



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمزة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de biologie

N série:.....

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences  
biologiques  
Spécialité : Biodiversité et environnement

### THEME

## Qualité des eaux de consommation de la vallée d'Oued Souf

M<sup>elle</sup> CHABBI Massouda

M<sup>elle</sup> NEZLI Nessrine

Devant le jury composé de :

Président : M<sup>me</sup> BOUSBIA BRAHIM A. M.A.A, Université d'El Oued.

Examineur : M<sup>me</sup> ALAYAT MOUFIDA S. M.A.A, Université d'El Oued.

Promoteur : M<sup>elle</sup> MERABET S. M.A.A, Université d'El Oued

- Année universitaire 2017/2018-

# *Dédicaces*

*Nos tiens à dédier ce modeste travail à :*

*Nos chers parents*

*Nos frères et sœurs*

*Les familles NEZLI et CHABBI.*

*Tous nos amis*

*merci pour vos conseils et vos  
encouragements, aussi pour les bons  
moments qui ont contribué à rendre ces  
années inoubliables.*

*Nessrine et Messouda*

# *Remerciements*

*Nous tiens tout d'abord à remercier « Dieu » très clément et sa sainte miséricorde qui nous a donnés la force et la patience et de nous a aidés à réaliser et à accomplir ce travail.*

*Nous présente nos chaleureux remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

*\*La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le support continu de nos encadreur M<sup>elle</sup> MERABET Soumia, nous désires lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui nous a grandement aidé tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de ce mémoire .*

*\*On adresse nos sincères remerciements tous les professionnels qui nous ont aidé à la réalisation de ce mémoire de fin d'études et plus particulièrement:*

*Président: M<sup>me</sup> BOUSBIA BRAHIM A.*

*Examineur: ALAYAT MOUFIDA S.*

*Nos vifs remerciements et notre gratitude à :*

*\*Mr MHAOUAT Mouhamed, Chef de laboratoire de l'Algérienne des eaux, unité El-Oued, ainsi que son tout équipe pour leurs précieuses aides et orientations toute au long de nos activités.*

*\*Mr DRIHEM Mohamed Arbbi, Directeur de la station de dessalement des eaux TIBA.*

*Merci.*

## Résumé

Pour apprécier la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans la vallée du Souf, un contrôle physico-chimique a été réalisé sur plusieurs échantillons d'eau prélevés à partir des robinets et des citernes distributeurs de l'eau (filtrée et naturelle) au niveau des différentes communes de cette région.

L'échantillonnage a été effectué en Février 2018.

Les résultats obtenus, montrent que:

✓ Les paramètres physico-chimiques à savoir la température, le potentiel d'hydrogène, les nitrates et la turbidité sont conformes aux normes Algériennes dans les deux types de l'eau de robinet et de citerne à l'exception la conductivité électrique, la dureté totale, le calcium, le magnésium et le chlorure qui dépassent les valeurs exigées par les normes dans l'eau de robinet alors que celle de la ressource naturelle et filtrée se caractérisées par des valeurs acceptables.

**Mots clés :** Vallée du Souf, Eau de consommation, Qualité des eaux, Normes Algériennes.

## ملخص

لتقييم جودة المياه المخصصة للاستهلاك البشري في منطقة وادي سوف ، تم إجراء فحص فيزيو كيميائي على عدة عينات من المياه التي تم أخذها من الصنوبر و الصهاريج التي توزع الماء (المفلتر والطبيعي) على مختلف بلديات هذه المنطقة في شهر فيفري.

النتائج التي تم الحصول عليها ، أظهرت أن :

- المعايير الفيزيوكيميائية والتي هي درجة الحرارة ، الدليل الهيدروجيني، النترات، العكارة، تتناسب مع المعايير الجزائرية لمياه الشرب في كلا النوعين من المياه باستثناء الناقلية الكهربائية، الصلابة الكهربائية، الكالسيوم، المغنيزيوم والكلوريد التي تجاوزت قيمة المعايير في مياه الصنوبر بينما تتوافق معها في مياه الصهريج .

وعليه يمكن تصنيف مياه الشرب لمنطقة وادي سوف على أنها ذات جودة فيزيوكيميائية مقبولة بالنسبة لمياه الصهريج وغير مقبولة لمياه الصنوبر.

**الكلمات المفتاحية:** وادي سوف ، المياه المخصصة للاستهلاك، جودة المياه ، المعايير الجزائرية.

## Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Surface, population et Taux de raccordement d'approvisionnement eau potable	<b>10</b>
<b>Tableau 2</b>	Potentiel de ressources en eau en milliard de m <sup>3</sup>	<b>15</b>
<b>Tableau 3</b>	Classification des eaux selon la conductivité	<b>21</b>
<b>Tableau 4</b>	Classification de l'eau selon la dureté totale	<b>21</b>
<b>Tableau 5</b>	Les valeurs indicatives des paramètres organoleptiques	<b>25</b>
<b>Tableau 6</b>	Normes physico-chimiques	<b>26</b>
<b>Tableau 7</b>	les valeurs indicatives des paramètres bactériologique	<b>27</b>
<b>Tableau 8</b>	Les informations des prélèvements	<b>32</b>

## Liste des figures

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Situation de la zone d'étude	<b>5</b>
<b>Figure 02</b>	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	<b>7</b>
<b>Figure 03</b>	Climatogramme d'EMBEREGR de la vallée du Souf	<b>8</b>
<b>Figure 04</b>	Les communes de la vallée du Souf	<b>9</b>
<b>Figure 05</b>	Coupe hydrologique à travers le Sahara septentrionale	<b>11</b>
<b>Figure 06</b>	Localisation des sites des prélèvements	<b>31</b>
<b>Figure 07</b>	pH mètre	<b>33</b>
<b>Figure 08</b>	Conductimètre	<b>34</b>
<b>Figure 09</b>	Turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N	<b>35</b>
<b>Figure 10</b>	Spectrophotomètre UV-Visible	<b>39</b>
<b>Figure 11</b>	La température des eaux de consommation	<b>41</b>
<b>Figure12</b>	Le pH des eaux de consommation	<b>42</b>
<b>Figure 13</b>	La conductivité électrique des eaux de consommation	<b>43</b>
<b>Figure 14</b>	La turbidité des eaux de consommation	<b>44</b>
<b>Figure 15</b>	La dureté totale des eaux de consommation	<b>45</b>
<b>Figure 16</b>	Le calcium des eaux de consommation	<b>46</b>
<b>Figure 18</b>	Les chlorures des eaux de consommation	<b>47</b>
<b>Figure 19</b>	Les nitrates des eaux de consommation	<b>48</b>
<b>Figure 20</b>	Le magnésium des eaux de consommation	<b>49</b>

## Sommaire

<b>Dédicace</b>
<b>Remerciements</b>
<b>Résumé</b>
<b>Liste des tableaux</b>
<b>Liste de figure</b>
<b>Introduction générale</b>

### **PARTIE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **Chapitre 1:PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE.**

1.Cadre physique et humain.....	5
1.1. Situation géographique et administrative .....	5
1.2. Les traits physiques.....	6
1.3. Aspects climatologique.....	6
1.4. Aspects démographiques .....	8
2. Inventaire des ressources en eau .....	11
2.1. Nappe Phréatique :.....	11
2.2. La nappe du complexe terminal (C.T).....	12
2.3.Nappe du Continental Intercalaire (C.I) .....	12

#### **Chapitre 2 : GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX DE CONSOMMATION.**

1. Les sources naturelles de l'eau: .....	14
1.1. Les eaux de pluie .....	14
1.2. Les eaux de mer .....	14
1.3. Les eaux de surface.....	15
1.4. Les eaux souterraines.....	15
2.Les ressources hydrauliques en Algérie:.....	15
3. Eau potable.....	16
4. Problématiques.....	16
4.1. La pollution de l'eau.....	16
4.2. Les risques liés au manque d'eau .....	16

5. Gestion des ressources hydriques: .....	17
6. Maladies à transmission hydrique.....	17
7. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau.....	17
8. Qualité de l'eau de consommation.....	18
8.1. Paramètres organoleptiques .....	19
8.2. Qualité physico-chimique .....	19
8.3. Qualité bactériologique.....	23
9. Normes de la qualité de l'eau potable.....	24

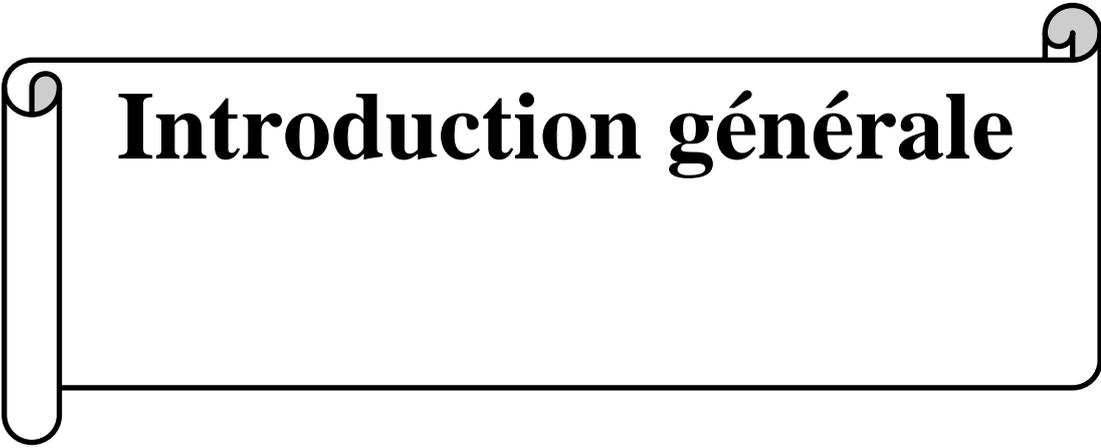
## **Partie II: PARTIE PRATIQUE**

### **Chapitre 1: MATÉRIEL ET MÉTHODES**

1. Échantillonnage.....	30
1.1. Choix des points de prélèvement .....	30
1.2. Prélèvement et conservation des échantillons .....	31
2. Méthodes d'analyses .....	32
2.1. Analyses physico-chimiques.....	33

### **Chapitre 2: RESULTATS ET DISCUSSIONS.**

1. Qualité physico-chimique des eaux de consommation.....	41
1. 1. La température .....	41
1. 2. Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	42
1.3. La conductivité électrique.....	42
1. 4. La turbidité.....	43
1.5. La dureté totale TH .....	44
1.6. Le calcium.....	45
1.7. Le chlorure .....	46
1-8-Le nitrate: .....	47
1.9. Le magnésium.....	48
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>59</b>



# **Introduction générale**

### Introduction générale

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (**Kirkpatrick et al., 2008**). Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (**Henri, 2012**).

En fait, l'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie (**Luna et al., 1972**).

L'eau potable en Algérie provient soit de sources souterraines, soit d'eaux de surface. La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007 (**Rouissat, 2010**).

Mais, cette eau est toujours exposée à la pollution qui guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos belles réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement (**Margat, 1992**).

La vallée du Souf est l'une des agglomérations humaines de l'Algérie, elle est confrontée aux problèmes de la remontée et la pollution des eaux de la nappe phréatique depuis longtemps. Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de cette zone, nous avons réalisé une étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique de ces eaux.

Notre document est structuré en deux grandes parties:

-La première partie: est consacrée pour la synthèse bibliographique concernant la région d'étude et les eaux de consommation.

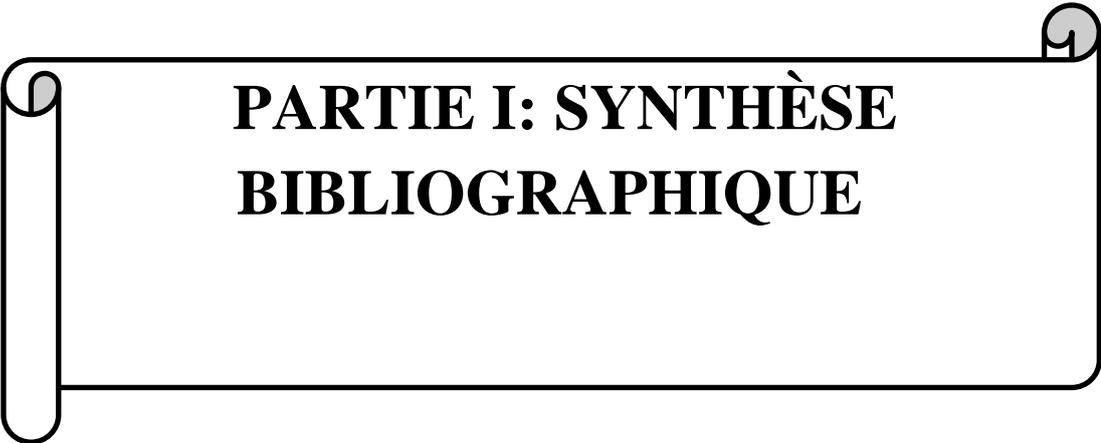
- La deuxième partie : présente la méthodologie expérimentale, le résultat obtenus et leurs discussion.

## **Introduction générale**

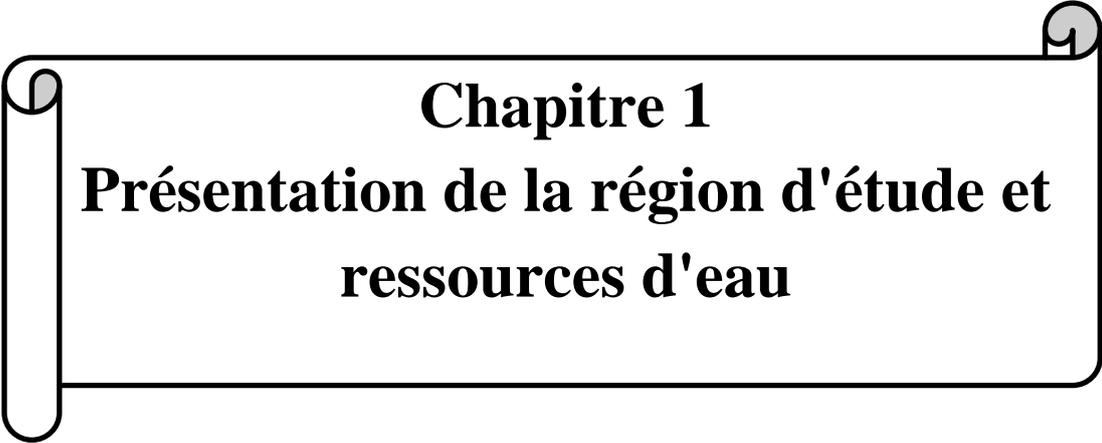
---

- La seconde partie : matériel et méthodes, La présentation et la discussion des résultats obtenus, en se basant sur ce qui était dit dans la bibliographie

Enfin, nous tirons une conclusion et nous proposons quelques perspectives.



**PARTIE I: SYNTHÈSE  
BIBLIOGRAPHIQUE**



**Chapitre 1**  
**Présentation de la région d'étude et**  
**ressources d'eau**

Dans ce chapitre nous allons aborder au premier lieu les caractéristiques générales du milieu d'étude ; la situation géographique, les particularités des sols, les données climatiques , démographiques et l'inventaire des ressources en eau.

### 1.Cadre physique et humain

#### 1.1. Situation géographique et administrative

La vallée du Souf est située dans le Sahara algérien, au Nord-est du Grand Erg Oriental.

Elle est limitée :

- Au Nord par la zone des chotts (Melghir et Merouanne).
- Au Sud par l'extension de l'Erg Oriental.
- A l'Est par la frontière Tunisienne.
- A l'Ouest par la vallée d'Oued Righ (figure 1) (Voisin, 2004).

Elle est comprise entre les coordonnées géographiques suivantes :  $06^{\circ} 32' 03''$  et  $07^{\circ} 03' 13''$  de longitude Est et  $33^{\circ} 08' 48''$  et  $=33^{\circ} 52' 39''$  de latitude Nord.

Cette région tire son originalité de son architecture typique, caractérisée par les coupoles et par ses palmeraies plantées dans les Ghout ( Drouiche,2014).

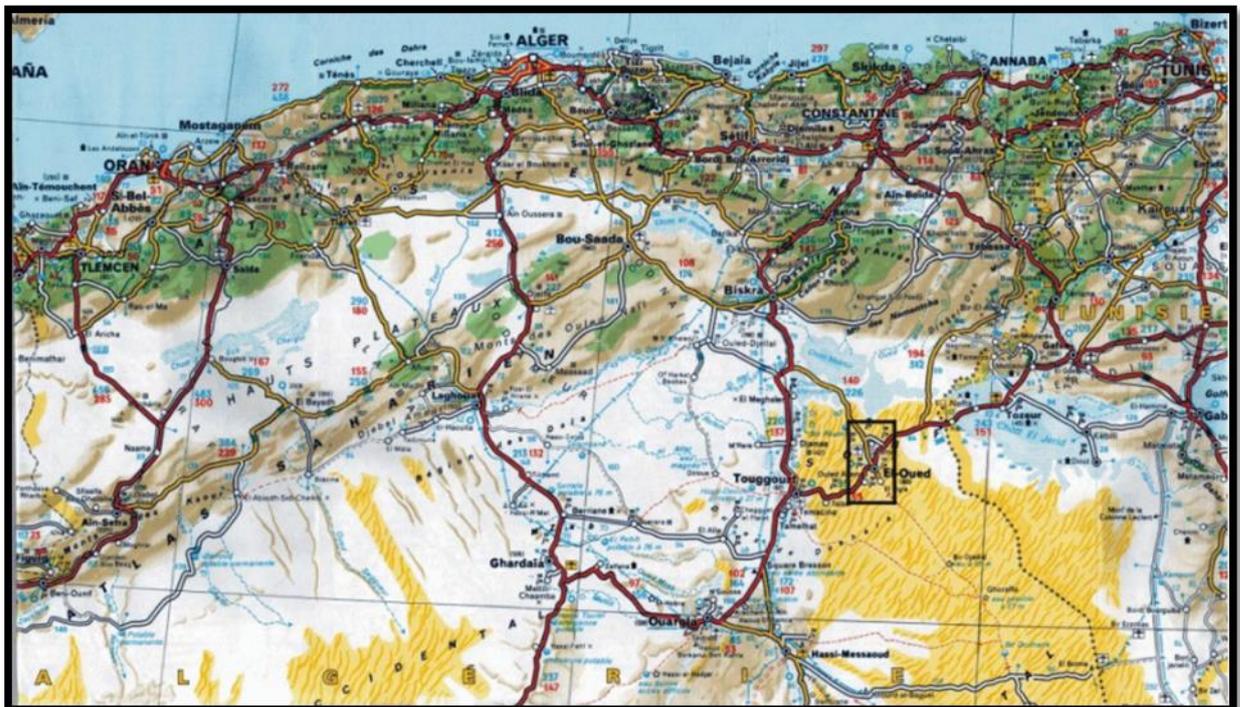


Figure 1: Situation de la zone d'étude (Office National de L'Assainissement [ONA], 2004)

## **1.2. Les traits physiques**

### **1.2.1. Pédologie:**

Le sol de la région de Souf est un sol typique des régions sahariennes. C'est un sol pauvre en matière organique, à texture sablonneuse et à structure caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (**Hlisse, 2007**). Souligne que le sable du Souf se compose de silice, de gypse, de calcaire et parfois d'argile. Les proportions sont extrêmement variables d'un kilomètre à l'autre. En générale, les matériaux sont les suivants : silice (40 à 60 %), gypse (10 à 40 %), calcaire (2 à 20 %) et l'argile (0 à 5 %) (**Voisin, 2004**).

### **1.2.2. Géomorphologie:**

La région de Souf est une région sableuse caractérisé par l'existence de trois forme principales:

L'Erg et le Sahane, dans une région sableuse. Une zone de dépression, caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est. Dans le sud du Souf, on rencontre des dunes immenses et bien différenciées, atteignant parfois 200 m d' hauteur; on les appelle les Ghroudes la différence fondamentale à faire dans la topographie du Souf est celle qui existe entre l'Erg et Sahane (**Drouiche, 2014**).

## **1.3. Aspects climatologique**

Oued Souf présente un climat désertique avec un hiver froid et un été chaud. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faible des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. Celle-ci y contraste en saison froide avec humidité du sol (**Nadjah, 1971**).

La combinaison des données des précipitations et celle des températures permet de mettre en évidence :

- Les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme Ombrothermique de Gaussen.
- L'étage bio-climatique ou le type du climat suivant la méthode d'Emberger et/ou le calcul de l'indice d'aridité
- L'étude s'article sur les données de 10 ans (2008-2017) relevés auprès de la station météorologique de Guemar (annexe 1).

### **1.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN**

Selon la (figure 2) la région d'étude est caractérisée par une saison sèche qui dure pendant toute l'année. Ainsi, les besoins humaine en eau est grand tout au long de l'année.

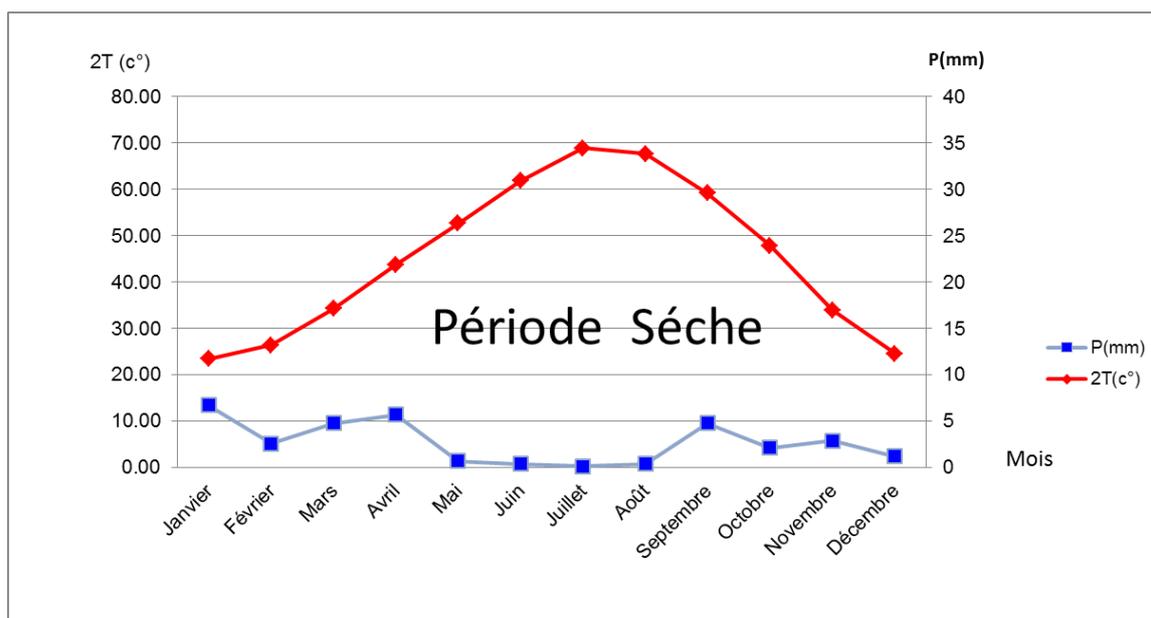


Figure 2 :Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (2008-2017).

### 1.3.2. Climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il représente:

- En abscisse la moyenne de minima du mois le plus froid.
- En ordonnées le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) d'EMBERGER (1933) (Lehouerou, 1995).

Où :

**Q** : quotient pluviométrique d'Emberger

**P** : précipitations annuelles

**M** : la température maximale du mois le plus chaud

**m** : la température moyenne minimale du mois le plus froid

D'après les données de la vallée du Souf,) on a :

**P** = 61,6 mm

**M** = 41,9 °C

**m** = 5,3 °C

Donc  $Q_2 = 5,77 \text{ mm/}^\circ\text{C}$  (Annexe 1)

D'après la (figure 3), la vallée du Souf se situe dans l'étage bioclimatique Saharien à hiver doux.

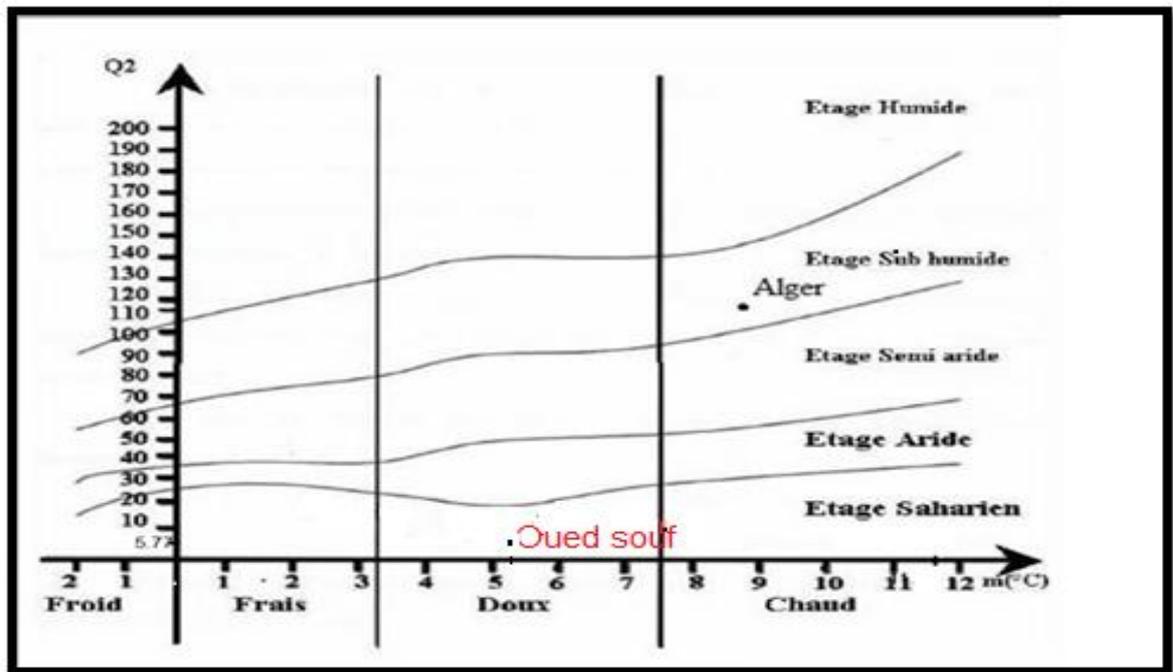


Figure 3: Climatogramme d'EMBEREG de la vallée du souf

#### 1.4. Aspects démographiques

La zone d'étude occupe une superficie de 11738,4 Km<sup>2</sup> qui représente 18 communes administrative (figure 4) et englobe un nombre de population de 603675 habitants selon (tableau 1) le recensement de 2017 (La Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires [D.P.S.B], 2017).

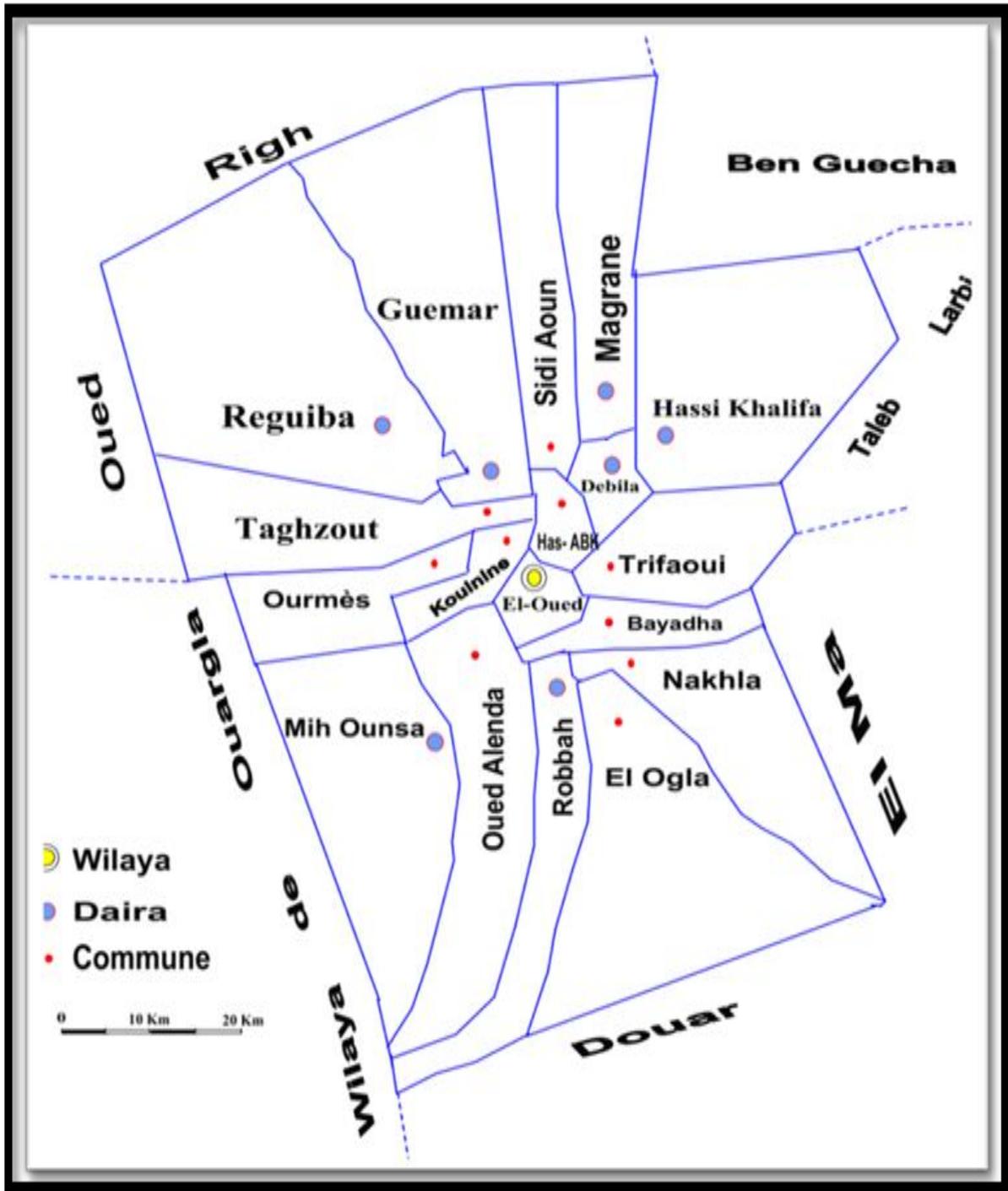


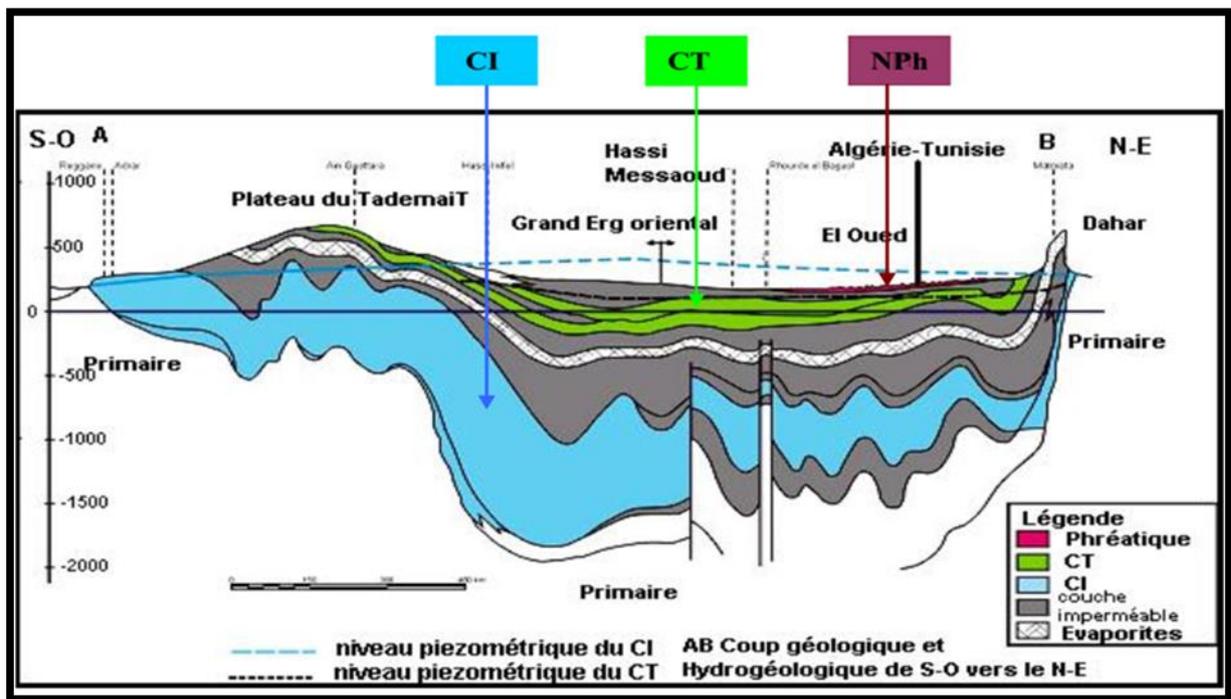
Figure 4: Les communes de la vallée du Souf (Khechana, 2014)

**Tableau 1** : Surface, population et Taux de raccordement d'approvisionnement eau potable au niveau suivant (**La Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires [D,P,S,B], 2017** ).

<b>Commune</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Population (hab)</b>	<b>Densité de la population (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Logements raccordés</b>	<b>Taux de raccord</b>	<b>Dotation L/J/hab</b>
Hassi Khalifa	1112	40 750	36,65	5 818	93	436
El-Ogla	1352	8 145	6,02	1 500	76	461
Mih Ouansa	11112	22 555	20,30	4 248	93	307
El-Oued	77.2	174 245	2 257,06	28 911	98	298
Robbah	499.2	28 125	56,34	3 800	85	339
Oued Allenda	712	8 125	11,41	1 927	93	574
Bayadha	138.8	41 475	29,81	6 436	88	378
Nakhla	700	17 100	24,43	3 150	96	322
Guemar	1264.4	52 700	41,68	9 519	88	403
Sidi Aoun	480	15 135	31,53	3 485	94	511
Trifaoui	474	10 785	22,75	1 945	92	332
Magrane	618	30 410	49,21	4 809	95	470
Ourmes	442.8	7 090	16,01	1 802	89	568
Kouinine	116	13 465	116,08	2 572	89	298
Taghzout	539.2	17 585	32,61	2 823	90	344
Debila	78	31 880	408,72	4 741	85	342
Reguiba	1965.6	53 860	27,40	6 430	87	256
H.Abdelkrim	58	30 245	521.47	4 281	82	402

### 2. Inventaire des ressources en eau

Malgré l'absence des ressources de surfaces, la vallée de Oued-Souf dispose d'une réserve hydraulique très importante, présente sous forme de trois nappes souterraines (figure 5): la nappe de l'Albien (ou Continental Intercalaire CI), la nappe du Complexe Terminal (CT) et la nappe phréatique (Khechana, 2014).



**Figure 5:** Coupe hydrologique à travers le Sahara septentrionale (United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation [UNESCO], 1972).

#### 2.1. Nappe Phréatique :

La nappe phréatique présente dans toute la région du Souf, correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire; elle se localise à des profondeurs variant entre 10 et 60 mètres, vu sur son importance, cette nappe représente la source principale en eau des palmeraies; elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui selon les enquêtes sont en nombre de 21000.

La nappe phréatique dans la région du Souf est principalement alimentée par les eaux utilisées par les populations (les eaux d'irrigation, industrielles et domestiques) et la source absolue de ces dernières est des nappes profondes du Complexe Terminale et Continentale Intercalaire (Cote, 1998).

**2.2. La nappe du complexe terminal (C.T)**

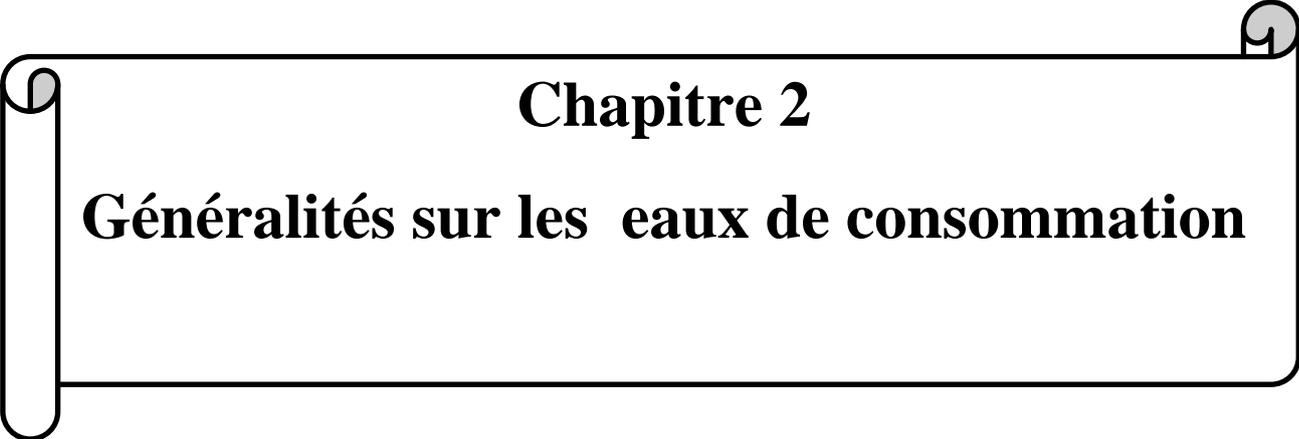
Ce terme regroupe sous une même dénomination, un ensemble de nappes aquifères qui sont situées dans la formation géologique différentes : Sénonien carbonaté, Eocène et Mio pliocène sableux. Jusqu'à 2004 la nappe du Complexe Terminal est captée par 103 forages moyens, donnant un débit total de 3122 l/s ; dont 32 forages sont destinés à l'irrigation avec un débit de 995 l/s et 71 forages destinés à l'AEP avec un débit de 2128 l/s (**Drouiche, 2014**).

**2.3. Nappe du Continental Intercalaire (C.I)**

Le terme « C.I » correspond ainsi aux formations continentales du Crétacé inférieur cette période se situe entre deux cycles sédimentaires régité par une régression marine suivit d'une transgression du Crétacé supérieur.

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base Trias et le sommet de l'Albien. Le traitement manquant du réservoir aquifère du Continental Intercalaire est son volume considérable dû à la fois à son extension sur plus de 600 000 Km<sup>2</sup> et son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. Bien que l'intérêt majeur de ce système aquifère soit constitué par les grandes quantités d'eaux qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoire (**Khechana, 2014**).

Dans la région d'étude, cette nappe est captée par trois forages profonds d'une profondeur de (1800 à 2100 m), donnant un débit total de 680 l/s dont deux forages pour l'alimentation en eau potable (AEP) de la ville d'El Oued (430 l/s) et un forage pour l'irrigation à Sahan Berry d'un débit de 250 l/s, l'épaisseur du réservoir est importante et varie de 200 à 400 m, sa température atteint 60°C et la pression en tête de puits fermé est de 25 à 27 bars (**Drouiche, 2014**).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners at the top and bottom. The text is centered within this border.

## **Chapitre 2**

# **Généralités sur les eaux de consommation**

Si la terre est la planète bleue, ce n'est pas un hasard (**Belhadj, 2017**), l'eau recouvre 72% de la surface de la terre, soit un total de 1385990 800 km<sup>3</sup> d'eau, 97,2% dans les océans et les mers salées (1 350 000 000 km<sup>3</sup>) ce qui la rend inutilisable pour l'homme. L'eau douce ne représente que 2,8% du total de l'eau mais 2,15% sont immobilisées dans les glaciers. L'eau douce disponible est contenue dans les eaux souterraines (0,63%), les eaux de surface (environ 0,02%) et dans l'atmosphère (0,001%) (**Louise, 2014**).

## **1. Les sources naturelles de l'eau:**

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant (**Ayad, 2017**).

L'eau prélevée des milieux naturels n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitement selon les exigences réglementaires de qualité en tous points du réseau, pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population (**Nabih, 2013**).

### **1.1. Les eaux de pluie**

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (**Desjardins, 1997**).

### **1.2. Les eaux de mer**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg/ L), elles sont dénommées aussi «eaux saumâtres». Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Ayad, 2017**).

### 1.3. Les eaux de surface

Les eaux de surface (douce) sont l'eau celle qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol (rivières, lacs, étangs, barrages,...) (Bohy, 2003). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Degremont, 2005).

En plus, ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques (Molinie, 2009).

### 1.4. Les eaux souterraines

C'est l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (Myrand, 2008).

## 2. Les ressources hydrauliques en Algérie:

Les potentialités hydriques en Algérie sont estimées à 19.4 milliards de m<sup>3</sup>/an dont 14.6 milliards de m<sup>3</sup>/an, correspondent aux eaux superficielles et près de 4.8 milliards de m<sup>3</sup>/an, constituent les eaux souterraines (1.8 milliards de m<sup>3</sup>, constituent la ressource souterraine localisée au Nord, par contre 3 milliards de m<sup>3</sup> au Sud du pays) (Sedrati, 2011). Le (tableau 2) suivant récapitule la répartition des ressources hydriques en Algérie.

**Tableau 2:** Potentiel de ressources en eau en milliard de m<sup>3</sup> (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques [ANRH], 2000).

Région	Eau de surface	Nappes souterraines	Total
Région Nord	12.10	1.8	13.90
Sahara	0.5	5	5.5
<b>Total</b>	12.6	6.8	19.4

Les écoulements superficiels sont essentiellement concentrés dans la frange septentrionale du pays, qui s'étend sur environ 300 000 km<sup>2</sup>, soit 13 % de la superficie du

pays. Les régimes hydrographiques dans cette zone, est conditionné par la nature du climat (Sedrati, 2011).

### **3. Eau potable**

L' eau de boisson destinée à la consommation humaine répond à diverses appellations (eau de robinet, eau de source, eau minérale...).

Une eau de consommation ne contient pas d'organismes pathogènes , de composés chimiques dangereux ni de substances radioactives. Elle a un bon goût et une belle apparence. Elle ne dégage pas d'odeur et ne présente pas une couleur désagréable (Odoulami, 2009). C' est une eau non susceptible de porter atteinte à la santé de celui qui la consomme (Jacques, 2007).

### **4. Problématiques**

#### **4.1. La pollution de l'eau**

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc les dégradations de ces deux milieux (Bouziani, 2000).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (Rodier *et al.*, 2005).

#### **4.2. Les risques liés au manque d'eau**

Le manque d'eau pourrait avoir, si rien ne change, une importante conséquence. En Afrique, 150 millions de résidents urbains, soit la moitié de la population urbaine n'ont pas d'accès adéquat à la distribution d'eau et 180 millions, quelque 60% de la population urbaine n'ont pas de système sanitaire adéquat. Quatre millions de personnes meurent chaque année de maladies liés au manque d'eau (Barhoumi *et al.*, 2004).

Pour ceux qui recueillent et transportent l'eau (communément les femmes et les enfants), la rareté de l'eau peut signifier des déplacements sur de longues distances pour aller la chercher. Pour les cultivateurs, cette rareté de l'eau signifie la famine quand la sécheresse décime les cultures. Dans les hôpitaux, les dispensaires et autres endroits où l'on soigne les malades, le manque d'eau pour laver peut permettre aux infections de se propager d'une personne à une autre (Conant, 2005).

L'Algérie est un pays à climat semi-aride et est touché par la pénurie. Ses grandes agglomérations subissent une pression démographique telle qu'il devient impossible de satisfaire la demande (**Fouatih et al., 2007**).

### **5. Gestion des ressources hydriques:**

La gestion de l'eau est un moyen économique de développement et de l'aménagement du territoire et par conséquent, toute forme de pollution de l'eau ne serait que dommageable à toute la collectivité (**Dezert, 1976**).

La gestion des ressources en eau n'est plus uniquement une gestion des volumes exploitables, mais également de la qualité de l'eau qui sera prélevée et dont la détérioration pourrait compromettre gravement son utilisation dans certains secteurs comme l'alimentation en eau potable et l'industrie qui exigent une bonne qualité chimique. Ce suivi chimique devra graduellement être orienté vers la composition chimique de l'eau en plus de sa salinité globale. C'est à travers l'analyse de cette composition que seront mieux mises en évidence les origines de la contamination et les mesures à prendre pour y remédier (**SASS, 2003**).

Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la "Gestion intégrée des ressources en eau" pour garantir leur valorisation et durabilité (**Service de l'eau, 2011**).

### **6. Maladies à transmission hydrique**

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**Rodier, 2009**).

Les maladies à transmission hydrique (MTH), sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les microorganismes est une source d'infections très importante (**Hartemann, 2004**).

### **7. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau**

L'être humain trouve une grande part de ses besoins en substances minérales dans l'eau de boisson. C'est en général la présence d'un excès de certains éléments qui peut induire soit directement, soit indirectement, des effets néfastes pour la santé.

Les effets ne se manifestent généralement qu'à moyen ou long terme et peuvent prendre des formes très diverses telles que cancérogénicité, mutagénicité, troubles métaboliques (**Savary, 2010**).

A moyen terme, des pathologies ont été identifiées, induites par le fluor c'est la fluorose dentaire qui peut être apparaitre à partir de 4mg.L-1 de fluor, ou les nitrates qui se transforment en nitrites dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, surtout chez les nourrissons (**Laferriere et al., 1995**).

A long terme, le rôle néfaste de macroconstituants des eaux (sodium, dureté, etc.) n'a pas été confirmé. En revanche, certains microconstituants sont réellement impliqués dans un risque hydrique, tels des métaux lourds (plomb, cadmium) ; Le plomb par exemple passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais ainsi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent aussi développer un saturnisme : Une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles (**Laurence, 2003**).

D'autres interrogations subsistent pour certaines molécules organiques comme les pesticides et d'une manière plus générale, pour les sous-produits minéraux ou organiques de la désinfection (chloration surtout) des eaux, en termes de risque cancérigène (**Morris, 1995 ; Cantor, 1997**).

Donc d'une façon générale, le risque chimique peut être lié, soit à la contamination de l'eau brute, soit durant le traitement de l'eau (dérivés de coagulants, sous-produits de désinfection), soit au transport de l'eau par des contaminants présents dans les tuyaux tels que le plomb, l'amiante et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (**Hartemann, 2004**).

## 8. Qualité de l'eau de consommation

Généralement, les paramètres de la qualité des eaux potables sont regroupés en six catégories:

- **Paramètres organoleptiques** : Couleur, Odeur et Goût.
- **Paramètres physico-chimiques**: pH, Conductivité électrique à 25°, Température, Turbidité, Salinité, Résidu sec à 105° C, TDS ...
- **Paramètres de pollution** : Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphate, Sulfures, Azote, ..
- **Paramètres de minéralisation globale**: Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, Chlorures, Sulfate, Bicarbonate, Carbonate, Silicate, Dureté Totale, Titre alcalin, ...
- **Paramètres indésirables**: Fer, Manganèse, Aluminium, ...

- **Paramètres bactériologiques:** Germes totaux, Coliformes totaux; Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium sulf-red, Salmonelle typhi, Vibrions cholérique, Chlore résiduel libre,... (Algérienne des Eaux [ADE], 2017).

## 8.1. Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter, à coup sûr, un risque pour la santé (Genoudet, 2001).

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) (Rodier et al., 2009).

### 8.1.1. 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 réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier et al., 2005).

### 8.1.2. Odeur

L'odeur peut être définie comme :

a) l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;

b) la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier et al., 2009).

### 8.1.3. Goût

Le goût peut être défini comme :

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

– la propriété des produits provoquant ces sensations (Rodier et al., 2009).

## 8.2. Qualité physico-chimique

Les qualités physico-chimiques de l'eau se basent sur des paramètres qualitatifs relativement facile à déterminer. Parmi ces paramètres on distingue les suivants :

### 8.2.1. Température

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

### 8.2.2. Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes  $H^+$  présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (Journal Officiel de la République Algérienne [JORA], 2011).

Un **pH inférieur** à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre.

Un **pH élevé** conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8; il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs, la chloration diminue le pH (Rodier *et al.*, 1996).

### 8.2.3. Turbidité

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur. La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...) (Rodier *et al.*, 2009).

La **turbidité élevée** de l'eau révèle la précipitation du fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (Guidoum, 2015), et favorise aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte (Organisation Mondiale de la Santé [OMS], 2004).

La turbidité se mesure en unité néphélométrique (NTU) (Lanteigne, 2003).

### 8.2.4. Conductivité électrique (CE)

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, toute eau est plus ou moins conductrice. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, l'existence d'une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité électrique. La conductivité élevée traduit soit une température élevée, soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites (Rodier, 1984).

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu S/cm$ ) (Gaujour, 1995).

On peut classer les eaux de boisson en fonction de leur conductivité (Tableau 3)

**Tableau 3:** Classification des eaux selon la conductivité (Rodier *et al.*, 2005)

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

### 8.2.5. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est sur tout du eaux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon (Rodier *et al.*, 2009).

Elle est mesurée par la somme des concentrations de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F) (OMS, 1994).

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du ( tableau 4) suivant:

**Tableau 4:** Classification des eaux selon la dureté totale (Berne *et al.*, 1991)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

### 8.2.6. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar *et al.*, 2011). c'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc (Rodier *et al.*, 2005).

Le calcium est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui sont facilement solubles (**Sedrati, 2011**).

### 8.2.7. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (**Kemmer, 1984**).

### 8.2.8. Sodium ( $\text{Na}^{2+}$ )

C'est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre (**Bouziari, 2000**).

Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé....)
- Humaine (10 à 15 g de Na Cl dans les urines /jour)
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**Rodier et al., 2005**).

### 8.2.9. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Le fer se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (**Rodier et al, 2005**).

### 8.2.10. Chlorures (CL)

Les chlorures sont très répandus dans la nature généralement sous forme de sels du sodium, de potassium et de calcium (**Sevesc, 2013**).

L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (**Chaker et al, 2014**).

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier et al., 2005**).

### 8.2.11. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (**Kemmer, 1984**).

### 8.2.12. Phosphates ( $\text{PO}_4$ )

S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (**Rodier, 2005**).

### 8.2.13. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Le nitrate, sel de l'acide nitrique, a pour formule chimique  $\text{NO}_3^-$ .

Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau mais selon les milieux, leur concentration varie de 0,1 à 1 mg/L pour l'eau souterraine.

L'apport de nitrates dans le sol, puis dans les eaux, est donc fortement lié à la quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. Les actions anthropiques sont donc importantes : utilisation d'engrais azotés et de lisier. De même, les rejets de stations d'épuration ou plus simplement de latrines et fosses septiques représentent un apport en matières organiques susceptibles de produire des nitrates (**Demdoun, 2010**).

### 8.2.14. Fluor ( $\text{F}^-$ )

Le fluor, premier élément de la famille des halogènes dans le tableau périodique des atomes. Étant fortement réactif, il se retrouve généralement dans la nature sous forme de fluorure ( $\text{F}^-$ ) lié à des matrices minérales ou dans des liaisons covalentes formant des composés organiques ou inorganiques.

Les fluorures sont également libérés dans l'environnement par des sources anthropiques de nature industrielle (**Beaudoin, 2012**).

La teneur en fluor dépend du temps de contact de l'eau avec les minéraux fluorés de l'aquifère. Elle est plus élevée dans les nappes captives. Dans la nappe de la craie, il est fourni principalement par les minéraux phosphatés (**Bartherlin et al., 1999**).

## 8.3. Qualité bactériologique

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution (**Ahonon, 2011**).

### 8.3.1. Les Germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité

hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (**Bourgeois et al., 1991**). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (**Rodier et al., 2005**).

### 8.3.2. Les *Coliformes totaux*

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Archibald, 2000; Edberg et al., 2000**).

Ce groupe composé des principaux genres suivants: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (**Chevalier, 2003**). La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (**Edberg et al., 2000; OMS, 2000**).

### 8.3.3. Les *Coliformes fécaux*

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) (**Edberg et al., 2000**).

### 8.3.4. Les *Streptocoques fécaux*

Sous la dénomination générale de «*Streptocoques fécaux*», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe de Lance Field (**Rodier, 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles (**Bourgeois et al., 1996**).

## 9. Normes d'eau potable

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (**Alouane, 2012**).

Globalement, les qualités de l'eau de boisson doit obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales (**Bouziati, 2000**).

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA, 2014**) qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites.

Les tableaux 5, 6 et 7 représentent les normes Algérienne, Françaises et de l'OMS de l'eau potable.

**Tableau 5** : Les valeurs indicatives des paramètres organoleptiques (**OMS, 2005; JORA, 2014; Journal Officiel de la République Française [JORF], 2007**).

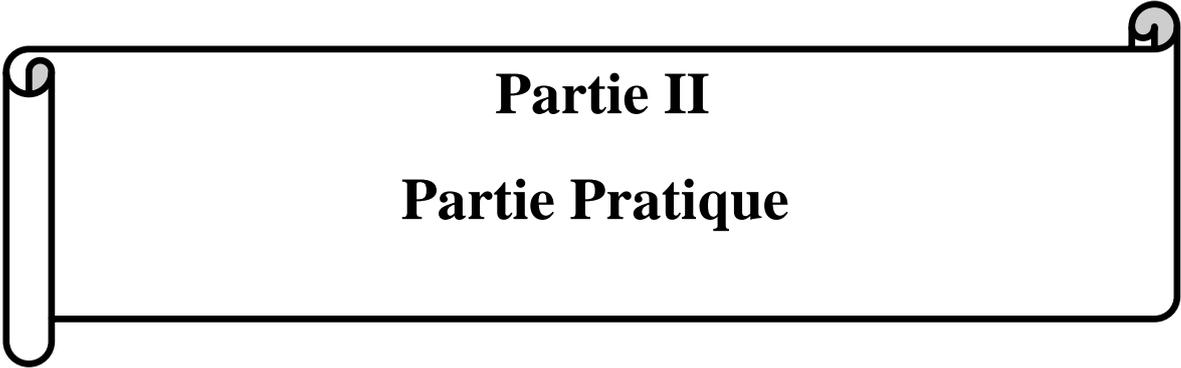
Paramètres	Unité	Normes OMS	Normes Algériennes	Normes Françaises
Couleur	mg/l platine	15	15	15
Odeur à 12°C	Taux dilution	Acceptable	4	Acceptable
Saveur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4	Acceptable

Tableau 6 : Normes physico-chimiques (OMS, 2005; JORA, 2014; Journal Officiel de la République Française [JORF], 2007).

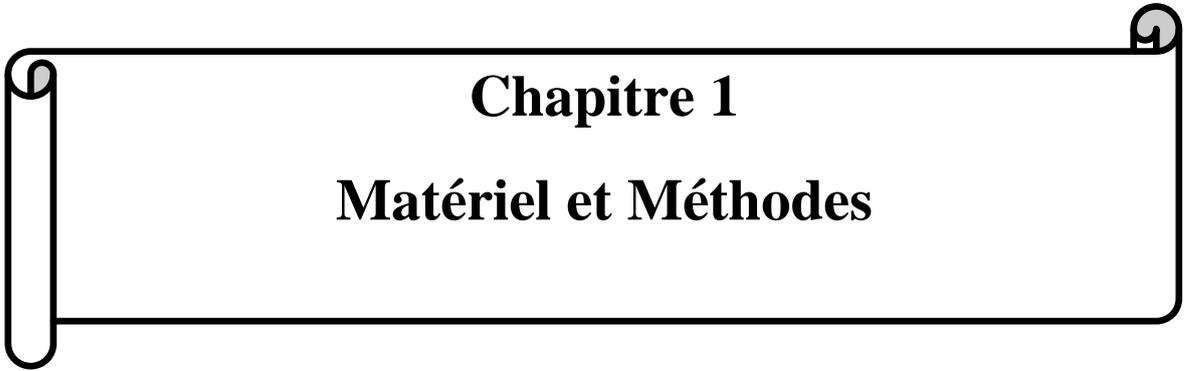
Paramètres physico chimiques	Unité	Normes O.M.S	Normes Algériennes	Normes Françaises
Température	°C	Acceptable	25	25
Ph	/	7-8.5	6,5 – 9	6,5-9
Conductivité électrique à 20°C (CE)	µS/cm	pas de norme	2800	≥180 et ≤ 1000
Turbidité	NTU	5	5	1
Chlorures	Mg/L	/	500	250
Dureté Totale	Mg/L	500	500	/
Calcium	Mg/L	/	200	/
Magnésium	Mg/L	/	150	50
Nitrates	Mg/L	50	50	50
Fer total	mg/l	pas de norme	0,3	/
Phosphore	mg/l	pas de norme	5	/
Potassium	mg/l	250	12	/
Sodium	mg/l	pas de norme	200	200
Sulfates	mg/l	0,3	400	250
Ammonium	mg/l	/	0,5	0,10
Fluorures	mg/l	1,5	1,5	1,50
Résidus secs	µg/L	/	1500	/

**Tableau 7** : les valeurs indicatives des paramètres bactériologique (OMS, 2005; JORA Algérienne, 2014; Journal Officiel de la République Française [JORF], 2007).

<b>PARAMETRES</b>	<b>UNITES</b>	<b>VALEUR INDICATIVES</b>
Escherichia Coli	n/100ml	0
Entérocoques	n/100ml	0
Bactéries sulfitoréductices y compris les spores	n/20ml	0



**Partie II**  
**Partie Pratique**



**Chapitre 1**  
**Matériel et Méthodes**

L'objectif de notre présente étude est la détermination de la qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation au niveau de différentes communes de la vallée du Souf.

Ce chapitre étalera donc le matériel et la démarche utilisés dans la réalisation de cet objectif.

## **1. Échantillonnage**

### **1.1. Choix des points de prélèvement**

Les enquêtes réalisés avec les citoyens et les autorités administratives des différentes communes de la vallée du Souf; nous a permis de sélectionner les points de prélèvement des eaux suivants (figure 6) et (tableau 8):

#### **a. L'eau de robinet de 18 commune de la vallée du Souf :**

El Oued, Bayadha, Nakhla, Oglâ, Robbah, Oued Alenda, Mih ouensa, Ourmes, Kouinine, Taghzout, Guemar, Reguiba, Hassani Abdelkrim, Debila, Sidi Aoun, Magrane, Hassi Khelifa et Trifaoui.

#### **b. L'eau des citernes: A partir deux sources;**

- **Naturelle** : Sous forme des eaux transportées à partir des Wilayas voisines;

- ✓ **L'eau de Sidi Khaled**; Wilaya de Biskra

- ✓ **L'eau de Bir El-Ater**; Wilaya de Tébessa

- **Filtrée**: A partir deux stations de filtration;

- ✓ **Station de Tiba**

La station de dessalement de TIBA DRINKING WATER située dans la commune d'El Bayada (El-Oued). Elle a été mise en service en 25/02/2005 pour satisfaire les besoins en eau potable de la région d'El 'Oued.

Après une année du service, la station a pu réaliser un succès remarquable en produisant et fournissant une quantité d'eau douce importante de l'ordre de 13m<sup>3</sup>/h pour la population .

Elle basée dans le dessalement des eaux- sur le principe d'osmose inverse .

- ✓ **Station du Nord d'Afrique**

La station de dessalement de NORD D'AFRIQUE située à Tiksebt (El-Oued). Elle a été mise en service en 24/04/2006 pour satisfaire les besoins en eau potable de la région d'El 'Oued, basée sur le principe d'osmose inverse dans le dessalement des eaux.



<b>Commune</b>	<b>Type de l'eau</b>	<b>site de prélèvement</b>
El Oued	Filtrée (Nord d'Afrique)	Tiksebt
	Robinet	Sidi Messtour
Bayadha	Filtré (Tiba)	Izdihar
	Robinet	Izdihar
Nakhla	Robinet	17 Octobre
Robbah	Robinet	Derballe
Oued Alenda	Robinet	1 novembre
Mih ouensa	Robinet	Nazla
Ourmes	Robinet	Bachir REZGI
Kouinine	Source (Sidi Khaled)	Istiklal
	Robinet	
Taghzout	Robinet	20 Aout
Guemar	Robinet	Chataya
Ogla	Robinet	1 Novembre
Reguiba	Robinet	Aout20
Hassani Abdelkrim	Robinet	El-Horuya
Debila	Robinet	Naser
Sidi Aoun	Robinet	Souihla
Magrane	Robinet	Ayaycha
Hassi Khelifa	Source (Bir El-Atre)	Premier novembre
	Robinet	
Trifaoui	Robinet	Om Kasser

## **2. Méthodes d'analyses**

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur action sur la santé de consommateur, soit le pH, la température, la conductivité électrique, les éléments minéraux majeurs , etc.

Les analyses physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de Algérienne Des Eaux (A.D.E) d'El Oued .

## 2.1. Analyses physico-chimiques

### 2.1. 1. la température (T°)

La mesure de la température à été effectuée sur le terrain. Cette dernière mesure doit s'accompagner des précautions habituelles en évitant le rayonnement direct du soleil et l'influence de la chaleur dégagée par l'opérateur (Rodier et al., 2005).

- **Mode opératoire:**

La mesure de la température a été effectuée en plongeant immédiatement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes (Rodier et al., 2009).

### 2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH-mètre (figure 7) est l'appareil le plus utilisé pour la mesure du pH



Figure 7: pH mètre (NEZLI N.; CHABBI M., 2018)

- **Mode opératoire:**

- Brancher le pH-mètre, le laisser se stabiliser pendant quelques minutes, et :
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser,
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé,
- Lire la valeur du pH directement à température stable,

- Après chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience, on la laisse tremper dans l'eau distillée (**International Organization for Standardization [ISO], 2008**).

### 2.1.3. La Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (figure 8).



Figure 8: conductivimètre (NEZLI N.; CHABBI M., 2018)

- **Mode opératoire**

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

- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.

-Lire la valeur de CE directement.

- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure (**ISO, 1985**).

### 2.1.4. la turbidité

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes. Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil (figure 9) employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière.



**Figure 9:** Turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N (NEZLI N.; CHABBI M., 2018)

- **Mode opératoire**

- Une cuvette de mesure propre est remplie avec l'échantillon à analyser,
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- La valeur est obtenue directement en NTU (ISO 7027, 1999).

### 2.1.5. Dosage de la dureté totale

Le dosage de la dureté totale est effectué par la méthode titrimétrique à l'EDTA à un pH de 10. Cette méthode n'est pas applicable aux effluents et aux eaux de mer et aux eaux ayant une forte teneur en sels. La plus faible teneur qui peut être déterminée est de 0,05 mmole.L<sup>-1</sup>, donc applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux de boisson.

- **Réactifs**

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tétracétique) ;
- Solution tampon (pH= 10) ;
- Indicateur coloré Noir d'Eriochrom T (N.E.T).

- **Mode opératoire:**

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser et 40ml de l'eau distillée.

- Ajouter 4 ml de solution Tampon et 0.02g de noir ériochrome T (NET).

- La solution se colore en violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, on verse la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer du violet au bleu. Après, On vérifie que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA .

- **Expression des résultats**

$$TH = V_1 \cdot C_1 / V_0 \cdot 100$$

Où

$C_1$  : est la concentration en EDTA exprimé en m mole.L<sup>-1</sup> de la solution d'EDTA.

$V_0$  : est le volume en millilitre de la prise d'essai.

$V_1$  : est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage (ISO, 1984).

### 2.1.6. Dosage des ions calcium

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

Titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

• **Réactifs**

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tétracétique ;
- Solution NaOH (Hydroxyde de sodium);
- Murexide (indicateur) .

• **Mode opératoire**

-Dans un erlenmeyer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser et 40ml de l'eau distillée,

-On ajoute 2ml de solution NaOH

- On ajoute une pincée de murexide (0.02g),

-En maintenant une agitation, on verse la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer du violet au bleu (ISO, 1984).

• **Expression des résultants**

$$Ca^{+2} = (V_1 \cdot C_1 / V_0) \cdot M_{Ca^{+2}}$$

Où

$C_1$  : est la concentration en EDTA exprimée en m mol/L de la solution d'EDTA.

$V_0$  : est le volume en millilitre de la prise d'essai.

$V_1$  : est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage

$M_{Ca^{+2}}$ : Masse moléculaire du calcium. (ISO, 1984).

**2.1.7. Dosage des ions magnésienne ( $Mg^{2+}$ )**

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, Elle se déduit de la relation de la dureté totale qui est égale à la somme des deux duretés calcique

$$TH = T_{Ca^{2+}} + T_{Mg^{2+}} \implies T_{Mg^{2+}} = TH - T_{Ca^{2+}} \text{ (en mg/L)}$$

**TH:** Dureté totale ;

$T_{Ca^{2+}}$ : Dureté calcique;

$T_{Mg^{2+}}$  : Dureté magnésienne (Rodier et al.,2009).

### 2.1.8. Dosage d'ion chlorur

L'objet de la présente prescrit une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (méthode de Mohr).

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Réactifs**

- Solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ );
- Solution d'indicateur de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).

- **Mode opératoire**

- Dans un erlenmayer de 250ml, prélève 5ml d'eau à analyser et 45ml de l'eau distillée,
- puis on ajoute 1ml de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )
- à puis on titre avec le nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) jusqu'au virage au rouge brique.

- **Expression des résultants**

$$[\text{Cl}] = (V_{\text{AgNO}_3} \cdot C_{\text{AgNO}_3}) \cdot F \cdot M_{\text{Cl}} / \text{PE}$$

Où:

$V_{\text{AgNO}_3}$ : est le volume d'  $\text{AgNO}_3$  nécessaire pour une concentration donnée.

$C_{\text{AgNO}_3}$ : est le facteur de concentration molaire d' $\text{AgNO}_3$ .

$F$  : est le facteur de correction du titre d'  $\text{AgNO}_3$ .

$M_{\text{Cl}}$ : est lamasse molaire du chlorure.

$\text{PE}$ : est la prise d'essai (**ISO, 2003**).

### 2.1.9. Dosage des nitrates

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

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

- **Réactifs**

- Solution de Salicylate de Sodium;
- Solution d'hydroxyde de Sodium;
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium;

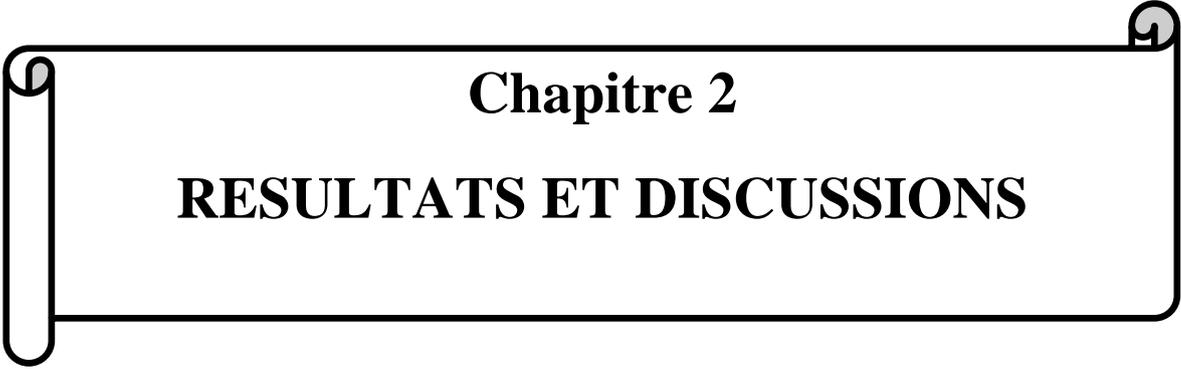
- Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré;
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.



**Figure 10:** Spectrophotomètre UV-Visible (NEZLI N.; CHABBI M., 2018)

● **Mode opératoire**

- Dans un erlenmayer de 250ml, prélève 10ml d'eau à analyser, puis on ajoute 1ml de Solution de Salicylate de Sodium et deux goutte de Solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH).
- Ensuite, l'échantillon est placé à l'intérieur de l'étuve pour séchage sous 37 température pendant 24 heures.
- Nous obtenons un dépôt sec en le laissant refroidi puis on ajoute 2ml de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré, laissez le pendant un moment de 10 min.
- Puis ajoutez 15ml de l'eau distillée et 15ml de solution de tartrate double de sodium, l'échantillon est ensuite pris dans un appareil Spectrophotomètre UV-Visible (figure 9).
- Lire la valeur (Rodier, 1978).



## Chapitre 2

# **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Le présent chapitre est consacré aux résultats obtenus et leurs discussions; la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de robinet et de citerne au niveau des communes de la vallée du Souf, ainsi que l'effet de ces eaux sur les consommateurs sont détaillés.

## 1. Qualité physico-chimique des eaux de consommation

### 1. 1. La température

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est : excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C ; médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C. La température mesurée dans les échantillons d'eau de la vallée du Souf varie entre 10,1 et 17,2°C (Figure 11), ces valeurs sont inférieures à 20°C, ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées ne sont pas excellentes mais plutôt bonnes. Elles sont également aux normes Algérien (tableau 6).

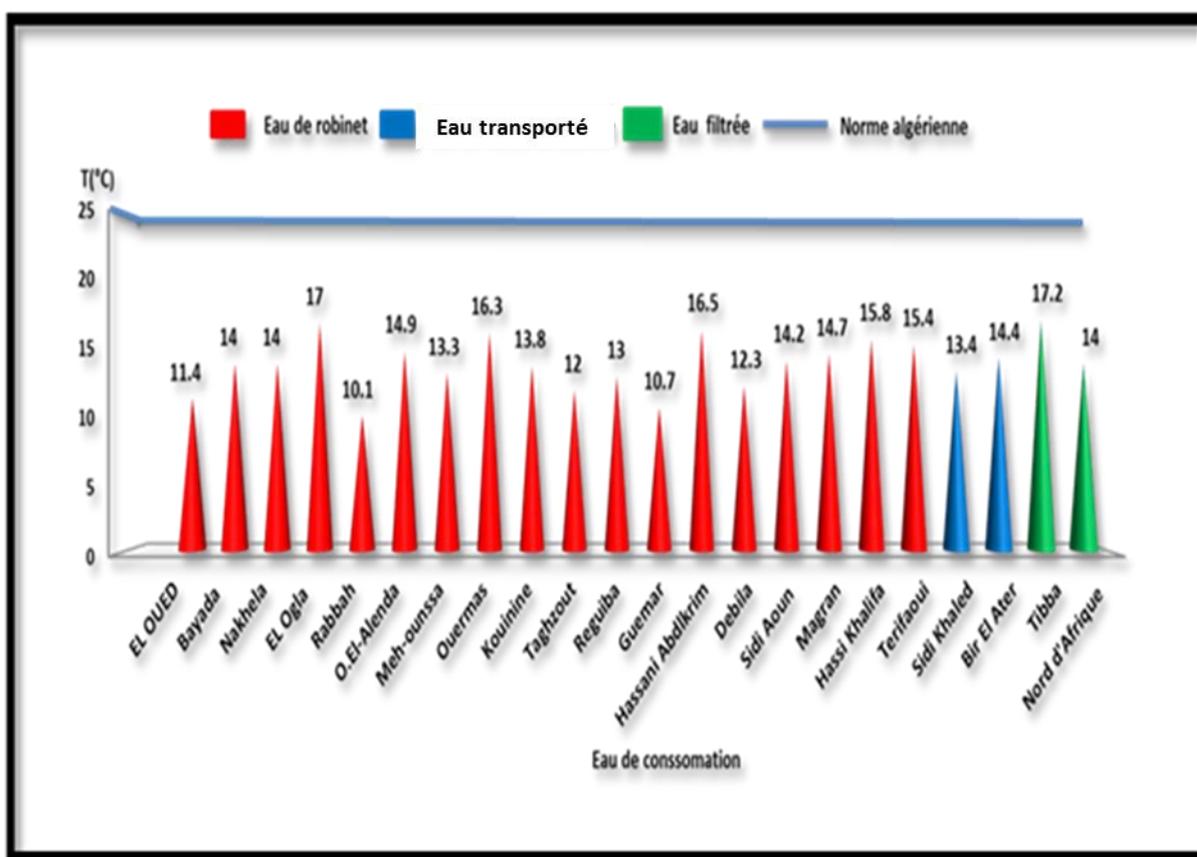


Figure 11: La température des eaux de consommation

## 1. 2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du **pH** (figure 12 )montrent deux choses majeures; la première est que l'eau de la vallée du Souf présente des pH partout supérieurs à 7 et montre par conséquent une eau alcaline et la deuxième est que cette eau présente un pH partout variées entre 7 et 8 et donc cette eau répond aux normes algériennes des eaux de consommation (tableau 6).

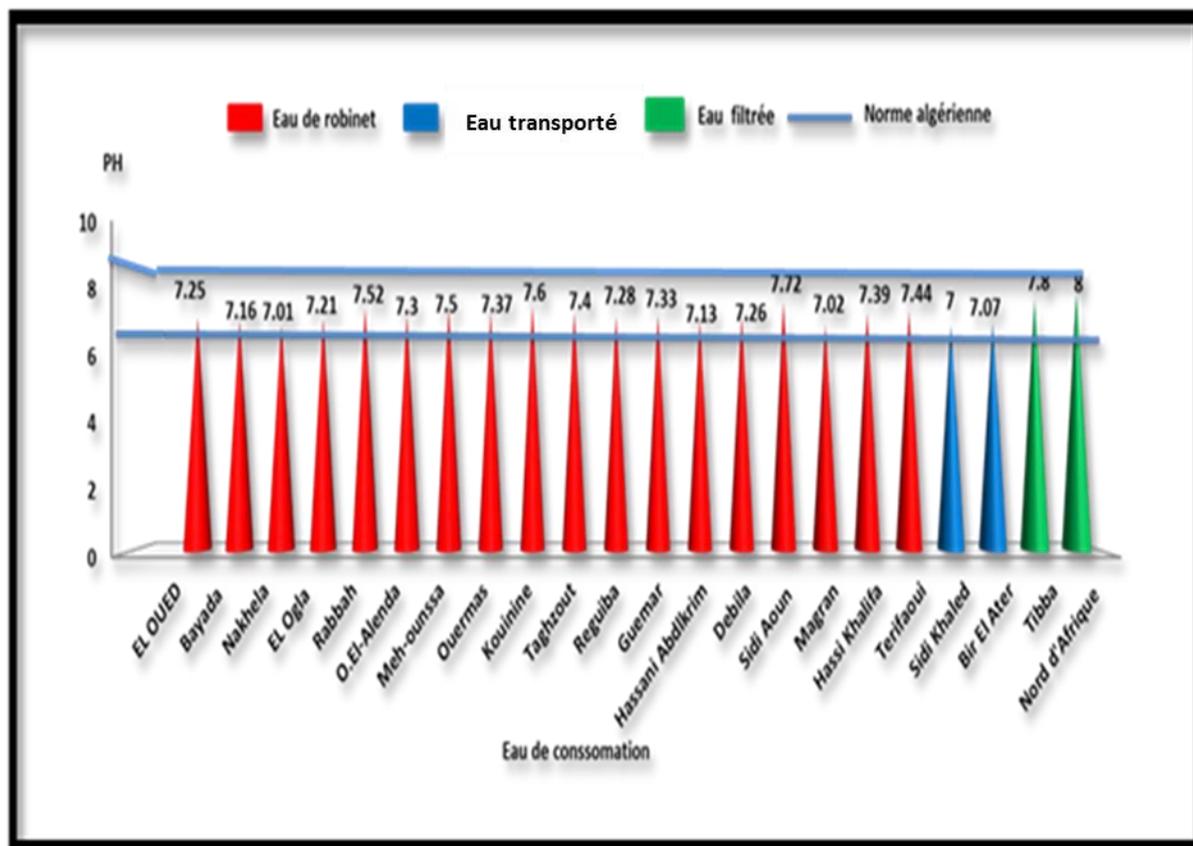


Figure 12: Le pH des eaux de consommation

## 1.3. La conductivité électrique

Selon l'échelle de la salinité des eaux citée par **Rodier (2005)**, on peut diviser les eaux de consommation de la vallée du Souf comme suit: l'eau de robinet est une eau très minéralisée, l'eau transporté avec l'eau filtrée de la Station de Tibba est une eau de minéralisation moyenne et l'eau filtrée de la Station du Nord d'Afrique est une eau douce peu minéralisée.

La comparaison des résultats de la CE avec les normes Algériennes des eaux de consommation (tableau 6) , montre que la conductivité électrique de l'eau du robinet dépasse la norme dans tous les commune, sauf l'eau de Kouinine qui prends une valeur inferieur a la norme. Les valeurs d'eau de ressource et l'eau filtrée loin en dessous de la norme (figure 13).

On peut expliquer les valeurs importantes de la CE des eaux de robinet par la source d'appauvrissement des eaux potables dans la vallée du Souf qui est le complexe terminale. Suivant l'étude réalisée par Hamchaoui (2017). L'eau de robinet de la vallée du Souf se caractérise par un goût salé, elle peut être rejetée par les consommateurs et contenir des ions dangereux à la santé.

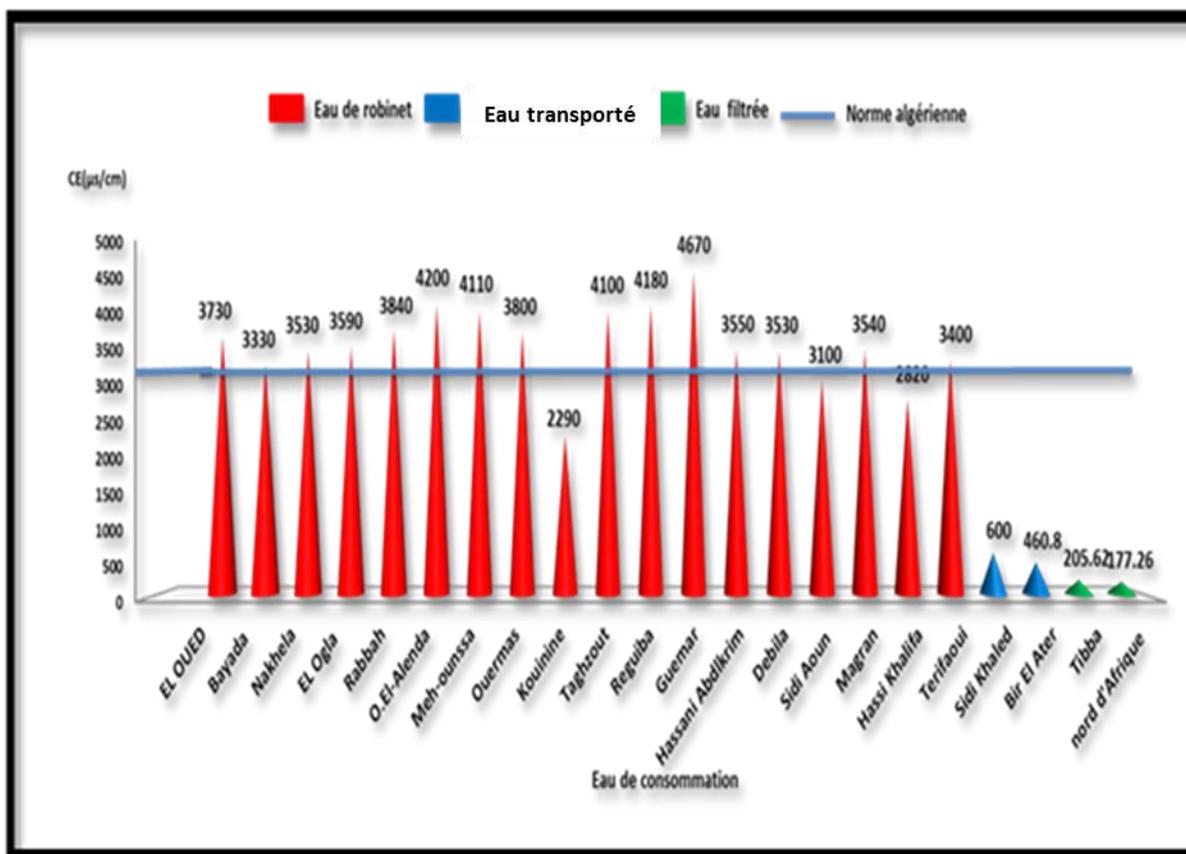


Figure 13: La conductivité électrique des eaux de consommation

### 1. 4. La turbidité

Suivant les résultats représentés dans la (figure 14), l'eau distribuée sur le territoire de la vallée du Souf présente une très faible turbidité avec des valeurs variées entre 0.08 et 0.96 NTU, ces valeurs sont inférieures aux normes Algériennes (5 NTU) (tableau 6).

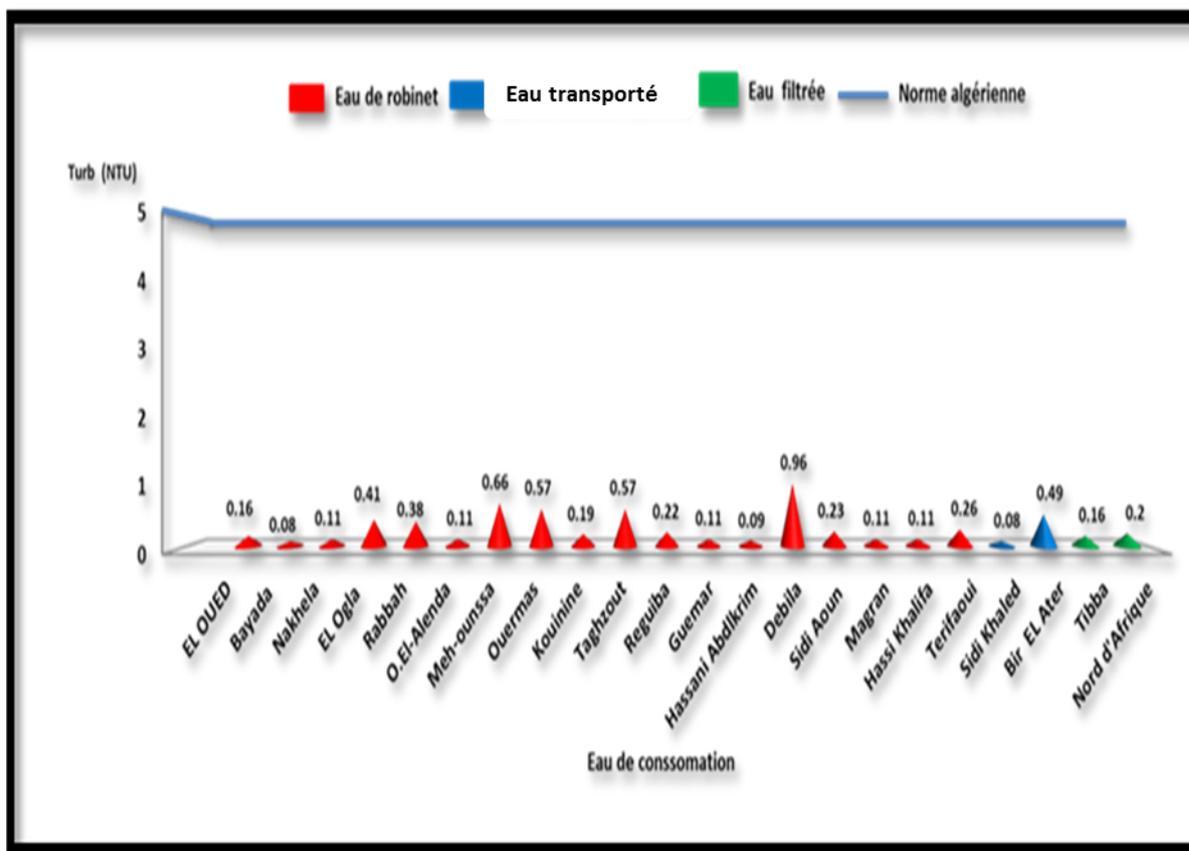


Figure 14: La turbidité des eaux de consommation

### 1.5. La dureté totale TH

Les résultats concernant les mesures de la dureté de l'eau de la vallée du Souf (Figure 15) ont montré que tous les communes se caractérisés par des valeurs-de ce paramètre- supérieures aux normes locales (tableau 6) qui exigent une concentration maximale admissible de 500mg/l, l'eau transporté et filtrée sont conforment à savoir 300 mg/ l et 360mg/l.

Les valeurs élevées de la dureté des eaux peut expliquer par la nature lithologique de la formation aquifère de la zone étudiée (Ghazali et al., 2013), les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de  $\text{CaCO}_3$  (Rodier et al., 2005).

A travers les résultats de (Hamchaoui, 2017), on peut dire que l'eau de robinet des communes de la vallée du Souf est considérée comme étant de qualité médiocre. Elle peut provoquer un dessèchement de la peau et des dépôts de calcaire dans les conduites. Ces dépôts sont indésirables parce qu'ils diminuent l'efficacité des systèmes de tuyauterie. Cela peut encore provoquer une diminution de l'efficacité des savons et détergents. Donc cette eau est inacceptable pour la plupart des usages domestiques.

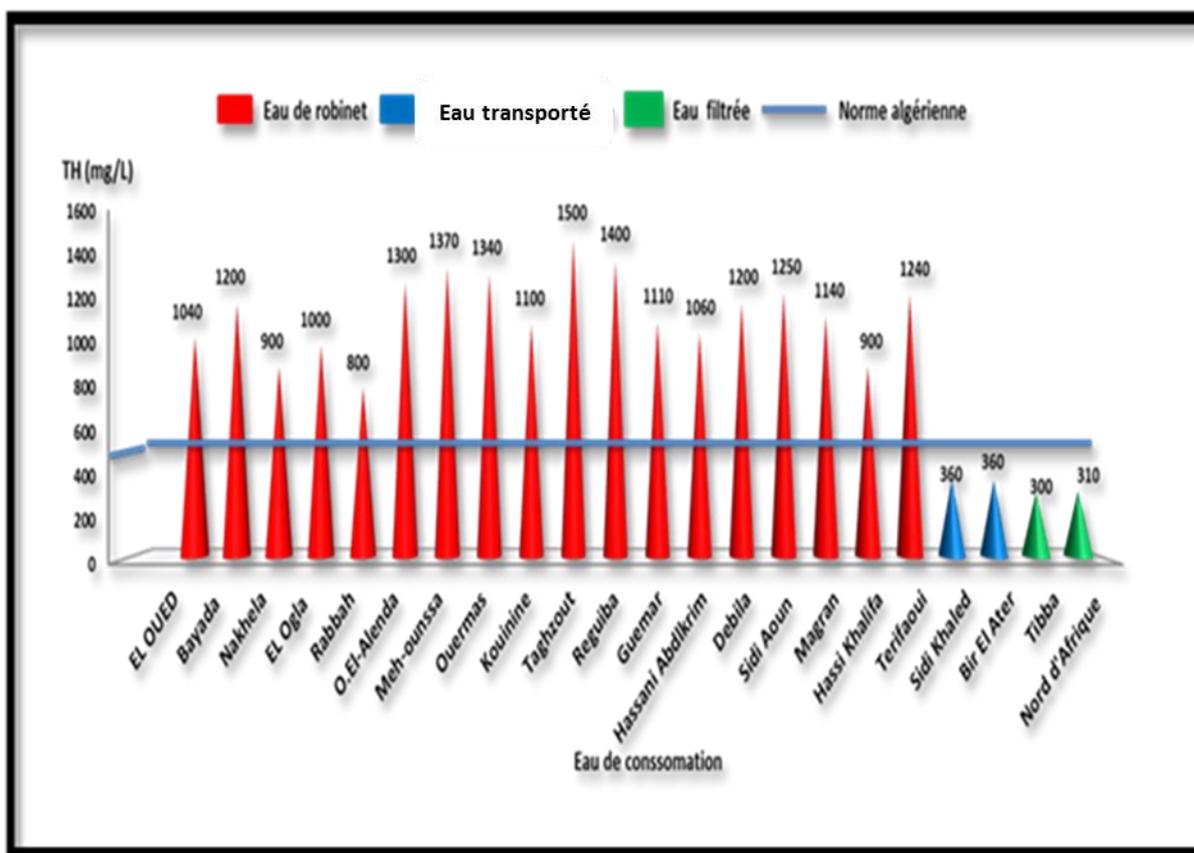


Figure 15: La dureté totale des eaux de consommation

## 1.6. Le calcium

Les teneurs en calcium de l'eau de robinet des communes de la vallée du Souf sont toutes supérieures (de 200,4 à 690mg/l) à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales (tableau 6) pour l'eau potable (Figure 16). Les eaux transporté naturelle et filtrée a révélé des quantités normales du calcium allant de 56,11 à 100,2 mg/l.

Ces fortes concentrations du calcium dans l'eau de robinet témoignent des passages de calcaire qui libère les ions sous l'action de la circulation des eaux souterraines (**Boualla et al., 2011**), les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de inconvénient sérieux pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (**Khelili et al., 2015**).

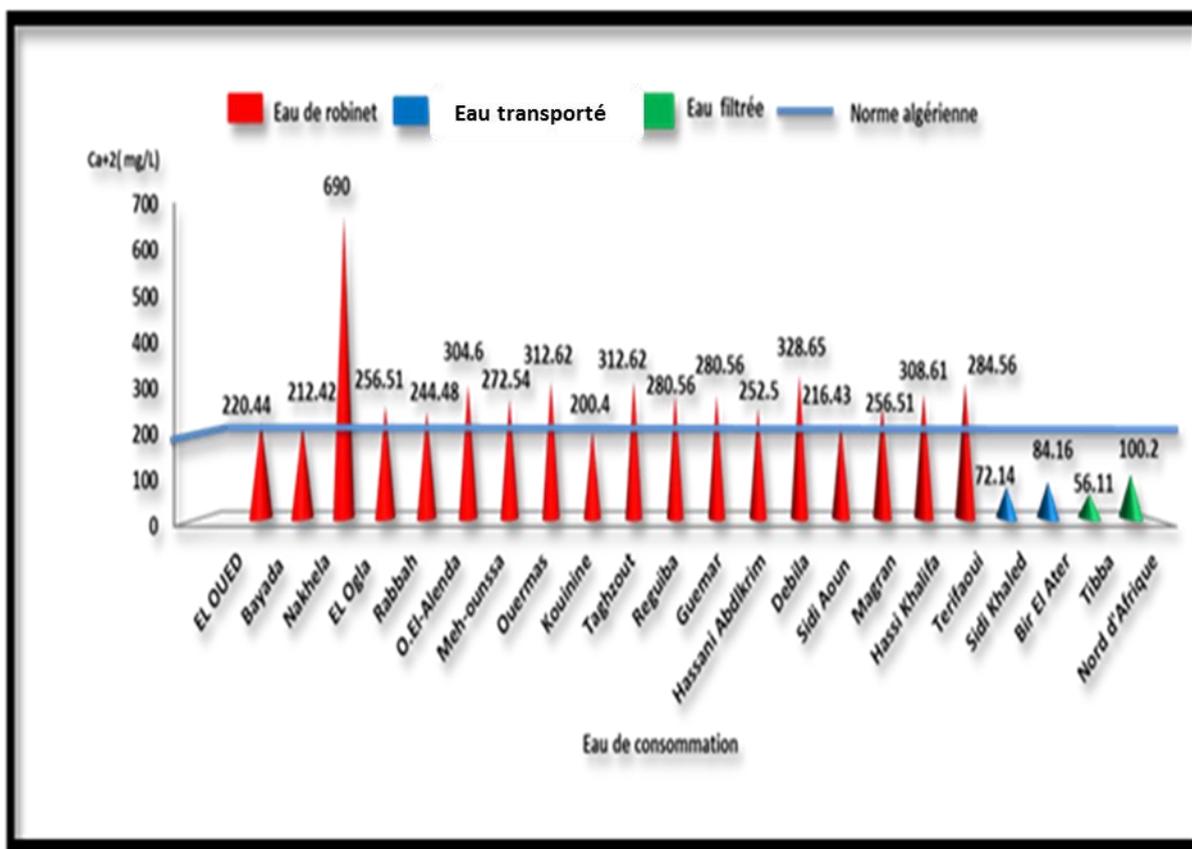


Figure 16: Le calcium des eaux de consommation

### 1.7. Le chlorure

L'analyse des eaux de robinet de la vallée du Souf a révélé des quantités élevées des chlorures allant de 631,06 à 1127,4 mg/l (Figure 17), ces valeurs sont supérieures à la norme algérienne (tableau 6) alors que celle eau transporté et filtrée renferme des teneurs en Cl<sup>-</sup> acceptables allant de 63,81 à 205,62 mg/l.

Pour **Rodier et al. (2009)**, les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

Suivant l'étude réalisée par (**Hamchaoui, 2017**), une concentration supérieure à 500 mg/L de chlorures dans l'eau de robinet est altère la saveur de l'eau, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau.

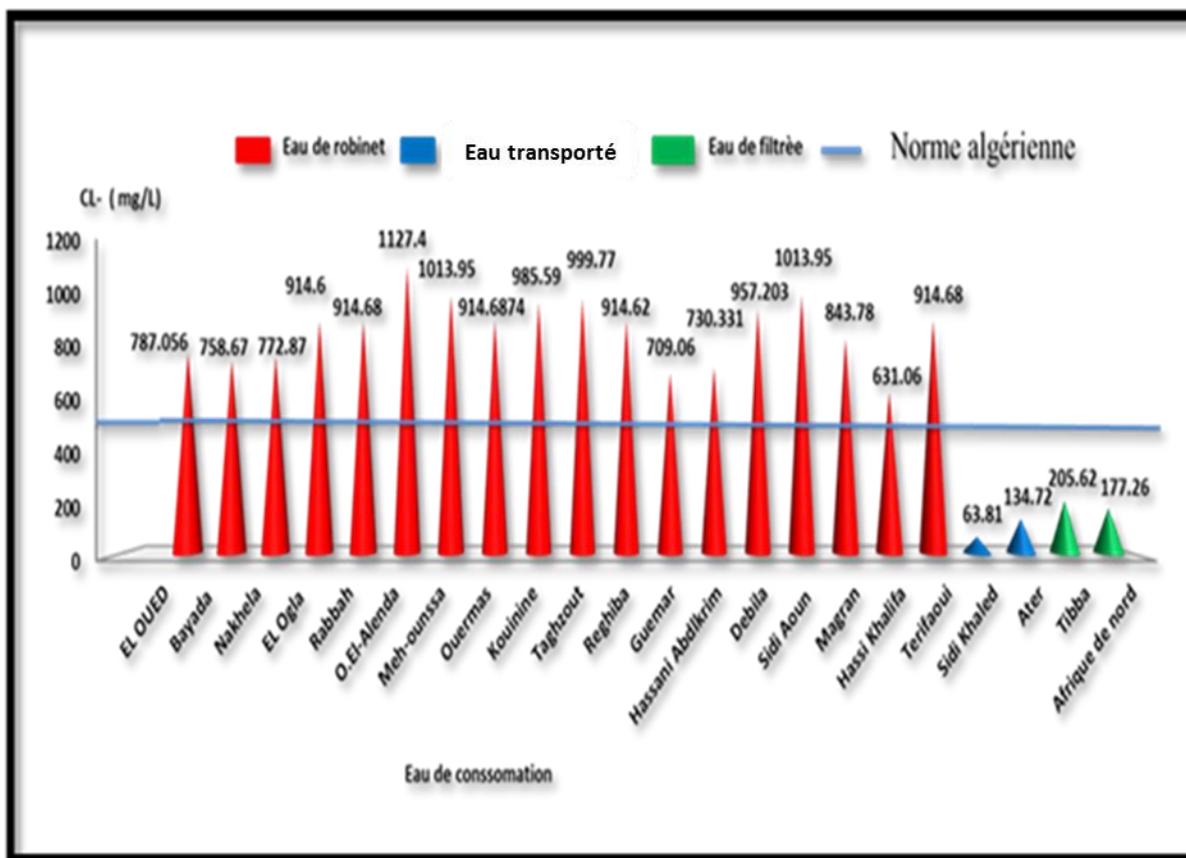


Figure 17: Les chlorures des eaux de consommation

**1-8-Le nitrate:**

Les résultats de notre étude (Figure 18) ont révélé que toutes les teneurs en nitrates des eaux analysées sont dans les normes (tableau 6) dans la mesure où les valeurs obtenues varient entre 39,42 et 11,17mg/l.

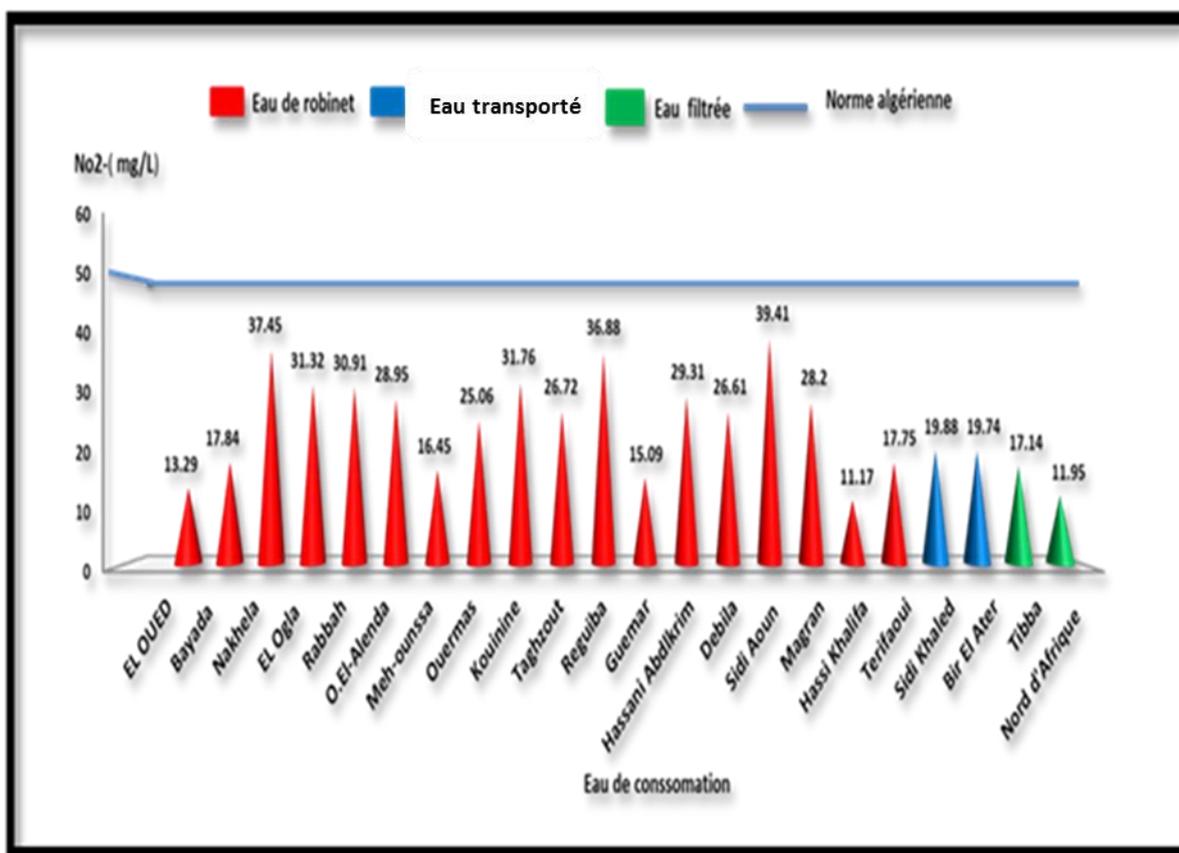


Figure 18: Les nitrates des eaux de consommation

### 1.9. Le magnésium

L'analyse des teneurs en magnésium montre que pour les eaux de robinet des communes suivantes; Meh Ouensa, Kouinine, Taghzout, Reguiba et Sidi Aoun, présentent des concentrations comprises entre 167,70 et 266,13 mg/L (figure 19) qui sont largement supérieures à la valeur limite maximale de l'Algérie qui est de 150 mg/L confirmer(tableau 6).

Cependant, contrairement à ce que pensent les populations, l'eau de robinet des autres communes et l'eau transporté et filtrée présentent des teneurs en nitrates partout inférieures à 120mg/L (figure 19)et donc conformes aux recommandations de l'Algérie (tableau 6).

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg<sup>++</sup> (Dib, 2009).

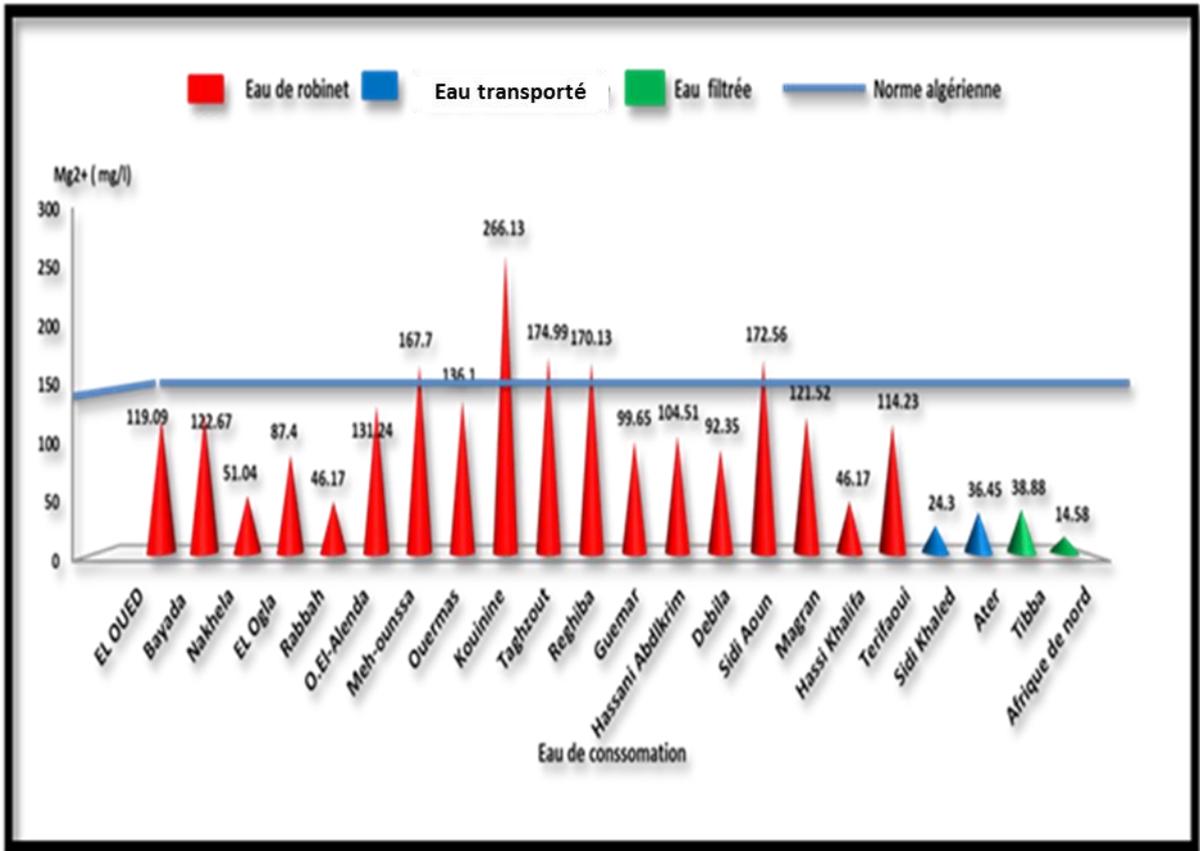
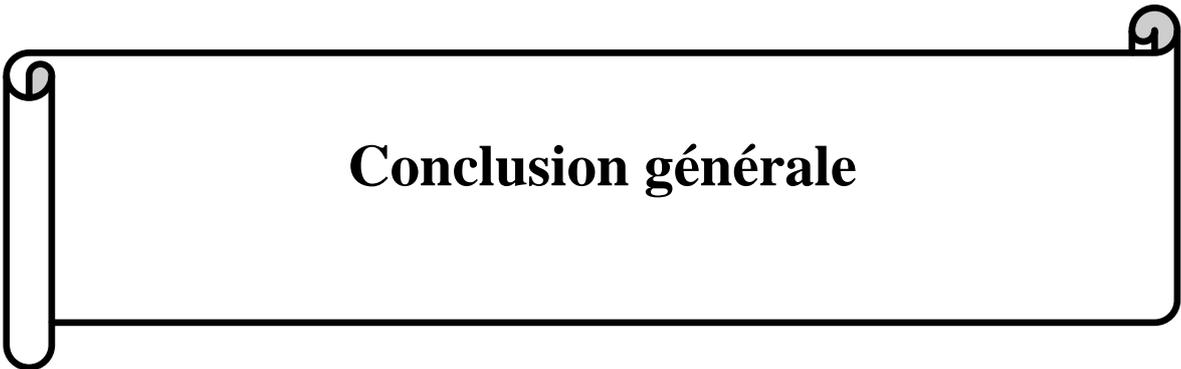


Figure 19: Le magnésium des eaux de consommation



**Conclusion générale**

### Conclusion générale

La vallée du Souf est située dans le Sahara septentrional algérien possède d'énormes réserves d'eau souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable.

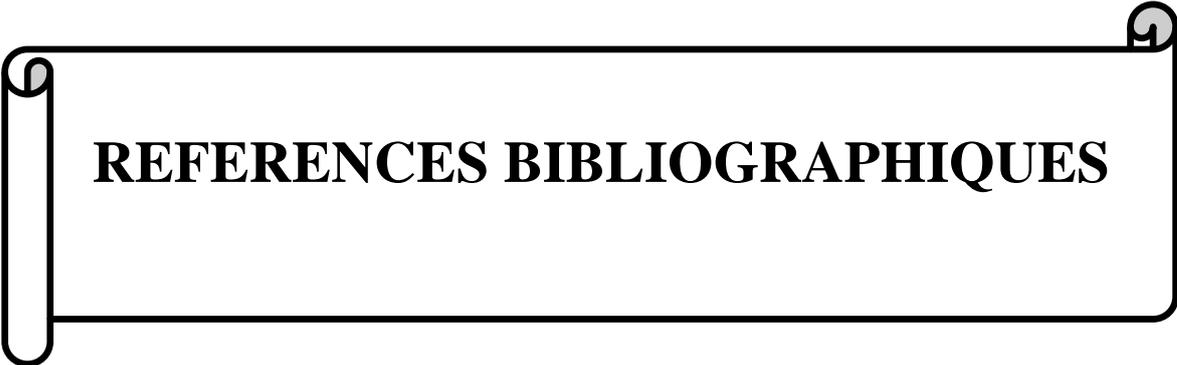
Cette étude a concerné les deux principales sources d'eau de consommation dans la vallée du Souf, le robinet et la citerne, en terme de qualité physicochimique. La qualité physicochimique se détermine par la mesure de la température, le pH, la CE, la turbidité, la dureté totale, le calcium, le chlorure, les nitrates et le magnésium.

Il en ressort de cette étude que :

Dans les résultats obtenus, la moitié des paramètres physico-chimiques analysés; la conductivité électrique, le chlorure, la dureté totale et le calcium; sont non conformes à la réglementation nationale en matière de potabilité pour les eaux de robinet. Alors que celle de l'eau transportée et filtrée renferme des teneurs acceptables pour tous les paramètres physico-chimiques.

Donc, les eaux de la vallée du Souf peuvent être classées comme bonnes à consommer pour l'eau de citerne soit filtrée ou transportée et inacceptable pour l'eau de robinet. Il serait souhaitable de mener régulièrement ce type d'études basées sur l'évaluation physicochimique mais tout en les consolidant avec des analyses du fluor et les autres paramètres indésirables comme le fer.

En conséquence, il est nécessaire de rechercher par un bon traitement de l'eau du robinet avant de sa distribution à la population, afin de diminuer les taux élevés de certains éléments.



**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). (2000)** : Note relative à la remontée des eaux dans la vallée du Souf. Ministère des ressources en eau, Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud-Ouargla.
2. **Ahonon, S. (2011)**. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique deseaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du Canton de lavie. Master international en environnement eau et santé, Université de Lome, TOGO.
3. **Algèrienne des eaux (ADE). (2017)**.
4. **Alouane, H. (2012)**. Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux,captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister en Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri, Constantine
5. **Archibald, F. (2000)**. The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern, Water Qual Res J. Canada.
6. **Ayad, W. (2017)**. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda). Thèse de doctorat en microbiologie appliquée, Université d'Annaba, Skikda.
7. **Barhoumi-Andreani, Y., Guaudremeau, J., Gerbe, B., Khamsing, F., Rabatel Y. (2004)**. Eau ressources et menaces.
8. **Bartherlin, J., Cheru, L. (1999)**. Origine des éléments indésirables ou toxiques dans les eaux souterraines.
9. **Beaudoin, B. (2012)**. Problématique éco toxicologique actualisée des fluorures dans les eaux municipales, Centre universitaire de formation en environnement, Québec, Canada.
10. **Belhadj, M. ( 2017 )**. Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la wilaya de Skikda, Thèse doctorat en sciences hydraulique .université Mohamed Khider- Biskra.
11. **Benamar, N., Mouadih, N., Benamar, A. (2011)**. Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff, Colloque

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

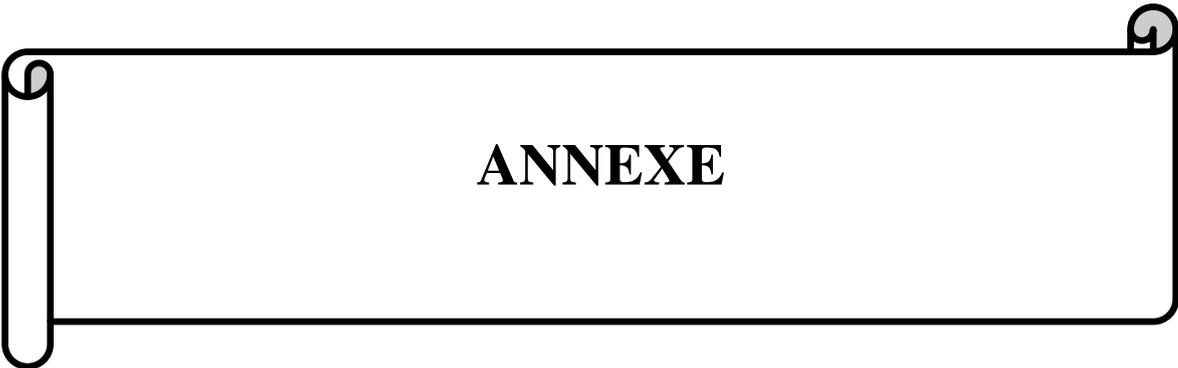
- international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services, Université de Provence, Marseille.
12. **Berne, F., et Cordonnier, J. (1991).** Traitement des eaux. Edition Tec.
  13. **Boeglin J.C. (2009).** Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement.
  14. **Bohy, M. (2003).** Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlorés en aquifère alluvial, Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique, Thèse de Doctorat en hydraulique, Université Louis Pasteur de Strasbourg.
  15. **Bouziani, M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun.
  16. **Cantor, K.P., (1997).** Drinking water and cancer, Cancer causes and control.
  17. **Chaker, H. K., Slimani, A. (2014).** Evaluation de la qualité physico chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi, Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie.
  18. **Chevalier, P. (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec.
  19. **Conant, J. (2005).** De l'eau pour la vie : La garantie de la sécurité de l'eau pour les communautés, La Fondation Hesperian en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour le développement, Berkeley, Californie.
  20. **Côte, M. (1998).** Des oasis malades de trop d'eau. Revu Sécheresse n°2. Vol.
  21. **Demdoun, A. (2010).** Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'el Eulma, Doctorat d'état, Faculté des Sciences de la Terre, Université Mentouri Constantine.
  22. **Desjardins, R. (1997).** Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, Québec, Canada.
  23. **Dezert, B. (1976).** L'utilisation des eaux continentales dans les pays en voie de développement.
  24. **Dib, I. (2009).** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de

- magister en hydraulique, construction hydrotechnique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna.
- 25. direction de la programmation et du suivi budgétaires (D,P,S,B). (2017).** Monographie.
- Drouiche, A. (2014).** impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la vallée du Souf sud-est algérien thèse de doctorat en géologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba.
- 26. Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J., Allen, M.J., (2000).** *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection, Journal of Applied Microbiology.
- 27. Fouatih, Z.A., Benzine, F. Z., Mokhtari, L. (2007).** La restriction en eau potable dans une grande ville d'Algérie : Oran, Pré-actes des JSIRAUF, Hanoi.
- 28. Gaujour, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire. 2ème édition Lavoisier
- 29. Ghazali, D.1., Zaid, A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES – MAROC), Larhyss Journal, N° 12, Janvier 2013.
- 30. Guidoum, M. (2015).** cancer de la thyroïde et environnement, Thèse du Diplôme de DOCTORAT 3ème CYCLE En Biologie sur THEME: Biodiversité génétique, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- 31. Hamchaoui, S. (2017),** intégration de l'aléa pluviométrique dense le cadre d'une gestion durable du service de l'eau potable, thèse doctorat en sciences ,Université Batna 2, Batna.
- 32. Hartemann, P. (2004).** Contamination des eaux en milieu professionnel, EMC Toxicologie Pathologie, Elsevier.
- 33. Henri, L. (2012).** L'eau Potable, Édition réimprimée.
- 34. Hillisse, Y. (2007).** Encyclopédie des plantes de la région d'Oued Souf Ed. El-Walid, El Oued.
- 35. Houerou, N. (1995).** Bioclimatologie et biogéographique des steppes arides du Nord de l'Afrique "diversité biologique développement durable et désertisation options méditerranéennes, Montpellier.

36. **ISO. ( 1999)**. Qualité de l'eau , Détermination de la turbidité ISO 7027.
37. **ISO. (1984)**. Qualité de l'eau , Dosage du calcium – Méthode titrimétrique à l'EDTA. ISO 6058.
38. **ISO. (1984)**. Qualité de l'eau, Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrie à l'EDTA. ISO 6059.
39. **ISO. (1985)**. Qualité de l'eau, Détermination de la conductivité électrique. ISO 7888.
40. **ISO. (2003)**. Qualité de l'eau, Dosage de chlorures, Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr). ISO 9297.
41. **ISO. (2008)**. Qualité de l'eau, Détermination du pH. ISO 10523.
42. **Journal Officiel de la République Algérienne [JORA]. (2011)**. qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers, Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie.
43. **Journal Officiel de la République Algérienne [JORA]. (2014)**. qualité de l'eau de consommation humaine, Bir Morad rais, Alger, Algérie.
44. **Journal Officiel de la République FRANÇAISE [JORF]. (2007)**. Qualité de l'eau de consommation.
45. **Kemmer, F. ( 1984)**. Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation.
46. **Khechana, S. ( 2014 )**. Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien), Thèse Doctorat en Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba.
47. **Khelili, R. Lazali, .D.(2015)**: Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).
48. **Kirkpatrick, k., Fleming, E . (2008)**. La qualité de l'eau, ROSS TECH.
49. **Laferriere, M. Nadeau, A., Malenfant, G. (1995)**. La contamination par les nitrates :Prévention des risques à la santé.
50. **Lanteigne J., (2003)**. Encyclopédie de l'agora.
51. **Laurence, M. (2003)**. Réduire le plomb dans l'eau de robinet : enjeux, réglementation, actions, Direction de l'eau, Direction générale de la santé,
52. **Louise, S.(2014)** .la gestion durable de l'eau Imprimè en France.
53. **Luna B. et Kenneth S., (1972)**. l'eau. edition: time-life.

54. **NEZLI N.; CHABBI M., (2018)**
55. **Margat J. (1992).** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective, Edition Harmattan.
56. **Molinie, L. (2009).** Dispositifs rustiques d'alimentation et de Traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées, Agro Paris Tech, Montpellier, Cedex 4.
57. **Morris R.D. (1995).** Drinking water and cancer, Environmental Health Perspectives.
58. **Myrand, D. (2008).** Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec.
59. **Nabih, Z. (2013).** Apport de la chimie pour l'analyse l'interprétation de quelques paramètres physicochimiques influençant la répartition des métaux lourds des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'oued de Bourge.
60. **Nadjah, A. (1971).** Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger.
61. **Odoulami, L. (2009)** .La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou ,thèse doctorat en géographie et gestion de l'environnement, université d'Abomey-Calavi , Bénin.
62. **Office National de l'Assainissement (ONA). (2004)** .Etudes d'assainissement des eaux.
63. **OMS. (1994).** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 202 p..
64. **OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition.
65. **OMS. (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, climatologie médicale, France.
66. **Rabiet, M. (2006).** Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen apport des éléments majeurs, traces et terres rares, Thèse de Doctorat en microbiologie, Université Montpellier, Kaid.
67. **Rodier, J. (1984).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer). Dunod Edition, Paris, France.
68. **Rodier, J.(1978).** L'analyse de l'eau ,eaux naturelles, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition: Dunod, Paris.

69. **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., et al. (2005).** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition Dunod, Paris.
70. **Rodier, J., Legube, B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer 9<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris.
71. **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., et al. (1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer. 6<sup>ème</sup> édition Dunod, Paris.
72. **Rouissat b. (2010).** la gestion des ressources en eau en algérie, situation, défis et apport de l'approche systémique. revue de l'économie et le management, 10, université de Tlemcen, Algérie.
73. **SASS, (2003).** Système aquifère du Sahara septentrional, une conscience de bassin , 2<sup>ème</sup> édition .hydrogéologie.
74. **Savary, P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron.
75. **Sedrati, N. (2011).** Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien, thèse de doctorat en géologie, Hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba.
76. **Service de l'Eau (SEVESC). (2013).** Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud.
77. **Service de l'eau. (2011).** service de l'eau en algérie faire du droit à l'eau une réalité pour tous, communication à la consultation des acteurs étatiques sur les bonnes pratique dans les domaines de l'eau et de l'assainissement, genève.
78. **UNESCO (1972).** Projet REG. 100. Algérie-Tunisie. (ERESS) Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport sur les résultats du projet. Conclusion et recommandations.
79. **VOISIN, A.( 2004)** .Le Souf. Ed. El Walid Algérie.



**ANNEXE**

**ANNEXE 1**

**. LES DONNEES CLIMATIQUES**

**Tableau 1:** Valeurs des températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région du Souf durant l'année 2008-2017

Mois		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2017	M	16.1	21.2	24.6	27.2	34.6	47	40.7	40.7	34.5	28.4	21.5	17.1
	m	3.7	8.7	11.3	14.9	21.2	28.5	27	26.4	21.3	16.1	7.8	5.5
	(M+m)/2	9.9	14.9	17.9	21.0	27.9	37.7	33.8	33.5	27.9	22.25	15.7	11.3
2008-2017	M	18.0	19,8	23.9	28.9	33,6	38.3	41.9	40,9	36.0	30.4	23.3	18.4
	m	5,3	6.4	10,2	14,7	19,1	23.5	26,9	26,7	23	17,4	10.5	5.9
	(M+m)/2	11,6	13,1	17,1	21.8	26.3	30.9	34.4	33,8	29,5	23,9	16.9	12,2

**Tableau 2 :** Précipitations de la région du Souf durant l'année ( 2008-2017)

	Mois Années	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
		P	2017	0	0	10.67	41.15	0	0	0	0	28.19	7.62	39.12
2008-2017	13.4		4.6	8.53	11.27	1.13	0.57	0,18	1,58	9,45	4.11	5.72	2.12	61.66

