



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE



N° d'ordre :
N° de série :

UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE**

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de LicenseAcadémique

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie Appliquée

THEME

**Caractéristiques des eaux de consommation dans
la région d'El Oued**

Présenté par : Dirigée par :

- ✓ ALLAL Abderrahmane.
- ✓ AZIZA Hala.
- ✓ BELKHER Mohammed.
- ✓ HARZALLAH Cherifa.

M^{me} : LAOUFI H.

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, je tiens à exprimer ma gratitude et présenter mes vifs remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à sa réalisation, tout au long de notre chemin, ils nous ont eu la grande patience et la gentillesse de nous prodiguer conseils et encouragements. Nous tenons à leur exprimer toute notre reconnaissance.

Nos remerciements s'adresseront à notre directrice de mémoire Mme LAOUFI Hayat pour la confiance qu'elle nous a témoignée en répondant favorablement et sans hésitation à notre sollicitation, pour sa grande modestie et son aide précieux.

Nos remerciements les plus sincères s'adresseront au Directeur de l'entreprise d'Algérie des Eau (ADE) pour nous avoir permis de réaliser les analyses au sein du laboratoire. Un vif remerciement pour les Ingénieurs et les Techniciens de l'ADE, qui nous aider et orienter.

On voudrait également adresser un grand merci et un salut cordial et chaleureux à monsieur MAHDA Ismail, FARAJ Abdelkader, MAGDOUD Bilal et MOSBAHI Wadie à tous nos amis (es), de la promotion Toxicologie Appliquée et pour nos professeurs sérieux pour leurs encouragements et leurs soutiens, qu'ils trouvent ici l'expression de nos respectueuses gratitude.

RESUME

La qualité de l'eau distribuée aux consommateurs est considérée comme l'un des éléments essentiels pour la santé humaine.

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'eau de consommation (eau de robinet et eau de citerne) dans la région d'El Oued à travers des analyses physico-chimiques de certains paramètres, considérés comme indicateurs de la qualité de l'eau potable.

Les résultats obtenus révèlent des teneurs très élevées des résidus secs dans l'eau du robinet, ainsi que les chlorures qui n'ont pas de conséquence toxique pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l) mais elles nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée.

Enfin il faut signaler que si l'eau que l'on boit est non potable, elle peut entraîner l'apparition de maladies parfois mortelles.

Les mots clés : Eau, potable, El-Oued, physico-chimique

LISTE DE FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Structure de l'eau à l'état vapeur	05
Figure 2	Glace (Structure tétraédrique)	05
Figure 3	Carte géographique représentant la région d'El Oued	19
Figure 4	Diagramme Ombrothermique de la région d'El Oued.	21
Figure 5	carte sur la situation hydrogéologique l'aquifère de la région du Souf	22
Figure 6	pH mètre	26
Figure 7	Conductimètre	28
Figure 8	Chauffage et agitateur électrique	29
Figure 9	Les analyse de Ca ⁺⁺ et Mg ⁺⁺	30
Figure 10	Les analyse de Cl ⁻	31
Figure 11	L'expérience un spectrophotomètre	32
Figure 12	Variabilité du pH d'eau des trois échantillons étudiés	34
Figure 13	Variabilité de la conductivité électrique d'eau des trois échantillons étudiés	35
Figure 14	Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de Résidus sec	36
Figure15	Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de calcium Ca ⁺⁺ et magnésium Mg ⁺⁺	37
Figure 16	Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de chlorure Cl ⁻	39
Figure 17	Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de nitrate NO ₃ ⁻	40

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	les valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable	15
Tableau 2	les valeurs indicatives des paramètres organoleptiques.	16
Tableau 3	les valeurs indicatives des paramètres microbiologiques	16
Tableau 4	les valeurs indicatives des paramètres physicochimiques	
Tableau 5	Humidité relative moyennes mensuelles au niveau de la région d'El Oued	20
Tableau 6	Vent moyennes mensuelles au niveau de la région d'El Oued.	20
Tableau 7	Température moyennes mensuelle au niveau de la région d'El Oued	20
Tableau 8	Précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région d'El Oued.	21

LISTE DES ABREVIATIONS

PH : Potentiel Hydrogéné

MES : Matières en suspension

OMS : Organisation mondiale de la santé

T : Température

COND : conductivité

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

R. Sec : Résidus secs

TH : Dureté ou titre hydrométrique

TH_t : dureté totale

THCa : dureté calcique

TH Mg : dureté magnésienne

THp : dureté permante ou non carbonatée

TAC : Titre Alcalimétrique complet

AT : Titre Alcalimétrique

HCO_3 : ions hydrogénocarbonate

CO_3^{2-} : Carbonate

OH^- : Hydroxyde

SO_4^{2-} : Sulfate

Cl^- : Chlorure

Na Cl : Chlorure de sodium

KCl : Chlorure de potassium

Ca Cl_2 : Chlorure de calcium

PO_4^{3-} : Phosphate

HCO_3 : Bicarbonate

CO_2 : Dioxyde de Carbone

Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe , Mn , F^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+

$\mu\text{g/l}$: microgramme par litre

HC : Hydrocarbures

μv : Ultra Violeté

/100mol : nombre de germes par 100 millilitre

EDTA : Acide éthylène- diamine titra-acétique

Ba SO_4 : Sulfate de baryum

AEP : approvisionnement en eau potable

K_2CrO_4 : Chromate de Potassium

$\text{H}_2 \text{SO}_4$: Acide sulfurique

SOMMAIRE

Introduction générale	
Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Définition de la molécule d'eau.....	04
2. Caractéristique de l'eau.....	04
2.1. Caractéristique chimique.....	04
2.2. Caractéristique physique.....	04
2.3. Minéralisation des eaux.....	05
3. Eau potable.....	06
3.1. Définition ...	06
3.2. Paramètres de la qualité de l'eau potable	06
3.2.1. Paramètre organoleptique.....	06
3.2.2. Paramètre physico-chimique.....	07
3.2.3. Minéralisation globale.....	09
3.2.3.1. Anions.....	09
3.2.3.2. Cations.....	10
3.2.4. Paramètre microbiologie.....	12
* Eléments chimique affecté la qualité de l'eau.....	13
4. Normes de qualité de l'eau potable.....	15
4.1. Normes internationales.....	15
4.2. Normes nationales (Algérienne)	16
Chapitre II : CADRE D'ETUDE ET METHODOLOGIE	
Partie I : Présentation de la région d'étude	
1. Situation géographique.....	18
2. Facteurs climatiques.....	19
2.1. Humidité relative.....	19
2.2. Vents.....	20

2.3. Température	20
2.4. Précipitations	21
2.5. Expression synthétique du climat.....	21
3. Aspect hydrogéologique.....	22
3.1. Nappe du Complexe Terminal.....	23
3.2. Nappe du Continental Intercalaire.....	23
4. Constat de l'exploitation des nappes CI-CT.....	23
5. Exploitation des eaux souterraines	23
6. Aspect géologique.....	23
Patrie II : Matériel et méthodes d'étude	
1. Echantillonnage et prélèvement.....	24
2. Matériels utilisés.....	24
3. Méthodologie de travail.....	25
3.1. Méthodes d'analyses pour chaque paramètre.....	25
3.2. Technique d'analyses.....	25
3.2.1. Dosages physico-chimiques	25
3.2.1.1. Potentiel hydrique (pH).....	25
3.2.1.2. Conductivité.....	27
3.2.1.3. Résidu sec.....	28
3.2.2.1. Dureté ou titre hydrotimétrique	29
3.2.2.2 Chlorures	31
3.2.2.3. Nitrates	32
Chapitre III : Résultats et discussion	
1.1. Paramètres physico-chimique.....	34
1.1.1. Potentiel hydrogéné (pH).....	34
1.1.2 Conductivité électrique	35
1.1.3 Résidus sec	36
1.2. Minéralisations global.....	37

1.2.1. Dureté ou titre hydrotimétrique.....	37
1.2.2. Chlorure Cl^-	39
1.3. Paramètres de pollution	40
1.3.1. Nitrate NO_3^-	40
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Résumé	

INTRODUCTION GENERALES

L'eau, tout comme l'air, est un élément naturel consubstantiel à la vie. L'eau douce est une denrée rare tant par sa quantité que par sa qualité car il subit une dégradation d'une façon alarmant.

L'OMS définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé, il doit des normes relatives aux paramètres organoleptique, physico-chimique, microbiologie, et à des substances indésirables et toxique telle : nitrates, nitrites, arsenic ou le plomb. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies (KOMBASSERE, 2007).

L'eau potable n'est pas accessible à tous. En effet toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide peut transporter en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle.

Il faut rappeler que l'eau qui est une source de richesse et de bien être pour l'homme, peut être la cause de pauvreté, de malnutrition et de famines, si elle venait à manquer ou elle subit des altération (BOUZIANI, 2006), il semble donc que le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont indispensable pour la protection de l'environnement et la santé des êtres vivant.

C'est dans ce cadre qui s'appuie notre travail qui se veut une contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau de consommation (eau de robinet et eau de citerne) dans la région d'El Oued à travers des analyse physico chimique de certains paramètres, considérer comme indicateur de la qualité de l'eau potable.

Pour atteindre cet objectif nous avons subdivisés notre mémoire en trois chapitres. Le premier est consacré à une synthèse bibliographique sur des généralités relatives à l'eau. La présentation de la région d'étude, les différents paramètres physicochimiques analysés de l'eau sont présentées dans le second chapitre. Dans le

INTRODUCTION GENERALES

troisième chapitre nous présentons les résultats et la discussion. Nous terminons cette modeste contribution par une conclusion générale.

1. Définition de la molécule d'eau

La molécule d'eau, notée H_2O est composée de deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène (TOUCHAR,2003). Les atomes d'hydrogène sont chacune porteuse d'une charge positive tandis que l'atome d'oxygène est porteur de deux charges négatives (MUSY et HIG, 2004).

L'eau est un élément qui possède des propriétés particulières, compliquées par les teneurs en substances dissoutes (TOUCHAR,2003). On soulignera également que l'eau est le seul et unique élément qui existe sous les trois états : Solide, liquide et gazeux (MUSY et HIGY, 2004).

2. Caractéristiques d'eau

2.1. Caractéristiques chimique : Les particularités chimiques de l'eau sont :

- **L'eau Solvant :** Le pouvoir solvant de l'eau (molécule dipolaire) provoque l'altération partielle ou complète de divers liens entre les atomes (dissociation) et dans les molécules (ionisation) du corps à dissoudre (DEGREMONT, 2005).
- **Ionisation :** Un composé minéral dissout dans l'eau se dissocie plus au moins avec apparition d'ions chargés négativement (anions) et positivement (catins), le corps dissous transporte le courant électrique (DEGREMONT, 2005).
- **L'oxydoréduction :** Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans tous les domaines du traitement de l'eau, toutes les fois que sont impliqués (à titre d'impureté à éliminer ou de réactif de traitement) des éléments capables de changer de nombre d'oxydation : Carbone, azote, soufre (DEGREMONT, 2005).

2.2. Caractéristiques physique

La structure de l'eau dépend de son état physique.

- **L'état gazeux (vapeur) :** Obtenue à partir de $100^{\circ}C$ à la pression atmosphérique. Les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres (BAAISSA et BEN AISSA, 2007) Correspond exactement à la formule H_2O et en particulier au modèle angulaire (fig.01)(DEGREMONT, 2005).

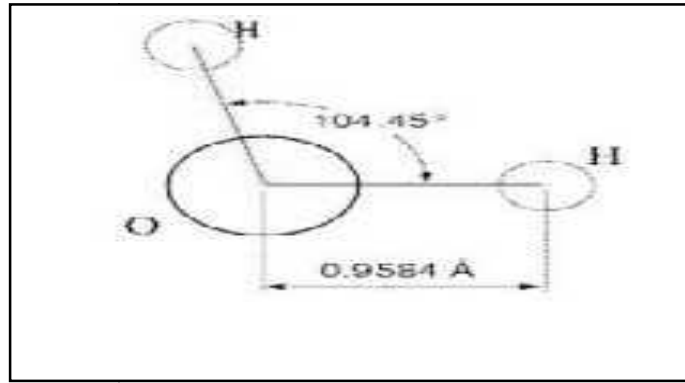


Figure01: Schéma montrant la Structure de l'eau à l'état vapeur.

- **L'état solide (glace) :** Obtenue en dessous de 0°C sous la pression atmosphérique (BAAISSA et BEN AISSA, 2007). Selon DEGREMONT (2005), l'arrangement élémentaire consiste en une molécule d'eau centrale et quatre périphériques, l'ensemble affectant la forme d'un Tétraèdre (fig. 02).

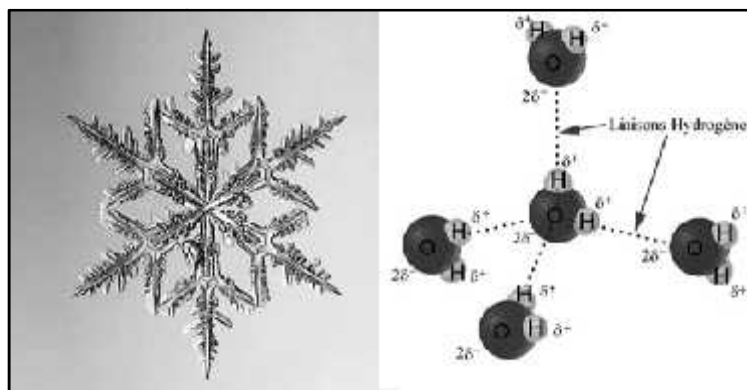


Figure 02: Shéma montrant la structure tétraédrique de la glace

- **L'état liquide :** Le modèle structural de base tétraédrique est analogue à celui de la glace; mais les petits agrégats de molécules libres, qui les remplacent progressivement au fur et à mesure que la température coït, jusqu'au point d'ébullition ou toutes les molécules d'eau deviennent libres en phase vapeur comme évoqué plus haut. (DEGREMONT, 2005).

2.3. Minéralisation des eaux

Si on définit une eau naturelle pure comme ne contenant ni matières en suspension (MES) ou colloïdes ni matières organique dissoutes (ce qui est les cas des eaux minérales et de beaucoup d'eaux de forage), cette eau ne renferme que des sels minéraux dissous et dissociés en cations et anions (BERNE et CORDONNIER, 1996).

3. Eau potable

3.1. Définition

Selon OMS (2013) l'eau potable est une eau ayant des caractéristiques microbiennes, chimique et physique qui répondent aux normes nationales relatives à la qualité de l'eau de boisson et aux directives de l'OMS. Une eau potable est une eau dont la composition et la qualité sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé des consommateurs (GROSCLAUDE, 1999)(Desjardins, 1997).

3.2. Paramètres de qualité de l'eau potable

La qualité de l'eau potable est estimée par un certain nombre de paramètres physique, chimique et biologique (BONNN, 1982) qui sont :

3.2.1 Paramètres organoleptiques

L'eau doit être « incolore, inodore et sans saveur » (GROSCLAUDE, 1999). Selon REJSEK (2002) les paramètres organoleptique correspondent à l'appréciation de la qualité de l'eau par les sens, essentiellement la vue, le gout l'odorat.

- **Couleur** : La couleur peut être l'indice d'une pollution par diverses substances chimiques ou par la présence de matière organiques colorées (substances humique et fulviques), de métaux ou de rejets industrie (industrie papetière et textile). Les métaux qui colorent l'eau, sont notamment le Fer (couleur rouge), qui provient soit de la composition naturelle des eaux, soit de la dissolution de tuyauteries métalliques des réseaux de distribution, et les manganèses (couleur noire) (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Odeur** : L'existence d'une odeur inhabituelle dans l'eau de distribution publique est révélatrice d'une dégradation de la qualité, l'odeur a pour origine soit biologique qui révèlent la présence de micro-organismes qui peuvent signifier une augmentation de la concentration en germe pathogène, soit par le chlore utilisé comme désinfectant peut générer des produits à haut pouvoir olfactif avec certaines molécules organiques (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Gout (Saveur)** : La saveur représente les sensations perçues à la suite de la stimulation des papilles gustatives par certaines substances solubles telle qu'une contamination occasionnelle par les métaux utilisés lors d'une construction ou l'entretien de réseau.

Sachant que l'apparition du goût provient aussi d'une croissance de micro-organismes à l'intérieur du système de distribution. Parfois, l'eau naturelle présente une saveur particulière. Le traitement au chlore de l'eau de distribution produit des substances organochlorées à haut pouvoir gustatif dans certaines conditions (GUELIL, et al., 2010).

Cependant, la saveur de l'eau n'est pas toujours révélatrice de sa qualité. De nombreuses substances minérales peuvent donner une saveur désagréable à des concentrations beaucoup plus faible que celle qui provoqueraient des effets toxiques (Direction Générale de la Santé, 2005). Au contraire, une eau au goût agréable peut se révéler non conforme aux normes de potabilité. Toutefois, la modification des caractéristiques gustatives constitue un bon indicateur de dégradation possible de la qualité (POTELON et ZYSMAN, 1998).

3.2.2. Paramètres physico-chimiques

- **Température** : Selon GROSLAUDE (1999), la température de l'eau potable doit être inférieure à 25°C au moment où elle est livrée à la consommation, alors qu'une augmentation de la température entraîne :
 - Croissance bactérienne induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voire d'hygiène.
 - Augmentation des odeurs dues aux composées volatiles.
 - Augmentation de la vitesse de formation des trihalométhanes avec une eau traitée au chlore (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Potentiel hydrogène (pH)** : Le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût et l'efficacité des procédés de traitement. Ainsi que sur les phénomènes de corrosion, agressivité et entartage des canalisations (GROSCLAUDE, 1999).

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. Par ailleurs, il peut intensifier une possible coloration et donner une saveur amère. L'intervalle de pH acceptable, des valeurs comprises entre 7,00 et 8,50 et comme limites supérieures des valeurs 6,50 et 9,00 sauf pour les eaux conditionnées.

- **Conductivité** : La conductivité électrique est une mesure physico-chimique de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique, elle est le signe de la présence d'ions dans l'eau et plus l'eau en contient, plus la conductivité électrique est élevée (THILL et EZIN, 2002). Selon POTELON et ZYSMAN (1998), elle reflète la

concentration de l'ensemble des minéraux dissous. La minéralisation de l'eau peut entraîner selon les cas un goût salé (variable selon la nature des sels présents), une accélération de corrosion, des dépôts dans les tuyauteries (entartage). On peut classer les eaux de boisson en fonction de leur conductivité (Direction Générale de la Santé, 2005).

- **Résidus secs :** La mesure des résidus secs après filtration correspond, quant à elle, aux matières dissoutes (dimension inférieure à 1mm). Les résidus secs constituent un indice représentatif de la minéralisation de l'eau, donc de sa charge en substances dissoutes. Certains sels agissent sur la corrosion ou l'incrustation dans les réseaux de distribution (POTELON et ZYSMAN, 1998). D'après l'OMS, une eau est considérée comme d'excellente qualité pour une teneur de l'extrait sec inférieure à 300 mg/l et inacceptable pour une teneur supérieure à 1200 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Dureté ou titre hydrométrique (TH) :** L'aptitude de l'eau à réagir et à faire mousser du savon. On appelle dureté la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1mg.L^{-1} , c'est le cas des ions calcium et magnésium, on distingue (REJSEK, 2002).

Une eau dure augmente la consommation de savons qui forment des sels de calcium insolubles non actifs. Elle forme, à partir de 55°C , des tartres dans les appareils de chauffage. Elle augmente le temps de cuisson des légumes par formation de pectases insolubles. Des points de vue gustatifs, il semblerait qu'une eau titrant 30°C hydrotimétrique serait plus agréable à boire (REJSEK, 2002).

- **Alcalinité :** C'est la capacité d'une eau à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). On distingue (REJSEK, 2002) :
 - Titre alcalimétrique complet (TAC) (alcalinité au virage du rouge de méthyle) : Correspond à l'alcalinité totale ou pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- .
 - Titre alcalimétrique complet (TA) (alcalinité au virage de la phénolphthaléine) : Correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . C'est un paramètre très important à déterminer pour connaître les caractéristiques d'une eau distribuée et prévoir ainsi son action sur les canalisations ainsi que les traitements à mettre en place pour l'amener à l'équilibre calco-carbonique (REJSEK, 2002).

3.2.3. Minéralisation globale

La minéralisation d'une eau, c'est-à-dire sa concentration, en sels solubles, les eaux d'alimentation devront contenir, sans excès, un certain nombre d'éléments minéraux sans que toute fois leur minéralisation totale, ou salinité, ou extrait sec, ne dépasse pas 2g/L (YOUBI, 2007)(GUELIL, et al., 2010).

3.2.3.1. Anions

- **Sulfates (SO_4^{2-})** : C'est un composé naturel des eaux, les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont liés aux cations majeurs : Calcium, magnésium et sodium. Les ions sulfates sont par eux-mêmes peu toxiques. Des doses comprises entre 1 et 2 grammes ont un léger effet purgatif chez l'adulte. Cependant, des concentrations inférieures peuvent affecter les enfants et les nouveaux consommateurs d'eau. La consommation régulière d'eau chargée en sulfates fait disparaître ces effets laxatifs (GUELIL, et al., 2010).

Les seuils de détection gustative pour les sulfates les plus courants vont de 200 à 500 mg/l pour le sulfate de magnésium. Il faut noter qu'il existe des eaux minérales pouvant contenir jusqu'à 1200 mg/l de sulfate. Des teneurs supérieures à 300 mg/l peuvent contribuer à la croissance des systèmes de distribution, surtout avec des eaux faiblement alcalines (POTELON et ZYSMAN, 1998).

- **Chlorures (Cl^-)** : Très répandus dans la nature, généralement sous formes de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). Généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquence toxique pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000mg/l).

Des concentrations élevées de chlorures nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée à partir de 250mg/l, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (POTELON et ZYSMAN, 1998).

- **Phosphates (PO_4^{3-})** : Le phosphore existe sous forme minérale ou organique. C'est un élément essentiel pour le métabolisme humain, dont les besoins quotidiens sont de l'ordre de 1 à 3 grammes. La plupart des eaux de boisson contiennent des doses inférieures à 0.1 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998). Le phosphore n'est pas toxique pour la faune et la flore mais il est responsable de la prolifération des algues (CARDOT, 2010).

- **Bicarbonates (HCO_3^-)** : Le bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action dissolvante des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir de minéraux contenant du carbonate. On le trouve souvent à une concentration de 5-500 mg/l (KEMMER, 1984).

3.2.3.2. Cations

- **Le calcium (Ca^{2+})** : Le calcium est un métal alcalino-terreux répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 150mg/l, est directement liée à la nature géologique des terrains traversés (POTELON et ZYSMAN, 1998).

La concentration en calcium dépendant de la température, pH et de l'alcalinité de l'eau, constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la corrosion (faible teneur) des canalisations. Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques et les protéger de la corrosion (POTELON et ZYSMAN, 1998). Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe vers 100 à 300 mg/l d'eau.

- **Magnésium (Mg^{2+})** : Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans en être l'élément essentiel. La part de l'eau pour une teneur de 50mg/l varie de 20 à 30%. En effet, le rapport magnésium / calcium est en général très inférieur à 1 (POTELON et ZYSMAN, 1998). A partir d'une concentration de 100 mg/l, le magnésium procure à l'eau une saveur amère pour des sujets sensibles. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes insuffisantes rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400mg/l, effet qui disparaît avec l'habitude. Les jeunes enfants y sont particulièrement sensibles (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Sodium (Na^+)** : Tous les sels de sodium sont extrêmement solubles dans l'eau (KEMMER, 1984). Ce métal, très abondant, ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates ...) le principal minéral contenant du sodium et l'un des plus répandus est le sel gemme (chlorure de sodium). Les concentrations dans l'eau de boisson sont normalement inférieures à 50mg/l (en moyenne 20mg/l) mais elles peuvent augmenter

au cours des traitement d'adoucissement des eaux calcaires (POTELON et ZYSMAN,1998).

- **Potassium (K^+)** :Le potassium est un élément naturel des eaux, ou sa concentration à peu près constante ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/l, sauf dans certains contextes géologiques particuliers ou elle atteint 20 à 25 mg/l.Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme (transmission de l'influx nerveux) dont les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 3à4 grammes par jour (POTELON et ZYSMAN,1998).
- **Fer (Fe^{+2} et Fe^{+3})** :La présence de fer dans l'eau du robinet peut être le signe d'une coagulation défailants,d'un mauvais contrôle de pH, d'une rupture de filtre ou d'une autre anomalie dans le processus d'épuration On rencontre normalement dans l'eau de boisson moins de 0,3mg/l (POTELON et ZYSMAN,1998).

Le fer entraine, à des concentrations supérieurs à 0,3 voire 0,1 mg/l,des effets indirects gênants pour l'usager (POTELON et ZYSMAN,1998).

- Neutralisation des désinfectants pouvant générer la prolifération des micro-organismes dans les réseaux de distribution.
- Conséquences de la corrosion dans les canalisations métalliques avec libération du métal.
- Distribution d'eau de couleur rouille, au robinet de l'utilisateur,qui tache la ligne et les installation de plomberie.
- Inconvénients d'ordre organoleptiques (gout métallique de l'eau, turbidité, coloration rouge).
- Réduction progressive des débits de conduite (formation de dépôts) en association avec le manganèse.
- **Manganèse (Mn^{2+} et Mn^{4+})** :Le manganèse est présent dans les eaux à l'état soluble, en suspension, ou sous forme de différents complexes, mais non à l'état libre.Fréquemment associé au fer, avec lequel il a la propriété de Coprécipiter.L'exposition par l'eau de boisson,normalement inférieure à 0,1 mg par jour (0,01à 0.05 mg/jour,dépasse très rarement 1mg (POTELON et ZYSMAN,1998).

A des concentrations supérieures à 0,15 mg/l,le manganèse entraine des effets indirects gênants pour l'usager (POTELON et ZYSMAN,1998).

- Neutralisation des désinfectants pouvant générer la prolifération des micro-organismes dans les réseaux de distribution.
- Phénomènes de corrosion dans les canalisations.

- Formation d'une couche noire (à partir de 0,005 mg/l) à l'intérieur de ces canalisations qui peut s'arracher et être entraînée sous forme de particules.
 - Distribution d'eau colorée noire au robinet de l'utilisation, qui tache le linge et les installations de plomberie.
 - Inconvénients d'ordre organoleptique (gout métallique, couleur noire).
 - Réduction progressive des débits de conduit (formation de dépôt) en association avec le fer.
- **Fluor (F⁻)** : Le fluor n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorures en association avec d'autres éléments (fluorure de calcium, d'aluminium, de sodium...). Les fluorures sont présents naturellement dans les eaux superficielles et peuvent atteindre parfois 10 mg/l voire exceptionnellement 100 mg/l dans les eaux profondes (POTELON et ZYSMAN, 1998).

On considère généralement qu'une faible teneur en fluor de l'eau d'alimentation (0,4 à 1 mg/l suivant le climat du pays considéré) est favorable à la formation de l'émail dentaire et protège les dents contre la carie. En revanche, un excès de fluor entraîne la destruction de cet émail et provoque un ensemble de troubles à caractère endémique que l'on group sous le nom de (Fluoroses): malformation dentaires, taches de l'émail, décalcification, minéralisation de tendons, troubles digestifs et nerveux.... Il faut rejeter ou traiter les eaux dès qu'elles contiennent plus de 1 à 1,5 mg/l de F⁻ (DEGREMONT, 2005).

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), les marges entre doses utiles et toxiques se résument comme suit:

- Moins de 0,5 mg/l : déficience en fluor pour prévenir les caries.
- Entre 0,5 et 1,5 mg/l : dose optimale pour prévenir les caries.
- Entre 1,5 et 4 mg/l : risque de fluoroses dentaire (taches sur l'émail).
- Plus de 4 mg/l : risque de fluoroses osseuses (douleurs osseuses et articulaires accompagnées de déformation).

3.2.4. Paramètres microbiologiques

- **Germes totaux**: La recherche des microorganismes bactériens aérobies dits « revivifiables » permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles des cultures et représente la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ce paramètre permet de mesurer les conditions sanitaires de la distribution (stagnation de l'eau, entretien déficient, présence nutriments....) et du résiduel de désinfection. Une concentration en germes totaux trop importante peut entraîner des

problèmes d'ordre organoleptique du système de distribution (POTELON et ZYSMAN, 1998).

➤ **Coliformes totaux** : Les bactéries coliforme existe dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sol,végétaux,eaux naturelles). Les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliforme.Cependant, l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas un risque pathogène car les kystes de certains parasites,notamment, sont plus résistants à la désinfection les coliformes. La présence d'un petit nombre de coliformes (1-10 /100 ml) dans les eaux souterraines non traitées n'a qu'une signification réduit sur le plan sanitaire, lorsqu'elle ne s'accompagne pas de coliformes fécaux (BARAKAT et al., 2013).

✓ **Coliformes fécaux** : Ces coliformes sont capable de se développait à 44°C alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est Escherichia coli (E. coli).Cette bactérie apparait toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale(BARAKAT et al., 2013).

Les coliformes fécaux ou thermo tolérants constituent un bon test de contamination des eaux par les matières fécales (BARAKAT et al., 2013).

✓ **Streptocoques fécaux** :Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce groupe n'est généralement pas considérécomme pathogène. Les streptocoques fécaux appartiennent à un groupe de streptocoque qui ne sont pas tous d'origine fécale (groupe D). Toutefois, leursrecherche associée àcelle des coliformes fécaux constitue un bon indice de des contamination fécale. Certaines études ont même montré que les streptocoque étaient témoin quelles coliforme fécaux pour de pathologieinfectieuse d'origine hydrique (BARAKAT et al., 2013).

❖ ELEMENT CHIMIQUE AFFECTENT LA QUALITE DE L'EAU

Selon LOUNNAS(2009), le problème de pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. Les sources de pollution sont d'origine : Industrielles, agricoles, et domestiques, ces sources rejettent dans la nature des polluants qui affecte la qualité de l'eau naturelle.

✓ **Nitrates (NO_4^{-2})** :L'azote est présent en abondance dans la nature sous forme gazeuse, organique (POTELON et ZYSMAN, 1998). Les effets des nitrates ne sont pas en-mêmes dangereux pour la santé mais c'est leur transformation en nitrates dans

l'organisme qui présente un risque potentiel. La dose journalière admissible est de 225mg/jour pour un adulte (POTELON et ZYSMAN, 1998).

- ✓ **Nitrates (NO₂):** Les nitrates (NO₂) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité de microbiologique (OFSP, 2010).
- ✓ **Ammonium (NH₄⁺):** Sont désignées sous le terme ammoniaque des formes ionisées (ion ammonium, NH₄⁺ et non ionisées (NH₃). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux. L'ammonium est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée. La présence d'azote ammoniacal en quantité relativement importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle (POTELON et ZYSMAN, 1998).

L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones anaérobies dans certaines parties des réseaux de distribution et peut provoquer la corrosion des conduites (surtout si elles sont en cuivre). L'azote ammoniacal peut servir de nutriment pour des micro-organismes, responsables des saveurs et odeurs désagréables (OFSP, 2010).

- ✓ **Pesticides :** Les pesticides est le terme le plus couramment employé pour désigner les produits utilisés pour la protection des cultures, Ils sont également dénommés : Les substances phytosanitaires. L'accumulation de certains d'entre eux dans la chaîne alimentaire, constitue le risque principale chez l'homme : des effets mutagènes cancérogènes sont possible à long terme (VILAGINES, 2003).

La toxicité des pesticides n'est pas la même selon leur nature est leur formule chimique. Dans l'ensemble, les produits organochlorés ont une toxicité chronique plus importante que les produits organophosphorés. Les pesticides peuvent générer des nuisances organoleptiques (odeur, saveur), avec des seuils de détection allant de 0,1 à 1000µg/l suivant les produits (GRANDORGE et LANDOT, 2007).

4. Normes de qualité de l'eaux potable

4.1. Normes internationales

L'organisation mondiale de la santé au OMS, à instaurer quelque lignes directrice concernant la qualité requise pour que l'eau soit dit potable. Ces lignes directrices sont les références internationale qui garantirent une eau saine est donc potable.

Tableau 01: Les valeurs limites des éléments chimiques dans l'eaupotable (OMS, 2006)

ELEMENT/ SUBSTANCE	SYMBOLE/ FORMULE	LIGNES DIRECTRICES FIXEES PAR L'OMS
Aluminium	Al	0.2 mg /l
Ammonium	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0.02 mg /l
Arsenic	As	0.01 mg / l
Amiante		Pas de valeur guide
Baryum	Ba	0.7 mg /l
Béryllium	Be	Pas de valeur guide
Bore	B	0.5 mg /l
Cadmium	Cd	0.003 mg /l
Chlore	Cl	Pas de valeur mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ³⁺ ,Cr ⁶⁺	Chrome totale :0.05 mg /l
Couleur		Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	2 mg /l
Cyanure	CN ⁻	0.07 mg /l
Oxygène dissous	O ₂	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	1.5mg /l
Dureté	Mg/1CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg /l
Fer		Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0.01 mg /l
Manganèse	Mn	0.4 mg / l
Mercure	Hg	Inorganique :0.006 mg /l
Nickel	Ni	0.07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ ,NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	0.01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	500 mg /l
Etain	Sn	Pas de valeur guide, peu toxique
TDS		Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

4.2. Normes nationales (Algérienne)

Le premier objectif visé lors de la fixation des limites de qualité des destinées à la consommation humaine est de préserver la santé des consommateurs. Mais les valeurs associées à chacun des vingt-six paramètres n'ont pas été établies exclusivement sur des arguments sanitaires.

En effet, les différentes contraintes liées à la protection de la santé publique, ont également été prises en compte pour des raisons techniques ou économiques.

Les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine existant en Algérie sont fixées dans le 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. Les vingt-six paramètres sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau 02 : Les valeurs indicatives des paramètres organoleptiques (BARAKAT *et al.*, 2013).

PARAMETRES	UNITE	VALEUR INDICATIVES
Couleur	mg/l platine	15
Turbidité	NTU	5
Odeur à 12°C	Taux dilution	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	4

Tableau 03: les valeurs indicatives des paramètres microbiologiques (BARAKAT *et al.*, 2013).

PARAMETRES	UNITES	VALEUR INDICATIVES
Escherichia Coli	n/100ml	0
Entérocoques	n/100ml	0
Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 04: Les valeurs indicatives des paramètres physicochimiques.

PARAMETRES	UNITES	VALEUR INDICATIVES
Température	°C	25
Concentration en ion hydrogène	Unité Ph	6.5 et 9
Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
Alcalinité	µS/cm	500
Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
Chlorure	mg/l	500
Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
Sulfate	mg/l	400
Aluminium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	0,3
Manganèse	µg/l	50
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0,2
Oxydabilité	mg/l O ₂	5
Fluorures	mg/l	1,5
Résidus secs	mg/l	1500
Sodium	mg/l	200
Ammonium	mg/l	0,5
Bore	mg/l	1

Dans ce chapitre nous abordons en générale le milieu biophysique de notre région d'étude en mettant en relief ses caractéristiques géographiques, bioclimatiques. Dans la deuxième étape nous présentons la méthodologie générale adoptée pour l'étude et l'analyse de l'eau.

PARTIE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

La région d'El Oued comprend la vallée de Oued Souf et la vallée de Oued Righ, elle est considérée comme l'une des plus importantes régions touristiques en Algérie et plus particulièrement au nord-est du Sahara.

« Souf » est un mot berbère qui à la même signification en arabe que le mot Oued. L'expression "Oued Souf" a donc la particularité de répéter 2 fois le même terme, mais en 2 dialectes distincts. Ces 2 expressions signifiant fleuve en français. Il y a bien un fleuve mais il est souterrain.

1. Situation géographique

La région d'El Oued est située au nord du Sahara oriental en plein erg oriental. Elle est à 80 km au nord est de Touggourt et à presque la même distance de Nefta, en Tunisie. Cette région sablonneuse de 80.000 Km de superficie accuse une pente vers le Nord pour se situer à 25 mètres en dessous du niveau de la mer dans le Chott Melghig qui occupe le fond de l'immense bassin du bas Sahara. Cette masse de palmerais est limité à l'est par la frontière Tunisienne, la région du Mzab à l'ouest, et enfin les plateaux du Tinrhét et du Tademaït et oued Mya au sud (ANRH, 2005) (Fig.03).



Figure 03 : Carte géographique représentant la région d'El Oued.

2. Facteurs climatiques

Selon le calcul du quotient pluviométrique $Q_2 = 7,76$ (pour des données climatiques entre 1998 et 2008) et à travers le climagramme pluviométrique d'Emberger, il permet de situer la région d'El Oued dans l'étage bioclimatique saharien à hivers tempéré, ce caractère saharien est dû à la situation en latitude au niveau du Tropique (DUBIEF, 2009).

D'après NADJAH (1971), le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Cela implique avant tout chose d'exposer et étudier les principaux facteurs climatiques tels que la température, précipitation, humidité relative, seront traités ci-dessous suivant des données obtenues par O.N.M pour une période entre 2002 à 2013.

2.1. Humidité relative

L'humidité relative dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité de pluie, le nombre de jours de pluie, la forme des précipitations, la température, les vents et la morphologie. Elle est moins importante que la température (BOULIF et al, 2014).

Tableau 5 : Humidité relative moyennes mensuelles au niveau de la région d’El Oued (O.N.M, 2013)

mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	moyennes
H	62.54	51.75	45.38	41.86	35.72	30.83	29.06	32.45	44.25	51.06	57.06	64	45.51

Nous signalons une humidité haute durant le mois de décembre dans la région avec 64% et une humidité basse durant le mois le plus chaud, juillet avec 29,06%.

2.2. Vents:

NADJAH (1971) les vents sont fréquents et cycliques, leur direction dominante est variable suivant les saisons.

Tableau 6 : Vent moyennes mensuelles au niveau de la région d’El Oued (O.N.M, 2013)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	moyennes
V	4.04	5.22	5.62	6.68	6.62	5.63	4.55	4.49	3.51	2.21	2.4	2.95	4.49

La vitesse du vent varie entre 2,21 et 6,68 m/s à Oued.

2.3. Température

La température est un facteur écologique capital (Dreux, 1980).le tableau suivant montre la variation de la température moyenne.

Tableau 7: Température moyennes mensuelle au niveau de la région d’El Oued(O.N.M, 2013)

Paramétré Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy-ann
TM	17.59	19.31	24.04	28.6	33.31	39.04	41.61	41	35.42	30.58	22.97	17.92	29.28
Tm	5.04	6.37	10.65	14.65	18.77	23.95	26.66	26	22.59	17.57	10.21	6.07	15.69
(M+m)/2	11.31	12.89	17.28	21.63	26.04	31.5	34.14	33.5	29	24.57	16	12	22.49

(TM : température maximal/ Tm: température minimal/ M+ m/2: Moyenne de température)

Après la lecture du tableau 7, nous constatons que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec un minimum moyen de 5.04 °C, tandis que Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne des maximal de 41.61°C.

2.4. Précipitations

Au Sahara les précipitations sont toujours sous forme de pluies. Les données sur la pluviométrie de la région d’El Oued sont consignées dans le tableau 08.

Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région d’El Oued (O.N.M, 2013)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyennes annuels	Total
P mm	28.29	2.04	9.23	9.84	2.90	2.22	1.05	7.27	9.31	8.95	10.30	10.62	8.50	102.0346

Le tableau (8) montre que le maximum des moyennes mensuelles interannuelles est enregistré au mois de janvier 28.29 mm, tandis que le minimum est enregistré au mois de juillet 1.05 mm.

2.5. Expression synthétique du climat

L’indice climatique de VOISIN (2004), permet de connaitre le moi qui est biologiquement sec. C’est lorsque le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimé en degrés Celsius $P \leq 2T$.

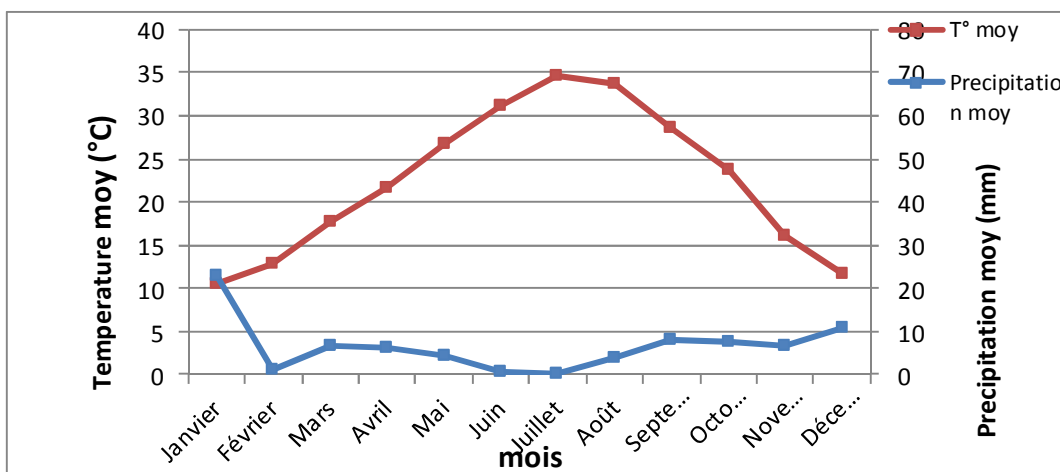


Figure 04 : Diagramme Ombro-thermique de la région d’El Oued.(D.H.W, 2010)

L'examen du diagramme ombro-thermiques de la région d'études (Fig. 4), montre l'existence d'une période sèche qui s'étale sur toute l'année. Il est à remarquer que la courbe des précipitations est toujours inférieure à celle des températures.

3. Aspect hydrogéologique

La wilaya d'El-Oued qui fait partie du Sahara septentrional recèle dans son sous-sol d'importantes réserves en eau contenues dans des aquifères superposées de la nappe phréatique dite libre à la nappe la plus profonde dit albien. la vallée du Souf et sa périphérie puisent son eau dans les nappes profondes (Fig. 05) (A.N.R.H, 2008)



Figure 05 : Carte sur la situation hydrogéologique l'aquifère de la région du Souf (A.N.R.H, 2008).

3.1. Nappe du Complexe Terminal

Elle est constituée par deux grands réservoirs de sable du mi-pliocène. L'épaisseur de la nappe est d'une centaine de mètres et de profondeur variable allant de 100 à 500 mètres, débitant en moyenne 25 à 351/s. Sa température est de l'ordre de 23 à 25 °C. Avec une salinité de 3 à 5 g/l (D.H.W, 2010 et BEN BOURDI et MASSAOUDI, 2014).

3.2. Nappe du Continental Intercalaire

Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès du continental Intercalaire. Il s'agit d'une eau fossile emmagasinée au cours des périodes pluviales du quaternaire (BEN BOURDI et MASSAOUDI, 2014). Elle se situe entre le massif du Tassili et de l'Atlas saharien, couvrant une étendue de 600.000 km avec une épaisseur importante de plusieurs centaines de mètres (VOISIN, 2004). Elle est artésienne débitant 200 à 250 l/s et caractérisée par une température élevée de 58 à 70, avec une salinité de 1.5 à 2g/l (D.H.W, 2010).

4. Constat de l'exploitation des nappes CI-CT

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels à une profondeur moyenne de 40 m. Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf. Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile (A.N.R.H, 2008).

5. Exploitation des eaux souterraines

Le secteur des ressources en eau dans cette wilaya dispose de 699 puits, 201 destinés à l'AEP et 498 à l'irrigation agricole, en plus de 92 châteaux d'eau d'une capacité globale de 60.960 m³, et un réseau d'AEP de 2.331 km, assurant à la wilaya un taux de couverture de 92%, selon les explications fournies (BONNARD et GARDEL, 2003).

6. Aspect géologique

D'après les logs stratigraphiques et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. La morphologie du terrain de la région d'Oued Souf est sableuse dans son quasi-totalité ce qui assure l'infiltration et l'écoulement des eaux souterraines, mais essentiellement caractériser par des formations sablo gréseuses du Continentale Intercalaire et des accumulations sableuses. (BONNARD et GARDEL, 2003).

PARTIE I. MATERIELS ET METHODE D'ETUDES

1. Echantillonnage et prélèvement

En vue d'évaluer la variation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la région d'El Oued, nous avons choisi de l'eau du robinet d'une zone urbaine de la cité universitaire issu d'un forage de Teksept (nappe pontien) qui est mis en service en 1978. Et l'autre échantillon il s'agit de l'eau potable adoucie (dessalée) au niveau du SARL TIBA et distribuée dans les citernes.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Pour notre méthode de travail on a suivi les étapes suivante :

- Les prélèvements, ont été effectués manuellement dans des flacons en verre de 1,5 litre de capacité.
- Les bouteilles en verre de 1.5 litre destinées au prélèvement sont lavées à l'eau de robinet, égouttées et fermées.
- Les flacons sont rincés par l'eau de robinet de forage lors du prélèvement.
- Les échantillons sont prélevés directement du robinet de forage. On ouvre le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes, puis on le ramène à un débit moyen pour remplir les bouteilles et bien fermées.
- Les flacons sont conservés à température ambiante.
- Les analyses Physico-chimique sont effectuées au niveau du laboratoires de l'Algérien des eaux (ADE) de la région d'El Oued, sur la base des techniques standards d'analyses respectant les normes AFNOR et ISO.

2. Matériels utilisés

Au moment des analyses nous utilisons les appareils suivants:

- ✓ Ph mètre ;
- ✓ Conductimètre ;
- ✓ Spectrophotomètre ;
- ✓ Volumétrie ;
- ✓ Un autoclave ;

- ✓ Appareil Chauffe-eau électrique ;
- ✓ Balance sensible ;
- ✓ Chauffage et agitateur électrique ;
- ✓ Flacons en verre - une glacière - fiole - béchers - pipettes - cuve - tubes à essai ;
- ✓ Eau distillée - Eau minéral - Eau de citerne - Eau du robinet ;
- ✓ Acide sulfurique H_2SO_4 N/50 - $AgNO_3$ - K_2CrO_4 - tampon K10 - EDTA - NaOH- NH_4OH - Salicylate de sodium - tartrate double de sodium et de potassium - capsule DPD N° 1.

3. Méthodologie du travail

3.1. Méthodes d'analyses pour chaque paramètre

- Le pH est déterminé par un pH-mètre muni d'une sonde mesurant la température.
- La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre.
- La dureté, les chlorures, le titre alcalin, les bicarbonates, le titre alcalin complet TAC, le calcium, et le magnésium sont dosés par la méthode volumétrique.
- Les nitrates, nitrite et le sulfate sont dosés par un Spectrophotomètre UV-Visible.

3.2. Techniques d'analyses

3.2.1. Dosages physico-chimiques

3.2.1.1 Le potentiel hydrique (pH)

- **Principe**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau ou les solutions.

Appareil : pH mètre (Fig. 06)

- **Mode opératoire**

Étalonnage de l'appareil

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 ou pH = 4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

Dosage de l'échantillon

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

• Expression de résultats

Les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 30 °C



Figure 06 : pH mètre (photo personnelle, 2015).

3.2.1.2. Conductivité

La conductivité électrique de l'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

- **Principe**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺.

Appareil : conductimètre (Fig. 07)

- **Mode opératoire**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

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

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 07 : conductimètre (photo personnelle, 2015)

3.2.1.3. Les résidu sec

La détermination des résidus sec permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

- **Principe**

Elle consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la déverser dans la capsule. Cette dernière est placée à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, puis laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur, et peser immédiatement. Les résultats sont donnés en mg/l.

- **Expression des résultats**

$$RS = (PP - PV) \times 10 \times 1000$$

PP: Poids plein de la capsule

PV: Poids à vide de la capsule.



Figure 08 : chauffage et agitateur électrique (photo personnelle, 2015) .

3.2.2.1. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté consiste à la détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}).

- **Principe**

Cette méthode se base sur le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

- **Mode opératoire**

* Pour le calcium :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (violet).

* Pour le calcium et magnésium :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml de NH_4OH .
- Ajouter noire érichrome.
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu).

- **Expression des résultats**

La détermination de la teneur de calcium est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_1 \times F \times 8.016 \text{ (mg/l)} \quad \text{Formule 01}$$

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

F : Facteur de dilution.

La détermination du mg/l de magnésium est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Mg}^{2+}] = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86 \text{ (mg/l)} \quad \text{Formule 02}$$

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

V_2 : Volume total d'EDTA.

F : Facteur de dilution.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l .

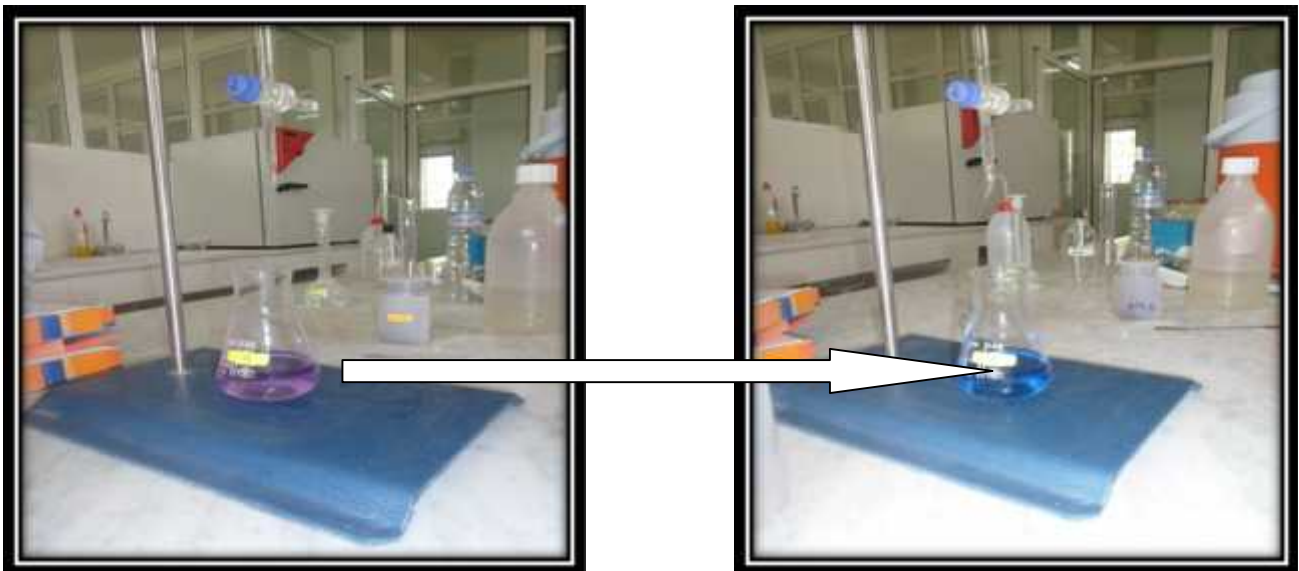


Figure 09 : les analyse de Ca^{++} et de Mg^{++} (photo personnelle, 2015).

3.2.2.2. Chlorures (Cl⁻)

- **Principe**

C'est une réaction des ions du chlorure avec les ions d'argent pour former du chlorure d'argent insoluble, à travers l'addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates.

- **Mode opératoire**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de Chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec $AgNO_3$ à 0.01N jusqu'à coloration brun rougeâtre (Fig. 10) .

- **Expression des résultats**

$$[Cl^-] = V AgNO_3 \times 71 \times F \quad \text{Formule 03}$$

D'où : $V AgNO_3$: Volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

F : Facteur de correction du titre d' $AgNO_3$

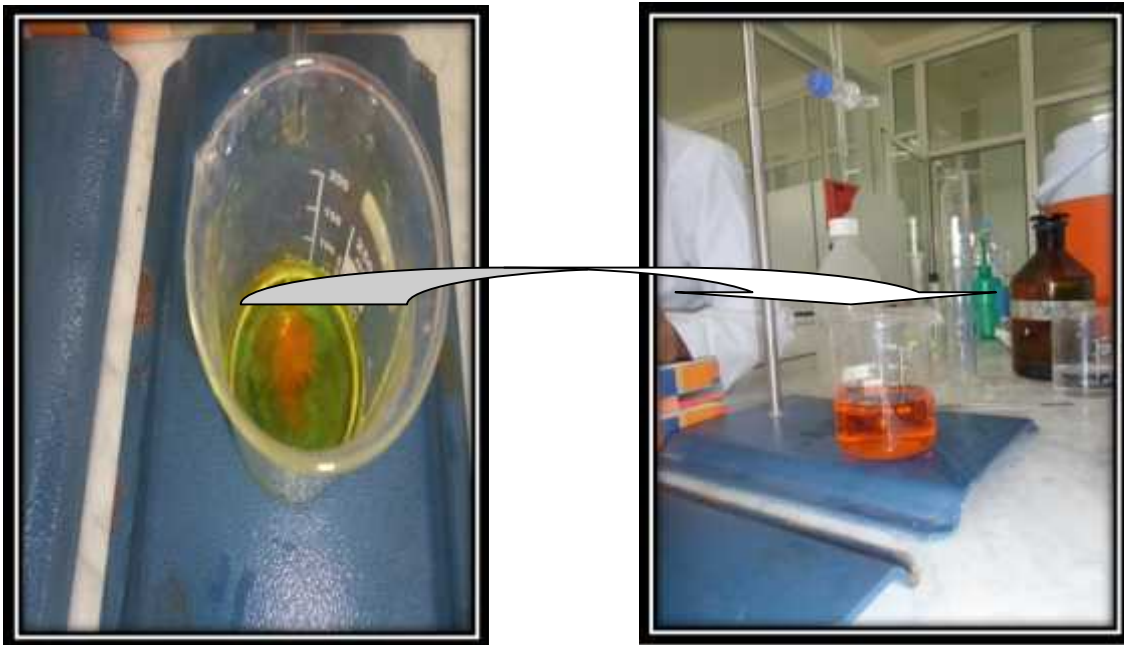


Figure 10 : l'analyse du chlorure (Cl⁻).

3.3. Nitrates (NO_3^-)

- **Principe**

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

Appareil : Spectrophotomètre UV visible (Fig.11).



Figure 11 : spectrophotomètre (photo personnelle, 2015)

- **Mode opératoire**
 - Prendre 10 ml de l'eau à analyser.
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
 - Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
 - Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
 - Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps laisser refroidir.
 - Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄, laisser reposer 10 mn.
 - Ajouter 15 ml d'eau distillée.
 - Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415 nm.

Dans ce chapitre, nous allons présenter dans un premier temps les différents résultats d'eaux relatifs aux paramètres physico-chimique étudiés, quelques minéraux et un paramètre de pollution, simultanément nous essayons de discuter ces résultats qui seront comparés aux normes internationales et nationale de la grille des critères d'appréciation de la qualité de l'eau potable.

1- Résultats et discussion

1-1- Paramètres physico-chimiques : Les résultats de quelque caractéristique physico chimique des différents eaux étudiées sont mentionné ci-dessous :

1-1.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
pH	6.87	7.66	7.26	6.5<R<8.5

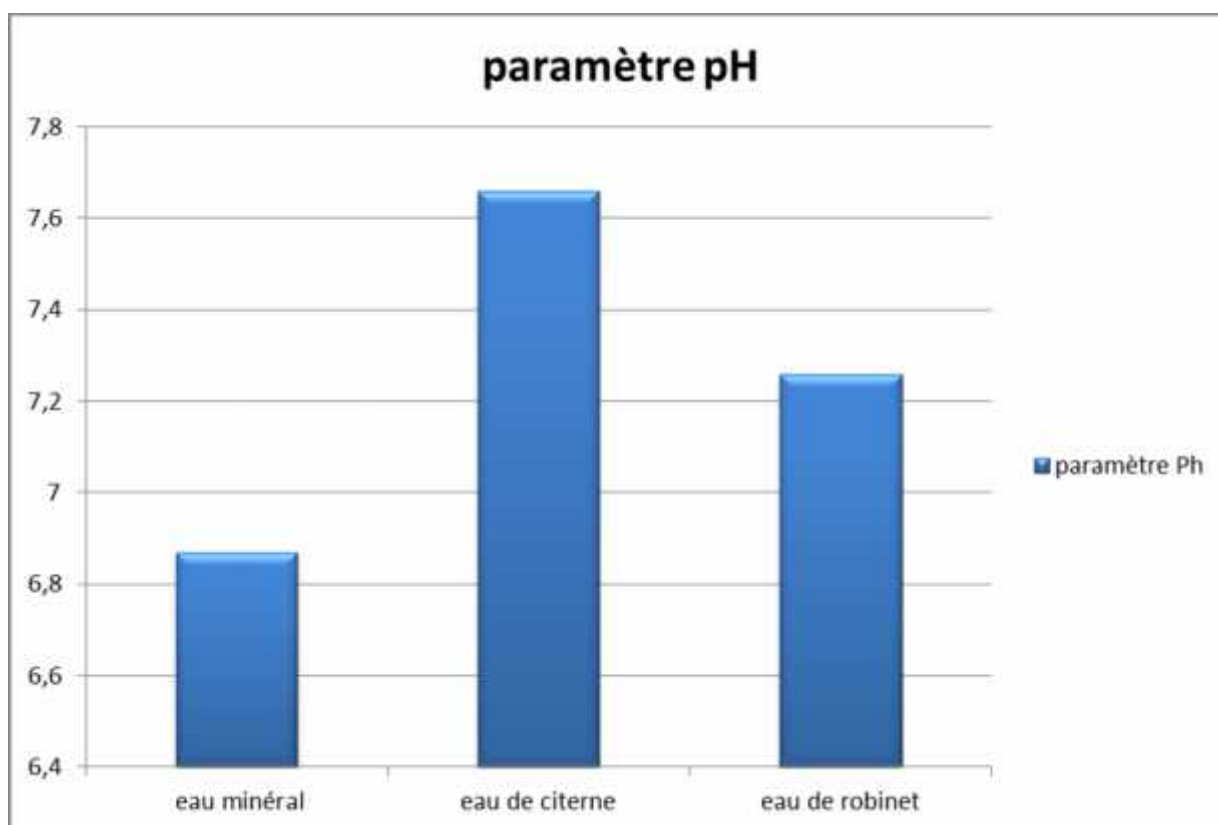


Figure 12 : Variabilité du pH d'eau des trois échantillons étudiés.

L'analyse de la figure montre que la valeur du potentiel hydrogène (PH) est élevée au niveau de l'eau de citerne avec (7,66) suivit de (7.26) pour l'eau de robinet et une valeur de (6.87) pour l'eau embouteille.

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (DUSSART, 1966 et BERMOND et VUICHARD, 1973). Ce paramètre conditionne un équilibre physico-chimique entre l'eau et certains éléments qui le constituent. Le potentiel hydrique obtenu pour notre travail montre des valeurs conforme eaux normes mentionnées de l'OMS et au décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humain Algérien qui présente un optimum entre 6,5 et 8,5, alors que POTELON et ZYSMAN (1998) évoque un intervalle de pH 7,00 et 8,50. Selon les mêmes auteurs la valeur du PH des eaux destinées à la consommation publique indique la qualité gustative de l'eau, un PH élevé engendre un une saveur amère et des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

1-1.2. La conductivité électrique

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
Conductivité électrique($\mu\text{s}/\text{cm}$)	130	800	4000	<2800

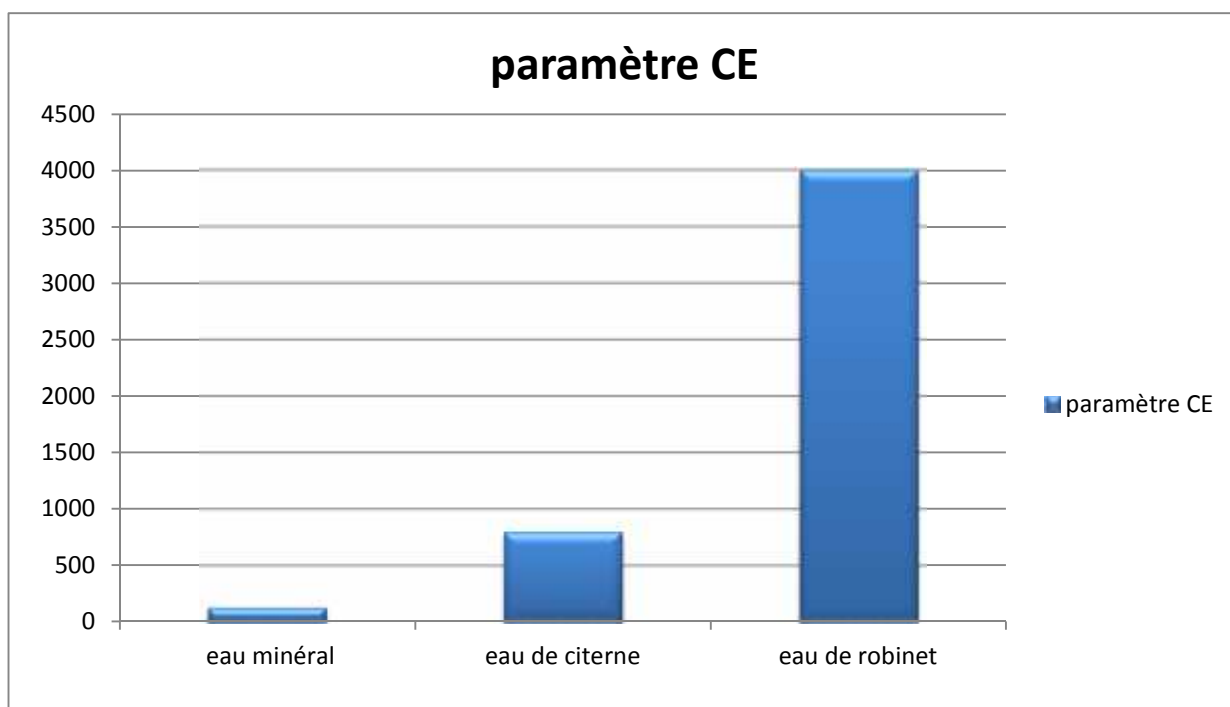


Figure 13 : Variabilité de la conductivité électrique d'eau des trois échantillons étudiés.

L'analyse de l'histogramme montre que la conductivité électrique de l'eau du robinet présente une valeur beaucoup plus élevée (4000 $\mu\text{s}/\text{cm}$) à celle enregistré au niveau de l'eau de citerne (800 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et l'eau de bouteille qui présente la valeur la plus faible (130 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

La mesure de la conductivité donne une idée sur la minéralisation d'une eau, c'est un bon marqueur de l'origine de l'eau (HCEFLCD, 2006). Elle reflète aussi la concentration de l'ensemble des minéraux dissous qui procure un goût salé selon les sels présent. Les résultats obtenu montre que l'eau de citerne notamment l'eau embouteillé présent une conductivité normale à l'opposé l'eau du robinet(4000 $\mu\text{s}/\text{cm}$) dépasse la valeur des normes Algérien estimé à (<2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

1-1.3. Les résidus sec

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
Résidus sec mg/l	140	611	3180	<2000

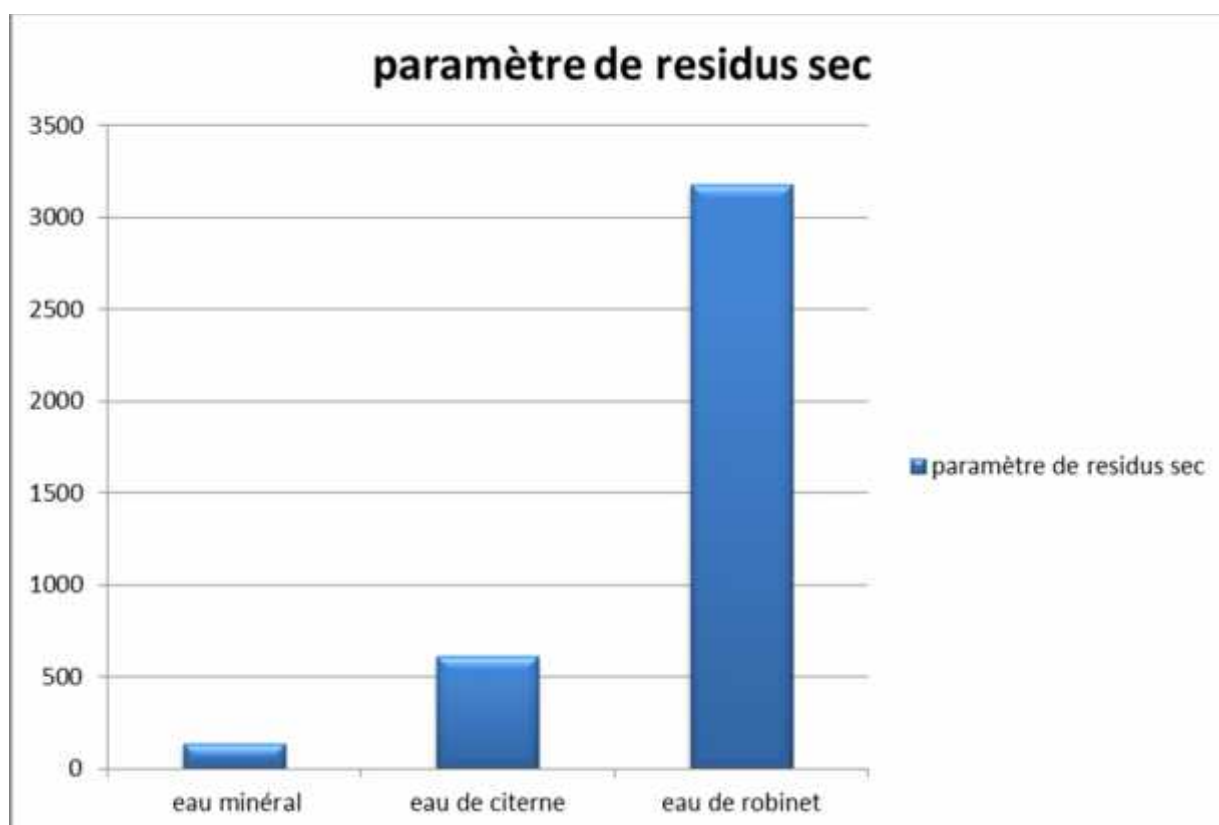


Figure 14 : Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de Résidus sec .

Les résidus secs de l'eau est un indice représentatif de la minéralisation de l'eau. Certains sels agissent sur la corrosion ou l'incrustation dans les réseaux de distribution (POTELON et ZYSMAN, 1998). Les résultats montre que la valeur des résidus sec dans l'eau du robinet (3180 mg/l) n'est pas conforme aux normes algérienne, contrairement à l'eau embouteillé et l'eau de citerne. D'après l'OMS, une eau est considérée comme excellente qualité pour une teneur de l'extrait sec inférieure à 300 mg/l et inacceptable pour une teneur supérieure à 1 200 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998).

1-2. La minéralisations global

1-2.1. Dureté ou titre hydrotimétrique

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
Calcium Ca^{2+} mg/l	4.6	107	585.16	<200
Magnésium Mg^{2+} mg/l	3.75	24	109.37	<150

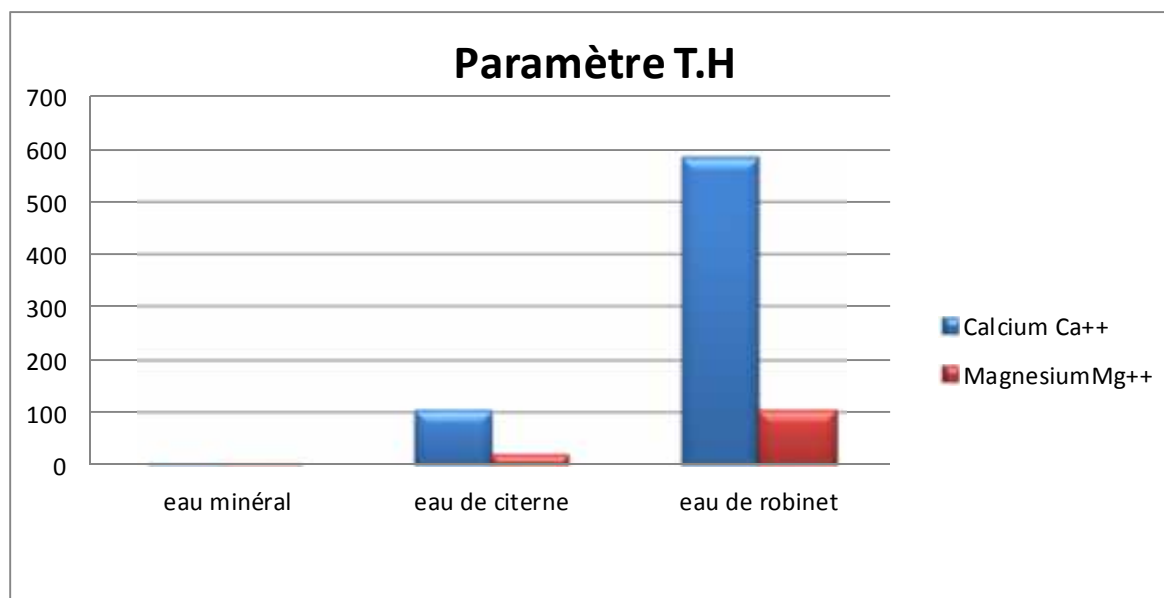


Figure15 : Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de Calcium Ca^{2+} et Magnésium Mg^{2+} .

Les résultats affichés montre que le taux de calcium dans l'eau du robinet est extrême (585.16 mg/l) par rapport à sa présence dans les deux autres sources d'eaux, il est respectivement de (107 mg/l) dans l'eau de la citerne et (4.6 mg/l) au niveau de l'eau de embouteillé.

Le magnésium suit la même tendance que le calcium, sa valeur et de (109.37 mg/l) dans l'eau de robinet, de (24 mg/l) dans l'eau de citerne et (3.75 mg/l) dans l'eau de embouteillé.

La dureté totale d'un eau est produite par les sels de Calcium et de magnésium qu'elle contient. Le calcium, ce paramètre qui varie en concentration de magnésium dans l'eau dépend également de la géologie du substrat. La teneur en calcium selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'autorisation de boire de l'eau (WHO, 2004) ne dépasse pas (200 mg/l en CaCO₃), cependant les valeurs enregistrées pour les trois échantillons indique un taux élevé uniquement pour l'eau du robinet avec (585,16 mg/l), malgré que ces concentration sont élevées mais elles elle n'induit pas un danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situé vers 100 à 300 mg/l d'eau.

1-2.2. Le chlorure Cl^-

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
Cl^- mg/l	30	68	943.04	<500

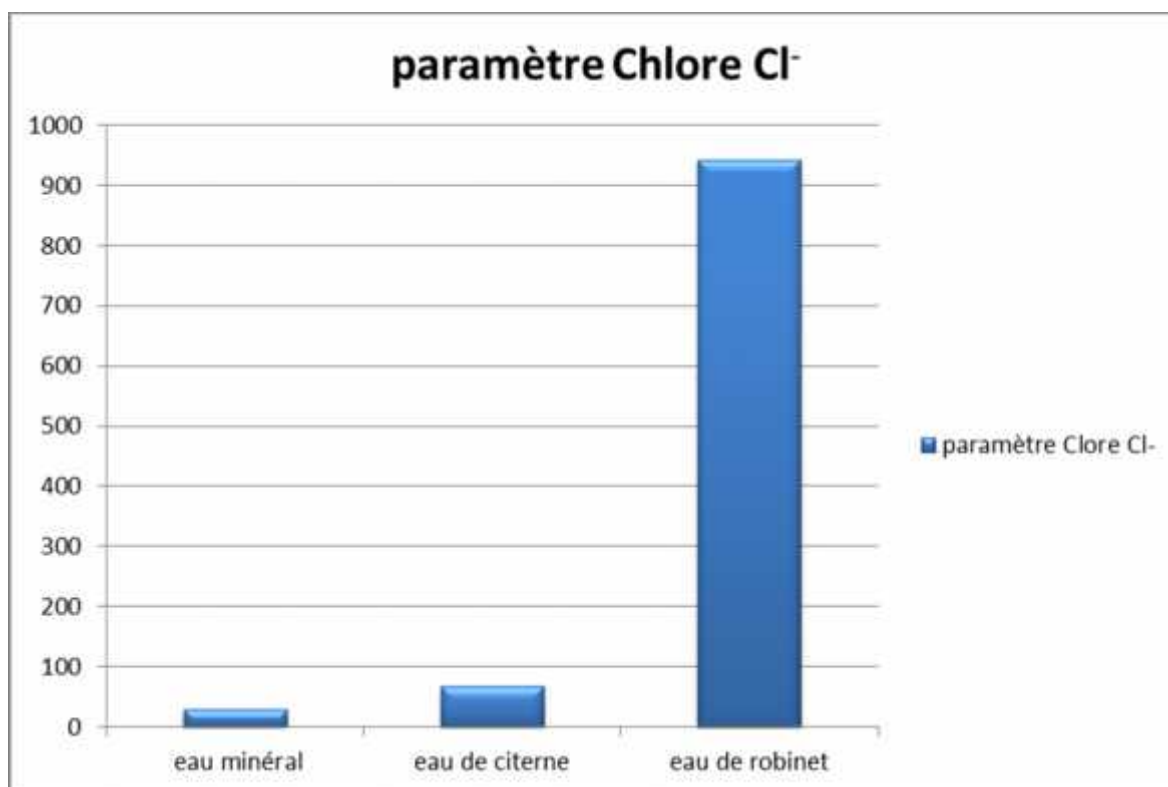


Figure16: Aperçu la différences entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de chlorure Cl^- .

L'analyse de l'histogramme montre que de chlorure de l'eau du robinet présente une valeurs beaucoup plus élevé (943.04 mg/l) à celle enregistré au niveau de l'eau de citerne (68 mg/l) et l'eau de bouteille qui présente la valeur la plus faible (30 mg/l).

Le chlore est un élément très répandus dans la nature, on le trouve sous formes de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) ou de calcium (CaCl_2), sa concentration dépend du terrain traversé. La concentration du chlorure enregistré dans l'eau du robinet (943.04 mg/l) est nettement supérieur aux norme admissible par l'OMS (250mg/l). Aussi, selon les critères de l'autorité algérienne à boire de l'eau, la concentration du chlorure maximale recommandée

est de 500 mg / l. à l'opposé cette concentration est respecter pour l'eau embouteillé mais notamment pour l'eau de citerne.

1-3. Paramètres de pollution

1-3.1. Le Nitrate NO₃⁻

Les paramètres	L'eau minérale	L'eau de citerne	L'eau du robinet	Les normes
NO ₃ ⁻ mg/l	9	18.50	15.06	<50

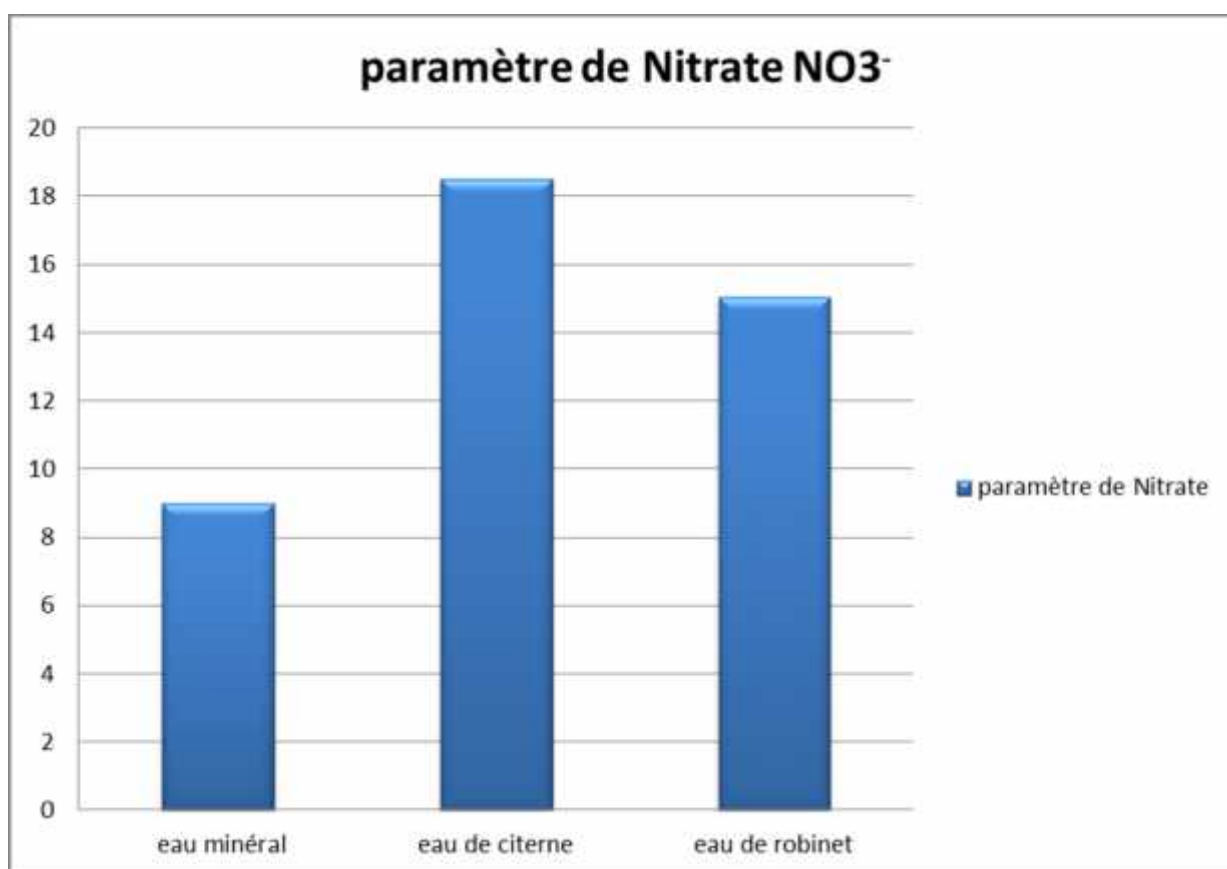


Figure 17 : Aperçu la différence entre le trois échantillons de l'eau par le paramètre de Nitrate NO₃⁻.

L'analyse de l'histogramme montre que le nitrate est de (15.06 mg/l) dans l'eau de robinet, suivit de (18.50 mg/l) dans l'eau de citerne et (9 mg/l) dans l'eau de bouteille.

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques, des engrais de synthèse ou naturels (SAMAK, 2002).

L'azote qui rentre dans la composition du nitrates est indispensable dans l'édification de la cellule. Les teneurs en nitrates sont variable pour les trois échantillons étudiés mais, ces valeurs restent inférieures aux normes Algériennes (50 mg/l) et internationale (OMS). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les nitrates.

CONCLUSION

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie. L'accroissement de la demande en eau au fil des années a engendré l'augmentation des réseaux d'adduction. Toutefois, les risques de pollution mettent cette source en péril et constituent une menace pour les caractéristiques des eaux de consommation.

Nous avons, à travers la présente étude analysé certain paramètre physico chimique, minérale et des éléments indicateurs de la qualité de pollution, de l'eau du robinet et l'eau de citerne distribuer à la consommation de la population d'El Oued.

Les résultats obtenus lors de ce travail révèlent des teneurs très élevé des résidus secs dans l'eau du robinet, ainsi que les chlorures présents qui n'ont pas de conséquence toxique pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l) mais elles nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée.

L'eau potable de bonne qualité chimique reste un rêve pour la région d'El Oued, les critères de bonne potabilité dans cette région exige une bonne filtration de l'eau avant de sa distribution à la population, afin de diminuer les taux élevés de certain élément.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

A.N.R.H 1993. Inventaire des forages d'eau de la Wilaya d'El-Oued .

ANRH, 2005. inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El Oued. La Direction Régionale Ouargla. Algérie .

BAAISSA.A et BEN AISSA.B.2007.Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de Distribution de la ville de Biskra. Thèse d'ingénieur d'état, Biologie, Biskra, 53p.

BARAKAT.Y, et all, 2013. Edition de la qualité physico-chimique et Bactériologique de l'eau minérale de Gruedila et des eaux potables des deux réservoirs :course -1-et Alia ancien -1- Ville de Biskra. Ing, CQA .contrôle de Qualité et Analyse UNV. MK Biskra, 108 P.

Ben Bourdi S. ; Massaoudi D. ; 2014 ; Contribution à l'étude de dé fluoruration dans les eaux des nappes souterraine du Souf ; UNV d'El-oued ; Licence ; hydraulique urbaine ; 33 p.

BERNE.F. et CORDONNIER.J.1996. traitement des eaux. Édition : Technip, pp : 3, 68.

BONNARD et GARDEL, (Février) 2002. Vallée du Souf. étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesure complémentaire de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. étude d'impact sur l'environnement. Mission III-A : collecte et analyse des données. Ministre des ressources en eau. Alger. Algérie.36p

BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAL G., verne-bourdaï E.,2002.microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires . Edition .Doin , Paris

BONNIN.J.1982. Aide mémoire d'hydraulique urbain. Edition, Ayrolle, 127 P.

BOULIFA S. et all , 2014 ,Entomofoune de palmeraies (Ghouts) de la région du souf ; Licence , Ecologie UNV ,El-Oued , 34p

CARDOT.C.2010.Les traitements de l'eau pour l'ingénieur. Édition : Ellipses édition marketing S,A, Paris, pp : 9-204.

DEGREMONT.2005.Mémento technique de l'eau, huitième édition. Édition : Degremont, pp :4, 5, 1520.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Desjardins R., 1997. Le traitement de eaux .Edition, l'école polytechnique de Monriél, Canada , 304p

DESJARDINS R., 1997. Le traitement de eaux .Edition, l'école polytechnique de Monriél, Canada , 304p

Direction Générale de la Santé, 2005. Circulaire NDGS/SD7A no 2004-602 du 15 décembre 2004 relative à la gestion du risque sanitaire en cas de dépassement des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine pour les paramètres antimoine, arsenic, fluor, plomb et sélénium en application des articles R. 1 321 -26 à R. 1 321 -36 du code de la santé publique.

DJEGHDJEGH F.2014.Les analyses de la qualité de l'eau potable dans la Ville d'Ourlal. MASTER. Biochimie et Biologie Moléculaire. UNV. Mohammed Khider. Biskra, P42.

DUBIEF J., 1963. Le climat du Sahara. Mém. Hors-série. instituts de recherches Sahariennes, 2, 275p. Université d'Alger.

DUSSART, 1966 ; BERMOND et VUICHARD, 1973. Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars.,ed., Paris.

GRAINDORGE.J et LANDOT.E.2007. La qualité de l'eau potable, technique et responsabilité. Edition, Territorial édition, pp : 51-101.

GROSLAUDE.G.1999.L'eau : usage et polluant. Tome II. Edition, I.N.R.A, Paris, pp :59, 60.

GUELIL A., et all, 2010.étude comparative de la qualité de l'eau potable des trois wilayas :M'sila , bouira et bordj bouarreridj . mémoire d'ingénieur d'état en science de la nature et de la vie . Université de Biskra .p 69

HCEFLCD, 2006. Haut-Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD)., 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes -eau-potable.htm>

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes -eau-potable.htm>

KEMMER.F.1984.Manuel de l'eau. Édition : Technique et documentation-Lavoisier , pp : 3, 4, 95, 100.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

LOUNNES.A.2009. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-de Skikda. Thèse de magister, université Skikda, Algérie, 9p.

MUSY A.et HIGY C., 2004. Hydrologie .Ed Presses polytechniques et universitaires , Romandes , Lausanne.

NADJAH A., 1971 - Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger, 174 p.

Office fédéral de la Santé publique OFSP., 2010. Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable

OMS.2006. Normes de l'OMS sur l'eau potable. Accessible à :

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

OMS.2013. La santé et les services d'approvisionnement en eau de boisson salubre et d'assainissement de base. Accessible à :

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

POTELON J-L et ZYSMAN.K.1998.Le guide des analyses de l'eau potable. Édition : La lettre du cadre territorial S.E.P.T, pp : 71-209.

RANDOUX.A.1997. Biochimie dynamique. Edition, De boeck et Larcier s. a, Paris, Bruxelles, 25 p.

REISEK.F.2002. Analyses des eau, aspects réglementaires et techniques. Édition centre régional de documentation pédagogique d'aquitain pp : 34, 53, 54.

REJSEK.F.2002.Analyses des eaux, aspects réglementaires et techniques. Édition centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine pp : 34, 53, 54.

RODIER J et COLL., 2005 .L'analyse de l'eau :eaux naturelles ,eaux résiduaires , eau de mer :chimie, physicochimie, microbiologie , interprétation des résultats .8ème Ed., Dunod Paris.1383p.

SYLVIE L., 1993. Identification des causes des nuisances organoleptique d'une eau lacustre à potabiliser et proposition d'un procédé de traitement .Mémoire présenté à l'institut National de la recherche scientifique, université du Quédec.

TOUCHART.L.2003. Hydrologie : mers, fleuves et lacs. Édition : Armand Colin, 30 p.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

TOUCHART.L.G et EZIN.J-P.2002. L'eau, patrimoine mondial commun. Édition : Presse universitaire de Namur, Belgique, 121 p.

VILAGINES.R.2003.Eau, environnement et santé publique. Édition, Technique et documentation. P 57-101.

VOISIN P., 2004 – Le Souf. Ed. El-Walide, El-Oued, 190 p.

WHO, 2004.Fluoride and arsenic in drinking water.Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment WHO, 2004.Fluoride and arsenic in drinking water.Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment.

YOUBI.F.2007. Contribution à l'étude de la qualité des eaux potable dans quelques points de la ville de Biskra. Thèse d'ingénieur , Biologie, Biskra, pp : 22, 34, 35, 36, 37, 38, 87.

ZINE B.2011 , la remontée des eaux souterraines en surface : mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas de Oued souf) ; ING, construction hydrotechnique environnement, UNV Hadj Lakhdar – Batna, 115 p