

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Agronomie
Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème

*Evaluation des paramètres physico chimiques et
bactériologiques des eaux brutes et traitées du
barrage de Bouhanifia (Wilaya de Mascara).*

Présenté par : M^{elle} AMRANE Sofia

Devant le jury

Président : M^r METAHRI M.S.

MCA UMMTO

Promotrice : M^{elle} ABDELLAOUI K.

MAA UMMTO

Co Promoteur : M^r MERIDJA S.

MCB UMMTO

Examineurs : M^{me} DAHOUMANE-LARBAOUI A.

MAA UMMTO

M^r BERRADJ O.

MAA UMMTO

Année universitaire : 2015-2016

❧ REMERCIMENTS ❧

Ce travail a été réalisé à la station de traitement d'eau potable de BOU-HANIFIA de la ville de MASCARA.

Le grand merci pour Allah, Grand et Miséricordieux pour le courage, la patience et la force qui m'a donné pour mener à bien ce travail.

*Je tiens d'abord à remercier ma promotrice, M^{elle} **ABDELLAOUI K.**, Maitre Assistante Classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O et notre Co promoteur Mr **MERIDJA S.** Maitre de conférences Classe B à la faculté des sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O pour tous leurs efforts, leurs savoirs, leurs idées, leurs confiances et leurs encouragements. Cela a été un privilège pour moi, de travailler sous sa direction.*

*Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance et mes profonds remerciements à M^r **AMOKRANE S.** Directeur de la station de traitement, ainsi que l'ensemble de son effectif pour l'honneur qu'il m'a fait en m'accueillant au laboratoire d'analyse de la station, ainsi le chef de service du laboratoire de l'ADE M^r **BOUTALBI L.**, et à tous son effectifs pour les conditions techniques mises à ma disposition afin de réaliser ce travail, pour leurs pleine disponibilités et leurs précieux conseils.*

Je remercie vivement les membres de ce jury

*- M^r **METAHRI M.S.** Maitres de conférences classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O. Je suis très honorée que vous ayez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de mes sincères remerciements.*

*- M^{me} **LARBAOUI DAHOUMANE A.** Maitre-Assistante Classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O. Votre venue en tant qu'examinatrice m'honore, je vous suis très reconnaissante et je vous adresse mes vifs remerciements.*

*- M^r **BERADJ O.** Maitre-Assistant Classe A en Faculté des Sciences Technologiques à l'U.M.M.T.O. Merci pour avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à mon travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.*

Que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, trouve ici l'expression de mes très vifs remerciements.

☞ DÉDICACES ☜

À mes très chers parents

Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer mon affection, ma reconnaissance, ma gratitude, mon respect les plus profonds et tout l'amour que je vous porte.

Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices et vos encouragements.

À mes frères et sœurs

Je vous dis merci pour votre soutien et votre amour fraternel.

Je dédie mon travail exceptionnellement à mon gendre M^r CHAOUICHE Youcef qui m'a accueilli chez lui tout au long de mon stage pratique.

À tous mes amis (es)

*A toutes les personnes qui ont aidé dans mon travail les ingénieurs biologie qui sont donnés les moyen et qui mon encouragés dans ce travail
Mr. Abdelkader du laboratoire physico-chimique et Mr. Abdelkader du laboratoire de bactériologie, Asma, Dalila, Faiza, Hassiba, Lamis et Wassila,
merci à vous.*

Je tiens à remercier mon ami et camarade K aci pour son soutien moral.

À tous ceux qui me sont chers

Sofia

Listes des figures

Figure 1. Etape et unité de traitement d'une eau de surface (Desjardins, 1990).

Figure 2. Travaux de construction du barrage Bouhanifia (1930 – 1939)

Figure 3. Barrage Bouhanifia une fois achevé 1947 et 2010

Figure 4. Carte du bassin versant du barrage de Bouhanifia

Figure 5. Rampe à trois filtres utilisée lors des analyses bactériologiques

Figure 6. Turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N (appelé aussi néphélogéométrie).

Figure 7. Multi-paramètre HACH.

Figure 8. Appareil de volumétrie

Figure 9. Évaluation de la couleur apparente des eaux brutes et les eaux traitées du barrage de Bouhanifia.

Figure 10. Évaluation de la turbidité des eaux brute et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

Figure 11. Évaluation de la température des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Figure 12. Évaluation du pH des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Figure 13. Évaluation de la conductivité des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia

Figure 14. Évaluation de TDS des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Figure 15. Évaluation de la salinité des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Figure 16. Évaluation de la minéralisation des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Figure 17. Évaluation des résidus secs des eaux brutes et les eaux traitées du barrage de Bouhanifia.

Figure 18. Évaluation de l'alcalinité alcalimétrique (TAC) complet des eaux brute et les

eaux traitée du barrage de Bouhanifia

Figure 19. Évaluation titre hydrométrique des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia

Figure 20. Évaluation titre Calcium des eaux brutes et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia

Figure 21. Évaluation titre Magnésium des eaux brutes et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

Figure 22. Évaluation des ions chlorures des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Figure 23. Évaluation des ions de sulfates des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia

Figure 24. Évaluation de la matière organique des eaux brutes et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

Figure 25. Évaluation de l'ammonium des eaux brutes et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

Figure 26. Évaluation des nitrites des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia

Figure 27. Évaluation des nitrates des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia

Figure 28. Évaluation de phosphore des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia

Figure 29. Évaluation de fer des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Figure 30. Évaluation de chlore résiduel des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Figure 31. Coliformes totaux

Figure 32. Streptocoques fécaux

Figure 33 : Réaction positif pour l'indole qui indique la présence *E. coli*

Liste des abréviations

ADE :	Algérienne des eaux.
µg :	Microgramme.
µS :	Micro-siémens.
AEP :	Alimentation En eau Potable.
B.C.P.L :	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.
B.L.V.B :	Bouillon Lactosé Bilié au Vert.
BPC :	Biphényles Polychlorés.
C :	Degré Celsius.
C.E :	Conductivité Electrique.
Cm :	Centimètre.
DDT :	Dichlorodiphényltrichloroéthane.
DHW :	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.
<i>E. Coli</i> :	Escherichia Coli.
EDTA :	Acide Ethylène Diamine Tetracétique.
E.VA :	Ethyl Vilolet et l'Azide de sodium.
g :	Gramme.
g/ j/hab. :	Gramme par jour par habitant.
g/l :	Gramme par litre.
h :	Hectare.
hm ³ :	Hectometer cube.
ISO :	International Standards Organization.
kg/lit/jour :	Kilogramme par litre par jour.
km :	Kilomètre.
km ² :	Kilomètre carré.
L/J/Hab. :	Litre par jour par Habitant.
l/s :	Litre par seconde.
L :	Litre.
m :	Mètre.
m ³ :	Mètre cube.
m ³ /j	Mètre cube par jour.

MECA :	Mécanique.
MES :	Matière En Suspension.
mg :	Milligramme.
mg/l :	Milligramme par litre
mm :	Millimètre.
ml :	Millilitre.
MTH :	Maladies à Transmission Hydrique.
N :	Normalité.
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
NTU :	Unité de Turbidité Néphélobométrique.
pH :	Potentiel Hydrogène.
SM :	Solution Mère.
T° :	Température.
TA :	Titre Alcalimétrique.
TAC :	Titre Alcalimétrique Complet.
T.G.E.A :	Gélose Tryptone Glucose à l'Extrait de levure.
TH :	Titre Hydrotimétriques.
TSA :	Gélose Tryptonée au Soja.
UFC :	Unité Formant Colonie.
UV :	Ultra-Violets.
V :	Volume.

Table des matières

Listes des figures

Liste des abréviations

Première partie : Revue bibliographique

Introduction générale

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I.1. Répartition de l'eau dans le monde	01
I.2. Ressources hydriques	01
I.2.1. Eaux de pluie	02
I.2.2. Eaux de surface	02
I.2.3. Eaux souterraines	03
I.2.3.1. Sources	03
I.2.3.2. Nappe d'eaux	04
I.2.4. Eaux de mers et les océans	05
I.3. Qualité des eaux superficielles	05
I.4. Qualité des eaux souterraines	05

Chapitre II : Eau et santé publique

II.1. Maladies à transmission hydriques	06
II.1.1. Maladies d'origine bactérienne	06
II.1.2. Maladies d'origine parasitaire (protozoaire)	07
II.1.3. Maladies d'origine virale (virus)	07
II.1.4. Maladies en relation avec la constitution des eaux	08
II.2. Pollution des eaux	09
II.2.1. Définition de la pollution	09
II.2.2. Classification de la pollution	10
II.2.2.1. Classification selon le type de polluant	10

II.2.2.1.1. Pollution physique	10
II.2.2.1.2. Pollution chimique	11
II.2.2.1.3. Pollution microbiologiques	12
II.2.3. Classification selon l'origine de la pollution	12

Chapitre III : Références de qualité des eaux de potabilités et leurs traitements

III.1. Paramètres de potabilité des eaux	15
III.1.1. paramètres organoleptiques	15
III.1.2. Paramètres physico-chimique	16
VI. Lignes directrices pour le traitement des eaux	21

Deuxième partie : Étude expérimentale

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I. Ressources en eau de la wilaya de Mascara	24
II. Barrage de BOUHANIFIA	25
II.1 Historique	25
II.2 Description du site du barrage de BOUHANIFIA	26
II.3 Situation géographique de la station de traitement des eaux du barrage de Bouhanifia	26
II.4 Description de la station de traitement du barrage de Bouhanifia	27

Chapitre II. Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes	31
I.1. Échantillonnage	31
I.2. Matériel de prélèvement	31
I.3. Mode de prélèvement	31
I.4. Transport des échantillons	32
II. Méthodes d'analyses	32
III. Différentes mesures d'analyses effectuées	34
III.1. Méthodes d'analyses organoleptiques	36
III.1.1. Test de la couleur et odeur	37

III.1.2. Détermination de turbidité	37
III.2. Méthodes d'analyses physicochimiques	37
IV. Méthodes d'analyses bactériologiques	45

Troisième partie : Résultats et discussions

I. Résultats des analyses physico-chimiques	47
I.1. Paramètres organoleptiques	47
I.2. Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques	49
I.2.1. Résultats des analyses des paramètres physiques	49
I.2.2. Résultats des analyses des paramètres chimiques	54
I.3. Résultats des analyses des paramètres de pollution	60
II. Résultats des analyses bactériologiques	65

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

*Introduction
général e*

Depuis quelques années, on entend de plus en plus parler de l'eau comme étant le grand enjeu du XXI^e siècle.

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent plus à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire sinon indispensable d'utiliser les eaux de surface.

Les eaux de surface contiennent des impuretés qui ont pour origine naturelle due des produits de dégradation des végétaux, métabolite des algues et des micro-organismes ; et d'origine artificielle due à la pollution urbaine, industrielle et agricole. Ces impuretés peuvent engendrer des nuisances pour les êtres vivants ainsi pour l'environnement.

Depuis fort longtemps, l'homme s'est rendu compte que l'eau pouvait être responsable de maladies sans pour autant préciser son rôle épidémiologique exact. Il a fallu attendre l'ère scientifique moderne inauguré par Pasteur et d'autres savants, pour comprendre les causes précises de la transmission hydrique de certaines maladies et le rôle joué par les microorganismes.

Répondre à la demande des consommateurs et assurer le maintien de la qualité de l'eau potable au cours de sa distribution est un souci majeur des traités et distributeurs d'eau. Les analyses d'eau, dont l'objectif principal est de s'assurer de la potabilité de l'eau, reposent sur différents paramètres physiques, chimiques, mais également microbiologiques. En effet, le but du traitement de potabilisation n'est pas de produire une eau stérile, mais une eau ne présentant pas de risque du point de vue de la santé publique.

Pour garantir la potabilité de l'eau, il faut la contrôler régulièrement dans des laboratoires spécialisés et ce, depuis son origine jusqu'à son acheminement au consommateur. Ces analyses doivent répondre à la réglementation en vigueur et aux normes nationales, afin de protéger le consommateur.

Vue la baisse de la capacité du barrage de Bouhanifia à plus de 50% au cours de ces dernières années, la majorité des travaux ont été entrepris sur l'envasement de ce dernier. Par conséquent, peu de travaux, ont été consacrés à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques au niveau de la station de Bouhanifia. Pour cette raison, nous nous sommes intéressés à l'étude de ces paramètres.

L'objectif de ce travail consiste à déterminer la qualité dont le degré de potabilité de l'eau obtenu au niveau de la station de traitement des eaux de Bouhanifia.

Pour se faire, nous avons effectué des analyses physicochimiques, bactériologiques et des tests organoleptiques. Les analyses réalisées s'étalent sur une période de quatre (04) mois à raison d'un bulletin d'analyse une fois par mois.

Ainsi, notre travail s'est structuré autour de deux parties, comprenant chacune d'elles deux chapitres :

1. la première partie, qui couvre la recherche bibliographique qui englobe trois chapitres qui sont :

- le premier chapitre est un rappel sur l'eau d'une façon générale ;
- le second chapitre présente les diverses maladies et pollutions liés à l'eau ;
- et enfin le troisième chapitre rappelle les caractères de qualité des eaux et la ligne globale de son traitement.

2. La deuxième partie, orientée sur l'aspect pratique, est basée sur la description de la région d'étude ainsi que, la méthode et l'interprétation des résultats d'analyses physicochimiques ; suivi d'un bref aperçu sur les analyses bactériologiques permettant de déterminer la qualité de l'eau qui parvient aux citoyens de la wilaya de Mascara et de Sidi-Bel-Abbès.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale qui comprend quelques recommandations qui nous paraissent nécessaires.

REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur l'eau

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. L'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Gerard, 1999).

I.1. Répartition de l'eau dans le monde

Comme tout le monde le sait, la planète terre est également appelée planète bleue ; ceci provient du fait que sa surface est recouverte à 72% d'eau. La masse d'eau totale sur l'hydrosphère ne varie pas au cours des années. L'eau change d'état au cours de son cycle mais sa quantité globale reste inchangé depuis trois milliards d'années, date de son apparition sur Terre. C'est l'énergie solaire qui est le moteur du cycle de l'eau en entraînant ses changements d'états (Morel, 2007).

La quantité d'eau sur Terre est gigantesque : environ 1,4 milliards de Km³ ; Cependant, 97,5 % de cette quantité se trouve sous forme d'eau salée ; 2,5 % sous forme d'eau douce soit environ 35 millions de Km³.

- 69,5 % de l'eau douce se présente sous forme de glace et de neige permanente.
- 30,1 % sous forme d'eau souterraine.
- 0,27 % sous forme d'eau dans les lacs et les rivières.
- 0,17 % sous une autre forme (atmosphérique, humidité dans le sol, marais, etc.).

Nous voyons donc qu'il n'y a qu'un tiers de l'eau douce utilisable immédiatement, mais là encore ce n'est pas aussi simple. Sur les 110 000 milliards de m³ que représente ce tiers, 70 000 s'évaporent en permanence, sur les 40 000 restants 20% sont peu accessibles (montagne, calotte glacières, ...). Et la répartition des 80% restant sur le globe est très inégale (Julien et *al.* 2004).

I.2. Ressources hydriques

D'après Desjardins, 2005, on trouve quatre sources principales d'eau brute :

- Les eaux de pluies
- Les eaux de surfaces
- Les eaux souterraines
- Les eaux de mer

Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

I.2.1. Eaux de pluie

Les eaux de pluies sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluies peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (Vilaines, 2005).

I.2.2. Eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Les eaux de surface proviennent surtout des pluies ; elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux souterraines. Elles sont constituées également par les eaux de ruisseaux, rivières, fleuves, étang, lacs, barrages-réservoirs, glaciers (Memento, 2005 ; Vilaginèse, 2005. Pomerolle, 1991).

Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement, on ne doit pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté.

Elles peuvent ruisseler sans suivre de chenal déterminé, ou s'écouler dans un lit plus au moins bien tracé jusqu'à un étendue d'eau (mer ou lac) qui les recueille (Pomerolle, 1991).

❖ Fleuves et rivière

Les fleuves et les rivières, outre les eaux de pluie, sont alimentés par les nappes souterraines qui sont surtout mises à contribution en été quand les pluies sont beaucoup plus faibles. Leurs débits vont donc varier considérablement entre deux extrêmes (étiages et crues) (Vilaginèse, 2005).

❖ **Réserves d'eaux superficielles**

Elles peuvent être naturelles (lacs), ou artificielles (barrages-réservoirs).

➤ **Etangs et lacs**

On peut les considérer comme des bassins naturels de décantation dont la période de rétention est longue (Desjardins, 1999).

Les lacs et étangs sont par définition situés sur des formations étanches qui peuvent être utilisées pour la création des réserves artificielles que sont les barrages-réservoirs.

➤ **Barrages-réservoirs**

Les barrages sont des étendues d'eau plus ou moins profondes, dont la rétention des eaux est due à l'existence d'une contre-pente qui peut se remplir par ruissellement (ou par des apports d'eaux de sources), et qui ne subit pas l'influence des mers et des océans du globe (Heschung, 2007).

I.2.3. Eaux souterraines

Les formations géologiques poreuses et perméables qui ont la propriété de permettre l'infiltration, le stockage, et l'écoulement des eaux, constituent les aquifères et le réservoir des eaux souterraines. Ils peuvent être homogènes, à perméabilité interstices comme les sables, ou hétérogène à perméabilité de fissures comme les calcaires (Roux, 1995). On peut classer les eaux souterraines en deux catégories :

I.2.3.1. Sources

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (Gomella et *al.* 1974). Elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources : (Bouziani, 2000).

❖ **Sources d'affleurement**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (Vilagines, 2000).

❖ **Sources de déversement**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (Bonnin, 1982).

❖ Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (Gomella et Guerree, 1980).

I.2.3.2. Nappe d'eaux

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab, 1992).

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol et *al.* 2011).

La porosité et la structure du terrain déterminent le type de la nappe et le mode de circulation souterraine.

Les principaux types de nappes sont les suivantes :

❖ Nappe libre

Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue.

❖ Nappe captive

Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle est généralement plus profonde. Une nappe captive devient artésienne lorsque sa surface piézométrique est supérieure au niveau du sol au-dessus de certaines zones de la partie captive de la nappe (Pomerolle et *al.*, 2011).

❖ Nappe alluviale

Ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. Elles sont plus au moins en relation avec les eaux de la rivière, mais suivant le degré de perméabilité et le colmatage des alluvions, son niveau peut être plus élevé que celui de l'eau libre. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière (Dégriment, 2005 ; Pomerolle et *al.* 2011).

I.2.4. Eaux de mers et les océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète.

Les eaux de mers sont une source d'eau brute qu'on utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mers sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mers varie de 33 000 à 37 000 mg/l. elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement.

Les eaux situées près de l'embouchure de fleuves importants ont habituellement une salinité plus faible (Desjardins, 1997).

I.3. Qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.) et des événements météorologiques. Leur capacité d'adsorption très limitées (réduites aux interactions eau - sédiments) et l'absence de mécanismes de filtration permettent aux solides, dissous ou non, de se propager très rapidement : d'où la qualité très fluctuante des eaux superficielles. Leur pollution microbiologique est généralement très importante. Les dangers proviennent des eaux de ruissellement sur les surfaces d'exploitation agricole et forestière (pesticides, fertilisants, engrais de ferme), des déversements d'eaux usées, de la sédimentation des polluants de l'air et des accidents (Auckenthaler et Urs von Gunten, 2010).

I.4. Qualité des eaux souterraines

La composition et la qualité des eaux souterraines sont à l'origine liées à la nature géologique du terrain. Ils ont un impact direct sur celle des eaux de surface, ainsi que sur les écosystèmes aquatiques et terrestres associés. Les eaux souterraines sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, mais la croissance démographique et la modernisation de l'agriculture ainsi que le développement industriel entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée. Les eaux usées domestiques et industrielles souvent déversées directement dans les oueds, participent fortement au changement de la qualité des eaux souterraine (Zerki, 2013).

II. Eau et santé publique

L'eau qui tombe en pluie ou sous forme de neige a la composition de l'eau distillée, elle est donc pure, mais arrivée sur le sol, elle rentre en contact avec tous les éléments qui s'y trouve, en particulier avec les micro-organismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons, des protozoaires, des algues. Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances d'origine organique ou minérale, présentes par défaut (maladies de carence) ou en excès dans l'eau de boisson (Haslay et Leclerc, 2006 ; Bouziani, 2000).

II.1. Maladies à transmission hydrique

Bon nombre de personnes infectées par une maladie hydrique courante ne présenteront aucun symptôme et ne sauront probablement jamais qu'elles ont été atteintes. Avec le temps, les germes seront éliminés par le système digestif et les selles. En cas d'une contamination, l'état du malade dépendra du type d'infection. Pour de nombreuses maladies hydriques, les symptômes commencent à se manifester de deux à dix jours après la consommation d'eau contaminée. Le malade peut avoir de la diarrhée, ressentir des crampes d'estomac, des nausées, de la fièvre et se mettre à vomir (Bouziani, 2000).

II.1.1. Maladies d'origine bactérienne

➤ **Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes** : ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *paratyphi* A, B et C. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleur abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufhos) et des complications graves, par fois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.

La contamination se fait par voie digestives à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (Benzaid, 2012).

➤ **Choléra** : est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riziformes. Elle s'accompagne de vomissements et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en l'absence de réhydratation et d'antibiothérapie.

L'infection se transmet essentiellement par voie orale en présence de mauvaise condition hygiénique (eau, alimentation) (Haslay et Leclec, 2006).

II.1.2. Maladies d'origine parasitaire (protozoaire)

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Parmi les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau, on distingue :

➤ **Amibes** : l'*amibe Entamoeba histolyca* est responsable de la dysenterie amibienne. Elle induit les symptômes classiques des entérocolites avec crampes et diarrhée muco-sanglante dans les cas sévères. Elle peut diffuser dans tout l'organisme à travers les systèmes portes et engendrer des abcès du foie, du poumon et du cerveau (Haslay et Leclec, 2006).

➤ **Paludisme (malaria)** est transmis à l'homme par des piqûres de moustiques, les anophèles, porteurs d'un parasite, le plasmodium, caractérisé par des cycles de frissons et de fièvre, dont les cas sévères peuvent aboutir à une anémie ou au décès. Plus d'un million de personnes en meurent chaque année. L'Afrique représente 80% des cas de paludisme dans le monde (Benzaid, 2012).

II.1.3. Maladies d'origine virale

Les virus sont micro-organismes infiniment plus petits et plus résistants dans l'eau. Ce sont des micro-organismes qui ont un métabolisme spécifique, ils ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les urines ou les excréctions nasopharyngées (Vilagenese, 2000).

Parmi les virus responsables de ces maladies, on distingue :

➤ **Hépatite A** : également nommée hépatite infectieuse, elle est provoquée par un virus de famille des *Picornaviridae*. L'évolution clinique de l'infection varie de la maladie anictérique à l'ictère hépatique sévère et prolongé.

Après une courte phase pré-ictérique, de l'ordre d'une semaine, caractérisée par de la fièvre, de la fatigue, myalgies, nausées et vomissement, survient la phase ictérique avec urines brun-doré, sombres en raison de la présence de bilirubine, se continuant de un à plusieurs jours plus tard par des selles décolorées avec coloration jaune de la conjonctive et de la peau. La durée des symptômes est de 4 à 8 semaines.

Ce virus ne cause pas de maladies chroniques de foie mais plusieurs complications peuvent accompagner l'affection : atteinte rénale et cardio-vasculaires. Sa transmission est oro-fécale grossesse (Vilagine, 2005).

➤ **Hépatite E** : d'expression clinique comparable à l'hépatite A, l'hépatite E peut également se manifester par un syndrome gastrique fébrile.

Le taux de létalité est de l'ordre de 1 à 2 % au cours des épidémies, mais 20 à 30 % chez les femmes enceintes au cours du 3^e trimestre de grossesse (Bouziani, 2000).

➤ **Poliomyélite** : est une maladie infectieuse due à un virus, transmis d'une personne à l'autre, et se manifeste par une fièvre, une paralysie motrice et une atrophie des muscles squelettiques, souvent à l'origine d'une infirmité et de déformations permanentes (Benzaid, 2012).

II.1.4. Maladies en relation avec la constitution des eaux

L'eau contient de nombreux oligo-éléments qui sont bénéfiques à faible concentration comme le fer ou le fluorure mais toxiques à plus fortes doses pour l'homme. Certains éléments tels que l'arsenic, le cyanure ou le plomb sont dangereux même à faible concentration. Exemples de quelques-unes des maladies hydriques et risques chimiques liées à une exposition excessive de certains éléments (<http://www.dictionnaire-environnement.com/>).

➤ **Fluorose** : sont favorables et même indispensables à faible concentration (0,5 mg/l) : ils constituent un élément essentiel de l'alimentation et de l'eau de boisson est due à des doses supérieures au seuil de fluor dans l'eau de boisson entraînant la destruction de l'email et provoquent un ensemble de troubles à caractère endémique ; qui se traduisent par des malformations dentaires, des taches de l'email, des décalcifications, des troubles digestifs et nerveux... .

En cas d'insuffisance en fluor dans l'eau de boisson, on envisage donc un apport artificiel de fluor, c'est la fluoruration (ou fluoration) qui utilise divers procédés et plusieurs produits à base de fluor (Bouziani, 2000).

➤ **Arsenicisme** : c'est le résultat de l'exposition prolongée à de faibles concentrations d'arsenic dans l'eau de boisson, et cause une kératodermie douloureuse (lésions durcies) et peut déboucher sur des cancers de la peau, des poumons, de la vessie et des reins (Benzaid, 2012).

➤ **Saturnisme** : l'exposition au plomb a divers effets sur la santé, et touche les enfants en particulier. le plomb est un métal qui ne présente aucun avantage connu pour l'homme sur le plan biologique. Un excès de plomb peut nuire à plusieurs systèmes dans l'organisme, y compris le système nerveux et reproductif et les reins, et il peut causer une hypertension artérielle et une anémie. La maladie peut être reconnue à la ligne bleue qui entoure les gencives. Le plomb interfère avec le métabolisme du calcium et de la vitamine D. A très fortes concentrations, le plomb peut causer des convulsions, un coma et la mort (OMS, 1970).

➤ **Nitrates** : peuvent engendrer un empoisonnement du sang (méthémoglobinémie ou maladie bleue), et peuvent se transformer en nitrites qui oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène et perturbe la respiration cellulaire. Associés à certains pesticides, ils peuvent engendrer à long terme des cancers chez les adultes (Benzaid, 2012).

II.2. Pollution des eaux

L'eau, symbole de pureté et source de vie est le signe actuellement d'une civilisation qui s'intoxique. De nombreux facteurs peuvent modifier les composantes physico-chimiques des milieux aquatiques et notamment des pollutions de nature diverse.

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol et elle subit donc les dégradations de ces deux milieux (Arouya, 2011).

II.2.1. Définition de la pollution

Reynaud et Verrel (1980) définissent la pollution comme suit : « la notion de la pollution ne se réfère pas à la pureté des eaux ni même à leur aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines. Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiées par l'action de l'homme dans une mesure telle que celles-ci se prête moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel, ou à certaines d'entre elles ».

II.2.2. Classification de la pollution

II.2.2.1. Classification selon le type de polluant

Selon la nature des polluants on distingue trois grandes catégories :

- Une pollution de nature physique.
- Une pollution de nature chimique.
- Une pollution de nature microbiologique.

II.2.2.1.1. Pollution physique

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (Merouani et Bouguedah, 2013).

❖ Polluants mécaniques

Ils sont dus aux effluents solides rejetés par les usines. Ces dernières contribuent à l'altération de l'écosystème par perturbation de la photosynthèse en limitant la pénétration des rayons solaire (Dornbusch et Barrager, 1973).

❖ Polluants thermiques

Les industries diverses, les centrales nucléaires et les centrales thermiques exigent de l'eau pour le rafraîchissement et l'eau chaude résultante est souvent déchargée dans des rivières ou des lacs. Cela aboutit à la pollution thermique et mène au déséquilibre dans l'écologie du corps d'eau. La température plus haute baisse le niveau d'oxygène dissous (qui est très essentiel pour la vie marine) en diminuant la solubilité dans l'eau (Dornbusch et Barrager, 1973).

❖ Polluants radioactifs

Les radionucléides trouvés dans l'eau sont le radium et le potassium 40. Ces isotopes proviennent de sources naturelles en raison de filtrant de minéraux. Des corps (organismes) d'eau sont aussi pollués par fuite accidentelle de déchets (matériaux de récupération) de l'uranium et des mines de thorium, des centrales nucléaires et des industries, des laboratoires de recherches et les hôpitaux qui utilisent des radio-isotopes.

Les dommages causés par l'accumulation accidentelle de radioéléments dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologiques (irradiations, brûlures, cancer...). Et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier les malformations congénitales parmi la descendance.

II.2.2.1.2. Pollution chimique

Elle est due essentiellement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substance chimiques, perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique.

Certains de ces produits, entre autres les métaux lourds, sont non biodégradables et peuvent occasionnés des intoxications chez l'homme.

Les polluants chimiques peuvent avoir aussi pour origine : les eaux usées (détergents, autre substances à usage domestique), les eaux de ruissellement, issues de terrains agricoles (pesticides, et produits chimique à usage phytosanitaire) (Brisou et Denis, 1987)

Selon leurs natures, on distingue les polluants organiques et les polluants inorganiques.

❖ Polluants organiques

Les hydrocarbures, les pesticides et les détergents sont les plus importants et les plus dangereux des polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques.

• Hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés organiques à base de carbone et d'hydrogène provenant de la distillation du pétrole. Les produits pétroliers sont utilisés généralement comme carburant, lubrifiant ou diluant.

Les hydrocarbures peuvent être d'origine naturelle ou synthétique. La principale source d'hydrocarbures naturels est constituée par des ressources fossiles telles que le pétrole et le gaz naturel. Les HCT ont une solubilité variable dans l'eau et sont plus au moins réactifs vis-à-vis de l'acide sulfurique. Leur biodégradabilité est aussi variable et encore mal connue (Pointard, 2008).

• Pesticides

Constitués par un ensemble de produits chimiques naturels ou de synthèses biologiquement actifs, utilisés dans les maisons comme dans plusieurs activités agricoles pour éradiquer les parasites et protéger les grains stockés.

Certains pesticides peuvent s'évaporer avec les gouttelettes d'eau et certain sont transportés dans l'air sur les particules de poussières (Ayoura, 2011).

Ils sont classés par famille d'usages (herbicides, fongicides, insecticides, molluscicides, acaricides, ...) ou selon leur composition chimique (organochlorés DDT, organophosphorés tétraéthyle pyrophosphate (TEPP), azotés, substances minérales polychlorobiphényles (PCB)). (Lévêque, 2016).

II.2.2.1.3. Pollution microbiologique

C'est une pollution d'origine humaine et animale ; elle est engendrée par les rejets urbains. Elle est dangereuse surtout s'il y a dans l'eau des micro-organismes pathogènes (*Escherichia coli*, Streptocoques fécaux...) qui peuvent être à l'origine des maladies infectieuses. (Ladjel, 2014).

II.2.3. Classification selon l'origine de la pollution

Selon l'origine de la pollution, on distingue quatre catégories : pollution domestique, industrielle, agricole et pluviale (ruissèlement).

❖ Eaux domestiques (urbaines)

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains.

Les eaux usées domestiques se classent en deux types :

• Eaux de vannes (ou noires)

Les eaux vannes sont constituées par tous les rejets hydriques des déchets humains (et animaux). Dans les eaux vannes, l'urée qui est l'élément dominant des urines est transformée dans les conditions d'anaérobiose en azote ammoniacal.

Les autres matières fécales contiennent surtout les produits organiques biodégradables et des corps microbiens. Les diverses colonies microbiennes participent au processus de dégradation des matières organiques, mais en l'absence d'un réseau d'assainissement, elles contaminent directement ou indirectement les sources d'eau potables (puits, réseau de distribution d'eau potable...) (Bouziani, 2000).

• Eaux ménagères (ou grises)

Sont des eaux usées composées essentiellement par les eaux de cuisine (les deux tiers environ).

Elles renferment diverses particules en suspension, des matières organiques, des éléments minéraux et plusieurs types de substances chimiques de lessivage (les détergents).

La pollution journalière produite par une personne utilisant 150 à 200 l d'eau est évaluée à :

- 90 grammes de matières organiques ou minérales (en suspension dans l'eau sous forme de particules)
- 57 grammes de matières oxydables
- 15 grammes de matières azotées
- 4 grammes de phosphore (issus des détergents)
- 0,23 gramme de résidus de métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic, mercure...)
- 0,05 gramme de composés (fluor, chlore, brome, iode...)
- 1 à 10 milliards de germes par 100 ml. (Bouziani, 2000).

❖ **Eaux industrielles**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations (Behra, 2013).

❖ **Eaux agricoles**

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable. en effet, les rejets agricoles ; nutriments de plantes, pesticides, insecticides, herbicides, engrais, déchets agricoles, fumier lissier, les sédiments, le drainage de l'ensilage, l'érosion des sols contenant essentiellement les matériaux inorganiques sont signalés à causer des polluants lourds aux sources de l'eau, (des nappes les plus superficielles et des eaux des cours

d'eau ou des retenues). Dans les pratiques agricoles modernes, les engrais NPK sont ajoutés au sol. Certains d'entre eux sont gaspillés (perdus) par la chute de pluie, l'irrigation et le drainage dans les plans d'eau où ils perturbent gravement l'écosystème aquatique.), Il est considéré que les polluants affectant les aquifères souterrains sont plus graves que ce serai impossible de traiter l'eau polluée du système.

L'utilisation excessive des éléments nutritifs de plantes a conduit à l'interruption d'azote et l'équilibre de l'eau affectant la croissance des plantes, les déchets organiques augmentent la DBO de l'eau reçue (Sharma, 1994).

❖ **Eaux pluviales (ou ruissellement)**

Ce sont les eaux qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie par deux mécanismes :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets liquides ou solides déposés par le temps sec sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent ;
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par le temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec, en plus, des métaux lourds et des toxiques (plomb, zinc, hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile.(Ladjel, 2014).

III. Références de qualité des eaux de potabilités et leurs traitements

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

Plus de 70 paramètres (physico-chimiques, microbiologiques,...) sont répartis en six analyses types. Leurs valeurs limites sont répertoriées dans un classement qui correspond, plus au moins, à des niveaux de risque.

➤ **Risque à court terme**

Il est apporté par :

- Les paramètres microbiologiques, dont les germes indicateurs de pollution bactérienne présumée d'origine fécale et les germes pathogènes (rarement dénombrés directement) ;
- Les substances toxiques, métaux lourds et dérivés d'hydrocarbures dont les concentrations peuvent présenter des risques immédiats ;
- Les produits phytosanitaires tels que les pesticides dont les concentrations sont nettement supérieures aux seuils maxima admissibles recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé, et pour lesquels le risque est à considérer au cas par cas.

➤ **Risque à moyen et long terme**

Il est dû :

- à certain paramètres structurels, liés à la nature du contexte hydrogéologique, dont la nocivité ne peut parfois apparaître qu'à des concentrations assez élevées ;
- à des paramètres indésirables résultants d'une augmentation anormale et excessive de la concentration d'éléments initialement acceptables par le milieu ;
- aux substances toxiques et aux pesticides dont concentrations excèdent fréquemment les seuils maxima admissibles règlementaire (Dellaras *et al.* 2010).

III.1. Paramètres de potabilité des eaux

III.1.1. Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de l'odeur, de la couleur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais la dégradation de l'une de ces caractéristiques peut signaler une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations. L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne présenter ni saveur ni odeur désagréables.

• Odeur

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO₂, le sulfure d'hydrogène H₂S, ou organiques comme les esters, les alcools, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales, comme les algues, ou encore dus à la pollution (Beaudry, 1984).

L'élément qui pose le plus de problème est généralement l'acide sulfureux (H₂S), qui possède une odeur caractéristique d'œuf pourri.

- **Couleur**

Les eaux naturelles sont plus en moins colorées selon la nature des matières qu'elle contient (Beaudry, 1984).

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (Alpha, 2005).

Certains ions métalliques comme ceux du Fer et du Manganèse peuvent former des complexes avec les substances humiques et intensifie la couleur de ces eaux. La Couleur résulte de l'absorption sélective par le milieu de certaines radiations visibles de longueurs d'ondes spécifiques (Beaudry, 1984).

- **Saveur et goût**

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimiques, il est provoqué par des propriétés des produits présents dans l'eau.

La saveur est l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par de nombreuses molécules qui ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie (Rodier, 2005).

Les variations du goût ont souvent des causes naturelles ; elles peuvent être influencées par l'activité humaine, la méthode de traitement et ou le réseau de distribution (Hawa, 2001).

III.1.2. Paramètres physico-chimique

III.2.3.1. Qualité physique

- **Température**

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilisation des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante, l'horaire de la mesure. (Bouziani, 2000).

- **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. Ce sont de bons indicateurs de la dureté de l'eau (Guilbert, 2000).

- **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 est causée par de très petites particules en suspension dans l'eau. Ces particules sont si petites qu'elles ne pèsent presque rien et ne sont pas toujours visibles. Voilà pourquoi il s'agit d'un paramètre distinct du TSS, même si les particules sont similaires. Si le TSS est une mesure de poids, la turbidité est une mesure de la quantité de lumière diffusée par l'eau. Les particules de turbidité rendent l'eau trouble, pas en empêchant de voir à travers, mais bien en diffusant la lumière qui atteint la surface de ces minuscules particules. (Rondier, 2005).

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau est définie par la conductance d'une colonne d'eau, comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 séparées l'une de l'autre par une surface de 1cm.

D'une manière générale la conductivité est traduite par la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, elle est couramment exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$). (Guilbert, 2000).

- **Minéralisation**

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 (Bonnin, 1982).

III.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.

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, et le pH a une valeur aux alentours de 7. Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique et la quantité d'ions OH^- est supérieure à celle d'ions H^+ . Au-dessous de 7, la substance est acide.(OMS, 1993).

- **Nitrates**

La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle. Les effets des nitrates sur la santé sont liés à leur transformation en nitrites et éventuellement en nitrosamines au niveau du tube digestif. Chez l'homme, les nitrites sont responsables des risques de méthémoglobinémie aiguë (inhibition du transfert de l'oxygène vers les cellules) qui s'observe principalement chez le nourrisson. Pour que des eaux peuvent être qualifiées de potables, l'OMS recommande des teneurs en nitrates ne dépassant pas 50 mg/l (OMS, 1970).

- **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**

Le fluor est un élément indispensable à l'homme. Il est présent dans pratiquement tous les tissus et en particulier dans l'os, le cartilage, l'émail dentaire et la thyroïde.

La plus grande partie du fluor absorbé se fixe sur l'émail dentaire, ce qui explique son importance dans la formation et la santé des dents.

L'ingestion par l'eau de boisson constitue la voie principale d'apport du fluor à l'organisme, les aliments en apportant très peu.

Un excès de fluor entraîne des fluoroses dentaires (tâches sur l'émail) et osseuses (déformations articulaires), la raison pour laquelle la concentration maximale acceptable de fluorure dans l'eau potable est fixée à 1,5 mg/L (OMS, 2002).

- **Fer**

Le fer est un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. Il est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux Fe^{2+} , le fer ferrique Fe^{3+} et le fer complexé à des matières organiques (acides humiques, fulviques,.....) et minérales (silicates, phosphates, ...). Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde, $Fe(OH)_3$. Dans les eaux souterraines, au contraire, l'absence d'oxygène fait augmenter la concentration du $Fe(II)$ soluble en solution (Hem, 1972).

La présence du fer dans l'eau provient principalement : du lessivage des sols, avec dissolution des roches et minerais, de la corrosion des canalisations métalliques, de l'utilisation de sels ferriques comme coagulants et des rejets des secteurs industriels qui traitent le fer (Santé canada, 1978).

Pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique, la concentration du fer dans l'eau potable est fixée de $\leq 0,3$ mg/L (OMS, 2002).

- **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**

Ils proviennent principalement des gypses présents dans le sol, peuvent aussi provenir de lessivage des sulfates de l'air par les précipitations.

Les SO_4^{2-} sont liés aux cations majeur Ca, Mg et Na. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau ils peuvent néanmoins être réduit en sulfure, volatilisé dans l'air en hydrogène sulfureux H_2S , précipité en sel soluble ou assimilé par des organismes vivant. (Rodier, 2005).

- **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 CaCO_3 /l. Les eaux qui dépassent 500 mg/l de CaCO_3 . (Rodier, 2005).

- **Chlorures**

Les chlorures sont très répandus dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). La présence de l'ion chlorure (Cl^-) dans l'eau peut avoir diverses origines, telles que le passage à travers des terrains salés, l'exploitation des puits de pétrole (Pettyjohn, 1971), l'épandage de sel sur les routes pour faire fondre la glace et la neige (Ralston, 1971), etc.

Il n'y a pas de normes concernant les chlorures dans l'eau potable. Cependant, si la teneur est supérieure à 250 mg/l, elle affecte alors le goût de l'eau surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. En plus de telles concentrations peuvent provoquer la corrosion du système de distribution (McConnell, 1972). La capacité que possède l'ion chlorure de former des sels solubles avec de nombreux ions métalliques empêche la formation de films pouvant limiter la corrosion des surfaces métalliques (OMS, 1979).

- **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 (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.). (Rodier, 1996).

- **Matières organiques**

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle tels que les hydrocarbures, les solvants chlorés,...) ou en suspension (déchets végétaux, plancton...). (Behloul, 2010).

III.3.3.3. Qualité bactériologique

Les analyses microbiologiques révèlent la contamination de l'eau par des microorganismes (bactéries, virus, parasites ...etc.). Il existe deux types d'indicateurs bactériens pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau :

Les germes aérobies mésophiles, qui sont des bactéries des milieux naturels et généralement sans danger pour l'homme et qui permettent d'estimer la qualité hygiénique d'une eau.

Les bactéries *Escherichia coli* et les entérocoques, qui sont des indicateurs d'une contamination fécale. Leur présence dans une eau permet de supposer que des microorganismes pathogènes sont susceptibles de la contaminer. (Behloul, 2010).

VI. Lignes directrices pour le traitement des eaux

En recourant au traitement des eaux, on vise la production d'une eau potable à partir d'une eau brute plus ou moins polluée. Pour se faire, on soumet cette eau brute à diverses étapes de traitement réalisées dans plusieurs unités de l'usine de traitement des eaux. (Desjardins, 1990).

La nature et la complexité des traitements de potabilisation de l'eau dépendront de la « qualité » de la ressource. Cette dernière est évaluée au moyen de critères chimiques et bactériologiques, et fait l'objet de normes ou de recommandations, dans de nombreux pays.

Les eaux sont classées sous trois catégories, selon leurs demandes aux étapes de traitement, on distingue :

- **Catégorie A1** : Traitement physique simple et désinfection, exemple filtration rapide et désinfection.
- **Catégorie A2** : Traitement normale physique, chimique et désinfection, exemple préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, et désinfection (post chloration).
- **Catégorie A3** : Traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection, exemple chloration au break point, coagulation, floculation, d décantation, filtration, affinage (charbon actif), désinfection (ozone, chloration finale) (Haslay et Leclerc, 2000).

Les principales étapes et unités de traitement d'une eau de surface sont représentées dans la figure 1 et tableau 1.

Tableau 1. Étapes et unités de traitement d'une eau de surface.

Unité et étape de traitement	Fonction	Commentaires
Prise d'eau	Relier la rivière ou le lac au puits d'eau brute	Acheminer l'eau à l'usine de traitement
Grillage	Arrêter les impuretés grossières	Installé dans le puits d'eau brute
Pompes à basse pression	Refouler l'eau du puits d'eau brute jusqu'à la première unité de traitement (1er étage)	Capacité totale de refoulement = consommation quotidienne maximale
Pré-désinfection ou peroxydation	Réduire la conception de micro-organismes Oxyder la matière organique	Ozone, dioxyde de chlore ou chlore
Microtamisage	Arrêter les particules fines en suspension	Inutile en cas de coagulation, floculation et décantation
Coagulation	Déstabiliser les particules en suspension Amorcer la formation d'un floc	Dans un mélangeur rapide

Floculation	Agglutiner les particules d'impuretés Augmenter le volume des particules de floc	Dans un mélangeur lent
Décantation	Éliminer les particules en floc	Liquide surnageant acheminé vers les filtres Boue formée par les particules de floc évacuée vers le réseau d'égouts
Filtration	Arrêter les petites particules de floes contenues dans l'effluent du décanteur	Dernière étape permettant de réduire la turbidité et la couleur
Désinfection	Détruire les microorganismes nuisibles à la santé	Chlore, dioxyde de chlore ou ozone
Fluoruration	Ajouter des ions fluorure à l'eau traitée	Concentration optimale d'ions fluorure dans les eaux de consommation = 1,2 mg/l
Réservoir	Conserver l'eau traitée jusqu'à son utilisation	
Pompes à haute pression	Refouler les eaux traitées vers les consommateurs	Capacité = consommation horaire maximale

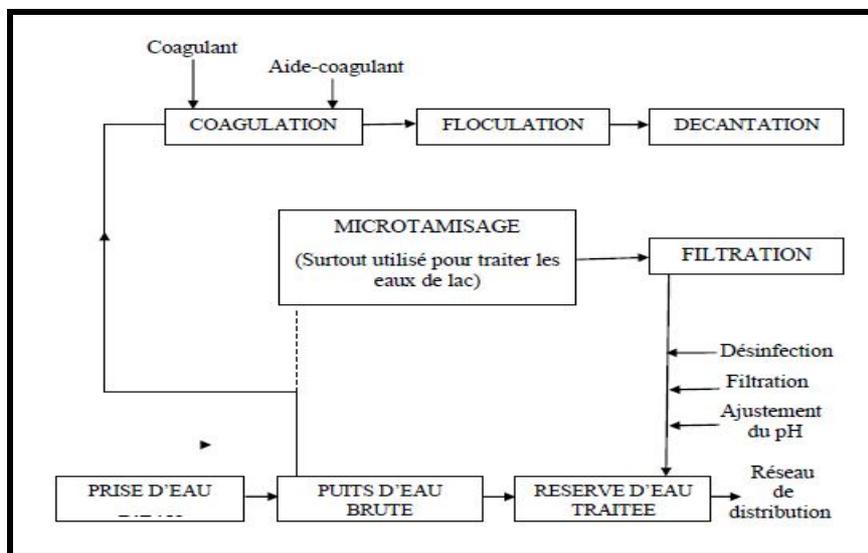


Figure 1. Etape et unité de traitement d'une eau de surface (Desjardins, 1990).

I. Ressources en eau de la wilaya de Mascara

L'analyse des différentes sources d'approvisionnement en eau potable au niveau de la wilaya de Mascara pour l'année 2004, révèle que l'approvisionnement en eau potable est assuré par 71 ouvrages : 66 forages, 2 puits et 3 sources et un débit qui correspond à 80 % du débit total.

Huit communes sont approvisionnées des trois barrages de Bouhanifia, de Chorfa et Fergoug, soit 17 % des communes de la wilaya avec un débit de 232 l/s qui correspond à 21 % du débit total. Six communes sont approvisionnées uniquement à partir des barrages. Deux communes connaissent un approvisionnement mixte barrage et forage : il s'agit des communes de Sig et de Mohammadia. Sur les 47 communes que compte la wilaya de Mascara, seules 5 communes ont un taux de mobilisation dépassant les 100%.

• Ressources souterraines

Les ressources souterraines sont mobilisées principalement par la nappe de Mascara à partir des aquifères suivants :

- Aquifère alluvionnaire (phréatique): Apports 33,8 Hm³/an
- Aquifère des calcaires dolomitiques : Apports 24,7 Hm³/an
- Aquifères calcaires lacustres : Apports 5,2 Hm³/an.

S'ajoutent à celles-ci quelques des nappes identifiées dont les contours hydrogéologiques sont définis. Cependant les bilans d'exploitation ne sont pas évalués pour la nappe de Oggaz, la nappe des calcaires de Zahana et la nappe des calcaires des Monts de Menaouer.

• Ressources en eaux superficielles

Les eaux superficielles du bassin versant Habra sont régularisées par quatre barrages dont les capacités initiales sont pour Ouizert de 100 Hm³, Bouhanifia 72 Hm³, Fergoug 17 Hm³ et Chorfa 83 Hm³. Les eaux superficielles du sous bassin versant Habra sont mobilisées par trois (03) barrages (Triplex: Ouizert, Bouhanifia et Fergoug).

Le barrage de Chorfa régularise, quant à lui les eaux du sous bassin de la Mekerra (Oued Mebtouh).

Le réseau hydrographique de la zone se trouve dans le bassin versant de la Macta .Il s'agit d'un réseau comprenant beaucoup d'affluents. Tout en long de l'Oued El Hammam, 03 barrages ont été aménagés de l'amont à l'aval. Il s'agit des barrages de Fergoug, Bouhanifia et Ouizert. (Djellouli, 2014).

I. 1 Barrage de Bouhanifia

II.1.1 Historique

Le barrage d'une retenue de 70 millions de m³ dont la construction qui a commencé en 1930 pour s'achever en 1940 doit son nom au village de **Bouhanifia** situé à 4,5 kilomètres au N-NE. Mise en œuvre par la Société *Léon Chagnaud* d'Alger et *Soletanche* Paris sous la direction de Vergniaud, Drouhin et Arages.

Il remplace celui de l'Oued Fergoug, situé à 20 km en aval, lequel a été détruit en 1927 lors de la crue évaluée à plus de 5000 m³ /s. (



Figure 2. Travaux de construction du barrage Bouhanifia (1930 – 1939)

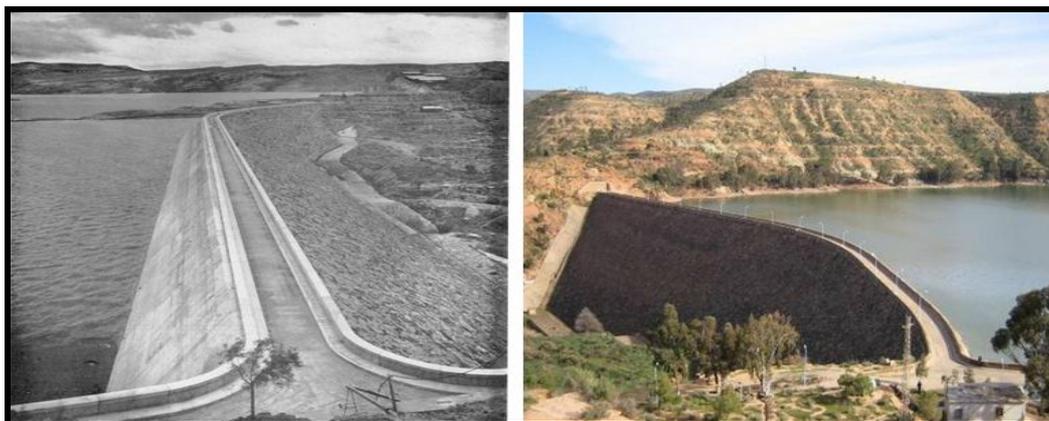


Figure 3. Barrage Bouhanifia une fois achevé 1947 et 2010.

- La ville de Bouhanifia au nord.
- La ville de Sfifef à l'est.
- Le village de Sidi Slimène au sud.
- Les Montagnes Wssillesse à l'ouest.

II.4. Description de la station de traitement du barrage de Bouhanifia

La station de traitement de Bouhanifia s'étend sur une superficie de (03) trois hectares dans le but de satisfaire, en eau potable, les populations de Bouhanifia, El-Guetna, Hacine (Wilaya de Mascara), Sfifef (Wilaya de Sidi Bel Abbès) ,et le renforcement de l'AEP (Alimentation en Eau Potable) de Mascara *via* la station de pompage de Tizi.

II.4.1 Conduite de refoulement

La station de traitement est conçue pour une capacité de traitement d'eau potable de 250 l/s soit 21600 m³/J. Une extension de la capacité de la station de traitement de l'eau potable pour porter sa capacité de 250 à 450 litres/seconde soit 38880 m³/J. avec la réalisation d'une double adduction.

Le système d'approvisionnement en eau brute de la station de traitement à partir du barrage de Bouhanifia se fait par pompage à l'aide de :

- ✓ deux (02) groupes électropompes immergées de 100 L/S chacune.
- ✓ une pompe de 150 l/s flottante sur le lac du barrage.

II.4.2. Différents ouvrages de la station de traitement de Bouhanifia

La station de traitement de Bouhanifia est constituée en première phase d'une ligne de traitement pouvant produire 1080 m³/h soit 250 l/s en eau traitée.

La station est de type physico-chimique, utilisant les réactifs suivants :

- Coagulation : sulfate d'alumine
- Flocculation : polymère de synthèse.
- Correction pH : lait de chaux.
- Préchloration et post-chloration : chlore gazeux.

En suivant la ligne d'eau dans les descriptions suivantes les différents ouvrages de la station sont désignés comme suite :

- **Regard de vanne A**

Cette vanne, est toujours ouverte lorsque l'installation est en service, elle sera fermée en cas de travaux, elle est utilisée comme un brise charge en ouverture partielle correspondant

- **Regard de mesure B**

Dans ce regard seront effectuées les mesures suivantes : Mesure de débit Ø, de conductivité, du pH, de la turbidité et de la température.

- **Regard de contrôle C**

On prévoit dans ce regard l'adjonction de chlore (pré chloration) grâce à une canne d'injection en PVC équipée d'un robinet DN80.

- **Regard de by passe E**

Le regard E est équipé de deux vannes, l'une permet d'alimenter le débourbeur lorsque la teneur en MES est supérieure à 40g/l, tandis que la seconde permet de by passe du débourbeur lorsque la qualité des eaux brutes le permet, en cas de fortes concentration en matières en suspension, la vanne servira pour le by passe des eaux brutes vers le débourbeur, la vanne sera donc en position fermée tandis que la vannes seront en position ouverte.

- **Débourbeur**

Compte tenu du fait que la turbidité des eaux peut être très élevée en période de crue et du fait que la prise d'eau devant servir à l'alimentation de la station de traitement se situe au niveau du fond du barrage, la station de traitement est équipée de deux débourbeurs à fonctionnement en parallèle.

- **Bassin de mélange**

- ✓ **Bassin de mélange rapide**

L'eau arrive par la conduite eau brute DN 400mm.

Le bassin de mélange rapide est équipé ou installé, un électro-agitateur type à hélice tripale.

- ✓ **Bassin de mélange lent**

Dans le bassin de floculation on retrouve deux électro-agitateurs de mélange lent type à hélice tripale également (Figure N°7.p.38).

L'injection du coagulant ($Al_2 SO_4$ ou $Fe Cl SO_4$) est prévue à l'entrée de la chambre de mélange rapide, et l'injection du bassin de floculation.

Le contrôle du caractère agressif de l'eau est assuré par le pH-mètre installé à la sortie du bassin de floculation.

- **Décanteur.**

La décantation procédée qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieur à celle de l'eau, ces particules sont en général des particules floc ou des particules résultant des précipitations qui ont lieu lors des traitements.

D'autres installations existent au niveau de la station pour les autres étapes de traitement :

- Bassin collecteur des eaux et des boues.
- Station de filtration.
- Regard de mesure.
- Réservoir d'eau de service.
- Station de pompage SP1.

- **Filtration**

L'eau venant des décanteurs ou des flocculeurs est répartie entre les 8 filtres à sable de granulométrie homogène. En filtration un déservoir dénoyé permet l'équi-répartition des débits d'eau entre les filtres en service, qui est ensuite filtrée par gravitation à travers la couche de sable.

L'eau filtrée est collectée par des buselures traversant la dalle planché qui supporte les matériaux filtrant. Des vannes régulatrices augmentent ou diminuent le débit de matières à garder un niveau d'eau stable au-dessus des filtres, quel que soit le niveau de colmatage. Après, l'eau est dirigé vers le canal d'eau filtrée.

- **Désinfection et réservoir**

A la sortie des filtres, on trouve un point d'injection de chlore (post-chloration). Après cette opération, l'eau est dirigée vers les cuves de contact ou elle permet :

- Un temps de contact suffisamment long entre l'eau traitée et le chlore ;
- La dose de chlore initiale est appliquée dans la zone ou le nombre d'organismes à éliminer et plus important.

Les cuves de contact débouchent sur les réservoirs d'eau traitées qui assurent un stockage de l'eau traitée avant distribution dont le débit de production est de 38880 m³/J.

PARTIE
EXPERIMENTALE

I. Matériels et méthodes

L'étude expérimentale consiste à déterminer la qualité de l'eau brute et traitée du barrage Bouhanifia (willaya de Mascara) par réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les analyses bactériologiques et physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE de Mascara en station de traitement des eaux du barrage.

L'étude de qualité de l'eau de barrage comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage
- Analyse
- Interprétation

La durée de notre formation a été de quatre mois.

I.1. Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

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

- Procéder à un choix judicieux des points de prélèvement
- Le strict respect des procédures de traitement
- La conservation adéquate de l'échantillon

II.2. Matériel de prélèvement

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre borosilicates, soumis à un nettoyage régulier après chaque utilisation et ce, avec de l'eau distillée.

Pour les analyses bactériologiques, on utilise des flacons de 250 ml. Ces flacons doivent assurer une protection totale contre toutes contaminations et doivent être soigneusement lavés, rincés à l'eau distillée, puis stérilisés soit à l'autoclave à $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durant 15 mn, soit à sec (four pasteur) à $170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durant 40 mn.

II.3. Mode de prélèvement

Dans notre travail, le prélèvement se fait dans deux différents points des ouvrages de la station de traitement du barrage de Bouhanifia ; l'un dans le débourbeur (à l'arrivée de

l'eau brute) et l'autre après le traitement, dans des conditions réglementaires d'hygiène et d'asepsie.

✓ **Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :**

Pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire et comportera les renseignements suivants :

- ✓ Identité du préleveur
- ✓ Date et l'heure du prélèvement
- ✓ Motif de la demande d'analyse
- ✓ Nom du point d'eau et localisation précise
- ✓ Origine de l'eau (barrage Bouhanifia)

I.4. 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 arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses (NA 762, 1990).

II. Méthodes d'analyses

a. Volumétrie

Son principe consiste à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés. La réaction entre les deux réactifs doit être totale.

L'un des réactifs est ajouté au deuxième par petites quantités jusqu'à la transformation de ce dernier ; la fin de la réaction (point d'équivalence) est indiqué par le virage d'un indicateur coloré. Cette méthode nous permet d'analyser :

- ✓ **TH** : titré avec la Solution d'E.D.T.A N/50
- ✓ **TA, TAC** : se mesurent après détermination du pH de l'eau, sur une prise d'échantillon de 50 ml. Pour le TAC on titre avec HCl à 0,1N.
- ✓ **O₂ dissous** : titré avec le sodium carbonaté
- ✓ **Les chlorures** : Titrer avec Ag NO₃ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre

b. Colorimétrie (Spectrophotométrie d'absorption moléculaire)

Cette technique est basée sur la propriété de certaines molécules d'absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la loi de Beer-Lambert qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration.

Dans ce travail, deux spectrophotomètres UV- visible ont été utilisés :

- Spectrophotomètre HACH DYSSEY et HACH DR/ 2010 sont fournis avec un ensemble complet de programmes d'application et un support multilingue. Ce système de menus peut aussi être utilisé pour générer des rapports et des évaluations statistiques, des courbes d'étalonnage, ainsi que la réalisation des contrôles de diagnostic de l'appareil. [Mode d'emploi HACH LANCH]

Cette méthode nous permis d'analyser les paramètres indésirables (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , H_2S , Fe, Mn, Zn, Cu, Fe).

c. Dénombrement sur membrane filtrante

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de bactérie qui modifie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en la recherche et la numérotation des micro-organismes banaux et de germes pathogène.

Ces derniers sont d'origine fécale dont le dénombrement est facilité par l'utilisation de germe indicateur de pollution (coliformes, E-Coli, streptocoques, clostridium sulfite-réducteurs). Ceux-ci sont régis par quatre facteurs : la spécificité, la sensibilité et l'importance quantitative ainsi que la résistance.

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donnée d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante de porosité ($0,45\mu\text{m}$) suffisante pour retenir les bactéries, la membrane est placée ensuite sur un milieu gélosé.

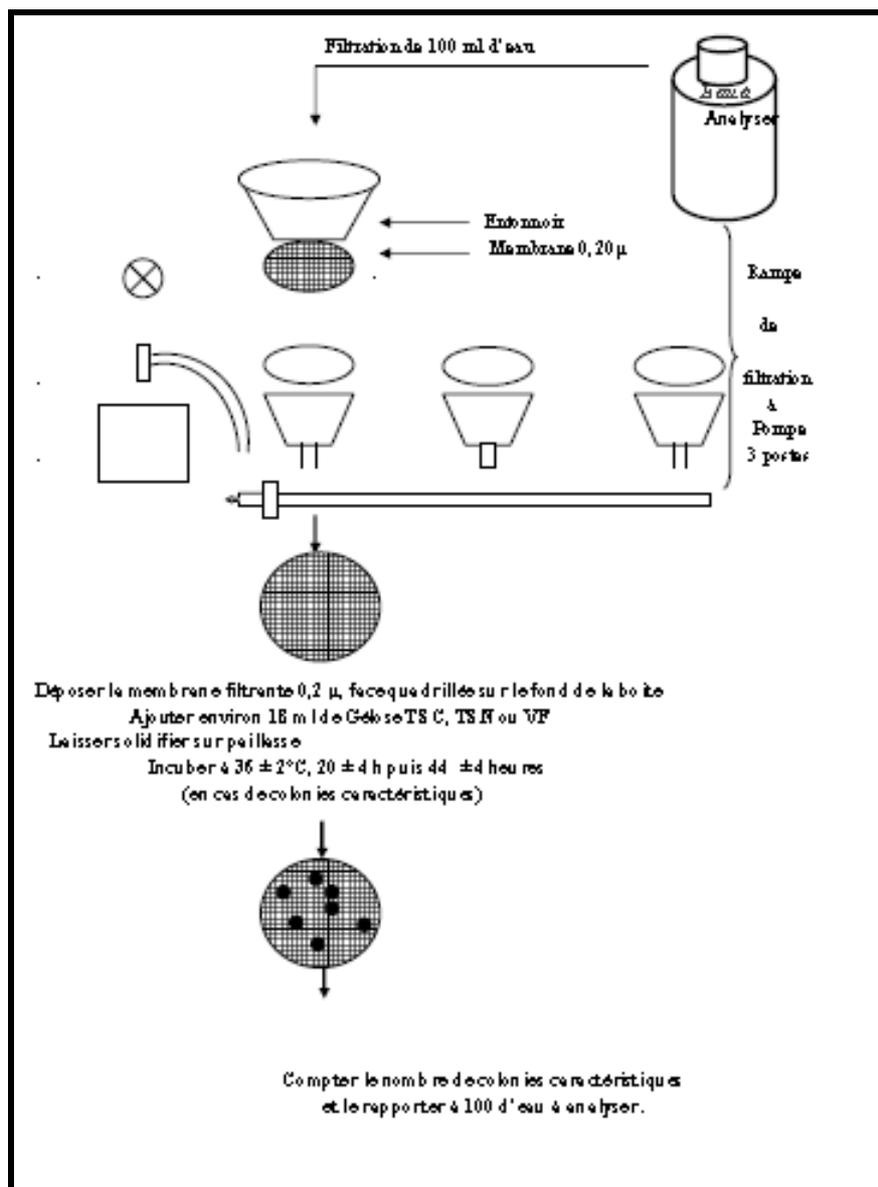


Figure 5. Rampe à trois filtres utilisée lors des analyses bactériologiques

d. Autres analyse

- **Résidu sec à 105°C** : prendre 150ml de l'échantillon, le placer dans une capsule, puis incubé dans une étuve à 105°C pendant 24h.
- **Résidu sec à 525°C** ; incubé l'échantillon (100ml) dans un four à moufle à 525°C pendant 1h 30mn.

III. Différentes mesures d'analyses effectuées

L'eau destinée à la consommation humaine est contrôlée règlementairement par un texte règlementaire tel que le décret exécutif n° 11-125 du Rabie Ethani 1432

correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Au sens de ce présent décret, il existe deux valeurs relatives aux paramètres concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau destinée à cette dernière.

– **Valeur limite** : c'est les valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et bactériologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes.

– **Valeurs indicatives** : c'est les valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes (Jorad. 2011).

On a donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de barrage et les comparer avec les normes.

a. Mesure de paramètre physico-chimique

Au sein du laboratoire d'analyse physico-chimique de l'ADE, sont effectuées deux types d'analyse qui sont comme suite et cela selon la demande.

➤ **Analyse partielle** : appelé aussi analyse de base c'est de mesurer les paramètres organoleptiques (turbidité) et physiques d'un échantillon d'eau donné qui regroupe la température, la conductivité, le TDS et la salinité ainsi que le pH ; cette analyse fait appel à deux appareils : le turbidimètre et le multi-paramètre (Figure 6).



Figure 6. Turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N (appelé aussi néphélométrie).



Figure 7. Multi-paramètre HACH.

➤ **Analyse complète** : c'est de mesurer et évaluer les paramètres indésirables ou indicateur de charge polluant tels que : NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Fe et la matière organique. Ainsi que ceux de la minéralisation globale : Ca^{2+} , TA, TAC, TH^{++} . Elle fait appel aux deux méthodes d'analyse colorimétrique (avec l'appareil HACH ODYSSEY et HACH DR/2010) et volumétrique.



Figure 8. Appareil de volumétrie

III.1. Méthodes d'analyses organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

III.1.1. Test de la couleur et odeur

- **Couleur**

- **Principe**

La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée soit avec celle d'une solution de référence de platine-cobalt soit avec des disques de verre colorés et exprimée en unités Hazen.

La couleur a été évaluée par observation oculaire de la bouteille et flacons remplis d'eau prélevée.

- **Odeur**

- **Principe**

Dilution de l'eau à examiner jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible. Elle a été évaluée par simple sensation olfactive.

III.1.2. Détermination de turbidité

- ✓ **Principe**

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs ...). L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Sa mesure permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle a été faite à l'aide d'un turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N (appelé aussi néphélométrie), en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

- ✓ **Mode opératoire :** (Annexe 2)

- ✓ **Expression des résultats**

La lecture se fait directement sur le turbidimètre, à l'appui sur le bouton pour faire la mesure, on note rapidement le premier chiffre qui apparaît.

III.2. Méthodes d'analyses physicochimiques

La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

III.2.1. Détermination 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 avec l'appareil multi-paramètre qui a un thermomètre intégré.

III.2.2. Détermination du pH

✓ Principe

La détermination électrométrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution.

L'électrode est introduite dans 50ml l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'appareil multi-paramètre quand l'affichage est stabilisé.

L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.

III.2.3. Détermination de la conductivité électrique, TDS et salinité :

On utilise un appareil multi-paramètres pour mesurer les trois paramètres (conductivité électrique, TDS, salinité).

✓ Principe

C'est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, de la nature des ions, de la température et la viscosité de la solution.

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Le même processus se passe pour déterminer la salinité de l'eau car il existe une relation entre la teneur en sels dissous et sa conductivité. Son unité est g/l.

- ✓ **Mode opératoire :** (Annexe 2).

III.2.4. Détermination de la minéralisation

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Elle est déterminée à partir de la conductivité selon l'équation suivante :

- Si la $166 < \text{Conductivité} < 333 \Rightarrow \text{CND} * 0,769574$
- Si la $333 < \text{Conductivité} < 833 \Rightarrow \text{CND} * 0,715920$

III.2.5. Détermination de résidus secs

- ✓ **Principe**

Évaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu. Le résidu sec à 100-105 °C résulte de l'évaporation simple de l'eau mais aussi de l'évaporation, en totalité ou en partie, de l'eau occluse et de l'eau de cristallisation des sels ; des pertes en dioxyde de carbone peuvent résulter de la transformation des bicarbonates en carbonates. Il peut y avoir, en outre, une perte plus ou moins négligeable de matières organiques.

- ✓ **Mode opératoire** (Annexe 2)

- ✓ **Expression des résultats :**

Le résidu sec à 100-105°C, exprimé en milligrammes par litre, est donné par l'expression:

$$(M1-M0)*1000/V$$

Avec :

- **V** = Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.
- **M₀** = La masse, en milligramme de la capsule vide.
- **M1** = La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

III.2.6. Détermination de l'alcalinité : titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

- ✓ **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. la première

détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

✓ **Mode opératoire :** (Annexe 2)

✓ **Expression des résultats**

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

- $TA = (V1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$
- $TAC = (V2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$

Avec :

- V = le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.
- V1 = le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.
- V2 = le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.
- N = la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

NB :

Masse molaire des bicarbonates = 61mg

Masse molaire des carbonates = 60mg

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$TA = 0$ et $TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V1 \times 61$.

- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$TA = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2$ et $TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2TA$.

III.2.7. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH):

✓ **Principe**

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10.

L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

✓ **Mode opératoire :** (Annexe 2)

✓ **Expression des résultats**

$TH = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_O$ en meqg.

- TH : C'est le titre hydrométrique en meqg (1 meqg = 5 °F)

- N_{EDTA} : Normalité d'EDTA.
 - V_{EDTA} : Volume d'EDTA.
- V_0 : Volume de l'échantillon.

III.2.8. Dosage des ions de Calcium :

✓ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

$[Ca^{2+}] = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0 \times 20$ (en mg/L).

7.2. I. Dosage des ions de Magnésium :

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.



Avec :

- TH = Dureté totale.
- $T_{Ca^{2+}}$ = Dureté calcique.
- $T_{Mg^{2+}}$ = Dureté magnésienne.

III.2.9. Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

✓ Principe

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

La concentration en chlorure PCl exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule : $P_{Cl} = (V_s - V_b) / V_a * C * f$

Avec :

- P_{Cl} = la concentration en milligramme par litre de chlorure.
- V_a = le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).
- V_b = le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.
- V_s = le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.
- C = la concentration réelle exprimée en moles d' $AgNO_3$ par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.
- f = le facteur de conversion $f = 35453$ mg/mol

Donner le résultat à 1 mg/l près, avec seulement 3 chiffres significatifs.

III.2.10. Dosage de matière organique

✓ Principe

C'est en mesurant la quantité d'oxygène qu'elles absorbent que les matières organique sont évaluées. La procédure d'analyse repose sur un dosage par le permanganate de potassium.

Par définition, l'indice permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène en relation avec la quantité d'ions permanganate consommée par un échantillon d'eau faiblement chargé en matière organique.

L'équation globale du dosage étant :



✓ Mode opératoire : (Annexe)

✓ Expression des résultats

Calculer l'indice IP exprimé en mgO₂/l, à l'aide de l'expression suivante

$$IP = \frac{(V_1 - V_0) * f}{V_2}$$

- **V0** : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.
- **V1** : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de l'essai.
- **V2** : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé pour l'étalonnage.
- **f** : est le facteur en mg/l, utilisé pour recalculer l'oxygène et pour tenir compte du volume d'échantillon utilisé ; **f** est calculé comme suit :

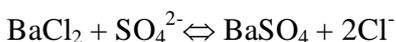
$$f = \frac{V_3 * C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) * M_0 * 1000}{1000 * V_4}$$

- **V3** : est le volume en ml, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination selon le cas.
- **C (Na₂C₂O₄)** : est la concentration de quantité de matière, en mmol/l de la solution étalon d'oxalate de sodium.
- **1000 (numérateur)** : est le facteur utilisé pour calculer C(Na₂C₂O₄) en mmol/l, mmol/ml ou en ml /l.
- **M0** : est la masse molaire en mg d'O₂ par mmol, pour recalculer l'oxygène.
- **V5** : est le volume en ml d'échantillon utilisé.
- **1000 (dénominateur)** : est le facteur pour recalculer la valeur mesurée à l1 du volume d'échantillon en ml/l

VI.2.11. Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate. La lecture est obtenue à 450 nm.

✓ Mode opératoire : (Annexe)

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en SO₄-2 mg/L.

III.2.12. Méthode d'analyse de paramètre de pollution

Le mode opératoire des paramètres de pollution a été mentionné dans Annexe 3. Selon le programme HACH.

III.2.13. Détermination de l'ammonium par spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

Le stabilisateur minéral complexe la dureté de l'échantillon. Le dispersant à l'alcool polyvinylique favorise la coloration lors de la réaction du réactif au Nessler avec les ions d'Ammonium. La coloration jaune est proportionnelle à la concentration en ammoniaque. La lecture est obtenue à 425 nm.

✓ Mode opératoire (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

Résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

III.2.14. Détermination des nitrites spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à 507 nm.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

III.2.15. Détermination des nitrates par spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune dont l'absorbance maximale se mesure à 410 nm. Et susceptible d'un dosage colorimétrique.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.

III.2.16. Détermination des phosphates par spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. En donnant une coloration bleue proportionnelle à la concentration de phosphate présente dans l'échantillon initial. La lecture est obtenue à 880 nm, mais si une perte de sensibilité peut être admise l'absorbance peut être mesurée à 700 nm.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des phosphates.

III.2.17. Détermination du fer total par spectrophotomètre UV visible

✓ Principe

La méthode est applicable pour la détermination de concentrations en fer comprises entre 0.01 et 5 mg/l, pour les eaux potables et en voie de potabilité.

Le fer ferreux réagit avec la 1.10 phénanthroline (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer. La lecture est obtenue à 510 nm.

✓ Mode opératoire : (Annexe 2)

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

VI. Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'A.D.E de Mascara, consistent à rechercher :

- Les coliformes fécaux et totaux.
- *Escherichia coli*.
- Streptocoques fécaux.

VI.1. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux :

✓ **Principe**

Cette technique consiste à filtrer sur des membranes, montées dans un appareil à filtration une quantité d'eau brute, puis à appliquer ces membranes sur des milieux sélectifs, coulés en boîtes de Petri.

Après incubation, les colonies développées seront dénombrées et éventuellement prélevées pour être confirmées ou étudiées.

✓ **Mode opératoire :** (Annexe 2)

✓ **Expression des résultats**

Après 24 heures d'incubation à 37° C, les colonies jaune ou orangées, avec halos profonds jaunes sous la membrane sont présomptives de coliforme totaux, *Escherichia coli* et Streptocoques fécaux.

I. Résultats des analyses physico-chimiques

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhanifia, nous avons procédé à analyser quatre échantillons prélevés mensuellement au niveau de la station de traitement. Les résultats obtenus sont représentés au niveau du tableau 2.

I.1. Paramètres organoleptiques

- **Couleur**

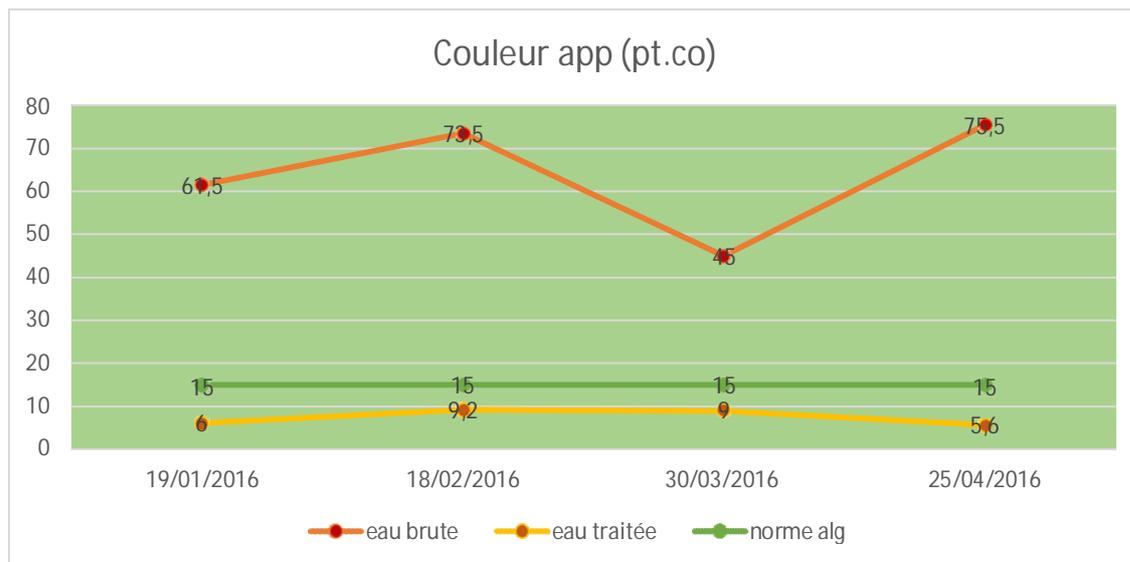


Figure 9. Évaluation de la couleur apparente des eaux brutes et les eaux traitées du barrage de Bouhanifia.

D'après la figure 9, nous remarquons que les valeurs de la couleur apparente sont très élevées dans les eaux brutes qui sont comprises entre 45 mg/l pt.co et 75,5 mg/l pt.co comme valeurs maximales et minimales marquées respectivement.

Contrairement aux valeurs des eaux traitées qui sont comprises entre 5,6 mg/l pt.co et 9,2mg/l pt.co qui sont non conformes par rapport à la norme établie.

Ces valeurs traduisent une eau très pauvre en substances dissoutes responsables de sa coloration ; ce qui écarte tous les problèmes posés par des substances potentiellement dangereuses comme les composés organogénés qui sont formés à partir des acides humiques et fulviques.

- **Odeur**

L'odeur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, qui sont à l'origine des sensations particulières.

L'eau brute analysée présentait une odeur plus au moins appréciable qui est peut être due à la présence de matières organiques en décomposition et micro-organismes au niveau du barrage.

Une fois l'eau est traitée, la seule odeur que nous pouvons apprécier c'était celle du chlore résiduel vue que la désinfection se fait par le chlore, chose normale pour l'odeur et même pour la saveur car le chlore résiduel avoisine les 0,6 mg/l, c'est aussi pour des mesures de sécurité.

En général, les résultats du test organoleptiques indiquent une eau de bonne qualité avec une légère odeur du chlore donc du gout. Ces résultats demeurent très subjectifs

En outre, au niveau de l'entreprise nous avons constaté l'absence de dégustateur qualifié pour évaluer le paramètre organoleptique (odeur et gout) afin de les comparer à la norme.

- **Turbidité**

Les résultats des analyses obtenus démontrent que la valeur de la turbidité des eaux brutes et traitées du barrage varie considérablement (figure 10).

Nous remarquons que la turbidité des eaux brutes est largement fluctuante au cours de notre étude. Nous notons une différence de 9,34 NTU entre la valeur maximale enregistré au 3^{ème} prélèvement est estimée à 15,08 NTU et la minimale au 4^{ème} prélèvement qui est de 6,46 NTU.

Par contre, nous remarquons que la variation de la turbidité des eaux traitées. Elle est seulement de 0,34 NTU entre la valeur maximale prélevée qui est égale à 1,41 NTU et la minimale qui est de 1,04 NTU.

Entre autre, nous enregistrons une réduction de la turbidité. Une fois traitée, l'eau présente une valeur moyenne de turbidité égale à 1,29 NTU. Celle-ci est bien inférieure à la norme algérienne établie dans le JORAD, et qui nous permet de la classer dans la classe des eaux claires selon Rodier ($NTU < 5$). Nous déduisons ainsi l'efficacité du traitement à 86,94%.

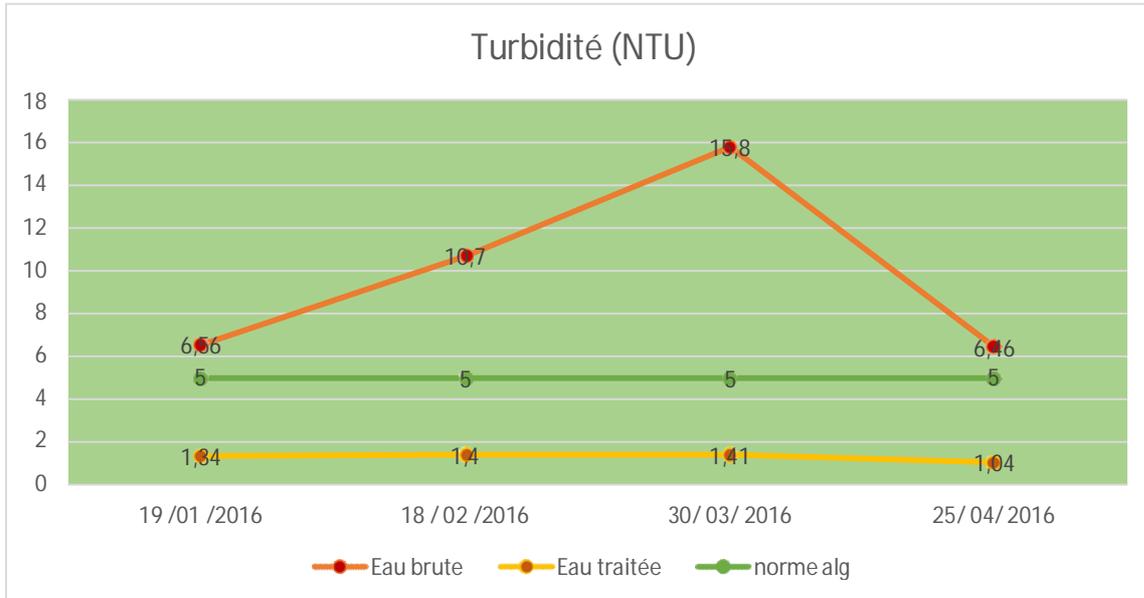


Figure 10. Évaluation de la turbidité des eaux brute et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

I.2. Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques

I.2.1. Résultats des analyses des paramètres physiques

Les résultats des paramètres physiques sont consignés au niveau du tableau 3.

- **Température**

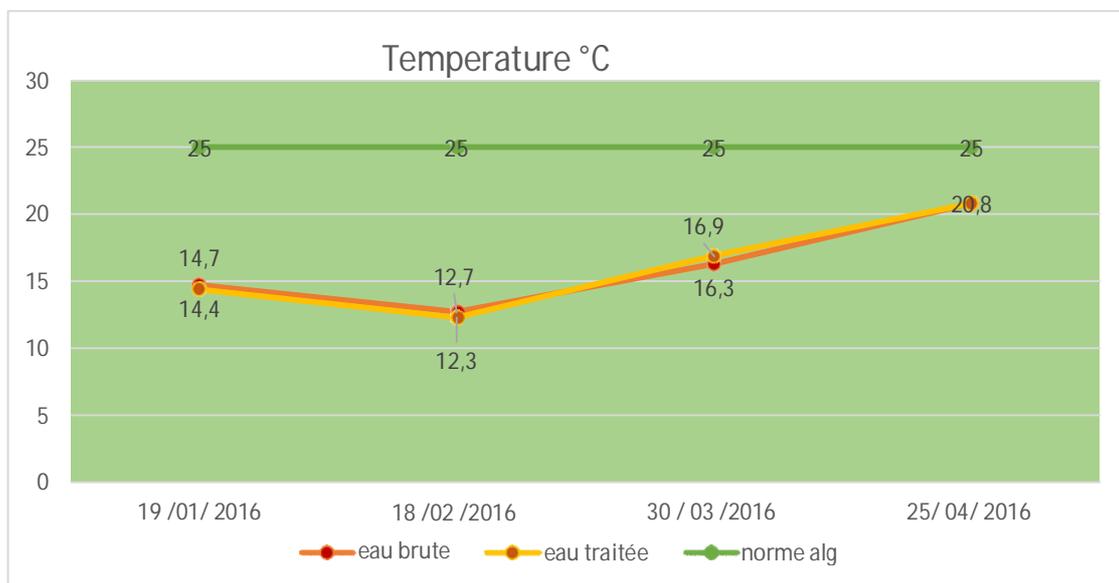


Figure 11. Évaluation de la température des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Selon la figure 11, nous remarquons que les eaux du barrage analysées qu'elles soit brutes ou traitées ne présentent pas une très grande variation de la température entre elles.

La figure 11 montre que la température des eaux analysées est comprise entre 12,3 et 20,8°C comme valeurs extrêmes minimales et maximales marquées respectivement au niveau des eaux brutes et traitées.

En effet, cette température est largement inférieure à 25°C comme valeur limite indiquée dans le JORAD.

- **Potentiel Hydrogène (pH)**

Les pH relevés au niveau de nos échantillons sont illustrés au niveau de la figure 12. Ils sont en moyenne de 7,90 pour les eaux brutes et de 7,97 pour les eaux traitées ; ce qui indique que les eaux du barrage de Bouhanifia ont un pH qui se rapproche de la neutralité.

Ainsi les valeurs du pH enregistrées sont comprises entre 6,5 et 8,5 considérées comme valeurs limites pour les eaux potables selon le JORAD.

En résumé, les pH des échantillons étudiés sont acceptables, et par conséquent, ne présentent aucune incidence négative ni sur les canalisations, ni sur le circuit de distribution ni même sur le consommateur.

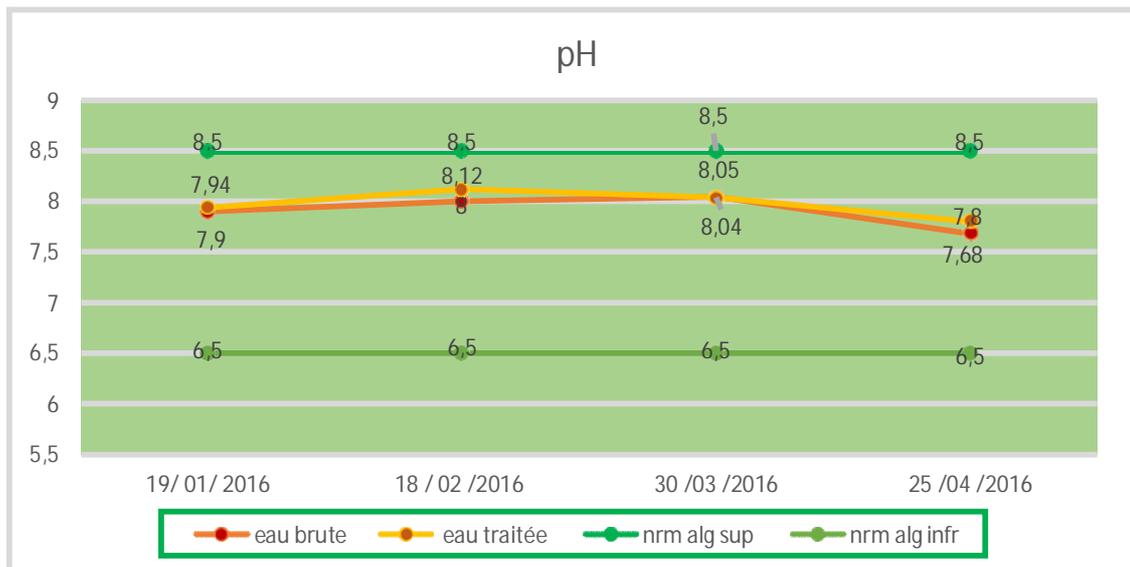


Figure 12. Évaluation du pH des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

• Conductivité électrique

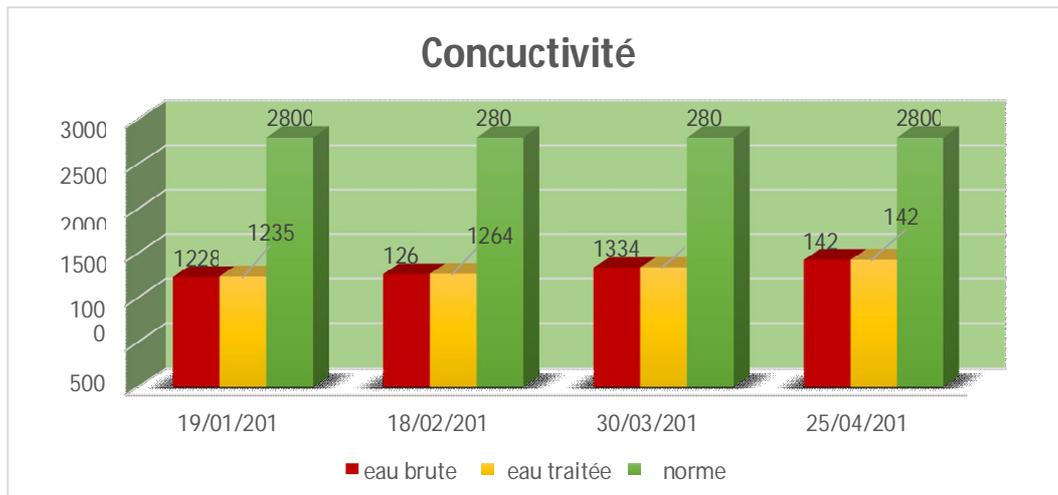


Figure 13. Évaluation de la conductivité des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia

La figure 13 représente l'évaluation de la conductivité des eaux brutes et des eaux traitées du barrage de Bouhanifia.

D'après la figure 13, nous remarquons que les valeurs de la conductivité enregistrés ne diffèrent pas entre les eaux brutes et les eaux traitées, elles sont presque semblables.

Nous remarquons que les eaux traitées sont plus au moins élevées que celle des eaux brutes, d'où une valeur extrême minimale de 1228 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une valeur maximale de 1425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux brutes, et de 1235 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 1427 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeurs extrêmes minimale et maximale marquées respectivement au niveau des eaux traitées.

La comparaison des valeurs obtenues avec la valeur limite décrite dans le JORAD, indique que celles-ci sont conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limite de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C.

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité d'une large variété de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans les solutions d'eau. Les substances dissoutes communes sont : sodium, chlorure, sulfates, calcium, bicarbonate, nitrites, phosphates, fer, et magnésium. Tous ces matériaux à certaines concentrations ont la capacité de porter un courant électrique. Une conductivité élevée signifie que l'eau est riche en sels minéraux.

- **Teneur de sels dissous (TDS)**

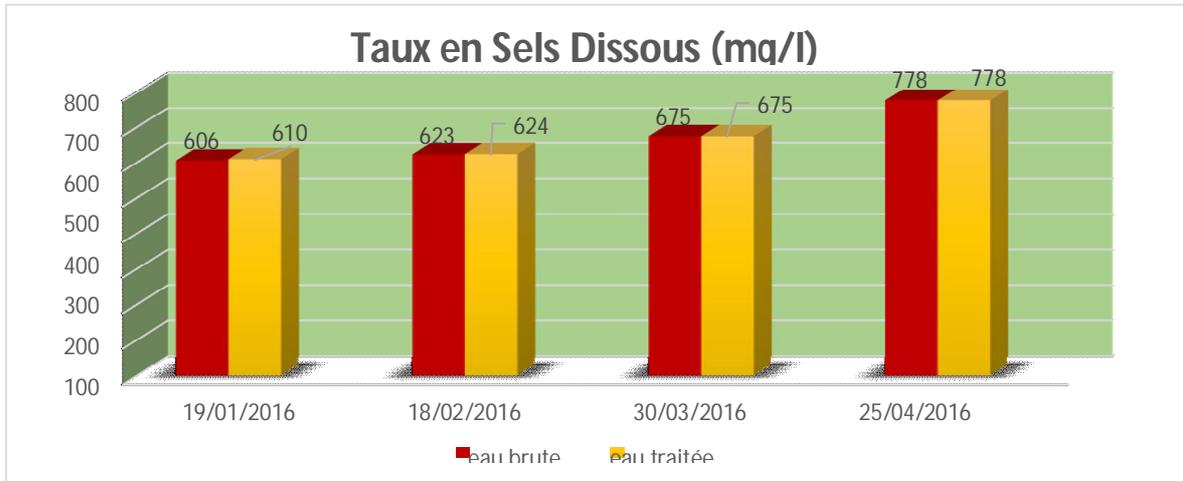


Figure 14. Évaluation de TDS des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

La figure 14 montre que les valeurs de TDS des deux eaux analysées sont très rapprochées, où nous enregistrons une valeur minimale d'environ 600mg/l et une valeur maximale de 778 mg/l. cela est dû à la répartition équitable des ions de l'eau.

Une augmentation du taux des sels dissous au fil des prélèvements est observée, ce qui s'explique par l'élévation des températures qui favorise la dissociation des matières solides.

La Teneur de sels est corrélée positivement avec la conductivité électrique.

- **Salinité**

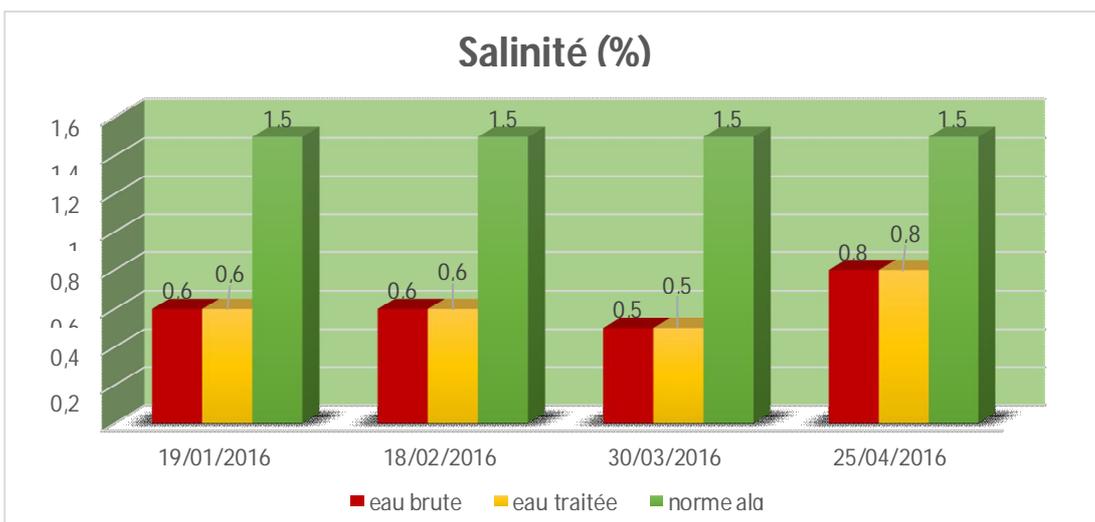


Figure 15. Évaluation de la salinité des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Les résultats observés donnés au niveau de la figure 15, montrent que la valeur minimale enregistrée est de 0,5 % prélevée le 30/03/2016 et une valeur maximale de 0,8% prélevée le 25/04/2016.

Ainsi, nous pouvons dire que les résultats obtenus répondent à la norme indiquée dans le JORAD estimée à 1,5 %.

Les valeurs notées pour les eaux brutes et les eaux traitées sont identiques et cela est dû aux mêmes sels présents dans l'eau, c'est-à-dire que le traitement n'a pas influencé les éléments minéraux présents.

- **Minéralisation**

En fait, le calcul de la minéralisation est fait à partir de la conductivité, en multipliant l'indice de minéralisation à la conductivité lorsque cette dernière est comprise entre 333 et 833.

La figure 16 montre que les valeurs de la minéralisation des échantillons analysés sont comprises entre 931mg/l comme valeur minimale et 1080 mg/l comme valeur maximale. Ainsi, nous remarquons une légère différence qui peut être négligeable entre les eaux brutes et les eaux traitées.

Les valeurs de la minéralisation sont croissantes au cours des prélèvements (du 19/01 à 25/04/ 2016), ce qui peut être due à l'augmentation de la température qui favorise la dissociation des sels donc à la teneur de ces sels.

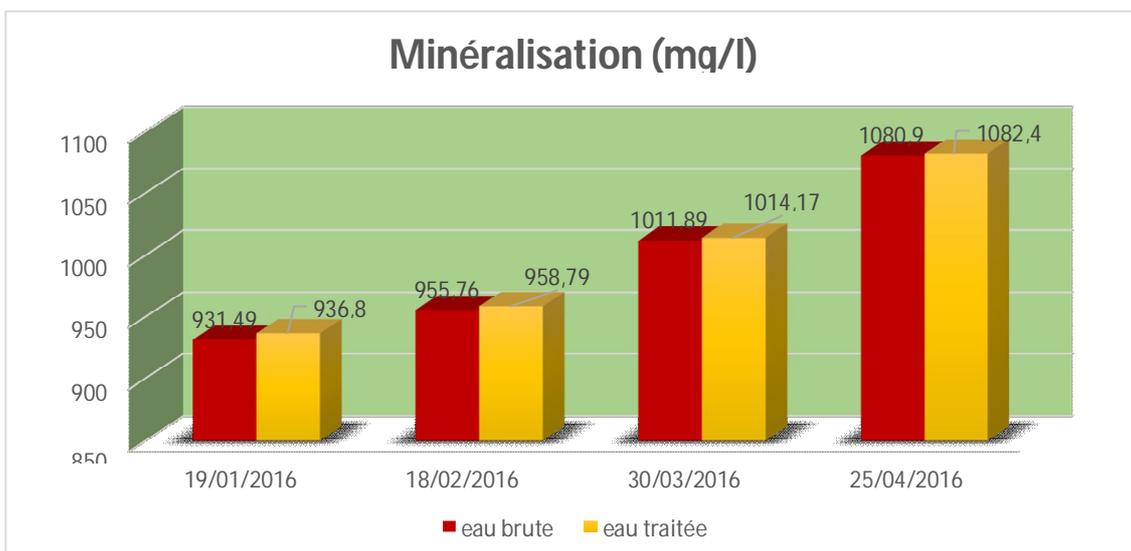


Figure 16. Évaluation de la minéralisation des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

I.2.2. Résultats des analyses des paramètres chimiques

- Résidus secs à 105°C

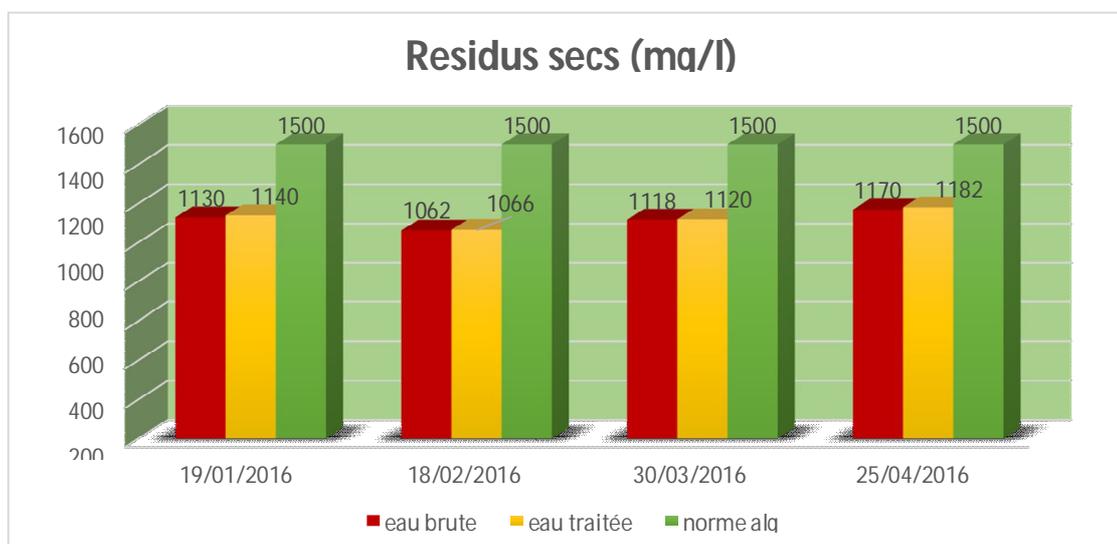


Figure 17. Évaluation des résidus secs des eaux brutes et les eaux traitées du barrage de Bouhanifia.

La détermination du résidu de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspensions non volatiles. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau, mais d'une façon différente.

Les résultats analytiques indiqués au niveau de la figure 17 révèlent une légère variation du résidu sec à 105 °C. Les valeurs vont de 1130 mg/l jusqu'à 1170 mg/l notée pour les eaux brutes et de 1140 mg/l à 1182 mg/l pour les eaux traitées.

Nous pouvons déduire que les eaux du barrage de Bouhanifia sont dans la norme qui est fixée dans le JORAD à 1500 mg/l.

- Alcalinité (TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}), et hydroxydes (OH^-).

Le TAC est un paramètre important pour l'eau distribuée dans les canalisations. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

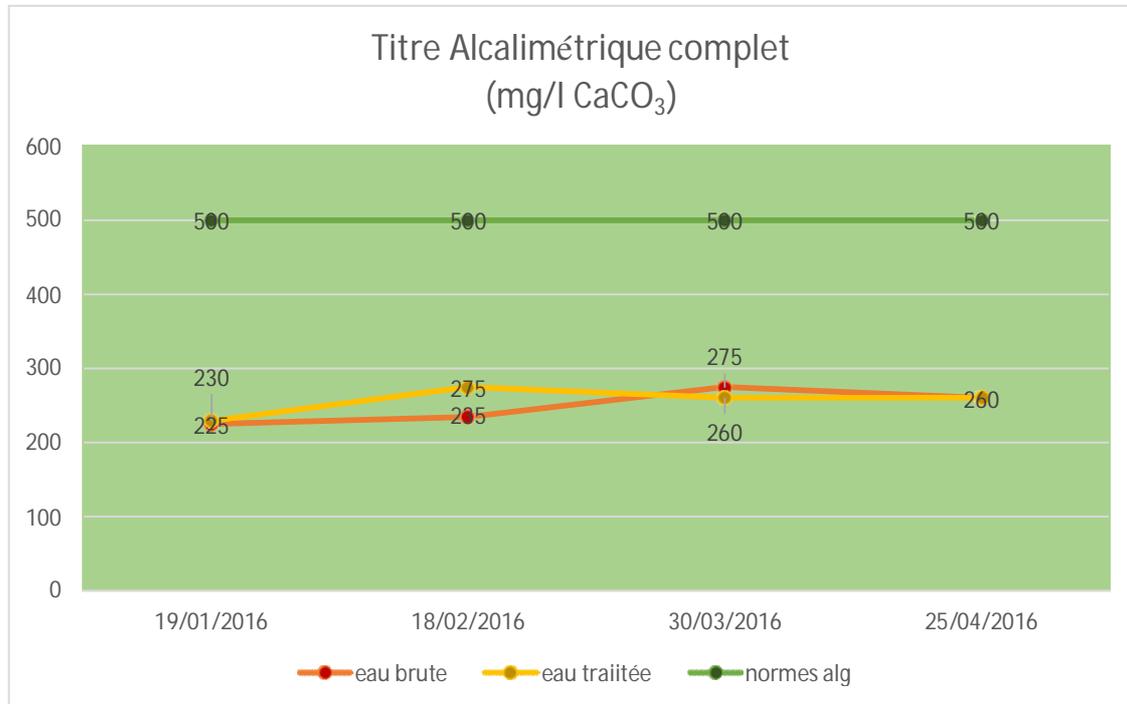


Figure 18. Évaluation de l'alcalinité alcalimétrique (TAC) complet des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Nous observons que les valeurs de TAC sont comprises entre 230 et 260 mg/l (Ca CO₃) pour les eaux brutes, et de 225 et 260 mg/l (Ca CO₃) pour les eaux traitées analysées. Ainsi, nous observons qu'à la date du 18/02/2016, la valeur du TAC de l'eau traitée est élevée par rapport à celle de l'eau brute, et vice versa pour le jour du 30/03/2016.

Nous pouvons déduire que les eaux du barrage sont moyennement riches en OH⁻.

Les résultats obtenus sont largement conformes à la norme algérienne qui est égale à 500mg/l (Ca CO₃) (figure 18).

- Titre hydrométrique (TH)

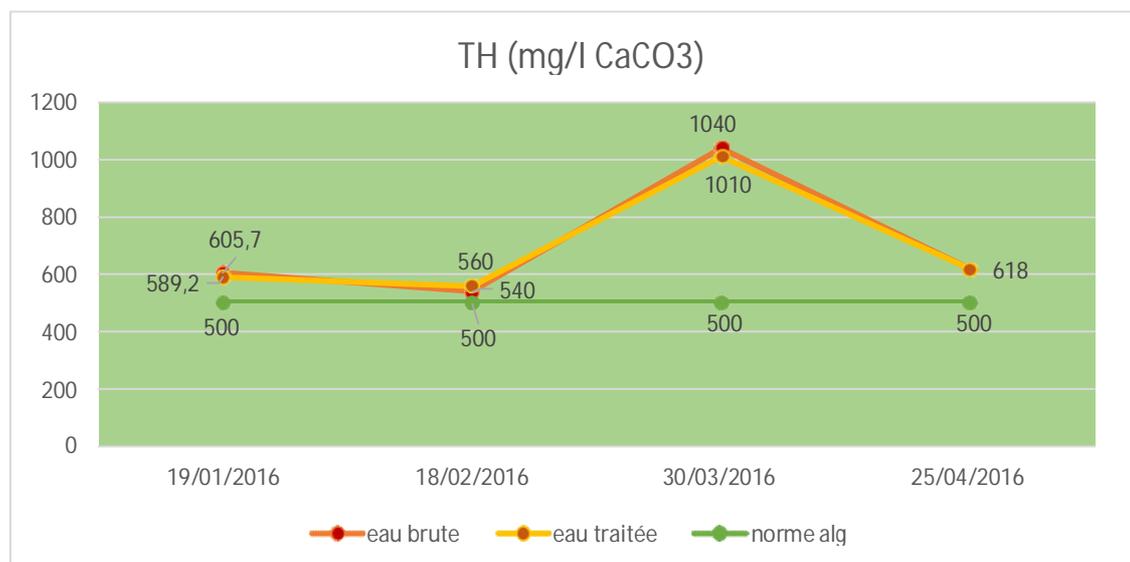


Figure 19. Évaluation titre hydrométrique des eaux brute et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia.

Le titre hydrométrique total exprime (approximativement) la teneur de l'eau en sels de calcium et de magnésium. Ces éléments précipitent avec le savon qui perd ainsi son pouvoir détersif et ne mousse plus que difficilement.

Notons qu'une faible dureté ne permet pas l'élaboration d'une couche carbonatée pouvant participer à la protection des canalisations contre les risques de corrosion. A l'inverse, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations.

D'après les résultats représentés au niveau de la figure 19, nous remarquons un pique dans les valeurs de TH des eaux analysées qui égale à 1010 et 1040 mg/l (Ca CO₃⁻) correspondants aux eaux traitées et brutes respectivement noté en date du 30/03/2016.

Comme nous le remarquons, les valeurs de TH ne présentent pas une très grande variation entre les eaux brutes et traitées, qui sont comprises entre 540 mg/l (Ca CO₃⁻) comme valeur minimale et 1040 mg/l (Ca CO₃⁻) comme valeur maximale.

De ce fait, les résultats obtenus sont au-dessus de la norme établie par le JORAD qui est estimée de 500 mg/l (Ca CO₃⁻).

D'après les analyses de l'eau traitée, nous avons TH > TAC ceci donne une eau hydrogénocarbonate calcique.

- **Ions Calcium (Ca^{++})**

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

La teneur des sels de Calcium est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par l'eau.

D'après Rejsek, l'influence du calcium sur la santé du consommateur a été souvent discutée, mais il n'a pas été démontré de relation Dose-Effet pour cet élément.

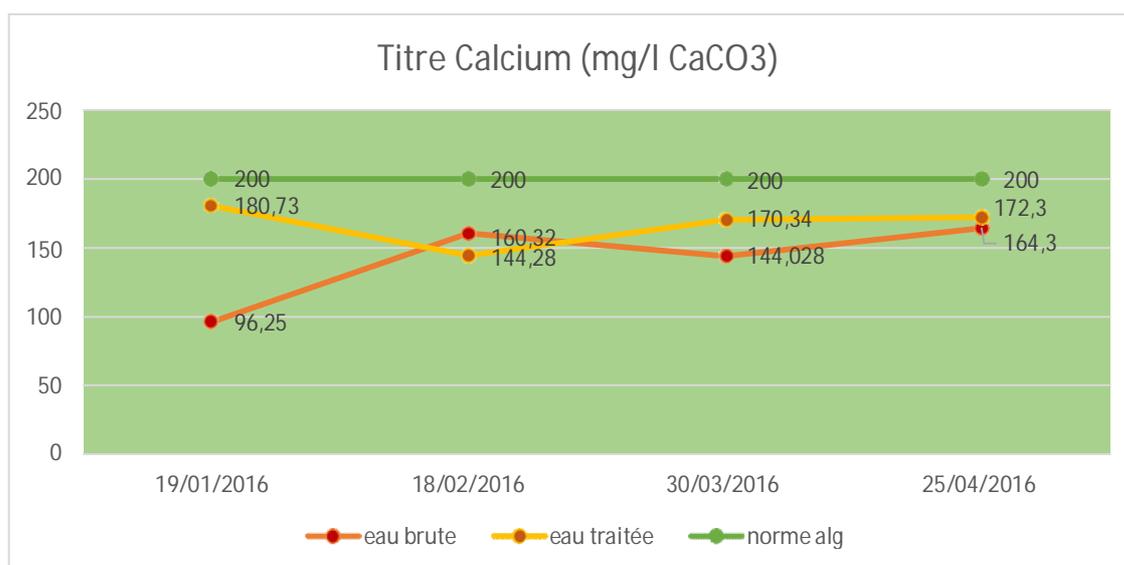


Figure 20. Évaluation titre Calcium des eaux brutes et les eaux traitée du barrage de Bouhanifia

La figure 20 montre que les valeurs du titre des ions de Ca sont élevés, dont nous enregistrons une valeur minimale qui part de 144,28 mg/l (Ca CO_3) jusqu'à 180,73mg/l (Ca CO_3) comme valeur maximale pour les eaux traitées ; et une valeur minimale de 96,25 mg/l (Ca CO_3) à une valeur maximale de 164,3 mg/l (Ca CO_3) qui ne dépasse pas les 170 mg/l (Ca CO_3) pour les eaux brutes.

Malgré les hausses valeurs dans les eaux traitées, elles restent conformes à la valeur décrite dans le JORAD. Et cela est dû à la préchloration qui se fait avec de l'hypochlorite de sodium.

- **Ions magnésium (Mg^{++})**

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, car il est très soluble dans l'eau. Pour le magnésium, comme pour le calcium, sa concentration est fonction de la nature géologique des terrains traversés. Il contribue à la dureté totale sans être l'élément majeur, sa teneur dans l'eau peut être importante, allant de quelques milligrammes à, quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre.

Le magnésium est nécessaire pour l'organisme et l'apport peut se faire par l'eau de consommation, mais dépassant une certaine concentration dans l'eau (100 mg/l) et pour des sujets sensibles. Il confère une saveur amère à l'eau.

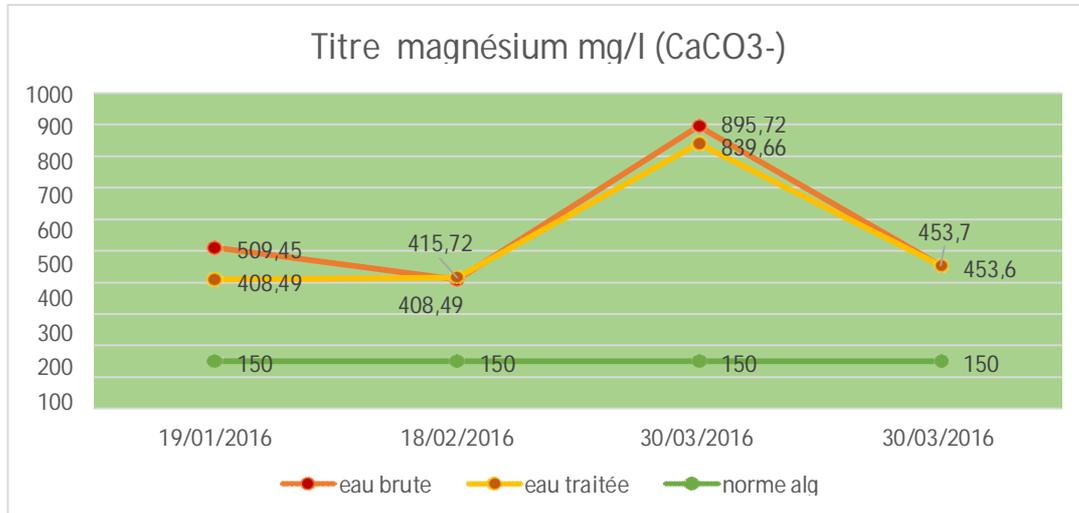


Figure 21. Évaluation titre Magnésium des eaux brutes et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

La figure 21 montre que la teneur en magnésium est très élevée jusqu'à avoir une valeur qui arrive au alentour de 900 mg/l (Ca CO₃-), qui est extrêmement grande.

Nous remarquons que les valeurs minimale et maximale de l'eau brute sont comprises entre 509,45 mg/l (CaCO₃⁻) et 453,07 mg/l (CaCO₃⁻) ; et celles de l'eau traitée sont comprises entre 408,49 mg/l (CaCO₃⁻) et 453,6 mg/l (CaCO₃⁻).

Les résultats obtenus pour l'analyse de magnésium dépassent énormément la valeur fixée dans le JORAD.

- **Ions Chlorures (Cl⁻)**

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/l, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1 000 mg/l.

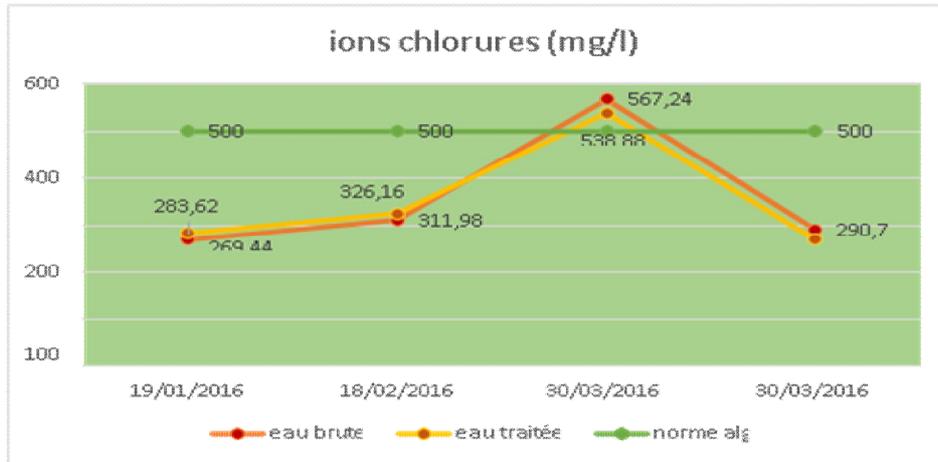


Figure 22. Évaluation des ions chlorures des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Les résultats représentés dans la figure 22, montrent que la valeur des ions chlorures minimale est de 269,44 mg/l et le maximal est de 567,24 mg/l qui évoque un pique dans les différentes valeurs de l'eau brute. C'est ainsi, pour l'eau traitée avec une valeur minimale de 283,62 mg/l et une valeur maximale de 538,88 mg/l.

Le JORAD a fixé la valeur limite à 500 mg/l, les résultats obtenus ne dépassant pas cette limite sauf dans le résultat du 4^{ème} prélèvement avec un taux d'environ 530 à 670 mg/l.

- **Ions sulfates**

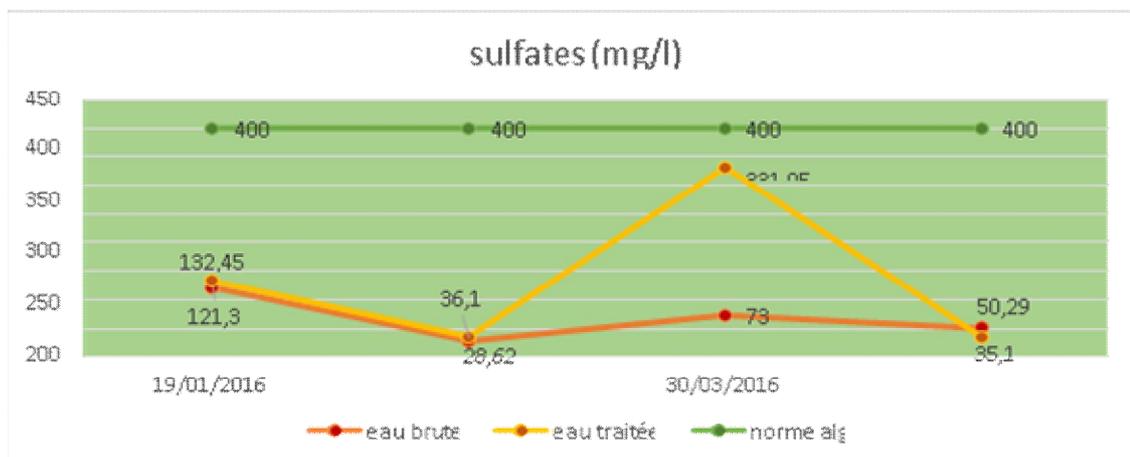


Figure 23. Évaluation des ions de sulfates des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia

La concentration en sulfates des eaux naturelles est très variable, et elle dépend des terrains traversés. Les ions sulfates sont liés aux cations majeurs Ca, Mg et Na. Le sulfate d'alumine est largement utilisé pour le traitement de l'eau et en fonction de la qualité de l'eau brute.

La teneur en ions de sulfate présentés dans la figure 24 est comprise entre 35,1 mg/l et 121,3 mg/l valeurs minime et maxime pour les eaux brutes, et entre 50 mg/l et 331,95 mg/l et qui représente un pique dans les valeurs des eaux traitées.

Les valeurs obtenues dans les eaux traitées sont élevées et c'est dû à l'ajout des réactifs (sulfate d'alumine) lors des étapes de traitement de l'eau utilisé à la station. Les valeurs enregistrées répondent à la valeur limite fixée par le JORAD.

I.3. Résultats des analyses des paramètres de pollution

Les résultats des analyses des paramètres de pollution sont consignés au niveau du tableau 5 (annexe3).

- **Matière organique**

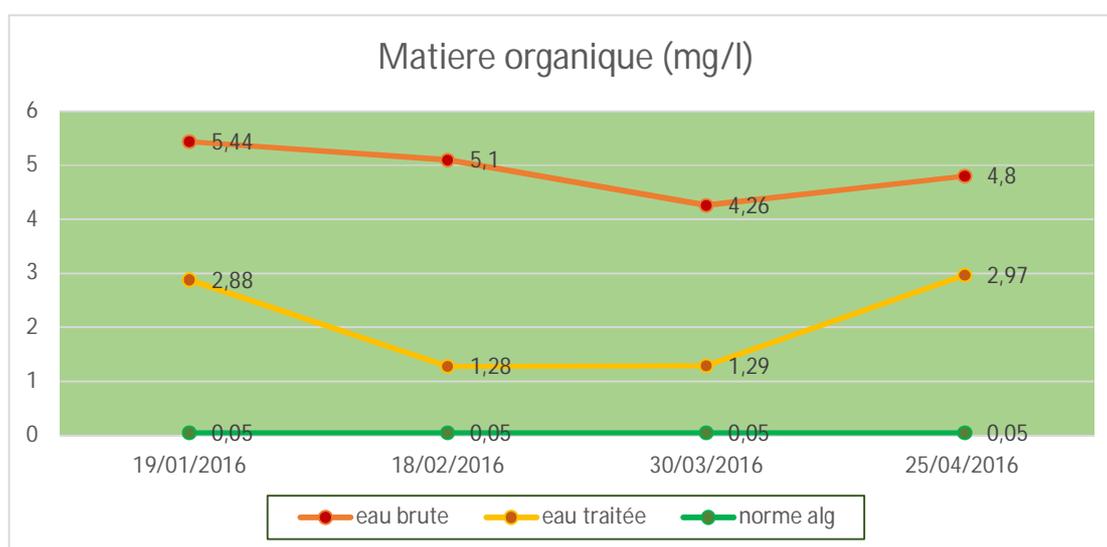


Figure 24. Évaluation de la matière organique des eaux brutes et les eaux traitée du Barrage de Bouhanifia.

Nous distinguons deux origines de la nature de ces matières : les matières organiques acides d'origine animale et les matières organiques basiques d'origine végétale.

D'après les résultats analytiques présentés ci-dessus, les valeurs de matières organiques des eaux brutes présentent une variation de 4,26 mg/l comme valeur minimale prélevée le 30/06/2016 et de 5,44 mg/l comme valeur maximale prélevée le 19/06/2016. Mais après le traitement, les valeurs diminuent jusqu'à avoir un minima de 1,28 mg/l prélevée le 18/02/2016 et un maxima de 2,97 mg/l prélevée le 19/01/2016.

Nous comparons les valeurs des résultats obtenus de la valeur limite décrite dans le JORAD, nous déduisons qu'elles la dépassent énormément car la présence de matière organique dans les

eaux potables devra être en trace.

- **Ammonium**

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se trouve sous deux formes : l'ion ammonium (NH_4) et la forme non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3). Ces deux formes traduisent un équilibre acido-basique.

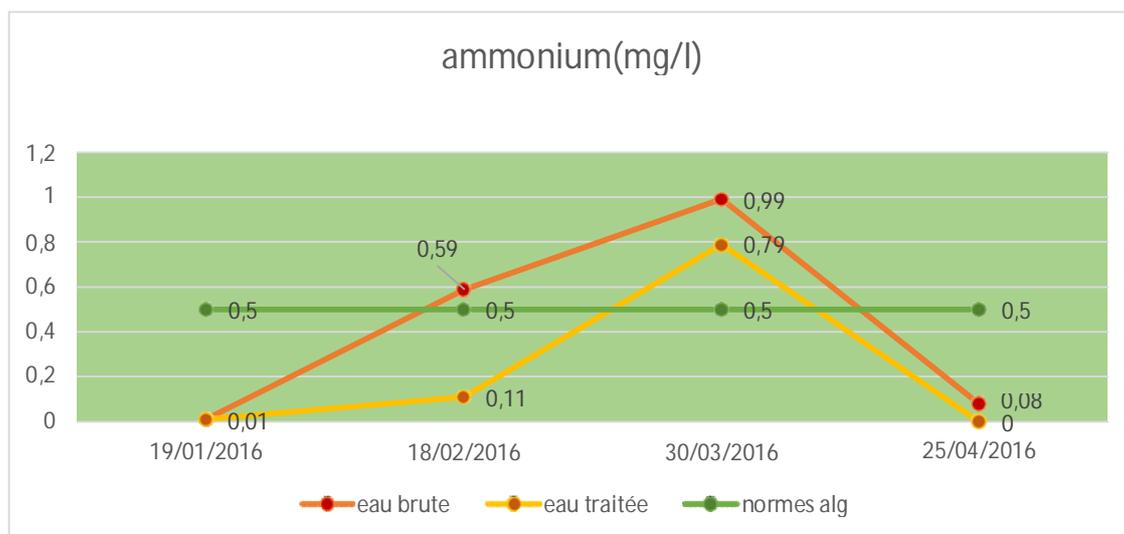


Figure 25. Évaluation de l'ammonium des eaux brutes et des eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Nous remarquons que les résultats représentés au niveau de la figure 25 que le prélèvement du 30/03/2016 des eaux brutes et traitées représente des pics avec une valeur de 0,99 mg/l pour les eaux brutes et de 0,79 mg/l pour les traitées.

Les résultats d'analyses effectués pour les eaux traitées sont inférieurs aux résultats des eaux brutes avec une diminution de 0,59 mg/l à 0,11 mg/l pour les eaux traitées, et cela est dû au bon traitement comme nous avons enregistré une valeur de 0 mg/l.

Les valeurs enregistrées répondent à la valeur limite fixée par le JORAD.

Le JORAD fixe la valeur à ne pas dépasser à 0,5 mg/l d'ammonium dans les eaux destinées à la consommation et les eaux analysées répondent à cette norme.

- **Nitrites**

Dans les eaux de surface, la teneur en Nitrites est en général inférieure à 1 mg/l. Ces nitrites sont générés par l'oxydation incomplète de l'azote, qui est un stade intermédiaire très fugace.

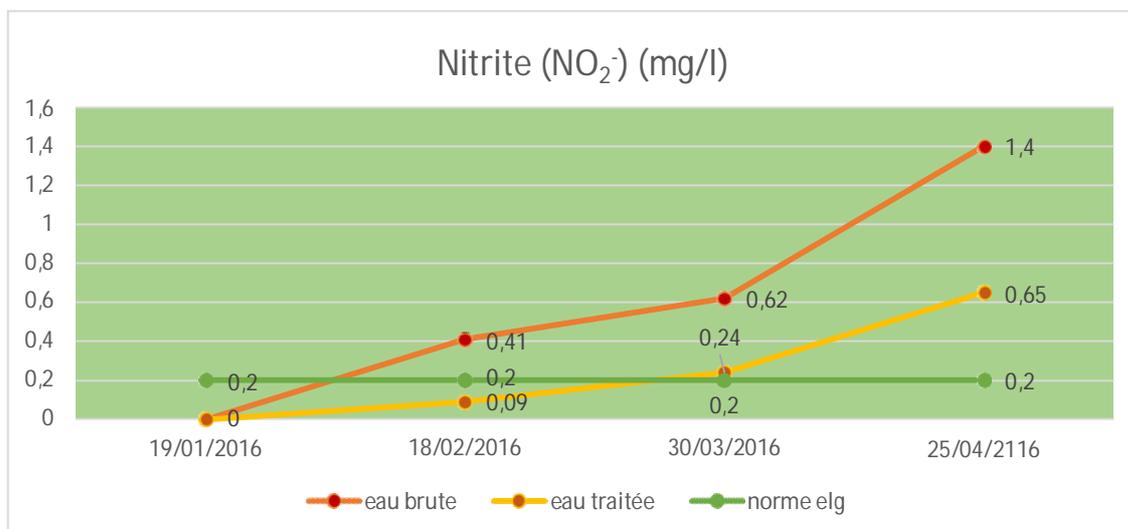


Figure 26. Évaluation des nitrites des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

La figure 26 montre que les résultats obtenus pour le paramètre de nitrites sont en croissance que ça soit pour les eaux brutes ou les eaux traitées et ceci selon les prélèvements effectués.

Les valeurs enregistrées sont comprises entre 0 mg/l comme valeur minimale et 1,4 mg/l comme valeur maximale des eaux brutes, et sont comprises entre la minimale de 0 mg/l et la maximale de 0,65 mg/l des eaux traitées et nous remarquons une diminution d'une valeur moyenne de 0,75 mg/l une fois que l'eau est traitée.

En moyenne, les résultats obtenus sont inférieurs à la limite fixée par le JORAD, même si nous trouvons une valeur qui dépasse la norme mais ça n'aura pas d'effet sur le consommateur car les nitrites ont un effet cumulatif sur l'organisme vivant.

- **Nitrate**

Les nitrates constituant le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont oxydés en NO₃ par Cl₂, ClO₂ et O₃.

Selon la figure 27, les valeurs de nitrates des eaux brutes varient de 4,1mg/l à 9,03 mg/l, et des eaux traitées de 4,2 mg/l à 10,47 mg/l.

Nous remarquons que les valeurs obtenues dans les eaux traitées sont élevées par rapport à celles obtenues dans les eaux brutes, ceci est dû aux étapes de la préchloration et de la chloration du traitement qui favorise l'oxydation des nitrates.

Les résultats analytiques obtenus sont largement inférieures à la norme décrite dans le JORAD.

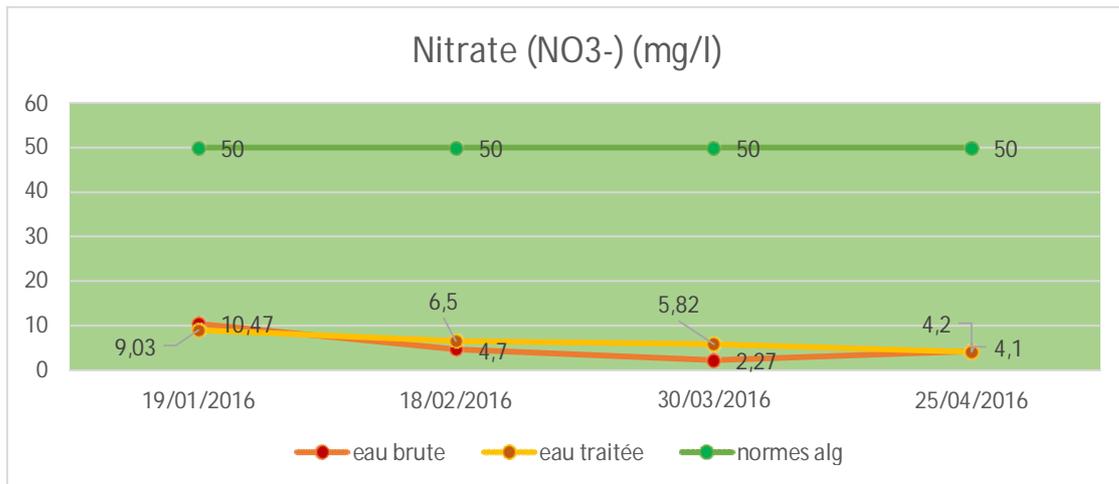


Figure 27. Évaluation des nitrates des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

- **Phosphore**

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates.

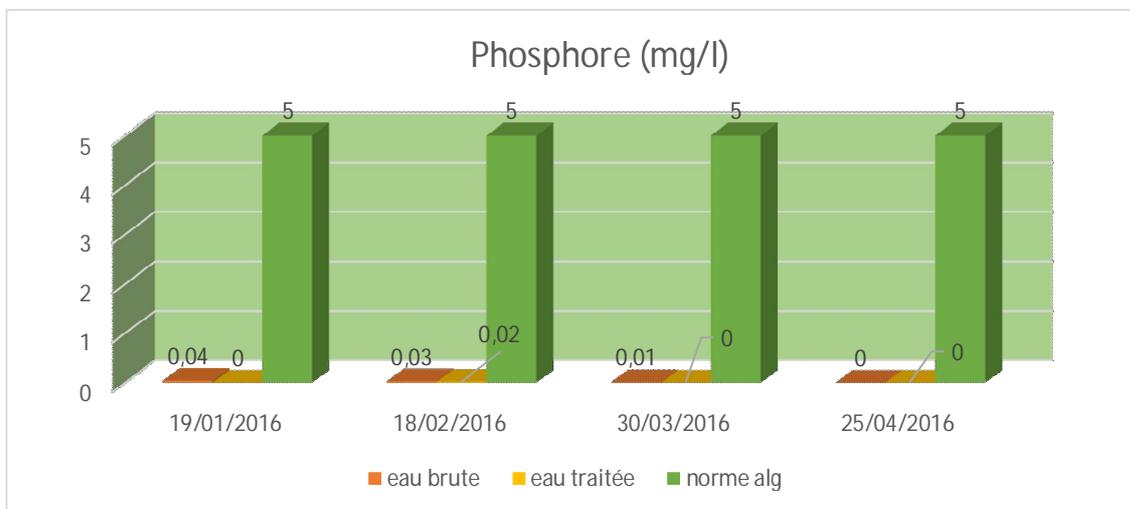


Figure 28. Évaluation de phosphore des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Nous remarquons que les valeurs du phosphore dans les eaux brutes varient entre la valeur extrême minimale qui est de zéro mg/l et la maximale de 0,04 mg/l.

En revanche les valeurs du phosphore dans les eaux brutes égales à zéro mg/l pour les trois prélèvements du 19/01/2016, du 30/03/2016 et du 25/04/2016 comme valeurs minimales et de 0,02 mg/l comme valeur maximale pour le prélèvement du 18/02/2016.

Nous pouvons dire que les valeurs obtenues sont des valeurs traces par rapport à la norme fixée par le JORAD (5mg/l).

- **Fer**

Le fer se trouve en solution dans les eaux appauvries d'oxygène, cet élément peut provoquer une coloration et est à l'origine des dépôts dans les réseaux de distribution d'eau potable et des corrosions qui peuvent en résulter. Par ailleurs, ils affectent la qualité organoleptique de l'eau.

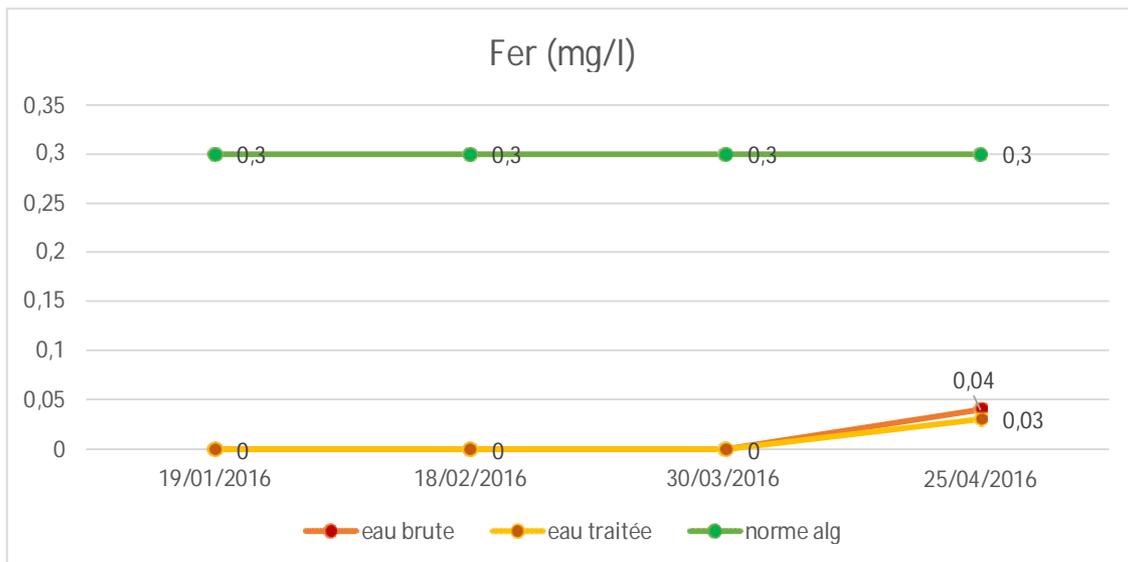


Figure 29. Évaluation de fer des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Faute de manque de réactifs, l'analyse du fer s'est faite à la fin de notre stage pratique, c'est ce qui nous a permis de réaliser uniquement une seule analyse pour le dernier prélèvement.

La valeur enregistrée est de 0,04 mg/l pour les eaux brutes et de 0,03 mg/l pour les eaux traitées (figure 29).

Cette valeur est considérée comme trace en l'a comparant à la norme algérienne qui est de 0,3 mg/l.

- **Chlore (résiduel)**

Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection. En distribution, la teneur résiduelle en chlore constitue un indicateur de non contamination du réseau après le traitement, et un témoin de l'efficacité de traitement bactéricide.

Il ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation, subsister plus de 0,6 mg/l à

1mg/l de chlore libre (HOCL, OCL-) au niveau de la station, car des problèmes d'ordre organoleptique peuvent apparaître chez le consommateur.

Le seuil de détection du chlore par la saveur étant de 0,2mg/l.

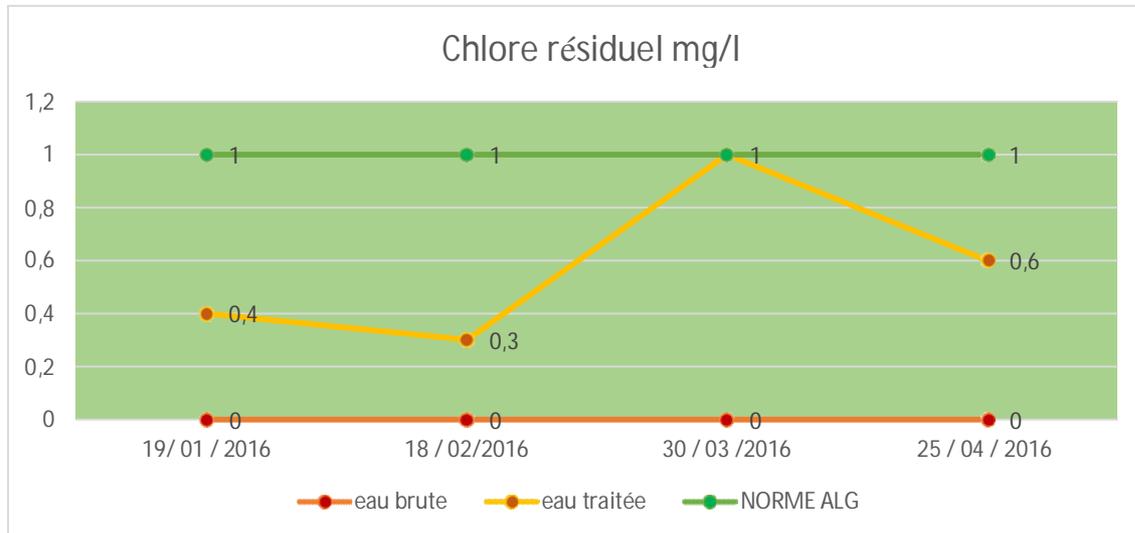


Figure 30. Évaluation de chlore résiduel des eaux brutes et les eaux traitées du Barrage de Bouhanifia.

Les eaux brutes ne contiennent pas de chlore résiduel car constitue un indicateur de non contamination du réseau après le traitement, et un témoin de l'efficacité du traitement (figure 30).

Mais les eaux traitées le contiennent, et sa valeur varie de 0,3 mg/l à 1mg/l valeur minimale et maximale.

Les valeurs obtenues sont inférieures à la norme établie dans le JORAD.

II. Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consiste à la recherche des Coliformes fécaux et totaux, des Streptocoques fécaux et des *Escherichia coli*.

Les résultats obtenus sont regroupés au niveau du tableau 6 (voir annexe).

➤ Dénombrement de Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Les eaux brutes contiennent plus de 300 UFC/100 ml, et pour les eaux traitées, nous avons enregistré un nombre de 16 UFC/100ml au 1^{er} prélèvement et 1 UFC/100 ml au 2^{ème} prélèvement et pour le reste nous n'avons enregistré aucune unité.

Le nombre de colonies enregistrées dans les eaux traitées est supérieur à la norme algérienne, et ceci indique que la désinfection a été mal effectuée.

➤ **Dénombrement de Streptocoques fécaux**

Ces germes sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme de bons indicateurs de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes

L'analyse des prélèvements de l'eau brute montre la présence des streptocoques fécaux, mais qui sont absents dans l'eau traitée sauf pour le deuxième prélèvement où ils sont présents.

En moyenne les eaux analysées répondent à la norme fixée par le JORAD.

➤ **Dénombrement d'*Escherichia coli***

Escherichia coli est une bactérie qui fait partie du groupe des coliformes totaux et constitue le seul membre de ce groupe retrouvé exclusivement dans les matières fécales des êtres humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales.

Nous remarquons d'après les résultats que les *Escherichia coli* sont présents seulement dans les eaux brutes et absentes dans les eaux traitées

Les résultats obtenus répondent à la norme 0 UFC/100ml indiquée dans le JORAD.

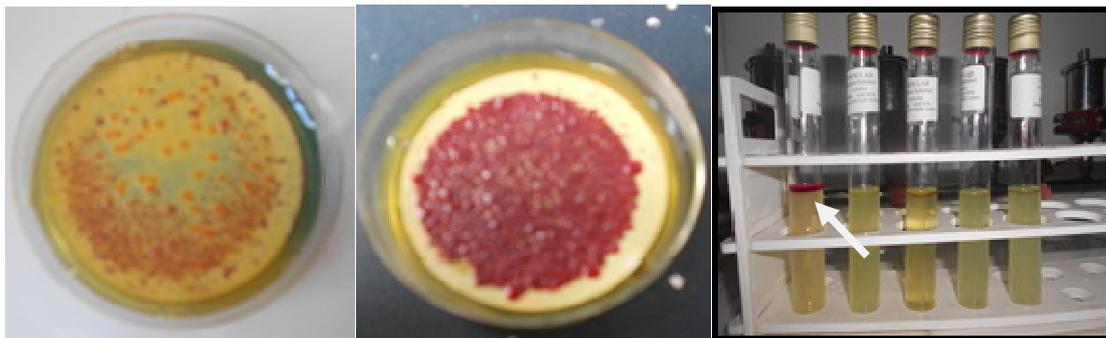


Figure 31. Coliformes totaux

Figure 32. Streptocoques fécaux

figure 33 : Réaction positif pour l'indole qui indique la présence *E. coli*

Escherichia coli

*CONCLUSION
GENERALE*

Au terme de ce travail, nous pouvons dire que la qualité de l'eau distribuée, en vue de la consommation humaine, répond amplement aux exigences locales et normes nationales, voire internationale comme celles de l'OMS. Cette eau constitue un élément très important pour la protection de la santé publique, pour la protection des réseaux et l'usage domestique de l'eau.

Selon les résultats des analyses effectuées, les eaux de la station de traitement Bouhanifia (Mascara) ont des caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques spécifiques. Cette bonne qualité, selon les paramètres étudiés, est due à la nature de l'eau brute du barrage et aux opérations de traitements effectuées au sein de cette station.

Néanmoins, la station de traitement de Bouhanifia, n'effectue pas les tests organoleptiques pour évaluer la qualité de l'odorat et du goût de l'eau. Outre, qu'ils peuvent servir de dernière vérification à la bonne neutralisation de l'eau. Ces contrôles nous paraissent essentiels car, ils sont prépondérants dans la détermination de la qualité perçue par la population.

En effet, des profils démographiques qui évoluent, des goûts qui changent, de nouvelles exigences de qualité, une réglementation qui progresse et la contrainte des prix : autant de facteurs qui pèsent sur la qualité de l'eau. Ce secteur est confronté à toute une série de défis. Les exigences des états vont croître et les préoccupations de sécurité de la population sont toujours au premier plan. Les traitants et distributeurs d'eau rechercheront toujours plus de souplesse sur les volumes à produire pendant que la qualité des eaux prend de l'importance.

Dans ce contexte, l'avantage concurrentiel est prioritaire : **mesurer pour mieux contrôler**, voilà un souci qui est au cœur des préoccupations industrielles. C'est la clé qui permettra de gagner de la valeur, de renforcer la qualité, d'améliorer la rentabilité et d'assurer la fiabilité.

Aussi, nous recommandons ce qui suit :

- Effectuer le contrôle des paramètres organoleptiques (goût et odeur) pour l'eau de la station.

- Pour prévenir le problème des Tri-Halo-Méthane (molécule dérivée du CH₄) qui peuvent subsister, même après une désinfection par le chlore, dans les conduites. Il y'a lieu remplacer la préchloration par la pré-ozonation.
- Ajouter un dispositif de traitement par charbon actif pour limiter la prolifération algale et microbienne.
- Élargir l'analyse qualitative à savoir :
 - Les métaux lourds ;
 - L'eutrophisation due à la prolifération des algues ;
 - Traitement à l'argile, sable et l'utilisation des membranes.
- Il serait intéressant d'étudier la qualité de l'eau qui arrive au consommateur pour pouvoir suivre l'évolution des différents paramètres de l'eau potable fournie.

Par ailleurs, nous souhaitons que notre travail soit poursuivi par d'autres étudiants et de consacrer des études sur la qualité des eaux du barrage. Cela permettra de compléter cette étude par la détermination des concentrations de certains éléments que nous n'avons pas pu faire (métaux lourds, pesticides, composés phénols, Tri-Halo-Méthane,...) et de faire les tests organoleptiques dans de meilleures conditions afin d'apprécier réellement la qualité de cette eau.

A

- Arouya. K. H 2011. Pollution des eaux. Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. E^d Universitaires Européennes pp. 124.
- Auckenthaler. A et Urs var Gunten 2010. Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable E^d Département fédéral de l'intérieur (DFI).
- Alpha S. M. 2005. Thèse de Doctorat en pharmacie sur : Qualité organoleptique de l'eau de consommation, Université de Bamako, (p77).

B

- Beaury.JP 1984. Traitement des eaux, Editeur : Copyright ; Année de publication : 1984 (231 p).
- Behra. Ph. 2013. Chimie et environnement : cours, études de cas et exercices corrigés, Dunod, (416p).
- Berne et Cordonnier 1991. Traitement des eaux. E^d Technique. Paris.
- Bonnin .J :1982. Aide-Mémoire Hydraulique Urbaine, E^d Eyrolles
- Bouziani. M 2000. L'eau de la Pénurie A la maladie E^d Eben Khaldoun.

C

- Chrestiano .L 2016. Quelles rivières pour demain réflexion sur l'écologie et la restauration des cours d'eau, E^d Quae, 2016. (288p).

D

- Dedet.J. P 2007. La microbiologie de ses origines aux maladies émergentes. E^d Dunod, Paris.

- Degremment 2008. Mémento technique de l'eau. 8^{ème}ed. 1978, T1. (p 860) 10^{Ed}. 2008 T1 (10247) 10^{ème} Edition T2.
- Degremment 2005. Mémento technique de l'eau ; 10eme édition 2005 ; tome2 (1024pages)
- Desjardins R. 1990. Le traitement des eaux 2^{ème}ed 1990 de l'école polytechnique de Montréal (304 p).
- Desjardins, R, 1997. Le traitement des eaux. ISBN 978-2-553-00643-2., 2^{ème} Edition.
- Desjardins, R, 1990, Le traitement des eaux 2^{ème} édition de l'école Polytechnique de Montréal. (304p).
- Dellaras, C et *al.* 2010. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, 2^{ème} édition. (588 p)
- Djellouli.R. et *al.* 2014. Analyse et évaluation des ressources hydriques dans la wilaya de Mascara, Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Département de Chimie, Faculté des Sciences Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbés 22000, Algérie, Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen (2007) 35 – 40.
- Devillers.J.J et Dutrieux.S.S 2005. Les données de l'IBGE : L'eau à Bruxelles, 2005. (16 p).
- David M. Dornbusch, Stephen M. Barrager: Benefit of water pollution control on property values United States. Environmental Protection Agency. Office of Research and Monitoring - Google Livres_filesD:\Benefit of water pollution control on property values - David M. Dornbusch, Stephen M. Barrager, United States. Environmental Protection Agency. Office of Research and Monitoring, 1973 (158p) - Google Livres_files.

G

- Gerad.G, 1999. L'eau : Milieu naturel et maîtrise, E^d INRA : Volume 1(999).
- Gommella. M, Gurree.H ; Les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurale E^d : EYROUE(6)
- Gommella. M, Gurree. H, 1983. Les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurales Ed EYROLLES 61 boulevard saint – Germain, 1983, 249 p.
- Guilbert. L, 2000. Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.

H

- Haslay. Leclerc, 1993. Microbiologie des eaux alimentaires, Edition Technique et Documentation Lavoisier (p 495).
- Hawa, S 2001 Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant période 2000 et 2001. (77p).
- Hem, J.D, 1972, Chemical factors that influence the availability of iron and manganese in aqueous systems. geol. soc. am. Spec. pap., 140: 17.
- Heschung, M, 2007. Master en Architecture et Développement durable : Guide pour la réhabilitation des moulins hydraulique en vue de la production d'électricité. (112 p)
- Rodier.J, Legube.B, Merlet.N. 2009. L'analyse de l'eau, 9^{eme} E^d, 2009. Editeur Dunod. (1526 p).

J

- Julien et al , 2004. eau ressource et menace ,2004 . (30p) PDF

K

- Kettab A., 1992. Traitement des eaux : les eaux potables. Edition Office des publications universitaires. Alger.1992.

L

- Ladjel, F et Bouchefer. S, 2014. Exploitation d'une station d'épuration à boues activité. Niveau OMA.2014.
- Leynad.G et Verrel J.L., 1980. Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions in Khalid AROUYA. Pollution des eaux. Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. E^d Universitaires Européennes 2011. pp. 124.

M

- McConnell, H.H, Lewis. 1972. Add salt to tast. Environnement, 14: 38.
- Merouani. M et Bouguedah. AEB, 2013. Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université Kasdi Marbah Ouargla. 2013. (59 p).

O

- OMS, 2002. Directive de la qualité pour l'eau de boisson Genève.
- OMS, 1979 Organisation mondiale de la santé. Sodium, chlorure et conductivité dans l'eau potable. Rapport d'un groupe de travail de l'OMS. EURO rapports et étude 2, bureau régional pour l'Europe, Copenhague.
- OMS, 1970. Directives de la qualité de l'eau. Deuxième édition Genève.

P

- Pettyjohn, 1971, Water pollution by oil-field brines and related industrial wastes in Ohio. j. sci., 71:257
- Pomerol, Ch. et Bellair.P : 1977. Elément de géologie, 5 Ed Colin, 1977.
- Pomerolle.Ch et Renard. M 1999. Elément de géologie ,11Ed, Masson, paris, Milan Barcelone, 1999.

R

- Ralston, J.G, 1971, De-icing salts as a source of water pollution. Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.
- Rejek.F 2002. analyse des eaux : aspects règlementaire et techniques : collection biologie technique, 2002.
- Rodier. J, 1997. L'analyse de l'eau (Eaux Naturelles, Résidu et eau de Mer) 8^{ème}ed, Dunod. Paris, 1997. Pp.
- Rodier.J 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers ; 8ème édition 2005 Éditeur Dunod. (1381 pages)
- Rodier .J, 1996 L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8^{ème} édition, Dunod, Paris.
- Roux .JC 1995. Les secrets de la terre ; l'eau source de vie : E^d BRGM 1995 (63 p).
- Salgh.S Professeur habilité à l'école nationale des sciences d'Agadir ENSA Université Ibn Zohr : Les différentes filières des eaux (22p).

S

- Santé canada, 1978. www.hc-sc.gc.gc/ewh-semt/pubs/water-eau/copper-cuire/index-fra.php.

- Sharma.BK. 1994. Water pollution, Krishna Prakasha Media, 1994. (359p)

T

- Tardat.H, Beaudry.JP, 1992. Chimie des eaux ; 2^{ème} édition le griffon d'argile.

V

- Vilagense, R, 2003. Eau, environnement et santé public ; introduction à l'hydrologie ; 2^{ème} édition ; édition médical international. (198P)

W

- Water pollution, couverture Dr. B.K. Sharma Krishna Média, 1994-359 p.

Z

- Zerki 2013. thèse de doctorat en chimie physique : apport de la chimiometrie pour l'analyse et l'interprétation de quelques paramètres physicochimiques influençant la répartition des métaux lourds, des éléments nutritifs et des anions dans eaux de l'oued de bouregreg, Université Mohammed v –agdal faculte des sciences rabat ,2013.

Site web

- Benzaid A. :<http://www.grotius.fr/quelles-sont-les-maladies-liees-a-l%E2%80%99eau/>
- OMS, 2016 :Aide-mémoire N°328 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs328/fr/>
- (1) <http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/amibiase>
- <http://popodoran.canalblog.com/archives/2013/03/21/26708113.html>

Annexe 1. Matériels et réactifs utilisés au laboratoire lors des différentes analyses**❖ Analyse volumétrique**

- Burettes
- Erlenmeyers
- Pipettes
- Béchers
- Aides pipette
- Éprouvettes
- Pissettes d'eau distillée
- Flacons pour les réactifs
- Distillateur
- Agitateur magnétique
- Barreaux magnétiques
- Compte-goutte
- Réactifs

❖ Analyse Colorimétrique

- Bain marie
- Cuves
- Spectrophotomètre
- Hotte

❖ Résidus secs

- Capsules
- Étuve à (105°C, 525°C)
- Balance de précision

❖ Paramètres de table

- Turbidimètre
- Appareil multi- paramètre : pH mètre, conductimètre,
- Chloromètre de terrain

❖ Analyse Bactériologique

- Bain marie
- Étuves (44°C, 37°C, 22°C)
- Réfrigérateur
- Autoclave
- Hotte
- Rampes de filtration avec pompe sous vide
- loupe
- Bec benzène
- Papiers filtre stériles d'un diamètre de 45µm
- Boites de pétris stériles
- Pince stérile
- Anse à boucle pour le repiquage
- Gel désinfectant pour les mains

Annexe 2. Modes opératoires

1. Mode opératoire de la conductivité :

On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée et on fait la mesure à l'aide de l'appareil multi-paramètre.

- On ajuste l'appareil à zéro.
- On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans un bicher de 50ml contenant l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- On attend jusqu'à ce que la conductivité se stabilise et la noter.
- On appuie sur le cliqué (cond, TDS, minl) pour mesurer les autres paramètres.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

2. Mode opératoire de la turbidité :

- étalonner le turbidimètre en introduisant en premier temps des réactifs standards accompagnés avec l'appareil (< 0.1 NTU, 20 NTU, 200 NTU, 4000 NTU formazine (100 ml) HACH).
- Puis bien agiter l'échantillon à analyser avant de remplir la cuve en verre de mesure qui doit être bien nettoyée et bien séchée, et il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.
- la mettre à l'emplacement dans le turbidimètre et effectuer rapidement la mesure.

3. Mode opératoire des résidus secs :

- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl), puis à l'eau distillée. La sécher. Prélever 50ml d'eau à analyser dans la capsule, placer cette dernière dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.
- laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante et la peser (M_1).

4. Mode opératoire de l'alcalinité (TA et TAC) :

- On prélève 100ml d'eau à analyser, à qui on ajoute 1 à 2 gouttes de l'indicateur coloré méthyle orange 1% qui donnera la couleur orange à la solution.
- On titre par l'acide chlorhydrique à 0,1 mol/l, jusqu'à observation de virage de couleur vers orange foncé

5. Mode opératoire de titre hydrométrique (TH) :

- On prélève 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de la solution tampon (pH=10) et 1 à 2 gouttes de l'indicateur coloré noir ériochrome T (NET). Bien mélanger, la solution doit se colorer en violet foncé.
- Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

6. Mode opératoire des ions de Calcium :

- On prélève 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser, on ajoute 2 ml de la solution Na OH à 2 N et une pincée de poudre d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout.
- La titration se fait par l'EDTA jusqu'au virage de la couleur rose qui deviendra nettement violet ; La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

7. Mode opératoire des ions de chlorure :

- On prélève 5ml d'eau à analyser, on ajoute 2 à 3 gouttes de chromate de potassium 100 g/l (K_2CrO_4). Il se produit une couleur jaune.
- On titre par les nitrites d'argents à 0,02 mol/l, tout en agitant la solution à l'aide d'un agitateur et ses barreaux magnétiques jusqu'à observation de virage de couleur rouge brique. On remarque comme un résidu blanc au fond de la verrerie.

8. Mode opératoire de l'Indice permanganate

- Acidifier l'échantillon avec 25 ml d'acide sulfurique et le porter à 98 °C,
- Ajouter 25 ml de permanganate de potassium (solution titrée) et maintenir l'ébullition pendant 10 minutes (\pm 15 secondes) : au cours de cette phase, le permanganate de potassium sera consommé par les matières oxydables contenues dans l'échantillon,
- Après 10 minutes d'ébullition, ajouté 25ml d'oxalate de sodium (solution titrée) en excès, pour réduire le permanganate de potassium qui n'a pas été consommé.
- Titrer les solutions encore chaudes avec la solution de permanganate de potassium 0,01N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistant environ 30 s. Noter le volume de

solution de permanganate consommé, soit : (V_{BL} pour l'eau distillée, V_T pour l'eau traité, V_B pour l'eau brute)

- Ajouter 25 ml d'oxalate de sodium pour l'échantillon d'eau distillée pour décolorer puis titrer une autre fois avec le permanganate de potassium, il s'agit donc d'un dosage en retour du permanganate de potassium non consommé par les matières oxydables.
- Noter le volume consommé, soit $V_{BL\text{ retour}}$.

9. Mode opératoire des ions de sulfates :

- On fait une dilution, en prélevant 10ml d'échantillon à analyser et ramener le volume à 100ml avec de l'eau distillée (les eaux de surface sont très riche en sulfate contrairement aux eaux souterraine) dans un erlenmeyer.
- On ajoute 5ml de solution stabilisante et agité une minute, puis ajouter 2ml de chlorure de bayrum et agité une minute pour la seconde fois.
- Procéder comme décrit à la calibration en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

10. Mode opératoire de l'ammonium :

- on prélève 25ml d'échantillon d'eau à analyser, et un autre échantillon d'eau distillée comme témoin dans une cuve à spectre.
- On ajoute 2à 3 gouttes de solution stabilisante puis de l'alcool polyvinylique, sa produira une couleur rose pale, on ajoute 1ml de nester-reactif et la couleur deviendra jaune pale (jaune transparent). Attendre une minute.
- Procéder comme décrit à la calibration en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

11. Mode opératoire des nitrites

- Appuyer sur programmes enregistrés, sélectionner le programme d'analyse (371 N Nitrite LR PP) ;
- Préparation de l'échantillon : remplir une cellule de 10 ml de l'échantillon ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrites NitriVer 3 dans la cellule, agiter pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre ;
- Une coloration rose se développera en présence de nitrites ;

- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, appuyer sur OK. Laisser réagir 20 minutes ;
- Préparation du blanc : remplir une cellule de 10 ml avec l'échantillon, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de la cellule, sélectionner sur l'écran : **Zéro**, indication à l'écran : 0,000 mg/l NO_2^- -N ;
- Essuyer l'extérieur de la cellule contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cellule, sélectionné sur l'écran Mesurer.

11. Mode opératoire des nitrates

- Appuyer sur programmes enregistrés, sélectionner le programme d'analyse (351 Nitrate LR) ;
- Remplir une éprouvette graduée de 25 ml jusqu'au trait de 15 ml avec l'échantillon ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif NitraVer 6 dans l'éprouvette ;
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, appuyer sur OK. Laisser réagir 3 minutes ;
- Agiter énergiquement l'éprouvette pendant 3 minutes ;
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**, Laisser réagir 2 minutes;
- Transférer ensuite 10 ml de l'échantillon dans une cellule propre avec soin ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif NitriVer 3 dans la cellule (l'échantillon préparé) ;
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**, une période de réaction de 30 secondes va commencer ;
- Agiter doucement la cellule pendant 30 secondes, une coloration rose apparaîtra en présence de nitrates ;
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, appuyer sur OK. Laisser réagir 15 minutes;
- Préparation du blanc : lorsque la minuterie retentit remplir une cellule de 10 ml avec l'échantillon original ;
- Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de la cellule;
- Sélectionner sur l'écran : **Zéro**, indication à l'écran : 0,00 mg/l NO_3^- -N ;
- Essuyer l'extérieur de la cellule contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cellule, sélectionner sur l'écran Mesurer.

12. Mode opératoire des phosphates

- Appuyer sur programmes enregistrés, sélectionner le programme d'analyse (490 P. réactif. PV) ;
- Remplir deux cellules de 10 ml avec l'échantillon à analyser,
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour phosphate PhosVer 3 dans une cellule, immédiatement boucher la cellule et l'agiter vigoureusement pour 30 secondes pour homogénéiser ;
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, appuyer sur OK. Laisser réagir 2 minutes ;
- Lorsque la minuterie retentit, on passe à la mesure.

13. 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 Coliforme 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 $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $21 \pm 3\text{h}$, 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 ensemercer dans un bouillon contenant le bouillon au tryptophane ;
- incuber 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. Le résultat est exprimé en nombre de bactérie *Escherichia coli* dans 100 ml d'eau.

14. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux

La recherche et le dénombrement des Entérocoques intestinaux est effectuée selon la méthode de filtration sur membrane

- **Préparation du milieu de culture**

- faire fondre le flacon contenant la gélose stérile de Slanetz et Bartley dans un bain marie à une température de 100°C, puis refroidir à une température de 50°C.

- couler la gélose dans les boîtes de pétri et laisser solidifier.

- **Déroulement de la filtration et incubation**

La recherche des entérocoques intestinaux nécessite la filtration de 100ml de l'échantillon sur membrane de 0,45µm.

-prélever la membrane avec une pince stérile, la déposer sur la boîte de pétri préalablement gélosée en s'assurant 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 $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h.

- **Dénombrement**

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

- **Confirmation**

Si les colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre à l'aide d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de pétri contenant la gélose Bile Esculine Azide (B.E.A) qui a été préchauffée au préalable à 44°C.

- incuber à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 2h.

- retirer la boîte de pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

- **Expression des résultats**

La mesure est exprimée en UFC pour 100 ml d'eau.

Annexe 3. Tableaux des analyses physico-chimiques et bactériologiques.**Tableau 1.** Résultats de la recherche des paramètres organoleptiques des échantillons analysés.

Paramètre	P1		P2		P3		P4		Norme	Unités
	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée		
Eau									-	-
Couleur	61,5	6	73,5	9,2	45	9	75,5	5,6	15	mg /l pt.co
Turbidité	6,56	1,34	10,7	1,4	15,8	1,41	6,46	10,4	5	NTU

Tableau 2. Résultats de la recherche des paramètres physiques des échantillons analysés.

Paramètre	P1		P2		P3		P4		Norme	Unité
	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée		
Eau									-	-
Temperature	14,7	14,4	12,7	12,3	16,3	16,9	20,8	20,8	25	°C
pH	7,9	7,94	8	8,12	8,05	8,04	7,68	7,8	6,5 -8,5	-
Conductivité	1228	1235	1260	1264	1334	1337	1425	1427	2800	μS/cm
TDS	606	610	623	624	675	675	778	778	-	μS/cm
Salinité	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,8	0,8	1,5	%
Minéralisation	931,49	936,8	955,76	958,79	1011,89	1014,17	1080,9	1082,4	-	mg/l

Tableau 3. Résultats de la recherche des paramètres chimiques des échantillons analysés.

Paramètre	P1		P2		P3		P4		Norme	Unité
	Brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée		
Eau									-	-
Résidus secs	1130	1140	1062	1066	1118	1120	1170	1182	1500	
TAC (CaCO	225	230	235	275	275	260	260	260	500	
TH (CaCO 3)	605,7	589,2	540	560	1040	1010	618	618	50	
TCa (CaCO	96,25	180,73	160,32	144,28	144,02	170,34	164,3	172,3	200	
TMg (CaCO	509,45	408,49	408,49	415,72	895,72	839,66	453,7	453,6	150	
Chlorures (Cl ⁻)	269,44	283,62	311,98	326,16	567,24	538,88	290,7	269,4	500	

Tableau 5. Résultats de la recherche des paramètres de pollution des échantillons analysés.

<i>Chimiques</i>										
Paramètre	P1		P2		P3		P4		Norme	Unité
Eau	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	-	-
Chlore résiduel	-	0,4	-	0,3	-	1	-	0,6		mg/l
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0	0	0,41	0,09	0,62	0,24	1,4	0,65	0,1	
Nitrates (NO ₃ ⁻)	10,47	9,03	4,7	6,5	2,27	5,82	4,2	4,1	50	
Ammonium +	0,01	0,01	0,59	0,11	0,99	0,79	0,08	0	0,5	
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	121,3	132,45	28,62	36,1	73	331,95	50,29	35,1	400	
Phosphores	004	0	003	002	001	0	0	0	5	
Fer (Fe)	-	-	-	-	-	-	0,04	0,03	0,3	
Matières organiques	5,44	2,88	5,1	1,28	4,26	1,29	4,8	2,97	0,05	

Tableau 5. Résultats bactériologiques des échantillons analysés.

Prélèvement	P1		P2		P3		P4		Norme	Unité
Eau	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée	-	-
<i>Coliformes totaux</i>	>300	16	>300	1	>300	0	>300	0	00	n /100 ml
<i>E. coli</i>	+	-	+	-	+	-	+	-	00	
<i>Streptocoques</i>	-	+	+	-	+	-	-	-	00	

Annexe 4. Normes de qualité (Journal officiel, mars 2011).

6		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18		18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011	
Tableau « B » Concours définitifs					
(En milliers de DA)					
SECTEURS	MONTANTS OUVERTS				
	C.P.	A.P.			
Soutien aux services productifs	6.500	6.500			
Infrastructures économiques et administratives	367.000	367.000			
TOTAL	373.500	373.500			
Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.					

Le Premier ministre,					
Sur le rapport du ministre des ressources en eau,					
Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;					
Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;					
Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;					
Vu la loi n° 09-03 du 29 Safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ;					
Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;					
Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ;					
Vu décret exécutif n° 08-148 du 15 Joumada El Oula 1429 correspondant au 21 mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau ;					
Après approbation du Président de la République ;					
Décète :					
Article 1er. — En application des dispositions de l'article 112 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine ainsi que les modalités de contrôle de conformité.					
Art. 2. — Les paramètres de qualité fixés par le présent décret sont applicables à l'eau de consommation humaine définie à l'article 111 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, à l'exception des eaux minérales naturelles, des eaux de source, des eaux dites "eaux de table" et des eaux thermales.					
Art. 3. — Au sens du présent décret, il est entendu par : — valeurs limites : valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes ; — valeurs indicatives : valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.					
Art. 4. — Les valeurs limites et les valeurs indicatives des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine sont annexées au présent décret.					
Art. 5. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine aux paramètres de qualité est effectuée au moyen d'analyses d'échantillons prélevés au niveau des points suivants : — au compteur particulier pour les eaux fournies par un réseau public de distribution ; — au point d'utilisation pour les eaux prélevées dans le domaine public hydraulique naturel en vue de la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou de la préparation, du conditionnement et de la conservation de denrées alimentaires ; — conformément à la réglementation en vigueur pour les eaux fournies à partir de citernes mobiles.					
Art. 6. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine incombe, suivant le cas : — à l'organisme exploitant tout ou partie du service public d'alimentation en eau potable ; — au titulaire de l'autorisation ou de la concession d'utilisation des ressources en eau ; — au titulaire de l'autorisation d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine par citernes mobiles ; — à toutes les institutions de contrôle habilitées par la législation et la réglementation en vigueur.					
Art. 7. — Lorsqu'il est constaté que l'eau de consommation humaine a cessé d'être conforme aux valeurs limites et aux valeurs indicatives fixées par le présent décret, l'organisme exploitant ou le titulaire d'autorisation ou de concession, concernés au sens de l'article 6 ci-dessus, sont tenus de suspendre la distribution de l'eau. Aucun rétablissement de la distribution de l'eau ne peut être effectué sans qu'une enquête ne détermine les causes de non-conformité et sans la prise de mesures correctives nécessaires en vue de rétablir la qualité de l'eau.					
Art. 8. — L'organisme exploitant du service public d'alimentation en eau potable est tenu d'informer les usagers, par tous moyens appropriés, de toute suspension de la distribution et/ou des mesures correctives décidées au titre de l'article 7 ci-dessus.					
Art. 9. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire. Fait à Alger, le 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011.					
Ahmed OUYAHIA.					

ANNEXE

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE-CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
Nickel	µg/l	70	
Plomb	µg/l	10	
Sélénium	µg/l	10	
Zinc	mg/l	5	

ANNEXE (suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (1,1,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,1,2) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl ₄	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	µg/l	100

ANNEXE (suite)

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2 - Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2 - Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4 - Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	