



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

N° d'ordre : M2 ...../IP/2021

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTERACADEMIQUE

**Filière : Industries pétrochimiques**  
**Spécialité : Génie pétrochimie**

# Thème

**Analyses des Différentes eaux destinées à la consommation  
humaine au niveau de wilaya de Mostaganem**

Présenté par :

1. M<sup>me</sup>. BENABDERRAHMANE HAKIMA
2. M<sup>me</sup>. BENALLOU CHAHRAZED

*Soutenu le 15/07/2021 devant le jury composé de :*

Président	: M <sup>r</sup> .M.R.GHEZZAR	Professeur	UMAB - Mostaganem
Examineur	: M <sup>me</sup> . Z. MOHAMEDSEGHIR	MCB	UMAB - Mostaganem
	M <sup>r</sup> .B. SMAIL	MCA	UMAB - Mostaganem
	M <sup>me</sup> .BELHADJI	MCA	UMAB - Mostaganem
Encadreur	: M <sup>me</sup> .N. HADDOU	MCB	UMAB - Mostaganem

Année Universitaire : 2020 / 2021

# Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu Tout-Puissant, le Très Miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience pour achever cet humble travail, et dont la volonté est accomplie par les travailleurs et la louange et merci à celui qui nous a guidés sur le droit chemin

Je remercie sincèrement mon encadreur M<sup>me</sup>. **HADDOU Nabila** enseignante à l'Université de Mostaganem et pour son acceptation de mon offre de superviser mon travail et je la remercie pour sa gentillesse et sa gentillesse éternelles et pour son appréciation et sa compréhension constante de notre situation et merci beaucoup pour vos conseils, votre soutien solide et vos encouragements inspirants.

Mes remerciements particuliers aux membres du jury, **M<sup>r</sup>.M.R. GHEZZAR** Professeur à l'Université de Mostaganem pour avoir accepté de présider ce jury et les enseignants **M<sup>me</sup>. Z. MOHAMED SEGHIR, M<sup>r</sup>.B. SMAIL, M<sup>r</sup>. .BELHADJI**, pour l'honneur qu'ils ont fait accepter d'examiner notre travail et de fournir un avis, un commentaire ou des conseils à ce sujet.

Sans oublier nos chers professeurs tout au long des années universitaires et les responsables du département de Génie des procédés merci pour l'aide et les précieuses informations et l'expérience unique et enfin pour le bon traitement

Enfin, un grand merci à mes collègues d'étude pour la belle et amusante compagnie, ainsi que pour les bons souvenirs, en particulier le respect mutuel.

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

Ma Mère,

Mes frères et sœurs,

Tous mes amis.

*HAKIMA*

# *Dédicace*

Je dédie ce travail à mes chers parents

A mes chers frères.

A mes chères sœurs

A mon marie et mon plus jeune file joude

A ma sœur et son marie et sa fille Hiba

A toute mes amies

Et en fin à toute la promotion de Génie des procédés.

*CHAHRAZED*

# *Liste des Abréviations*

**$\mu\text{S/cm}$**  : micro-Siemens par centimètre

**ADE** : Algérienne des eaux

**$\text{AgNO}_3$**  : Le nitrate d'argent.

**$^{\circ}\text{C}$**  : Degré Celsius

**$\text{Ca}^{2+}$**  : ions du Calcium

**$\text{Cl}^-$**  : ions du Chlorure

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biochimique en Oxygène

**$\text{H}_2\text{S}$**  : Le sulfure d'hydrogène.

**$\text{HCO}_3^-$**  : hydrogènocarbonate

**$\text{K}^+$**  : ions du Potassium

**$\text{K}_2\text{CrO}_4$**  : Le chromate de potassium.

**$\text{Mg}^{2+}$**  : ions du Magnésium

**$\text{Na}^+$**  : ions du Sodium

**$\text{NH}_4^+$**  : ion de l'ammonium.

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrie

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**$\text{Pb}^{2+}$**  : ions du Plomb

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**$\text{SO}_4^-$**  : ions du Sulfates

**TA** : Titre Alcalimétrique

**TAC** : Titre Alcalimétrique complet

**TDS** : total des solides dissous

**TH** : Titre hydrométrique (Dureté Totale)

**UFC** : Unité Formant Colonie

**$\text{Zn}^{2+}$**  : ions du Zinc

# Liste des figures

<b>Figure.I.1.</b> molécule d'eau.....	4
<b>Figure.II.1.</b> pH mètre (HACH).....	26
<b>Figure.II.2.</b> Conductimètre (HACH).....	27
<b>Figure.II.3.</b> Turbidimètre.....	29
<b>Figure.III.1.</b> Diagramme de la conductivité en fonctions des différentes eaux analysées.....	44
<b>Figure.III.2.</b> Diagramme de la dureté totale en fonction des différentes eaux analysées.....	45
<b>Figure.III.3.</b> Diagramme de chlorures en fonction des différentes eaux analysées.....	46
<b>Figure.III.4.</b> Diagramme les nitrates en fonction des différentes eaux analysées.....	47
<b>Figure.III.5.</b> Diagramme de sulfates en fonction des différentes eaux analysées.....	48
<b>Figure.III.6.</b> Diagramme 6 de TDS en fonction des différentes eaux analysées.....	49
<b>Figure.III.7.</b> Diagramme de Magnésium en fonction des différentes eaux analysées.....	50
<b>Figure.III.8.</b> Diagramme de résidu sec en fonction des différentes eaux analysées.....	50

# Liste des tableaux

<b>Tableau.I.1.</b> Réserves d'eau de la planète.....	6
<b>Tableau.I.2.</b> Les échelles de valeur fréquemment rencontrées sont les suivantes.....	14
<b>Tableau.I.3.</b> Les normes algériennes pour l'analyse de l'eau potable.....	20
<b>Tableau.II.1.</b> Préparation des réactifs pour le dosage de fer.....	30
<b>Tableau.II.2.</b> Préparation des réactifs pour le dosage de nitrate.....	31
<b>Tableau.II.3.</b> Préparation des réactifs pour le dosage de phosphore.....	32
<b>Tableau.II.4.</b> Préparation de réactifs pour le dosage de sulfate.....	32
<b>Tableau.II.5.</b> Préparation de réactifs pour le dosage de l'aluminium.....	33
<b>Tableau.II.6.</b> Préparation de réactifs pour le dosage de nitrite.....	35
<b>Tableau.II.7.</b> Préparation de réactifs pour le dosage de manganèse.....	35
<b>Tableau.II.8.</b> Préparation de réactif pour l'oxydation de $\text{KMnO}_4$ .....	41
<b>Tableau.III.1.</b> Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus.....	43

## ***Résumé***

Cette étude a porté sur la comparaison et le contrôle de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, avec des échantillons l'eau de puits, l'eau de robinet (eau de barrage et eau de dessalement) et d'eau en bouteille (SFID , Nestlé, Messerghine) au niveau de l'observatoire de la qualité et de l'analyse de l'eau ADE, unité de Mostaganem.

Ces analyses ont été effectuées sur les échantillons précités en mesurant les paramètres physico-chimiques (La température, le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, la dureté totale, le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), l'oxygène dissous, les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), les matières en suspension (MES)).

Les résultats des analyses effectuées ont montré des variations de température allant de 11,4C° à 25 C°, un pH compris entre 7,6 à 8,38 et une turbidité comprise entre 0,15 et 1,01 NUT, à l'exception de l'eau de puits, contrairement à l'eau en bouteille, surtout le Nestlé, dont les analyses étaient de bonne qualité pour les adapter aux normes de santé algériennes.

**Les mots clés :** eau potable, caractéristiques, analyses physicochimiques.

## ***Abstract***

This study examined the comparison and quality control of water intended for human consumption, with samples of well water, tap water (dam and desalination water) and bottled water (SFID-Nestlé-Messerghine) at the ADE Water Quality and Analysis Observatory, a unit of Mostaganem.

These analyzes were carried out on the above samples by measuring the physico-chemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, total hardness, calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), chlorides ( $\text{Cl}^-$ ), dissolved oxygen, nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), suspended matter (MES)).

The results of the analyzes showed temperature variations ranging from 11.4C° to 25 C°, PH between 7.6 and 8.38 and turbidity between 0.15 and 1.01 NUT, with the exception of well water, unlike bottled water, especially Nestlé, whose analyzes were of good quality to adapt them to Algerian health standards.

**Key words:** drinking water, characteristics, physico\_chemical analyzes.

## ملخص

ركزت هذه الدراسة على مقارنة و مراقبة جودة المياه المعدة للاستهلاك الأدمي، بحيث تم أخذ عينات من مياه الآبار و مياه المعبأة ( سفيد- نستله- مسرعين) وكذلك مياه الصنبور (مياه التحلية والسود) على مستوى معمل مراقبة الجودة وتحليل المياه في وحدة مستغانم

أجريت هذه التحاليل على العينات المذكورة عن طريق قياس معايير الفيزيو-كيميائية ( درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، العكارة، الكالسيوم والمغنسيوم، كلوريد، الاكسجين المذاب، الصلابة، المواد الصلبة العالقة).

وقد اظهرت نتائج التحاليل المتحصل عليها تباينا في درجة الحرارة تتراوح من  $11.4^{\circ}\text{C}$ - $25^{\circ}\text{C}$  و درجة الحموضة بين 7.6-8.38 و التعكر بين 0.15-1.01 وحدة NUT ، على عكس مياه المعبأة خصوصا نسلي التي كانت تحاليلها ذات نوعية جيدة لتوافقها مع معايير الجزائرية للصحة.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الشرب ، خصائص التحليل الفيزيوكيميائية.



# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE .....	1
<b>CHAPITRE I :GENERALITES DE L'EAU</b>	
I.1. Généralités .....	3
I.1.1.Définition.....	3
I.1.2.La molécule de l'eau.....	3
I.1.3. Propriétés de l'eau .....	4
I.1.4. Cycle de l'eau .....	4
I.1.5.Ressources hydriques .....	5
I.1.6.La répartition de l'eau dans le monde .....	5
I.1.7.Les différentes types d'eau .....	7
I.1.7.1.Les eaux de surfaces .....	7
I.1.7.2.Les eaux souterraines.....	8
I.1.8. L'eau de consommation (Eau potable).....	9
I.1.9.La pollution des eaux.....	9
I.2. Qualité de l'eau.....	10
I.2.1.Paramètres chimiques de l'eau .....	10
I.2.1.1. Le chrome .....	10
I.2.1.2.Le Cuivre .....	11
I.2.1.3.Le Plomb.....	11
I.2.1.4.Le Zinc.....	12
I.2.1.5.Le cadmium .....	12
I.2.1.6.Le fer.....	12
I.2.1.7.Le Bore .....	12
I.2.1.8.Argent .....	13
I.2.1.9.Nitrites .....	13
I.2.1.10.Les Nitrates.....	13
I.2.2.Propriété physico-chimique de l'eau .....	13
I.2.2.1 Le pH.....	13
I.2.2.2.La Température.....	13

I.2.2.3. Alcalinité .....	14
I.2.2.4. La conductivité électrique .....	14
I.2.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO) .....	14
I.2.2.6. La demande biochimique en oxygène (DBO) .....	15
I.2.2.7. Titre hydrotimétrique .....	15
I.2.2.8. La matière solide dissoute totale (TDS) .....	15
I.2.2.9. Calcium .....	15
I.2.2.10. Le potassium .....	16
I.2.2.11. Le Sodium .....	16
I.2.2.12. Le magnésium .....	16
I.2.2.13. Les chlorures .....	16
I.2.2.14. Les sulfates .....	16
I.2.2.15. Les phosphates .....	16
I.2.3. Les paramètres Organoleptiques de l'eau .....	17
I.2.3.1. Le gout .....	17
I.2.3.2. La couleur .....	17
I.2.3.3. La turbidité .....	17
I.3. L'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION EN ALGERIE .....	17
I.3.1. Les eaux minérales naturelles et eaux de sources .....	17
I.3.1.1. Les eaux minérales .....	17
I.3.1.2. Les eaux de sources .....	18
I.3.2. L'eau du robinet (les eaux de distribution publique) .....	19
I.3.2.1. L'eau de dessalement .....	19
I.3.2.2. L'eau de barrage .....	19
I.3.3. Eau de puits .....	20
I.3.4. Les normes algériennes utilisées pour l'analyse de l'eau potable .....	20

## **CHAPITRE II : METHODES ET MATERIELS**

II.1. Présentation du lieu de travail .....	22
II.1.1. Définition de l'algérienne des eaux .....	22
II.1.2. Les objectifs de l'ADE .....	24
II.1.3. Echantillonnage .....	25
II.1.4. Mode des prélèvements .....	25

II.2. Contrôle du chlore résiduel .....	26
II.3. Les analyses physico-chimiques .....	26
II.3.1. pH et Température.....	26
II.3.2. Conductivité électrique .....	27
II.3.3. Taux des sels dissous (TDS) .....	28
II.4. Les paramètres organoleptiques .....	28
II.4.1. La turbidité .....	28
II.4.2. La couleur.....	29
II.5. Méthode spectrophotométrie.....	30
II.5.1. Dosage de Fer.....	30
II.5.2. Dosage de Nitrate .....	31
II.5.3. Dosage de phosphore .....	31
II.5.4. Dosage de sulfate .....	32
II.5.5. Dosage de l'ammonium .....	33
II.5.6. Dosage de Nitrite.....	34
II.5.7. Dosage de Manganèse.....	35
II.5.8. Sodium et Potassium (spectrophotomètre à flamme).....	36
II.6. Paramètre volumétrique .....	37
II.6.1. Titre hydrométrique (TH).....	37
II.6.2. Titre calcique (Tca <sup>+2</sup> ) .....	38
II.6.3. Titre alcalimétrique complet et simple (TAC, TA).....	39
II.6.3.1. Titre alcalimétrique complet .....	39
II.6.3.2. Titre alcalimétrique simple (TA).....	39
II.6.4. Chlorure Cl <sup>-</sup> .....	40
II.6.5. Oxydabilité au permanganate de potassium.....	40

### **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Résultats et discussions.....	43
III. Les analyses physico-chimiques .....	43
III.1. pH et Température .....	44
III.2. Conductivité électrique.....	44
III.3. Titre hydrométrique (TH) .....	44
III.4. La turbidité.....	45

III.5.La couleur .....	45
III.6.Les chlorures .....	45
III.7.Nitrites.....	46
III.8.Nitrates .....	46
III.9.Le Fer .....	47
III.10.Sulfates.....	47
III.11.Ammonium .....	48
III.12.TDS .....	48
III.13.Calcium .....	49
III.14.Magnésium.....	49
III.15.Résidu sec .....	50
Conclusion générale.....	51
Références bibliographiques	

# **INTRODUCTION GENERALE**

# INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la vie, car l'eau est un élément important pour la continuité de la vie sur terre, en raison de ses multiples utilisations. L'eau potable est une eau utile pour la santé et qui contient des éléments chimiques et physiques dans des proportions raisonnables.

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. On la trouve sous multiples formes : pluies, mers, océans, lacs, nappes, souterraines,...etc.

L'eau potable est une eau douce propre à la consommation humaine qui peut être utilisée sans restriction pour boire ou préparer la nourriture. La potabilité des eaux, typiquement une eau de source ou l'eau du robinet.

La consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme, nuire à la santé des individus. C'est dans ce sens que des normes de qualité ont été définies pour juger la potabilité des eaux de consommation, et ce au niveau de chaque pays ou à l'échelle continentale (exemple des normes européennes) et mondiale (normes OMS).

L'eau est un bien de plus précieux pour notre planète et donc pour nous. Peut-être avons-nous oublié que le fait d'avoir ou pouvoir bénéficier d'une eau potable a demandé beaucoup d'efforts de production et de distribution pour qu'elle soit accessible au plus grand nombre d'entre nous.

Pour développer l'idée d'avoir une eau saine et pure, nous avons effectué un stage pratique dans l'établissement public de distribution d'eau (ADE) unité de Mostaganem, et précisément au niveau de laboratoire de cet établissement. Les objectifs de ce stage sont doubles : le premier est notre imprégnation dans le milieu socioprofessionnel et le second est l'approfondissement de nos connaissances acquises durant notre cursus à l'université.

L'objet de notre étude consiste en un suivi qualitatif des quelques eaux minérales embouteillées en Algérie, des eaux du robinet issues de barrage, issues de dessalement et d'une de puits de la ville de Mostaganem. Afin de mener à bien notre travail, nous avons scindé notre travail en trois parties ou trois chapitres :

- La première partie est le chapitre I, qui comporte la partie synthèse bibliographique c'est-à-dire une généralité sur l'eau.
- Le deuxième chapitre parle des méthodes et matériels où on a décrit le lieu de stage ainsi que les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail.
- La troisième partie est consacrée à l'interprétation des résultats et leurs discussions et en fin conclusion qui résumera les résultats trouvés.

CHAPITRE I  
GENERALITES DE L'EAU



### I.1. Généralités

#### I.1.1. Définition

L'eau est une substance incolore, inodore, insipide qui couvre trois quarts de la surface terrestre et qui joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie [1].

Par contre une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre des caractéristiques (eau potable doit être limpide, incolore, fraîche (10°-12°C), inodore et de saveur agréable, son pH est de 7. Elle ne peut contenir de substances toxiques minérales ou organiques et elle doit être exempte de germes pathogènes) [2]. La nature et la forme des normes s'appliquant à l'eau de boisson peuvent varier d'un pays à un autre ou d'une région à l'autre. Il n'existe pas d'approche unique, universellement applicable. Lors du développement et de la mise en œuvre des normes, il est essentiel de prendre en compte la législation actuelle et en préparation concernant l'eau, la santé et l'administration locale et d'évaluer la capacité du pays à établir des réglementations et à les faire appliquer. Des démarches susceptibles de fonctionner dans un pays ou une région ne sont pas nécessairement transposables à d'autres pays ou régions. Il importe que chaque pays fasse le bilan de ses besoins et de ses capacités pour la mise au point d'un cadre réglementaire.

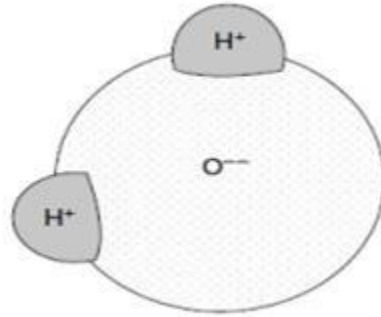
L'eau c'est la vie [3]. Présente dans toutes les traditions et religions du monde, l'eau est un élément primordial du patrimoine culturel de l'humanité à travers les mythes et les symboles. Ceux liés à l'eau entourent la création des formes terrestres, la naissance, la vie, le renouveau et la mort. Les sciences, l'art et les civilisations même ne sont pas pensables sans la présence de l'eau [4].

«H<sub>2</sub>O» est la formule chimique de cette molécule, elle est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène.

#### I.1.2. La molécule de l'eau

Rappelons que la molécule est la petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule d'eau conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps.

L'analyse structurale a permis de connaître la forme de la molécule d'eau, c'est une sorte de compas dont l'axe est occupé par l'atome d'oxygène et dont les bras sont formés par deux atomes d'hydrogène. L'angle H—O—H a une valeur de 104,30 C°.



**Figure I.1.** Molécule d'eau

Chaque atome d'hydrogène et celui d'oxygène mettent en commun chacun un électron pour former deux liaisons permet à la molécule d'eau d'être stable chimiquement. La longueur de liaison H-O-H est de 0,96 Å.

La molécule d'eau se comporte un dipôle électrique, cette répartition des charges permet de comprendre certaines propriétés physico-chimiques (solvant-soluté), car cette propriété électrique est responsable du grand pouvoir dissolvant de l'eau vis-à-vis de composés ioniques comme certains sels, acides et base [4].

### **I.1.3. Propriétés de l'eau**

L'eau est essentielle à la vie. Celle-ci a d'abord été aquatique, et c'est en conservant un milieu intérieur liquide que les êtres vivants ont pu sortir des océans, avec la nécessité, sauf pour quelques espèces adaptées au désert, de rester à proximité d'un point d'eau [4].

L'eau est complexe, anormale, mystérieuse, inexplicquée, exotique, exceptionnelle, particulière, et aussi c'est un élément rebelle, souple, labile et versatile au regard des autres liquides ; il se contracte quand on le chauffe, devient moins visqueux quand on le comprime et sa densité augmente en passant de l'état liquide à l'état solide [4].

### **I.1.4. Cycle de l'eau**

La quantité d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années. Elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en des précipitations sous forme de pluie, de neige et de grêle, va alimenter les mers, les cours d'eau et les nappes souterraines. L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa quantité globale est restée inchangée depuis le temps. Dans

l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est concentrée dans les nuages puis dans les précipitations. Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule une toute petite partie de cette eau est en mouvement. La grande majorité était stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère [5].

### **I.1.5.Ressources hydriques**

Les ressources en eau renouvelables offertes par la nature peuvent être estimées à partir des flux du cycle de l'eau et plus particulièrement des flux des circulations des eaux continentales aux environs 40000 Km<sup>3</sup>/an.

Compte tenu de la population actuelle de la planète qui est d'environ 6 milliards d'habitants, la quantité moyenne d'eau renouvelable disponible est de l'ordre de 7000 m<sup>3</sup>/habitant soit 20m<sup>3</sup>/jour/habitant, ce qui est très largement supérieur aux besoins.

En fait, les problèmes actuels et futurs sont multiples :

-La population ne cesse d'augmenter alors que les ressources restent constantes. Dans certains cas, même ces ressources diminuent par suite des problèmes de pollution.

-Ressources en eau sont inégalement réparties sur la planète. Il y'a le déserts et zones sud-arides (30% des terres émergées) qui n'ont que peu ou pas d'eau. Il y'a aussi certaines zones équatoriales ou tropicales sur lesquelles tombent chaque année plusieurs mètres de pluie [5].

### **I.1.6.La répartition de l'eau dans le monde**

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

97% de l'eau se trouve dans l'océan, mais elle est salée.

Au niveau mondial, même si les réserves en eau profonde ne sont pas complètement connues, on considère que la quantité d'eau disponible est très limitée.

## Chapitre I : Généralités de l'eau

On sait que déjà que l'eau douce en représente 2,5% et que la majorité est bloquée dans les glaces (2%) ou stockée dans les nappes profondes.

Donc seulement 0,6% (0,58% dans les nappes et le sol, 0,02% pour les eaux superficielles) est effectivement utilisable.

Cette réserve en eau est particulièrement mal répartie puisque dix pays, en majorité situés au nord du globe ou en zone tropical humide, possèdent 60% des ressources. Le déficit existe donc dans les régions où l'on a le plus besoin, c'est-à-dire dans les zones arides, et en particulier au Proche et au Moyen Orient.

Les réserves d'eau fossiles (nappes) sont déjà très utilisées (par exemple en Arabie Saoudite) et ne peuvent pas constituer une réserve durable. Les prévisions à échéances 2000 ou 2025 ne sont pas optimistes, puisque douze pays peuplés de 450 millions d'habitants vont épuiser les ressources avec taux d'exploitation dépassant 100% ; vingt-six pays, soit 345 millions d'habitants auront moins de 500 m<sup>3</sup>/an/habitant, ce qui représente le taux de pénurie. En fin trente-cinq pays, soit 1145 millions d'habitants, auront moins de 1000 m<sup>3</sup>/an/habitant, ce qui représente un seuil de tension.

En référence, on peut rappeler que la France dispose actuellement de 3300 m<sup>3</sup>/an/habitant et l'union européenne de 2400 m<sup>3</sup>/an/habitant. Bien que l'on ait peu de données à ce sujet, on peut également s'inquiéter, non seulement de l'aspect quantité, mais également d'une dégradation constante de la qualité de l'eau, en liaison avec les pollutions, en particulier par les nitrates, pesticides et microorganismes.

**Tableau I.1.** Réserves d'eau de la planète.

Réservoirs	Volume (10 <sup>15</sup> m <sup>3</sup> )	% total	Temps de résidence
Océans	1350	97	2500 ans
Glaciers (calotte glacière)	33	2,4	1000 à 10000 ans
Eaux souterraines	8	0,6	1500 ans
Lacs	0,1	<0,01	17 ans
Eau dans le sol	0,07	<0,01	1 an
Eau dans l'atmosphère	0,013	<0,001	8 jours
Rivières	0,0017	0,0001	16 jours
Eau dans la matière vivante	0,0011	0,0001	Quelques heures

### I.1.7. Les différents types d'eau

#### I.1.7.1. Les eaux de surfaces

Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, les barrages réservoirs, glaciers. Ces eaux proviennent de l'eau de pluie tombée sur le bassin versant du lieu récepteur [6].

On peut les répartir en trois catégories :

-Eaux de rivière (partie amont) L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes.

Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité élevée;
- Les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension;
- Contamination bactérienne faible;
- La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante ;
- Température froide.

Ces eaux proviennent soit de sources, soit de la fonte des matières végétales, principales sources de couleur (Indice de couleur faible). Ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.

- *Eaux de rivière*

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Elle se caractérise par :

- ✓ Contamination bactérienne élevée : cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles;
- ✓ Contamination organique et inorganique élevée: les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques ;
- ✓ Indice de couleur pouvant être élevé: dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colorent.

- *Eaux de lac*

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et en automne. Durant ces périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité [7].

### I.1.7.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute, les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ainsi :

- *Turbidité faible* : les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol ;
- *Contamination bactérienne faible* : le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries ;
- *Température constante* : les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère ;
- *Indice de couleur faible* : les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur ;
- *Débit constant* : contrairement à celle des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année ;
- *Sureté souvent élevée* : les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg, Ca, etc.) responsables de la dureté ;
- *Concentration élevée en fer et en manganèse* : ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous [7].

### I.1.8. L'eau de consommation (Eau potable)

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation. Cette dernière varie d'une communauté économique ou d'un pays à l'autre et est évolutive [4].

Selon certaines normes, une eau potable est une eau qui ne porte pas atteinte à la santé. En fait, il faut avoir à l'esprit qu'il existe deux définitions de l'eau potable, l'une est une définition réglementaire et l'autre est une définition médicale.

-Définition réglementaire : une eau potable est une eau conforme aux normes réglementaires.

Dans cette optique, l'eau du robinet et les eaux embouteillées sont généralement potables sauf par accident.

-Définition médicale : une eau potable est une eau qui ne rend pas malade, même à long terme.

Dans cette optique médicale, ni eau du robinet ni les eaux embouteillées ne sont pas potables, sauf exception [4].

### I.1.9. La pollution des eaux

L'impact écologique d'une substance polluante dépend de sa toxicité aiguë et/ou chronique, de son temps de dégradation dans un milieu et de sa capacité à se diffuser dans l'espace et le temps [4].

Concernant la pollution de l'eau, il convient de distinguer deux types de polluants :

- Ceux qui proviennent d'un excès d'éléments qui sont normalement présents à l'état naturel dans le milieu (exemple des nitrates et phosphates);
- Ceux qui sont issus de molécules de synthèse, introduits par l'homme dans le milieu naturel (exemple des pesticides). Pour la plupart de ces derniers, leurs impacts et leur devenir (accumulation, dispersion, transformation) sur l'environnement et les organismes vivants sont largement méconnus ;

Deux catégories de pollutions ; les pollutions ponctuelles (la source de pollution est facilement localisable, c'est un point précis. Ainsi, les pollutions industrielles sont qualifiées de ponctuelles) et les pollutions diffuses (la source de la pollution est difficilement localisable, par exemple, les pollutions agricoles par les nitrates sont qualifiées de diffuses) [4].

Il existe 3 localisations des polluants :

- Les polluants des eaux brutes : Matières organiques, pesticides, métaux lourds, médicaments, cosmétiques, micro-organismes.
- Les polluants des méthodes de traitement de l'eau : Le chlore, ozone, sels toxiques.
- Les polluants des conduites d'eau : Métaux lourds, micro-organismes [4].

### I.2. Qualité de l'eau

#### I.2.1. Paramètres chimiques de l'eau

##### I.2.1.1. Le chrome

Le chrome est présent en petites quantités dans la nature. Il est plus important dans les roches de type basique que celles de type siliceux [8].

La plupart des roches et des terrains renferment de faibles quantités de chrome. Sa présence dans l'eau n'est pas fréquente et est le plus souvent, liée à des rejets d'eau usées ou à des infiltrations par de champs d'épandage de boues de station d'épuration.

Le chrome est amphotère et peut exister dans l'eau sous plusieurs formes ; les eaux naturelles n'en contiendront à l'état de cation que lorsque le pH est bas. La toxicité du chrome dépend de son état physico-chimique, les sels hexavalent sont considérés comme les plus dangereux [9].

L'intoxication aiguë par le chrome se traduit par une tubulonéphrite parfois compliquée d'une hépatite toxique avec ictère. L'intoxication chronique à caractère professionnel développe des lésions cutanées et des muqueuses avec des atteintes de l'appareil respiratoire (bronchites, asthme, cancers broncho-pulmonaires). Toutefois il ne semble pas que l'absorption de chrome alimentaire constitue un risque carcinogène. L'O.M.S a adopté comme valeur limite du chrome le chiffre de 0,05mg/l. En raison du caractère cancérigène par inhalation, le centre international de recherche sur le cancer a classé le chrome VI comme cancérigène pour l'homme [9].

On doit souligner que l'élimination du chrome à partir des eaux résiduaires ne présente pas de difficultés particulières, en utilisant des traitements de précipitation chimique.



### I.2.1.2. Le Cuivre

Il est présent dans la nature sous forme de minerais oxydés ou sulfurés ; à l'air il se recouvre d'une mince couche de carbone basique. En métallurgie, il entre dans de nombreux alliages parmi lesquels le laiton (cuivre et zinc), le bronze (cuivre et étain), le maillechort (cuivre, nickel et zinc) [10].

En raison de ses propriétés de bon conducteur de la chaleur et de l'électricité, les usages du cuivre sont très répandus. Biologiquement, ce métal joue un rôle important dans différents métabolismes et dans la synthèse d'hémoglobine. En dehors des pollutions industrielles ou des traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion de tuyauteries de distribution (0,5 à 1mg/l), plus rarement il constitue de résidu d'un traitement des algues par les sels de cuivre [8].

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, L'OMS recommande une valeur guide provisoire de 2mg/l compte tenu des incertitudes de la toxicité du cuivre pour l'homme. Toutefois, elle précise que les risques de taches sur les appareils sanitaires peuvent apparaître pour de teneurs supérieures à 1mg/l.

Il convient de signaler que l'utilisation d'éléments en acier galvanisé (ballons, tuyauteries, etc.) en aval des tuyauteries en cuivre engendre de phénomènes de corrosion. Le cuivre est susceptible de perturber l'épuration des eaux résiduaires par les boues activées, cela à des teneurs faibles (1mg/l) et la digestion des boues avec de teneurs plus élevées (100mg/l) [8].

### I.2.1.3. Le Plomb

Le plomb est un métal grisâtre que l'on retrouve dans la croûte terrestre, il existe sous forme métallique, inorganique et organique, et aussi très malléable et résistant aux corrosions, il a été longtemps utilisé dans la fabrication de conduites d'eau, de même que dans les alliages utilisés pour la soudure de la tuyauterie [11].

Bien que on le retrouve de façon naturelle dans l'environnement, des concentrations très faibles en plomb sont mesurées dans les eaux de surface et souterraines qui servent à alimenter la population en eau potable. La présence du plomb dans l'eau de consommation est habituellement attribuable au phénomène de corrosion qui survient dans les composantes structurales des réseaux de distributions et dans la tuyauterie domestique qui contiennent du plomb. La corrosion du plomb

survient en milieu acide lorsque le plomb métallique de la tuyauterie ou des soudures entre en contact avec un agent oxydant (ex : oxygène dissous ou chlore). Le plomb métallique est alors converti en une forme oxydée (habituellement  $Pb^{2+}$ ) qui se dissout dans l'eau [11].

### **I.2.1.4. Le Zinc**

Le zinc est oligo-élément essentiel qui se trouve presque dans tous les aliments et dans l'eau potable sous forme de sels ou de complexe organiques. Le régime alimentaire est normalement la principale source de zinc. Bien que les niveaux de zinc dans les eaux de surface et les eaux de surface ne dépassent pas 0,01 et 0,05mg/l, respectivement, les concentrations dans l'eau du robinet peuvent être beaucoup plus élevées à cause de la dissolution de zinc à partir de tuyaux [12].

### **I.2.1.5. Le cadmium**

Le cadmium métallique est utilisé dans l'industrie de l'acier et de plastique. Les composants de cadmium sont largement utilisés dans la fabrication des piles. La contamination des eaux de boisson peut être provoquée par des impuretés présentes dans les conduites de zinc ou des conduites galvanisées et de quelques garnitures métalliques. La nourriture est la principale source d'exposition quotidienne au cadmium. Il faut noter aussi que le tabagisme est une source importante d'exposition au cadmium [12].

### **I.2.1.6. Le fer**

Le fer est l'un des métaux le plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50mg/l. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine [12].

### **I.2.1.7. Le Bore**

Des composés du bore sont utilisés pour la fabrication de verre, des savons et des détergents. Généralement, une population obtient la plus grande quantité de bore par la prise alimentaire, car il est naturellement présent dans de nombreuses plantes comestibles. Le bore est trouvé naturellement dans les eaux souterraines, mais sa présence dans l'eau de surface est souvent une

conséquence de la décharge des effluents traités des eaux usées, d'où ils proviennent la contamination des eaux de surface par certains détergents [12].

### **I.2.1.8. Argent**

L'argent se présente à l'état natif sous forme de minerai, ou associé à des minerais de plomb, d'or, de cuivre et de zinc. Il est pratiquement inexistant dans l'eau, et il arrive que la teneur soit élevée dans l'eau de robinet du fait de sa présence à l'état de traces dans certains accessoires de plomberie [13].

### **I.2.1.9. Nitrites**

Les nitrites 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 (Analyses physico-chimiques des eaux.).

### **I.2.1.10. Les Nitrates**

Les composés carbonés : il existe différents indicateurs de pollution organique. Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles [13].

Ils sont rarement présents dans l'eau de consommation. On les trouve dans les eaux naturelles puisque sont le résultat normal de l'oxydation de l'azote organique[13].

## **I.2.2. Propriété physico-chimique de l'eau**

### **I.2.2.1. Le pH**

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans les complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, turbidité, conductivité ionique [13].

### **I.2.2.2. La Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH [14].

### I.2.2.3. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en hydroxydes libres et en carbonates. Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en hydroxydes libres carbonates et hydrogencarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minéral dilué [15].

### I.2.2.4. La conductivité électrique

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre deux électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique [16].

### I.2.2.5. La demande chimique en oxygène (DCO)

Exprime la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour oxyder la matière organique (Biodégradable ou non) d'un litre eau. On la détermine expérimentalement à l'aide d'autre oxydant : le dichromate de potassium :  $K_2Cr_2O_7$ . Le résultat s'exprime en mg d' $O_2$ /l.

Cette méthode donne donc une image plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont par exemple pas oxydés dans ces conditions).

L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO. La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO (oxydation forcée), et donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple) [17].

**Tableau I.2.** Les échelles de valeur fréquemment rencontrées sont les suivantes [17] :

Situation	DBO <sub>5</sub> , d'O <sub>2</sub> en mg/l
Eau naturelle et vive	<1
Rivière légèrement polluée	<1<C<3
Egout	100<C<400
Rejet station d'épuration	20<C<40

### **I.2.2.6. La demande biochimique en oxygène (DBO)**

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C à l'abri de la lumière et de l'air: on parle alors de DBO<sub>5</sub>. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub> consommé [17].

### **I.2.2.7. Titre hydrotimétrique**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plus part des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelques fois les ions de fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée la dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO<sub>3</sub>. Elle est aussi très souvent donnée en degré français [18].

### **I.2.2.8. La matière solide dissoute totale (TDS)**

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent par le passage de l'échantillon de l'eau à travers un filtre de fibres de verre. Par définition, les matières en suspension sont retenues sur le dessus du filtre, et les solides dissous passent à travers le filtre avec de l'eau. Lorsque la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans une coupelle, puis évaporé, les solides dissous dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Cette matière est appelée matières totales dissoutes ou TDS [19].

### **I.2.2.9. Calcium**

Le Calcium est un élément alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires, sous forme 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'hydrogencarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorures...etc. il est dosé par la méthode complexométrie et sa teneur ne doit pas dépasser 500 mg/l de CaCO<sub>3</sub> dans l'eau potable [20].

### **I.2.2.10. Le potassium**

Il est moins abondant que le sodium, il est rarement présent à des teneurs supérieures à 20 mg/l dans les eaux naturelles [21].

### **I.2.2.11. Le Sodium**

Le Sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Il provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux, et le deuxième élément le plus abondant dissous dans l'eau de mer (J-Rodier, 1984). Les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable [21].

### **I.2.2.12. Le magnésium**

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi indispensable pour la croissance et pour la production des certaines hormones [13].

### **I.2.2.13. Les chlorures**

L'eau contient des chlorures mais en proportion très variable. Ainsi les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage : d'ailleurs, la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation.

### **I.2.2.14. Les sulfates**

Les eaux naturelles contiennent des sulfates en proportions variables. Elles résultent de légère solubilité de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ), des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures métalliques (fer, cuivre ....) [21].

### **I.2.2.15. Les phosphates**

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agents de traitement des eaux de chaudières. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riches en engrais [22].

### I.2.3. Les paramètres Organoleptiques de l'eau

#### I.2.3.1. Le gout

Le gout peut être défini comme :

-L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ;

-la propriété des produits provoquant ces sensations [18].

#### I.2.3.2. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [18].

#### I.2.3.3. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace [18].

## I.3. L'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION EN ALGERIE

### I.3.1. Les eaux minérales naturelles et eaux de sources

#### I.3.1.1. Les eaux minérales

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet.

Par ailleurs, leur nom commercial n'est souvent pas spécifique à une source. Tout en restant conforme aux règles de l'étiquetage, une même marque peut parfois recouvrir plusieurs sources et donc avoir des compositions minérales différentes [24].

### *I.3.1.1.a) Propriétés de l'eau minérale*

L'eau minérale n'est jamais chimiquement pure, à moins d'être synthétisée à partir d'oxygène et d'hydrogène. Les procédés de purification (distillation, déminéralisation par osmose inverse ou passage sur résines échangeuses d'ions) permettent d'approcher cette pureté, mais toute eau que l'on trouve dans la nature inclut toujours des substances dissoutes, en particulier des minéraux. La nature et la qualité de ces substances dissoutes influent sur les propriétés générales [25].

### *I.3.1.1.b) Critères de l'eau minérale*

L'eau minérale naturelle doit se distinguer par sa provenance géologique particulière par la nature et la quantité de ces composants minéraux, par sa pureté originelle, ainsi que par une composition et une température constante dans les limites des variations naturelles. Ces caractéristiques doivent avoir été vérifiées par des procédés scientifiques reconnus, selon des critères :

- Géologiques et hydrogéologiques
- Physiques, chimiques et physico-chimiques
- Microbiologiques.

Les analyses microbiologiques doivent être effectuées au moins une fois par mois pendant au moins une année. Les résultats de ces analyses doivent être communiqués aux autorités nationales d'exécution compétente [25].

### **I.3.1.2. Les eaux de sources**

La protection naturelle de ces eaux est requise. Elles ne subissent aucun traitement chimique de désinfection. Leur origine est souterraine, de sources multiples possible pour l'eau de source, de source unique pour l'eau minérale naturelle. La composition en sels minéraux de l'eau de sources est variable. La composition en sels minéraux de l'eau minérale naturelle est obligatoirement stable [26].



L'eau de source provient de nappes souterraines. Elle est également embouteillée à la source. Contrairement à l'eau minérale, l'eau de source ne doit pas respecter de teneur minérale en minéraux [27].

Une eau de source est également une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou virus, mais cette fois-ci chargée en minéraux. Elle est apte à la consommation humaine, en général sans traitement ni addition de produits [27].

### **I.3.2. L'eau du robinet (les eaux de distribution publique)**

La protection naturelle de ces eaux est non requise. Elles subissent des traitements chimiques de désinfection.

- ❖ Leurs origines sont multiples : lacs, rivières, nappes phréatiques.
- ❖ Leur composition en sels minéraux est très variable.
- ❖ L'eau du robinet filtrée bénéficie d'une filtration partielle. Mais certains polluants ne sont pas filtrés. Le calcium et magnésium sont retenus dans le filtre et elle peut contenir des ions métalliques d'argent issus du filtre [28].
- ❖ L'eau du robinet provient d'eau de surface (rivières, canaux, lacs...) et d'eaux souterraines. Elle est traitée afin de respecter une soixantaine de paramètres fixés par la loi [31].

L'eau du robinet n'est rien d'autre que de l'eau de distribution. Elle arrive chez vous depuis son point de captage souterrain via un réseau de canalisations, il s'agit d'une source stable. Boire l'eau du robinet s'avère donc sans danger. Toutefois, il arrive que son odeur ou son goût soit moins agréable [29].

#### **I.3.2.1. L'eau de dessalement**

Le dessalage ou désalinisation est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable ou, plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce [30].

#### **I.3.2.2. L'eau de barrage**

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver.

Les techniques de la fin du XIX e et du début du XX e siècle ne permettaient pas l'édification de retenues de grande capacité. Les premiers barrages ont surtout une fonction de dérivation d'une partie de l'eau (écrémage) vers une conduite forcée ou un canal d'irrigation [31].

### I.3.3. Eau de puits

Dans certains secteurs, il existe des puits captant des eaux souterraines en général peu profondes.

Lorsque l'on possède un puits dans son jardin, il faut éviter de l'utiliser à des fins alimentaires car des pollutions sont toujours possibles. Elle peut en revanche être utilisée pour arroser le jardin, remplir la piscine etc.

Cependant, des précautions doivent être prises afin d'éviter toute contamination du réseau public par des retours d'eau du puits. Pour cela, une séparation physique stricte des réseaux est nécessaire.

Il est possible de connaître la qualité de l'eau de son puits en la faisant analyser [27].

### I.3.4. Les normes algériennes utilisées pour l'analyse de l'eau potable

L'eau potable de bonne qualité est essentielle à la santé, A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine, car l'eau contaminée par des produits chimiques ou des micro-organismes peut nuire à la santé. Cette eau doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses qui pouvant y être présentes, et les tableaux suivant représente les normes algériennes de potabilités.

**Tableau I.3.** Les normes algériennes pour l'analyse de l'eau potable.

Paramètre Physique	Unité	Norme
Ph		6.5-9

## Chapitre I : Généralités de l'eau

<b>Conductivité 25°C</b>	µs/cm	2800
<b>Température</b>	°C	25
<b>Turbidité</b>	NTU	5
<b>Salinité</b>	%	50
<b>Résidu Sec à 105°C</b>	mg/l	1500
<b>TDS</b>	mg/l	1200

<b>Minéralisation globale</b>	<b>Unité</b>	<b>Norme</b>
<b>Calcium Ca<sup>2+</sup></b>	mg/l	200
<b>Magnésium Mg<sup>2+</sup></b>	mg/l	150
<b>Sodium Na<sup>2+</sup></b>	mg/l	200
<b>Potassium K<sup>+</sup></b>	mg/l	12
<b>Chlorure Cl<sup>-</sup></b>	mg/l	500
<b>Sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	mg/l	400
<b>Bicarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	mg/l	180
<b>Dureté totale (TH)</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500
<b>Titre alcalin (TA)</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	....
<b>Titre alcalin complet (TAC)</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500

<b>Paramètre de pollution</b>	<b>Unité</b>	<b>Norme</b>
<b>Ammonium NH<sub>4</sub></b>	mg/l	0.5
<b>Nitrite NO<sub>2</sub></b>	mg/l	0.2
<b>Nitrate NO<sub>3</sub></b>	mg/l	50

<b>Paramètre Indésirable</b>	<b>Unité</b>	<b>Norme</b>
<b>Fer Total</b>	mg/l	0.3
<b>Fer Fe<sup>2+</sup></b>	mg/l	0.3
<b>Fer Fe<sup>3+</sup></b>	mg/l	0.3

**CHAPITRE II**

**METHODES ET MATERIELS**

### II.1. Présentation du lieu de travail

#### II.1.1. Définition de l'algérienne des eaux

- **Mostaganem**

La wilaya de Mostaganem est située au nord-ouest de l'Algérie. Elle est limitée du nord par la mer méditerranéenne. De l'ouest par la wilaya d'Oran, du sud par la wilaya de Mascara, de l'est par la wilaya de Relizane et du nord-est par la wilaya de Chlef.

La wilaya de Mostaganem a une superficie globale d'environ 2220km<sup>3</sup> la situation générale fait constater la prépondérance du secteur de l'agriculture qui présente de véritables conditions d'expansion et de développement.

Mostaganem est structurée administrativement en des daïras et des communes qui sont gérées en matière d'alimentation en eau potable par l'Algérienne des eaux ADE unité de Mostaganem.

- **Création de l'ADE**

Sous la tutelle du ministère des ressources en eau, l'Algérienne des eaux est un établissement public national à caractère commercial et industriel doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Elle a été créée à la suite de la réforme institutionnelle engagée par les pouvoirs publics en vue d'assurer une gestion rationnelle de la ressource en eau.

C'est de cette réforme institutionnelle qu'un décret exécutif N°01-101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001 a officialisé la création de l'Algérienne des Eaux.

- **Les différentes ressources d'alimentation de Mostaganem (d'où arrive l'eau ?)**

Notre wilaya, et avant l'année 2006, voit sa ressource en eau souterraine mise à disposition pour l'alimentation en eau potable, insuffisante, par le rabattement des nappes, et une faible pluviométrie. Sauf un modeste quota à partir du barrage de Garer vient en soutien pour soulager cette dernière.

L'état et dans un objectif de moyen terme lance de grand projet pour palier définitivement au manque d'eau dans la réalisation :

1-la grande réalisation de la région ouest du pays , le système KRAMIS , composé : du barrage Chélif de 50 millions de m<sup>3</sup>, du barrage KERADA avec une capacité globale de 70 millions de m<sup>3</sup>- une station de traitement de capacité 6.5 m<sup>3</sup>/s , deux réservoirs de grande capacité, un 120000 m<sup>3</sup> à Mostaganem et un 300000 m<sup>3</sup> à Oran avec une adduction gravitaire de 93 km de longueur et de D 2000 à 1400 mm .la partie Mostaganem a connu une 1ère mise en service en 2009, donnant un soulagement énorme vis-à-vis de l'alimentation en eau potable de la population ou l'approvisionnement de la population est passé de 1/2 et 1/3 au quotidien.

2- le grand défi, le dessalement, dessine un nouveau visage hydrique du pays.

Mostaganem avec son usine de dessalement de 200000 m<sup>3</sup> /jour .il sécurise définitivement et à long l'ALE de la wilaya, et préserve la ressource souterraine (régénérescence des nappes). Ramené la plupart des communes à une alimentation en H24. Un autre défi pour les autorités de la wilaya. Donné au reste des communes avec toutes leurs agglomérations la même fréquence d'alimentation en eau avant la fin de l'année 2013.

Trois bretelles devront être desservies par la station. Le premier axe prolongera la KN23 jusqu' à l'agglomération de Bouguirat, le second desservira les localités de Mazagran. Hassi Mamèche et Aïn Nouissy, et pourrait prolonger la RN17 jusqu'à Mohamadia. Avant d'être dévié vers la ville de Sig. Relevant du territoire de la wilaya de Mascara. Le troisième tronçon aboutira, quant à lui. à Aïn Tedles, sur le rivage de oued Chélif. L.c projet prévoit une interconnexion avec les deux grands réseaux desservant la région, le MAO (MostaganemArzew Oran). Qui achemine l'eau du barrage de Gargar, dans la wilaya de Relizane. Ainsi que celui émanant du barrage de Kramis pour la desserte de la région du Dahra. La fourniture et la pose des installations proprement dites de la station de dessalement.

**Missions de l'ADE :** garantir la disponibilité de l'eau au citoyen

- Production.
- Traitement.
- Transfert.
- Stockage.
- Distribution

### **Laboratoire**

Le service laboratoire ADE Mostaganem a été créé en 2005 dans le but principal d'assurer la qualité des eaux distribuées à la wilaya de Mostaganem et destinées à la consommation humaine.

Le laboratoire d'analyses d'eau a pour but d'assurer la qualité d'eau destinée à la consommation en passant par le contrôle dans le réseau de distribution et réservoirs jusqu'au robinet des consommateurs.

Pour cela des prélèvements des échantillons se font quotidiennement suivant un planning de sorties établie par monsieur le chef du laboratoire.

La mission du control étant fini des fiches de prélèvement et réception sont remplies par le personnel désigné dans le planning du travail.

Les analyses physicochimiques et bactériologiques se font le jour même de la prise d'échantillon pour avoir des résultats exacts...

L'ensemble du personnel du service laboratoire ADE Mostaganem a pour missions en premier lieu la prévention et l'intervention en cas de grosse connexion.

Le laboratoire d'analyses est composé de deux blocs :

- Le premiers bloc assure le contrôle les paramètres physicochimiques liées à la qualité d'eau.
- Le deuxième bloc pour la détection, identification et classification de l'ensemble des bactéries présente dans l'eau (en cas d'une mauvaise désinfection)

### **II.1.2. Les objectifs de l'ADE**

L'Etablissement est chargé, dans le cadre de la politique nationale de développement, d'assurer sur tout le territoire national, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge de la gestion des services des eaux des communes, des opérations de productions, d'acheminement, de traitement, de stockage, d'adduction, d'approvisionnement en eau potable ainsi que la maintenance et le développement des ouvrages et infrastructures y afférents.

### II.1.2.1. Type de contrôle effectué par le laboratoire

- Le contrôle de la désinfection

Il consiste à contrôler la teneur en chlore résiduel.

- Le contrôle des physico-chimique

Les paramètres à évaluer dans les analyses physico-chimiques sont présentés dans ce qui suit :

- Paramétrer organoleptiques Odeur, saveur et couleur...etc.
- Paramétrés physico-chimique

La température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité et la teneur en sel dessous.

- Paramétrés Minéralisation globale

Dureté totale, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, chlorures, calcium, magnésium et les sulfates.

- Paramétrés de pollution

Les nitrites, les nitrates et les phosphates.

- Le contrôle bactériologique

Ce contrôle sert à vérifier l'analyse bactériologique de l'eau distribuée par la recherche des germes indicateurs de pollution.

### II.1.3. Echantillonnage

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 [18].

### II.1.4. Mode des prélèvements

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-chimique et bactériologique de l'eau. Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur a une connaissance précise pour la qualité des résultats analytiques [18].

### II.2. Contrôle du chlore résiduel

La méthode la plus facile et la plus rapide pour tester la présence du chlore résiduel est le test DPD en utilisant un comparateur colorimétrique.

Une pastille de DPD est ajoutée à un échantillon d'eau en rose, l'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une échelle de couleur et afin de déterminer la concentration en chlore [18].

### II.3. Les analyses physico-chimiques

#### II.3.1. pH et Température

Dans le laboratoire de l'ADE, la mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH mètre du type HACH, après un étalonnage de cette dernière avec trois solutions (figure), (pH=4, pH=7, pH=10).



**Figure II.1.**pH mètre (HACH)

- Mode opératoire
  - Allumer le pH mètre.
  - Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
  - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'eau à analyser.

- Immerger l'électrode dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation.
- Enregistrer la valeur du pH et de la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer abondamment l'électrode avec de l'eau distillée et arrêter l'appareil [32].

### II.3.2. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique est réalisée à l'aide d'un conductimètre de type (HACH), après un étalonnage de cette dernière avec trois solutions :

(147  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; 1413  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; 12, 88 $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

- Mode opératoire
  - Allumer le conductimètre.
  - Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
  - Rincer l'électrode avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser.
  - Immerger l'électrode dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de l'électrode.
  - Enregistrer la valeur de la conductivité électrique qui est affichée sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
  - Rincer l'électrode et arrêter l'appareil [32].



**Figure II.2.** Conductimètre (HACH).

### II.3.3. Taux des sels dissous (TDS)

Le TDS est utilisé comme un indicateur du contenu total en composé minéraux présents dans l'eau d'alimentation les substances minérales dissous incluent

**NB** : Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noté le résultat

### II.4. Les paramètres organoleptiques

#### II.4.1. La turbidité

Selon L'O.M.S la turbidité d'une eau de consommation ne doit pas dépasser 5 unités turbides métriques.

Le degré de turbidité augmente en fonction de présence des matières en suspension finement divisées : matières organiques, limons, argiles,...etc.

L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incident est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et c'est afin dévier l'influence des matières [32].

- Matériels utilisés
  - ❖ Cuvette.
  - ❖ Turbidimètre (Figure.II.3)
  - ❖ Eau ultra pure.
  - ❖ Solutions d'étalons (800NTU .100NTU. 20NTU. 0,02NTU)
- Mode opératoire

A l'aide d'un turbidimètre la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800NTU. 100NTU. 20NTU. 0,02NTU).
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons.
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.

- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur Read.
- La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument.
- Rincer la cuvette



**Figure II.3.** Turbidimètre.

### II.4.2. La couleur

- Matériel utilisé :
  - ❖ L'eau ultra pure.
  - ❖ Colorimètre HACH DR 890.
  - ❖ Cuvette en verre (25 m).
- Mode opératoire :
  - Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau ultra pure (le blanc).
  - Placer le blanc dans le colorimètre et appuyer sur le zéro.
  - Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau à analyser.
  - Placer la cuvette qui contient l'échantillon dans le colorimètre et appuyer sur Read.
  - La mesure de la couleur est affichée en (Pt Co) sur l'écran de l'appareil.
  - Rincer les cuvettes.

### II.5. Méthode spectrophotométrie

#### II.5.1. Dosage de Fer

- Principe

Après oxydation en milieu acide le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénanthroline 0,10 [32].

- Objet

La présente méthode d'essai spécifie une méthode spectrophotométrique à la phénanthroline pour le dosage du fer dans l'eau.

**Tableau.II.1.** Préparation des réactifs pour le dosage de fer

Solution 1	Solution 2	Solution3
CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> (40g)	NH <sub>2</sub> OHHCL (10g)	Phénanthroline (0,50g)
CH <sub>3</sub> COOH (50ml)	Eau distillée	HCl 2 goutes
Eau distillée (100ml)		Eau distillée (100ml)

**NB :** La solution 2 peut rester stable au moins une semaine et la solution 3 peut aussi rester stable pendant une semaine si elle est conservée dans l'obscurité.

- Mode Opérateur
  - 50 ml de l'eau distillé +1 ml de la solution 1+2 ml de la solution 2+ 2 ml de la solution 3 (Le blanc)
  - 50 ml de l'eau a analysé +1 ml de la solution 1+ 2 ml de la solution 2+ 2 ml de la solution 3

La lecture est effectuée après avoir conservé les fioles à l'obscurité pendant 15 min, on fait la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm [32].

La présence de fer → coloration rouge

### II.5.2. Dosage de Nitrate

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie [32].

- Objet

Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrophométrique des nitrates par la méthode de salicylate de sodium.

**Tableau II.2.** Préparation des réactifs pour le dosage de nitrate.

Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
NaOH (30g)	$C_7H_5NaO_3$ (0,25g)	$H_2SO_4$ concentré (2ml)	NaOH (400g)
Eau distillée (100ml)	Eau distillée (50ml)	Eau distillée (15ml)	Tartrate double de sodium et de potassium (60g) Eau distillée (100ml)

**NB :** conservé la solution 4 dans un flacon en polyéthylène.

- Mode Opératoire
  - 10ml E.D + 3goutte solution 1 + 1ml solution 2 plaque chauffante +2 ml solution 3 + 15 ml E.D + 15ml solution 4
  - 10ml Echantillon + 3goutte solution 1 + 1ml solution 2 plaque chauffante +2 ml solution 3 + 15 ml E.D + 15ml solution 4

Fait la lecture au spectrophotomètre a longueur d'onde = 415nm

Présence de nitrate → couleur jaune

### II.5.3. Dosage de phosphore

Dans un milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique. Ce complexe réduit par l'acide exoréique, développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrie, certaine forme organique pouvant être

## Chapitre II : Méthodes et Matériels

hydrolysée au cours de l'établissement de la coloration et accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium [38].

- Objet

L'objet décrit la mesure des orthophosphates par spectrophotométrie.

**Tableau.II.3.**Préparation des réactifs pour le dosage de phosphore.

<b>Solution 1</b>	<b>Solution 2</b>
<b>Acide sulfurique 9mol/l (500ml)</b>	Acide ascorbique (10g)
<b>Tartrate de potassium et d'antimoine (0,35g)</b>	Eau distillée (100ml)
<b>D'heptamolybdate d'ammonium tétra Hydraté (13g)</b>	
<b>Eau distillée (1000ml)</b>	

- Mode opératoire
  - 40 ml de l'eau distillé + 1 ml de la solution 1 + 2ml de la solution 2 complété 50ml
  - 40 ml de l'eau a analysé + 1 ml de la solution 1 + 2 ml de la solution 2 complété 50ml

La lecture est effectuée après 10 à 30min au spectrophotomètre à la longueur d'onde 880nm

La présence de phosphate → coloration bleue

### II.5.4. Dosage de sulfate

Les ions  $SO_4^{2-}$  sont précipités a l'état de sulfate de baryum et évaluée gravi métriquement [32].

- Objet

L'objet de cette présente méthode est la détermination du teneur en sulfates par spectrophotométrie.

**Tableau.II.4.** Préparation de réactifs pour le dosage de sulfate.

<b>Solution 1</b>	<b>Solution 2</b>
<b>Acide chlorhydrique (60ml)</b>	Chlorure de baryum (150mg)
<b>Glycérol (150g)</b>	Acide chlorhydrique (5ml)

Eau distillé (1000ml)

Eau distillé (1000ml)

**NB** : cette solution 2 peut être conservée pendant une semaine en flacon brun à 4C°.

- Mode opératoire
  - On prend 100ml d'eau distillé +5ml de la solution stabilisante +2ml de chlorure de baryum
  - On prend 100ml d'eau a analysé + 5ml de la solution stabilisante + 2ml de la solution de chlorure de baryum
  - On agite énergiquement pendant 1min

La lecture est effectuée dans un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420nm

La présence de sulfate → coloration blanc trouble

### II.5.5. Dosage de l'ammonium

- Principe

En milieu alcalin et en présence de nitre prussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie.

- Objet

Ce protocole spécifie une méthode par spectrophotométrie pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes et eaux résiduaires.

**Tableau.II.5.** Préparation de réactifs pour le dosage de l'aluminium.

<b>Solution 1</b>	<b>Solution 2</b>
<b>Salicylate de sodium (13g)</b>	Hydroxyde de sodium (3,2g)
<b>citrate tri sodique déshydraté (13g)</b>	dichloroisocyanurate de sodium (0,2g)
<b>Nitre prussiate de sodium (0,1g)</b>	Eau distillée (100ml)
<b>Eau distillée (100ml)</b>	



**NB** : les solutions 1 et 2 peuvent être conservées dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines et la solution.

- Mode opératoire
  - 40ml eau distillée + 4ml solution 1+ 4ml solution 2 + 2ml (témoin).
  - 40ml d'eau a analysé + 4ml de solution 1+ 4ml de solution 2+ 2ml eau distillée.

La lecture est effectuée après 1h et on mesure ensuite au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 655nm couleur vert [32].

Faites la lecture à spectrophotomètre à longueur d'onde 655 nm après une heure.

La présence de l'ammonium → couleur vert

### II.5.6. Dosage de Nitrite

- Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH=1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le di chlorhydrate de N(naphtyle-1) diamino1,2-éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540nm.

La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des microorganismes, l'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies qui nitrates, cette transformation, appelé nitrification, comporte deux étapes :

La nitrification qui produit des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et la nitrification qui transforme les nitrites en nitrates. Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisées par des bactéries anaérobies comme source d'énergie et transformés en azote gazeux, notons que les nitrates peuvent également s'adsorber et se fixer sur les argiles et humus, les nitrites sont les sels de l'acide nitreux

L'acide nitreux est un acide instable de formule  $\text{HNO}_2$ , la formule de l'ion nitrite est  $\text{NO}_2^-$ .

- Objet

L'objet de cette présente méthode, décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

**Tableau.II.6.** Préparation de réactifs pour le dosage de nitrite

Solution
Amino-4 benzène sulfonamide (40g)
Acide ortho phosphorique (100ml)
Di chlorhydrate de N-(naphtyle-1) diamino -1,2 éthane (2g)
Eau distillée (1000ml)

**NB :** Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5 C°.

- Mode opératoire

50ml E.D ajoute 1 ml solution 1

50ml échantillon ajoute 1 ml solution 1

Après 20 min fait la lecture à spectrophotomètre a longueur d'onde 540nm

La présence de nitrite → couleur rose

### II.5.7. Dosage de Manganèse

- Principe

C'est une réaction des ions manganèse avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450nm dans un domaine de pH situé entre 9,5 et 10,5.

- Objet

L'objet de la présente méthode est de décrire la mesure des manganèses par spectrométrie.

**Tableau .II.7.** Préparation de réactifs pour le dosage de manganèse.

Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5
------------	------------	------------	------------	------------

## Chapitre II : Méthodes et Matériels

<b>FeSO<sub>4</sub> et d'ammonium hexa hydraté (0.7g)</b>	EDTA (90g)	Chlorure d'hydroxyammonium (10g)	Hydroxyde desodium (160g)	Ammoniaque (70g)
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3mol /l (1ml)</b>	Hydroxyde desodium (19g)	Formaldéhyde (5ml)	Eau distillée (1000ml)	Eau distillée (200ml)
<b>Eau distillée (1000ml)</b>	Eau distillée (100ml)	Eau distillée (1000ml)		Chlorure d'hydroxyammonium (42g) Eau distillée (1000ml)

**NB** : La solution reste stable pendant un mois si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au frais.

- Mode opératoire
  - 50 ml E.D + 1ml solution1 + 2 ml solution 2 + 1ml solution 3 + 2ml solution 4 après 5 à 10min en ajoute 5ml solution 5
  - 50 ml Echantillon + 1ml solution1 + 2 ml solution 2 + 1ml solution 3 + 2ml solution 4 après 5 à 10min en ajoute 5ml solution 5

Après 1h à 4h fait la lecture à spectrophotomètre a longueur d'onde 450nm

La présence de manganèse → couleur rouge orangé

### II.5.8. Sodium et Potassium (spectrophotomètre à flamme)

- Principe

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme ils émettent des photos de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie.

La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée.

- Objet

L'objet de cette présente méthode est de décrire la mesure de potassium et de sodium par spectrophotométrie à flamme.

- Préparation de réactifs

Solution étalon de sodium (500mg/l)

Solution mère de potassium (500mg/l)

\*Mode opératoire

Allumer le spectrophotomètre à flamme régler le 0 avec l'eau distillé, après régler la solution d'étalon de sodium dans l'appareil à 500 mg/l, après mesuré l'échantillon le même mode opératoire pour le potassium.

### II.6. Paramètre volumétrique

#### II.6.1. Titre hydrométrique (TH)

- Objet

Cette méthode d'essai a pour l'objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau [32].

- Principe

Titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA)  $C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$  a 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 [32].

- Réactifs

-EDTA (0,02N)

-Solution tampon

-NET (1%)

- Matériels

Arlène, pipette, spatule, burette.

- Mode opératoire

On prend 100 ml de l'eau à analyser + 8 ml de solution tampon + NET [38]

Couleur Rose titré avec solution EDTA (0,02N) donne couleur bleu.

### II.6.2. Titre calcique ( $\text{Tca}^{+2}$ )

- Objet

Cette méthode d'essai a pour l'objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA [38].

- 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 lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose au couleur violet [32].

- Réactifs

-EDTA

-NaOH (2N)

-Murexide (1%)

- Matériels

Pipette, Arlène, Spatule, Burette de titrage.

- Mode opératoire

On prend 100 ml de l'eau à analyser + 4 ml solution Hydroxyde de solution + Murexide [38].

Couleur Rose, titré avec l'EDTA (0,02N) donne couleur violet.

### II.6.3. Titre alcalimétrique complet et simple (TAC, TA)

- Objet

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et de sels d'acides fort et de base faible. L'eau à analyser doit être conservée de préférence dans des récipients en polyéthylène ou en verre, borosilicaté et l'analyse doit être pratiquée dans le 24 heures après le prélèvement qui sera conservé à 4°C [32].

- Principe

L'acidité totale et l'acidité en acides minéraux ou se mesurent par titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence d'indicateurs coloré phénol phtaléine pour le premier et méthyle orange pour la seconde [32].

### II.6.3.1. Titre alcalimétrique complet

- Réactif

-HCl (0,02N)

-Méthyle orange (1%)

- Matériels

PH mètre, Barreaux magnétique, Arlène, Agitateur, Burette de titrage.

- Mode opératoire

On prend 100 ml de l'eau à analyser + 3 gouttes de méthyle orange

On titre avec l'acide chlorhydrique HCl 0,02 N [32].

Couleur Jaune, après titrage couleur jaune orange PH=4,30

### II.6.3.2. Titre alcalimétrique simple (TA)

- Réactif

-HCl

-Phénophtaléine

- Matériels

Burette de titrage, Arlène, Barreaux magnétique, Agitateur.

- Mode opératoire

100 ml de l'eau à analyser + 3 gouttes phénophtaléine [32].

Couleur rose, après titrage donne incolore.

**NB** : Si le pH supérieur 8,30 on calcule le TA.

### II.6.4. Chlorure Cl<sup>-</sup>

- Objet

L'objet, prescrit une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (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 de di chromate d'argent brun-orange avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indicateur du virage durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

- Préparation de réactifs
  - AgNO<sub>3</sub> (0,02mol/L)
  - Chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (10%)

- Matériels

Burette de titrage, Arlène, Barreaux magnétique, Agitateur.

- Mode opératoire

On prend 100 ml de l'eau à analyser + 3 gouttes de chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) [32].

Couleur Jaune après titrage avec l'AgNO<sub>3</sub> donne couleur rouge brique.

### II.6.5. Oxydabilité au permanganate de potassium

- Principe

L'indice de permanganate de potassium d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies.

- Objet

L'objet de cette méthode est de décrire la détermination de l'indice de  $\text{KMnO}_4$ , ou

« Oxydabilité » permettant d'évaluer la contamination en matières organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées.

**Tableau. II.8.** Préparation de réactif pour l'oxydation de  $\text{KMnO}_4$ .

Solution 1	Solution 2	Solution 3
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 18mol/l,(420ml solution mere)	$\text{KMnO}_4$ 3,2g (solution mère)	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 6,7g (solution mère)
Eau distillée (1000ml)	Eau distillée (1000ml)	Eau distillée (1000ml)
$\text{H}_2\text{SO}_4$ SM (110ml)	$\text{KMnO}_4$ SM (100ml)	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ SM (100ml)
Eau distillée (1000ml)	Eau distillée (1000ml)	Eau distillée (1000ml)

**NB :** -la solution 2 peut être stable pendant 3 mois à la température ambiante et elle peut aussi rester stable 2 mois à  $4\text{C}^\circ$  dans un flacon verre brun.

-La solution 3 peut rester stable pendant 6 mois si elle est stockée à l'obscurité flacon brun  $4\text{C}^\circ$ , elle peut aussi rester stable pendant deux semaines si elle est stockée à l'obscurité flacon brun  $4\text{C}^\circ$ .

- Mode opératoire

100ml E.D + 20ml solution 1 en agitant doucement.

Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.



## Chapitre II : Méthodes et Matériels

Ajouter 20ml solution 2 et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min.

Titrer directement avec solution de permanganate de potassium solution 2.

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_0$

100ml Echantillon + 20ml solution1 en agitant doucement.

Ajouter 20ml solution 2 et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min.

Titrer directement avec solution de permanganate de potassium solution 2.

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_1$

Au blanc titré ajouter 20ml solution 3 réchauffé à 2min (à environ  $90C^\circ$ ) retiré avec solution 2.

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_2$

# CHAPITRE III

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Résultats et discussions

Les concentrations des différents paramètres sont représentées dans le tableau ci-après. Ces résultats déterminent la qualité des différentes eaux qu'on a eu à analyser au sein de laboratoire de l'ADE de Mostaganem.

L'interprétation de ces résultats est effectuée selon les normes algériennes de la qualité de la potabilité de l'eau.

### III. Les analyses physico-chimiques

**Tableau .III.1.** Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus.

Echantillons Paramètres	Eau déssalement	Messerghine	Nestlé	SFID	Eau de barrage	Eau de puis	Unité
Cl <sub>2</sub> /R	0.2	/	/	/	00	/	mg/l
Conductivité	722	735	500	791	2930	1239	μS/cm
Ph	8.38	7.75	7.91	7.6	7.98	7.76	/
Turbidité	0.54	0.34	0.21	0.15	1.01	0.29	NTU
Température	11.4	24.8	25.1	19.4	25	24.3	C°
Dureté totale (TH)	07.2	26.2	20.4	38	72	35.6	F°
Dureté calcique (Tca <sup>2+</sup> )	06	13.4	13.6	20.8	37	24.4	F°
TAC	06	22.4	17.6	22.2	14.4	17	F°
TA	0.1	0.0	00	00	00	00	F°
Chlorures	198.8	71	14.2	85.2	518.3	20164	mg/l
Ammonium	0.02	0.01	0.02	0.03	mg/l		
Nitrite	00	00	00	00	17.07	00	mg/l
Nitrate	0.41	25.30	12.58	67.72	0.11	196.05	mg/l
Sulfate	9.78	14.84	38.81	35.88	0.02	47.66	mg/l
Fer	0.18	0.14	0.12	0.17	0.20	0.14	mg/l
Ortho phosphate	0.06	0.09	0.06	0.09	548.02	0.03	mg/l
Oxydation en KMnO <sub>4</sub>	0.25	0.50	0.42	0.92	2.87	0.58	mgO <sub>2</sub> /l
Sodium	140	45	20	0.28	400	140	mg/l
Potassium	06	1.7	0.7	1.3	11.6	8.7	mg/l
TDS	389.88	396.9	270	427.14	1582.2	819.67	mg/l
Résidu sec	417.65	429	264.67	475.37	1815.4	669.06	mg/l
Couleur	06	06	04	01	01	01	Ptco
Calcium	24.05	53.71	54.51	83.36	148.29	97.80	mg/l
Magnésium	2.92	31.12	16.53	41.76	85.05	27.23	mg/l
HCO <sub>3</sub>	70.76	273.28	214.72	270.84	175.68	207.40	mg/l

### III.1. pH et Température

Pour la température des eaux analysées, on constate une variation de la température qui entre 11.4 et 25°C.

Les mesures du pH qui ont été effectuées au sein de laboratoire de l'ADE montrent une variation dans l'intervalle de 7,6 et 8,38. Donc les mesures des différentes eaux obtenues sont conformes aux directives fixées par le contrat d'achat de l'eau ( $7,5 < \text{pH} < 8,5$ ), et aussi ses résultats répondent aux exigences de la norme algériennes relatif à la qualité de l'eau potable ( $6,5 < \text{pH} < 9$ ).

### III.2. Conductivité électrique.

Pour la conductivité électrique, les résultats des analyses montrent une variation entre 722  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1239  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces résultats sont conformes aux normes algériennes et inférieure à la limite fixée par la norme (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sauf pour l'eau du robinet issu de barrage de kramis qui a une conductivité électrique de 2930 ce qui est supérieur à la norme.

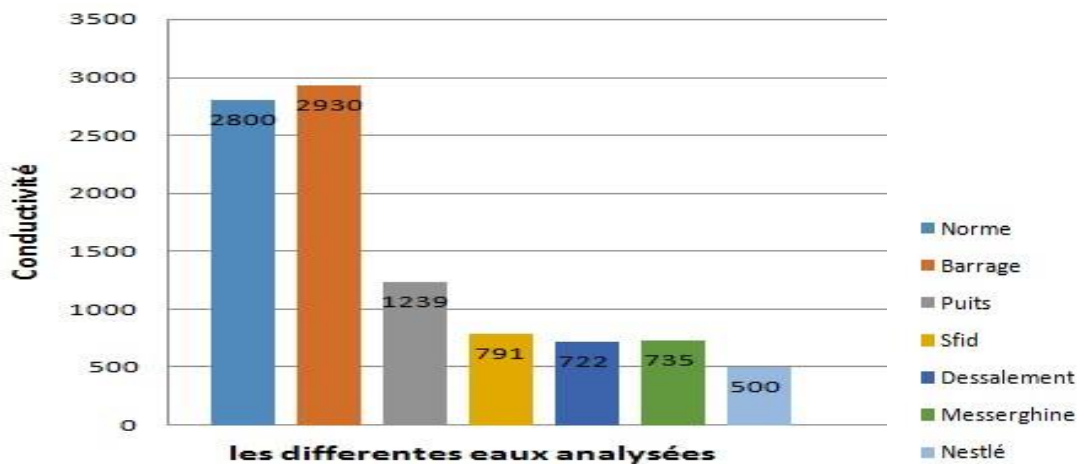


Figure III.1. Diagramme de la conductivité en fonctions des différentes eaux analysées.

### III.3. Titre hydrométrique (TH)

La dureté totale des eaux analysées reste dans les normes algériennes de la potabilité de l'eau ( $> 6,5 \text{ F}^\circ$  ou  $> 65 \text{ mg}/\text{CaCO}_3$ ). Elle varie entre 07,2  $\text{F}^\circ$  et 38  $\text{F}^\circ$  sauf pour l'eau du robinet issu de barrage de Kramis qui dépasse la limite (72  $\text{F}^\circ$ ) de la norme algérienne qui a maximum de 50  $\text{F}^\circ$ .

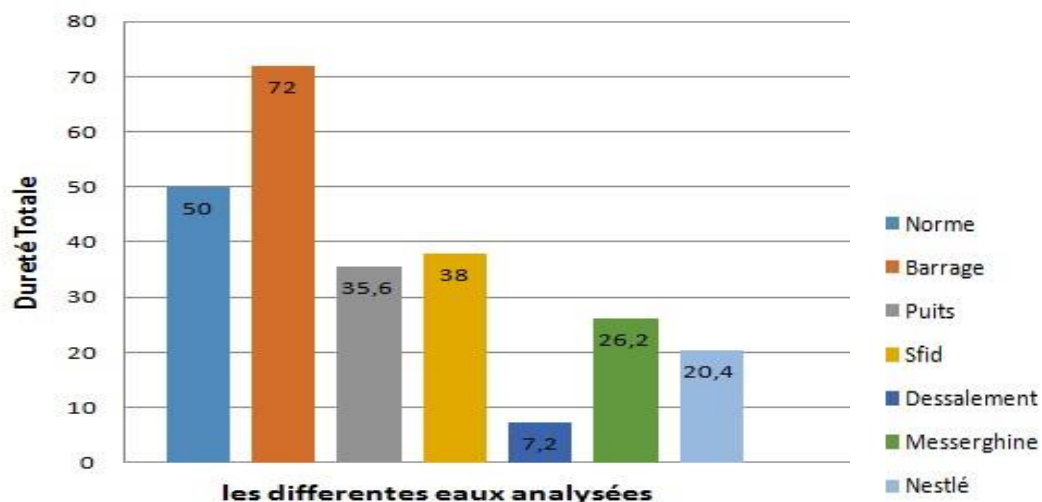


Figure III.2. Diagramme de la dureté totale en fonction des différentes eaux analysées.

### III.4. La turbidité

Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un Turbidimètre déterminent une variation entre 0,15 NTU et 1,01 NTU. Une valeur de la turbidité très élevée n'est pas souhaitable car une valeur peut être expliquée par la présence des matières en suspensions ainsi que de matières non dissoutes. Les mesures des eaux analysées sont conformes à la norme algérienne qui est fixée à 5NTU.

### III.5. La couleur

Les différentes eaux qu'on a eues à analysées sont toutes transparentes et claires. Des tests de la couleur ont été effectués pour les différentes eaux à l'aide d'un colorimètre montre que les valeurs de la couleur varient entre 1 à 6 Pt-Co.

### III.6. Les chlorures

Les résultats du Tableau montrent que les eaux minérales respectivement (Nestlé, SFID et Messerghine) contiennent un taux de chlorures très acceptable ne dépassant pas les 100 mg/l.

La teneur en chlorures est liée à la nature des terrains traversés. Ainsi nous avons remarqué que la teneur en chlorures de l'eau du robinet (eaux de dessalement), et eau de puits étant plus élevée, dépassant les 100 mg/l.

## Chapitre III : Résultats et discussions

Ces concentrations avec cette variation restent dans les valeurs souhaitées c'est-à-dire conformes à la norme algérienne qui est 500 mg/l sauf eau du robinet issu du barrage qui a une concentration de 518,3mg/l dépassant ainsi la norme.

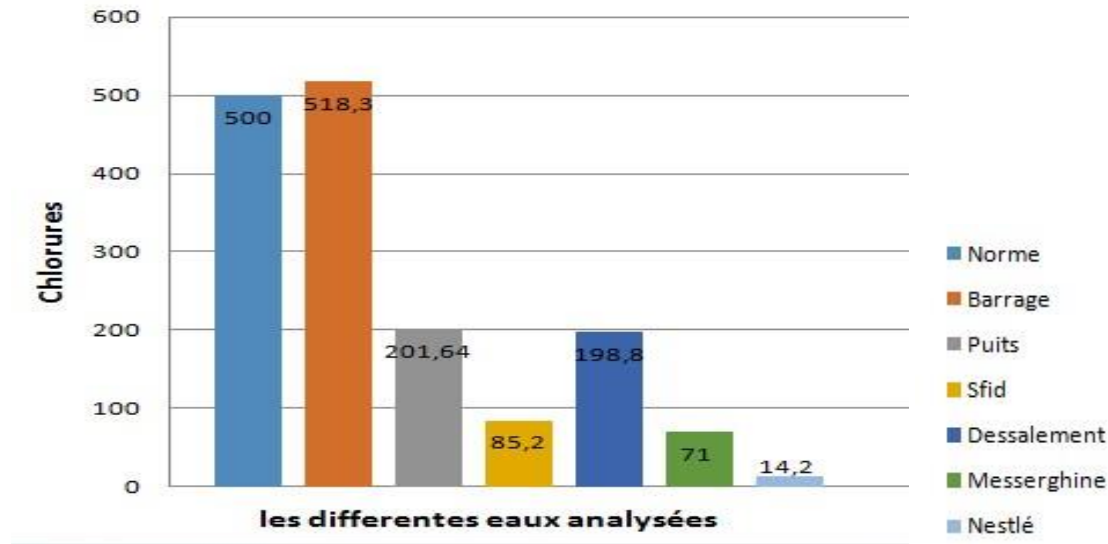


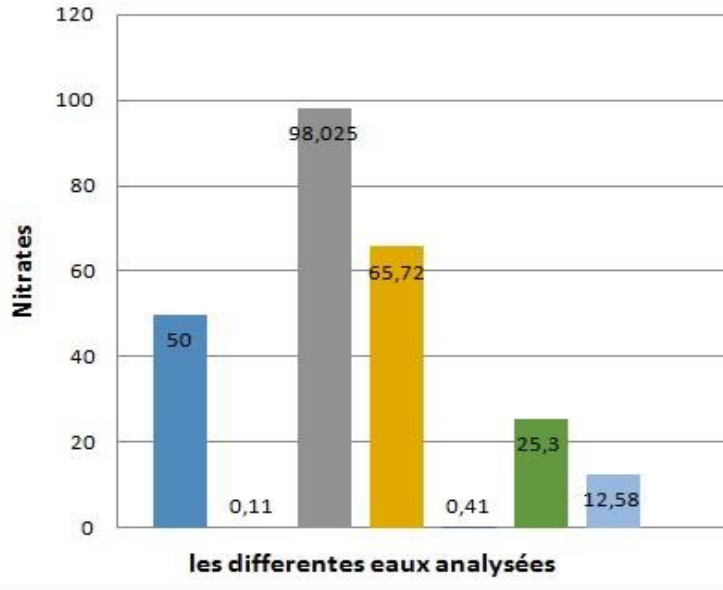
Figure.III.3.Diagramme de chlorures en fonction des différentes eaux analysées.

### III.7. Nitrites

Pour les nitrites les résultats des analyses n'ont révélé aucune trace des nitrites pour toutes les eaux analysées sauf l'eau du robinet issu de barrage kramis qui révèle une concentration de 0,11mg/l. Elles sont conformes aux normes algériennes de potabilité fixée à 0,2 mg/l.

### III.8. Nitrates

Pour les nitrates les résultats obtenus entre 0,41 mg/l et 25,30 mg/l. Toutes les teneurs obtenues durant notre étude sont très faibles et indiquent que cette eau n'est pas polluée. Les nitrates constituent un excellent traceur de la qualité de l'eau, et les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes de potabilité fixée à 50 mg/l. Sauf l'eau minérale SFID et eau de puits qui s'affiche respectivement les valeurs de 65, 72 mg/l et 98,025 mg/l.



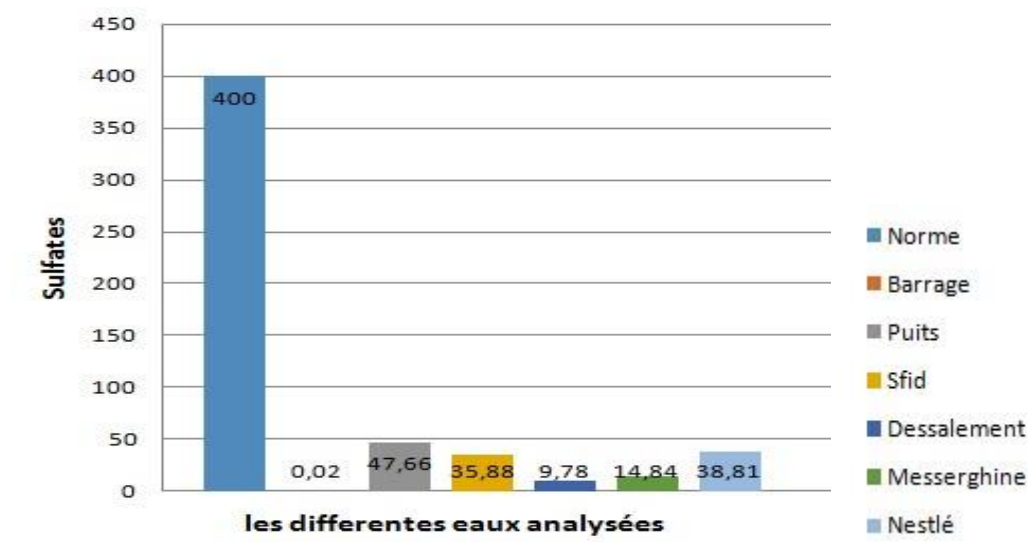
**Figure.III.4.** Diagramme les nitrates en fonction des différentes eaux analysées.

### III.9. Le Fer

Les résultats obtenus montrent que les concentrations varient entre 0,12 mg/l et 0,28 mg/l. Ces concentrations avec cette variation répondent à la qualité de l'eau potable et aux normes prescrites (0,3mg/l).

### III.10. Sulfates

Les valeurs représentées dans le tableau montrent une variation des concentrations des sulfates entre 0,02 mg/l et 47,66 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs aux directives en vigueur. Donc les résultats sont conformes avec les normes algériennes de potabilité qui est fixée à 400mg/l.



**Figure .III.5.** Diagramme de sulfates en fonction des différentes eaux analysées.

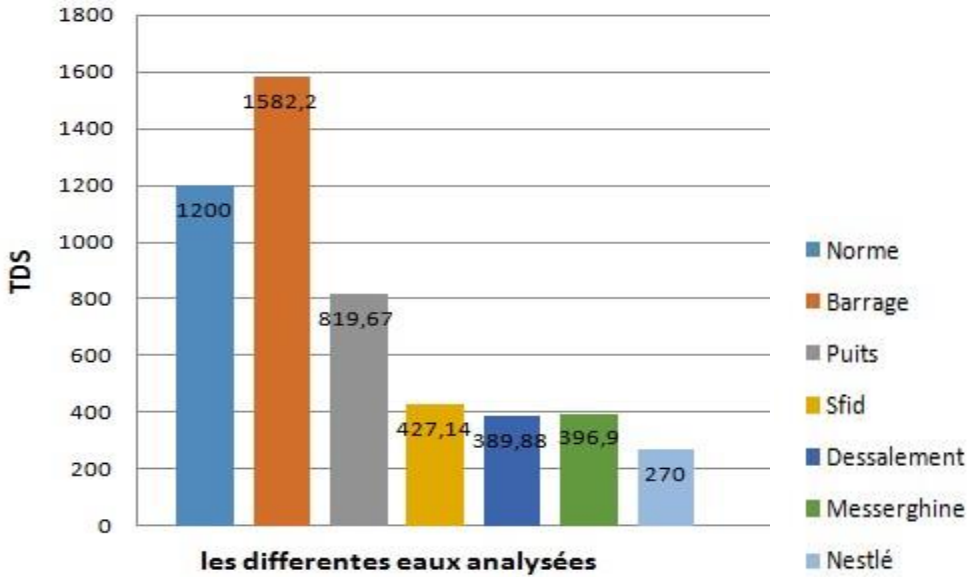
### III.11. Ammonium

Après l'analyse de l'ammonium pour les différentes eaux, nous avons enregistré des valeurs presque nuls, comprises entre 0,01 mg/l et 0,03 mg/l. Comparées aux normes algériennes de potabilité qui est fixée à 0,5mg /l, on peut dire que ces eaux sont conformes à la norme et répondent à la qualité souhaitée.

### III.12. TDS

Les concentrations représentées dans le tableau, montrent une variation entre 270 mg/L et 819,67 mg/L, ce qui signifie que la teneur en matière solide dissoute des échantillons analysés respecte les qualités de l'eau potable souhaitée c'est-à-dire elle respecte la norme algérienne qui est fixée à 1200 mg/l sauf l'eau du robinet issu de barrage qui une concentration en TDS de 1582,2 mg/l ainsi dépassant la norme. Cela serait dû à la richesse de cette eau en cations et en anions.





**Figure .III.6.** Diagramme 6 de TDS en fonction des différentes eaux analysées.

### III.13. Calcium

Pour le calcium les résultats obtenus après les analyses des différentes eaux varient entre 24,05 mg/l et 148,29 mg/l. Ces résultats sont conformes à la norme algérienne de la potabilité des eaux qui est fixée à 200 mg/l.

### III.14. Magnésium

Pour le magnésium les résultats obtenus varient entre 2,92 mg/lcaco<sub>3</sub> et 85,05 mg/lcaco<sub>3</sub>. Les résultats obtenus sont inférieurs à la norme algérienne qui est fixée à 150 mg/lcaco<sub>3</sub>.

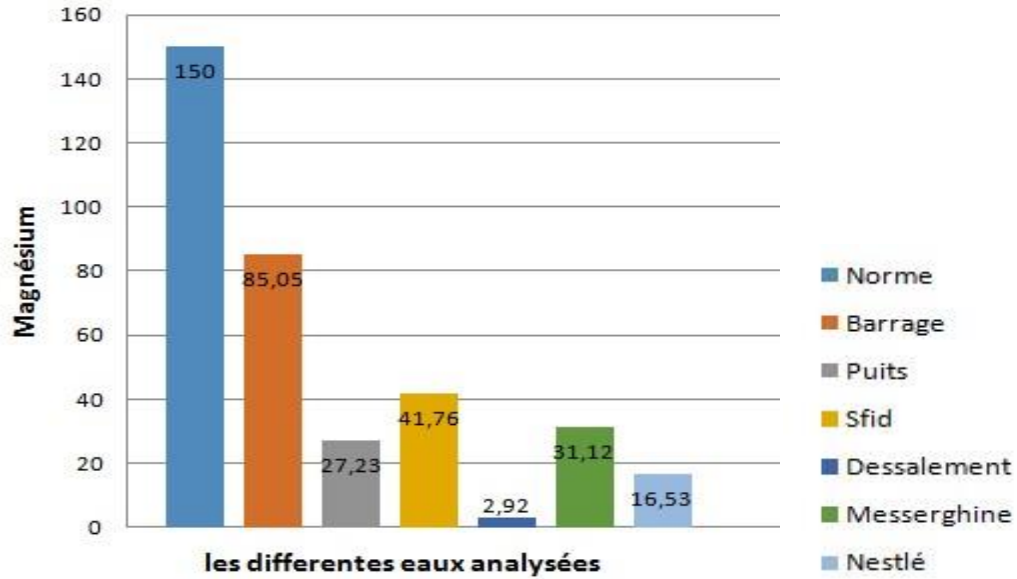


Figure .III.7. Diagramme de Magnésium en fonction des différentes eaux analysées.

### III.15. Résidu sec

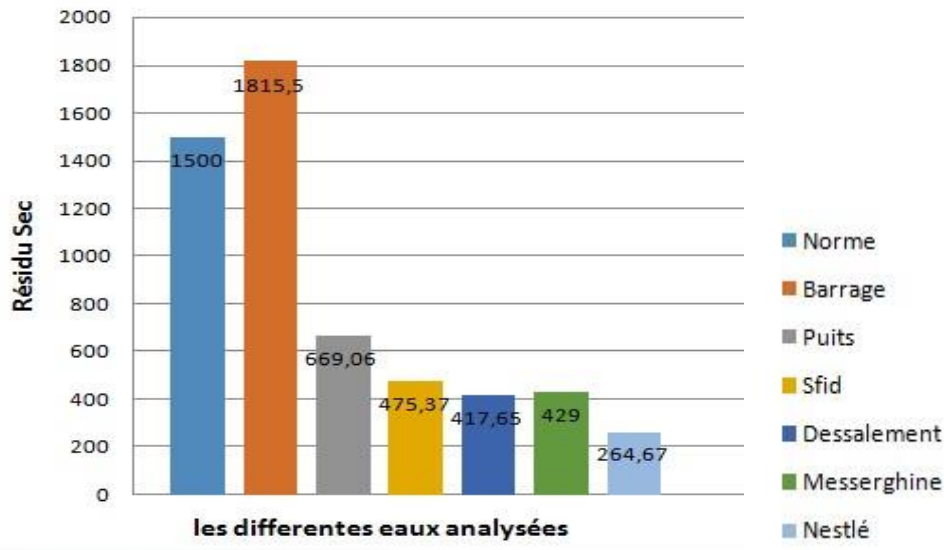


Figure.III.8. Diagramme de résidu sec en fonction des différentes eaux analysées.

# CONCLUSION GENERALE

### Conclusion générale

Le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine est une opération complexe et délicate qui fait appel à des dosages et à des tests.

Du fait même de la composition très diverse en éléments de l'eau et des diverses sources et natures des dégradations et pollutions enregistrées, il n'est pas possible de considérer qu'une seule méthode, un seul test pour juger la qualité d'une eau.

Cependant, une méthodologie bien définie des examens chimiques est nécessaire à l'appréciation de la qualité d'une eau. La qualité de l'eau, en vue de son utilisation dans divers domaines, est le plus souvent soumise à des exigences réglementaires qui déterminent son aptitude à être utilisée dans un secteur bien déterminé. L'interprétation des résultats doit se faire en tenant compte de la conformité à la norme requise.

Les différentes analyses effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de qualité et d'analyse des eaux de l'ADE, unité de Mostaganem, consistent à mesurer les paramètres physicochimiques des eaux destinées à la consommation à savoir les eaux embouteillées (Messerghine, Nestlé, SFID); les eaux du robinet (eaux du barrage et eau de dessalement) et ainsi l'eau de puits. Les résultats trouvés montrent une variation de la température allant de 11.4°C à 25°C, un pH compris entre 7.6 à 8.38, une turbidité comprise entre 0.15 et 1.01 NTU, une conductivité électrique allant de 500 à 1239  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et enfin des TDS variant entre 270 et 1582.2 mg/l. Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité sauf pour eau du robinet provenant du barrage de kramis qui a une valeur de TDS supérieure à la norme.

Nous concluons que les différentes eaux qu'on a eues à analyser sont de bonne qualité puisque tous les résultats physico-chimique sont conformes aux normes algériennes de potabilité, sauf l'eau de puits. Néanmoins, un suivi permanent de la qualité des eaux est nécessaire surtout en période estivale où des risques de contamination sont fréquents.

## *Références bibliographiques*

- [1] <https://www.africmemoire.com/part.3-chap-i-generalite-sur-leau-775.html>
- [2] OMS.WORLD HEALTH ORGANIZATION, Guidelines for Drinking water Quality. Reccommandations, Vol1, Third Edition, Geneva, 494p, 2004.
- [3] THIELBORGER P. (2014). The right(s) to water. Ed. Springer-Verlag. Berlin. 231p.
- [4] OLIVAUX. Y. La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563 p, 2007.
- [5] MAUREL A. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2ème Ed. Lavoisier.France. 285 p,2006.
- [6] Vilaginés.R, Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie.Edition technique et documentation 5, 15,166 p, 2000.
- [7] Desjardins, R.Le traitement des eaux 2ième édition revue et enrichie. 3-6 p, 1997.
- [8] RODIER J. L'analyse de l'eau, 8<sup>e</sup> édition, Dunod,Paris, France, 1383 p, 1996.
- [9] LAUWERYS R. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 3<sup>e</sup> édition, Masson, Paris, France, 693 p, 1992.
- [10] ROMEO M. Toxicologie des métaux traces dans l'environnement marin, Océanis, 17,4, 383-402, 1991.
- [11] CHAUSSE. K, NORMANDIN. L, GAUVIN. D, & LEVALLOIS P. Fichessynthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Ed. Institut national de santé publique.Québec. 14 p, 2003.
- [12] OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. World Health Organisation, 2003.
- [13] SAVARY P. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron. 261 p, 2010.
- [14] [memoireonline.com/11/13/7935/m\\_Traitement-des-eaux-usees-urbaines-par-boues-actives-au-niveau-de-la-ville-de-Bordj-Bou-Arreidj11](http://memoireonline.com/11/13/7935/m_Traitement-des-eaux-usees-urbaines-par-boues-actives-au-niveau-de-la-ville-de-Bordj-Bou-Arreidj11).
- [15] [memoireonline.com/02/09/1994/m\\_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1](http://memoireonline.com/02/09/1994/m_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1).
- [16] [https://lda.lozere.fr/sites/default/files/upload/analyses\\_physico\\_chimiques\\_des\\_eaux\\_ok.pdf](https://lda.lozere.fr/sites/default/files/upload/analyses_physico_chimiques_des_eaux_ok.pdf)
- [17] [https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico\\_chimie\\_PresGen.htm](https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm)
- [18] RODIER J. L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> Ed. Dunod. France. 1511 p, 2009.

[19] SPELLMA. N & FRANK. R. The Science of water: concepts and applications. 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press Taylor & Francis Group. USA. 417 p, 2008.

[20] [memoireonline.com/08/09/2625/m\\_Etude-de-la-qualite-de-leau-de-robinet-et-de-celle-de-la-nappe-phreatique-dans-les-di19](http://memoireonline.com/08/09/2625/m_Etude-de-la-qualite-de-leau-de-robinet-et-de-celle-de-la-nappe-phreatique-dans-les-di19).

[21] J-Rodier, « Analyse de l'eau, eau de mer, eau résiduaire », 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 1984.

[22] M.Tardat-Henry, « Chimie des eaux », 1<sup>ere</sup> édition griffon d'argile INC, paris, 1984.

[23] OMS, (1998): Organisation mondiale de la Santé & Programme Africain de Lutte contre l'Onchocercose. (1998). Rapport d'activité de l'OMS pour 1998 : 1<sup>er</sup> janvier - 30 septembre 1998. Programme Africain de Lutte contre l'Onchocercose.

[24] UFC (Union Fédérale des Consommateurs - Que Choisir): « dossier : eau du robinet, eau de source, eau minérale, comment choisir ? » UFC

[25] Jacque: Initiation à l'analyse spatiale. Paris, Armand Colin, 128 p , 2010.

[26] <https://asncap.fr/leau-minerale-naturelle-leau-de-source-et-leau-du-robinet/>

[27] DEGREMONT, « Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, 2005.

[28] <http://nestle-waters.fr>

[29] <https://www.aquacare.be/fr>

[30] <https://www.energy.gov.dz/article=projet-de-dessalement-de-l'eau-de-mer>

[31] <https://www.glissquizz73.fr/files/barrages1>

[3] Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.