

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire

En vue d'obtention du Diplôme de
Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème

*Evaluation des paramètres physicochimiques et biologiques
(bactéries et algues) des eaux brutes et traitées de la station
de Souk El Djemaa (Daïra de Ain El Hammam).*

Présenté par : Mlle DAHMANE Assia & Mlle DJADI Souhila

Soutenue publiquement le: 10/07/2016

Devant le jury

Président	:	Mr. METAHRI M.S	MCA à UMMTO
Promotrice	:	M ^{elle} . ABDELLAOUI K.	MAA à UMMTO
Co-promotrice	:	M ^{me} . MOHAMMEDI H.	Responsable de Laboratoire SEAAL
Examineurs	:	Mr. MERRIDJA S.	MCB à UMMTO
		M ^{me} . DAHOUMANE- LARBAOUI A.	MAA à UMMTO

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qui nous a guidé tout au long de nos vie, qui nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qui nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

Notre première pensée va tout naturellement vers notre promotrice « Madame ABDELAOUI » on ne trouve certainement pas la formule pour exprimer notre reconnaissance et notre entière gratitude pour votre soutien total tant dans la conception que dans la réalisation de ce mémoire

Notre Co-promotrice madame Houa Mohammedi votre sens élevé du devoir bien fait et votre rigueur scientifique font de vous une responsable compétente.

Vous avez été intéressé dès le premier jour de notre rencontre par la réalisation de ce thème.

Nous gardons un meilleur souvenir de l'accueil qui nous à été réservé dans votre service.

Notre président de jury docteur Métahri Mohammed Said c'est un grand honneur que vous nous accordez en acceptant de bien vouloir présider ce jury malgré vos multiples occupations.

Vous avez cultivé en nous le sens du travail c'est ici l'occasion de vous rendre cet hommage, de vous dire combien de fois nous avons été séduit par votre rigueur scientifique, ainsi que vos qualités humaines qui font de vous un homme hors du commun.

Veillez accepter l'expression de notre sincère admiration et notre profonde reconnaissance .

Notre examinateur monsieur Meridja Samir : votre disponibilité votre courtoisie ainsi votre simplicité aussi bien qu'au service de la faculté témoignent votre énorme sollicitation.

Nous n'avons pas été surpris de vous voir accepter sans difficulté aucune de siéger à ce jury

Notre examinatrice madame Dahoumane : nous avons eu le privilège de bénéficier de votre savoir-faire.

Vos excellentes qualités humaines et scientifiques seront pour nous une référence.

Tous le personnel de la station pour leurs accueil et leurs disponibilité

Tous le personnel du laboratoire central SEAAL de KOUBA.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur éducation et leurs sacrifices

*Je prie le bon Dieu de les bénir, en espérant qu'ils seront toujours
fiers de moi.*

*A ma sœur Samira et son mari Hocine qui m'ont tant aidé à
réalisé ce travail.*

A toute ma famille, mes sœurs, mon frère et sa femme.

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit, du primaire, du
moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.*

A mes amis et camarades.

*A toutes les personnes qui m'ont encouragé et aidé à réaliser ce
précieux travail.*

Souhila djadi

Dédicaces

A mon père Vous avez fait d'énormes sacrifices pour moi et vous n'avez jamais cessé de me prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité, votre disponibilité, et votre respect pour les autres me servent d'exemples.

A ma mère Les mots me manquent pour vous qualifier. Tout ce que j'aurais à dire ne saurait, exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous m'avez donné nuit et jour. Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que Dieu le tout puissant vous accorde longue vie bonne santé et bonheur à mes côtés et qu'il puisse me donner les moyens nécessaires pour affronter les épreuves de la vie.

A mes sœurs Hayet et Yasmine vous n'avez à aucun moment failli à votre devoir. Mon affection pour vous est sans limite.

A mon frère Hocine ton soutien a sans doute été important pour le bon déroulement de mes études. A la mémoire de ma grand-mère (yemma koukou) qui nous a quitté a jamais Que Dieu le tout puissant t'accueille en son vaste paradis

A ma grand-mère yaya tsouma que j'aime énormément.

A mon beau-frère mourad et mon adorable neveu zizou

A ma tante Lila son mari Amer et ses enfants Tiziri Fatah et Fatima

A mon oncle Yahia sa femme Hnia votre affection constante qui ne m'a jamais fait défaut. Que ce travail qui est aussi le vôtre vous témoigne ma reconnaissance et mon affection.

A Amer tu représentes tout pour moi, un ami, un conseiller, un confident, un consolateur, tu m'as accepté et aimé, soutenu merci pour tous.

A chikh Nourdine pour vos conseils et pour votre solidarité à mon égard.

A ma tante (ayé) et ses enfants qui n'ont jamais cessé de m'encourager merci pour tous ce que vous avez fait pour moi.

A mes oncles, tantes, cousins et cousines pour votre courtoisie, votre sympathie et votre solidarité à mon égard.

A toutes mes amies Lila, Djahida, Dilia, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble ces six petites années. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

A tous mes camarades de T'V'R'H

A toutes les personnes de près comme de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Assia

Liste des abréviations

CEE : Communauté Economique Européenne

CGO : Cocci à Gram Positif

E.coli : Escherichia coli

EB : eau brute

ET : eau traitée

MES : Matière en suspension

$\mu\text{s/cm}$: micro-siémens par centimètre

ml : millilitre

NA : norme algérienne

NPP : nombre plus probable

NTU : unité de turbidité Néphélométrique

OMS : organisation mondiale de santé

PH : potentiel hydrogène

SEAAL : Société d'eau et d'assainissement d'Alger.

TDS : Taux de sels Dissous

UFC : unité formant colonie

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Généralités sur l'eau	
I. Généralités	3
I.1. Définition	3
I.2. Sources d'alimentation en eau	3
I.2.1. Eaux souterraines	3
I.2.2. Eaux superficielles	4
I.2.2.1. Propriétés des eaux de surface.....	4
I.2.2.2. Contaminants des eaux de surface.....	5
I.3. Qualité de l'eau	5
I.3.1. Qualité Organoleptique	5
I.3.1.1. Couleur	5
I.3.1.2. Odeur et saveur	6
I.3.2. Qualité physico-chimique	6
II.2.3.1. Qualité physique.....	6
Température	6
Dureté.....	6
Résidu sec	7
Turbidité.....	7
Conductivité électrique	7
Résistivité électrique	7
Minéralisation globale	7

I.3.3.2. Qualité chimique.....	8
Potentiel d'hydrogène pH	8
Nitrates.....	8
Nitrites.....	8
Fluorures	8
Fer	9
Sodium	9
Sulfates.....	9
Calcium	9
Chlorures.....	9
Potassium	10
Magnésium.....	10
Phosphates.....	10
Matières organiques	10
I.3.3. Qualité microbiologique.....	11
I.3.3.1. Flore microbienne de l'eau	11
I.3.3.2. Critères Bactériologiques de l'eau.....	11
I.3.3.3. Paramètres bactériologiques de l'eau	12
Germes totaux à 22°C et 37°C pathogènes	12
Coliformes totaux.....	12
Coliformes Thermo-tolérants.....	12
Streptocoques fécaux (37°C)	12
<i>Clostridium sulfito-reducteur</i>	12

Dureté.....	6
I.3.4. Présentation des algues microscopiques	13
I.3.4.1. Généralités	13
I.3.4.2. Phytoplancton	14
I.3.4.3. Relation entre le phytoplancton et la qualité de l'eau.....	14
I.3.4.4. Problèmes posés par les algues dans la production d'eau potable.....	14
Gout et Odeur.....	14
Colmatage des Filtres.....	15
I.5. Normes de l'eau	16
I.5.1. Normes algériennes	16
I.5.2. Normes selon la législation fédérale	16
I.5.3. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable	16
Chapitre 2 : pollution de l'eau et leurs traitement	
II.1. Pollution de l'eau.....	17
II.1.1. Définition de la pollution	17
II.1.2. Formes de pollution	17
II.1.3.1. Pollution ponctuelle.....	17
II.1.3.1. Pollution diffuse	17
II.1.3.1. Pollution permanente.....	17
II.1.3.1. Pollution périodique	17
II.1.3.1. Pollution accidentelle ou aigue	17
II.1.3. Origines de la pollution.....	17
II.1.3.1. Pollution domestique et urbaine.....	18

II.1.3.2. Pollution agricole	18
II.1.3.3. Pollution naturelle	18
II.1.3.4. Pollution minérale	18
II.1.3.5. Pollution microbienne	18
II.1.3.6. Pollution industrielle	19
II.1.3.1. Pollution par les métaux lourds	19
II.1.3.1. Sources des métaux lourds	19
Arsenic	19
Zinc (Zn)	20
Plomb (Pb)	20
Cadmium (Cd)	21
Cuivre (Cu)	21
Nickel (Ni)	22
Chrome (Cr)	22
Cobalt (Co)	22
Fer (Fe)	22
Manganèse	22
Molybdène	22
Antimoine	23
sélénium	23
II.2. Procédés de traitement des eaux brutes	23
II.2.1. Etapes de traitement	24
II.2.1.1. Prétraitement	24

II.2.1.2. Dégrillage	24
II.2.1.3. Déshuilage	24
II.2.2. Traitement physico-chimique	24
II.2.2.1. Coagulation et Flocculation	24
II.2.2.2. Décantation.....	25
II.2.2.3. Filtration	25
II.2.2.4. Désinfection	25

Chapitre 3 :Matériels et méthodes

I. Objectifs de l'expérimentation.....	26
I. Objectif Générale	26
I. Objectifs Spécifiques	26
II. Description de la zone d'étude	26
II.1. Présentation et localisation	26
II.2. Présentation de la station de traitement des eaux de Souk El-Djema	27
Origine de l'eau brute.....	27
Capacité d'eau à traiter.....	27
Qualité de l'eau brute de la station Souk El Djema	27
Configuration de la station	28
Ouvrage de réception d'eau brute	28
Station de refoulement d'eau brute Exhaure	28
Ouvrage de traitement	28
Préchloration	28
Coagulation flocculation	29

Décantation	29
Filtration	29
Désinfection	29
II.3. Echantillonnage et prélèvements	29
II.3.1. Échantillonnage.....	29
II.3.2. Prélèvement des eaux à analyser.....	29
II.3.3. Transport des échantillons	30
III. Détermination des paramètres Physico-Chimiques.....	31
III.1. Mesure du pH.....	31
Principe.....	31
Mode Opérateur	31
III.2. Mesure de la turbidité.....	31
Principe.....	31
mode Opérateur	32
III.3. Mesure de la conductivité électrique, TDS et salinité.....	32
III.4. Mesure de la température	32
IV. Dosage des métaux lourds par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence	32
V.1. Matériel	33
V.1.1. Matériel et Appareillage utilisés pour la filtration.....	33
V.2.1. Milieux utilisés	33
a. Milieux de culture et réactifs pour la recherche des Pseudomonas	33
b. Milieux de culture et réactifs pour la recherche des spore de bacteries anaérobies sulfato-réductrices.....	34

c. Milieux de cultures et additifs utilisés pour la recherche et le dénombrement des Staphylocoques	34
d. Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et d' <i>Escherichia-coli</i>	34
e. Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des Entérocoques intestinaux	35
V.2. Méthodes	35
V.2. 1. Recherche et dénombrement des Pseudomonas par la méthode par filtration sur membrane	35
Méthode de filtration sur membrane et incubation	35
dénombrement et Expression des résultats	35
V.2.2. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par la méthode de filtration sur membrane	36
Définition	36
Préparation du milieu de culture	36
Sélection des spores	36
Filtration sur membrane et incubation	37
Dénombrement et expression des résultats	37
V.2.3. Recherche et dénombrement des Staphylocoques par la méthode de filtration sur membrane	38
a. Filtration sur membrane et incubation	38
b. Dénombrement et expression des résultats	38
c. Confirmation des résultats	38
Test de Catalase	38
Test de Coagulase	38

Première confirmation au BHIB	38
Deuxième confirmation au serum humain	39
V.2.4. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.....	40
a.Définition	40
b.Filtration.....	40
c.Préparation des milieux de culture	40
d.Dénombrement.....	40
e.Confirmation	41
V. 2. 5. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d'Escherichia-coli.....	41
Préparation du milieu de culture	41
Filtration et incubation pour les bactéries Coliformes Totaux.....	41
Dénombrement, confirmation et expression du résultat	41
Filtration et incubation des <i>Escherichia coli</i>	42
Dénombrement, confirmation et expression du résultats.....	42
V. 5. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des bactéries coliformes et les entérocoques intestinaux.....	43
V.5.1. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des bactéries coliformes.....	43
a. Procédure de présence/absence	44
b. Procédure de numération QUANTI-TRAY	44
V. 5.2. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des entérocoques intestinaux.....	45
VI. Recherche des espèces algales dans l'eau et leurs identifications par microscope inversée (méthode Utermohl)	46
I. Résultats des analyses des paramètres physico-chimique et de pollution	47

Chapitre 4: Résultats et interprétation

I.1. Résultats d'analyses physico-chimiques	47
1.1.1. pH	47
1.1.2. Turbidité	47
1.1.3. Conductivité électrique.....	48
1.1.4 .TDS	49
1.1.5. Salinité.....	50
I.1.6. Température	50
I.2. Résultats des paramètres de pollution	51
- Résultats du dosage des métaux lourds par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence	51
II. Résultats des analyses bactériologiques	53
Pseudomonas	53
Sulfito-réducteur.....	54
Staphylocoques.....	55
Entérocoques	57
Escherichia coli	58
III. Résultats de la recherche des espèces algales dans l'eau et leurs identifications par microscope inversée (méthode Ultermohl)	60
Conclusion générale	65

*Introduction
générale*

Introduction générale

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, la molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H₂O. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à 0 C°, il peut devenir vapeur à 100C° qui est sa température d'ébullition, mais ses principales caractéristiques sont qu'elle est inodore, incolore et sans goût.

Sans cette matière simple et complexe en même temps la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures, et pour cela la technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour palier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau qui a été préservée pendant des siècles, le laboratoire d'analyses a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés.

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lors qu'elle est exemptée d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme à la sante des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique

La station de traitement de l'eau brute destinée à la potabilisation 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 (Grosclaude, 1999).

L'objectif de ce travail consiste à faire des analyses physico-chimiques et Bactériologiques et des phytoplanctons pour déterminer la qualité de l'eau brute et traitée de la station de traitement d'eau potable de Souk el Djemaa et trouver les solutions pour effectuer des traitements plus fiables.

Ce manuscrit est divisé en quatre chapitres suivis d'une conclusion générale.

Le premier chapitre est un rappel sur l'eau d'une façon générale, avec ses caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques et algale.

Le deuxième chapitre présente les diverses pollutions qui affectent l'eau et les méthodes des traitements des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Le troisième chapitre rappelle une présentation succincte de la station de traitement de Souk El Djamaa ainsi le matériels utilisé et les méthodes adoptées durant notre étude expérimentale.

Enfin, les résultats et discussion ont fait l'objet du dernier chapitre de ce manuscrit.

*Revue
bibliographique*

I. Généralités

I.1. Définition

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes, gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique résulte de la combinaison de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène pour former le bien connu « H₂O » (Abdesselem, 1999).

I.2. Sources d'alimentation en eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

Le total des ressources hydriques est de 2.109 km³ dont 97% en mer et en océan. Le reste (3%) étant de l'eau douce.

L'eau douce est répartie comme suit :

- 18% des eaux profondes inexploitable.
- 77% de glaces.
- 5% autres constitués de : 3.5% dans les êtres vivants, 1% dans les rivières, 5.5% dans l'atmosphère, 20% des eaux souterraines et superficielles, 30% dans les lacs salés et 40% dans les lacs des eaux douces (Papa, 2005)

I.2.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 20 % des réserves d'eau soit environ 1000 millions de m³, leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et la structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes, il existe plusieurs types :

1. Nappes profondes qui peuvent fournir des eaux naturellement à peine utilisables à leur émergence naturelle (source) soit par forage ou par puits, sous réserve qu'elles soient protégées contre les infiltrations superficielles.
2. Nappes phréatiques, peu profondes, couramment exploitées en milieu rural par les puits, malheureusement l'infiltration est importante et la nappe est souvent contaminée.
3. Nappes alluvionnaires : ce sont des eaux qui circulent dans les alluvions des grands Oueds qui peuvent alimenter en eau les nappes phréatiques situées au niveau des berges des

Oueds. Mais il y a possibilité de contamination par les infiltrations superficielles (Rodier, 1996).

Les nappes d'eau souterraines peuvent se présenter en deux types, qui sont :

- Nappes libres : elles sont directement alimentées par infiltration des eaux de ruissellement, donc elles sont très sensibles à la pollution de surface (Mokeddem et Ouddane, 2005).
- Nappes captives : elles sont séparées de la surface du sol par une couche imperméable. Elles ne sont pas alimentées directement par le sol. Par conséquent, elles ne sont pas sensibles aux pollutions de surface (Rodier, 1996).

I.2.2. Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière.

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturels (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (Guilbert, 2000).

I.2.2.1. Propriétés des eaux de surface : il s'agit d'une ressource facilement accessible mais, malheureusement fragile, et qui doit être protégée contre les divers facteurs de pollution qui la menacent.

Ces facteurs résultent, pour la plus part, de l'activité humaine et industrielle, mais aussi de processus naturels (Eutrophisation : développement excessif d'algues et de plancton) qui peuvent dégrader la qualité de l'eau (Berne, 1991).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants ou hydrologiques. Au cours de son cheminement, l'eau dissout et se charge des différents éléments constitutifs des terrains par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote). Ce qui caractérise les eaux superficielles ce sont les variations saisonnières (car climatique) et à degré moindre journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration (Guilbert, 2000).

I.2.2.2. Contaminants des eaux de surface : les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être important, tout en étant aléatoires, suite à des pluies soudaines, des orages et des pollutions accidentelles. Le développement plus ou moins important de phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions, d'une vie aquatique intense.

La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort. La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole. On y rencontre par suite très souvent une micropollution minérale (métaux lourds, sulfures) ou organique (hydrocarbures, phénols, solvant, pesticides, herbicides, etc.) pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées phosphatées à l'origine des phénomènes d'Eutrophisation.

Sur le plan bactériologique, ces eaux de surface sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus. D'une manière générale, on doit considérer que les eaux de surface sont très rarement utilisables pour les besoins industriels et a fortiori, pour la production d'eau potable à l'état brut, elles doivent être soumises à des traitements de purification qui dans certains cas peuvent être particulièrement sophistiqués (Berne, 1991).

I.3. Qualité de l'eau

Elles sont réparties en 3 catégories : les examens organoleptiques qui sont de type qualitatif, la détermination des caractéristiques physico-chimiques et les épreuves de recherche de pollution : bactériologiques, virale et parasitaire dans l'eau (Bouziani, 2000).

I.3.1. Qualité Organoleptique

Les paramètres organoleptiques, regroupent les différentes qualités sensibles de l'eau, comme : la couleur, la saveur, et l'odeur. Ce sont des critères physiques, qui n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou sentir l'odeur du chlore, et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire (Bouziani, 2000) ;

I.3.1.1. Couleur : paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir :

✓ une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface). Elle peut être une des conséquences du

phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages, etc.

✓ ou une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures) (Mokeddem et Ouddane, 2005).

I.3.1.2. Odeur et saveur : l'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler. Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer. (Mokeddem et Ouddane, 2005).

I.3.2. Qualité physico-chimique

II.2.3.1. Qualité physique

- **Température**

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde. (Rodier, 1997).

Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9° à 12°C. Une température élevée des eaux dans le réseau distribution peut être à la base d'un développement planctonique important dans les conduits ou d'une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres (Bouziani, 2000) (à partir des eaux souterraines).

- **Dureté**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium

Etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (Guilbert, 2000).

Une eau a titre hydrotimétrique élevée est dite « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce » (Rodier, 1996).

- **Résidu sec**

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Berne, 1991).

- **Turbidité**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs.

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Boeglin, 1983).

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm² et distantes l'une de l'autre de 1 cm (Rodier, 1996).

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le Potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Hade, 2002).

- **Résistivité électrique**

La résistivité est l'inverse de la conductivité et permet de mesurer la minéralisation globale de l'eau (Coinl, 1981).

- **Minéralisation globale**

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que les carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium.

Une minéralisation excessive donne un goût sale et peut avoir des effets laxatifs.

La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Il y a bien sûr des variations saisonnières et d'une année sur l'autre.

Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes (Bonnin, 1982).

I.3.3.2. Qualité chimique

La qualité chimique de l'eau est l'ensemble des caractéristiques générales de l'eau et des concentrations de minéraux dissous dans l'eau. Elle dépend des types de matériaux présents dans le sol et du temps de contact de l'eau avec ces matériaux. Le terme technique qui désigne les éléments à analyser est « paramètres » (Catherine, 2009).

- **Potentiel d'hydrogène pH** : le pH exprime si l'eau est à réaction acide ou alcaline. Les pH inférieurs à 7 indiquent une tendance vers l'acidité. Les pH supérieurs à 7 indiquent une tendance vers l'alcalinité. Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il représente une notion importante dans la détermination de l'agressivité de l'eau vis à vis des métaux.

Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 8. Au-dessous de ce seuil, l'eau est dite «>>, elle a un effet corrosif sur les canalisations (Bouziani, 2000).

- **Nitrates** : la dose journalière de nitrates admissible pour un homme de 70 Kg est de l'ordre de 350 mg de nitrate de sodium par jour. Les valeurs limites des nitrates dans l'eau, varient de 25mg/l (CEE) à 50 mg/l (OMS 1980). Cependant, une eau dont la teneur en nitrates est comprise entre 50 et 100 mg/l peut être utilisée pour la consommation sauf pour les femmes période de gestation et les nouveau-nés (Bouziani, 2000).

- **Nitrites** : les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renfermant une quantité élevée de nitrites (supérieure à 1mg/l d'eau) est considérée comme chimiquement impure, cependant, dans l'interprétation définitive de l'analyse chimique de l'eau, l'on doit tenir compte également des teneurs en nitrates, de l'azote ammoniacal, des matières organiques et des résultats des examens bactériologiques.

Les valeurs limites recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1 mg/l pour les pays de l'Union Européenne et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'O.M.S. (Bouziani, 2000).

- **Fluorures** : on considère généralement qu'une faible teneur en Fluorure dans l'eau (0,4 à 1mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protège les dents contre la carie

Des doses supérieures à 2 mg/l risquent de faire apparaître des taches sur l'email dentaire (fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes des dents (Bouziani, 2000).

- **Fer** : les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amènes. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air.

Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais a des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) (Rodier, 1996).

- **Sodium** : le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il faut qu'il ne dépasse pas 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable (Tardat, 1992).

- **Sulfates** : elles sont rencontrées sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (Tardat, 1992).

Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l (SO 4-2) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO 4-2).

- **Calcium** : le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure.

Les eaux de bonne qualité renferment de 200 à 250 mg en CaCO₃ /l. Les eaux qui dépassent 500 mg/l de CaCO₃ (Berne, 1991).

- **Chlorures** : les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

*Percolation à travers des terrains sales.

*Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.

*Activités humaines et industrielles.

Les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution (Berne, 1972).

- **Potassium** : la teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium (Rodier, 1996).

- **Magnésium** : le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable pour la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable (Rodier, 1996).

- **Phosphates** : les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (polyphosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.).

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante.

Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l (Tardat, 1992).

- **Matières organiques** : les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmenté par la chloration.

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieure à 1 mg/l .

Selon la classification de « Rodier » : (Berne, 1991).

- ✓ une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1mg/l.
- ✓ une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2mg/l.
- ✓ une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4mg/l.
- ✓ une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4mg/l.

I.3.3. Qualité microbiologique

L'eau ne doit contenir ni bactéries pathologique, ni virus qui pourraient entraîner une contamination bactériologique et être la cause d'une épidémie

Les dénombrements bactéries consistent à rechercher des germes aérobies, c'est-à-dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques. La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de staphylocoques laisse supposer une contamination fécale. Dans les deux cas, des mesures doivent être prise pour interdire la consommation de l'eau ou en assurant le traitement (Rodier, 1996).

I.3.3.2. Critères Bactériologiques de l'eau : l'eau doit présenter également une potabilité du point de vue bactériologique, en Effet celle-ci étant destinée à la consommation humaine, une eau potable doit satisfaire les Conditions bactériologiques suivantes :

-Ne pas contenir dans le cas d'une eau traitée des coliformes totaux et fécaux ni de *Clostridium sulfito-réducteur*, qui constitue des indicateurs de pollution par les matières fécales (Leyral et al., 2002).

I.3.3.3. Paramètres bactériologiques de l'eau : les analyses bactériologiques de l'eau comportent raditionnellement la recherche et le dénombrement de germes indicateurs de pollution fécale :

- ✓ les germes totaux
 - ✓ les coliformes (la colimétrie) et plus particulièrement l'*Escherichia coli*
 - ✓ les Streptocoques fécaux
 - ✓ les *Clostridium sulfito-reducteurs* (Bouziani, 2000).
- **Germes totaux à 22°C et 37°C pathogènes :** certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des

micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibrion cholérique responsable du choléra (Leyral et *al.*, 2002).

- **Coliformes totaux** : selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (Leyral et *al.*, 2002).
- **Coliformes Thermo-tolérants** : il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente (Leyral et *al.*, 2002).
- **Streptocoques fécaux (37°C)** : il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (Berne, 1972).
- ***Clostridium sulfito-réducteur*** : en dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les *clostridium sulfito-réducteurs* représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries Anaérobies strictes, sporules, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile (Crini et Badot, 2007).

I.3.4. Présentation des algues microscopiques

Les algues microscopiques constituent un groupe d'organismes très diversifié. Bien que la majorité de ces organismes n'occupent que la partie superficielle des écosystèmes aquatiques, les algues jouent un rôle très important du à leur biomasse et à leur productivités très élevées. Elles constituent une part importante des communautés littorales, benthiques et planctoniques des écosystèmes et une source de nourriture importante pour les consommateurs primaires communément appelés herbivores. Suite à des perturbations

diverses d'un milieu aquatique en équilibre, des changements peuvent intervenir au niveau de la structure, de la succession et de l'abondance des algues.

Parmi les perturbations qui peuvent atteindre les écosystèmes aquatiques, celle due aux apports excessifs en éléments nutritifs est désignée par le terme « eutrophisation » ; l'enrichissement du milieu aquatique en éléments nutritifs induit une surproduction des algues d'où l'écoulement tous les problèmes imputables à l'eutrophisation : aspect inesthétique du plan d'eau, émanation d'odeur désagréable, etc.

L'étude des algues apporte également des informations utiles au niveau du traitement des eaux destinées à l'alimentation humaine en relation avec la coloration de l'eau, le colmatage des filtres, la difficulté de floculation et la détérioration de la qualité gustative (ONEP , 2000)

I.3.4.1. Généralités

Les algues constituent avec les champignons et les bactéries le règne des protistes. ces derniers comprennent deux sous-embranchements : les eucaryotes constitués d'algues et de champignons et les procaryotes constitués de cyanophytes et de bactéries.

Les algues peuvent se présenter sous forme de cellules isolées ou réunies en filaments ou d'agrégats de cellules formant des colonies ou des coenobes.

Les algues se répartissent en plusieurs communautés selon leur type d'habitat. Celle qui flottent et nagent constituent le phytoplancton, celles qui vivent au fond des cours d'eau et des lacs constituent le benthos. Les communautés attachées aux substrats solides constituent le periphyton (ONEP ,2000)

I.3.4.2. Phytoplancton

Le terme phytoplancton ou plancton végétal désigne l'ensemble des algues flottant dans l'eau et qui du fait de leur caractéristiques physiques ou de leurs dimensions sont incapables de contrecarrer, par leur mouvements propres, les mouvements de la masse liquide dans la quelle ils vivent (ONEP, 2000)

I.3.4.3. Relation entre le phytoplancton et la qualité de l'eau

Le phytoplancton joue un rôle biologique important dans les systèmes aquatiques. Avec le phytobenthos, le periphyton et les plantes aquatiques (macrophytes), il forme les producteurs primaires de la matière organique.

Dans nos lacs de barrage, relativement profonds, le phytobenthos, le et le periphyton jouent un rôle secondaire. A cause du marnage, les macrophytes y sont également peu abondants. Le phytoplancton y est le principal producteur primaire.

I.3.4.4. Problèmes posés par les algues dans la production d'eau potable

Si le phytoplancton joue un rôle biologique important dans les systèmes aquatiques, il pose un certain nombre de problèmes aux producteurs et distributeurs d'eau potable.

En plus des problèmes qui seront traités plus loin, les algues peuvent modifier le pH, l'alcalinité, la couleur et la turbidité de l'eau.

L'un des principaux problèmes posés par les algues consiste en leur potentialité d'augmenter, dans une proportion importante, les quantités de matières organiques dans l'eau.

- **Gout et odeur**

A côté des bactéries et des champignons, les algues sont responsables de goûts et odeurs désagréables, liés directement aux substances (métabolites) qu'elles élaborent ou secrètent pendant leur phase de croissance ou indirectement pour certaines cyanophycées qui rejettent des substances phénolées elles-mêmes malodorantes, mais qui lors de la désinfection au chlore donnent des composés chlorés (chlorophenols) qui rendent l'eau extrêmement désagréable à la consommation. Après leur mort, les algues peuvent encore engendrer de mauvais goûts et odeurs au cours de leur décomposition par les bactéries.

Environ 33 genres d'algues ont été rapportés comme responsables du gout et de l'odeur de l'eau. 21 d'entre elles ont été révélées dans nos retenues, parfois à des concentrations importantes, parmi lesquelles 13 sont abondantes telles (ONEP, 2000)

Anabaena, Closterium, Microcystis, Pediastrum, Oscillatorian, Scenedesmus Cosmarium, Cyclotella, Synedra, Ceratium, Melosira, Périadinim

- **Colmatage des filtres**

Dans les stations de traitement des eaux superficielles, les algues sont bien représentées dans le matériel retenu par les filtres à sable. Elles sont très souvent la principale cause du colmatage des filtres bien que la coagulation et la sédimentation en éliminant 90 à 95 % la quantité d'algues restante après sédimentation est suffisante pour ralentir la vitesse de

filtration et faire passer l'intervalle de lavage du filtre qui s'étend de 30 à 100 heures à moins de 10 heures.

Pour éviter un colmatage excessif des filtres le traiteur d'eau est obligé d'augmenter les quantités des réactifs utilisées d'où une augmentation du cout du traitement (ONEP.2000)

I.5. Normes de l'eau

Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établies.

A ce titre, l'O.M.S., dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparative sur la qualité de l'eau (Bouziani, 2000).

La norme fixe pour chacun des paramètres retenus comme critères, une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser, soit une quantité minimum, soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (Bouziani, 2000).

I.4.1. Normes algériennes

Les concentrations maximales admissibles algériennes (chimiques et bactériologiques) pour les différentes eaux sont au niveau de l'annexe AI.1.

I.4.2. Normes selon la législation fédérale

Les normes de potabilité de l'eau selon la législation fédérale sont consignées au niveau du tableau AI.2.

I.4.3. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs décontamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif vise et l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales (Annexe AI.3).

II. Pollution des eaux et leurs traitements

II.1. Pollution de l'eau

II.1.1. Définition de la pollution

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités.

Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme (Ezziane, 2007).

II.1.2. Formes de pollution

Selon l'origine et la manière avec lequel les polluants sont transportés vers les milieux aquatiques on distingue :

- **Pollution ponctuelle** : souvent liée à des sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels...). Ce type de pollution peut être éliminé par traitement dans des stations d'épurations.
- **Pollution diffuse** : due aux épandages des pesticides et des engrais sur les terres agricoles, elle concerne l'ensemble d'un bassin versant en mettant plus de temps pour atteindre les milieux aquatiques, et ne peut être traitée qu'à la source en diminuant l'usage de substances responsables
- **Pollution permanente** : ce type de pollution est la plus répandue, il s'agit des rejets domestiques de grande agglomération.
- **Pollution périodique** : celle qui apparaît périodiquement suite à l'augmentation des rejets lié au tourisme et aux crues.
- **Pollution accidentelle ou aigue**: liée au déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle, agricole, ou de lessivage des sols urbains (Chaoui, 2013).

II.1.3. Origines de la pollution

Les rejets des activités domestiques, urbaines, agricoles et industrielles constituent la principale source de pollution des eaux de surface et souterraine. Le vecteur de transport et de dissémination idéale de ces rejets est l'eau. On peut classer donc les différentes sources de pollution en trois grandes catégories: la pollution domestique et urbaine, pollution agricole et pollution industrielle. Les sources naturelles peuvent également contaminer le milieu aquatique dans certains cas (Chaoui, 2013).

II.1.3.1. Pollution domestique et urbaine

Elle englobe les rejets liquides (eau usées domestiques et urbaines), et les rejets solides des décharges publiques, qui sont en majorité sauvages et non contrôlées.

En effet, les décharges contiennent des matières organiques biodégradables, qui en présence des eaux météoriques, subissent un lessivage vers les eaux superficielles, où elles s'infiltrent vers les nappes phréatiques. Pour les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, elles sont directement évacuées dans les oueds sans aucun traitement préalable (Chaoui, 2013).

II.1.3.2. Pollution agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labours profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO₃, NO₂, SO₄, PO₄ et Cl) vers la nappe phréatique (Chaoui, 2013).

II.1.3.3. Pollution naturelle

Ce type de pollution affecte rarement les ressources en eau, il s'agit de l'éruption volcanique, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux, en déclenchant des réactions de dissolution ou d'érosion, entraînant la libération de concentrations inhabituelles en métaux lourds (Chaoui, 2013).

II.1.3.4. Pollution minérale

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tel que : les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le chrome, le cuivre et le chlore. Ces substances suscitées :

- ✓ peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- ✓ perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- ✓ affectent sérieusement les cultures (Bechac et Boutin, 1998).

II.1.3.5. Pollution microbienne

Les bactéries, virus et autres agents pathogènes vivant dans les eaux souterraines composent ce que l'on appelle la pollution microbiologique. Elle vient généralement de décharges, d'épandages d'eaux usées, de l'élevage, de fosses septiques, de fuites de canalisations et

d'égouts, d'infiltration d'eaux superficielles, de matières fermentées ou du rejet d'eaux superficielle. Ces microorganismes nocifs peuvent générer des maladies graves dans les cas de contact ou d'ingestion de l'eau qui en est porteuse (Bliefert et Perraud, 2000).

II.1.3.6. Pollution industrielle

C'est la plus importante pollution, générée principalement par les industries minières au niveau des différentes étapes du traitement des minerais métalliques. Ces derniers libèrent une grande variété de substances métalliques, qui contribuent de façon cruciale à la mise en circulation des ETM et à leur distribution dans les sols, les sédiments, les nappes d'eaux et les végétaux (Chaoui, 2013).

Les polluants industriels sont les produits organiques toxiques tels que les phénols, les aldéhydes, les composés azotés, les pesticides, les hydrocarbures et les détergents (Bechac et Boutin 1984).

- **Pollution par les métaux lourds :** parmi les métaux lourds dangereux pour la santé, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome. Ces métaux se trouvent à l'état naturel dans le sol, sous forme de traces qui posent peu de problèmes. Cependant, quand ils sont concentrés dans des aires particulières, ils posent un grand danger. L'arsenic et le cadmium, par exemple, peuvent causer le cancer. Le mercure peut provoquer des mutations et des dégâts génétiques, tandis que le cuivre, le plomb et le mercure peuvent causer des lésions aux os (Ezziane, 2007).

Les métaux lourds et des substances comme le cyanure, risquent d'être dangereux dans l'eau potable. Il est ainsi important de prévenir leurs introduction dans l'eau potable parce qu'il est parfois difficile d'éviter de les absorber en respirant l'air ou en ingérant du lait et de la nourriture. En général, ces substances contenues dans l'eau ont des effets néfastes sur l'Homme (Ezziane, 2007).

- **Sources des métaux lourds dans les eaux de surface :** une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement, issue de sources naturelle et anthropique.

- **Arsenic :** est considéré parmi les éléments les plus toxiques que l'on puisse trouver.

Il a des effets sur la santé humaine à différents niveaux : la peau, les muqueuses, le système nerveux, le foie, les reins et le système vasculaire irritation importante des voies digestives, des troubles neurologiques sévères, et enfin une atteinte hépatique et rénale.

L'arsenic est surtout un élément cancérigène entraînant des cancers de la peau et des cancers anatomiques en particulier chez les ouvriers qui travaillent dans des usines de fabrication des pesticides à base d'arsenic (Chaoui, 2013).

Les composés inorganiques arséniate sous forme d'association de l'arsenic avec l'oxygène, le chlore ou le soufre sont absorbés plus rapidement et réputés plus nocives que les composés organiques où l'arsenic est assemblé avec du carbone ou de l'hydrogène .

- **Zinc (Zn)** : il est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol et il est essentiel pour la santé de l'homme, il agit comme constituant structural de nombreuses enzymes qui intervenant au niveau du métabolisme énergétique et lors de la transcription et de la traduction enzymatiques).

Le Zinc peut être présent en quantités beaucoup plus important dans les eaux suite à un déversement des rejets issus des activités minières ou industriels. Lors d'une consommation de ces eaux contaminées, des quantités excessives par rapport aux besoins nutritionnels en zinc se concentrent dans le corps et provoquent des problèmes de santé graves, comme des crampes d'estomac, des irritations de la peau, des vomissements, des nausées, de l'anémie, etc. Les concentrations élevées de zinc peuvent endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines en provoquant de l'artérioclose. Chez les espèces aquatiques, à partir de quelque mg/l engendre une toxicité aigue.

Il y a peu de conséquences à l'exposition chronique, cependant, les principaux effets d'un excès du zinc dans l'organisme s'expliquent par les interférences de cet élément avec les métabolismes du cuivre et du fer principalement d'où des signes d'anémie (Chaoui, 2013).

- **Plomb (Pb)** : le plomb est l'un des métaux les plus toxiques présents dans les différents compartiments terrestres. À la différence de l'As et Zn, le Pb n'est pas un oligoélément et il possède un caractère toxique bien connu. Il est l'un des quatre métaux les plus nocifs pour la santé et n'effectue aucune fonction essentielle dans le corps humain.

Le plomb pénètre dans l'organisme par voies cutanée, digestive ou aérienne. Chez l'homme, l'ingestion est la voie d'exposition principale du plomb.

Lors d'une inhalation, le plomb passe facilement dans l'organisme, après quelque semaine 90% du plomb conservé dans l'organisme est déposé dans les os ainsi que dans les autres tissus où il reste emmagasiné pour des dizaines d'années s'il n'est pas remobilisé (grossesse, lactation, vieillesse).

L'exposition à long terme à des teneurs moyennement faibles du plomb ou l'exposition à court terme à des teneurs élevé peut entrainer des troubles digestifs, une atteinte rénale, le

saturnisme, des symptômes neurologiques sous forme de convulsions et/ou coma pouvant conduire au décès en 2 à 3 jours.

Les effets à long terme chez les adultes comprennent une hausse de la pression artérielle, de l'anémie, affection du système nerveux périphérique (retard de développement, irritabilité, troubles du sommeil, perte de mémoire), convulsions, des problèmes rénaux et éventuellement une déficience spermatique (Chaoui, 2013).

- **Cadmium (Ca)** : Il est présent dans la croûte terrestre, il est toujours présent en combinaison avec le zinc. On le trouve également dans les pesticides et les engrais, il peut donc pénétrer dans l'environnement via le sol.

Le cadmium est un élément toxique puissant et cumulatif dont la demi-vie biologique dans l'organisme humain dépasse 10 ans. Il peut également passer dans la chaîne alimentaire par l'intermédiaire des végétaux, ou atteint les nappes phréatiques et contamine les eaux destinés à la consommation humaine. Les aliments (légumes, viande, lait) et le tabac constitueraient la principale source d'absorption du Cd pour l'homme.

Après son absorption, le Cadmium passe dans le sang puis dans des organes où il va être concentré dans le foie, les reins et en partie dans le pancréas et la rate. Son excrétion par la voie rénale dépasse rarement 0,5 µg/j .

Le Cadmium provoque des maladies des reins et des os. Accompagnés par des vomissements, des diarrhées, des maux de tête, des frissons, des douleurs musculaires et des nausées, des atteintes pulmonaires, des altérations osseuses, une anémie, une fatigue, l'amaigrissement et l'anémie .

En outre, le cadmium est aussi considéré comme un élément carcinogène , ainsi, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRG) a classé le cadmium exposé à l'homme par inhalation dans la première catégorie «cancérogène pour l'homme».

- **Cuivre (Cu)** : le cuivre est présent dans les plantes, les animaux et naturellement dans le corps humain où il joue un rôle primordial. Le cuivre est aussi, à des doses plus élevées lors d'une exposition à travers plusieurs vecteurs notamment l'eau potable, la nourriture, la terre et les poussières ou sous ses formes oxydées, considéré comme un puissant poison pour l'Homme, causant la maladie de Wilson .

Le cuivre est plus toxique sous forme ionique. Il cause chez l'homme une toxicité aiguë qui se manifeste par des anémies hémolytiques, nausées, vomissements diarrhée, insuffisance rénale et hépatique, troubles du système nerveux central, hépatite, cirrhose, tremblement, détérioration mentale et convulsions (Chaoui, 2013).

- **Nickel (Ni) :** Il est peu toxique à l'état naturel. Le Nickel est un oligo-élément. En revanche, les produits de synthèse contenant du nickel peuvent être très toxiques.

Si l'élément en lui-même n'est pas toxique, certains composés organiques le sont, comme le nickel tetracarbonyle et possèdent un fort potentiel allergène et mutagène (<http://www.lenntech.fr>).

- **Chrome (Cr) :** existe dans la nature sous forme de dérivés. Le chrome pur est obtenu par électrolyse ou à partir d'iodure de chrome. Les composés hexavalents (Cr VI) présentent un risque majeur. Risque cancérigène important pour les embryons et fœtus en ce qui concerne le chrome VI. Les effets toxiques du Cr III n'ont pas encore été démontrés. Les intoxications chroniques peuvent entraîner des altérations du tube gastro-intestinal. Le composé peut s'accumuler dans le foie, les reins, la glande thyroïde et la moelle osseuse (<http://www.lenntech.fr>).

- **Cobalt (Co) :** composé toxique par ingestion et inhalation. L'absorption de doses excessives de cobalt ralentit l'activité de la glande thyroïde. Des conséquences sur le système nerveux sont également possibles (<http://www.lenntech.fr>).

- **Fer (Fe) :** très répandu, le fer se classe au 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées.

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/l de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'aménages ou de l'emploi de sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation, en particulier dans le cas d'une mauvaise maîtrise des opérations (Allan, 2010).

- **Manganèse :** le manganèse est présent en quantité très importante dans la nature beaucoup de roches métamorphiques et sédimentaires en contiennent.

Il peut poser des problèmes dans les eaux de consommation lors de son oxydation lente et sa précipitation dans le réseau de distribution. Il peut donner un goût métallique ou amer à l'eau, dans certaines conditions, des dépôts d'oxyde de manganèse peuvent se produire causant certains désagréments :

-taches sur le linge ou sur les sanitaires

-encrassement des adoucisseurs d'eau

-dégradation de la qualité de l'eau due à un développement bactérien sur le support chimique d'oxyde de manganèse (<http://www.rse.inrs.ca>)

- **Molybdène :** le molybdène est un oligo-élément essentiel entrant dans la constitution de plusieurs métallo enzymes impliquées dans des réactions d'oxydoréduction du métabolisme,

présent dans des minerais (molybdénite, wulfénite), des roches volcaniques, des calcaires, etc., il contamine l'air, l'eau et les végétaux. Le molybdène est considéré comme un des métaux les moins (Masson.1999)

- **Antimoine :** appartient aux métaux peu abondants mais nécessaires aux techniques actuelles. L'antimoine était un métal important en alchimie et en pharmacopée, cependant, il peut être dangereux et provoque des maladies professionnelles.

L'antimoine existe dans le sol, l'eau et l'air en petites quantités. Il pollue principalement les sols. Il peut parcourir de grandes distances dans les eaux souterraines et rejoindre d'autres régions. Et les animaux sont sujets aux mêmes dysfonctionnements que l'être humain en cas d'exposition prolongée (<http://www.futura-sciences.com>)

- **Sélénium :** le sélénium est présent dans la roche et dans le sol, ainsi que dans les effluents de certaines industries.

Le sélénium présent dans l'eau potable n'a ni gout, ni odeur, ni couleur. Seule une analyse chimique permet de détecter la présence du Sélénium dans l'eau. Selon les recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, la concentration maximale acceptable pour le Sélénium est de 0.01 mg/l. l'exposition à des concentrations très élevées de Sélénium (supérieures à 9 mg/l) dans l'eau potable peut causer la fatigue et l'irritabilité, ainsi que des dommages aux cheveux, aux ongles et aux tissus du foie (www.gov.ns.ca).

II.2. Procédés de traitement des eaux brutes

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 (Aoubed, 2007).

Les eaux brutes destinées à la consommation, qu'elles soient d'origine superficielle ou profonde, sont souvent trop chargées en particules ou en polluants divers. Avant leur utilisation et leur destination aux consommateurs, elles doivent impérativement subir l'objet de plusieurs procédés de traitement et de désinfection.

La pollution d'une source d'alimentation en eau peut avoir au moins quatre origines : un rejet d'eaux usées d'origine animale ou humaine, les effluents industriels, les eaux de ruissèlement, ou une contamination accidentelle.

Une eau brute fait l'objet en premier lieu, d'un prétraitement que l'on complète par l'application des procédés de traitement, physiques (techniques séparatrices) et chimiques (oxydation).

Enfin, avant d'être consommé, l'eau du réseau de distribution, (ou bien d'autres sources), doit nécessairement subir une stérilisation par une méthode appropriée (Bouzziani, 2000).

II.2.1. Etapes de traitement

II.2.1.1. Prétraitement : ils ont but d'éliminer les éléments solides ou particulaires les plus grossiers,

Susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements :

Volumineux (dégrillage) (Bechac et Boutin, 1988).

II.2.1.2. Dégrillage : est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets. Pour ce faire, un système de grille est mis en place, dont l'espacement dépend de la nature des déchets. Le dégrillage a pour objectif de protection de la station de traitement (Aoubed 2007).

II.2.1.3. Déshuilage : permet d'éliminer les MES de taille importante ou de densité élevée. C'est une étape indispensable notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion. Ce dessablage est par décantation. Les sables extraits sont envoyés en décharge (Bechac et Boutin, 1984).

II.2.2. Traitement physico-chimique

II.2.2.1. Coagulation et Flocculation : la coagulation et la flocculation sont au cœur du traitement de l'eau potable. Il s'agit ici du traitement secondaire que nous effectuons sur une eau brute suivant le dégrillage et le dessablage. Premièrement, nous ajoutons un coagulant, un produit qui aura pour effet de neutraliser la charge des particules colloïdales (responsables entre autres de la couleur et turbidité) de façon à ce qu'elles ne se repoussent plus les une des autres. Le coagulant est ajouté juste avant ou dans un bassin à mélange rapide pour aider à faire effet plus rapidement.

Une fois cette étape accomplie, nous injectons un flocculant ou aide coagulant qui aura pour effet d'agglutiner toutes les particules devenues neutres c'est-à-dire les rassembler ensemble pour qu'elles forment des flocons assez gros pour sédimenter (couler au fond) par eux-mêmes. Cette étape a lieu dans un bassin à mélange plus lent de manière à ne pas briser les flocons une fois formés mais pour tout de même avoir un effet de diffusion (Lauzin, 2011).

II.2.2.2. Décantation : après avoir les différentes petites particules en de beaucoup plus grosse, il va maintenant falloir faire décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leurs poids apparent, elles chutent lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la décantation (Bechac, Boutin, 1984).

II.2.2.3. Filtration : la filtration est un procédé physique destinée à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le passer à travers un milieu poreux.

L'eau est passée à travers un filtre qui intercepte les petites particules. Plus petites sont les mailles du filtre, plus petite doit être une particule pour passer. La filtration peut être accomplie comme traitement tertiaire d'une eau brute, comme traitement secondaire d'une eau usée ou comme unique traitement si on parle d'une filtration transmembranaire.

Les filtres les plus communs dans les stations traitement d'eau sont les filtres au sable et à l'antracite. Les filtres s'assurent que l'eau qui en sort respecte les normes en vigueur (ou mieux) en ce qui concerne la turbidité (la couleur ayant été enlevée par l'étape précédente). Les virus et bactéries peuvent toutefois passer au travers des filtres c'est pourquoi l'étape finale de désinfection est obligatoire (Jolliet et *al.*, 2010).

II.2.2.4. Désinfection : afin d'éliminer les bactéries et les virus, certaines usines de production d'eau potable utilisent la production d'ozone. En effet, l'ozone est un gaz très instable car il est constitué de 3 atomes d'oxygène. C'est cette instabilité qui lui confère une capacité oxydante très importante. En oxydant toutes les substances organiques, l'ozone inactive les pesticides et les organismes pathogènes (virus et bactéries).

La désinfection est le plus souvent effectuée au moyen de chlore. Selon l'OMS, 2 à 3 mg/L de chlore devraient être ajoutés à l'eau, le maximum étant de 5 mg/l (Jolliet et *al.*, 2010).

*Matériel et
méthodes*

I. Objectifs de l'expérimentation

Ce travail de recherche, qui s'inscrit dans le cadre d'un mémoire de fin d'études de master II en Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques, a pour :

- **Objectif général**

- Etudier les qualités physicochimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées de la station de traitement de Souk El-Djemaa accompagnées d'une étude algale afin d'établir un diagnostic de l'état de ces eaux durant 3 mois (Mars, Avril et Mai).

II. Description de la zone d'étude

II.1. Présentation et localisation

La station de traitement d'eau potable Souk el Djemaa est située à 45 Km au sud-est de la willaya de Tizi ousou à 15 Km de Ain el Hammam et à 2 km de la commune de Yatafen (figure 1 et 2).

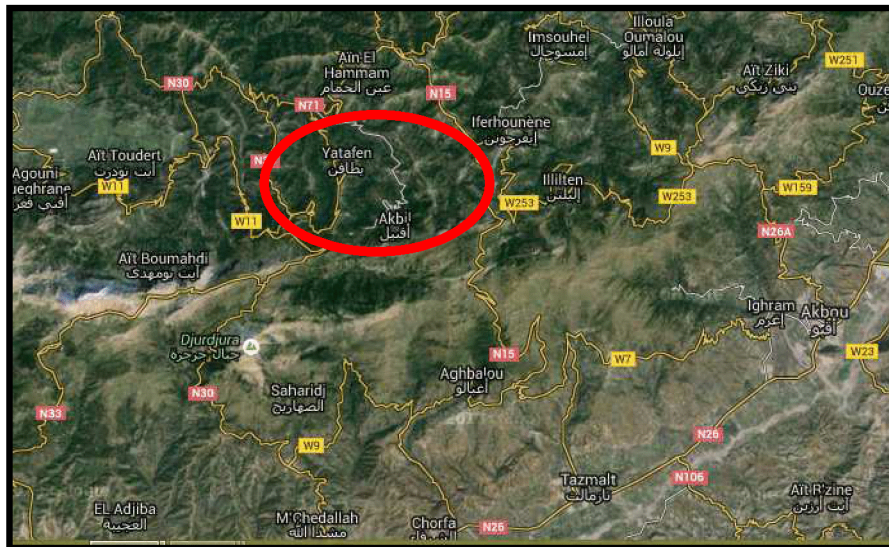


Figure 1. Localisation de la station de traitement d'eau potable de Souk El Djemaa.



Figure 2. Photo satellitaire de la localisation de la station de traitement d'eau potable de Souk El Djemaa.

II.2. Présentation de la station de traitement des eaux de Souk El-Djemaa

La station de traitement d'eau potable de Souk El Djemaa, est mise en service en 1960 pas la société française PUECHE CHABAL.

La station de Souk el Djemaa, est réalisée dans le cadre de l'alimentation en eau potable, des communes de Tizi ouzou, Maatkas, Ouadias, Ain El Hammam, Larbaa Nath Irathen, Ifarhounane, Tassaft, Tizi Rached et Mekla.

Ces dernières années la station n'alimente plus que les communes d'Ain El Hammam Tassaft, une partie de Larbaa Nath irathen et la zone haute de Mekla.

- **Origine de l'eau brute :** la station traite des eaux de surface du bassin versant d'Ait Ouabane, alimentée par des sources Karstiques et deux rivières ; celle d'Ait Ouabane et celle d'Ait Allaoua.

Ces eaux prennent source des fontes de neige du massif du Djurdjura.

- **Capacité d'eau à traiter :** la station de Souk EL Djemaa est conçue pour traiter un débit de $800 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Qualité d'eau brute de la station de Souk El Djemaa :** les eaux peuvent être très chargées en période de crue et leur teneur peut atteindre 10 g/l de matières en suspension.

- **Configuration de la station :** la station de Souk El Djemaa est un exemple de station de traitement classique, elle comprend : une galerie de réserve d'eau brute ; une chambre de

refoulement ; un post de pré chloration ; un ouvrage de coagulation floculation ; un ouvrage de décantation ; un ouvrage de filtration et un ouvrage désinfection finale.

- **Ouvrage de réception d'eau brute**

La galerie comprend deux parties : une galerie dont la capacité est de 2000 m³, une autre de 6000 m³ ce qui fait un volume total de 8000 m³ (figure 3).

A l'entrée de la galerie, existe des grilles permettant l'élimination des particules grossières.

La galerie joue un rôle de pré-décantation. Le temps de séjour est de 10 h.

La galerie sert à stocker l'eau brute et à réguler le débit en fonction des besoins du traitement, cette régulation s'effectue comme suit :

- 1^{er} cas : si la centrale hydroélectrique n'est pas fonctionnelle, les eaux turbinées sont directement stockées dans les galeries assurant ainsi un débit suffisant au fonctionnement normal de la station.
- 2^{eme} cas : si la centrale hydroélectrique n'est pas fonctionnelle, la station de traitement puise alors les réserves de la galerie. Dans le cas d'une insuffisante de débit, il est alors fait appel aux eaux retenues par la prise située au niveau de Oued el Djemaa.

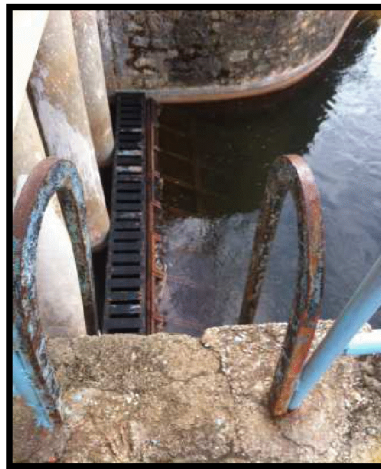


Figure 3. Entrée d'eau à la station de traitement de Souk El Djemaa.

- **Station de refoulement d'eau brute Exhaure :** l'exhaure a pour fonction de relever l'eau brute de la galerie vers la tête de la station de traitement. L'exhaure est équipée de trois groupes moto pompes, dont deux fonctionnent en permanence tandis que le troisième est prévu pour parer à d'éventuelles pannes.

- **Ouvrages de traitement**

- **Pré chloration :** les agents de pré chloration utilisée au niveau de la station sont : l'hypochlorite de calcium Ca(ClO)₂ ; l'hypochlorite de sodium NaClO.

- **Coagulation floculation** : elle est caractérisée par deux types d'agitation :
 - une agitation rapide : elle se fait dans un puits, d'une profondeur de 7 m à la sortie d'une veine contractée permet un bon brassage et une distribution homogène du réactif de floculation injectée dans la masse liquide.
 - une agitation lente : elle s'effectue à l'aide d'un agitateur mécanique, appelé électofloculateur.
- **Décantation** : la station de Souk el Djemaa, est équipée de deux décanteurs statiques, de volume unitaire de 400 m³. Le temps de séjours est d'une heure. Le fond est incliné pour permettre le vidange des boues au moyen de quatre vannes à disque par le décanteur, tous les matins pendant 15 minutes jusqu'à clarification de l'eau.
- **Filtration** : la station est équipée de six filtres à sable ouverts.
- **Désinfection** : les réactifs utilisés sont : l'hypochlorite de calcium Ca(ClO)₂ ;
l'hypochlorite de sodium NaClO.
L'injection de ces dérivés de chlore se fait par une canne d'alimentation, située à la sortie du canal collecteur des eaux filtrées.

II.3. Echantillonnage et prélèvements

II.3.1. Échantillonnage

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- ✓ la sélection convenable du point d'échantillonnage.
- ✓ le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- ✓ la conservation adéquate de l'échantillon.

II.3.2. Prélèvement des eaux à analyser

Dans notre travail, le prélèvement se fait dans deux différents points de la station Souk el Djemaa. L'un à l'arrivé des eaux brutes l'autre c'est l'eau traitée, dans des conditions réglementaires d'hygiène et d'asepsie.

Les eaux sont prélevées dans des flacons stériles. Ceux-ci sont immergés position verticale en les tenant par le fond, l'ouverture est légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire du courant. Deux flacons de 250 ml, un est réservé pour l'analyse bactériologique alors que l'autre conçu pour l'analyse physico-chimique.

II.3.3. Transport des échantillons

Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivées au laboratoire avant de commencer les analyses (normes Algérienne 762, 1990).

Tableau 1. Calendrier des prélèvements

Prélèvements	Date	Température (°C)	Précipitation (mm)	Evaporation (mm)
1	05/03/2016	7.7	28.2	0.5
2	19/03/2015	13	0	1.3
3	16/04/2016	18.5	0	2.8
4	23/04/2016	17.5	0	3
5	07/05/2016	21.2	39	5.3
6	28/05/2016	21.7	0	3.7

(Station météorologique Tizi Ouzou)

III. Détermination des paramètres Physico-Chimiques

Dans notre pays, l'eau destinée à la consommation humaine est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme les chlorures, sulfates, nitrates,... etc. Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau de la station de Souk El Djemaa et les comparer avec les normes.

III.1. Mesure du pH

- **Principe**

Le pH est en relation avec la concentration des ions d'hydrogène présent dans l'eau. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans la même solution est mesuré par le pH mètre.

- **Mode opératoire**

Etalonner l'appareil avant la mesure, avec des solutions tampons à pH=7, pH=4 et pH=9 après avoir rincé l'électrode en verre avec de l'eau distillée.

Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bécher, mettre une agitation douce puis tremper l'électrode dans le bécher. Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noter le pH.

III.2. Mesure de la turbidité

- **Principe**

La réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières en suspension se fait par comparaison entre la lumière diffusée et la lumière transmise par un échantillon d'eau et une gamme étalon constituée de solution de Formazine est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre. La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil.

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil.

- **Mode opératoire**

Nous étalonnons le turbidimètre en introduisant dans la première cuvette de l'eau distillée prise comme référence, puis remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer à l'aide du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

III.3. Mesure de la conductivité électrique, TDS et salinité

Nous utilisons un appareil multi-paramètres pour mesurer les trois paramètres (Conductivité électrique, TDS, salinité).

- **Mode opératoire**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincer avant usage avec de l'eau distillée. Tout d'abord, rincer plusieurs fois l'électrode avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner.

III.4. Mesure de la température

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre (appareils utilisés voir annexes 02).

IV. Dosage des métaux lourds par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence

Cette méthode consiste à mesurer l'émission de lumière par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi produit est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission caractéristiques sont produits par un plasma à couplage inductif par haute fréquence (ICP). Les spectres sont dispersés par un spectromètre à réseau et l'intensité des raies est évaluée par un détecteur. Les signaux du (des) détecteur(s) sont traités et contrôlés par un système informatique. Lors du dosage des éléments à l'état de traces, une correction appropriée du bruit de fond est utilisée pour compenser les variations des contributions du bruit de fond.

V. Recherche des germes bactériens dans l'eau

Dans le cadre de notre étude, l'analyse bactériologique se restreint à la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- ✓ *Pseudomonas*
- ✓ Bactéries anaérobies sulfito-réductrices
- ✓ Staphylocoques
- ✓ Entérocoques intestinaux
- ✓ *Echerichia coli*

V.1. Matériel

V.1.1. Matériel et Appareillage utilisés pour la filtration

Le matériel utilisé est : Bain marie thermostaté ; bec Bunsen ; compteur de colonies ; étuve ; hotte : incubateur ; membrane de filtration stérile en cellulose de 0,22 μm et 0,45 μm de porosité ; pincettes stériles ; pompe sous vide ; rampe de filtration en acier inoxydable graduée, stérilisée à la flamme avant chaque analyse.

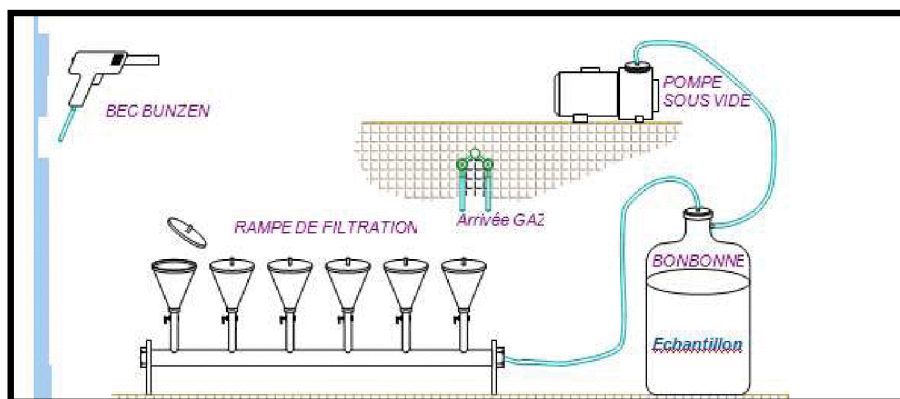


Figure 4. Dispositif de filtration

V.2.1. Milieux utilisés

a. Milieux de culture et réactifs pour la recherche des *Pseudomonas*.

- Milieu de culture au Cétrimide.



Milieu Cétrimide

b. Milieux de culture et réactifs pour la recherche des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices.

- Gélose base Viandye-Foie (ou par défaut Gélose Tryptose-Sulfite).
- Additif Alun de fer.
- Additif Sulfite de sodium.



Milieu Viande Foie

c. Milieux de cultures et additifs utilisés pour la recherche et le dénombrement des Staphylocoques

- Gélose Chapman au mannitol.
- Peroxyde d'hydrogène H₂O₂.
- Bouillon B.H.I.B.
- Plasma Humain.



Milieu Chapman

d. Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et d'*Escherichia-coli*

- Gélose Tergitol.
- Bouillon au Tryptophane.
- Réactif de Kovacs.
- Disques d'oxydase.



Milieu Tergitol

e. Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des Entérocoques intestinaux

- Gélose de Slanetz et Bartley
- Gélose Bile Esculine Azoture (B. E.A)



Milieu Slanetz

V.2. Méthodes

V.2. 1. Recherche et dénombrement des *Pseudomonas* par la méthode par filtration sur membrane.

a. Méthode de filtration sur membrane et incubation : déroulement de la filtration

- Filtration de 100 ml sur une membrane de 0,45 μm .
- Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer sur un milieu de culture au Cétrimide.
- Incuber à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 22 ± 2 h (1^{ère} lecture) et 44 ± 4 h (2^{ème} lecture).

b. Dénombrement et expression des résultats

- Après une période d'incubation de 22 ± 2 h, une première lecture (dénombrement des colonies) doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries.
- Les colonies vertes seulement sont prises en considération.

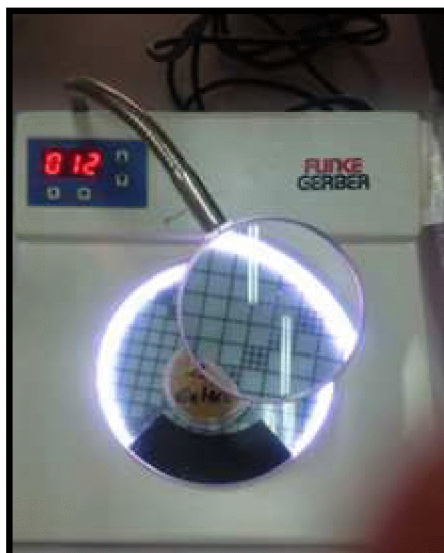


Figure 5. Compteur de colonie

V.2.2. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par la méthode de filtration sur membrane.

a. Définition

Les micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs formant des spores appartiennent à la famille des bacillacées et au genre *Clostridium*. Ce sont des bacilles à gram positif.

b. Préparation du milieu de culture

- Utiliser un bain marie à une température de 100°C
- Faire fondre le flacon contenant la gélose stérile.
- Laisser refroidir à une température de 50° C
- Rajouter les additifs (additif Alun de fer, additif Sulfite de sodium)
- Maintenir le milieu complet au bain marie à 45° C jusqu'à utilisation.

c. Sélection des spores

- Avant de procéder à l'essai, l'échantillon à analyser doit être chauffé dans un bain marie à 75° C \pm 5°C pendant 15 mn à partir du moment où cette température a été atteinte.
- Un flacon similaire contenant le même volume d'eau que celui de l'échantillon doit être utilisé parallèlement afin de vérifier la température et le temps de chauffage nécessaire.
- Refroidir immédiatement sous l'eau du robinet jusqu'à température ambiante.

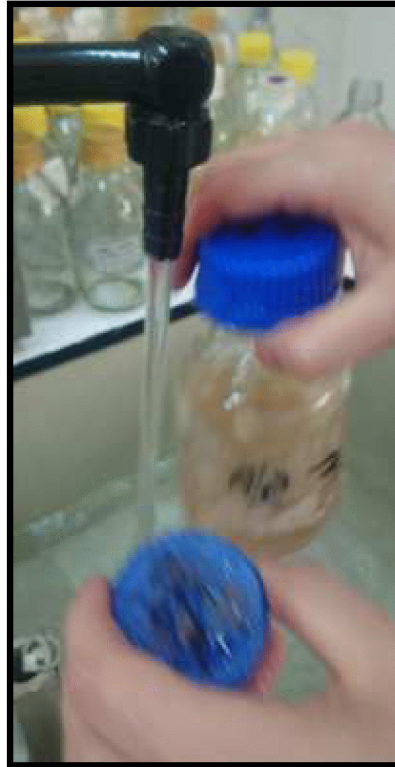


Figure 6. Sélection des spores par choc thermique.

d. Filtration sur membrane et incubation : déroulement de la filtration

- Filtration de 100 ml sur une membrane de 0,22 μm .
- Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer, face supérieur 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 la membrane.
- Ensuite verser soigneusement le milieu de culture liquéfié avec additifs, jusqu'au rebord de la boîte de Pétri.
- Incuber à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 22 ± 2 h (1^{ère} lecture) et 44 ± 4 h (2^{ème} lecture).

e. Dénombrement et expression des résultats

Une première lecture (dénombrement des colonies) après 22 ± 2 h d'incubation doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries.

En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h. Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice.

Le résultat est exprimé en nombre de spores de germes anaérobies sulfito-réducteurs dans 100 ml d'eau.

V.2.3. Recherche et dénombrement des Staphylocoques par la méthode de filtration sur membrane.

a. Filtration sur membrane et incubation : déroulement de la filtration

- Filtration de 100 ml sur une membrane de 0,45 µm.
- Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer sur un milieu de culture Chapman.
- Incuber à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 22 ± 2 h (1^{ère} lecture) et 44 ± 4 h (2^{ème} lecture).

b. Dénombrement et expression des résultats

Une première lecture (dénombrement des colonies) après 22 ± 2 h d'incubation doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries.

Les colonies jaunes oranger seulement sont prises en considération.

c. Confirmation des résultats : Se fait en trois étapes :

❖ Test de Catalase

Dans la zone stérile prendre une boîte de pétri et une pipette Pasteur.

- ✓ Mettre une goutte d'eau oxygénée à l'intérieur de la boîte de pétri ensuite prélever une colonie à l'aide de la pipette et la mettre au contact avec l'eau oxygénée.
- ✓ S'il y a une effervescence, on doit faire une confirmation avec le BHIB qui est la deuxième étape.

❖ Test de Coagulase

- Première confirmation au BHIB

- ✓ Prendre une colonie et l'ensemencer dans le BHIB puis incuber à l'étuve à 37 degrés pendant 24 heures.
- ✓ Après l'incubation, on passe à la troisième étape qui est le test de coagulase.

Nous avons refais le test 3 fois et les résultats été positifs.



Figure 7. Prélèvement des colonies

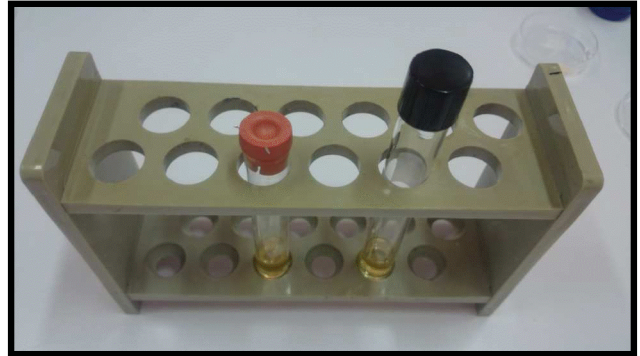


Figure 8. Test Coagulase au BHIB.



Figure 9. Confirmation au BHIB

- **Deuxième confirmation au sérum humain**

✓ Prendre dans un tube à essai stérile 0.3 ml du plasma et 0.1 ml du BHIB puis agiter pour assurer l'homogénéisation du liquide puis incuber pendant 6 heures à 37 degrés.



Figure 10. Confirmation au sérum humain



Figure 11. Agitateur

Après 6 heures de temps retirer de l'étuve et voir s'il y a eu une coagulation du liquide :

- Si oui c'est coagulase positif .
- Si non c'est coagulase négative .

V.2.4. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.

a. Définition

Les entérocoques intestinaux sont des hôtes de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce sont des bactéries en forme de cocci ou ovoïdes, à gram positif, capable de se développer en 24 à 48 h à 37° C, sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium (Slanetz et Bartley), réduisant le chlorure de 2, 3, 5-Triphenyl-Tetrazolium (T.T.C) en Formozan en donnant des colonies caractéristiques de couleur rose, rouge. Ces bactéries, de plus, hydrolysent l'esculine à 44° C pendant 2 h. Elles forment généralement des chaînettes à catalases négatifs, possédant l'antigène D.

b. Filtration

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen.
- Prendre le filtre stérile à l'aide d'une pince stérilisée à l'alcool (flambée).
- Placer le filtre au centre de la membrane poreuse de la rampe.
- Fermer l'entonnoir et verser l'échantillon à analyser (100 ml).
- Attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré pour retirer le filtre.
- Placer le filtre dans la boîte de Pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley avec TTC.
- S'assurer que le filtre adhère bien sur la surface de la gélose (absence de bulles d'air).
- Mettre la boîte de Pétri dans l'incubateur à $44 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h.

c. Préparation des milieux de culture

- Utiliser un bain marie à une température de 100° C.
- Faire fondre le flacon de 250 ml contenant la gélose stérile de Slanetz et Bartley.
- Refroidir à une température de 50°C.
- Rajouter le T.T.C.
- Couler la gélose contenant le T.T.C dans les boîtes de Pétri et laisser solidifier.

d. Dénombrement

Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.

e. Confirmation

Si des colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable à 44° C.

Incuber à $44 \pm 0,5$ °C pendant 2h. Retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

V. 2. 5. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d'*Escherichia-coli*

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et d'*Escherichia-coli* est effectuée selon la méthode de filtration sur membrane.

✓ **Préparation du milieu de culture**

-utiliser un bain marie à une température de 100°C.

-faire fondre le flacon contenant la gélose Tergitol stérile.

-laisser refroidir à une température de 50°C, couler dans les boîtes de Pétri un volume suffisant et laisser solidifier.

✓ **Filtration et incubation pour les bactéries Coliformes Totaux**

-stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse.

-laisser refroidir.

-prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.

-poser la membrane sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.

-filtrer stérilement (dans la zone de stérilité du Bec Bunsen) la quantité d'eau désirée (100ml).

-Prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.

-déposer la membrane sur la boîte de pétri préalablement préparée en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.

-incubation à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 3 h, le couvercle vers le bas.

✓ **Dénombrement, confirmation et expression du résultat**

Après la période d'incubation, on dénombre les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune quelle que soit leur diamètre.

- déposer le disque d'oxydase à l'aide d'une pince stérile sur la colonie puis imbiber le disque avec une goutte d'eau distillée.

- s'il ya un virage au bleu violet foncé dans les 30 secondes qui suivent, l'oxydase est positive (absence de bactéries Coliformes Totaux).
- s'il ya pas de virage, l'oxydase est négative (présence de bactéries Coliformes Totaux).

✓ **Filtration et incubation des *Escherichia coli***

- stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse.
- laisser refroidir.
- prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- poser la membrane sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- filtrer stérilement (dans la zone de stérilité du Bec Bunsen) la quantité d'eau désirée (100ml).
- prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- déposer la membrane sur la boîte de pétri préalablement préparée en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- incubation à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant $22 \pm 2\text{h}$, le couvercle vers le bas.

✓ **Dénombrement, confirmation et expression du résultat**

Après la période d'incubation, dénombrer les colonies présentant un aspect lisse légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune quelle que soit leur diamètre ;

- repiquer et ensemencer dans un bouillon contenant le bouillon au tryptophane ;
- incubé à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant $22 \pm 2\text{h}$;

Après la période d'incubation sur le bouillon au tryptophane, une recherche d'indole comme suit :

- ajouter 2 à 3 gouttes de réactif Kovacs qui donne un anneau rouge brique à la surface du bouillon en présence d'*Escherichia-coli*.

L'apparition d'une coloration rouge brique à la surface du bouillon confirme la production d'indole.

V. 5. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des bactéries coliformes et les entérocoques intestinaux.

Lorsque les bactéries coliformes et les entérocoques intestinaux sont indénombrables nous adopterons les systèmes Colilert et Enterolert de la Méthode alternative IDEXX

V.5.1. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des bactéries coliformes.

Le système Colilert permet de détecter dans l'eau soit la présence de coliformes totaux et de bactéries *Escherichia coli*, soit la présence de coliformes fécaux.

Ce test est basé sur la technologie des substrats définis (*Defined Substrate Technology*) qui est une méthode brevetée.

Lorsque les coliformes totaux ou fécaux métabolisent l'ONPG, le substrat chromogène-indicateur de Colilert-18, l'échantillon vire au jaune. Lorsque l'échantillon est positif, le réactif MUG contenu dans Colilert-18 est métabolisé par les *Escherichia coli* et génère une fluorescence. Colilert-18 peut détecter simultanément ces bactéries à 1 cfu/100 ml en 18 heures, même en présence de bactéries hétérotrophes à une concentration de 2 millions par 100 ml.



Figure 12. Réactif utilisé dans système Colilert



Figure 13. Plateau QUANTI-TRAY à 97 puits

a. Procédure de présence/absence

- Ajouter le contenu d'un sachet dans un prélèvement de 100 ml placé dans un récipient stérile, transparent et non fluorescent.
- Fermer le récipient et agiter.
- Si le prélèvement n'est pas déjà à 33-38°C, placer le récipient dans un bain-marie à 35°C pendant 20 minutes ou dans un bain-marie à 44,5°C pendant 7 à 10 minutes.
- Incuber à 25 + ou -0,5°C pendant les 18 heures qui suivent.
- Interpréter les résultats en se référant au tableau d'interprétation des résultats

b. Procédure de numération QUANTI-TRAY

- Ajouter le contenu d'un sachet dans un prélèvement de 100 ml d'eau à une température ambiante placé dans un récipient stérile.
- Fermer le récipient et agiter jusqu'à dissolution.
- Verser le mélange prélèvement/réactif dans un Quanti-Tray ou un Quanti-Tray/ 2000 et fermer hermétiquement dans un IDEXX Quanti-Tray Sealer.
- Placer le plateau hermétiquement fermé dans un incubateur à 35 + ou - 0,5°C (ou à 44,5 + ou - 0,2°C pour les coliformes fécaux) pendant 18 heures (aucun réchauffage préalable à 35°C n'est requis). Si le plateau est incubé dans un bain-marie immergé le Quanti-Tray* à l'aide d'un anneau.
- Interpréter les résultats en se référant au tableau d'interprétation des résultats ci-dessous. Compter le nombre de puits positifs et se référer au tableau NPP fourni avec les plateaux Quanti-Tray pour obtenir le nombre le plus probable (NPP).

Tableau 2. Interprétation des résultats

Aspect	Résultat
Moins jaune que le comparateur ¹ après une incubation à 35+/-0,5°C ou 44,5+/-0,2°C.	Négatif pour les coliformes totaux et <i>E. coli</i> ; négatif pour les coliformes fécaux
Aussi jaune ou plus jaune que le comparateur après une incubation à 35+/-0,5°C.	Positif pour les coliformes totaux.
Aussi jaune ou plus jaune que le comparateur après une incubation à 44,5+/-0,2°C.	Positif pour les coliformes fécaux.
Couleur jaune et fluorescence égales ou supérieures au comparateur après une incubation à 25+/-0,5°C.	Positif pour <i>Escherichia coli</i> .

- Evaluer la fluorescence avec une lame UV de 6 watt et 365 nm placée à 13 cm de l'échantillon, dans un endroit obscur. Orienter la lumière vers l'échantillon en l'éloignant des yeux de l'opérateur.
- Les résultats de Colilert-18 doivent être lus entre 18-22 heures. Les échantillons positifs pour les coliformes totaux et *Escherichia coli*, ou pour les coliformes fécaux observés avant 18 heures, de même que les résultats négatifs observés après 22 heures, sont également valides.

V.5.2. Méthode alternative IDEXX pour le dénombrement des entérocoques intestinaux.

Lorsque les bactéries entérocoques intestinaux sont indénombrables nous adopterons le système Enterolert de la Méthode alternative IDEXX

La recherche des entérocoques intestinaux par le système Enterolert se déroule selon le même procédé que la recherche des coliformes par la méthode alternative.



Figure 14. Réactif utilisé dans système Enterolert

VI. Recherche des espèces algales dans l'eau et leurs identifications par microscope inversée (méthode Utermohl)

- Le prélèvement se fait dans des flacons ombrés.
- Ajouter quelques gouttes de Lugol qui est une solution à base d'iode composé, d'iode de potassium et d'eau, son rôle est la fixation et la conservation des échantillons à analyser.
- Verser l'eau dans les chambres Utermohl et laisser décanter 24h.
- Identification au microscope inversé relié à une caméra.



Figure 15. Chambre de sédimentation *Utermohl*

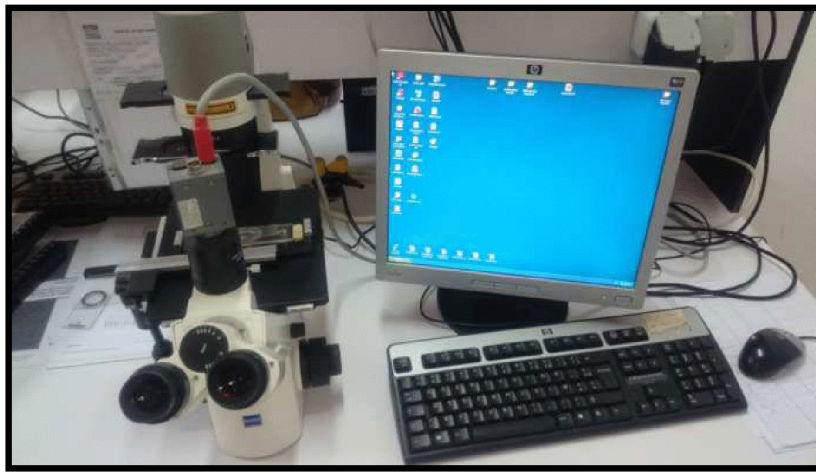


Figure 16. Microscope inversé relié à un microordinateur.

*Résultats et
interprétation*

I. Résultats des analyses des paramètres physico-chimique et de pollution

I.1. Résultats d'analyses physico-chimiques

1.1.1. pH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, les résultats de son évolution au cours de notre étude sont représentés au niveau de la figure 17.

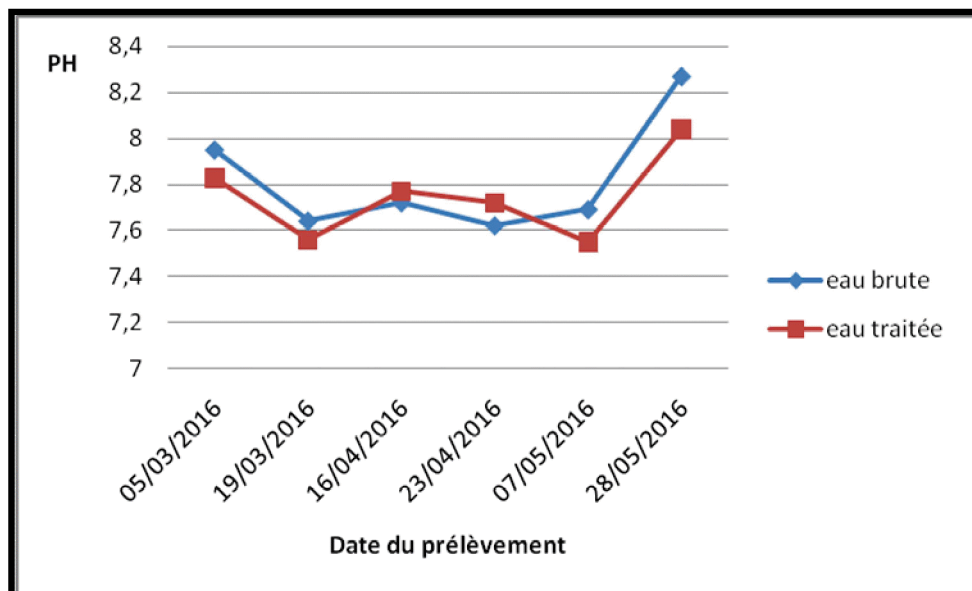


Figure 17. Evolution du pH de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps

Le pH constitue un facteur limitant pour les processus de traitement d'où l'importance de contrôler ce facteur.

Nous constatons d'après les résultats obtenus, une valeur moyenne du pH de 7.80 pour l'eau brute et 7.74 pour l'eau traitée (Figure 17), nous remarquons aussi que les 6 prélèvements présentent un pH >7 ce qui indique que l'eau de Souk El Djamaa est légèrement alcaline.

Les eaux de Souk El-Djamaa sont de bonne qualité de point de vue pH qui ne dépasse pas la norme algérienne qui se situe entre (6,5 – 9).

1.1.2. Turbidité

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux.

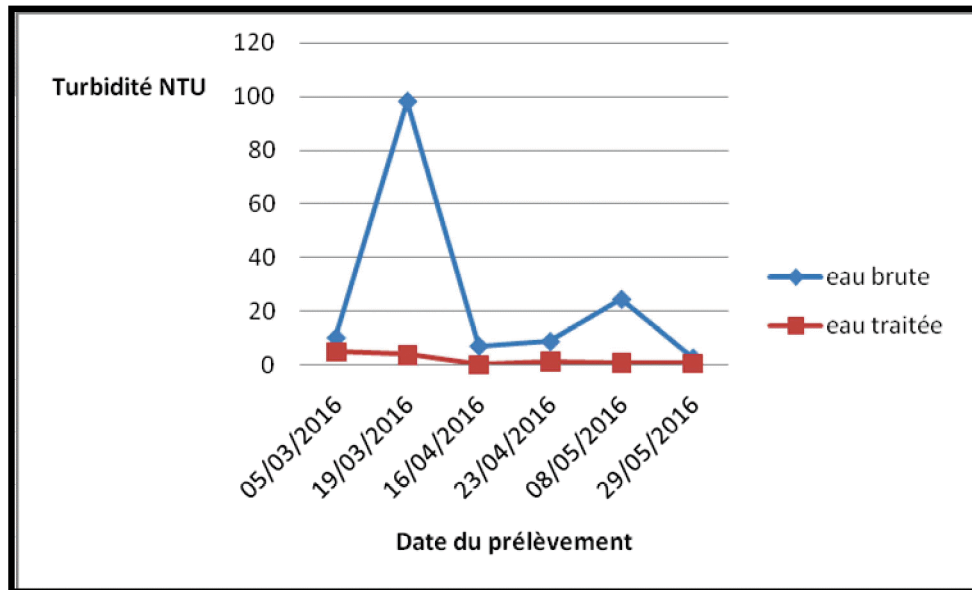


Figure 18. Evolution de la turbidité de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

Nous constatons que la turbidité des eaux traitées est stable à la valeur (0 NTU) durant les six prélèvements et celle des eaux brutes varie entre (0NTU) qui est la valeur minimale et une valeur maximale de (100 NTU).

Les eaux de Souk El Djamaa sont de très bonnes qualités du point de vue de la turbidité puisqu'elles ne dépassent pas la norme algérienne qui est estimée qu'elle soit (> 5 NTU).

1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité dépend de la température et de la nature des terrains traversés.

La conductivité oscille entre ($610\mu\text{s}/\text{cm}$) et ($1280\mu\text{s}/\text{cm}$) dont le maximum est enregistré au niveau du dernier prélèvement du mois de Mai et le minimum au niveau du deuxième prélèvement du mois de mars.

Cette augmentation résulte de la concentration ionique dans l'eau due à l'évaporation importante de cette dernière provoquée par l'augmentation de la température

Nous constatons que les eaux de Souk El Djamaa dépassent la norme algérienne de potabilité des eaux qui est estimée à une valeur de $400 (\mu\text{s}/\text{cm})$.

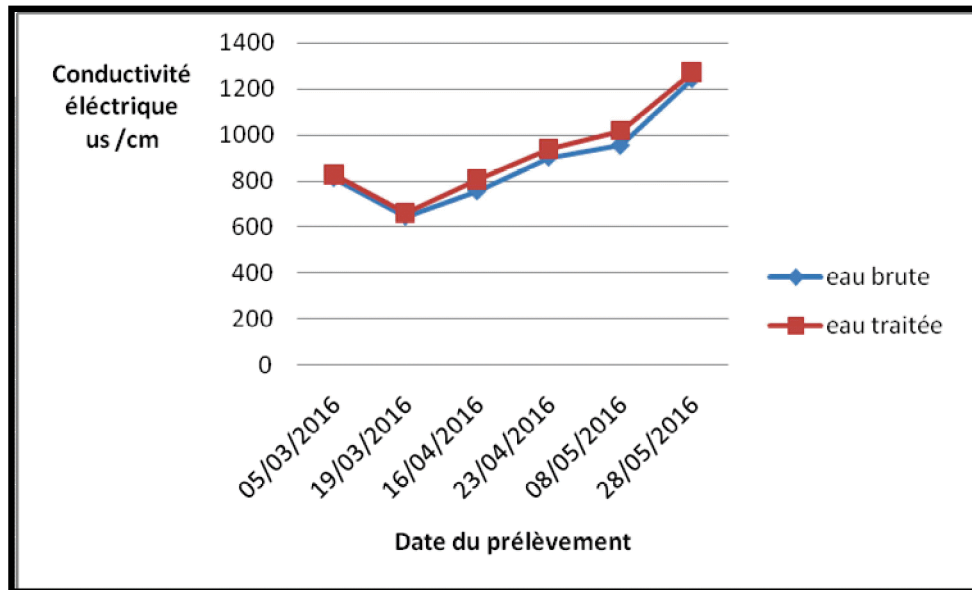


Figure 19. Evolution de la conductivité de l’eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps

1.1.4 .TDS

L’évolution du taux de sels dissous TDS des eaux brutes et traitées dans les six prélèvements oscille entre (300mg/l) et (640mg/l) dont le maximum est enregistré au niveau du dernier prélèvement du mois de Mai et le minimum est enregistré au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mars.

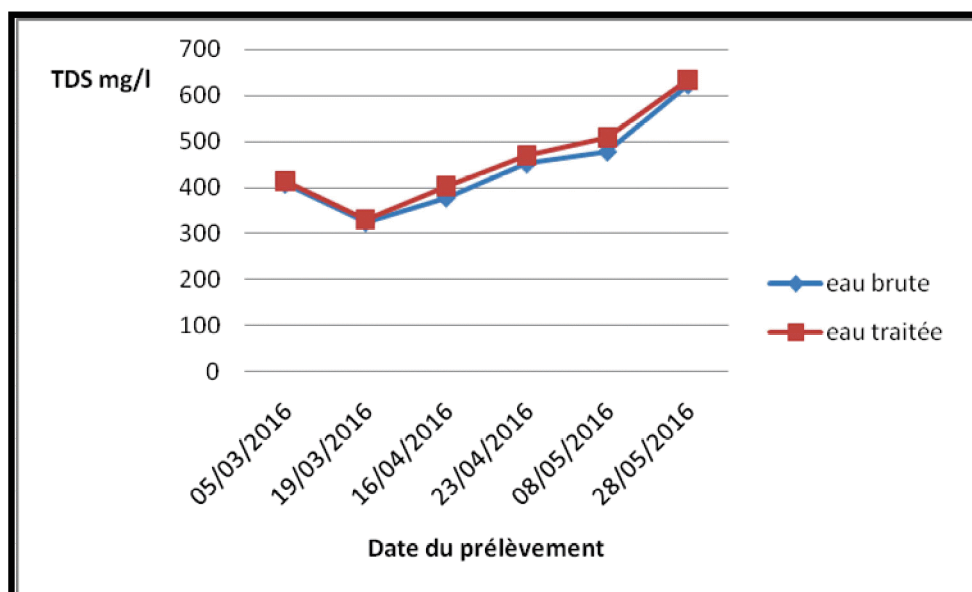


Figure 20. Evolution du taux des sels dissous dans l’eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

1.1.5. Salinité

La figure 21 nous montre l'évolution de la salinité de l'eau brute et traitée de Souk El Djamaa en fonction du temps au niveau des six prélèvements pendant les 3 mois (Mars, Avril et Mai). Nous remarquons que les valeurs oscillent entre (0,28%) et (0,5%) dont le minimum est enregistré au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mars et le maximum au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mai.

Les eaux de Souk El Djamaa sont de très bonne qualité du point de vue salinité puisqu'elles ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité qui est de 1,5%.

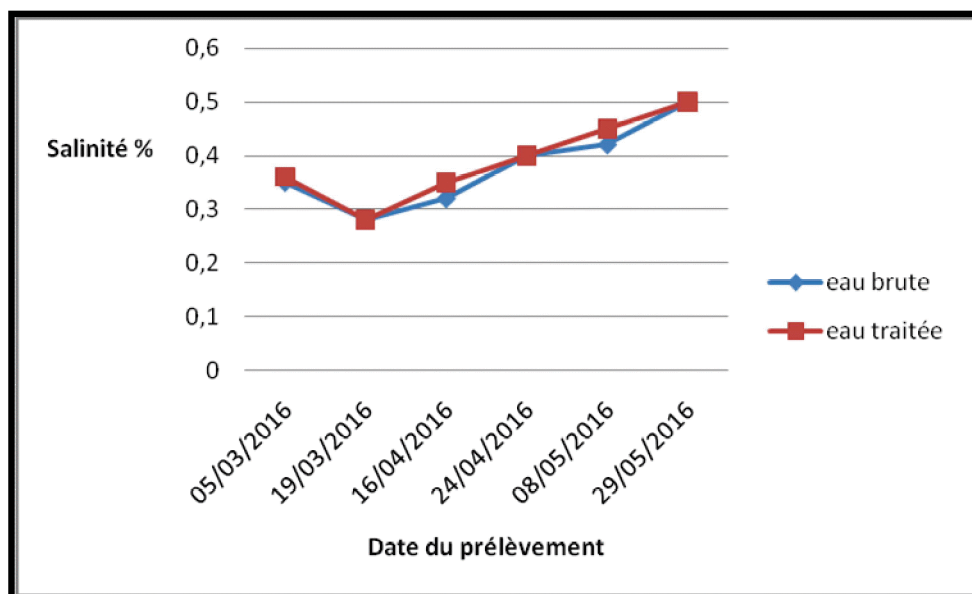


Figure 21. Evolution du taux de la salinité de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

1.1.6. Température

Il est important de connaître la température de l'eau car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et sur la détermination du pH (Rodier, 1984).

L'étude de la température a montré que les valeurs moyennes de la température dans les différents prélèvements sont comprises entre 10°C et 18°C (figure 22).

D'après les résultats obtenus durant les 6 prélèvements, nous constatons du point de vue de la qualité de ces eaux :

Tous les prélèvements sont de bonne qualité ; c'est des températures saisonnières qui ne dépassent pas les normes algériennes estimées de 25°C.

L'augmentation de la température favorise le développement des micro-organismes donc la consommation de l'oxygène et par conséquent la réduction de la teneur en oxygène dissous (Merle , 2006)

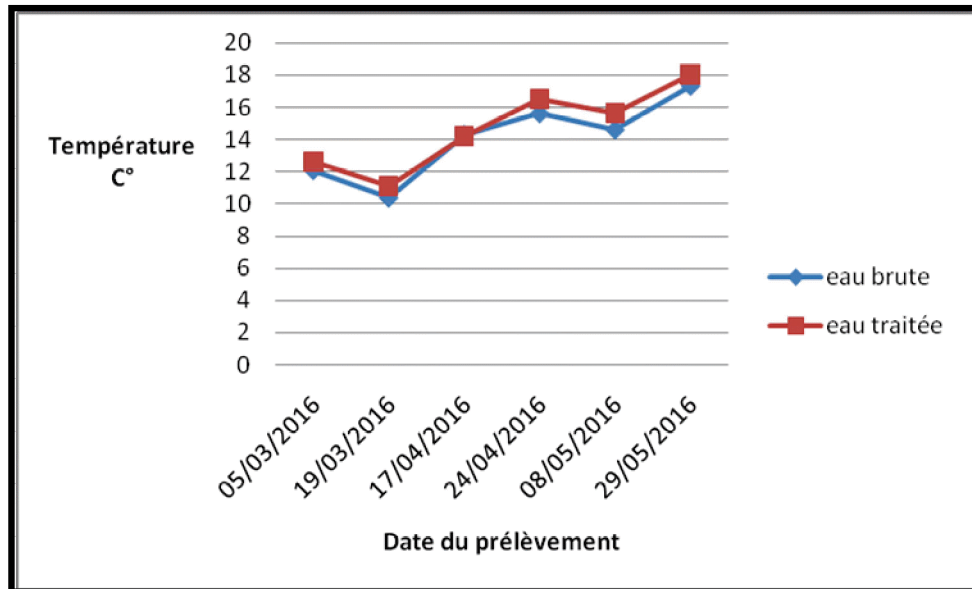


Figure 22. Evolution de la température de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

I.2. Résultats des paramètres de pollution

- Résultats du dosage des métaux lourds par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les eaux brutes et traitées de la station Souk EL-Djemaa sont consignés au niveau du Tableau 3.

D'après le tableau 3, le dosage par spectroscopie d'émission optique montre que les concentrations des métaux lourds analysés (Plomb, Manganèse, Fer, Nickel, Arsenic, Sélénium, Cuivre, Chrome, Cadmium, Antimoine, Molybdène, Zinc) sont conformes aux normes fixées par l'OMS.

Nous pouvons conclure que l'eau de consommation provenant de Souk El-Djemaa est une eau de bonne qualité physico chimique et ne présente aucun danger pour la consommation humaine.

Tableau 3. Résultats d'analyse des métaux lourds dans les eaux brutes et traitées de la station Souk EL-Djema.

Paramètre	Eau brute	Eau traitée	Unité	Normes
Plomb	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Manganèse	<0,01	<0,01	mg/ml	0,4mg/l
Fer	0,143	0,267	mg/ml	-
Nickel	<0,01	<0,01	mg/ml	0,07mg/l
Arsenic	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Sélénium	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Cadmium	<0,01	<0,01	mg/ml	0,03mg/l
Antimoine	<0,01	<0,01	mg/ml	0,02mg/l
Cuivre	<0,01	<0,01	mg/ml	2mg/l
Chrome	<0,01	<0,01	mg/ml	0,05mg/l
Molybdène	<0,01	0,01	mg/ml	0,07mg/l
Zinc	0,247	0,078	mg/ml	3mg/l
Cobalt	<0,01	<0,01	mg/ml	-

II. Résultats des analyses bactériologiques

Les eaux d'alimentation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité microbiologique sachant que le premier prélèvement du mois de Mars l'eau était très chargé c'est-à-dire le nombre des 5 germes étaient indénombrables.

❖ *Pseudomonas*

La figure 23 montre que : le dénombrement des *Pseudomonas* dans l'échantillon des eaux brutes varient de (20-300 UFC), et de (10 UFC) dans les eaux traitées et cette dernière au niveau du prélèvement du 23/04/2016 ce qui signifie que :

- les eaux du prélèvement du 23/04/2016 n'est pas conforme à la norme de potabilité.
- les autres prélèvements sont de bonne qualité du point de vue bactériologique concernant les germes *Pseudomonas*.

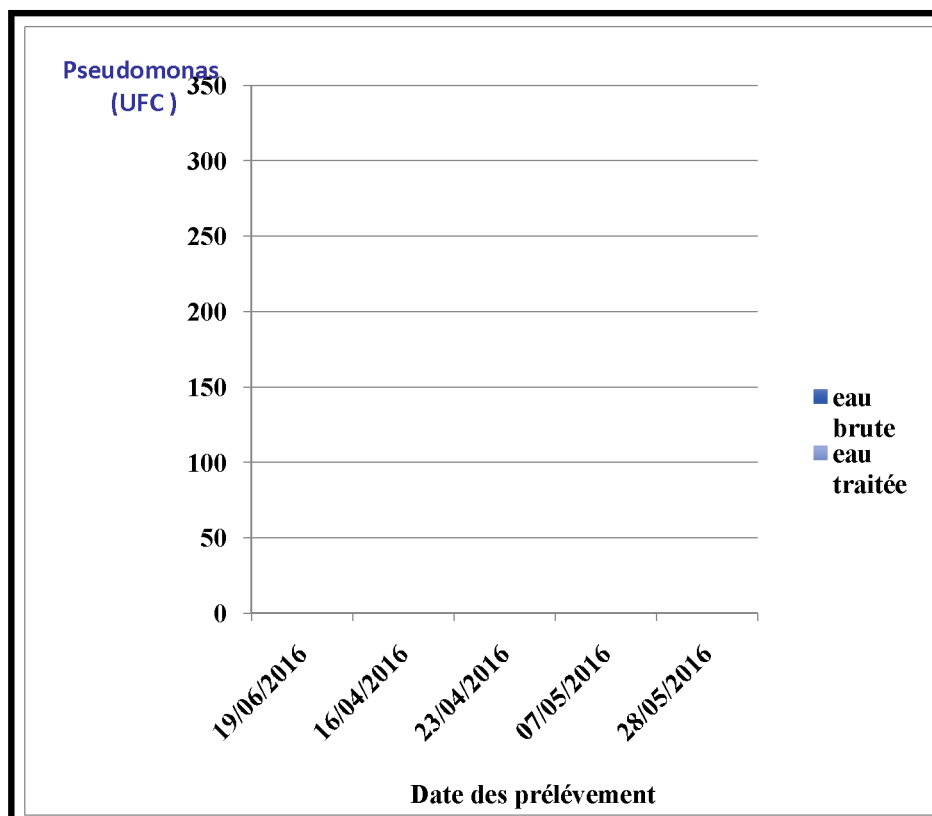


Figure 23. Evolution des germes *Pseudomonas* en fonction du temps

I. Résultats des analyses des paramètres physico-chimique et de pollution

I.1. Résultats d'analyses physico-chimiques

1.1.1. pH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, les résultats de son évolution au cours de notre étude sont représentés au niveau de la figure 17.

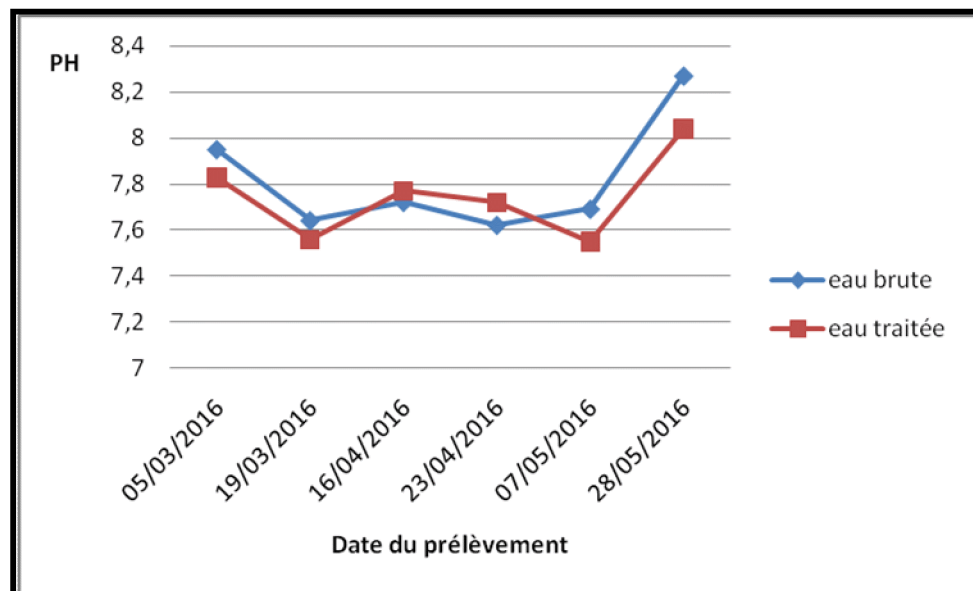


Figure 17. Evolution du pH de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps

Le pH constitue un facteur limitant pour les processus de traitement d'où l'importance de contrôler ce facteur.

Nous constatons d'après les résultats obtenus, une valeur moyenne du pH de 7.80 pour l'eau brute et 7.74 pour l'eau traitée (Figure 17), nous remarquons aussi que les 6 prélèvements présentent un pH >7 ce qui indique que l'eau de Souk El Djamaa est légèrement alcaline.

Les eaux de Souk El-Djamaa sont de bonne qualité de point de vue pH qui ne dépasse pas la norme algérienne qui se situe entre (6,5 – 9).

1.1.2. Turbidité

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux.

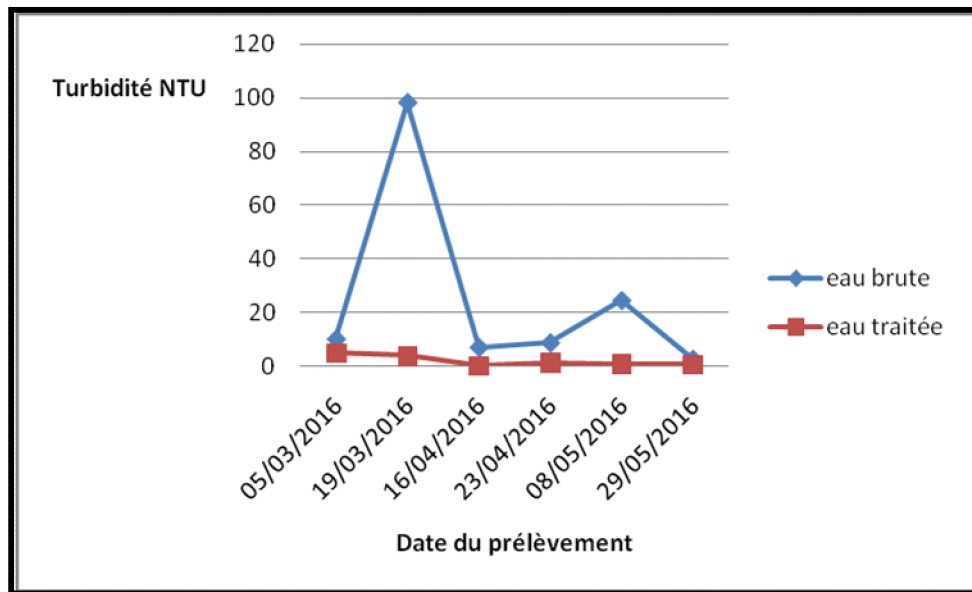


Figure 18. Evolution de la turbidité de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

Nous constatons que la turbidité des eaux traitées est stable à la valeur (0 NTU) durant les six prélèvements et celle des eaux brutes varie entre (0NTU) qui est la valeur minimale et une valeur maximale de (100 NTU).

Les eaux de Souk El Djamaa sont de très bonnes qualités du point de vue de la turbidité puisqu'elles ne dépassent pas la norme algérienne qui est estimée qu'elle soit (> 5 NTU).

1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité dépend de la température et de la nature des terrains traversés.

La conductivité oscille entre ($610\mu\text{s}/\text{cm}$) et ($1280\mu\text{s}/\text{cm}$) dont le maximum est enregistré au niveau du dernier prélèvement du mois de Mai et le minimum au niveau du deuxième prélèvement du mois de mars.

Cette augmentation résulte de la concentration ionique dans l'eau due à l'évaporation importante de cette dernière provoquée par l'augmentation de la température

Nous constatons que les eaux de Souk El Djamaa dépassent la norme algérienne de potabilité des eaux qui est estimée a une valeur de $400 (\mu\text{s}/\text{cm})$.

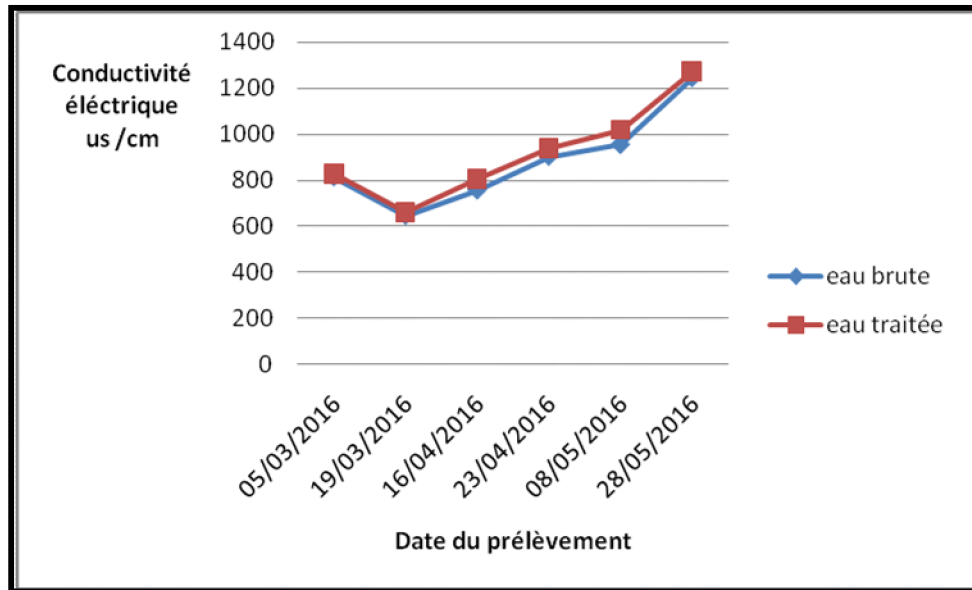


Figure 19. Evolution de la conductivité de l’eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps

1.1.4 .TDS

L’évolution du taux de sels dissous TDS des eaux brutes et traitées dans les six prélèvements oscille entre (300mg/l) et (640mg/l) dont le maximum est enregistré au niveau du dernier prélèvement du mois de Mai et le minimum est enregistré au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mars.

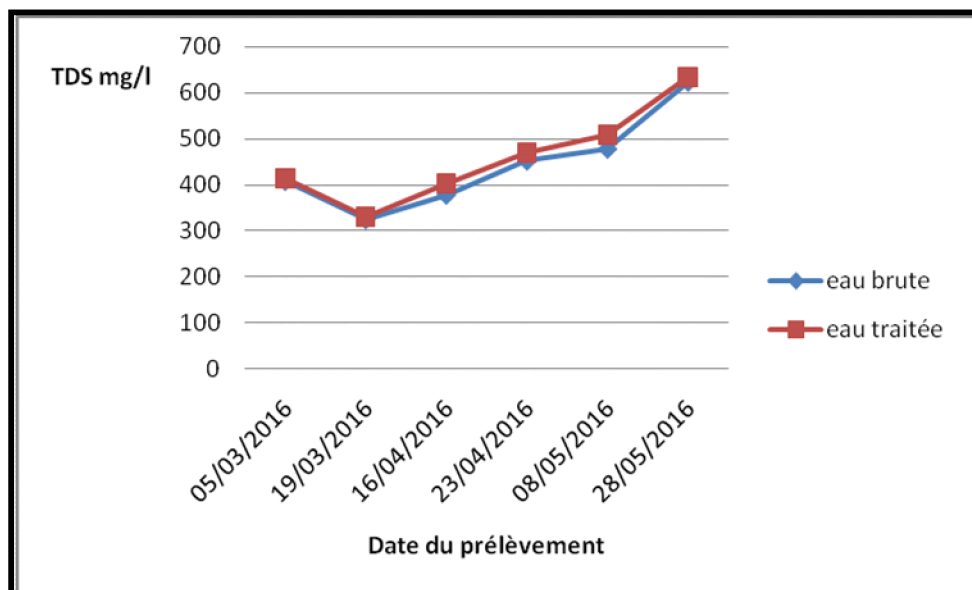


Figure 20. Evolution du taux des sels dissous dans l’eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

1.1.5. Salinité

La figure 21 nous montre l'évolution de la salinité de l'eau brute et traitée de Souk El Djamaa en fonction du temps au niveau des six prélèvements pendant les 3 mois (Mars, Avril et Mai). Nous remarquons que les valeurs oscillent entre (0,28%) et (0,5%) dont le minimum est enregistré au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mars et le maximum au niveau du deuxième prélèvement du mois de Mai.

Les eaux de Souk El Djamaa sont de très bonne qualité du point de vue salinité puisqu'elles ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité qui est de 1,5%.

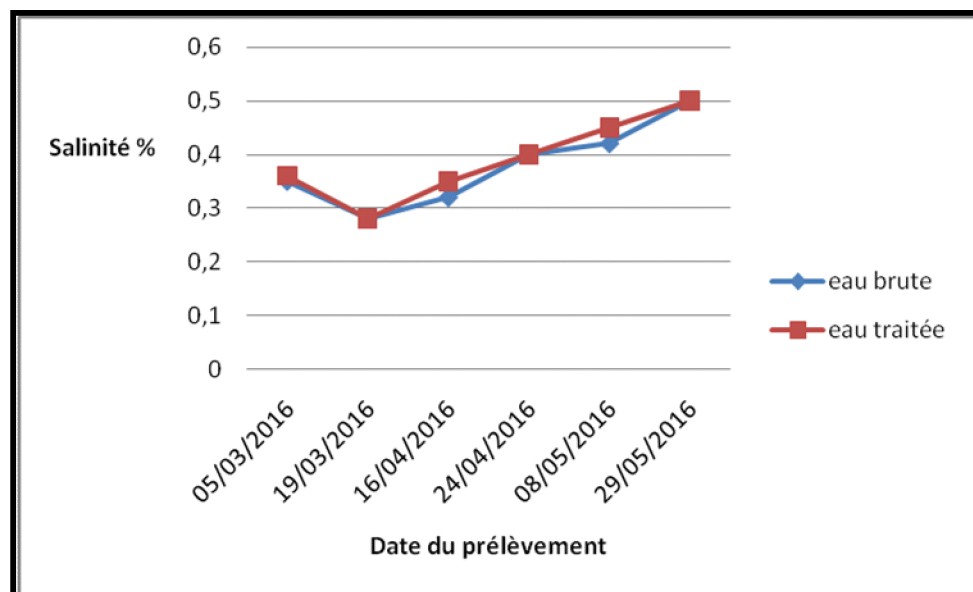


Figure 21. Evolution du taux de la salinité de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

1.1.6. Température

Il est important de connaître la température de l'eau car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et sur la détermination du pH (Rodier, 1984).

L'étude de la température a montré que les valeurs moyennes de la température dans les différents prélèvements sont comprises entre 10°C et 18°C (figure 22).

D'après les résultats obtenus durant les 6 prélèvements, nous constatons du point de vue de la qualité de ces eaux :

Tous les prélèvements sont de bonne qualité ; c'est des températures saisonnières qui ne dépassent pas les normes algériennes estimées de 25°C.

L'augmentation de la température favorise le développement des micro-organismes donc la consommation de l'oxygène et par conséquent la réduction de la teneur en oxygène dissous (Merle , 2006)

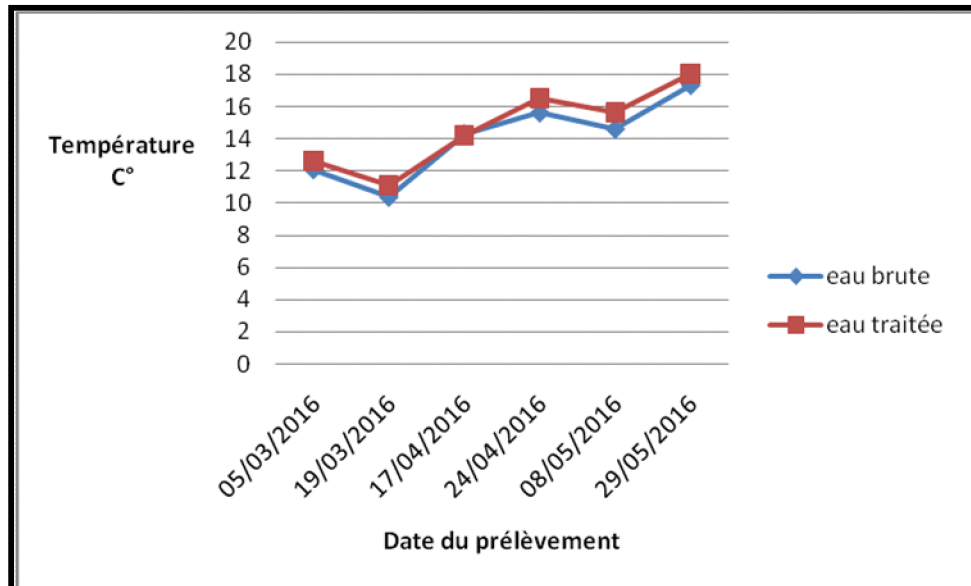


Figure 22. Evolution de la température de l'eau brute et traitée de la station de Souk El Djamaa en fonction du temps.

I.2. Résultats des paramètres de pollution

- Résultats du dosage des métaux lourds par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les eaux brutes et traitées de la station Souk EL-Djamaa sont consignés au niveau du Tableau 3.

D'après le tableau 3, le dosage par spectroscopie d'émission optique montre que les concentrations des métaux lourds analysés (Plomb, Manganèse, Fer, Nickel, Arsenic, Sélénium, Cuivre, Chrome, Cadmium, Antimoine, Molybdène, Zinc) sont conformes aux normes fixées par l'OMS.

Nous pouvons conclure que l'eau de consommation provenant de Souk El-Djamaa est une eau de bonne qualité physico chimique et ne présente aucun danger pour la consommation humaine.

Tableau 3. Résultats d'analyse des métaux lourds dans les eaux brutes et traitées de la station Souk EL-Djema.

Paramètre	Eau brute	Eau traitée	Unité	Normes
Plond	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Manganèse	<0,01	<0,01	mg/ml	0,4mg/l
Fer	0,143	0,267	mg/ml	-
Nickel	<0,01	<0,01	mg/ml	0,07mg/l
Arsenic	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Sélénium	<0,01	<0,01	mg/ml	0,01mg/l
Cadmium	<0,01	<0,01	mg/ml	0,03mg/l
Antimoine	<0,01	<0,01	mg/ml	0,02mg/l
Cuivre	<0,01	<0,01	mg/ml	2mg/l
Chrome	<0,01	<0,01	mg/ml	0,05mg/l
Molybdène	<0,01	0,01	mg/ml	0,07mg/l
Zinc	0,247	0,078	mg/ml	3mg/l
Cobalt	<0,01	<0,01	mg/ml	-

II. Résultats des analyses bactériologiques

Les eaux d'alimentation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité microbiologique sachant que le premier prélèvement du mois de Mars l'eau était très chargé c'est-à-dire le nombre des 5 germes étaient indénombrables.

❖ *Pseudomonas*

La figure 23 montre que : le dénombrement des *Pseudomonas* dans l'échantillon des eaux brutes varie de (20-300 UFC), et de (10 UFC) dans les eaux traitées et cette dernière au niveau du prélèvement du 23/04/2016 ce qui signifie que :

- les eaux du prélèvement du 23/04/2016 n'est pas conforme à la norme de potabilité.
- les autres prélèvements sont de bonne qualité du point de vue bactériologique concernant les germes *Pseudomonas*.

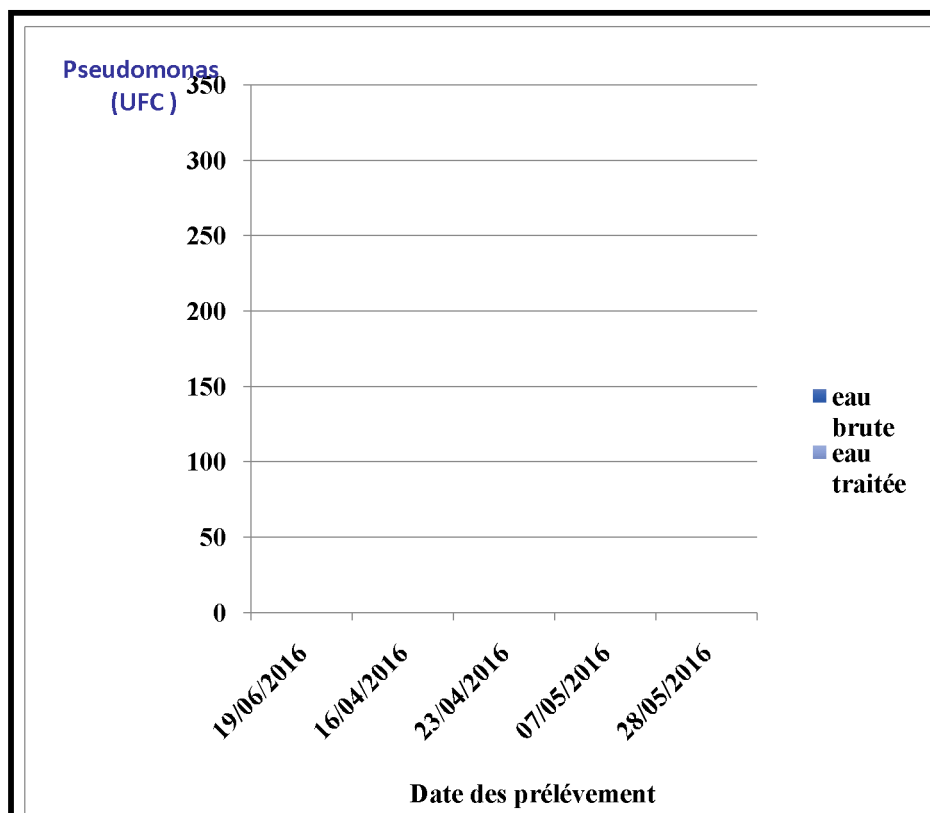


Figure 23. Evolution des germes *Pseudomonas* en fonction du temps



Figure 24. *Pseudomonas* (Eau brute)

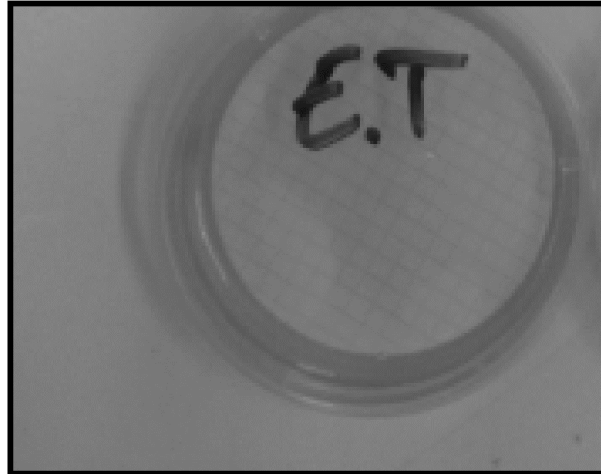


Figure 25. *Pseudomonas* (Eau traitée)

❖ Sulfito-réducteur

La figure 26 nous montre que le dénombrement des Sulfito-réducteur qui est très chargé dans l'échantillon des eaux brutes, elles varient de (20-145 UFC), par contre, les eaux traitées sont conformes à la norme de potabilité ils ont donc un nombre nul par unité de volume.

Les eaux de Souk El-Djemaâ sont d'une qualité excellente du point de vue des germes Sulfito-réducteur qui ne dépassent pas la norme de potabilité (0UFC).

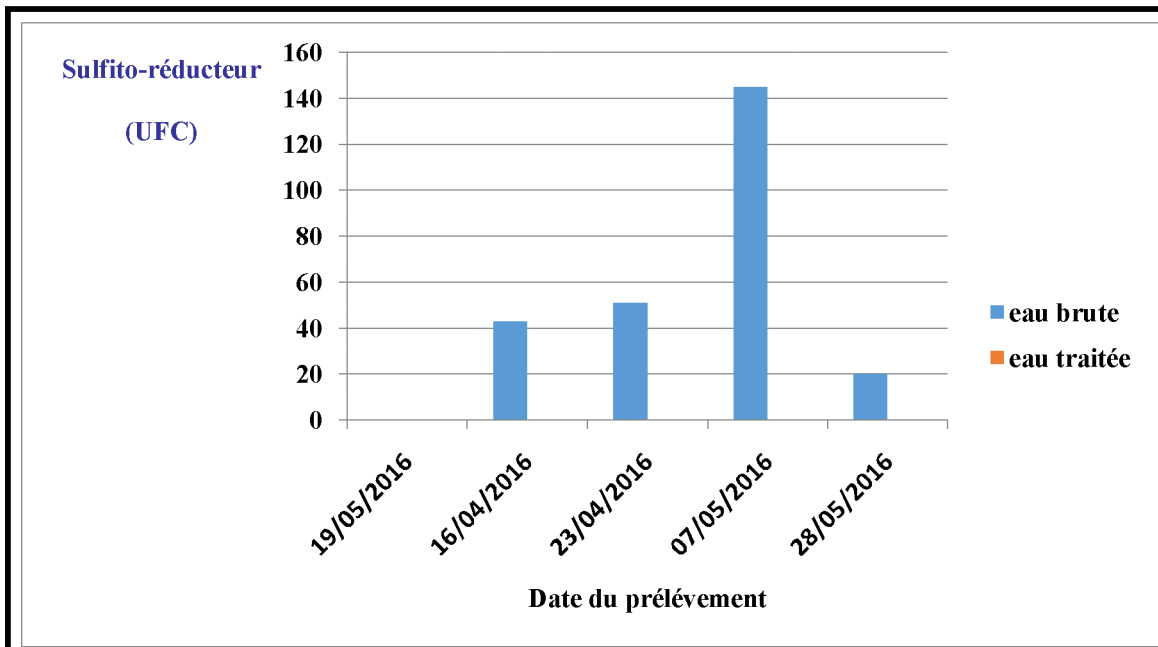


Figure 26. Evolution des germes *Sulfito-Réducteur* en fonction du temps

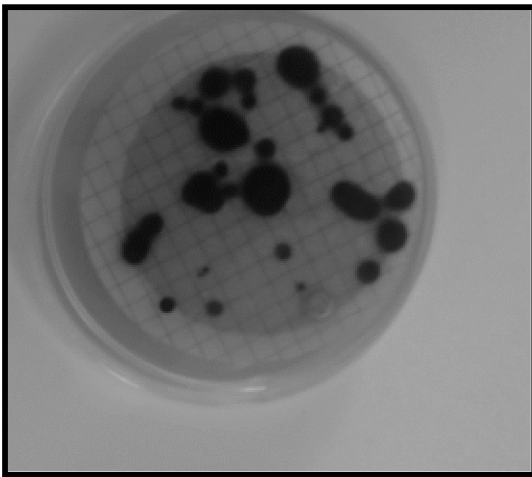


Figure 27. Sulfite réducteurs (Eau brute)

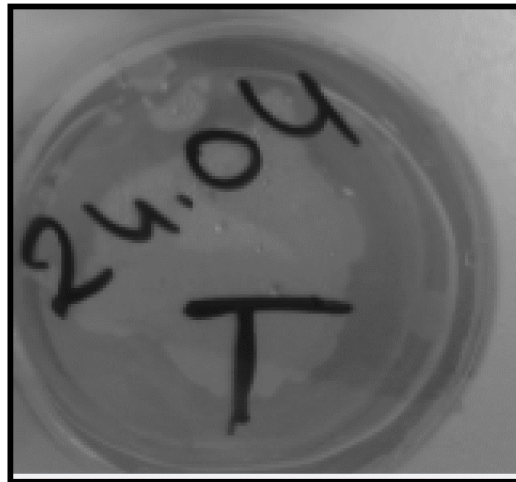


Figure 28. Sulfite réducteurs (Eau traitée)

❖ *Staphylocoques*

La figure 29 montre que : le dénombrement des Staphylocoques est très élevé au niveau de l'échantillon des eaux brutes, elles varient de (80-450 UFC), et de (10-230 UFC) dans les eaux traitées ce qui signifie que :

- les eaux de Souk El-Djemaa sont de très mauvaise qualité au point de vue des germes Staphylocoques qui dépassent la norme de potabilité (0UFC).

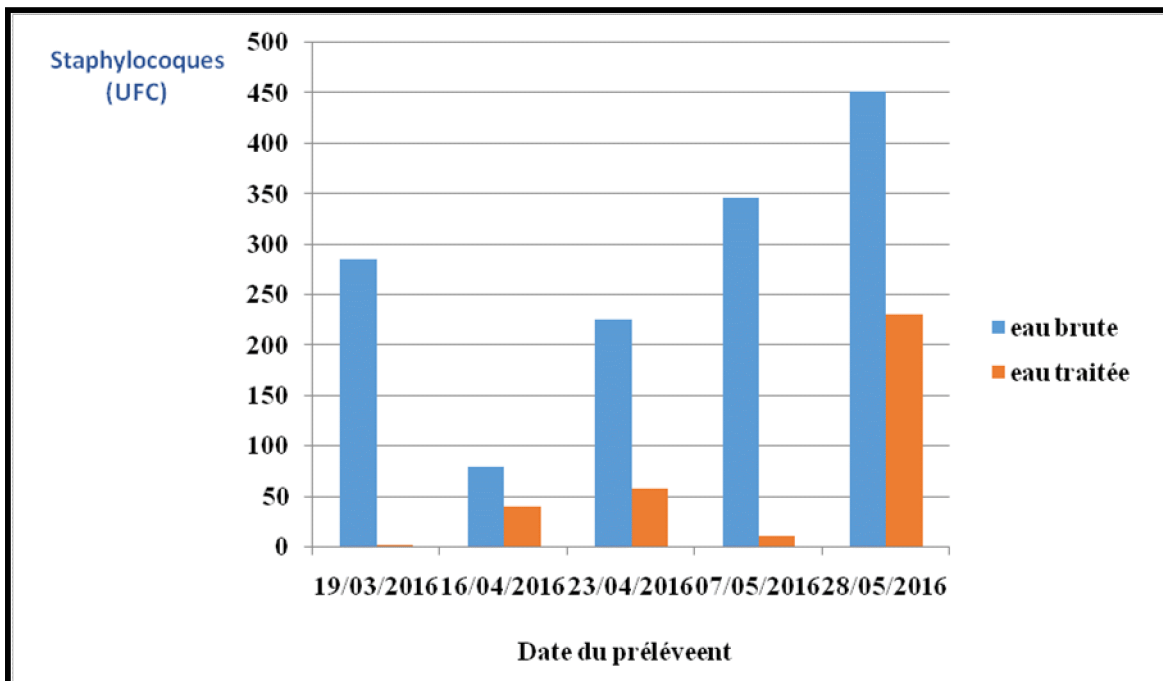


Figure 29. Évolution des germes staphylocoques en fonction du temps

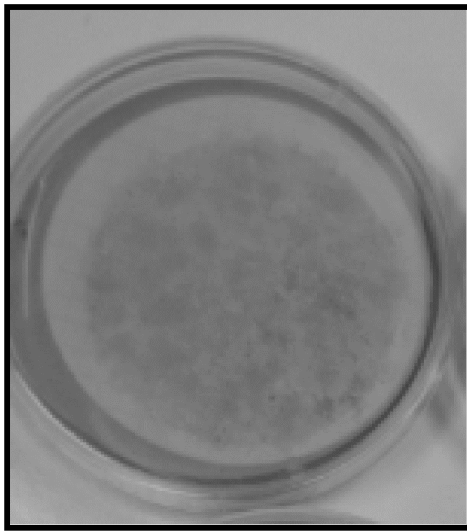


Figure 30. *Staphylocoques* (Eau brute)

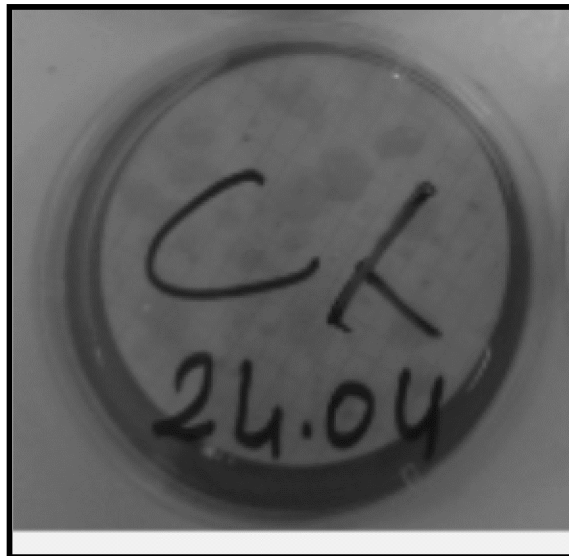


Figure 31. *Staphylocoques* (Eau traitée)

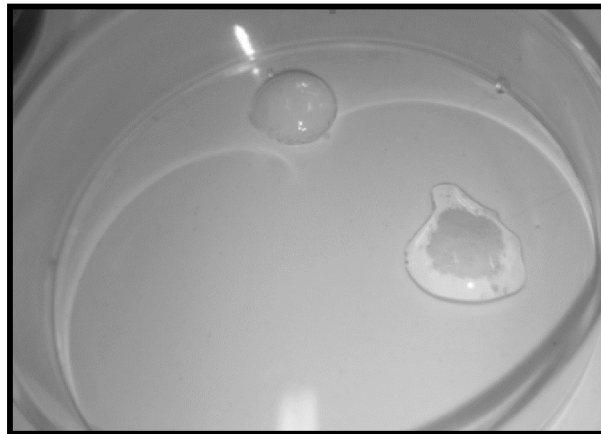


Figure 32. Test de Catalase pour la confirmation des *Staphylocoques*

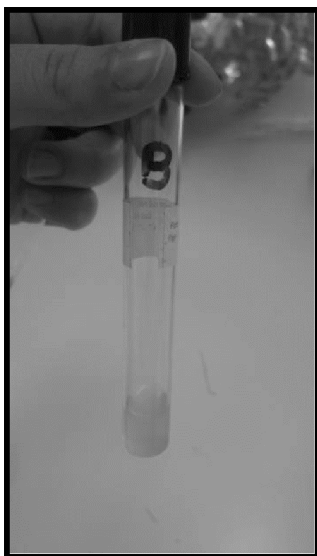


Figure 33. Test coagulase (Eau brute)

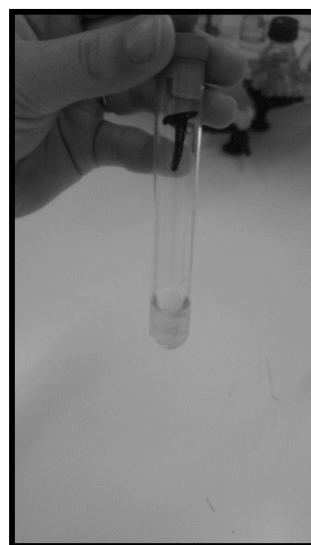


Figure 34. Test coagulase (Eau traitée)

❖ Entérocoques

La figure 35 montre que : les nombres d'Entérocoques dans l'échantillon d'eaux brutes varient de (100-1650 NPP), ainsi leur absence dans les eaux traitées ce qui signifie que :

- les eaux de Souk El-Djemaâ sont de très bonne qualité du point de vue des Entérocoques.

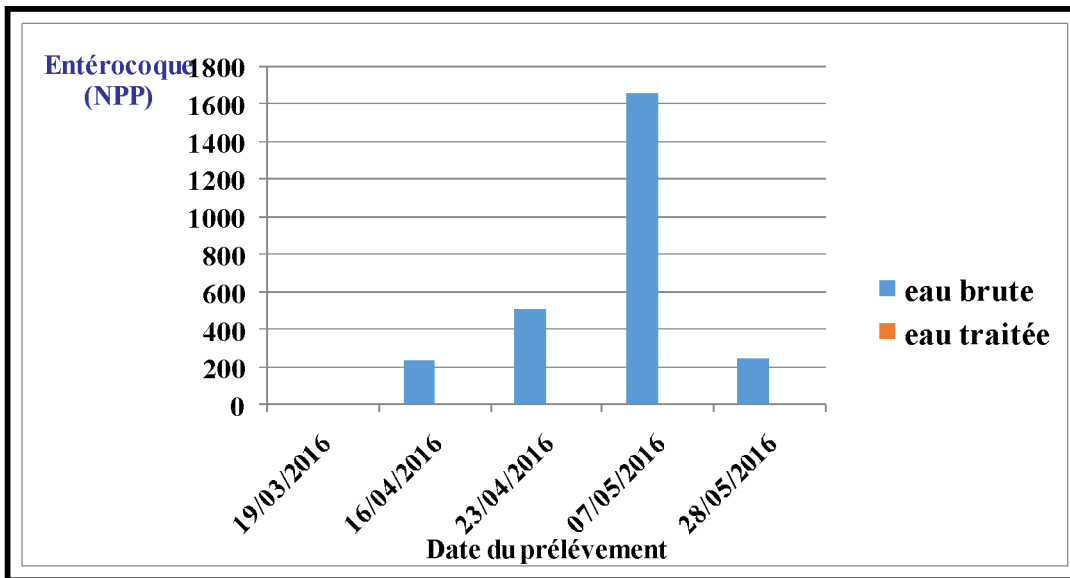


Figure 35. Evolution des germes Entérocoques en fonction du temps.

Les résultats obtenus pour les entérocoques par la méthode alternative sont représentés par les figures 36 et 37.

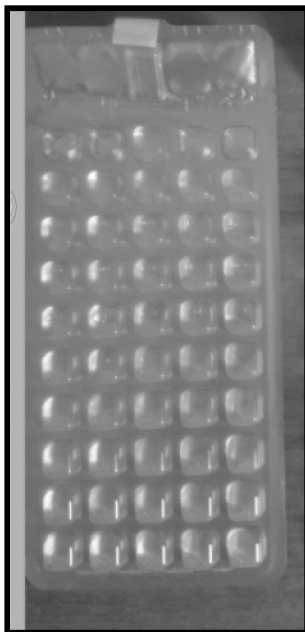


Figure 36. Entérocoques (Eau brute)

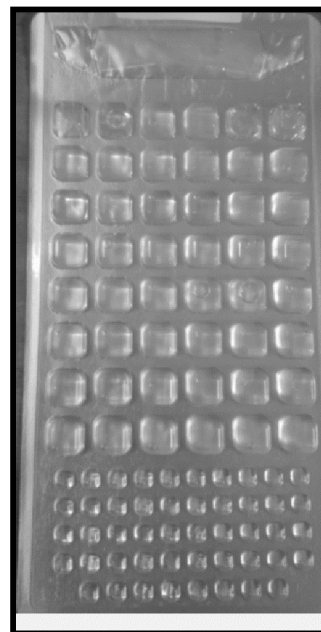


Figure 37. Entérocoques (eau traitée)

❖ *Escherichia coli*

Les nombres d'E. Coli dans l'échantillon d'eaux brutes varient de (2100-5500NPP/100 ml), contrairement aux eaux traitées nous remarquons l'absence d'*Escherichia coli*, ce qui signifie que :

- les eaux de Souk El-Djemaa sont de très bonne qualité du point de vue de la bactérie d'*Escherichia coli*.

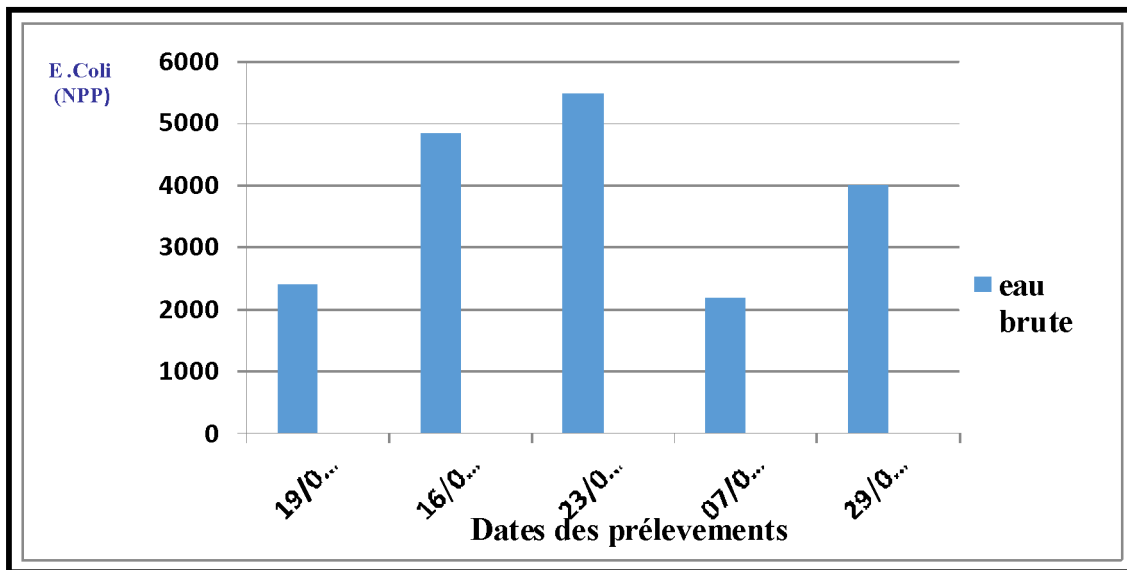


Figure 38. Evolution des germes *Escherichia coli* en fonction du temps

Les résultats obtenus pour *Escherichia coli* par la méthode alternative sont représentés par les figures 39, 40 et 41.

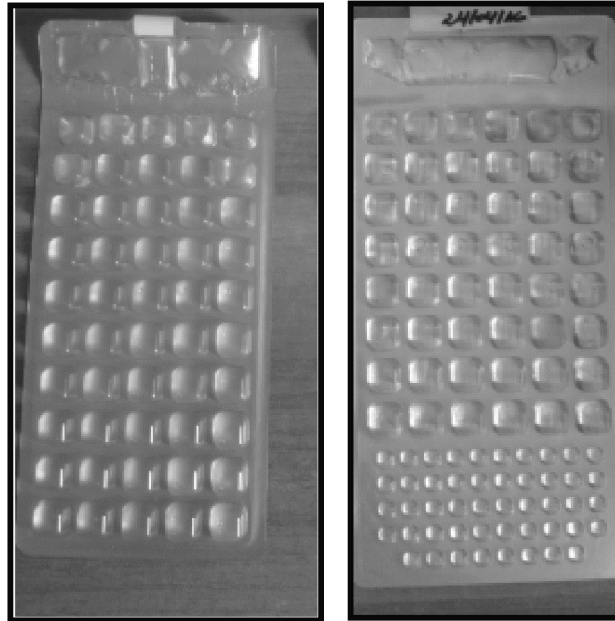


Figure 39. *Escherichia coli* (Eau brute)

Figure 40. *Escherichia coli* (Eau traitée)



Figure 41. Lecture avec lampe UV

III. Résultats de la recherche des espèces algales dans l'eau et leurs identifications par microscope inversée (méthode Ultermohl)

Au cours de notre étude nous avons identifié quelque algue observée (figures 42-46).

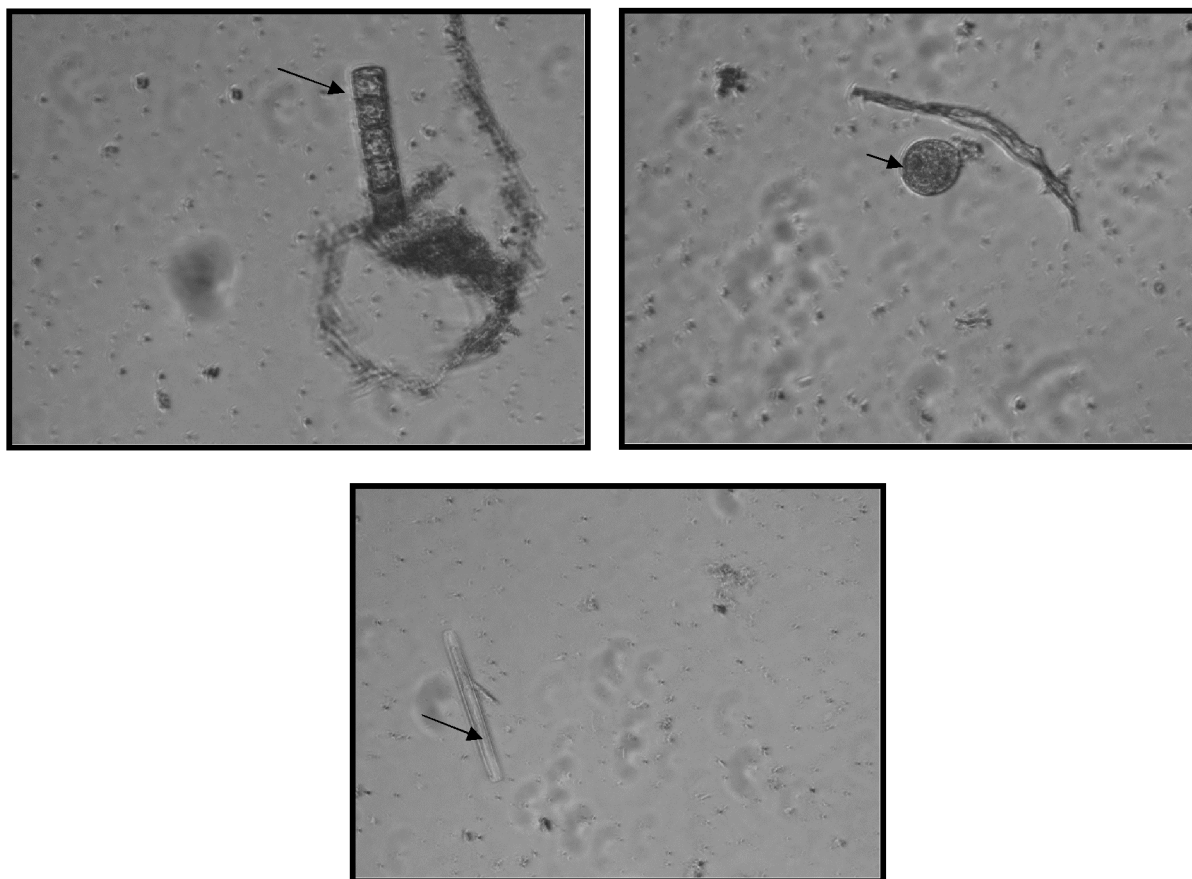


Figure 42. Micro algues de la classe des Dinophycées identifiées

Numéro d'algue	Classe	Ordre	Famille	Espèce
PHOTO 1	Dinophycées	Péridinales	Péridinacées	<i>Peridinium</i> sp.
PHOTO 2	Dinophycées	Péridinales	Péridinacées	<i>Peridinium</i> sp.
PHOTO 3	Dinophycées	Péridinales	péridinacées	<i>Peridinium africanum lemmermann</i>

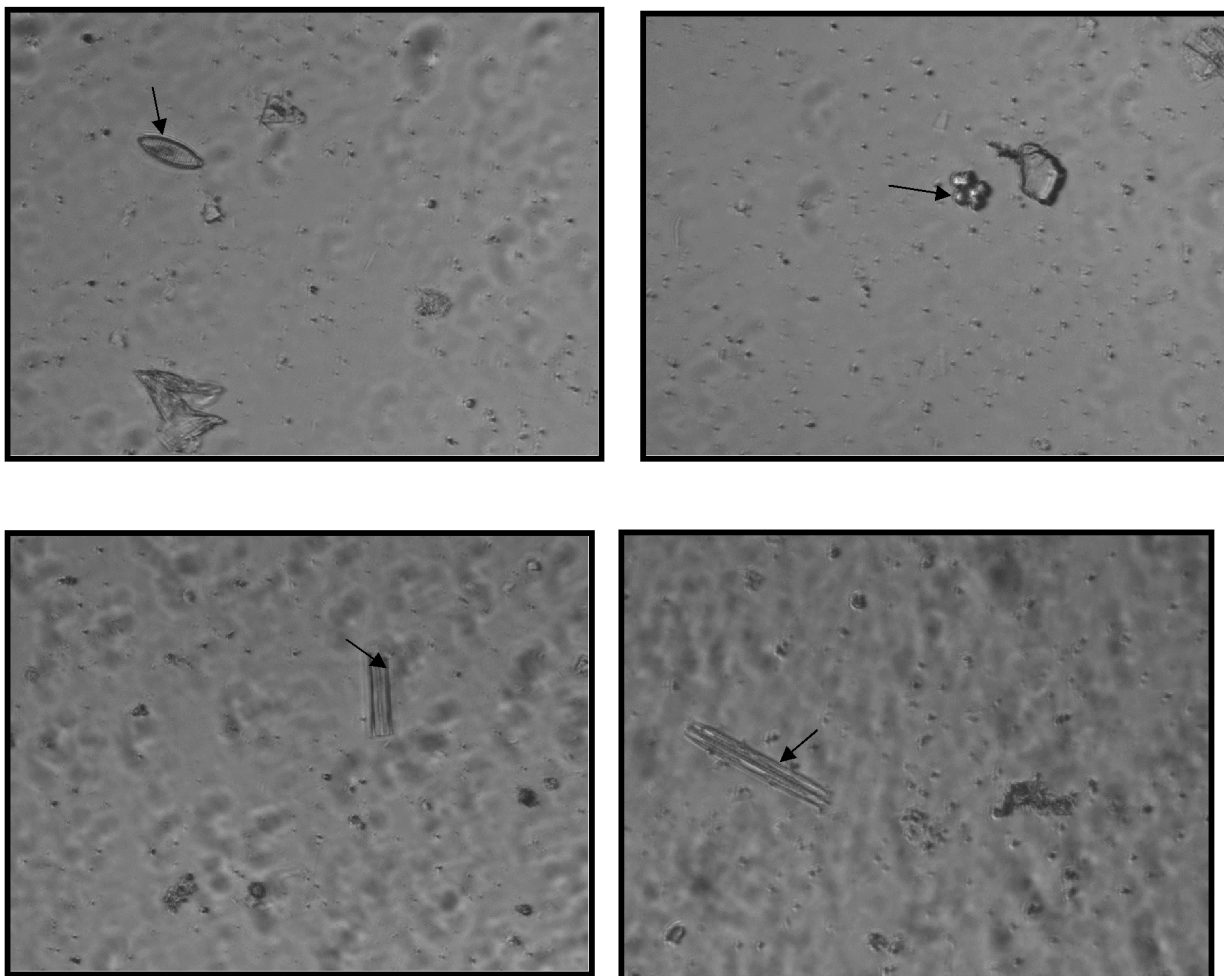


Figure 43. Micro algues de la classe des Diatomophycées identifiées

Numéro d'algue	Classe	Ordre	Famille	Espèce
PHOTO 4	Diatomophycées	Diatomales	Diatomacées	<i>Synedra vaucheria</i> Kutzing
PHOTO 5	Diatomophycées	Naviculales	Suririllacées	<i>Compylodiscus clypeur</i> Ehrenberg
PHOTO 6	Diatomophycées	Diatomales	Diatomacées	<i>Diatoma vulgare</i> Bary
PHOTO 7	Diatomophycées	Diatomales	Diatomées	<i>Synedra</i> sp.

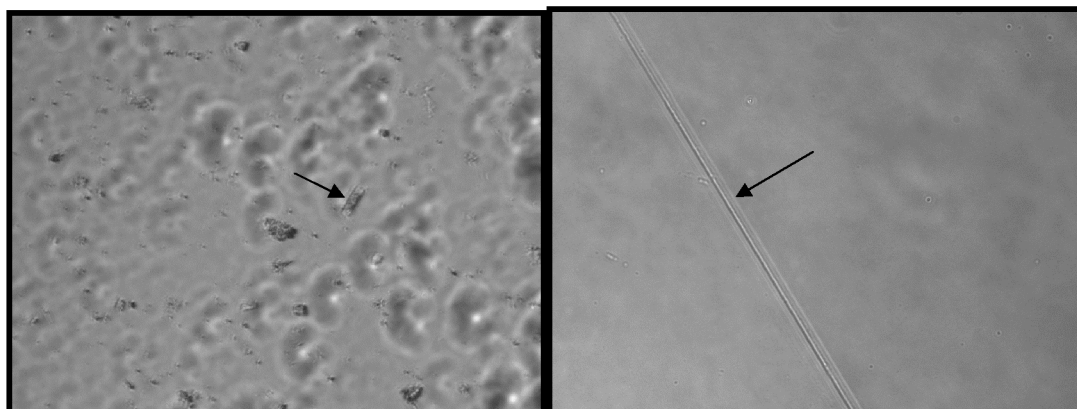


Figure 44. Micro algues de la classe des Chlorophycées identifiées

Numéro d'algue	Classe	Ordre	Famille	Espèce
PHOTO 8	Chlorophycées	Chlorococcales	Palmellacées	<i>Spherozystis sbroeteri</i> chodat
PHOTO 9	Chlorophycées	Chlorococcales	<i>Scenodesmacees</i>	<i>Scenodesmus namus</i>

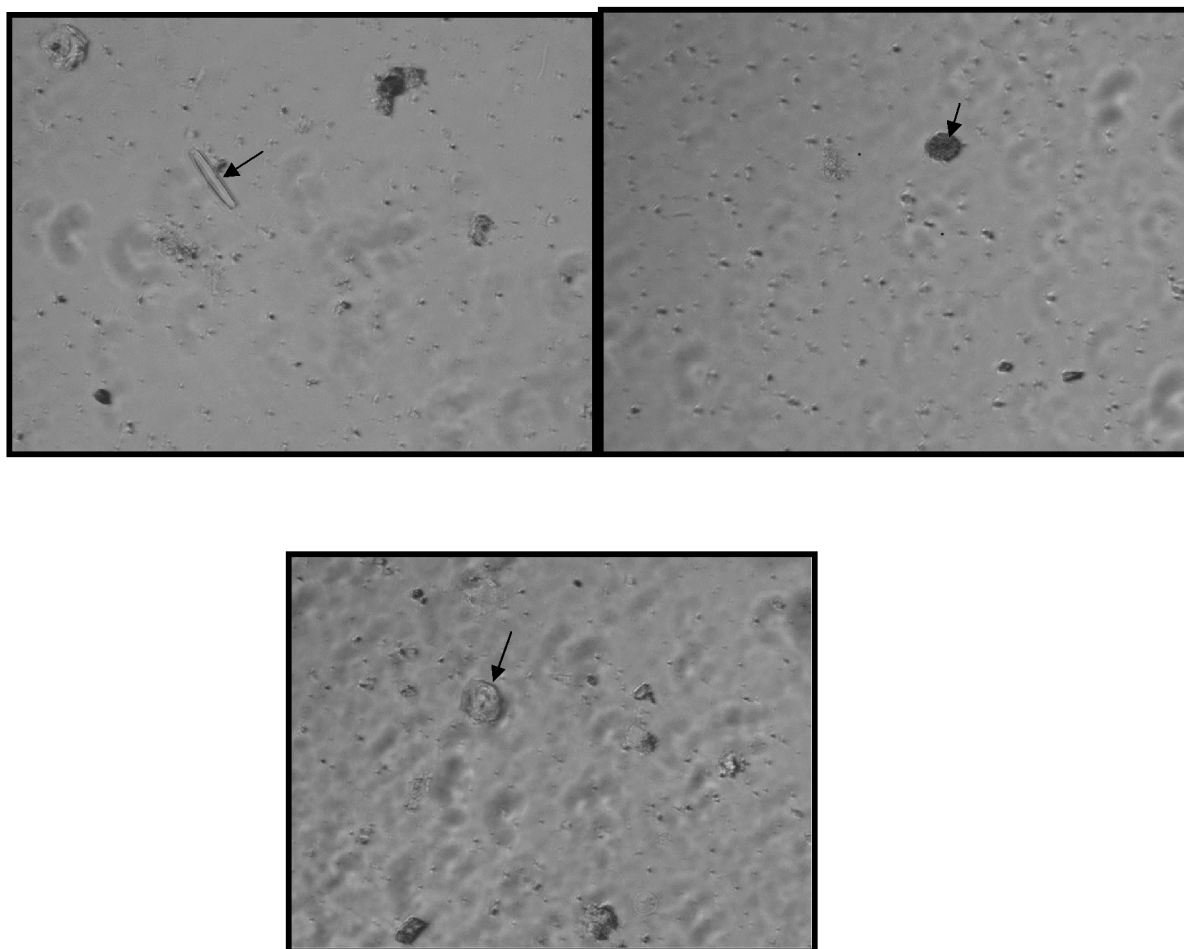


Figure 45. Micro algues de la classe des Pénatophycidées identifiées

PHOTO 10	Pénatophycidées	Naviculales	Diatomacées	<i>Nitzschia hantzschiana</i>
PHOTO 11	Pennatophycidées	Naviculales	Diatomophycées	<i>Nitzschia navicularis</i>
PHOTO 12	Pénatophycidées	Naviculales	Diatomocées	<i>Nitzschia Sigmoidea</i>

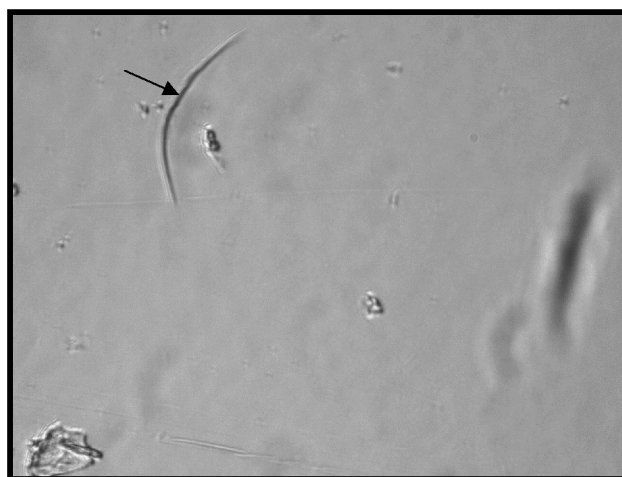


Figure 46. Micro algues de la classe des Ulotricophycées identifiées

Numéro d'algue	Classe	Ordre	Famille	Espèce
PHOT 13	Ulotricophycées	Zygnemataales	Desmediacées	<i>Closterium ariculare</i>

Les espèces étudiées appartiennent à la classe des Dinophycées, Diatomophycées, Chlorophycées, Pénatophycidées, Ulotricophycées.

Les espèces de la classe des Dinophycées et des Diatomophycées sont les plus abondantes au niveau des échantillons prélevés.

Elles appartiennent aux genres : *Nitzschia*, *Scenedesmus*, *Spherozystis*, *Peridinium*, *Compylodiscus*, *Synedra*, *Diatoma*, *Closterium*.

Les espèces des genres *Nitzschia*, *Scenedesmus*, *Synedra* sont des bioindicateurs de pollution. L'indice de pollution est de 17. Ceci explique une pollution organique modérée au niveau du site de prélèvement.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressées à la qualité de l'eau de la station de Souk El-Djemaa par des analyses physico-chimiques et biologiques.

Vu les risques de contamination, nous avons opté pour une évaluation de la qualité de l'eau de cette station selon les normes de l'OMS.

En outre, les résultats des analyses physico-chimiques, n'ont révélé aucune anomalie en nous référant aux normes suggérées pour la consommation humaine, exception faite pour le Chlore qui se présente en quantité plus élevée qui est de (0,6 mg/l), et cela se répercute bien évidemment sur la qualité de l'eau qui pourrait subir des modifications au cours de son transfert c'est-à-dire depuis la sortie de la station de traitement jusqu'au robinet du dernier consommateur qui va recevoir peut-être une dose de chlore non conforme à la norme, ce qui n'est pas le cas pour le premier consommateur qui va être servi par une eau très chargée en chlore.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons suggérer un certain nombre de recommandations dont la principale est de faire des chloration intermédiaires au niveau de station de reprises.

Les résultats d'analyse des paramètres de pollution par les métaux lourds dans les eaux de Souk El-Djemaa, dosés par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence ont démontré que (Plomb, Manganèse, Fer, Nickel, Arsenic, Sélénium, Cuivre, Chrome, Cadmium, Antimoine, Molybdène, Zinc) sont conformes aux normes fixées par l'OMS. Ces résultats nous n'ont pas permis de donner un jugement perspicace sur cette pollution métallique des eaux étudiées.

Néanmoins, les résultats des analyses bactériologiques ont mis en évidence une contamination bactérienne de l'eau de Souk El-Djemaa traduite par la présence des *Staphylococcus aureus* même dans l'eau traitée durant les six prélèvements des trois mois (mars, avril, mai), qui sont responsables de la flore cutanée naturelle qui évolue spontanément en des pathologies mortelles.

Les résultats des analyses des autres germes (E. coli, Entérocoque, Sulfite-réducteur) durant la même période étaient conformes aux normes de potabilité.

- Nous recommandons un suivi et un contrôle quotidien en particulier pour les analyses bactériologiques pour éviter tout problème de contamination de l'eau de la station.
- Nous proposons ainsi au personnel du service de la station, de procéder à une opération de désinfection fréquente de tous les robinets, tous les équipements et tous les endroits du service susceptible d'être insalubre, tout cela afin d'identifier une eau

propre qui répond aux normes de potabilité, une eau prête à être consommée et distribuée pour le bien de la santé public.

Enfin, pour les analyses du phytoplancton, nous avons identifié quelques espèces ; les plus abondantes font parties de la classe des Dinophycées et des Diatomophycées.

Quelques espèces algales appartiennent aux genres *Nitzschia*, *Scenedermus* et *Synedra*, celles-ci sont des bio- indicateurs de pollution, d'où l'indice de pollution est de 17. Ceci explique une pollution organique modérée au niveau du site d'étude.

L'eau destinée à la consommation doit être saine, répond aux normes de potabilité, il est donc nécessaire de proposer l'installation d'un filtre de charbon actif.

« L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation, sa protection, sa mise en valeur et le développement de la source utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général. L'usage de l'eau appartient à tous dans le cadre des lois et règlements ainsi que les droits antérieurement établis ». La loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

*Références
bibliographiques*

- **A.**, 1999. Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique des trois serres Alimentaires de la région de Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen, (pp 2-18).
- **AOUBED A.**, 2007. les différents procédés des traitements des eaux, l'université Blida, **ABDESSELEM** (80 p).
- **Allan Z.**, 2010. Détermination des paramètres physicochimiques et des métaux lourds (p116).
- **BOUZIANI M.**, 2000. L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebn kthaldoun. P
- **Boeglin JC.**, 1983. Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur,, (pp 2-8).
- **BERNE F** et **Cordonnier J.**, 1991. Traitement des eaux, Édition TECHNIP, (306p).
- **BERNE F** et **Cordonnier J.**, 1972. Traitement des eaux dans l'industrie pétrolière, Edition TECHNIP. (207 p).
- **BONNIN J.**, 1982. Aide-Mémoire Hydraulique Urbaine, Éditions Eyrolles, (p 25).
- **BECHAC J** et **BOUTIN P.**, 1984. traitements des eaux usées Edition EYROLLES (121 p).
- **BECHAC J** et **BOUTIN P.**, 1988. Traitements des eaux usées Edition paris (130 p).
- **Bliefert C** et **Perraud R.**, 2001. Chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) Edition de boeck, paris (299 p).
- **COINL M.**, 1981. La Pratique De L'eau à usage domestique collective a L'industrielle, Edition Lavoisier, (pp 349-350).
- **CATHERINE G.**, 2009. La qualité chimique de l'eau, 3ème Éditions, Paris, (p 10).
- **Crini G** et **Badot P-M.**, 2007. Traitement et épuration des eaux industrielles Polluées: Procédés, Presses Uni. Franche-Comté, (356 p).
- **Chaoui.**, 2013. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et métallique des eaux de surface. (pp 12-29).
- **EZZIANE S.**, 2007. Traitement des eaux de rejets, le Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de Magister, Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF, (186 p).
- **GUILBERT L.**, 2000. Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, (p 21).

- **HADE A.**, 2002. Nos Lacs R Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 360 (p 18).
- **Julliet O** et **Saadé M**, Crettaz P., 2010. Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un écobilan 2^{ème} Édition, (302 p).
- **LEYRAL G** et **BONNEFOY C** et **GUILLET F**, **BOUDAIS EV.** 2002. Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire Edition Paris (245 p).
- **Lauzin X.**, 2010. Guide pratique des stations de traitement des eaux, Édition Eyrolles, (266 p).
- **MOKEDDEM K** et **OUDDANE S.**, 2005. Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie, Mascara, (pp 18-22).
- **Masson.**, 1999. Toxicologie industrielle et intoxication professionnelles, 4^{ème} Edition Paris, (p 246).
- **MERLE J.**, 2006. Océan et climat, IRD Editions, (222 p).

- **ONEP** 1978. Les algues dans les retenues de barrage utilisées pour la production d'eau potable au Maroc. Laboratoire centrale de l'office nationale de l'eau potable. (104)
- **PAPA M.**, 2005. Les eaux a usage Industriel, Edition EP5, (p 17).
- **RODIER J.**, 1996. Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer), 8^{ème} Edition, paris, (1260 p).
- **RODIER J.**, 1996. L'analyse de l'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, 8^{ème} Edition, Dunod, paris, (1335 p).
- **TARDAT HENRY M.**, 1991. Chimie Des Eaux. 2^{ème} Edition, Les éditions du griffon d'Argile, (pp 213-215).

- **www.lenntech.fr**
- **www.rse.inrs.ca**
- **www.gov.noca**
- **www.futura-sciences.com**

Annexes

Annexe : Résultats des analyses du PH

Date du prélèvement	Echantillon	PH	Norme
05/03/2016	eau brute	7,95	6,5 à 9
	eau traitée	7,83	
19/03/2016	eau brute	7,64	
	eau traitée	7,56	
16/04/2016	eau brute	7,72	
	eau traitée	7,77	
24/04/2016	eau brute	7,62	
	eau traitée	7,72	
08/05/2016	eau brute	7,69	
	eau traitée	7,55	
29/05/2016	eau brute	8,27	
	eau traitée	8,27	

Annexe . Résultats des analyses de la turbidité

Date du prélèvement	Echantillon	Turbidité (NTU)	Norme
05/03/2016	eau brute	10	>5
	eau traitée	4,48	
19/03/2016	eau brute	98,3	
	eau traitée	3,72	
16/04/2016	eau brute	6,89	
	eau traitée	0,16	
23/04/2016	eau brute	8,59	
	eau traitée	1,3	
08/05/2016	eau brute	24,4	
	eau traitée	0,85	
29/05/2016	eau brute	2,46	
	eau traitée	0,64	

Annexe. Résultats des analyses de la conductivité

Date du prélèvement	Echantillon	Conductivité (μs)	Norme
05/03/2016	eau brute	814	400
	eau traitée	828	
19/03/2016	eau brute	645	
	eau traitée	659	
16/04/2016	eau brute	756	
	eau traitée	803	
23/04/2016	eau brute	903	
	eau traitée	937	
08/05/2016	eau brute	954	
	eau traitée	1017	
29/05/2016	eau brute	1246	
	eau traitée	1271	

Annexe . Résultats des analyses du taux des sels dissous

Date du prélèvement	Echantillon	TDS	Norme
05/03/2016	eau brute	407	/
	eau traitée	414	
19/03/2016	eau brute	323	
	eau traitée	330	
16/04/2016	eau brute	377	
	eau traitée	402	
23/04/2016	eau brute	451	
	eau traitée	469	
08/05/2016	eau brute	477	
	eau traitée	508	
29/05/2016	eau brute	623	
	eau traitée	634	

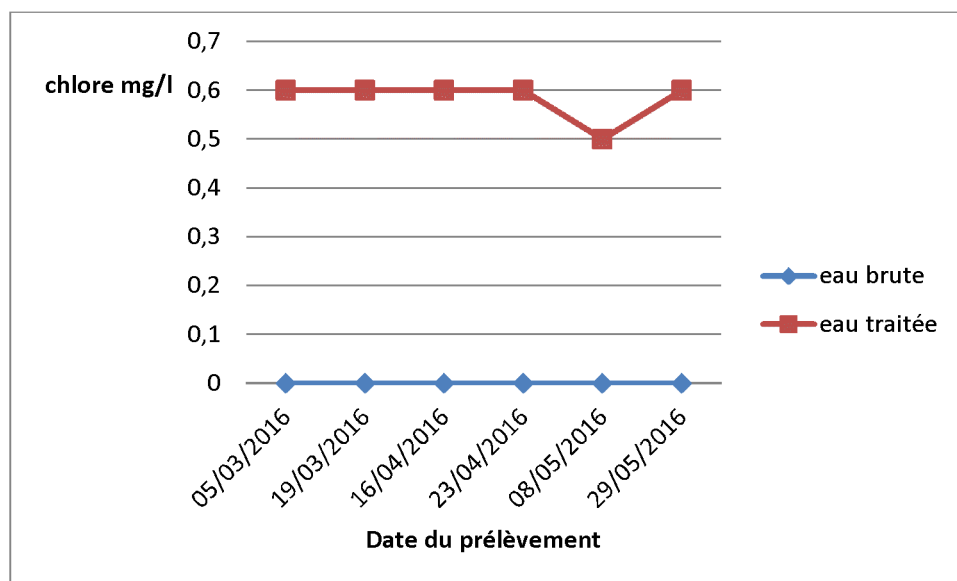
Annexe : Résultats des analyses de la salinité

Date du prélèvement	Echantillon	Salinité (%)	Norme
05/03/2016	eau brute	0,35	1.5
	eau traitée	0,36	
19/03/2016	eau brute	0,28	
	eau traitée	0,28	
16/04/2016	eau brute	0,32	
	eau traitée	0,35	
23/04/2016	eau brute	0,4	
	eau traitée	0,4	
08/05/2016	eau brute	0,42	
	eau traitée	0,45	
29/05/2016	eau brute	0,5	
	eau traitée	0,5	

Annexe : Résultats des analyses de la température

Date du prélèvement	Echantillon	Température (c°)	Norme
05/03/2016	eau brute	12,1	25
	eau traitée	12,6	
19/03/2016	eau brute	10,4	
	eau traitée	11	
16/04/2016	eau brute	14,3	
	eau traitée	14,2	
23/04/2016	eau brute	15,6	
	eau traitée	16,5	
08/05/2016	eau brute	14,6	
	eau traitée	15,6	
29/05/2016	eau brute	17,3	
	eau traitée	18	

Annexe .



Evolution du chlore de l'eau traitée en fonction du temps

Annexe : Résultats du chlore

	Echantillon	Chlore (mg/l)	Norme
05/03/2016	eau brute	0	0,2
	eau traitée	0.6	
19/03/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0.6	
16/04/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0.6	
24/04/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0.5	
08/05/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0.6	
29/05/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0.6	

Annexe : Résultats des analyses des germes Pseudomonas

Date du prélèvement	Echantillon	Pseudomonas(UFC)	Norme
05/03/2016	eau brute avant grille	indénombrable	0
	eau brute après grille	indénombrable	
19/03/2016	eau brute	16	
	eau traitée	0	
16/04/2016	eau brute	15	
	eau traitée	0	
23/04/2016	eau brute	301	
	eau traitée	1	
07/05/2016	eau brute	62	
	eau traitée	0	
28/05/2016	eau brute	6	
	eau traitée	0	

Annexe . Résultats des analyses des germes Sulfito-réducteur

Date du prélèvement	Echantillon	sulfito-réducteur (UFC)	Norme
05/03/2016	eau brute avant grille	indénombrable	0
	eau brute après grille	indénombrable	
19/03/2016	eau brute	0	
	eau traitée	0	
16/04/2016	eau brute	43	
	eau traitée	0	
23/04/2016	eau brute	51	
	eau traitée	0	
07/05/2016	eau brute	29(20 ml)	
	eau traitée	0	
29/05/2016	eau brute	20	
	eau traitée	0	

Annexe. Résultats des analyses des germes staphylocoques

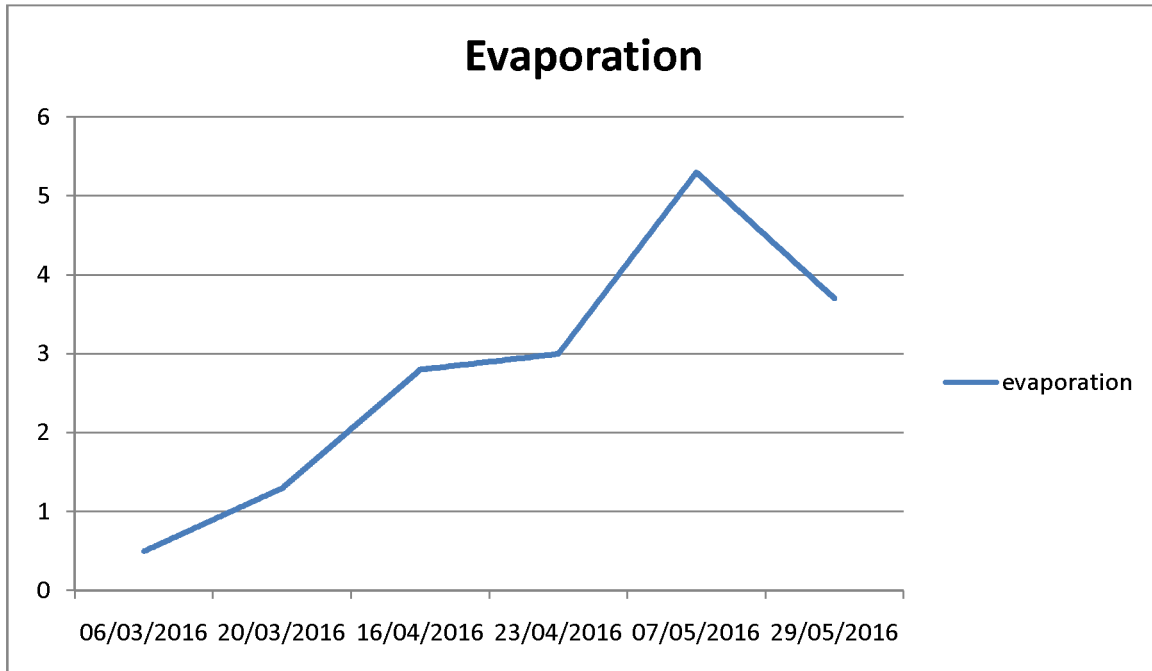
Date du prélèvement	Echantillon	staphylocoque (UFC)	Norme
05/03/2016	eau brute avant grille	indénombrable	0
	eau brute après grille	indénombrable	
19/03/2016	eau brute	indénombrable	
	eau traitée	2	
16/04/2016	eau brute	80	
	eau traitée	41	
23/04/2016	eau brute	226	
	eau traitée	58	
07/05/2016	eau brute	indénombrable (10 ml)	
	eau traitée	11	
29/05/2016	eau brute	indénombrable	
	eau traitée	231	

Annexes . Résultats des analyses des germes entérocoques.

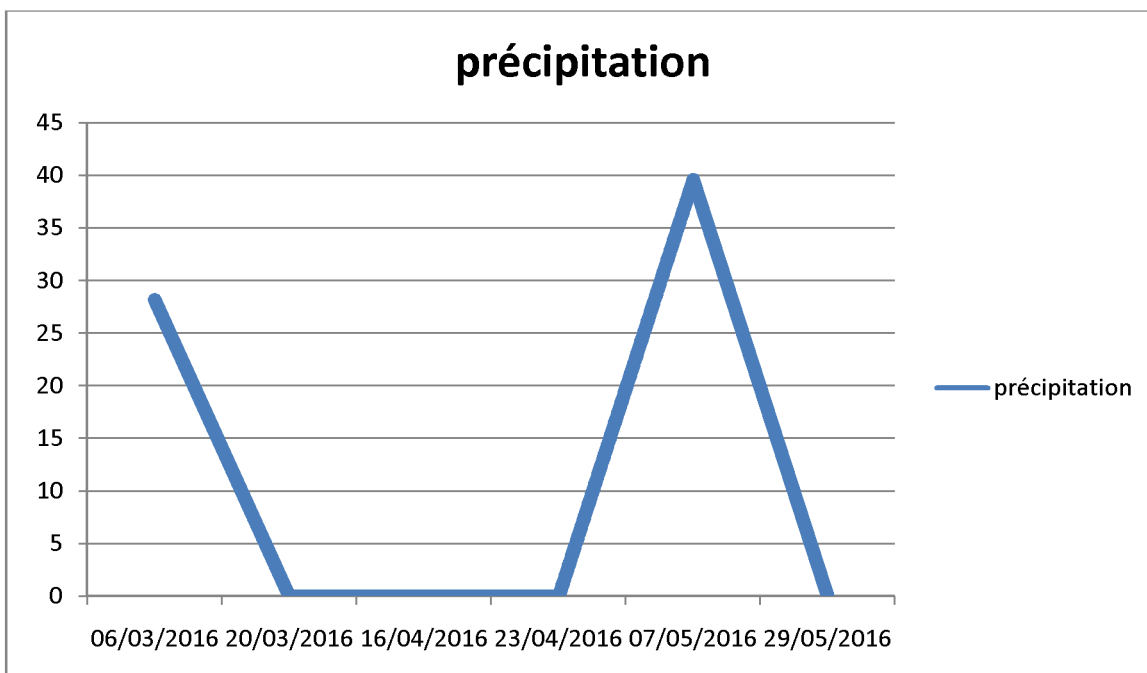
Date du prélèvement	Echantillon	Entérocoque(NPP)	Norme
05/03/2016	eau brute avant grille	indénombrable	0
	eau brute après grille	indénombrable	
19/03/2016	eau brute	76	
	eau traitée	0	
16/04/2016	eau brute	240	
	eau traitée	0	
23/04/2016	eau brute	510(dilution 25%/75%)	
	eau traitée	0	
07/05/2016	eau brute	1660(dilution 95%/5%)	
	eau traitée	0	
29/05/2016	eau brute	250	
	eau traitée	0	

Annexe : Résultats des analyses des germes E. coli

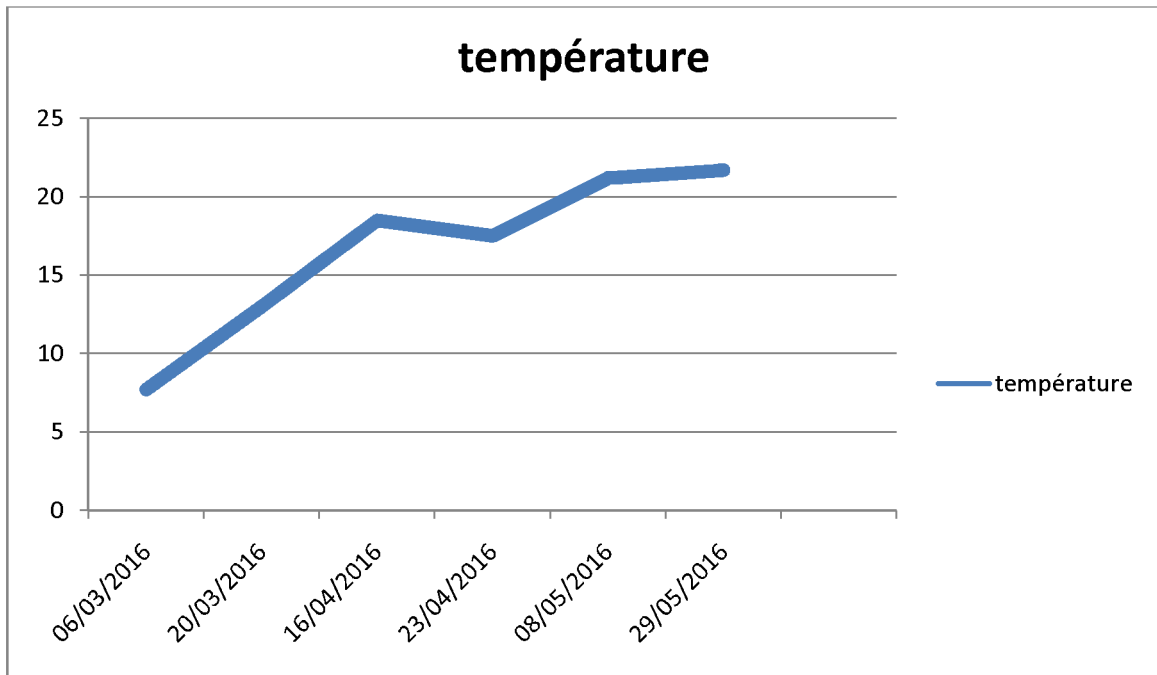
Date du prélèvement	Echantillon	E, coli (NPP)	Norme
05/03/2016	eau brute avant grille	indénombrable	0
	eau brute après grille	indénombrable	
19/03/2016	eau brute	2420	
	eau traitée	0	
16/04/2016	eau brute	4840 (dilution 50%/50%)	
	eau traitée	0	
23/04/2016	eau brute	5475(dilution 90%/10%)	
	eau traitée	0	
08/05/2016	eau brute	2180(dilution 95%/5%)	
	eau traitée	0	
29/05/2016	eau brute	>4000	
	eau traitée	0	



Evaporation enregistrées pour les dates de prélèvement



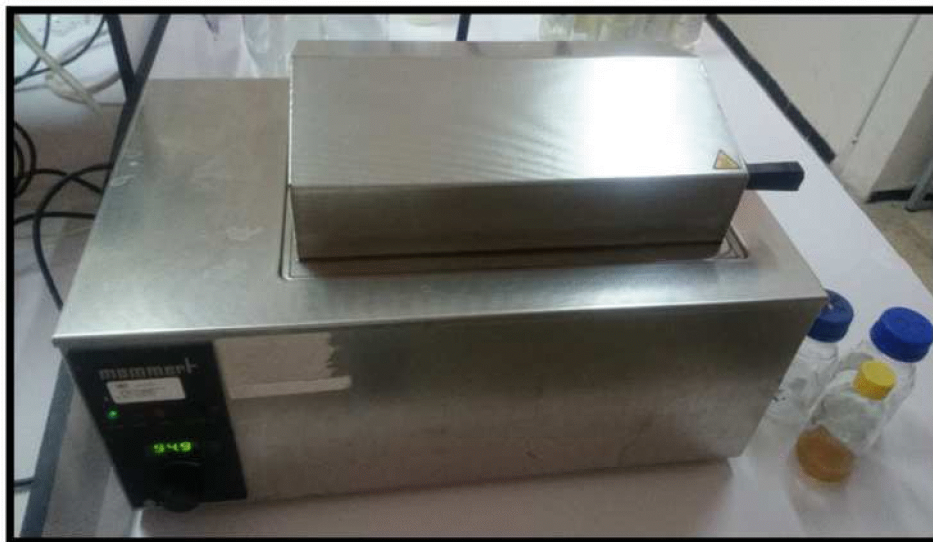
Précipitation enregistrées pour les dates de prélèvement



Température enregistrées les dates du prélèvement



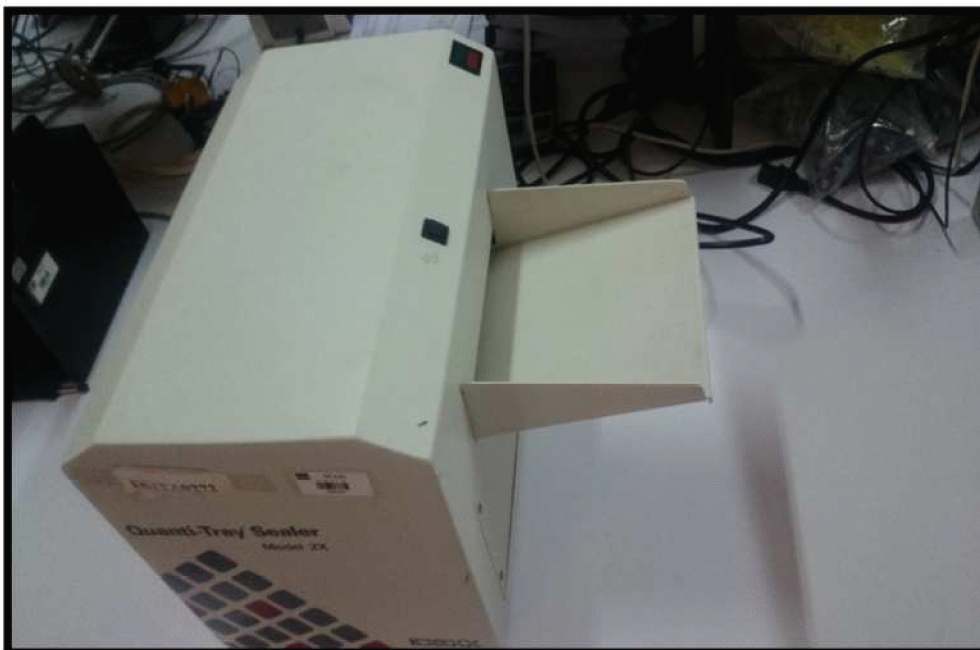
Refrigerateur



Bain-marie



Lampe ultraviolet



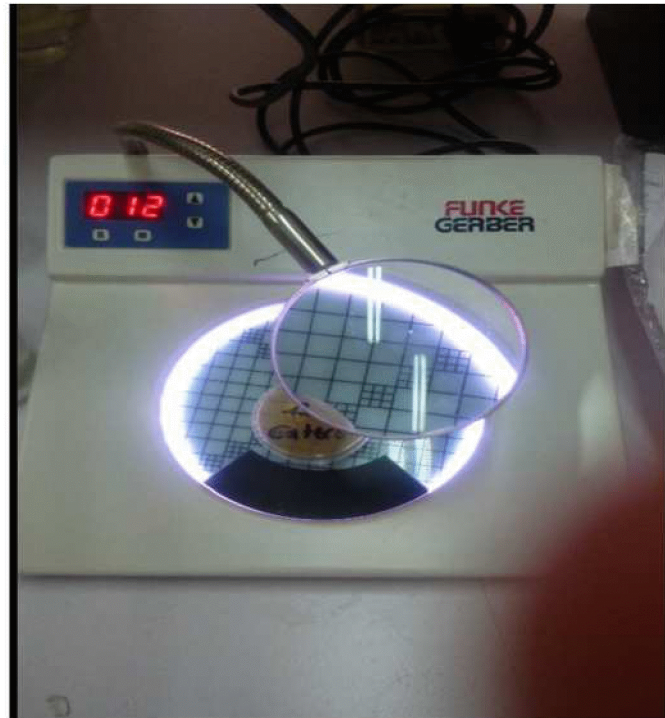
Quanti-tray sealer



**Incubateurs avec des températures
différentes**



Agitateur



Compteurs de colonies



Haute



Turbidimètre



Conductivimètre



PH mètre



Appareil mesurant le TDS, Salinité