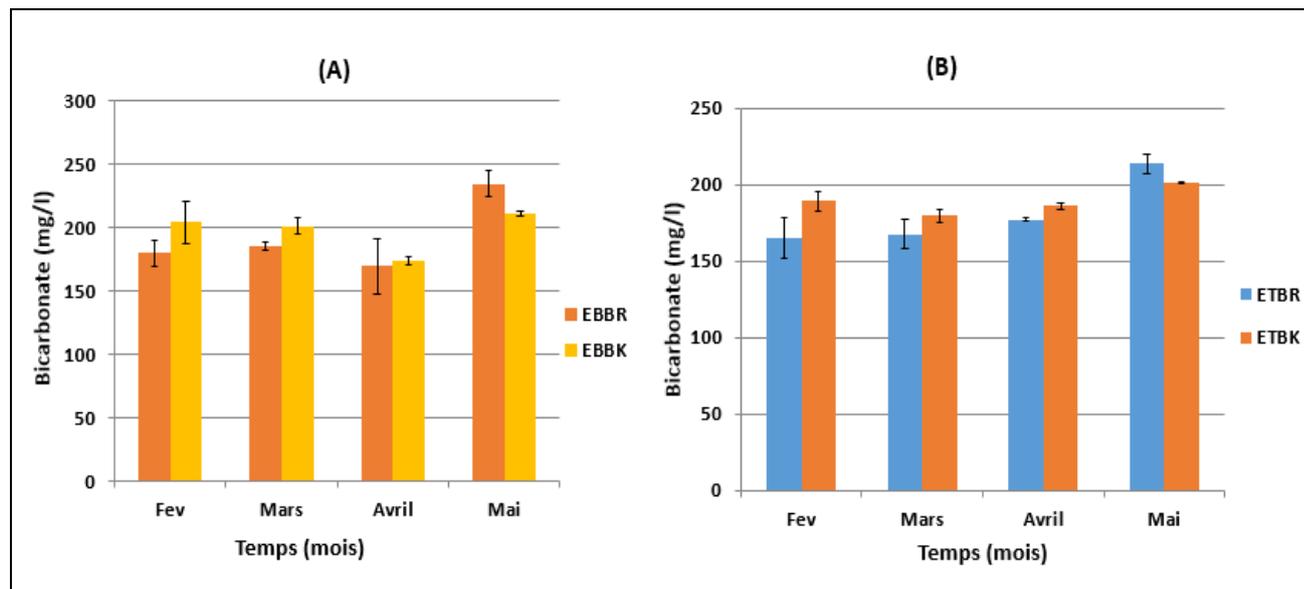


Figure 10 : variation des moyennes mensuelles du bicarbonate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).

D'après la figure 10, nous remarquons que les eaux brutes (EBBR), (EBBK) et les eaux traitées (ETBR), (ETBK) sont conformes aux normes de potabilité.

Selon **Rodier et al., (2005)**, la concentration des eaux en bicarbonates HCO_3^- est en fonction du pH de l'eau et de la température.

D'origine naturelle, les niveaux d'alcalinité totale allant jusqu'à 400 mg /l de CaCO_3 ne sont faibles peut entrainer des problèmes des corrosions du métal dans les systèmes de plomberie (**Self, 2010**).

Résultats et discussion

V.1.3.4 Sulfate

Variation de sulfate est illustrée dans la figure 11.

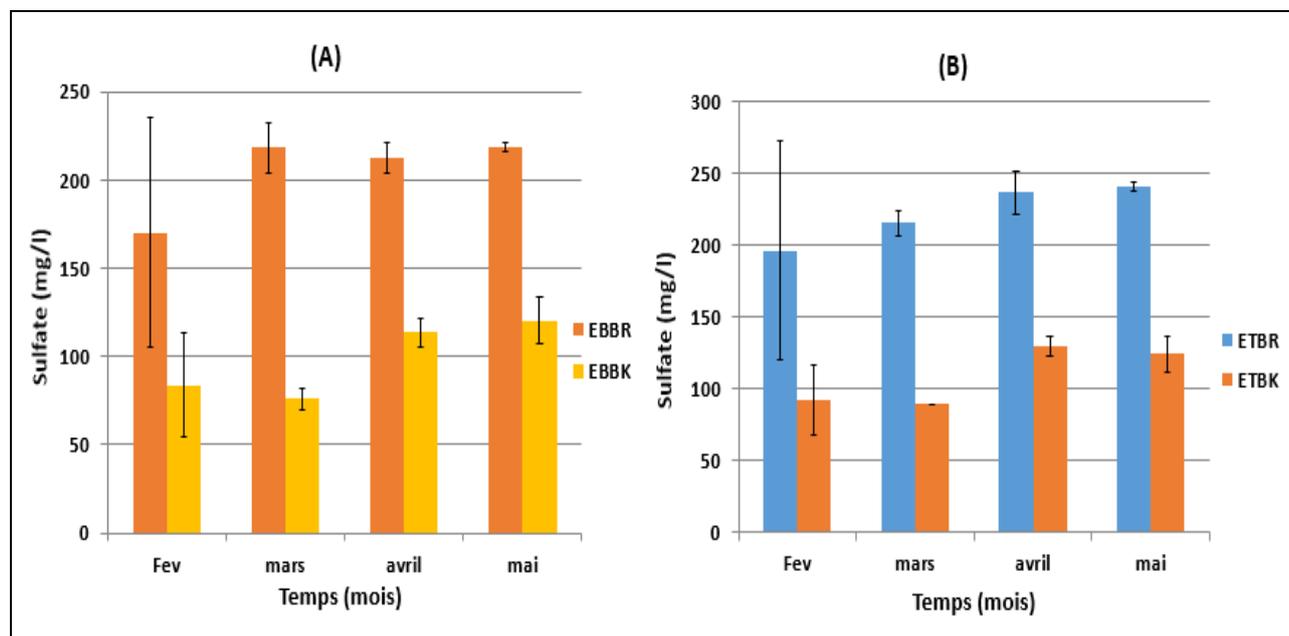


Figure 11 : Variation des moyennes mensuelles du sulfates (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brute (A) et traitées (B).

Les eaux brutes de barrage de Bouroumi contient des concentrations très élevée en sulfates dépassent 200 mg/l, par apport aux eaux brutes de Boukerdane qui contient des concentrations très faible durant toute la période d'étude.

La concentration des sulfates dans l'eau traitée est supérieure à celle de l'eau brute. Elles sont conformes aux normes recommandées par **JORA, 2011** (<400mg/l).

D'après **Rodier et al.,(2009)**,l'emploi de sulfate d'aluminium pour le traitement de coagulation des eaux peut contribuer à une élévation de la teneur en sulfates ce qui s'accorde aux résultats.

Des teneurs en sulfates en excès peuvent donner à l'eau un gout amer et avoir un effet laxatif sur les personnes n'étant pas habituées à cette eau (**Self, 2010**).

Résultats et discussion

V.1.4. Paramètres indésirables

V.1.4.1. Fer

D'après le tableau VII, nous constatons :

Les concentrations de fer dans les eaux brutes et traitées sont négligeables, elles sont à l'état de traces (<0.3mg/l). (OMS,1991 ;JORA,2011)

Tableau VIII : Résultats des moyennes mensuelles de Fer

Mois	Moyennes mensuelles de Fer (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mars	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Avril	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mai	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

D'après **Rodier et al., (2009)**, une saveur désagréable pouvant être perçue à partir de 0,05 mg/L, le fer développe dans l'eau une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur

L'élimination du fer peut se faire par oxydation-aération suivie d'une filtration ou par oxydation biologique (**Rodier et al., 2009**)

D'après **Friedman et al., (2004)**, la corrosion peut entraîner le rejet de contaminants, tels que le fer, dans le système de distribution. En effet il a été démontré que les conduites en fonte peuvent être une source de fer dans le système de distribution d'eau.

L'accumulation de fer dans le système de distribution peut être également le résultat de l'oxydation et de la décantation de fer (**Kirmeyer et al., 2002**)

Résultats et discussion

V.1.4.2. Manganèse

D'après les valeurs du tableau IX, il en ressort que les concentrations de manganèse dans les eaux brutes et traitées sont négligeables, elles sont à l'état de traces (<0.05mg/l).

Tableau IX: Résultats des moyennes mensuelles de manganèse

Mois	Moyennes mensuelles de manganèse (mg/l)			
	EBBR	ETBR	EBBK	ETBK
Février	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Mars	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Avril	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Mai	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

En effet la présence de manganèse dans les eaux superficielles provient essentiellement des industries et des usines d'engrais (**Rodier et al., 2005**).

Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité, il est donc éliminé par traitements classique de clarification (**Degrement, 2005**).

Au point de vue gustatif, le manganèse peut donner un goût désagréable à l'eau. Par ailleurs, même à des doses faibles (0,02 mg/L), il est susceptible de former une couche noire sur les canalisations qui lorsqu'elle se détache donne un aspect peu engageant à l'eau (**Rodier et al.,2009**).

Résultats et discussion

V.1.4.3 Aluminium

L'ensemble des valeurs obtenues d'aluminium es représenté dans la figure 12.

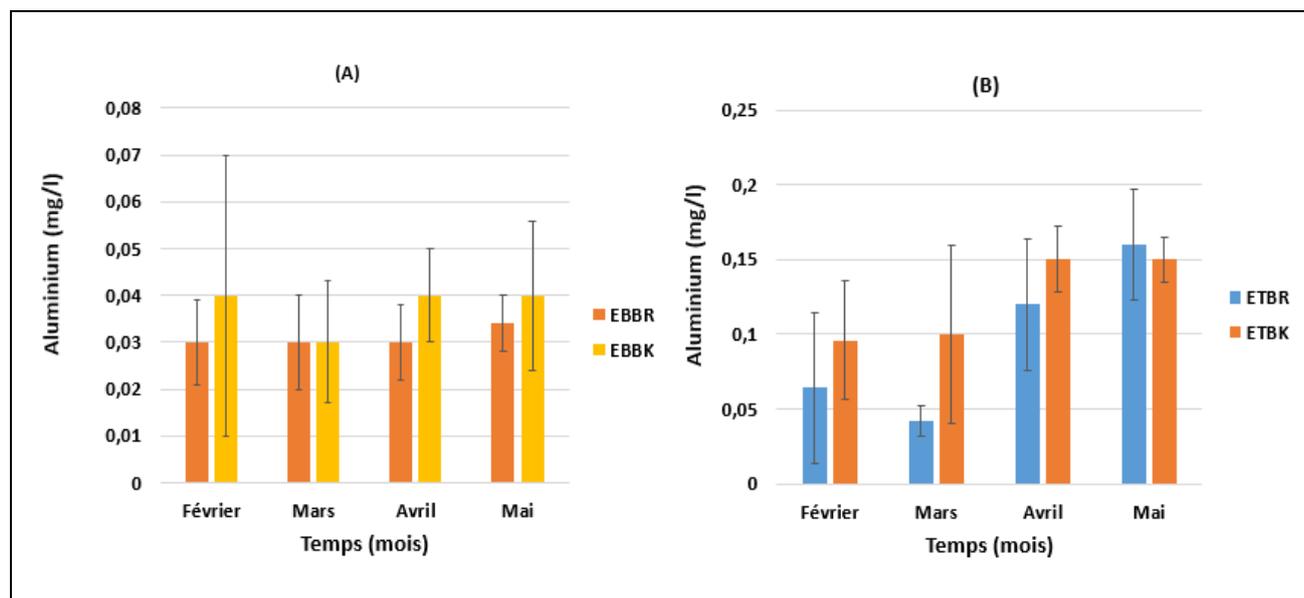


Figure 12 : Variation des moyennes mensuelles du Aluminium (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux brutes (A) et traitées (B).

Les valeurs de concentration d'Aluminium de barrage Bouroumi varient entre 0.03 mg/l et 0.034 mg/l et pour barrage Boukerdane les valeurs varient entre 0.03 mg/l et 0.04 mg/l.

Après traitement et du fait de l'utilisation de sulfates d'alumine dans les deux stations de potabilisation (Mazafran et Sidi Amar), il apparait à des teneurs acceptables par les normes dans les eaux traitées

Une station de traitement en bon état de fonctionnement devrait aboutir à une concentration en aluminium inférieure à 50 $\mu\text{g/L}$ dans l'eau distribuée (**Rodier et al., 2009**)

La présence d'aluminium dans les eaux de consommation est dû à l'utilisation de sulfate d'alumine (**Srinivasan et al., 1999**)

Le sulfate d'alumine est utilisé comme coagulant pour le traitement de l'eau. Il y a une probabilité de 50 % que cela puisse conduire à des concentrations accrues d'aluminium dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute (**Srinivasan et Viraraghavan, 2001**).

Résultats et discussion

V.1.5 Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des paramètres bactériologiques sont regroupés dans l'annexe 3.

L'analyse bactériologique présente un intérêt considérable pour contrôler l'efficacité des différentes étapes de traitements des eaux destinées à la consommation.

Selon **JORA (Mars 2011)**, Les eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine doit contenir :

- Moins de 50000 germes de coliformes totaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 20000 germes de coliformes fécaux dans 100 ml d'eau.
- Un nombre de germes inférieurs à 10000 de streptocoque dans 100 ml d'eau.
- L'absence de spores ASR, des salmonelles et des vibrions.

Tableau X: Résultats des paramètres bactériologiques d'eau brute (Mazafran).

Nombre de germes (CT, CF, Streptocoque fécaux, vibrions cholériques et Salmonelles /100 ml) (ASR/20 ml)						
Date de prélèvements	CT	CF	Streptocoques fécaux	ASR	Vibrions cholériques	salmonelles
Février	1770	266	380	5	0	0
Mars	2420	118	410	8	0	0
Avril	1820	87	280	10	0	0
Mai	2110	95	310	7	0	0

Résultats et discussion

Tableau XI : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau traitée (Mazafran).

Nombre de germes (CT, CF, Streptocoques fécaux, Vibrions cholériques et salmonelles 100 ml) (ASR/20 ml)						
Date de prélèvements	CT	CF	Streptocoques Fécaux	ASR	Vibrions cholériques	Salmonelles
Février	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0

Tableau XII : Résultats des paramètres bactériologiques d'eau brute (sidi Amar).

Nombre de germes (CT, CF, Streptocoques fécaux, Vibrions cholériques et salmonelles 100 ml) (ASR/20 ml)						
Date de prélèvements	CT	CF	Streptocoques Fécaux	ASR	Vibrions cholériques	<i>Salmonelles</i>
Février	280	75	90	3	0	0
Mars	135	60	53	2	0	0
Avril	118	42	82	4	0	0
Mai	206	21	75	1	0	0

Résultats et discussion

Tableau XIII: Résultats des paramètres bactériologiques d'eau traitée (sidi Amar).

Nombre de germes (CT, CF, Streptocoques fécaux, Vibrions cholériques et salmonelles 100 ml) (ASR/20 ml)						
Date de prélèvements	CT	CF	Streptocoques fécaux	ASR	Vibrions cholériques	salmonelles
Février	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0

V.2.5.1. Coliformes totaux

La recherche et le dénombrement des coliformes dans les eaux brutes des deux barrages présentent une grande différence dont Boukerdane varie entre 118 à 280 germes/100ml et pour barrage de Bouroumi varie entre 1770 à 2420 germes/100ml durant toute période d'étude.

Les coliformes totaux sont utiles pour évaluer l'efficacité du traitement et détecter les failles dans le système de distribution ainsi que la vulnérabilité d'un système d'eau à une contamination fécale (Craun et Calderon, 2001).

V.2.5.2. Coliformes fécaux

Le nombre de coliformes fécaux retrouvés dans les eaux brutes (EBBR) est compris entre 87 à 266 germes/100ml et pour les eaux brutes (EBBK) compris entre 21 à 75 germes/100ml durant notre période d'étude.

Selon Bartram et Rees, (2000), E. coli est le seul biotype de la famille des entérobactéries qui est presque toujours d'origine fécale. C'est une bactérie qui est particulièrement sensible à la

Résultats et discussion

désinfection et qui a la particularité de se développer difficilement à l'intérieur d'un réseau. Sa présence indique qu'une contamination fécale s'est introduite dans le réseau (**RQEP, 2006**).

V.2.5.3. Streptocoque fécaux

Les streptocoques fécaux présents dans les eaux brutes du barrage de Bouroumi (EBBR) sont 280 à 410 germes/100ml et dans les eaux brutes de barrage de Boukerdane (EBBK) sont 21 et 75 germes/100ml.

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

V.2.5.4 Spores d'anaérobies Sulfito-réducteurs

Les résultats de la recherche et du dénombrement des spores d'anaérobies-Sulfito-réducteurs pour les eaux de barrage Bouroumi sont 5 à 10 spores/20ml et pour les eaux de barrage de Boukerdane sont 1 à 4 spores/20ml durant notre période d'étude.

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

- On remarque l'absence totale de tous les germes indicateurs de la contamination fécale pour l'ensemble des eaux traitées étudiées présentant ainsi une bonne qualité bactériologique et témoigne donc l'efficacité de traitement appliqué.

V.5.2.5 Germes pathogènes

Les micro-organismes pathogènes tels que *Vibrio cholerae* et *Salmonella* sont généralement transmis aux humains par l'ingestion d'eau contaminée et sont responsables de diverses maladies (**Momba et al., 2006**).

Salmonella, tout comme d'autres bactéries entériques, se transmet par voie oro-fécale. Ce micro-organisme peut pénétrer dans l'environnement aquatique directement avec les matières fécales des humains ou des animaux infectés (**Levantesi et al. 2012**).

Résultats et discussion

Durant notre étude, aucun prélèvement ne s'est révélé positif ni pour les bactéries du genre *Salmonella* ni pour l'espèce *Vibrio cholerae* que ce soit pour les brutes (EBBR, EBBK), les eaux traitées (ETBR, ETBK).

V.6. Résultats du sondage

Le sondage effectué auprès de 200 individus (100 dans la ville de Tipaza et 100 dans la ville d'Alger) sont interrogés sur la qualité des eaux de distributions.

V.6.1. Principale source d'approvisionnement en eau de consommation

Sur leur principale source d'approvisionnement en eau de consommation, les 200 individus questionnés selon le secteur (Tipaza et/ou Alger) ont répondu (figure 13) :

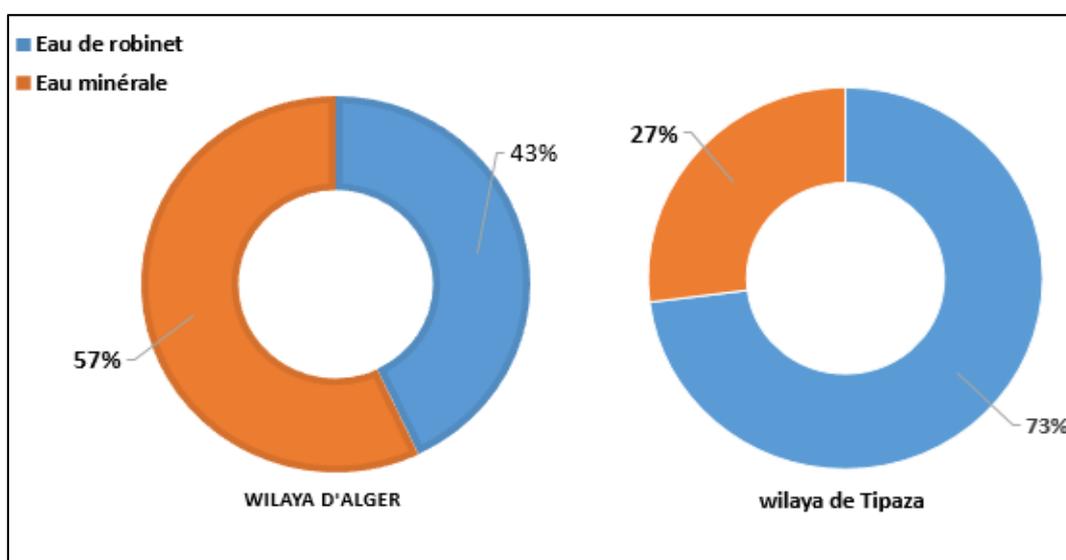


Figure 13 : Principale source d'approvisionnement en eau potable à Alger et Tipaza

Les consommateurs qui préfèrent acheter les eaux en bouteille trouvent qu'elles ont meilleur goût. L'importance de la qualité organoleptique pour les consommateurs d'eau embouteillée a été trouvée dans les enquêtes françaises (IFEN, 2000).

V.6.2. Gout (ou saveur) de l'eau du robinet

Pour la question, l'eau du robinet présente-elle un gout particulier ? les réponses étaient les suivantes (figure 14) :

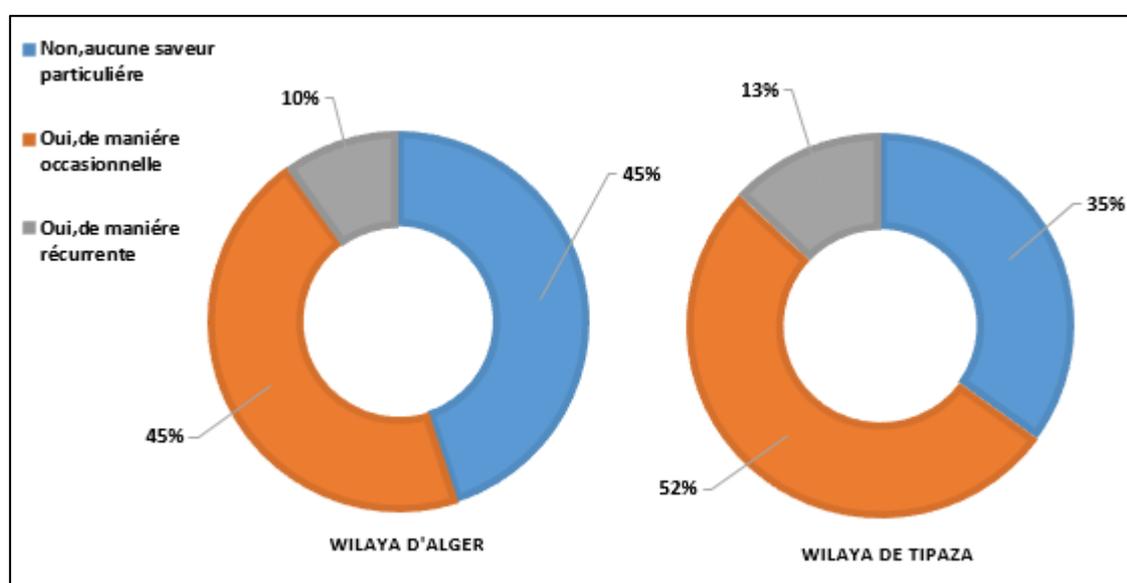


Figure 14 : Résultats du sondage concernant la saveur de l'eau de robinet

Selon **Riboni et al., (2001)**, le chlore qui est un désinfectant puissant, traditionnellement utilisé pour le traitement de l'eau potable lui donne un gout caractéristique. La plupart des individus détectent le chlore à partir de 0,3 mg/l, les plus sensibles à des seuils proches de 0,1mg/l (**Appaule, 2009**).

Des réactions chimiques pendant le stockage et le transport peuvent également produire des odeurs désagréables comme la réaction du chlore avec la tuyauterie (**Dietrich, 2006**).

La prolifération algale peut également donner à l'eau un gout de terre (**Ozbek, 2011**).

Chaque eau possède un gout qui est en partie liée à sa composition minérale (**Teillet et al., 2008**).

- Si l'eau renferme une quantité trop élevée en chlorures, l'eau sera saumâtre.
- Si elle renferme une quantité trop élevée en magnésium, elle sera amère.
- Si elle est chargée en fer, elle sera métallique (**Rodier et al., 2005**).

Résultats et discussion

➤ Une mauvaise saveur peut être le résultat d'une croissance de micro-organismes occasionnelle, d'une contamination par les matériaux utilisés ou de la présence de substances organochlorés (Fall, 2007).

V.6.3. Odeur de l'eau du robinet :

Les résultats du sondage concernant l'odeur de l'eau de robinet dans les régions d'Alger et Tipaza sont présentés dans la figure 15.

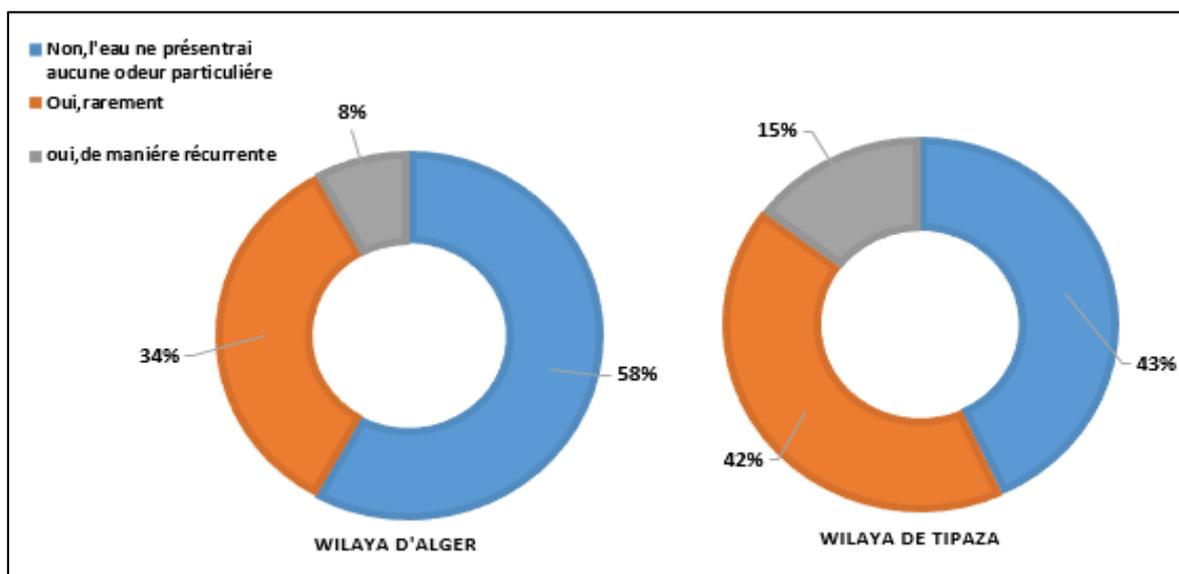


Figure 15 : Résultats du sondage concernant l'odeur de l'eau de robinet.

L'eutrophisation des plans d'eau de surface conduit à la prolifération des algues qui entraînent la libération de surfaces odorantes. Selon **Ozbek (2011)**, même si les métabolites d'algues ne constituent pas un risque pour la santé des consommateurs, leur goût et leur odeur désagréable ont tendance à les inquiéter.

D'après **Bernard et al.,(2007)**, avant de parvenir au robinet, l'eau doit parcourir de nombreux kilomètres de canalisations. Afin de préserver la qualité de l'eau et prévenir tout risque de contamination accidentelle, les sociétés de distribution injectent du chlore qui donne à cette eau une odeur et un goût particuliers.

Résultats et discussion

V.6.4. Coloration de l'eau de robinet

Pour la question, l'eau du robinet présente-t-elle une coloration particulière ? Les réponses ont été les suivantes (figure 16) :

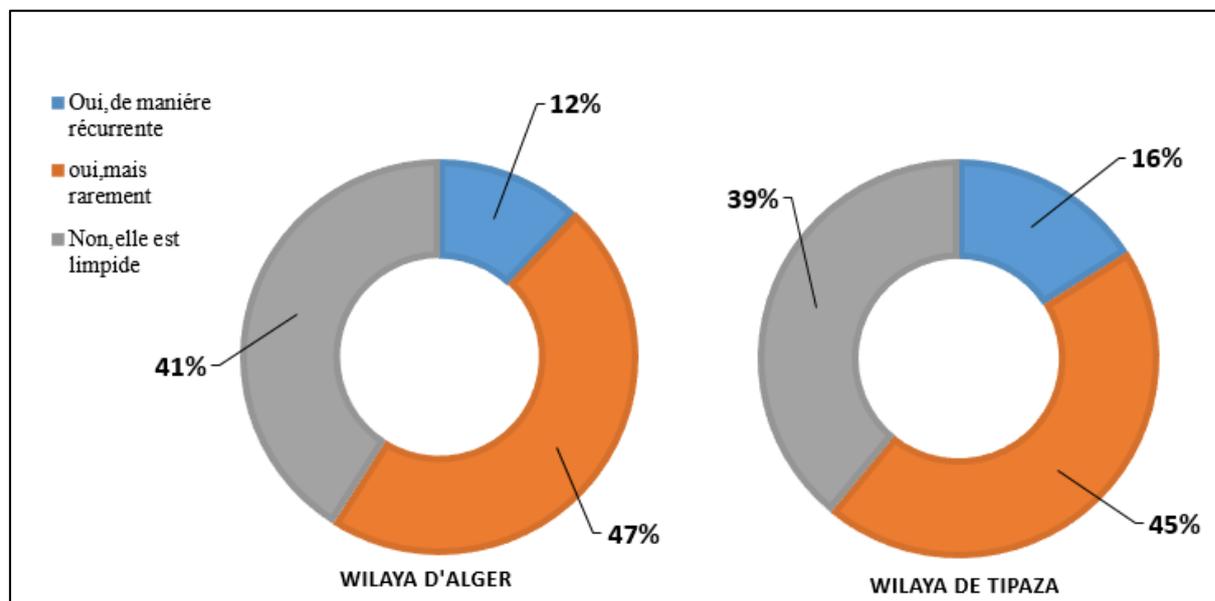


Figure 16: Résultats du sondage concernant la coloration de l'eau de robinet

Sur les 12% individus de la wilaya d'Alger qui ont répondu que l'eau présentait une couleur, la majorité ont jugé qu'elle était blanchâtre. Selon **Bernard et al., (2007)**, cette couleur est la conséquence de la présence de fines bulles d'air dans l'eau. Cet air est libéré dans l'eau à l'intérieur des canalisations de la maison lors d'une baisse de pression ou d'une élévation de température. Ce qui lui donne un aspect laiteux, ce phénomène n'a aucune influence sur la santé.

Sur les 16% individus de la wilaya de Tipaza ont répondu qu'elle était sombre et turbide.

La coloration d'une eau dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans les eaux claires et les eaux à faible turbidité (**Rodier et al., 2009**).

V.6.5. Traitement de l'eau du robinet avant sa consommation

Pour la question, traiter-vous cette eau avant de la consommer ? Les réponses ont été les suivantes (figure 17) :

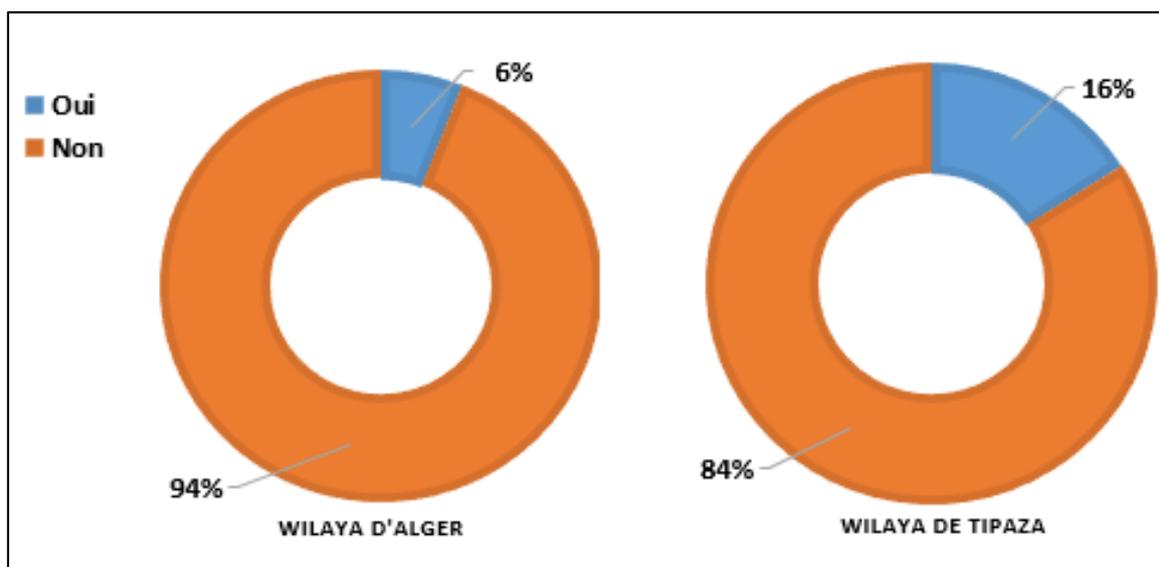


Figure 17: Résultats du sondage concernant le traitement de l'eau du robinet avant consommation.

Sur les 100 consommateurs questionnés de la wilaya d'Alger, seulement 6% ont répondu qu'ils traitaient l'eau du robinet avant de la consommer.

Sur les 100 consommateurs questionnés de la wilaya de Tipaza, 16% ont répondu qu'ils traitaient l'eau du robinet avant de la consommer.

D'après **Mahmud Amar et al., (2009)**, les méthodes de traitement chez les ménages comprennent : l'ébullition, la filtration et la chloration.

Résultats et discussion

V.6.6. Maladies causées par la consommation de l'eau du robinet

Pour la question, pensez-vous avoir déjà été malade après avoir consommé l'eau du robinet ?

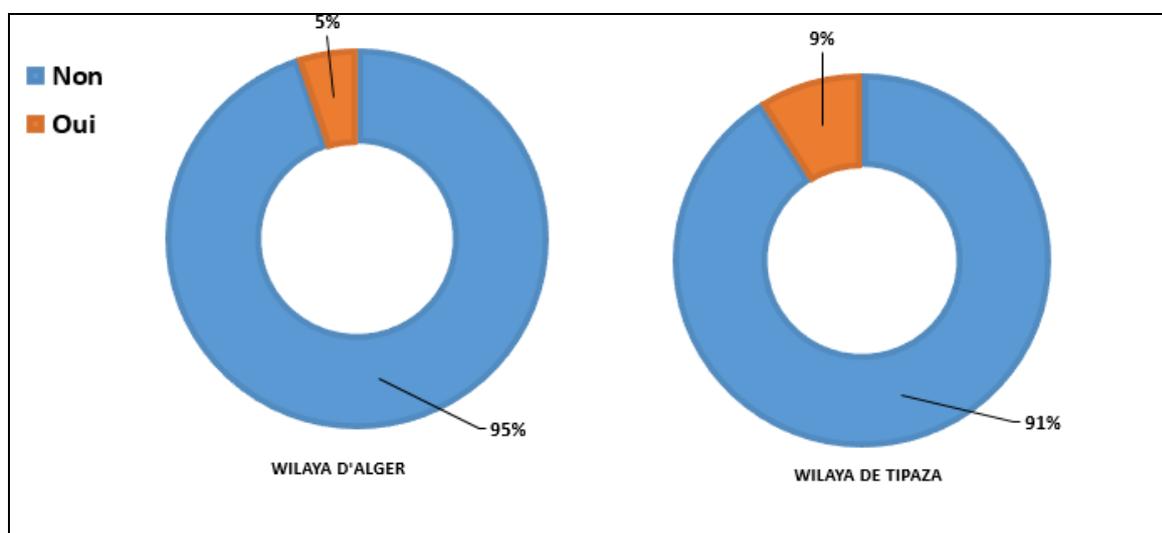


Figure 18: Résultats du sondage concernant les maladies causées par la consommation de l'eau du robinet.

- Parmi les personnes qui ont répondu oui, ont déclaré avoir des nausées, des vomissements et des diarrhées.

V.6.7. Appréciation de la qualité de l'eau du robinet

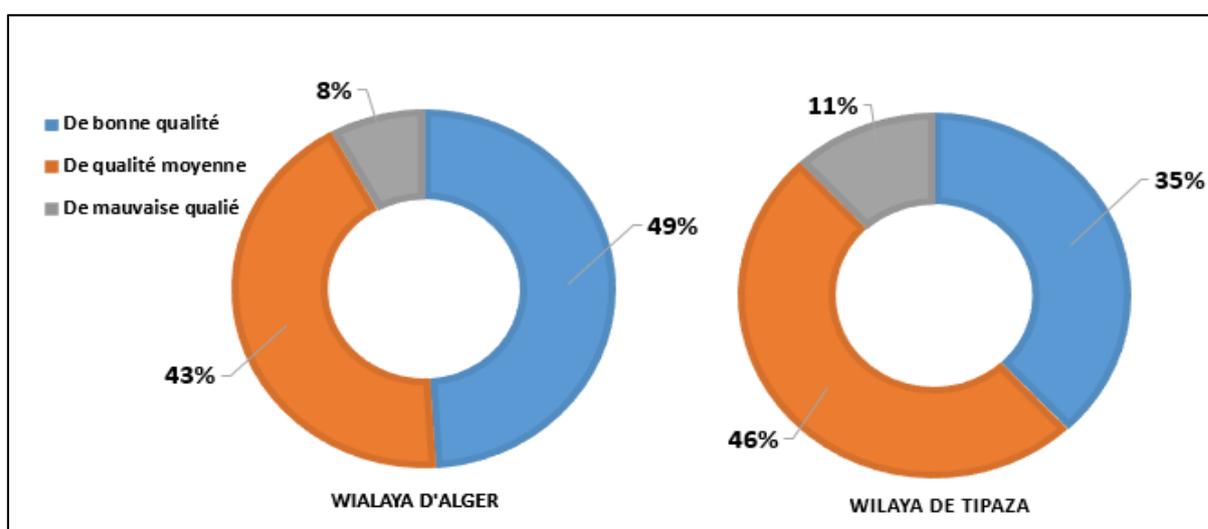


Figure 19 : Résultats du sondage concernant la qualité de l'eau du robinet

Résultats et discussion

Nous avons remarqué que chaque abonné a sa propre idée sur la qualité de l'eau. D'après **Dietrich (2006)**, les consommateurs utilisent leurs sens et leurs opinions personnelles pour évaluer la qualité de l'eau potable.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Conclusion

Pour une meilleure appréciation de la qualité des eaux des barrages et des eaux traitées, on a effectuées une étude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau provenant du barrage de Bouroumi et Boukerdane et l'eau traitée de Sidi Amar et Mazafran, les résultats obtenus montrent la conformité de ces eaux aux normes de potabilité admises au plan international.

En effet, les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont révélé les résultats suivants :

- L'eau de barrage de Bouroumi est plus chargée en matières en suspensions que l'eau de barrage de Boukerdane.
- L'eau du barrage de Boukerdane est plus alcalins que l'eau du barrage de Bouroumi a cause de la prolifération algales.
- Présence de nitrate en grande quantité dans l'eau de barrage de Bouroumi par rapport aux eaux de barrage de Boukerdane.
- Ils présentent des faibles concentrations des paramètres indésirables (Fer et manganèse) ;
- Les paramètres de pollution dépendent aux normes de potabilité ;
- les analyses bactériologiques ont montrées que les eaux brutes de Barrage de Boukerdane et Bouroumi présentent une mauvaise qualité pour les ASR.
- Les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux traitées de chaque station (Sidi Amar et Mazafran) ont montré que tous les paramètres étudiés sont conformes aux normes recommandés

La dégradation de la qualité bactériologique de l'eau dans le réseau peut s'expliquer par la diminution voire l'absence du chlore résiduel et par la longueur du réseau. Pour cette raison la chloration et la surveillance microbiologique de l'eau potable sont essentielles.

La surveillance microbienne pourrait être réalisée par un programme de surveillance régulière de chaque réservoir de stockage et de connexion de service dans tout le système. Cependant, une telle stratégie serait d'un coût prohibitif. Une façon de contrôler plus efficacement est d'effectuer des échantillonnages de routine en surveillant des paramètres liés à la qualité microbienne à des endroits choisis à travers le système de stockage et de distribution.

Conclusion

L'état des réseaux d'approvisionnement en eau est un facteur qui contribue au tant que les réservoirs d'eau à la dégradation de la qualité de l'eau, souvent en raison de leur âge, de fuites, de placement tort à proximité du réseau des eaux usées, des problèmes d'absorption en raison des coupures d'eau.

Les autorités chargées de l'approvisionnement en eau doivent prendre les mesures appropriées pour la protection de la ressource en eau, de l'entretien et le nettoyage des réseaux d'eau et des réservoirs et assurer l'application correcte de la chloration.

La sensibilisation du public peut également jouer un rôle important pour aider à prévenir de tels problèmes. Les consommateurs devraient être conscients de l'importance de la qualité de l'eau en utilisant des méthodes de traitement de l'eau comme la filtration ou l'ébullition qui peuvent être bénéfiques pour éviter les maladies d'origine hydrique.

- **Afnor, 2005.** Qualité de l'eau, norme et réglementation. Saint-Denis La Plaine Cedex, France. 48-50-54p.
- **Appaule P., 2009.** Etude préliminaire à la mise en place d'un outil d'aide à la décision pour la gestion d'eau potable de la communauté Urbaine de Strasbourg basée sur l'étude des caractéristiques organoleptiques des eaux .Mémoire de fin d'étude. Mastère Spécialisé en Eau Potable et Assainissement. Ecole nationale de génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, France.114p.
- **Archibald, 2000.** The presence of coliform bacteria in canada pulp and paper mill water systems a cause for concern.water quality. Canada.35 :1-22.
- **Arsac S., 2006.** Les catégories d'eau dans les établissements de santé Typologie, Traitements complémentaires. Référentiels.C.Clin Sud-est, France.16p.
- **Avril L., Dabernat H., Denis F., 2000.** Bactériologie clinique. 3^{ème} édition .Ellipse Marketing SA.65p.
- **Barroin,2003.** Gestion des risques santé et environnement : le cas des nitrates, phosphore, Azote et prolifération des végétaux aquatiques, paris .le courrier de l'environnement de l'INRA .48 :13-26.
- **BartramJ., Rees G., 2000.** Monitoring bathing waters-Apractical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes .E&FN Spon.311p.
- **Behar S., 1997.** Definition of Water Quality Parameters .Testing the Waters: Chemical and physical Vital Signs of a River. Montpelier, VT : River Watch Network ,1997.1p.
- **Benamar N., Mouadiah N., Benamr A., 2011.** Etude 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, 20-21janvier 2011.6p. .
- **Bendada, boulakradache., 2011.** Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomiques (SAAF) (SAAET) : application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds.mémoire de master spécialité chimie .58p.
- **Bengoumi M., Traoure A., Bouchriti N., El Hraiki A., 2004.** Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique. Volume 3, N°1 ? Maroc ; pp 5-25.

- **Bernard A., Denies T., Bourguignon J-P., Ducart J-P., 2007.**L'eau du robinet et la santé, Belgique.13p.
- **Bernard L. ,2015.**Production d'eau potable, filières et procédés de traitement.
- **Bliefret C., PerraudR., 2001.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Bruxelles : De Boeck, pp285-286-326.
- **Boeglin J-C., 2003.**Technique de l'ingénieur. Volume 1. Edition Paris.20p.
- **Bonhomme A-J-C., 2003.**Les bactéries du genre vibrion et la santé publique vétérinaire thèse de doctorat. Vétérinaire .Ecole nationale vétérinaire d'Al fort. Faculté de médecine de Créteil, .109p.
- **Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G., Vern-Bourdais E., 2002.**Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire, science des aliments .Edition Doin, paris, France.105p.
- **Boucaud-Maitre Y.,Thioinet S.,Fuhrman C.,Coronel B.,Freney J.,2001.** Evaluation des performances et de la particularité de l'automate de cyto bactériologie symex UF-100 pour la prédiction de l'infection urinaire.Chimiothérapie Anti-Infectieuse.Revue Française des laboratoires .338 :75-81
- **Bouziane M., 2006.** L'eau dans tous ses états .source de vie, ressource épuisable, maladies hydriques. Pollution chimiques. Edition : Dar El Gharb.35-154p.
- **Brémaude C., Claisse J-R., Leulier F., Thibault J.,Ulrich E., 2006.**Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale Educagri .Dijon .France. 220-221p.
- **Cardot C., 1999.** Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques-cours et biologique problèmes résolus Génie de l'environnement, Edition Ellipses .247p.
- **Cardot C., 2002.**Le traitement de l'eau, procédés physico-chimiques-cours et biologique problèmes résolus Génie de l'environnement, Edition. Ellipses.48p.
- **Caselli G., Vallin J., Wunsch G., 2002.** Démographie : analyse et synthèse, les déterminants de résolus Génie de l'environnement .Edition Ellipse .247p.
- **Cavallo J-D., Antoniotti G., Baffoy N., Hajjar J., Horn C., Mounier M., Salomon V., 2002.**Surveillances microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé Air, eaux et surfaces. Direction générale de la sante. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins. Comite technique national des infections nosocomiales, France .77p.

- **CEAEQ, 2000.**Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec : Recherche et dénombrement des coliformes totaux, méthode par filtration sur membrane, Québec .25p.
- **CEAEQ, 2011.**Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec : Recherche des salmonelles : méthode présence /absence, Québec .25p.
- **Celerier J-L., Faby J-A., Loiseau G., Juery C., 2002.**La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux .Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales .Document technique FNDAE hors série N° 12.98p.
- **Chevalier p., 2002.** Entérocoques et streptocoques fécaux.Fiche synthèses sur l'eau potable et la santé humaine.Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 5p.
- **Chevalier p., 2003.** Coliformes totaux .Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine .Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec .4p.
- **CNRS ,2010.** Centre Nationale de la recherche scientifique –France-Cnrs .Fr.
- **Cornaz, 2004.**Evaluation de Statut trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origine diffuse et ponctuelles .152p.
- **Coulibaly K., 2005.**Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO .thèse de doctorat en pharmacie.Université de Bamako .Faculté de médecine,de pharmacie et d'odontostomatologie ,Bamako,France.42p.
- **Craun G-F., Calderon R-L., 2001.**Water borne Disease Outbreaks Caused by Distribution System Deficiencies.Journal American Works water Assosiation (AWWA).93(9):64-75.
- **Debeiche T-H., 2002.**Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de pollution saline, agricole et industrielle .thèse de doctorat en science de la terre. Université de France-comté. 199p.
- **Degrement T., 1995.** Mémento technique de l'eau, tome 1.10^{eme} édition. Lavoisier, France : 43-94p.
- **Degrement T., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome1, 9eme édition, Lavoisier, France : 26-120p.

- **Delarras C., 2003.**Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation-Prélèvement -Analyse, Edition médicales internationales, Lavoisier, Paris, 269p.
- **Delarras C., 2007.**Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation-Prélèvement -Analyse, Edition médicales internationales, Lavoisier, Paris, 476p.
- **Dietrich A-M., 2006.**Aesthetic issues for drinking water .Journal of Water and Heath.4:11-16.
- **Drouiche M., 2006.** Traitement des eaux de surface et des eaux de rejet d'huilerie d'olive de l'environnement. Ecole nationale polytechnique d'Alger. 122p.
- **Edberg S-C., Rice E-W., Karlin R-J., Allen J., 2000.** Escherichia coli. The best biological drinking water indicator for public health protection Journal of Applied Microbiology.88 :106-116.
- **Fall C., 2007.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal.81p.
- **FranceschiM., Girou A., Puech-costes E., 2002.**Optimization of the coagulation flocculation process of raw water by optimal design method,wat .Res .36 :3561-3572.
- **Friedman M.,Martel k.,Hill A.,Holt D.,Smith S.,Ta T.,Sherwin C.,Hilterbrand D.,Pommerenk P.,Hinedi Z.,CamperA.,2004.**Establishing Site-Specific Flushing Velocities .American Water WORKS Association Water (AWWA).Denver, Colorado, Etats Unis .228P.
- **Gadin-Goyon ,2002.**Qualité Bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier, thèse de doctorat, université claud-Bernard-lyon, France, 143p.
- **Garaud V., 2009.** Impact des boisements de périmètres de protection de captages sur la qualité de l'eau potable.Mémoire de fin d'étude .Formation des ingénieurs forestiers, Agro Paris Tech .Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement .Office nationale des forets .115p.
- **Graindorge J., 2005.**La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. technicités.8- 10p.
- **Graindorge J., 2015.**Guide des analyses de la qualité de l'eau.112-172p.
- **Habila S., 2002.**Evaluation du risque de contamination des eaux du Barrage Ben Haroun (wilaya de Mila) par les Polluants Organiques et Minéraux.240p.

- **Hanon M., Rouelle A., 2011.** Qualité des eaux distribuées par le réseau public en Wallonie. Direction des eaux souterraines, de l'état environnemental, Bruxelles Belgique. 10p.
- **Harrat N., Achour S., 2010.** Pollution physico –chimique des eaux de barrage de la région d'El Tarf .Impact sur la chloration. Larhyss Journal. 8 :47-54.
- **Hébert S., Légaré S., 2000.** Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'environnement, Québec, *envirodoq NO ENV-2001-0141*, rapport N°QE-123.24p.
- **IFEN, 2000.** Institut Français de l'Environnement. La préoccupation des Français pour la qualité de l'eau .les Données de L'Environnement, 1-4.
- **JORA, 2011.** Journal Officiel de la République Algérienne. Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine, n°18,
- **Kelin H., Yuang H-F., Hong L., Robert W-E., 2005.** Spatial variability of shallow ground water level, electrical conductivity and nitrate concentration and risk assessment of nitrate contamination in North China plain .Environment International. 31 :896-899.
- **Kirmeyer G-J., Friedman M., Martel K., Thomson G., Sandvig A., Clement J., Frey M., 2002.** Guidance manual for monitoring distribution system water quality, American Water Works Association Water (AWWA), RF, Denver, Colorado, Etats Unis .376p.
- **Konate I., 2006.** Epidémies de cholera en Afrique de l'ouest de 1995 à 2004. thèse de doctorat en médecine .Faculté de Médecine, de pharmacie et d'Odontostomatologie. Université de Bamako, Mali. 126p.
- **Kumar V., Kakrani B., 2000.** Water-Environment and Pollution, Agro Bios Publication, New Delhi. 258p.
- **Ladel M., 2007.** Contrôles des paramètres physico –chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation .Centre de formation aux métiers de l'eau de Tizi Ouzou. Stage VII. Algérienne Des Eaux, Algérie .102p.
- **Laidani Y., Henini G., Khatmi B., Dellal A., 2009.** Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de l'oued Mina. 2ème colloque international de chimie. 12p.

- **Lassalli –kaiser B., 2008.**Activation d'une molécule d'eau coordonnée du manganèse :<<Quatre étude de cas>>. thèse de doctorat en science de l'université paris – sud arsay.38p.
- **Lounnas A., 2009.**Amélioration des procédésde clarification des eaux de la station Hamadi –kroma de Skikda. Mémoire de Magister en Chimie. Option : pollutions Chimiques et Environnement. Université du 20 Aout 1955 Skikda, Algérie.120p.
- **Levantesi C., Bonadonna L.,Briancesco R.,Grohmann E.,Toze S.,Tandoi V.,2012.**Salmonella in surface and drinking water: Occurrence and water –mediated transmission .Elsevier.Food Research International .45:587-602.
- **Mahmud Amar M-H.,Liabwel I.,Kumar S.,Donkor S-M.,2009.**Technical Guidelines for the Construction and Management of Drinking Water Treatment Plant.AManual for Field Staff and Practitioners .Ministry of Water Resources and Irrigation .Government of Southern Sudan.Developed in partnership with Unicef.66p.
- **Maier, 2010.** Analyse Microbiologique des Aliments et de l'eau.30p.
- **Marc B., Régine B ., David T.,2007.**<<Qualité des cours d'eau en valais>> ; Départements transports de l'équipement et de l'environnement ; Service de la protection de l'environnement, 67p.
- **Mizi A., 2006.**Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles .thèse de doctorat ,Université d'Annaba, Algérie.72p.
- **Momba M-N-B., Malakate V-K. ,Theron J., 2006.**Abundance of pathogenic *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Vibrio cholerae* in Nkonkobe drinking water sources, J. Water Health, Vol.4, Issue 3:289-296.
- **OMS ,1991.**Normes internationales applicables à l'eau de boisson, Genève.
- **OMS ,2000.**World Heath Organisation .Directives de qualité pour l'eau de boisson .2eme édition, volume 2 Recommandations. Genève, Suisse .1050p.
- **OMS ,2011.**Normes internationales applicables à l'eau de boisson, Genève.
- **Ozbek O-P., 2011.**Consumers detect odd odors, tastes in water despite government guidelines, scientist says.Physorg.2p.
- **Payement P., Waite M., Dufour A., 2003.** Chapitre 2: introducing parametres for the assessment of drinking water quality.47-52.

- **Pitkanen T., 2010.** Studies on the detection methods of campylobacter and faecal indicator bacteria in drinking water .National Institute for Health and Welfare.Finland.118p.
- **pourcher S., 2007.**Apport diagnostique du dénombrement de Clostridium perfringens dans l'intestin grêle des ruminants suspects d'enterotoxémie.thèse de doctorat Vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire de Lyon, France.138p.
- **Proulx F., Rodriguez M-J., Serodes J-B., Miranda L-F., 2010.** Factors influencing public perception and water use of municipal drinking water.Water Science and Technology, Water Supply.10:472-485.
- **Riboni E., Robert M., 2001.**Les méthodes de désinfection de l'eau .Avantages et inconvénients respectifs entre chlor-U.V.-ozone-microfiltration, quelle méthode choisir en fonction des objectifs ?, quelques exemples d'application .ozone.ch Sàrl.Switzerland.6p.
- **Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin G-P., Champsaur H., Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8eme édition. Paris : DUNOD technique.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., et Colli, 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.9ème édition. Paris : DUNOD technique.
- **RQEP, 2006.**Reglement sur la Qualité de l'Eau Potable .Volume 2, présentation du règlement, Québec.282p.
- **Sarkar S., Saha M., Takada H., Bhatt A., Charya B., 2007.** Water quality management in the loiver stretch of the river Ganges, coastof India: an approach through Environmental of cleaner productio, volum 15 :1559-1567.
- **Self J-R., 2010.**Domestic Water Quality Criteria .Manager, Soil, Water and Plant Testing Laboratory, Colorado State University Crop Series Irrigation, Fact Sheet.3p.
- **Semine ras H., 2009.** Contribution à l'évaluation et l'inhibition du pouvoir entartrant des eaux dures par plusieurs procédés .Thèse de magister en chimie physique et analytique, option traitement des eaux .Université de Mentouri de Constantine, Algérie.106p.
- **Srinivasan P-T., Viraraghavan T., 2001.**Characterisation and concentration profile of aluminium during drinking –water treatment .Water South Africa.28(1) :99-106
- **Srinivasan P-T., Viraraghavan T., Subramanian K-S., 1999.**Aluminium in drinking water: An overview .Water South Africa.25 (1):47-56.

- **Teillet E., Cordelle S., Urbano C., Schlich P., 2008.**Déterminer le gout de l'eau ne coule pas de source .conférence Agro Stat, Session Sensométrie II. Centre Européen des sciences du gout, CNRS-UB-INRA en partenariat avec la Lyonnaise des Eaux, France .11p.
- **USEPA, 2003.**United States Environmental Protection Agency .Response protocol Toolbox: planning for and responding to Drinking Water Contamination Threats and Incidents .Module 3: Site Characterization and Sampling Guide .83p.
- **Valentin N., 2000.**Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. Thèse de Doctorat de l'UTC Spécialité : contrôle des systèmes .Université de Technologie de Compiègne, ESSTIN Nancy, France.153p.
- **Vilaginés R., 2010.** Eau environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie, 3^{eme} édition :87-162p.
- **Zella, 2007.** L'eau pénurie ou incurie. Alger .office des publications Universitaires.

Annexe 1

Matériel utilisé dans la partie expérimentale

Appareillage

- Spectrophotomètre (HACH) DR 5000
- Turbidimètre (HACH, 2001N)
- Conductimètre (METTLER TELEDIO).
- pH mètre (HCACH)
- Plaque chauffante
- Agitateur magnétique (RET)
- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme
- Étuve
- Bec de benzen.
- Bain marie.
- Compteur de colonie
- Incubateur à 37°C et 44°C

Verrerie courante de laboratoire

- Béchers
- Pissettes
- Fioles jaugées
- Glacière
- Boîte de pétri
- Pipette pasteur

Milieu de culture

- Milieu TTC+gélose Lactosée au Tergitol ;
- Milieu TTC+gélose Slanetz et Bartley ;
- Gélose BEA ;
- Gélose viande foie (VF).
- Gélose TSA
- Bouillon tryptophane
- Alain de fer

Annexe 2

Tableau 11 : Résultats des paramètres physiques (station Mazafran).

Paramètres Physiques	Date de prélèvement								Normes
	février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
pH	8.01	7.64	8.06	7.71	8.05	7.69	8.09	7.74	6.5-8.5
T °C	12,93	12.98	15.93	16.05	15.96	14.98	18.85	18.96	25
Conductivité us /cm	1022	1024	1001	923	1062	1070	1031	1047	2800
Turbidité(NTU)	30,8	1.96	39.96	2.63	54.06	1.82	54.13	2.4	5
Résidus sec	925	910	913	910	909	876	941	880	
TDS (mg/l)	424	420	500	502	349	351	530	537	2000

Tableau 12 : Résultats des paramètres physiques (station de sidi Amar).

Paramètres Physiques	Date de prélèvement								Normes
	Février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
pH	8.15	7.65	8.48	8.02	8.14	8.04	8.12	8.04	6.5-8.5
T °C	13,16	13.2	16.36	16.38	18.51	18.48	19.46	16.6	25
Conductivité us /cm	738	746	721	789	703	708	711	724	2800
Turbidité (NTU)	3,03	1.12	4.79	1.79	3.5	1.5	6.86	1.48	5
Résidus sec	810	739	692	617	627	618	769	734	
TDS (mg/l)	286	288	424	382	361	363	349	351	2000

Tableau 13 : Résultats des paramètres de pollution (Mazafran).

Paramètres de pollutions	Date de prélèvement								Normes
	Février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
MO (mg d'o ₂ /l)	1.32	0.24	2.05	0.43	2.04	0.39	2.1	2.02	3
MES	23.1	1.61	30.6	2.16	40.9	2.93	41.1	2.11	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	9.1	6.29	8.66	5.5	7.19	4.09	10.35	7.49	50

Tableau 14 : Résultats des paramètres de pollution (station de sidi amar).

Paramètres de pollution	Date de prélèvement								Normes
	Février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
MO (mg d'o ₂ /l)	1.42	0.23	0.96	0.01	1.06	0.16	1.69	0.06	3
MES	2.61	0.66	3.6	1.1	2.6	11	5.1	1.2	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2.39	1.51	1.71	1.17	1.88	1.79	1.75	1.64	50

Tableau 15 : Résultats de minéralisation globale (Mazafran)

Minéralisation globale	Date de prélèvement								Normes
	février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
Chlorure (mg/l)	90.21	113.38	94.1	110.1	81.98	106.5	82.06	85.43	500
HCO₃⁻ (mg/l)	179.9	164.68	186.1	167.4	169.5	177.1	234.8	213.5	500
Ca²⁺ (mg/l)	96.46	103.86	96.55	98.35	104.31	107.65	82.55	87.8	200
Mg²⁺ (mg/l)	59.3	10.06	34.3	8.66	29.2	8.23	62.6	9.8	150
SO₄²⁺ (mg/l)	78.3	196.3	218.6	215.2	213	236.6	218.6	240.6	250
O₂ (mg/l)	6.91	7.11	6.88	7.09	6.91	7.1	7.02	7.19	

Tableau 16: Résultats de minéralisation globale (Sidi amar)

Minéralisation globale	Date de prélèvement								Normes
	février		Mars		Avril		Mai		
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
Chlorure (mg/l)	78.18	85.23	61.38	50	70.45	73.21	68.48	73.46	500
HCO₃⁻ (mg/l)	204.3	189.1	201.3	179.5	174.03	186.2	211.6	201.2	500
Ca²⁺ (mg/l)	82.41	84.75	55.66	60.83	59.7	55.65	55.81	61.01	200
Mg²⁺ (mg/l)	43.4	16.6	26.7	2.7	19.9	2.7	28.7	2.1	150
SO₄²⁺ (mg/l)	83.6	92.3	76.09	98.3	113.5	129.3	120.2	124.06	250
O₂ (mg/l)	7.23	7.38	7.17	7.45	7.29	7.44	7.23	7.4	

Recherche de *Salmonella*

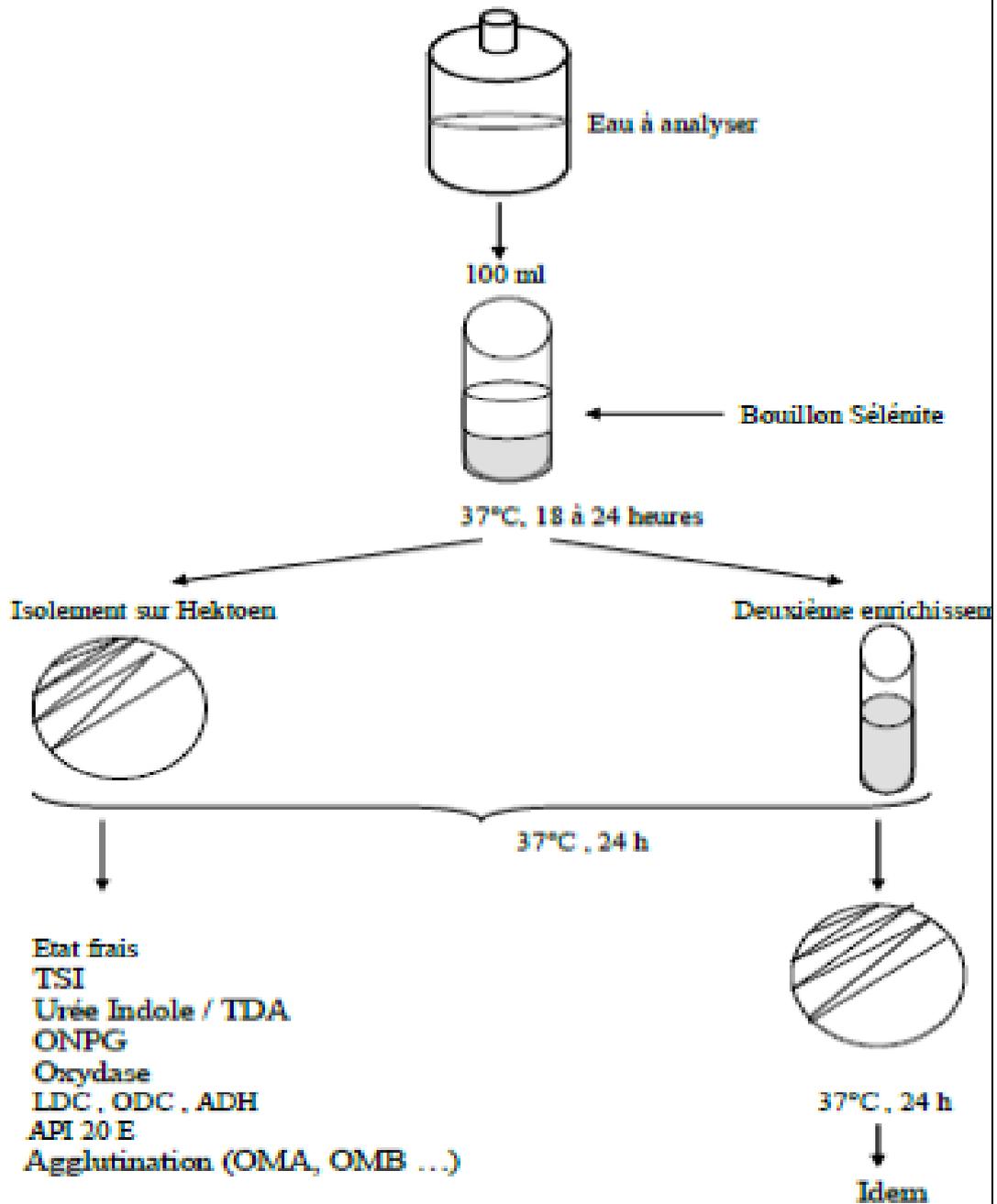
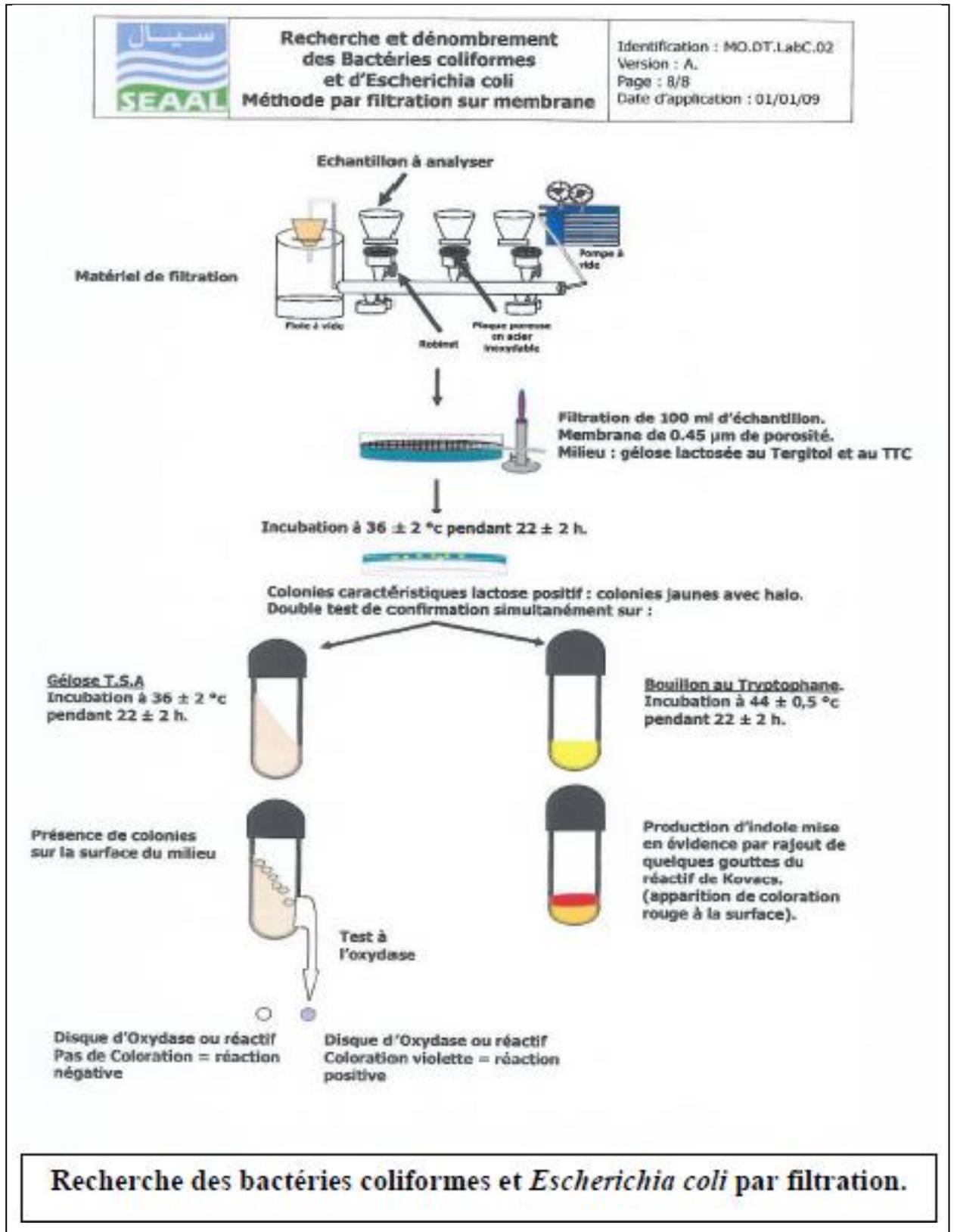
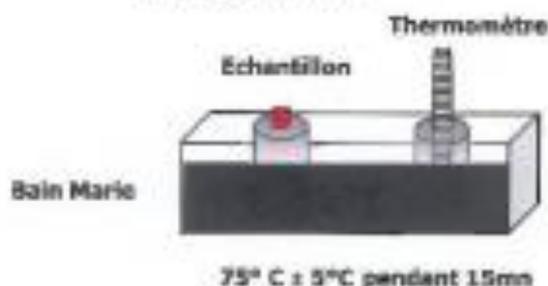


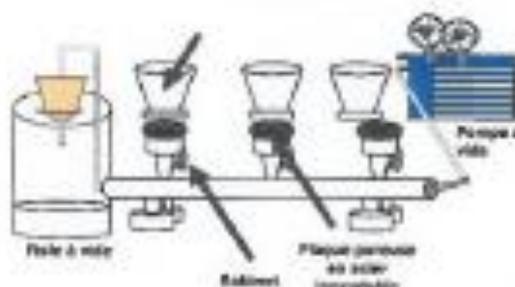
Figure : Recherche des salmonelles



Logigramme



Matériel de filtration



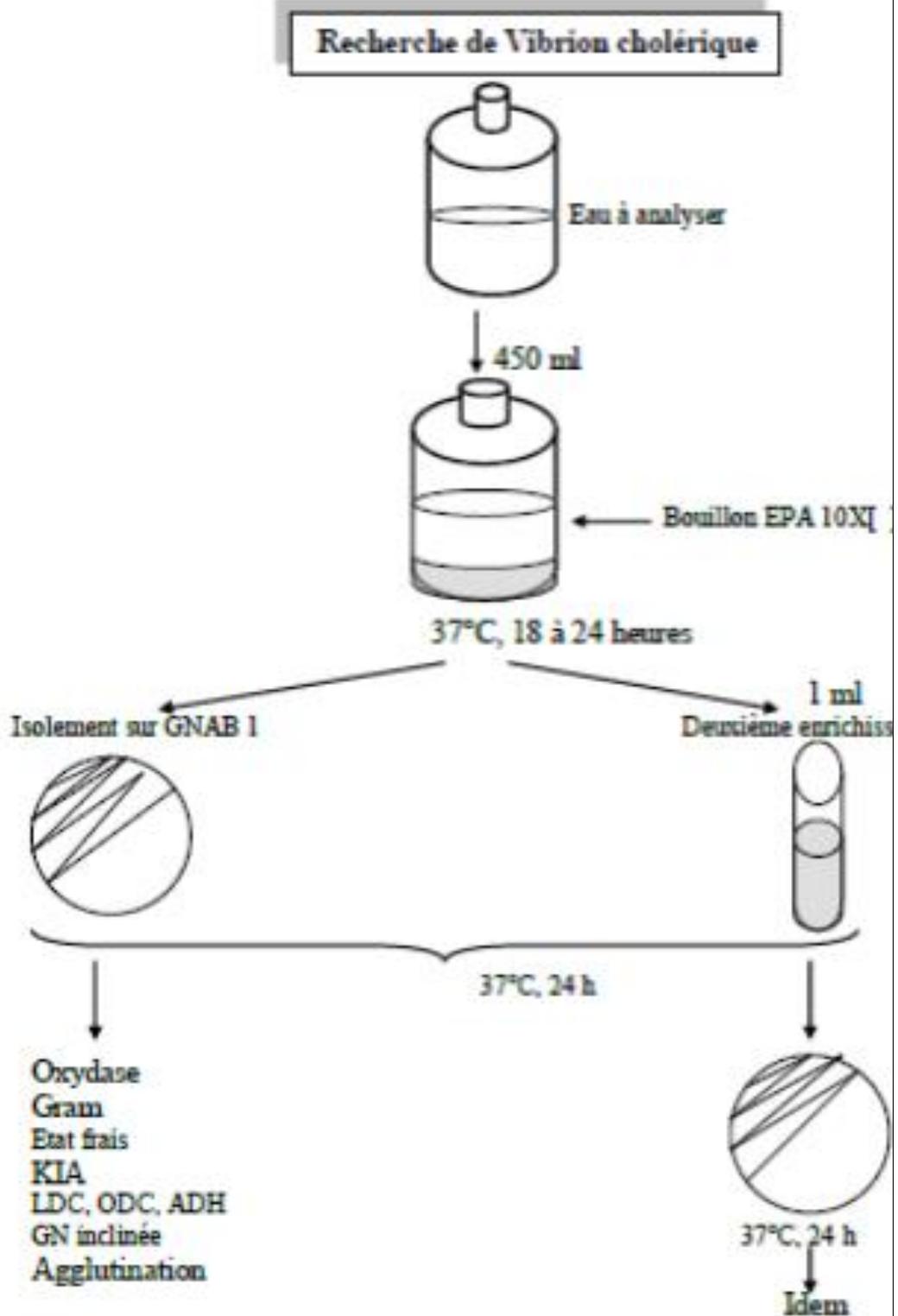
Filtration de 100 ml d'échantillon
Placer le filtre face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de Pétri en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air sous le filtre.

Verser le milieu de culture avec additifs (gélose Viande-Foie + Alun de fer + sulfite de sodium) jusqu'au rebord de la boîte de Pétri.

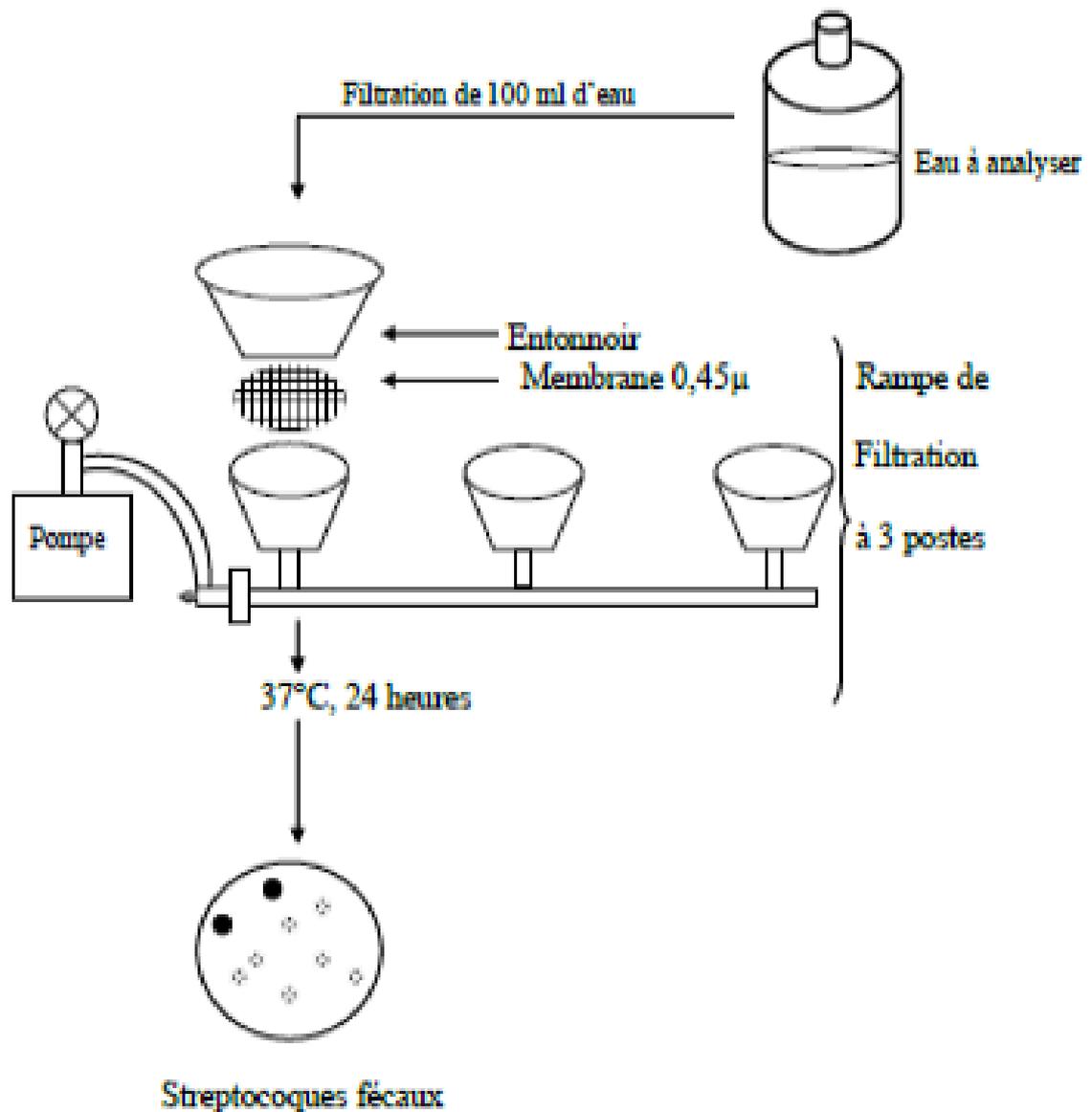
Incuber à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 22 ± 2 h et 44 ± 4 h.

Dénombrement des Spores d'anaérobies sulfite-réductrices : colonies noires

Recherche des spores de bactéries anaérobies Sulfito-réductrices par filtration



Streptométrie par filtration



Après 24 heures d'incubation, à 37°C, procéder au dénombrement de toutes les colonies caractéristiques et rapporter ce nombre à 100 ml d'eau à analyser.

