

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Sciences de l'ingénierat

Département : Hydraulique

Domaine : Sciences et technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique urbaine/Ressources hydrauliques

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DES  
SOURCES D'EAU SOUTERRAINE DE LA WILAYA D'EL  
TAREF (NORD-EST ALGERIEN).**

Présenté par : *TRIDI CHAIMA*

*FAR MANEL*

Encadrant : *DJEDAOUNE AMEL*

*M.C.B*

*U. Annaba*

**Jury de Soutenance :**

Hammar Yahia	Pr.	Université Annaba	Président
Djedaoune Amel	M.C.B	Université Annaba	Encadrant
Kherfane Wahida	M.C.B	Université Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2019/2020

## *Remerciement*

*Je tiens à remercier avant tout « ALLAH » notre dieu le tout puissant, qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier notre promotrice Mme DJEDAOUNE Amel, qui nous a proposé ce travail et a accepté de nous encadrer. Son avis et ses remarques, ses critiques et ses qualités humaines apportées tout au long de ce travail nous ont été précieuses. Encore une fois merci beaucoup.*

*Tout notre respect et nos remerciements vont vers les membres du jury Mme KHERFENE Wahida et Mr HAMAR Yahia qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leurs attentes.*

*Nos vifs remerciements à tous les enseignants du département d'Hydraulique.*

*Nous exprimons nos respectueux remerciements à Mr KHANOUCHE Hamide responsable du laboratoire de l'ADE pour nous avoir accueillis dans son laboratoire, ainsi qu'à Mme MERDAS Salha, chef du laboratoire, pour la réalisation des analyses d'eaux. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre vive reconnaissance pour l'aide permanente qu'ils nous ont apportée.*

*Une grande gratitude à nos chers parents qui nous soutenu, encouragé et épaulé tout au long de nos années d'études. Nous leurs témoignons notre affection et remerciements les plus sincères.*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution à ce travail. On leur exprime ici notre reconnaissance et gratitude.*

# Dédicace

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...  
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance...*

*Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers et respectueux parents, ma mère **MOUNA** et mon père **FAYÇAL** : aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

*A mon cher et unique frère **MOUHAMED ZAKARIA** et mes adorables sœurs **ZINEB** et **AMANI**: tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*A mes chers grands parents paternels **MALIKA** et **TAHER** que le dieu les garde en paix dans son paradis*

*A mes chers grands parents maternels **FATIHA** et **RABEH** que le dieu les garde avec une bonne santé.*

*A mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses  
A mes chers cousins et cousines : Veuillez trouver dans ce  
travail l'expression de mon respect le plus profond et mon  
affection la plus sincère.*

*A mes amis de toujours: SELSABIL, KHOULOUD, RANIA.T  
MOUNA, KHAWLA, ACHWAK, RANIA.O, MARWA,  
HADJER, MOUFIDA, AMIRA..., et mes meilleurs collègues  
OULFA et IMENE, sans oublier ma binôme MANEL : En  
souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments  
agréables que nous avons passés ensemble, je vous remercie  
énormément pour votre soutien et de beaux souvenirs qui  
ne seront pas oubliés.*

*A mon cher entraîneur YACOUB : vous avez toujours été  
comme mon grand frère, merci énormément pour votre  
soutien moral et vos précieux conseils qui m'ont encouragé à  
terminer ce travail.*

*A tous mes autres amis et tous que ceux que j'aime et ceux  
qui m'aiment.*

**CHAIMA TRIDI**

# **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs  
Années d'étude :*

*A mes chers et respectueux parents, ma mère **AKILA** et  
mon père **AHMED** en récompense de leurs sacrifices,  
patience, leur amour, leur soutien leur clairvoyance qui  
m'a servi et me servirait tout au long de ma vie*

*A mes frères **ISLEM** et **MOUATEZ** et ma sœur **ILHEM** pour  
ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout a long de  
mes études*

*A mes chers grands parents : **RIM** qui je souhaite une bonne  
santé et **LAZHER** que le dieu le garde en paix dans son  
paradis*

*A ma binôme **CHAIMA** pour sa entente et sa Sympathie*

*A mon cher fiancé **FARES** qui m'a aide et supporté dans les  
moments difficiles*

*A mes chères amies **KHAWLA** et **NOURHENE** pour leurs  
aides et supports dans les moments difficiles*

*A toute la famille **FAR** et **BOUTERAA***

*A tous mes autres amies et tous que ceux que j'aime et ceux  
qui m'aiment.*

**MANEL FAR**

## SOMMAIRE

### Résumé

### Introduction générale

### Chapitre I : Recherche bibliographique

1. Définition de l'eau.....	1
2. L'eau sous toutes ses formes.....	1
3. Le cycle hydrologique.....	2
4. Propriétés physico _ chimique de l'eau.....	3
A. L'eau est un solvant.....	3
B .Propriétés chimiques de l'eau .....	3
C. Propriétés biologique de l'eau.....	4
5. l'eau potable.....	4
6. Eau du robinet .....	4
7. La classification des eaux.....	4
7.1 Eaux naturelles .....	5
7.1.1. Eaux de surface .....	5
7.1.2. Eaux des mers et océans.....	5
7.1.3. Eaux souterraines .....	5
7.1.3.1Qualité de l'eau souterraine.....	5
7.1.3.2. Les différents types d'eaux souterraines.....	6
a. L'eau de constitution .....	6
b. L'eau de rétention .....	6
c. L'eau libre.....	7
7.1.3.3. Les différents types de nappes.....	7
7.2. Eaux de consommation.....	8
7.3 Eaux industrielles.....	9
7.4 Eaux usées.....	9
a. Eaux résiduaires urbaines.....	9
b. Eaux résiduaires industrielles (ERI).....	10
8. Usage de l'eau et exigences.....	10
8.1. L'eau domestique .....	11
8.2. L'eau dans l'industrie .....	11
8.3. L'eau indispensable a l'agriculture.....	11

8.4. L'aquaculture .....	11
8.5. L'eau pour d'énergie.....	12
9. Qualité de l'eau.....	12
9.1. Qualité organoleptique .....	12
9.1.1. Couleur.....	12
9.1.2. Odeur .....	12
9.1.3. Goût et saveur.....	13
9.2. Qualité physico-chimique.....	13
9.2.1. Qualité physique.....	13
9.2.1.1. La température (T).....	13
9.2.1.2. Potentiel hydrogène .....	14
9.2.1.3. La conductivité électrique.....	15
9.2.1.4. La turbidité.....	16
9.2.1.5. Salinité.....	18
9.2.2. Qualité chimique.....	18
9.2.2.1. Chlorures (Cl-) .....	18
9.2.2.2. Dureté totale (TH).....	19
9.2.2.3. Titre alcalimétrique (TA).....	19
9.2.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	19
9.2.2.5. Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	19
9.2.2.6. Calcium (Ca <sup>2+</sup> ).....	20
10. L'importance des valeurs de l'OMS.....	20
11. Eau de sources.....	21
11.1. Définition.....	21
11.2. Classification des sources.....	21
11.3. Les sources dans le monde.....	22
11.4. Les ressources hydrauliques en Algérie.....	23
<b>Chapitre II: Cadre général de la zone d'étude</b>	
1. Situation géographique d'El-Taref.....	26
2. La situation géographique du massif dunaire de Boutheldja.....	26
3. Aperçu géologique.....	27
4. Géologie des dunes.....	29
5. Caractéristiques géomorphologiques.....	29
5.1-Le complexe alluvial de la vallée de l'oued El Kébir Est.....	29

5.2- Les marécages et les lacs.....	29
5.3. Les oueds.....	30
5.4. Les montagnes.....	30
5.5. Les collines.....	30
6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Taref .....	31
7. Les sources étudiées.....	32
7.1. Source de Bouglez.....	32
7.1. La source de Bourdime.....	33
7.3. La source de Melloul.....	33
7.4. La source de Bergougaya.....	34
7.5. La source de Ben Gara.....	34

### **Chapitre III : Hydroclimatologie**

Introduction.....	35
I. Station de mesure.....	35
II. Facteurs climatiques.....	35
1. Températures (T).....	35
2. Températures moyennes mensuelles (TMM).....	36
3. L'humidité relative de l'aire: (Station des Salines).....	37
4. La vitesse des vents: (Station des Salines).....	37
5. Précipitations (P).....	38
6. Précipitations moyennes mensuelles (PMM).....	38
7. Caractéristiques climatiques d'aridité.....	39
8. Coefficient pluviométrique (H).....	40
III. Conclusion.....	41

### **Chapitre VI : Matériel et méthode**

I. Mode d'échantillonnage et acquisition des données.....	42
II. Etudes des paramètres physico-chimiques.....	43
1. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	43
2. La température (T).....	44
3. La conductivité électrique.....	44
4. Salinité.....	45
5. TDS (Totale Dissolve Solide).....	46
6. La turbidité.....	46
7. Le calcium Ca.....	47

8. Magnésium.....	48
9. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	49
<b>III. Étude des débits des sources étudiées.....</b>	<b>50</b>
1 .Les débits des sources de Bouglez et Bourdim.....	50
2. Le débit de la source de Melloul .....	51
3. Le débit de la source de Bergougaya .....	51
4. Le débit de la source de Ben Gara.....	52
5. Représentation des débits des sources.....	52
<b>IV. Indice de variabilité des sources R.....</b>	<b>53</b>
Conclusion.....	54
Conclusion générale .....	55
Référence.....	56

## Liste des Figures

Figure.1: La molécule d'eau.....	1
Figure.2: Le cycle hydrologique.....	2
Figure.3 :L'eau de constitution.....	6
Figure.4 : L'eau de rétention.....	7
Figure.5 : Nappe libre.....	7
Figure.6 : Nappe captive.....	8
Figure.7:Thermomètre électronique.....	14
Figure.8: Le PH-mètre.....	15
Figure.9: conductimètre.....	16
Figure.10: Turbidimètre.....	17
Figure.11: Appareil de mesure la salinité.....	18
Figure.12:La source de Zamzam.....	22
Figure.13:La source d'Évian.....	22
Figure.14:La fontaine de Vaucluse .....	23
Figure.15: La source de Youkous.....	24
Figure.16:La source de Righia.....	24
Figure.17:La source d'eau de Lalla Khadija.....	25
Figure.18:Situation géographique d'El-Taref .....	26
Figure.19: Situation géographique du massif dunaire de Bouthelja.....	27
Figure.20: Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien.....	28
Figure.21:Coupe géologique schématique dans le massif dunaire de Bouthelja.....	29
Figure.22:Carte des unités morphologiques dans la wilaya d'EL Taref.....	30
Figure.23:Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Taref.....	31
Figure.24:Situation géographique des cinq sources étudiées.....	32
Figure.25:La source Bouglez.....	32
Figure.26:La source Bourdim.....	33
Figure.27: La source de Melloul .....	33
Figure.28: La source de Bergougaya .....	34
Figure.29: La source de Ben Gara .....	34
Figure.30: Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/2006).....	36

Figure.31:Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/06).....	39
Figure.32:Laboratoire central des eaux d'Al-Taref.....	43
Figure.33:Évolution du pH (Potentiel Hydrogène).....	43
Figure.34:Évolution de la température.....	44
Figure.35:Évolution de la conductivité électrique.....	44
Figure.36:Évolution de la Salinité.....	45
Figure.37:Évolution du TDS.....	46
Figure.38: Évolution de la turbidité.....	46
Figure.39:Évolution du calcium.....	47
Figure.40:Évolution du Magnésium.....	48
Figure.41:Évolution du TAC.....	49
Figure.42: Schéma d'AEP commune de Bouteldja.....	50
Figure.43: Schéma d'AEP Souarekh.....	51
Figure.44: Représentation des débits des sources étudiées .....	52
Figure.45: La variation de l'indice de variabilité R.....	54

## Liste des Tableaux

Tableau.1 Classes de turbidités usuelles (NTU).....	17
Tableau.2 Les stations et leur période d'observation .....	35
Tableau.3 Les coordonnées géographiques .....	35
Tableau.4 Températures moyennes mensuelles en °C .....	36
Tableau.5 Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de l'humidité relative de l'aire à la station des Salines en % (1975/2005) .....	37
Tableau.6 Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station des Salines en m/s (1975/2005).....	37
Tableau.7 Précipitations moyennes mensuelles en mm (1979/2006).....	38
Tableau.8 Indice d'aridité annuelle .....	40
Tableau.9 Coefficient pluviométrique des stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/2006).....	41
Tableau.10: Potabilité des eaux des sources d'El Taref .....	50
Tableau.11 Mesures de débit de Source Bergougaya .....	52
Tableau.12 Mesures de débit de Source Ben Gara .....	52
Tableau.13 Variation de l'indice de variabilité R .....	53

### Résumé :

Les ressources en eau souterraine présentent un important potentiel hydrique pour l'alimentation en eau potable des agglomérations. Considérées comme vulnérable elle est directement affectée par l'accroissement repéré de la population implanté à proximité.

Dans ce contexte nous avons établis ce travail qui base sur l'étude de la qualité de cinq sources (Bordim, Bouglez, Melloul, Bergougaya et Ben Gara) situées dans le Nord-est Algérien (la wilaya d'El Taref) sur la base d'une série d'analyse physico-chimique (Ph, T°, la conductivité, la salinité, taux des sels, calcium, magnésium, la turbidité et le titre alcalimétrique complet) qui ont été effectuées au sein du laboratoire central des eaux à Bouthelja, durant les trois mois (décembre, Janvier et Février).

L'analyse spatiotemporelle des résultats des eaux des sources étudiées, a montré que ces eaux restent de bonne qualité physico chimique pour la consommation humaine.

Ainsi, la mesure des débits a montré la variation et l'importance de chaque source.

Mots clés : eaux de sources, qualité physico-chimique, débits, El Taref.

### Abstract:

Groundwater resources have significant water potential for supplying drinking water to urban areas. Considered as vulnerable, it is directly affected by the observed increase in the population located nearby.

In this context we have established this work which is based on the study of the quality of five sources (Bordim, Bouglez, Melloul, Bergougaya and Ben Gara) located in the North-East of Algeria (the wilaya of El Taref) on the basis of of a series of physico-chemical analyzes (Ph, T °, conductivity, salinity, level of salts, calcium, magnesium, turbidity and the complete alkalimetric strength) which were carried out in the central water laboratory at Bouthelja, during the three months (December, January and February).

The spatiotemporal analysis of the results of the waters from the sources studied showed that these waters remain of good physicochemical quality for human consumption. Ainst, the measurement of the flows showed the variation and the importance of each source were carried out within the central water laboratory

Key words: sping water, physico-chimical quality, debts, El Taref.

ملخص :

تمتلك موارد المياه الجوفية إمكانات مائية كبيرة لتزويد المناطق الحضرية بمياه الشرب. نظراً لكونه ضعيفاً، فإنه يتأثر بشكل مباشر بالزيادة الملحوظة في عدد السكان القريبين. في هذا السياق قمنا بتأسيس هذا العمل الذي يقوم على دراسة جودة خمسة مصادر (بورديم ، بوقلاز ، ملول ، برقواية و بن قارة) الواقعة في شمال شرق الجزائر (ولاية الطارف) على

أساس لسلسلة من التحليلات الفيزيائية والكيميائية ( درجة الحموضة ، درجة الحرارة ، التوصيل ، الملوحة ، مستوى الأملاح ، الكالسيوم ، المغنيسيوم ، التعكر والقوة القلوية الكاملة) والتي تم إجراؤها في مختبر المياه المركزي في بوتلجة خلال الأشهر الثلاثة (ديسمبر جانفي فيفري). أظهرت تحليل نتائج المياه من المصادر المدروسة أن هذه المياه لا تزال ذات جودة فيزيائية كيميائية جيدة. كما اظهر قياس التدفقات تباين و اهمية كل مصدر تم اجراؤه داخل المختبر الكيميائي. الكلمات المفتاحية: مياه اليباييع- الجودة الفيزيائية و الكيميائية- التدفقات- الطارف.

### **Introduction générale :**

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous, elle est donc prioritairement une exigence de santé.

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables.

Les eaux souterraines représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine et autre.

Une source est l'endroit où une eau sort naturellement de la terre, elle naît de la conjonction de facteurs topographiques et hydrogéologiques comme une meilleure perméabilité locale.

A l'instar de la plupart des régions du pays, la région extrême du Nord-est Algérien recèle une ressource très importante en eau souterraine et superficielle due essentiellement à la pluviométrie qui dépasse souvent 1000 mm/ h et qui est caractérisé par des grandes nappes d'eau souterraines à grande extension.

Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploiter pour la consommation humaine.

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail intitulé : Etude de la qualité physico-chimique des sources d'eau souterraine de la wilaya d'El Taref (Nord-est Algérien).

Qui vise à étudier la qualité physico-chimique des eaux des sources (Bourdim, Bouglez, Melloul, Ben Gara et Bergouraya) situées dans la zone Nord-est Algérien (la wilaya d'El Taref).

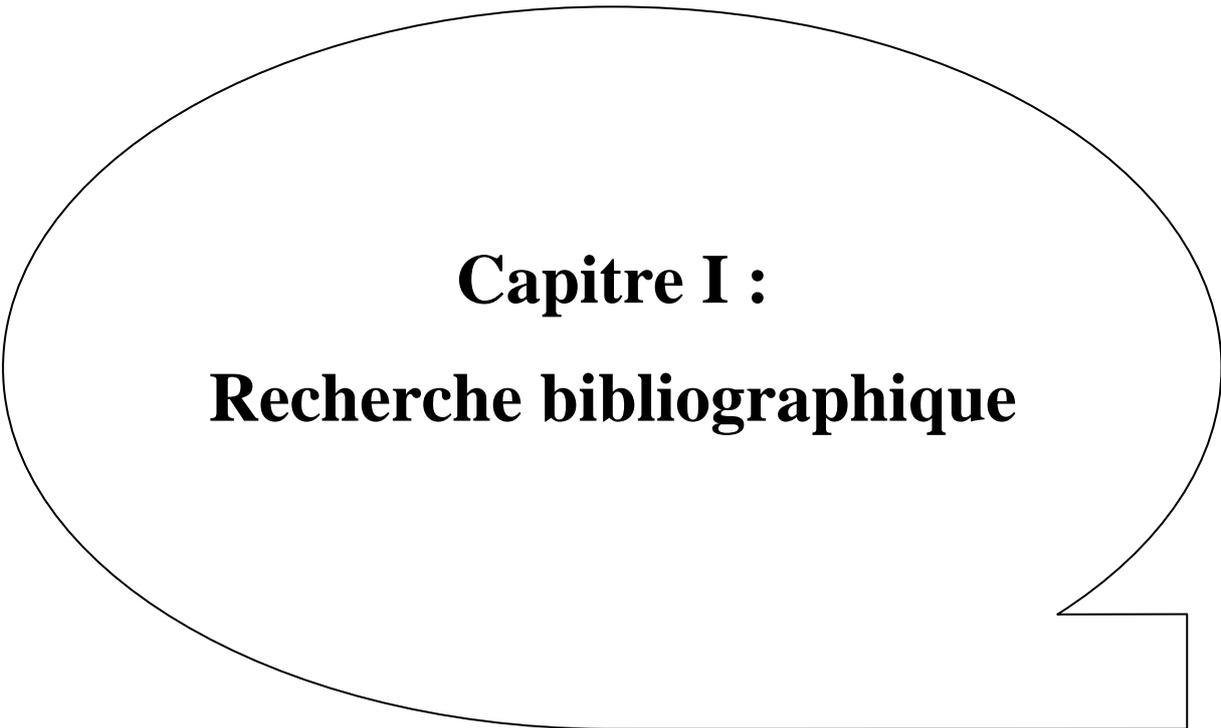
Notre travail s'articule sur les chapitres suivant :

Chapitre1 : Recherche bibliographique

Chapitre 2 : Cadre générale de la zone d'étude

Chapitre 3 :Hydroclimatologie

Chapitre 4 : Matériel et méthode

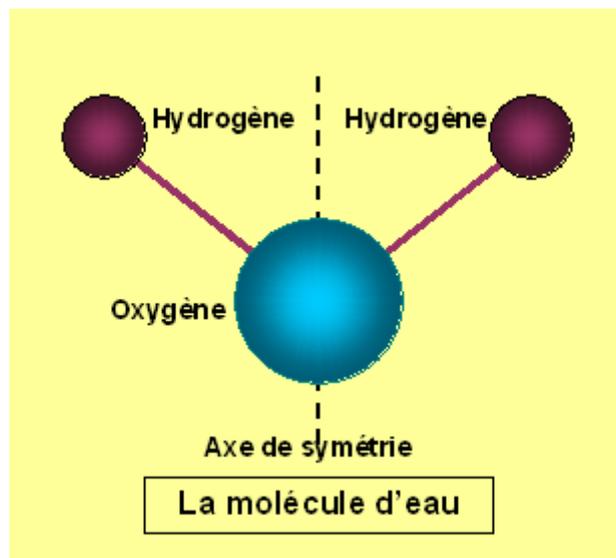


**Capitre I :**  
**Recherche bibliographique**

## 1. Définition de l'eau :

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. L'eau est gazeuse au-dessus de 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. C'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur terre, l'eau est quelque fois désigné sous le nom de « Solvant universel ».

L'eau, élément indispensable à la vie, est une part essentielle du patrimoine mondial, mais aussi essentielle aux activités humaines (Agricultures, industrielles, domestiques...). Une eau est dite potable ou eau de consommation quand elle satisfait un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine.



**Figure.1:** La molécule d'eau.

## 2. L'eau sous toutes ses formes :

L'eau recouvre 72 % de la surface du globe. Elle est un des éléments fondamentaux de notre planète.

Liquide, solide ou gazeuse, elle est présente partout autour de nous sous des formes très variées :

- les océans et les mers.
- les fleuves et les rivières qui s'enrichissent des eaux de pluie venant ruisseler sur la terre.
- les lacs et les plans d'eau, étendues d'eau douce immobiles.

- les nuages.
- les glaciers et la neige.
- les zones humides, comme les tourbières, les marécages et les landes humides.
- les eaux souterraines qui sont alimentées par les infiltrations d'eau de pluie et d'eau des rivières.
- la vapeur d'eau présente en permanence dans l'atmosphère.

### 3. Le cycle hydrologique :

Le mouvement de l'eau dans le sol et le sous sol représente une étape d'un grand circuit à la surface de la terre : le cycle global de l'eau.

Dans la dernière décennie, les techniques de recherche, d'exploitation et de protection ont beaucoup progressé et ont permis une meilleure compréhension des eaux souterraines et de leur intégration dans ce cycle.

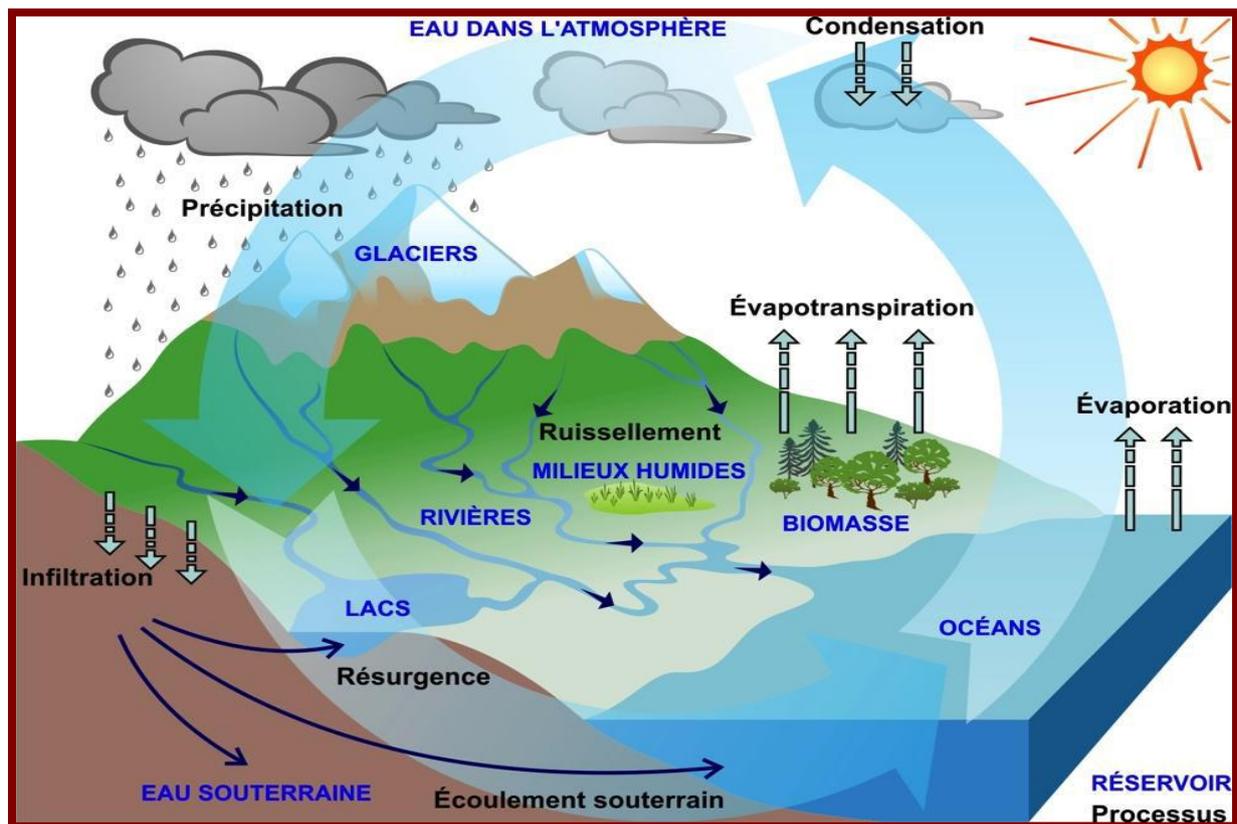


Figure.2: Le cycle hydrologique.

Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont respectivement :

- **Les précipitations** : eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et / ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...).
- **L'évaporation** : passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique.
- **L'évapotranspiration** : englobe les processus d'évaporation et de transpiration de la végétation
- **L'interception** : processus selon lequel la pluie (ou dans certains cas la neige) est retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol et une autre qui s'évapore.
- **Le ruissellement ou écoulement de surface** : mouvement de l'eau sur ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de subsurface), consécutif à une précipitation.
- **Le stockage dans les dépressions** : processus au cours duquel l'eau est retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant une averse.
- **L'infiltration** : mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol.
- **La percolation** : mouvement de l'eau en profondeur dans les sols faisant suite à l'infiltration.

#### 4. Propriétés physico \_ chimique de l'eau :

##### A. L'eau est un solvant :

L'eau est par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, un solvant polaire particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquide polaires, et surtout solides.

##### B. Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau est siège d'un grand nombre de réaction et d'équilibres chimiques. D'autre part, les molécules d'eau participent dans de nombreux cas à des réaction rendues possibles par la dissociation électrolytique consécutive à la dissolution.

### **C. Propriétés biologique de l'eau :**

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, au cours duquel s'effectue une série d'échange grâce de l'eau.

#### **5. l'eau potable :**

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Elle doit ainsi répondre à de nombreux critères pour permettre à chacun de boire une eau sans aucun risque pour la santé.

#### **6. Eau du robinet :**

62 % de l'eau du robinet provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs).

L'eau est prélevée par captage dans un forage ou un puit. Le sol servant de filtre naturel permet d'assurer une bonne qualité de l'eau.

Mais un traitement s'impose pour offrir une eau potable, totalement débarrassée de ses impuretés.

Elle transite dans une usine de traitement pour la décontaminer puis elle rejoint des réservoirs de stockage ou des châteaux d'eau, à l'aide de canalisations souterraines.

Des pompes permettent de stocker l'eau en hauteur afin de la distribuer dans les habitations.

L'eau est alors utilisée pour la consommation humaine. Puis, après utilisation, les eaux usées sont acheminées vers une station d'épuration en charge de son nettoyage.

#### **7. La classification des eaux :**

La classification des eaux diffère d'une référence à une autre, quelques-unes les classifient suivant l'origine ; quelques auteurs parlent même des eaux de pluies, certains autres s'intéressent à l'utilisation des eaux.

**7.1 Eaux naturelles :****7.1.1. Eaux de surface :**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

**7.1.2. Eaux des mers et océans :**

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement.

**7.1.3. Eaux souterraines :**

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie au travers du sol puis des pores et fissures des roches du sous-sol sous l'effet de la gravité. L'eau percole ainsi vers des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elles s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelée aquifère.

La circulation de l'eau dans les interstices du sous-sol est en général très lente. Ces faibles vitesses d'écoulement engendrent une forte inertie des eaux souterraines qui se traduit aussi bien sur la quantité que sur la qualité des eaux contenues dans les nappes.

**7.1.3.1 Qualité de l'eau souterraine :**

A la différence des eaux superficielles, l'eau souterraine correctement captée ne comporte généralement pas matières en suspension ou de bactéries, car elle est naturellement filtrée, c'est pour cela que cette ressource est officiellement recommandée depuis près d'un siècle pour l'alimentation en eau potable.

Il existe cependant quelques exceptions :

Dans les chenaux karstiques, la filtration ne peut s'opérer et l'on constate parfois une turbidité accompagnée de contamination bactérienne... ce qui apparente encore un peu plus ce milieu à celui des eaux de surface.

Autre exception :

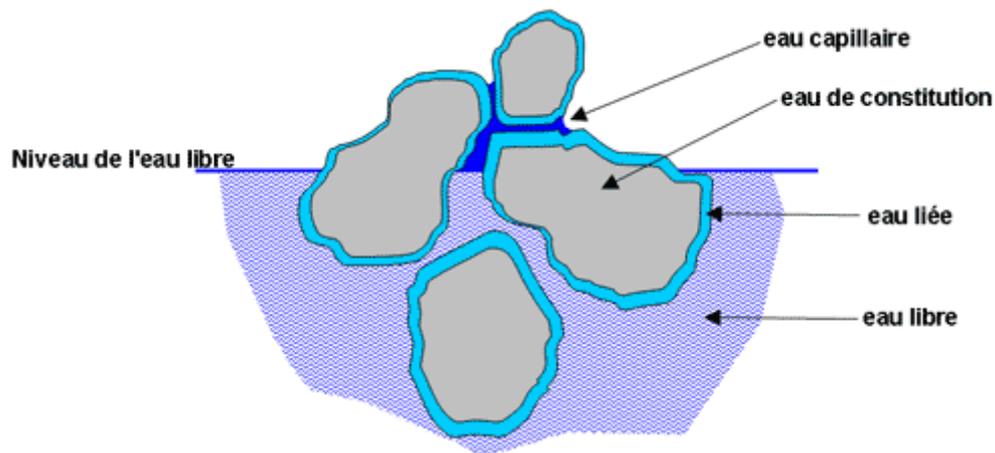
Dans les alluvions grossières aux pores parfois millimétriques, à proximité du contact avec les eaux superficielles, une faune de très petits animaux colonise les espaces entre galets et exerce un rôle bénéfique d'épuration.

### 7.1.3.2. Les différents types d'eaux souterraines :

On distingue quatre principaux types qui sont :

#### a. L'eau de constitution :

C'est l'eau qui rentre dans la structure cristalline des minéraux (exemple : gypse  $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ).



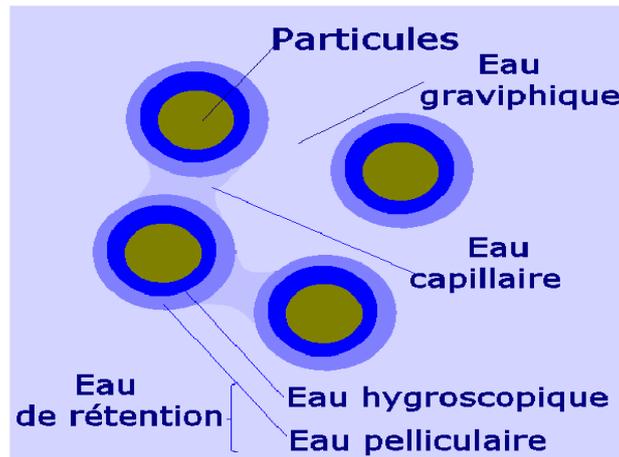
**Figure.3** :L'eau de constitution

#### b. L'eau de rétention :

\*L'eau d'absorption (liée). Les molécules d'eau dipolaires sont attirées par des effets de surface sur des ensembles ionisés (comme les argiles) en couche fine. L'eau d'adsorption n'est pas chassée par centrifugation.

\*L'eau d'adhésion (pelliculaire). L'eau est retenue à la surface des grains par une attraction électrique moins forte que l'adsorption, elle peut se déplacer.

\*L'eau capillaire (Frange capillaire) : elle se trouve dans les pores, c'est l'eau d'absorption (l'eau recherchée par les racines).



**Figure.4 :** L'eau de rétention.

### c. L'eau libre :

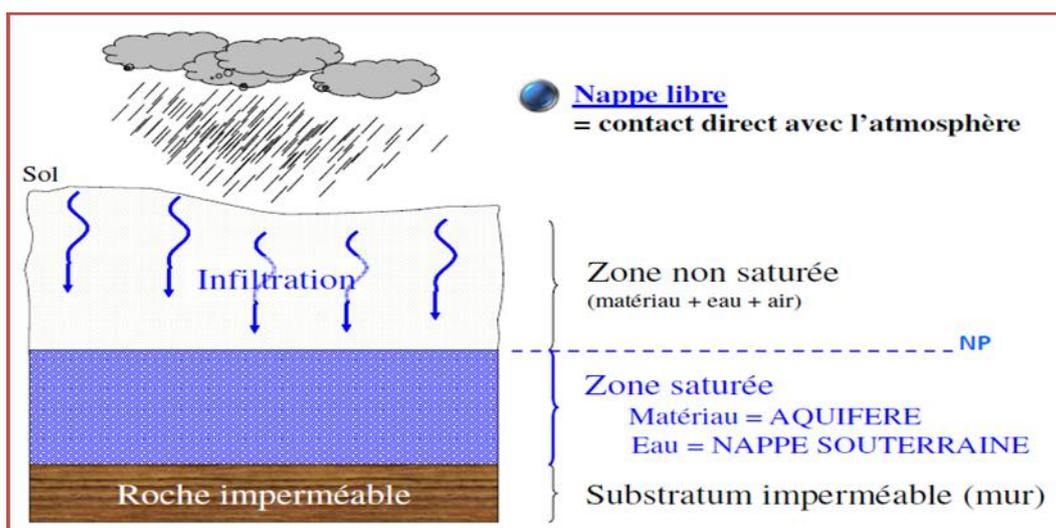
C'est l'eau de gravité, l'eau disponible pour les nappes phréatiques et les aquifères, et qui est donc disponible et exploitable, par un forage ou un puits.

#### 7.1.3.3. Les différents types de nappes :

Pour s'affranchir de ce biais lié à l'exploitation des nappes, nous avons retenu les définitions simplifiées suivantes pour les différents types de nappes existantes :

##### ➤ **Nappe libre :**

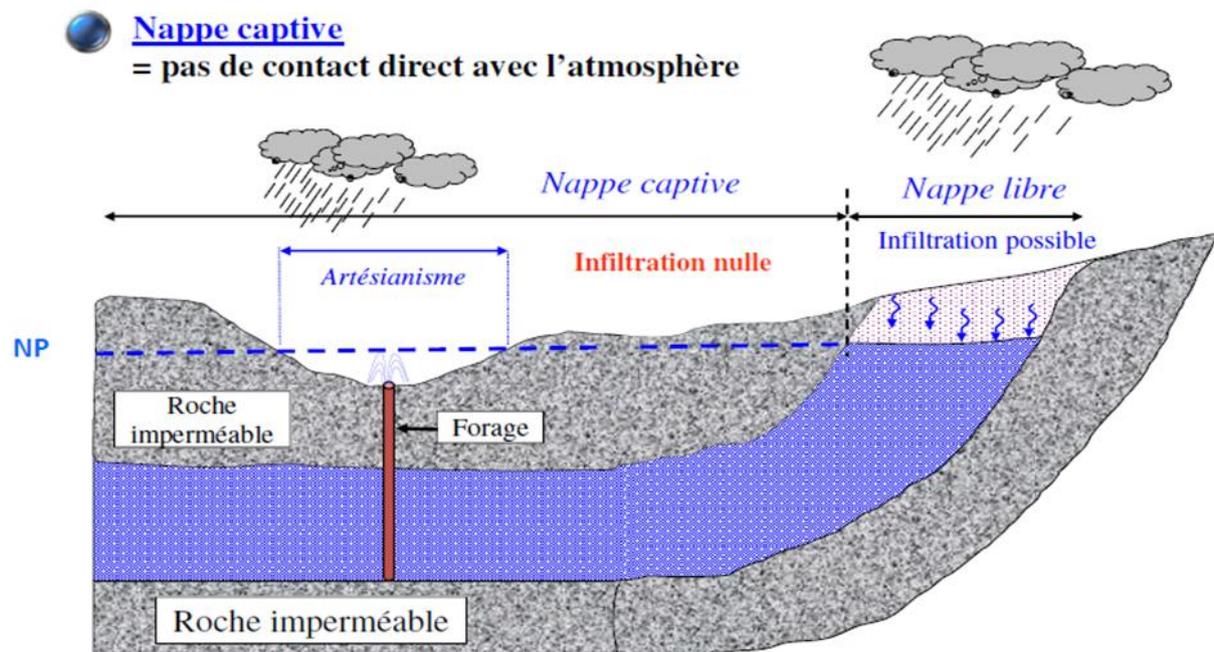
Nappe en équilibre avec l'atmosphère et présentant des teneurs en oxygène dissous de l'ordre de 5 à 10mg/l (à l'exception des zones humides).



**Figure.5:** Nappe libre.

➤ **Nappe captive :**

Une nappe captive est définie comme une nappe prisonnière entre deux niveaux imperméables et ne comprend qu'une zone saturée. Le niveau piézométrique de ce type de nappe est supérieur au toit de l'aquifère à couverture moins perméable, qui le contient.



**Figure.6:** Nappe captive.

➤ **Nappe semi-captive :**

Une nappe semi-captive est définie par des éponges semi-perméables qui sous certaines conditions hydrodynamique, permettent des échanges d'eau avec les aquifères voisins (drainance).

## 7.2. Eaux de consommation:

Ce sont les eaux destinées à la consommation domestique, elles ont connues une énorme croissance suite au développement démographique et à l'amélioration des conditions de vie des populations. La consommation domestique en eau varie de quelques litres par jour dans les pays sans adduction publique et à faible confort ménager jusqu'à plusieurs centaines de litres dans les pays très développés. Même si ce n'est qu'une petite quantité qui va être bu,

jamais ces eaux ne sont distribuées qu'après traitement, trois facteurs déterminent le choix d'un traitement:

**La quantité :** La source doit couvrir la demande, en toute circonstance.

**La qualité :** La qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur.

**L'économie :** Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Il faut signaler que les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur.

### **7.3 Eaux industrielles :**

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille. Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique.

### **7.4 Eaux usées :**

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée.

Les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elles même et ils s'aggravent suivant la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles.

Les eaux usées se divisent en deux grandes catégories : les eaux résiduaires urbaines (ERU) et les eaux résiduaires industrielles (ERI).

#### **a. Eaux résiduaires urbaines :**

Les eaux résiduaires urbaines (ERU) regroupent les eaux ménagères, les eaux vannes et les eaux de ruissellement. La composition et les caractéristiques d'une eau résiduaire urbaine sont peu variables par rapport aux eaux usées industrielles.

**b. Eaux résiduaires industrielles (ERI) :**

Les caractéristiques des eaux usées industrielles subissent des grandes variations, elles dépendent à une multitude de paramètres type de l'industrie, production, nettoyage,..., les différentes étapes du procédé industriel, l'état des appareils,... Par ailleurs, il existe des caractéristiques communes entre les effluents de la même industrie.

En termes de volume et type de polluants, les effluents industriels présentent le plus souvent une charge importante et un risque de dysfonctionnement structurel et fonctionnel des réseaux d'assainissement et des dispositifs de traitement des eaux usées. Ces risques sont d'autant plus grands que les industries sont localisées en amont du réseau d'assainissement.

Les principaux polluants transitant dans les eaux usées d'origine industrielle sont :

- Les métaux toxiques.
- Les toxines organiques.
- Les matières colorées.
- Les huiles et graisses.
- Les sels.
- La pollution organique.

**8. Usage de l'eau et exigences :**

L'eau est nécessaire pour ce nombreux usage qui dépend de sa quantité et sa qualité. Mais certains usages peuvent avoir un impact sur la ressource et compromettre à la fois le bon fonctionnement du milieu naturel et les autres usages qui en dépendent.

Préserver l'eau, tout en conciliant l'ensemble des usages avec les besoins du milieu naturel, est donc un enjeu d'intérêt général.

**8.1. L'eau domestique :**

On la retrouve ainsi dans toutes les activités qui rythment notre quotidien : toilette, lavage, divers, évacuation des déchets. La consommation domestique d'eau représente aujourd'hui 10 % de la consommation d'eau mondiale, avec de fortes variations selon le niveau et le mode de vie des pays. Les quantités moyenne d'eau, en litres nécessaire à :

- \_ Une chasse d'eau : 6 à 12
- \_ Une douche : 60 à 80
- \_ Un bain : 150 à 200
- \_ Une vaisselle : 5 à 15

\_ Un cycle de lave- vaisselle : 10 à 30

### **8.2. L'eau dans l'industrie :**

La présence d'une ressource en eau abondante et de bonne qualité est souvent un facteur d'implantation d'industries près des cours d'eau. L'eau peut ainsi être utilisée pour réaliser de nombreuses opérations :

- \_ Le lavage d'objet, de récipients, de canalisation, de sols d'ateliers,
- \_ Le chauffage ou le refroidissement d'objet,
- \_ La réalisation de réactions chimiques en milieu aqueux,
- \_ Le transport d'objets par canalisation.

La consommation industrielle d'eau représente environ 20 %

De la consommation mondiale. Elle varie selon les pays et les secteurs d'activité: toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas forcément consommée, elle peut parfois être rejetée dans le milieu après avoir servi.

Les industries de transformation sont les plus gourmandes en eau. La qualité requise pour l'eau industrielle dépend de l'activité :

- \_ Les industries agroalimentaires ont besoin d'eau potable
- \_ Les industries électronique, médicale et biotechnologique requièrent une eau très pure dans d'autres cas une eau même usée peut être suffisante.

### **8.3. L'eau indispensable à l'agriculture :**

L'agriculture est l'activité humaine la plus consommatrice d'eau : elle représente en moyenne 70% de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays, les climats, les types de cultures, les techniques d'irrigation ...avec l'intensification de la production agricole, l'usage de l'irrigation se répand et engendre des consommations d'eau croissantes l'alimentation du bétail nécessite également un approvisionnement abondant en eau dans les régions d'élevage.

### **8.4. L'aquaculture :**

L'aquaculture C'est-à-dire l'élevage d'espèces aquatiques, végétales ou animales, se développe pour répondre aux besoins alimentaires. Il existe quatre types : conchyliculture (élevage de coquillages), la pisciculture (élevage de poissons), l'élevage de crustacés et l'algoculture (culture d'algues). Les espèces aquatiques sont très sensibles à la qualité de l'eau

dans laquelle elles évoluent. Les curures marines nécessitent une bonne qualité bactériologique et chimique pour que les espèces puissent se développer et être consommées.

### **8.5. L'eau pour d'énergie :**

L'énergie hydraulique désigne l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chute, cours d'eau, courant marin, marée, vagues.

Historiquement, elle était directement utilisée sous forme d'énergie mécanique (moulins à eau ...) elle peut aussi servir à produire de l'électricité :

- \_ Une central hydroélectrique utilise l'énergie de la hauteur de chute et du débit d'un cours d'eau.
- \_ Une centrale marémotrice utilise l'énergie des marées
- \_ Une hydrolienne utilise celle des courants marins
- \_ L'énergie des vagues peut aussi être exploitée.

## **9. Qualité de l'eau :**

### **9.1. Qualité organoleptique :**

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

#### **9.1.1. Couleur :**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. 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.

#### **9.1.2. Odeur :**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

### **9.1.3. Goût et saveur :**

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

## **9.2. Qualité physico-chimique :**

### **9.2.1. Qualité physique :**

#### **9.2.1.1. La température (T) :**

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

La température de l'eau est aussi un paramètre confort des usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La norme de la valeur de la température dans l'eau potable selon l'OMS est entre 12 et 25°C. C'est la même chose pour l'intervalle de la norme Algérienne.

La température est mesurée par : thermomètre électronique.



**Figure.7:** Thermomètre électronique.

### 9.2.1.2. Potentiel hydrogène :

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,

7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le potentiel Hydrogène (PH) est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Une eau est acide si son pH est inférieur à 7, basique si son PH est supérieur à 7.

Un pH inférieur à 7 peut provoquer une corrosion des tuyauteries métalliques. Supérieur à 8, il entraîne une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore et peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution donc :

Le PH c'est le potentiel-hydrogène est le logarithme décimal de la concentration des ions de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>.

$$\text{PH} = - \text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

La mesure du PH est une considération importante en ce qui concerne la détermination de l'action corrosive de l'eau et l'évaluation des pratiques de traitement d'eau au niveau des procédés industriels.

- Si PH = 7 solution neutre.
- Si PH < 7 solution acide.
- Si PH > 7 solution basique.

L'électrode de verre est universellement employée pour la mesure du pH des eaux. Car elle ne modifie pas l'équilibre ou les concentrations gazeuses et d'autre part, elle est insensible aux groupes oxydoréductions.

La norme de la valeur de Ph dans l'eau potable selon l'OMS est entre 6.5 et 8.5. Par rapport à la norme Algérienne est entre 6.5 et 9.5.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.



**Figure.8:** Le PH-mètre.

### 9.2.1.3. La conductivité électrique :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électron. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 25°C. Les appareils de mesure utilisés sur le terrain effectuent en général automatiquement cette conversion.

Dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu.

Dans les autres cas, elle permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau et d'estimer le volume d'échantillon nécessaire pour certaines déterminations chimiques.

La norme de la valeur de la conductivité dans l'eau potable selon l'OMS est 400( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), et selon les normes Algériennes est 2800( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).



**Figure.9:** conductimètre.

#### **9.2.1.4. La turbidité :**

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau.

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplanctonique ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide.

#### **La turbidité constitue-t-elle un risque pour la santé?**

Étant donné que les particules responsables de la turbidité sont très variées, il est difficile de déterminer le risque pour la santé. Le risque pour la santé ne provient habituellement pas des particules elles-mêmes, mais des effets des particules en suspension sur la désinfection de l'eau. De plus, des modifications de la turbidité peuvent indiquer un problème éventuel et être le signe d'une nouvelle source de contamination de l'eau.

Les eaux de surface et de puits peu profonds ont tendance à avoir des niveaux de turbidité plus élevés. Elles contiennent souvent des matières organiques et des micro-organismes. Les micro-organismes se fixent aux particules en suspension dans l'eau turbide, ce qui empêche l'eau d'être correctement désinfectée et peut augmenter les risques de maladies gastro-intestinales.

Les matières organiques peuvent contribuer à la formation de sous-produits dangereux. Les particules peuvent aussi transporter d'autres substances dans le corps, incluant des métaux comme le plomb.

La turbidité de l'eau souterraine provenant de puits profonds est généralement faible, elle est surtout d'origine inorganique et ne pose habituellement pas de risque pour la santé.

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

La norme de la valeur de la turbidité dans l'eau potable selon l'OMS est 5(NTU), c'est la même valeur pour les normes Algériennes.

Classes de turbidités usuelles (NTU, néphéломétric turbidity unity) :

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

**Tableau n°1 :** Classes de turbidités usuelles (NTU, néphéломétric turbidity unity).



**Figure.10:** Turbidimètre.

### 9.2.1.5. Salinité :

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner.



**Figure.11:** Appareil de mesure la salinité.

## 9.2.2 .Qualité chimique

### 9.2.2.1. Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (K Cl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

La norme de la valeur de Chlorures dans l'eau potable selon l'OMS est 500(mg/l), c'est la même valeur pour les normes Algériennes.

### 9.2.2.2. Dureté totale (TH) :

La dureté de l'eau ou Titre Hydrotimétrique (TH) est un indicateur global de la minéralisation de l'eau. Elle correspond à la somme des cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins (Na, K).

La norme de la valeur de la dureté totale dans l'eau potable selon l'OMS est 200(mg/Caco3), c'est la même valeur pour les normes Algériennes.

La valeur du TH de l'eau peut être interprétée de la manière suivante:(Brémaud, 2006)

- $0 < TH < 6^{\circ}F$  = eau très douce
- $6 \leq TH < 15^{\circ}F$  = eau douce
- $15 \leq TH < 30^{\circ}F$  = eau moyennement dure
- $30 \leq TH < 40^{\circ}F$  = eau dure
- $TH > 40^{\circ}F$  = eau très dure

#### **9.2.2.3. Titre alcalimétrique (TA) :**

Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates ( $CO_3^{2-}$ ) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

Ce titre se mesure en degrés français ( $^{\circ}f$ ) :  $1^{\circ}f$  équivaut à 3,4 mg/L d'ion hydroxyde ( $HO^-$ ) ou à 6 mg/L d'ion carbonate, ou encore à 12,2 mg/L d'ion hydrogénocarbonate ( $HCO_3^-$ ).

#### **9.2.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Le Titre Alcalimétrique complet (TAC) est une mesure de l'alcalinité de l'eau (Carbonates alcalins, hydrogénocarbonates et total des hydroxydes).

Il caractérise le pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire la capacité d'influence d'un produit acide ou basique sur le pH de l'eau. Plus le TAC est élevé, plus il est difficile de faire varier le pH de l'eau. Ainsi, les alcalinités assurent la protection des métaux contre la corrosion, et donc en conséquence une trop faible alcalinité entraîne la dégradation des installations.

#### **9.2.2.5. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :**

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite), son abondance géologique (2,1 % de l'écorce terrestre) et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

La norme de la valeur du magnésium dans l'eau potable selon l'OMS est 50(mg/l). Par rapport à la norme Algérienne est 100(mg/l).

**9.2.2.6. Calcium (Ca<sup>2+</sup>) :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc.

Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières.

La norme de la valeur du calcium dans l'eau potable selon l'OMS est 100(mg/l). Par rapport à la norme Algérienne est 200(mg/l).

**10. L'importance des valeurs de l'OMS :**

La quatrième édition des Lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'eau potable s'appuie sur plus de 50 ans d'orientations sur la qualité de l'eau potable qui font autorité en matière de mesures de santé publique lorsqu'il s'agit de mettre en place des réglementations et des normes nationales pour garantir la sécurité de l'eau.

La mauvaise qualité de l'eau peut provoquer le choléra, la dysenterie, la dracunculose, la typhoïde et les vers intestinaux responsables de la mort de 1,8 millions de personnes chaque année, dont 1,6 millions d'enfants de moins de 5 ans.

Diverses sources naturelles telles que les eaux souterraines, eaux de surface (lac, rivière, ..), ou eau de mer sont à l'origine de l'eau potable. Les normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé ou par l'Union Européenne ou le ministère algérien des ressources en eaux ou le ministère d'économie.

L'eau potable doit être exempte de matières en suspension, micro-organismes et produits toxiques. Les recommandations quant aux concentrations en minéraux varient de pays à pays avec toutefois pour la plupart des minéraux une concentration maximale afin de garantir une eau équilibrée et agréable à boire.

L'eau est un élément indispensable à la vie et l'état de santé de la population. Elle est liée à la qualité physico-chimique et bactériologique qu'elles consomment. L'élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'une certaine concentration maximale à ne

pas dépasser. Par sécurité la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d'éviter le développement de pathologie, malgré le dépassement du seuil.

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existe sur le plan international.

## **11. Eau de sources :**

### **11.1. Définition :**

La source est l'eau qui commence à sourdre, qui sort de terre, et qui est l'origine d'un cours d'eau grand ou petit et une source en hydrologie est l'endroit où une eau liquide sort naturellement du sol. Une source est très souvent à l'origine d'un cours d'eau ruisseau, d'une rivière ou même d'un fleuve.

Géologiquement parlant, une source peut être définie comme l'écoulement naturel à la surface du sol de l'eau d'une nappe souterraine ou comme le point d'émergence de cette nappe. Les sources se forment de la manière suivante.

### **11.2. Classification des sources :**

Il existe différentes approches permettant de classer les sources :

- ✓ La continuité ou non de l'écoulement et le régime de variation du débit : source pérenne, source constante, source temporaire, source intermittente ;
- ✓ La localisation : source de coteau, source littorale, source submergée (sous-fluviale, sous-lacustre, sous-marine) ;
- ✓ La géologie et pour être plus précis l'hydrogéologie qui cherche à expliquer l'origine et le fonctionnement de la source
- ✓ Le thermalisme qui classe les sources selon leur température et l'usage qui peut en être tiré: source chaude, thermale ; source hypotherme, orthotherme, hypertherme.
- ✓ L'hydrochimie qui permet classer les sources selon leurs caractéristiques chimiques: source salée, séléniteuse, Ferrugineuse, sulfureuse, minérale, incrustante ou pétrifiante.

### 11.3. Les sources dans le monde :

Dans le monde, il existe de nombreuses sources d'eau célèbres, nous mentionnons :

#### La source de Zamzam :

Zamzam est une source d'eau située à La Mecque, en Arabie saoudite. D'origine miraculeuse, elle aurait surgi sur volonté de Dieu par le biais de l'ange Gabriel creusant de son pied ou son aile dans le désert pour faire apparaître de cette source. Présente encore de nos jours, elle ne s'est jamais tarie malgré des siècles d'existence dans le désert et une très forte consommation.



**Figure.12:**La source de Zamzam.

#### Evian :

Evian Minéral Water est une marque de commerce de l'eau minérale française provenant de plusieurs sources près d'Evian-les-Bains, sur la rive sud du lac Léman.



**Figure.13:** La source d'Évian.

#### La fontaine de Vaucluse :

Sur une décennie le débit est compris entre 630 et 700 millions de mètres cubes par an. Avec une moyenne de 21 m<sup>3</sup>/s, il est sept fois supérieur à la totalité de l'eau potable distribuée dans le département de Vaucluse. Première source de France pour les volumes débités, la fontaine de Vaucluse se classe au 5<sup>ème</sup> rang mondial des sources les plus importantes.



**Figure.14:**La fontaine de Vaucluse.

#### **11.4. Les ressources hydrauliques en Algérie:**

Le territoire algérien s'étend sur 2,4 millions de km<sup>2</sup>. La majeure partie du pays (87%) est un désert où les précipitations sont quasi nulles, mais qui recèle d'importantes ressources fossiles d'eaux souterraines. Le potentiel des ressources en eau renouvelables est localisé dans le Nord de l'Algérie qui englobe les bassins tributaires de la Méditerranée et les bassins fermés des Hauts Plateaux. Les potentialités en eau du pays s'élèvent à environ 16,8 milliards m<sup>3</sup>, dont 80 % seulement sont renouvelables (70 % pour les eaux de surface et 10 % pour les eaux souterraines) et sont localisées dans la frange nord du pays. Les ressources non renouvelables concernent les nappes du Sahara septentrional qui seraient exploitées comme un gisement et qui se traduit par un abatement continu du niveau de ces nappes.

Il existe de nombreuses sources d'eau célèbres en Algérie, nous mentionnons :

##### **Youkous :**

Youkous est une source d'eau située à quatre kilomètres du chef-lieu de la commune d'El Hammamet, près de Tébessa, en Algérie. Elle est aussi appelée source de Bouakouz.



**Figure.15:**La source de Youkous

**Righia :**

L'eau minérale naturelle de Righia bénéficie d'une protection naturelle ; filtrée au travers des roches aux cœurs des montagnes d'El-Taref, qui se sont mises en place il y a plusieurs milliers d'années, elle est telle que la nature nous l'a donnée et conserve des qualités exceptionnelles et sa pureté originelle.



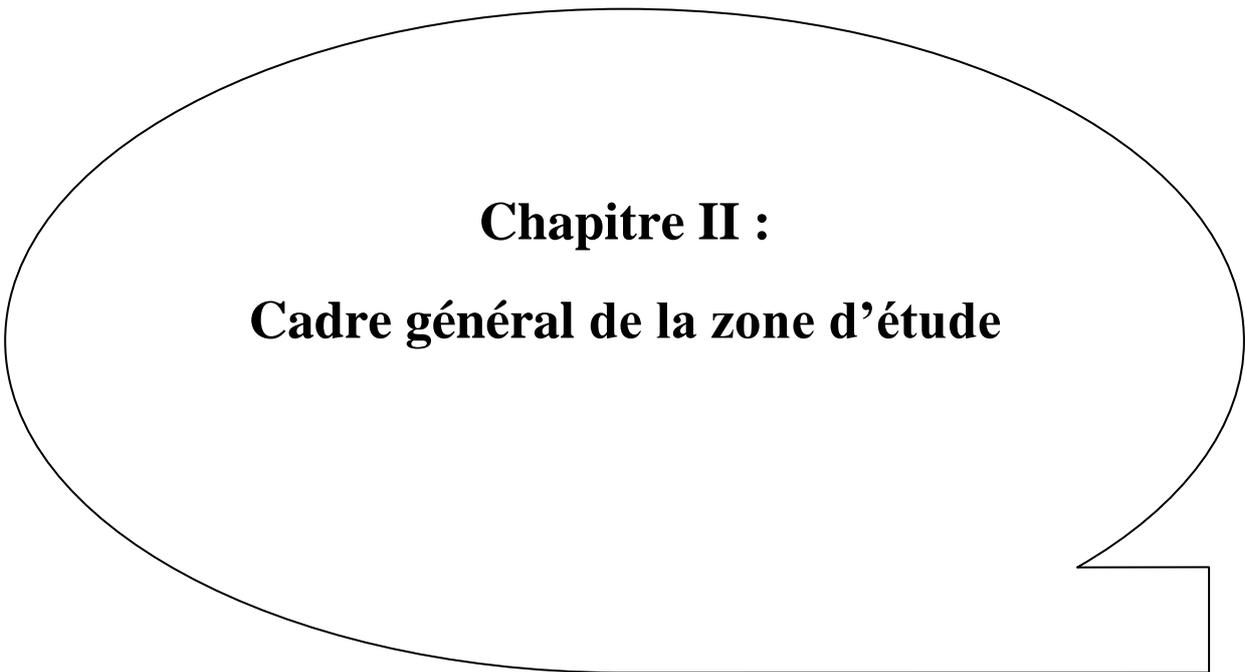
**Figure.16:**La source de Righia.

**Lalla Khadija :**

L'eau de Lalla Khadija est née il y a des siècles des montagnes de Djurdjura, qui culminent à plus de 2 300 mètres. Pénétrant lentement à travers les roches, cette eau est naturellement saturée des minéraux nécessaires à la vie, tout en restant légèrement incomparablement légère. L'eau minérale de Lala Khadija est pure et légère car elle est extraite directement de la source au cœur des montagnes de Djurdjura.



**Figure.17:**La source d'eau de Lalla Khadija.



**Chapitre II :**  
**Cadre général de la zone d'étude**

### 1. Situation géographique d'El-Taref :

La wilaya d'El-Taref est située à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne.

Elle est délimitée :

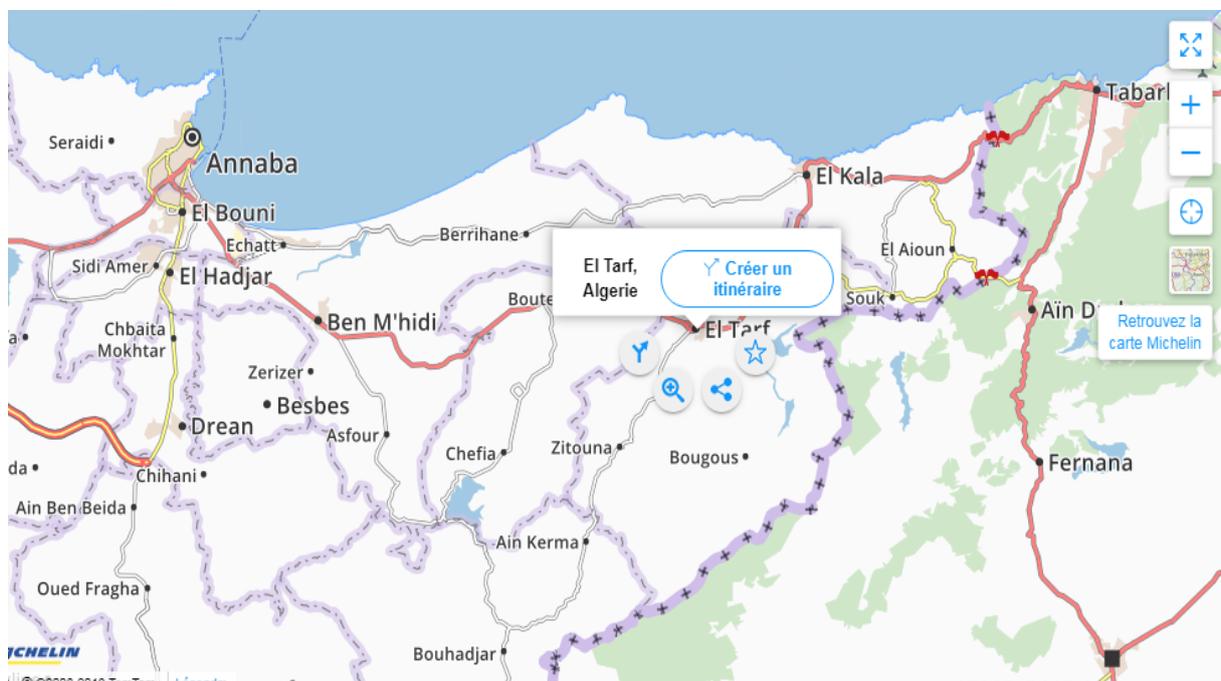
Au nord, par la mer méditerranée.

A l'est, par la Tunisie.

Au sud, par la wilaya de Souk-Ahras.

A l'ouest par la wilaya d'Annaba et Guelma.

La wilaya s'étend sur une superficie de 3339 km<sup>2</sup> et le chef lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'est de la capitale.



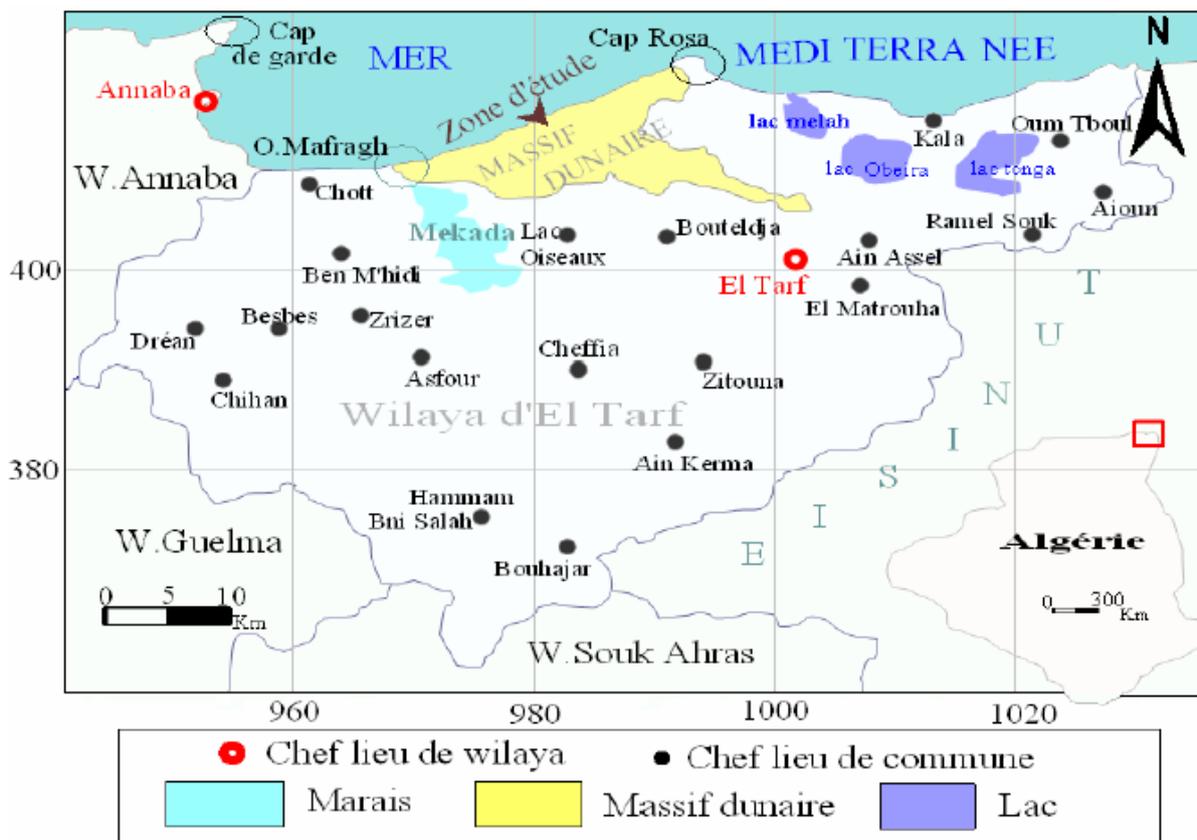
**Figure.18:**Situation géographique d'El-Taref.

### 2. La situation géographique du massif dunaire de Bouthelja :

La zone d'étude se localise dans la partie orientale de l'Algérie, à l'extrême Est de la plaine alluviale d'Annaba. Elle se situe dans le territoire de la wilaya d'El Tarf, répartie sur les communes de Bouthelja et Berrihane. Elle fait partie du bassin versant de la Mafragh d'une superficie d'environ 2660 Km<sup>2</sup>. Dans ses parties sud et est, cette zone est ceinturée par une zone montagneuse typique du tell algérien.

Le système se compose essentiellement d'une plaine alluviale résultant des dépôts de l'oued Kebir Est et de ses affluents sur une superficie de 40 Km<sup>2</sup> et d'un massif dunaire d'une superficie d'environ 160 Km<sup>2</sup> et limité :

- Au Nord par la mer Méditerranéenne.
- Au Sud par la plaine de Boutheldja.
- A l'ouest par la Mafragh
- A l'Est par le massif du Cap Rosa.

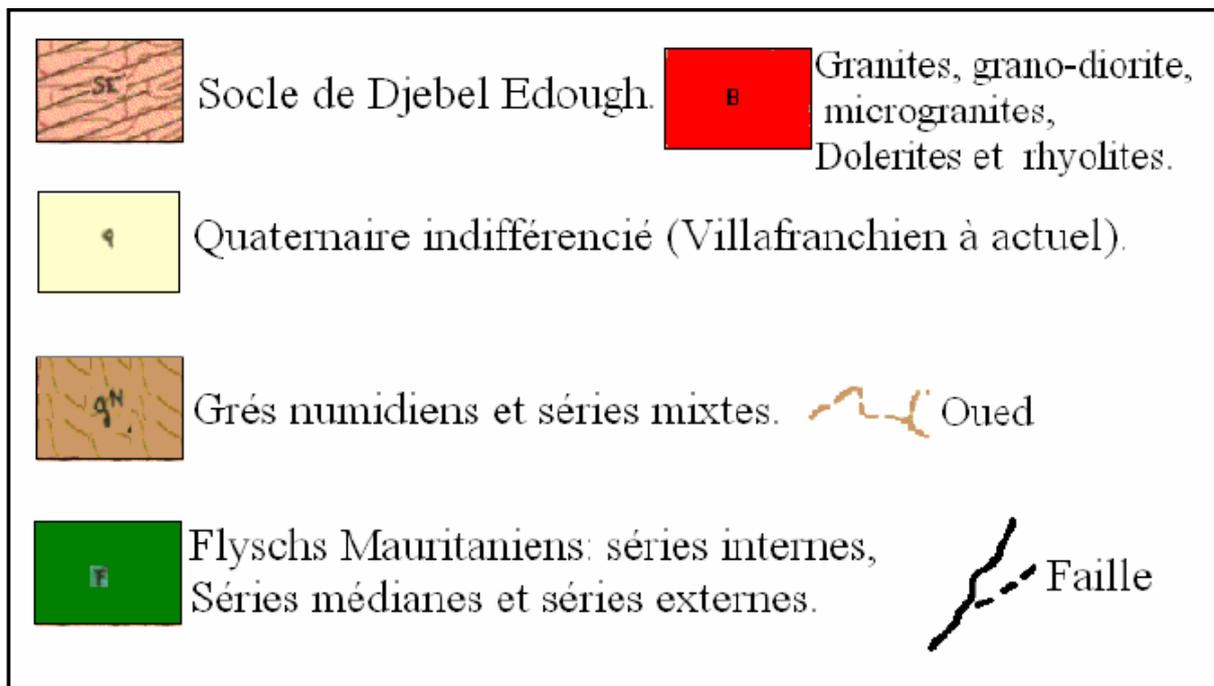
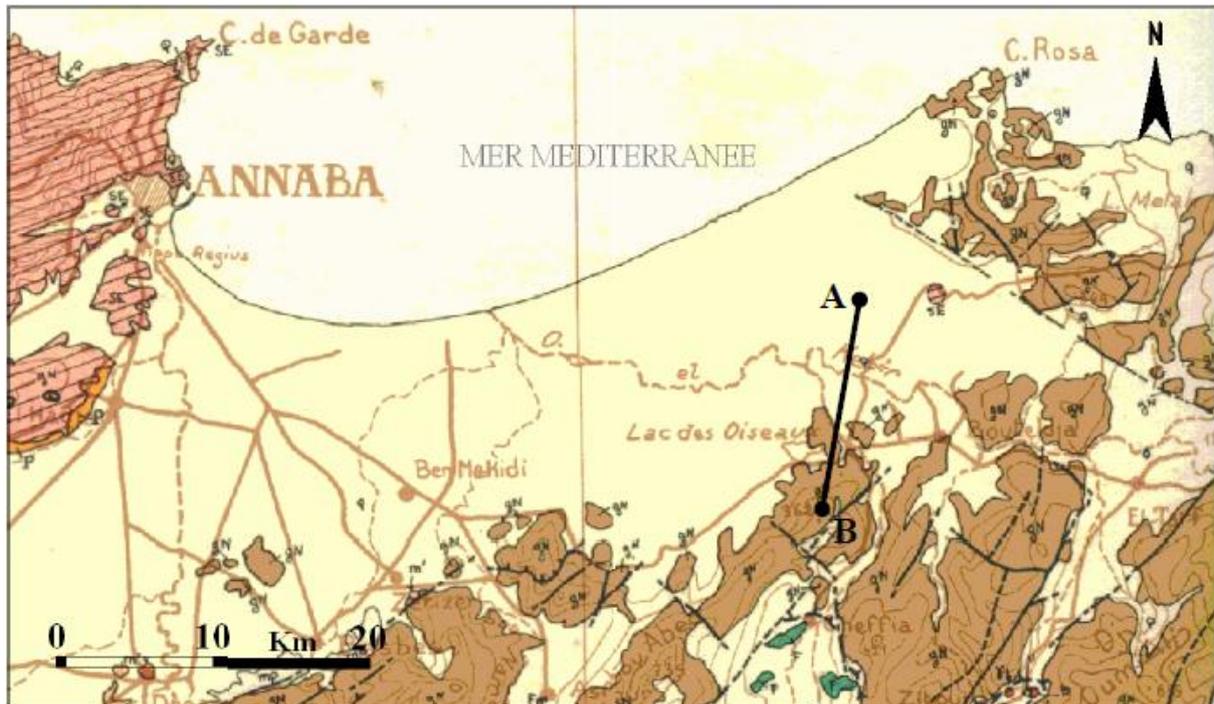


**Figure.19:** Situation géographique du massif dunaire de Boutheldja.

### 3. Aperçu géologique:

Les travaux sur la géologie de la région de Boutheldja ont mis en évidence la structure profonde des formations géologiques et leur litho stratigraphie. La région d'étude est limitée à l'Ouest par les massifs cristallins (schistes, gneiss, cipolins) des monts de l'Edough, à l'Est et au Sud par les formations grés – argileuses des monts de Cheffia et la région de la Calle.

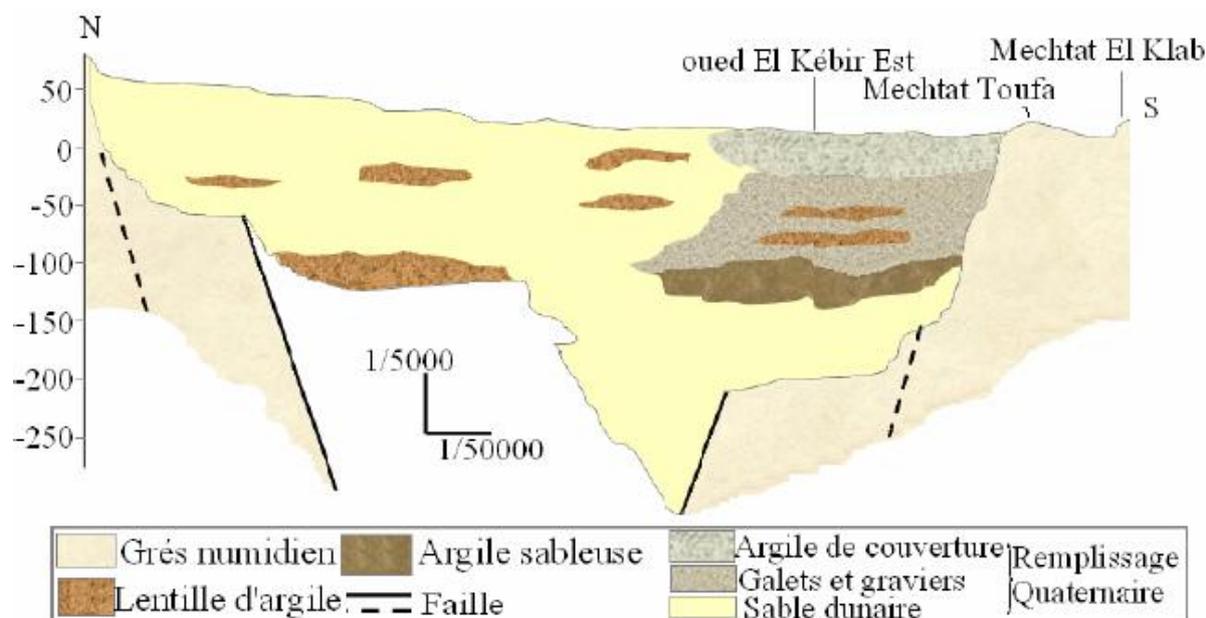
La présence des grés numidiens forme l'ensemble des massifs.



**Figure.20:** Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien (D'après J.M.VILA, 1978).

#### 4. Géologie des dunes:

Les dépôts du matelas dunaire résultent de l'érosion des paléo reliefs argilo - gréseux et gneissiques qui ont été ravinés par les cours d'eau conduisant une grande quantité de matériels détritiques vers la mer, dont la composition est très variée (éboulis argileux, sable gros homogène à lentilles argileuses).



**Figure.21: Coupe géologique schématique dans le massif dunaire de Bouthelja**

#### 5. Caractéristiques géomorphologiques:

La géomorphologie de la région d'étude (Figure 8) est caractérisée par une formation Quaternaire dominant la partie aval au Nord – Est et au Nord – Ouest.

Le massif dunaire est un cordon dunaire qui est localisé au Nord de la plaine alluviale de Bouthelja, il est caractérisé par une grande extension en contact avec la mer Méditerranée, il s'étend jusqu'aux pieds des djebels Bourdim et Hajar Siah à l'Est.

Les différentes unités géomorphologiques qui constituent notre région d'étude seront détaillées dans le présent chapitre.

##### 5.1-Le complexe alluvial de la vallée de l'oued El Kébir Est:

Il est caractérisé par une série de terrasses à faciès hétérogènes (de sables, graviers, limons et surtout d'argiles).

##### 5.2-Les marécages et les lacs :

Leur présence est liée aux différentes phases d'assèchement des zones lacustres de l'Algérie orientale durant le Quaternaire.

Ils sont dus principalement à la réduction progressive des surfaces lacustres avec un remplissage alluvionnaire intensif des zones avales, de nombreux oueds tributaires du bassin comblés surtout au niveau des dépressions internes par les transports solides des différents oueds. Les marécages de Mekada Mohacène et le lac des oiseaux, développés dans la basse vallée d'El Kébir Est, forment un delta commun aux principaux oueds drainant la région.

### 5.3. Les oueds :

Le principal oued est l'oued Bounamoussa à l'Ouest et El Kébir Est à l'Est, ces deux grands cours d'eau rejoignent la mer à l'embouchure sous le nom de la Mafragh (exutoire unique).

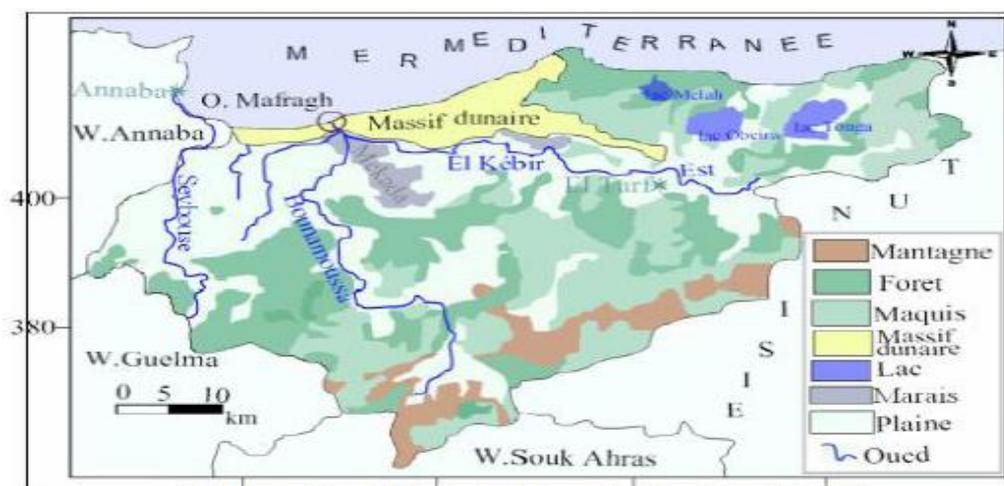
### 5.4. Les montagnes :

Les montagnes de la Cheffia surplombent la partie avale du bassin formant une barrière Est – Ouest. Leurs altitudes avoisinent les 450 m, avec la présence des massifs de 700 à 900 m d'altitude (djebel Bled Gherfie 996 m) à l'Ouest, et djebel Rhona 1202 m à l'extrême Est (frontière Algéro – Tunisienne)

Les monts de la Cheffia sont caractérisés par les grès de la nappe Numidienne qui constituent le principal affleurement.

### 5.5. Les collines :

Elles se sont développées à la limite des plaines, au niveau des terrasses déprimées. Au Nord – Est de Bouteldja, les collines sont représentées par le Hadjar Siah et Djebel Bourdim avec des altitudes respectives de 175 et 177 m. Elles sont dominées par un faciès argilo - gréseux Numidiens qui forment une limite étanche à la formation sous jacente.

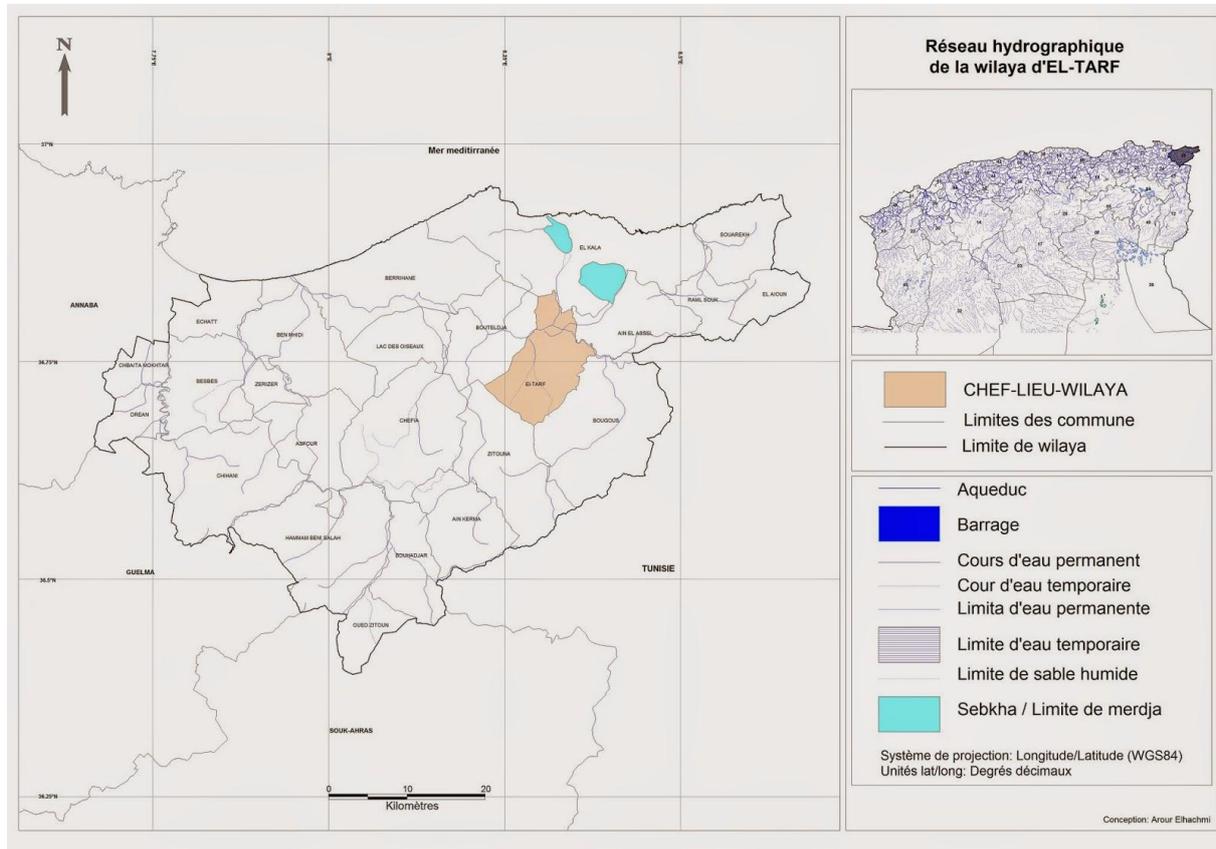


**Figure.22:** Carte des unités morphologiques dans la wilaya d'EL Taref.

## 6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Taref :

Publié par Elhachmi Arour |

Carte du réseau hydrographique (Image JPEG).



**Figure.23:** Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Taref.

D'après la présentation géologique, tectonique et structurale de notre région d'étude, il ressort que :

Le Quaternaires est représenté sur une grande majorité des terrains dans la région. Le processus de sédimentation est le résultat des cycles de transgression et régression constitue un matériel de remplissage avec une importance hydrogéologique.

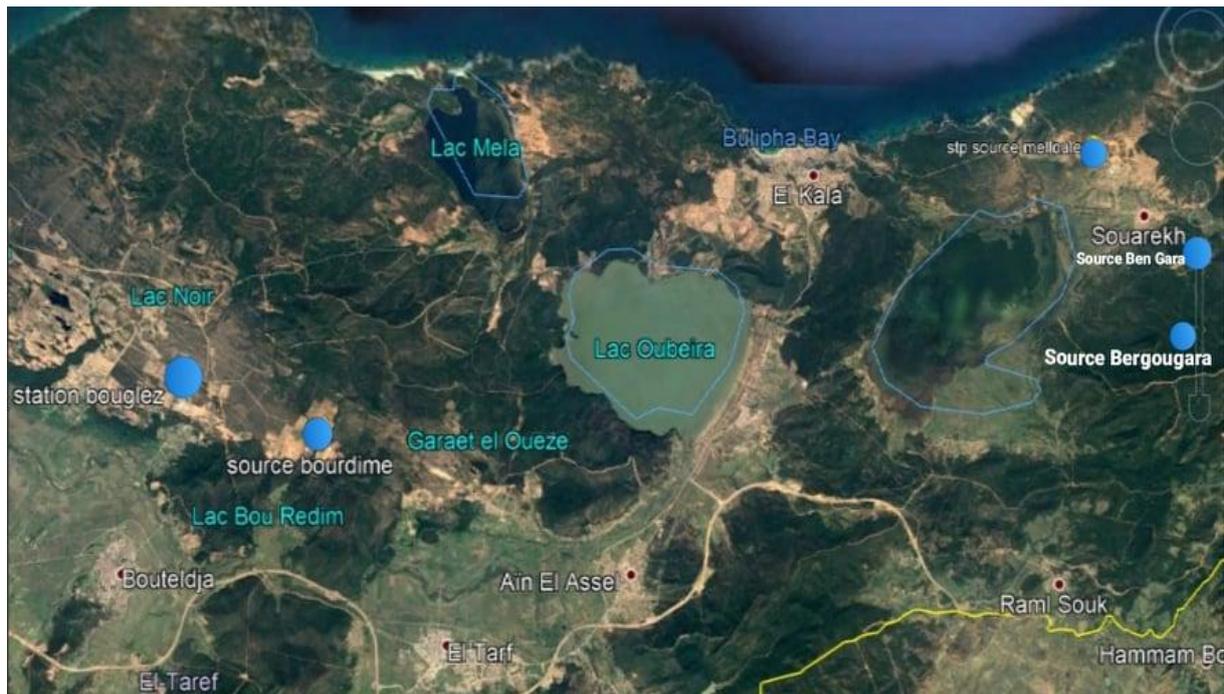
Les argiles et les grès numidiens se localisent au niveau des collines et des montagnes et formes des terrains de très faible perméabilité.

Les dunes constituées de matériels sableux représentent des zones d'alimentation et de stockage des eaux souterraines du massif dunaire de Bouteldja.

Les formations aquifères du système alluvionnaires de la vallée d'El Kébir Est et des sables dunaires sont les meilleurs réservoirs.

### 7. Les sources étudiées :

On a étudiées la qualité des sources Bourdime, Bouglez, Meloul, Bergougaya et Ben Gara situées dans le Nord-est Algérien (La Wilaya d'El Taref) qui est une zone riche en nombreuses sources d'eau.



**Figure.24:** Situation géographique des cinq sources étudiées.

**7.1. Source de Bouglez :** C'est une source située à Oum Lagarib \_ Bouthelja, ses coordonnées sont : X=36°49'42.03''N Y=8°13'04.30''E Z=27m.



**Figure.25:** La source Bouglez.

**7.1. La source de Bourdim:** C'est une source située à Oum Lagarib Bouthelja, ses coordonnées sont :  $X=36^{\circ}48'54.55''N$   $Y=8^{\circ}15'59.68''E$   $Z= 32m$ .



**Figure.26 :** La source Bourdim.

**7.3. La source de Melloul :** C'est une source située à Oum Teboul \_el kala, ses coordonnées sont :  $X=36^{\circ}53'46.60''N$   $Y=8^{\circ}32'38.27''E$   $Z= 18m$ .



**Figure.27:** La source de Melloul.

**7.4. La source de Bergougaya :** C'est une source située à Al Aïoun \_ El Kala.

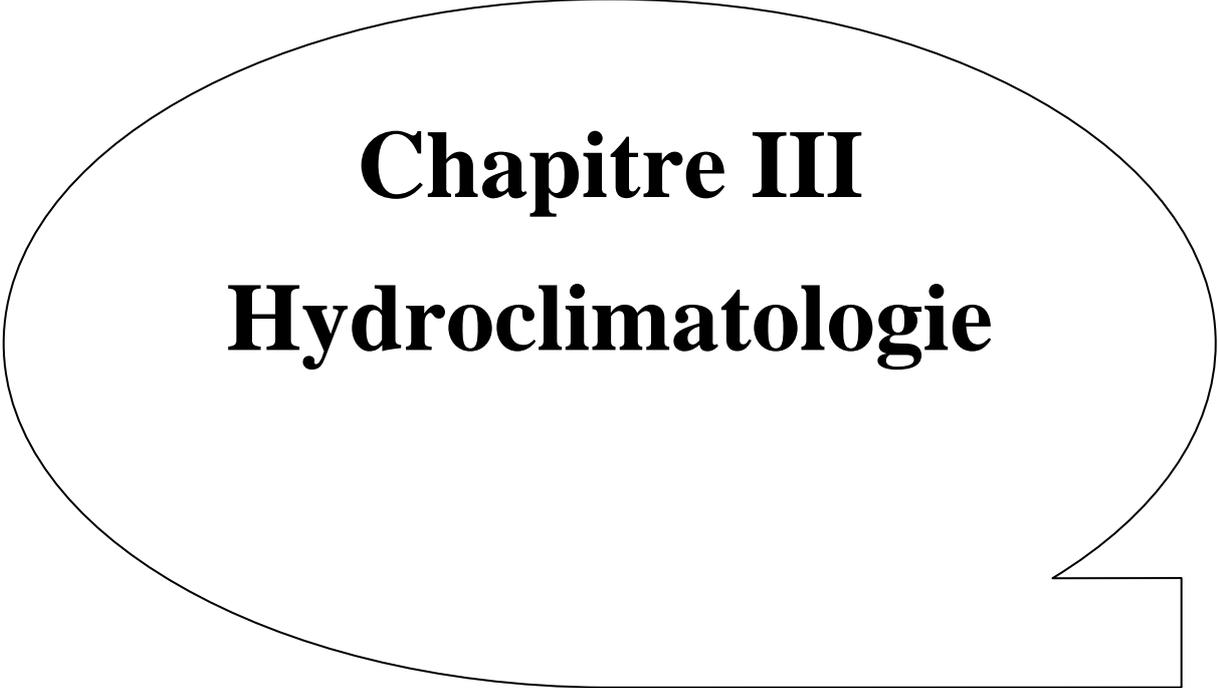


**Figure.28:** La source de Bergougaya.

**7.5. La source de Ben Gara :** C'est une source située à Oum Teboul\_ El Kala.



**Figure.29:** La source de Ben Gara.



**Chapitre III**  
**Hydroclimatologie**

## Introduction:

L'établissement d'un bilan hydrique nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, implique la connaissance des paramètres suivants: les précipitations, l'évaporation, l'infiltration et le ruissellement qui conditionnent le bilan. Les études disponibles ont permis le calcul du bilan. Au préalable, quelques informations concernant les caractéristiques climatiques de la région ont été déterminées.

## I. Station de mesure:

L'étude est basée essentiellement sur les données des stations des Salines et de Ben M'hidi.

Le tableau nous renseigne sur les périodes d'observation:

Stations	Périodes d'observation
Les Salines	1979/80 – 2005/06
Ben M'hidi	1979/80 _ 2005/06

**Tableau n°2 :** Les stations et leur période d'observation.

Les coordonnées géographiques des stations de mesure sont représentées dans le tableau (2):

Coordonnées	X (km)	Y (km)	Z (km)
<b>Les Salines</b>	955.80	403.80	03
<b>Ben M'hidi</b>	961.62	397.30	07

**Tableau n°3 :** Les coordonnées géographiques.

## II. Facteurs climatiques

### 1. Températures: (T)

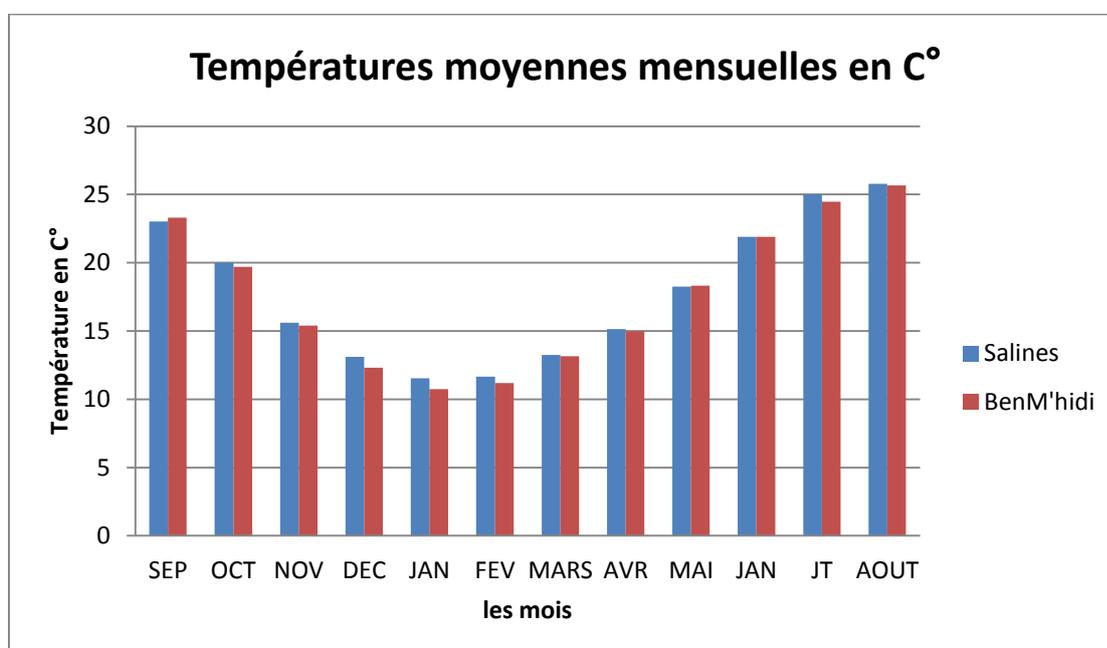
Les températures sont le deuxième facteur important dans l'étude climatique car agissant directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les températures utilisées se rapportent aux stations des Salines et de Ben M'hidi (27ans d'observation).

## 2. Températures moyennes mensuelles: (TMM)

Les températures moyennes mensuelles mesurées dans les deux stations sur une période de 27 ans sont reportées dans le tableau n°3.

mois	S	O	N	D	J	F	M	Av	M	J	Jt	A
Saline	23.03	20.01	15.61	13.11	11.53	11.65	13.25	15.13	18.25	21.90	25.00	25.79
Ben M'hidi	23.30	19.70	15.39	12.31	10.74	11.19	13.15	14.98	18.32	21.89	24.48	25.66

**Tableau n°4:** Températures moyennes mensuelles en °C.



**Figure.30:** Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/2006).

L'histogramme des températures moyennes mensuelles montre une différence assez proche entre les températures des deux stations (figure 30).

Les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de décembre, janvier, février et mars où on remarque que le mois le plus froid est le mois de janvier (avec une température de l'ordre de 11.53°C aux Salines et de 10.74°C à Ben M'hidi).

Par contre les plus fortes valeurs caractérisent les mois de juin, juillet et août où on remarque que le mois le plus chaud est le mois d'août (avec une température de l'ordre de 25.79°C aux Salines et de 25.66°C à Ben M'hidi).

### 3. L'humidité relative de l'aire: (Station des Salines)

L'humidité relative de l'aire correspond au rapport de la tension de vapeurs réelles observées par la tension de la vapeur saturante à la même température. Elle nous permet de donner une idée sur l'état de l'atmosphère s'il est plus ou moins proche de la condensation.

Le tableau (4) présente les valeurs de l'humidité relative de l'aire en % :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	Av	M	J	Jt	A	Humidité moyenne annuelle
Humidité moyenne mensuelle en %	72.32	74.58	76.52	77.15	78.43	74.28	75.48	74.60	74.97	72.92	70.07	71.39	74.47 %

**Tableau n°5 :** Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de l'humidité relative de l'aire à la station des Salines en % (1975/2005).

### 4. La vitesse des vents: (Station des Salines) :

Le vent est un paramètre climatique qui nous permet de déterminer les régimes pluvieux, l'évapotranspiration et donc du climat d'une région quelconque.

Les résultats des calculs de la vitesse des vents sont récapitulés dans le tableau ci-dessous:

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Vitesse moyenne annuelle
Vitesse moyenne mensuelle en m/s	3.01	2.84	3.07	3.40	3.30	3.28	3.25	3.20	2.98	3.04	3.17	3.10	3.1 m/s

**Tableau n°6 :** Moyennes mensuelles et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station des Salines en m/s (1975/2005).

Le Nord –Est Algérien est dominé par des vents de direction Nord à Nord – Est, Sud –Ouest à Nord. La vitesse des vents est violente en hiver alors qu'en été devient plus faible.

### 5. Précipitations: (P)

Le terme précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. La précipitation est un facteur très important, qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement sur le régime des cours d'eaux et l'alimentation des nappes aquifères.

Notre région d'étude est classée parmi les régions les plus pluvieuses dans notre pays l'Algérie et pour l'interprétation des données pluviométriques, nous avons utilisé des séries de précipitation allant de 1979 jusqu'aux 2006 soit 27 ans d'observation.

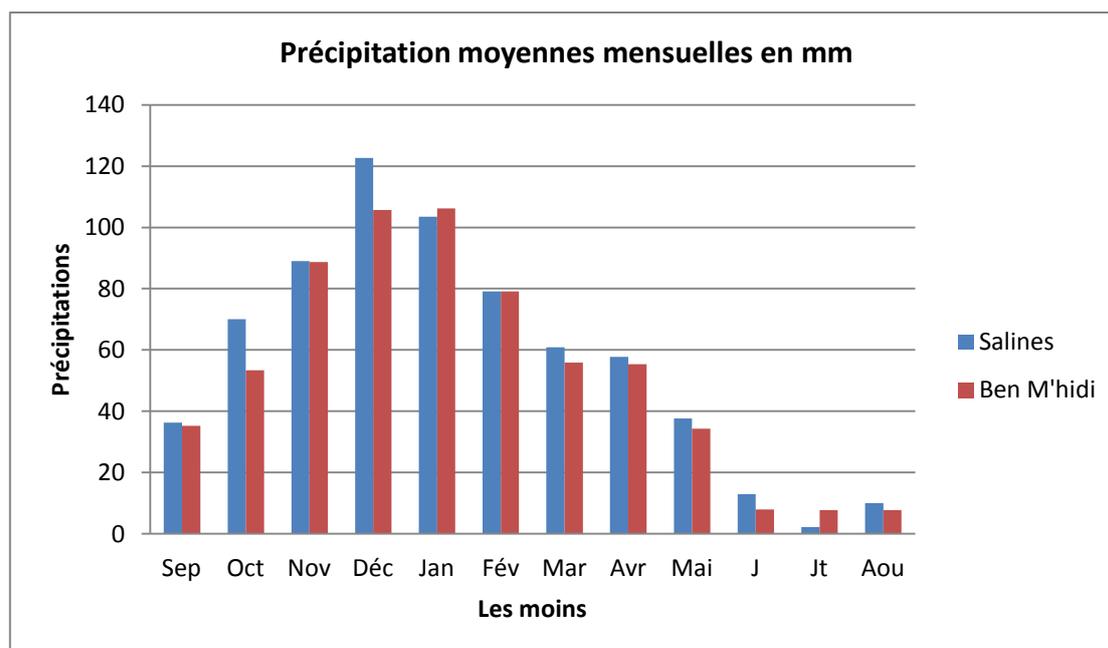
### 6. Précipitations moyennes mensuelles: (PMM)

La précipitation moyenne mensuelle nous permet de donner un aperçu sur les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations en se basant sur des calculs de la moyenne arithmétique des hauteurs des précipitations du mois considéré pour un nombre d'années quelconques.

Les hauteurs des pluies moyennes mensuelles enregistrées durant les périodes d'observation (1979 - 2006) sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

	S	O	N	D	Ja	F	M	Av	M	J	Jt	A
<b>Salines</b>	36.30	70.01	89.04	122.63	103.44	79.15	60.86	57.77	37.06	12.95	2.19	10.07
<b>BenM'hidi</b>	35.27	53.34	88.71	105.70	106.51	79.08	55.88	55.39	34.30	7.96	2.09	7.71

**Tableau n°7 :** Précipitations moyennes mensuelles en mm (1979/2006).



**Figure.31:** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/06).

L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles réalisé pour les stations des Salines et de Ben M'hidi montre un accroissement des précipitations allant du mois de septembre jusqu'au mois de janvier, au delà débute la baisse des précipitations qui se poursuit jusqu'au mois d'août.

Le maximum des pluies tombe aux mois de décembre aux Salines avec 122.63 mm et aux mois de janvier avec 106.51 mm à Ben M'hidi, et le minimum tombe au mois de juillet avec 2.19 aux Salines et 2.09 mm à la station de Ben M'hidi.

### 7. Caractéristiques climatiques d'aridité:

Emmanuel DE.MARTONNE (1925) a proposé une formule climatologique, appelée indice d'aridité, fonction de la température (T) et des précipitations (P) de la forme:  $A = P / (T + 10)$

Avec:

A : indice d'aridité annuelle;

P : précipitations moyennes annuelles en mm;

T : températures moyennes annuelles en °C.

Selon DE.MARTONNE :

- Si A est inférieur à 5: le climat est hyperaride.

- Si A est compris entre 5 et 10: le climat est très sec.
- Si A est compris entre 10 et 20: le climat est sec.
- Si A est compris entre 20 et 30: le climat est tempéré.
- Si A est supérieur à 30: le climat est humide (l'écoulement est abondant).

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau ci-dessous:

Stations	A
Les Salines	24.47
Ben M'hidi	22.90

**Tableau n°8 : Indice d'aridité annuelle (D'après la formule DE.MARTONNE).**

Les deux stations montrent que le climat de notre région d'étude est un climat tempéré (pour une valeur comprise entre 20 et 30).

### 8. Coefficient pluviométrique: (H)

Le coefficient pluviométrique permet de déterminer pour une station donnée si l'année est excédentaire ou déficitaire. L'année est d'autant plus excédentaire que  $H > 1$ . Si  $H < 1$ , l'année correspondante est déficitaire.

Le terme H est défini par le rapport de la pluviométrie P d'une année à la pluviométrie moyenne P pour une période de n années

$$H = P / \bar{P}$$

Avec:

H : coefficient pluviométrique;

P : pluviométrie d'une année en mm

$\bar{P}$ : pluviométrie moyenne en mm.

Le tableau qui vient après montre les variations de H au cours des années d'observation :

Année	H Les Salines	H Ben M'hidi	Année	H Les Salines	H Ben M'hidi	Année	H Les Salines	H Ben M'hidi
79/80	0.89	0.85	89/90	0.78	0.85	98/99	1.23	1.19
80/81	0.93	0.97	90/91	1.01	1.09	99/00	0.82	0.69
81/82	1.11	1.20	91/92	1.00	1.08	00/01	0.80	0.81
82/83	0.99	0.83	92/93	0.94	1.14	01/02	0.67	0.64

<b>83/84</b>	1.37	1.42	<b>93/94</b>	0.76	0.87	<b>02/03</b>	1.23	1.24
<b>84/85</b>	1.36	1.43	<b>94/95</b>	0.80	0.94	<b>03/04</b>	1.04	0.84
<b>85/86</b>	0.79	0.79	<b>95/96</b>	1.18	1.03	<b>04/05</b>	1.45	1.38
<b>86/87</b>	1.33	1.43	<b>96/97</b>	0.62	0.51	<b>05/06</b>	0.89	0.91
<b>87/88</b>	0.72	0.65	<b>97/98</b>	1.38	1.28	<b>P moy</b>	<b>681.47</b>	<b>631.95</b>
<b>88/89</b>	0.82	0.88						

**Tableau n°9 :** Coefficient pluviométrique des stations des Salines et de Ben M'hidi (1979/2006).

### III. Conclusion:

L'étude hydroclimatique est indispensable à la compréhension des processus d'alimentation et de la restitution des eaux souterraines d'une région donnée.

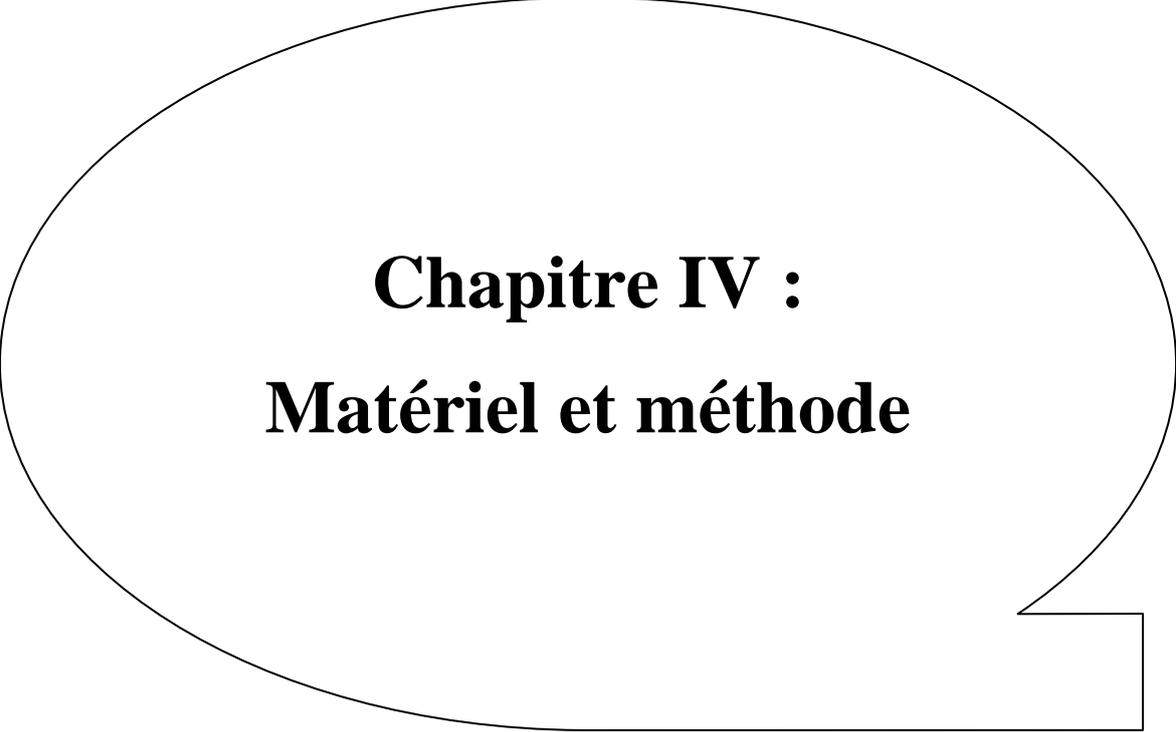
Les données climatiques attribuent à la région un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes: l'une pluvieuse et humide et l'autre sèche et chaude.

La région d'étude reçoit des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 681.47 mm au Salines et 631.95 mm à Ben M'hidi et de températures annuelles moyennes de l'ordre de 17.85°C (Salines) et 17.59 °C (Ben M'hidi).

La moyenne annuelle de l'humidité relative de l'aire à la station des Salines est d'une valeur de 74,47 % (1975/2005), alors que la moyenne annuelle de la vitesse des vents est de 3,1 m/s pour la même station de mesure.

La reconstitution du stock commence au mois de novembre et s'achève au mois de mai.

L'épuisement du stock du sol s'observe au mois de mai et la nécessité d'irriguer s'impose surtout pour la période allant du mois de Juin au mois d'octobre où l'on constate un déficit agricole pouvant atteindre 156.13 mm (Salines) et 151.49 mm (Ben M'hidi).



**Chapitre IV :**  
**Matériel et méthode**

**Introduction :**

L'étude chimique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie...).

La composition chimique de l'eau est contrôlée par le milieu environnemental, où la composition chimique de l'eau peut changer par sa transmission, les informations obtenues au niveau d'une source dépendent de la nature du réservoir et des minéraux rencontrés.

**I. Mode d'échantillonnage et acquisition des données :**

Les eaux souterraines de l'état d'El-Taref sont distribuées en de nombreux endroits à travers l'état par des sources d'eaux qui sont utilisées dans de nombreuses activités (alimentation en eau potable, agriculture ...) pour différents échantillons, cinq points d'échantillonnage ont été sélectionnés : Bourdim, Bouglez, Melloul, Bergougaya et Ben Gara.

Des échantillons ont été pris dans des bouteilles en plastique avec des étiquettes qui comprennent le nom, le lieu et la date de la source, emmenées au laboratoire central d'Eltarf pour les analyses.

Ci-dessous des photos que nous avons prises pendant le processus d'échantillonnage.



**Photos :** Prélèvement des échantillons.

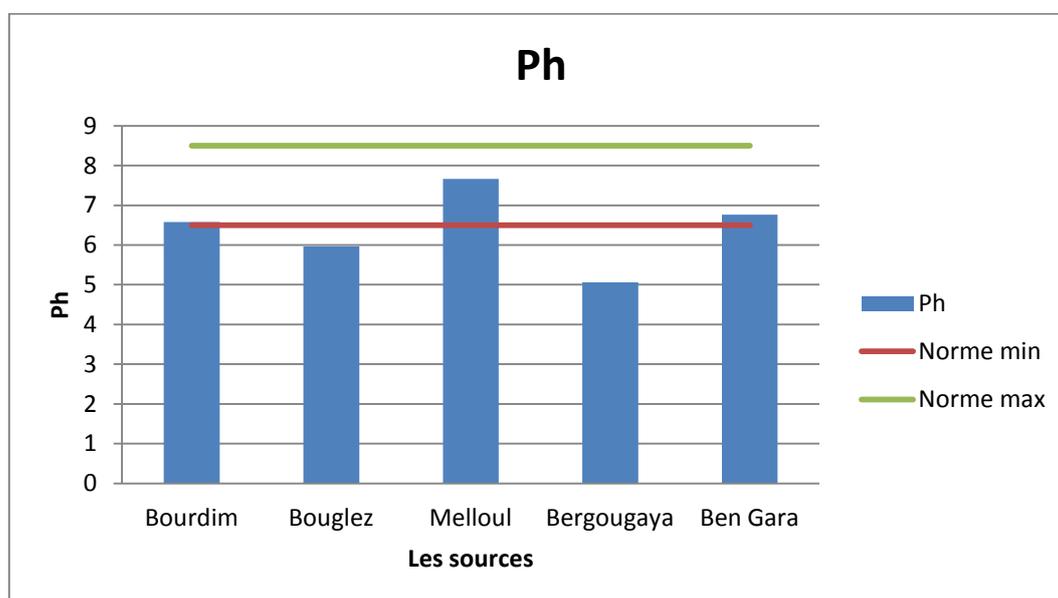
Les analyses ont été effectuées au sein du Laboratoire central des eaux d'Al Taref.



**Figure.32:**Laboratoire central des eaux d'Al-Taref.

## II. Etudes spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques:

### 1. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

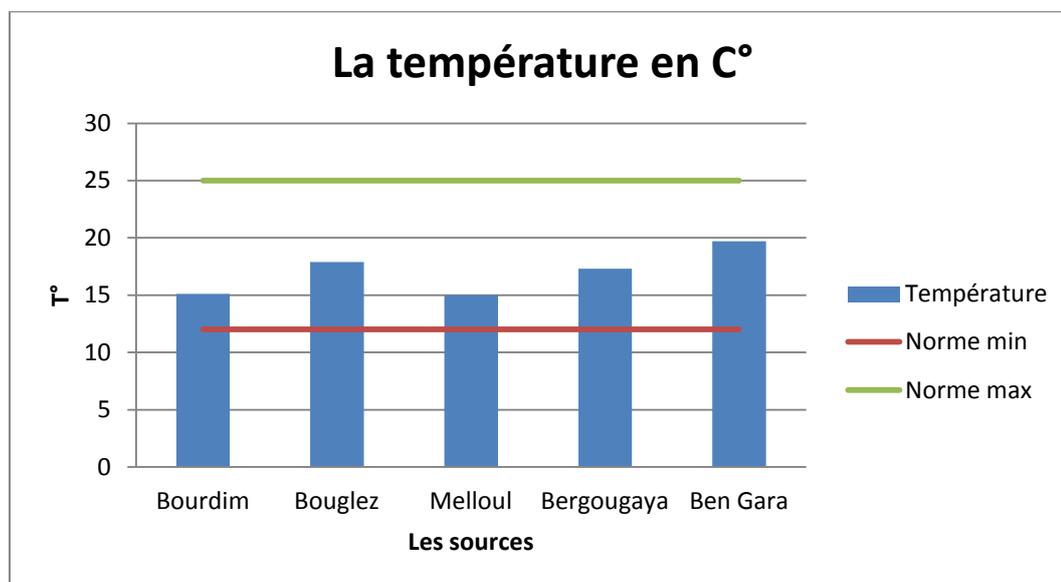


**Figure.33:**Évolution du pH (Potentiel Hydrogène).

Les valeurs de pH mesurées varient de 5,97 à 7,66.

Les résultats sont variables, avec des valeurs inférieures à la norme admissible (pH acide) dans les sources d'eau (Bouglez et Bergougaya), la valeur la plus élevée qui correspond à la norme a été enregistrée au source de Melloul (7.66).

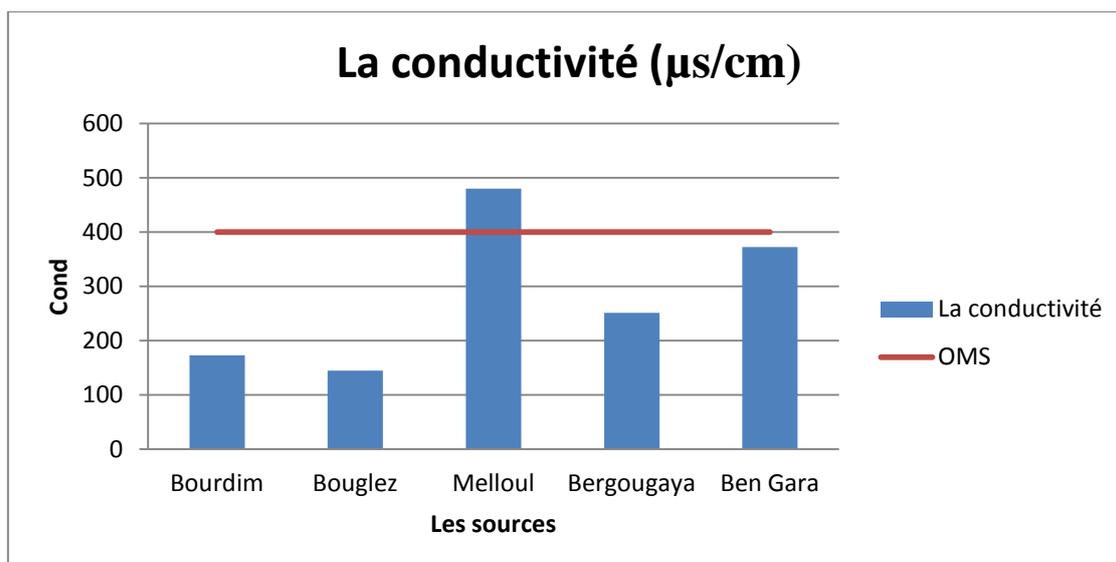
## 2. La température (T) :



**Figure.34:**Évolution de la température.

Les valeurs enregistrées varient entre 15 et 19.7 C°, La température la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Ben Gara (19.7 C°) et la plus faible au niveau de la source Melloul (15 C°). Toutes les valeurs enregistrées ne dépassent pas les normes de potabilité(OMS).

## 3. La conductivité électrique :

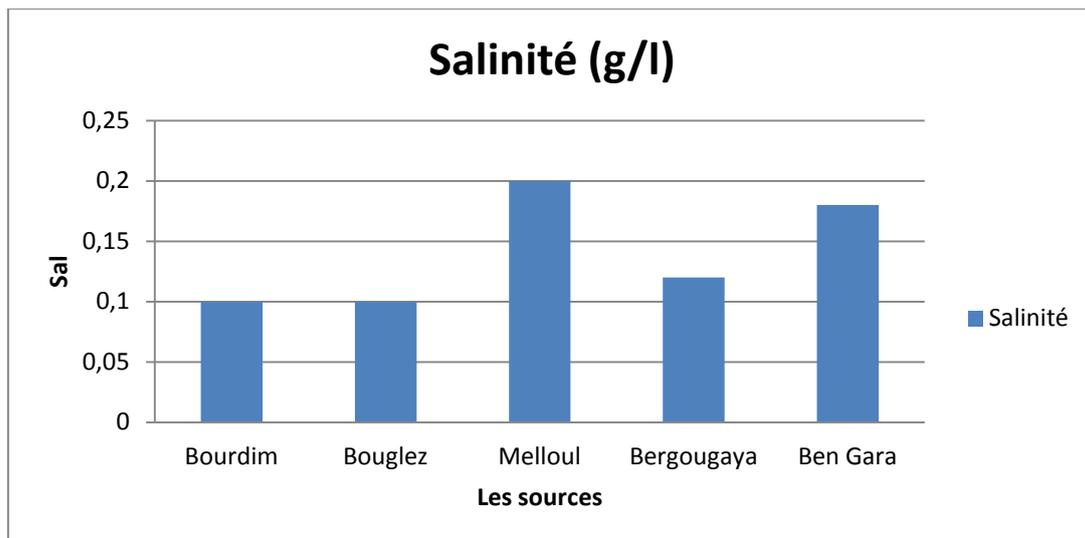


**Figure.35:**Évolution de la conductivité électrique.

Les valeurs enregistrées varient entre 144.6 et 480 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), La conductivité la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (480  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (144.6  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

Les mesures de conductivité des sources correspondent aux normes OMS.

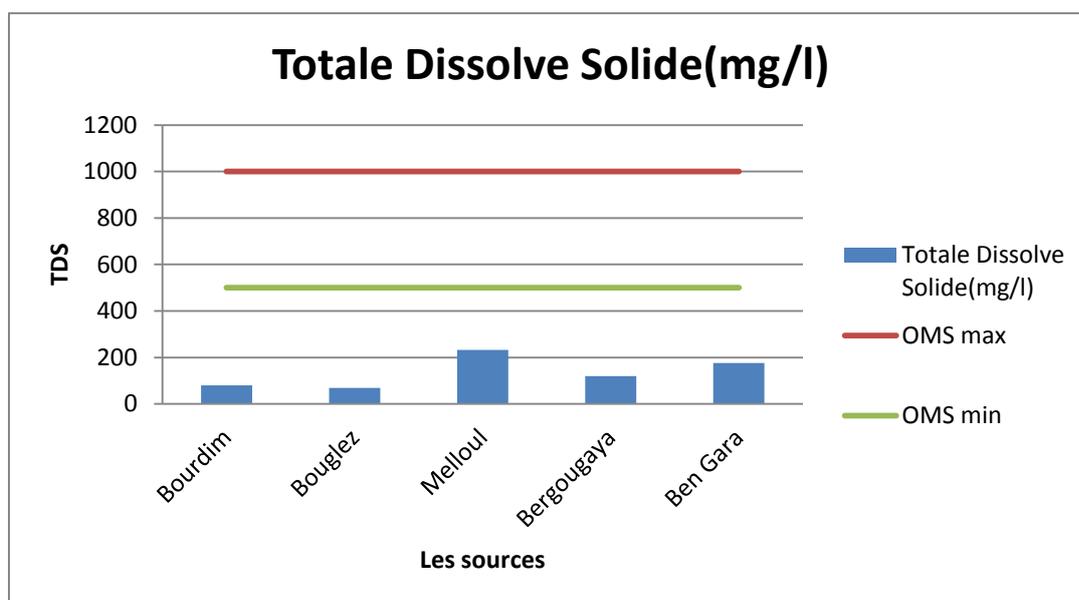
#### 4. Salinité :



**Figure.36:**Évolution de la Salinité.

Les valeurs enregistrées varient entre 0.1 et 0.2 (g/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (0.2g/l), et la plus faible au niveau de les sources (Bourdim et Bouglez (0.1g/l)).

### 5. TDS (Totale Dissolve Solide) :

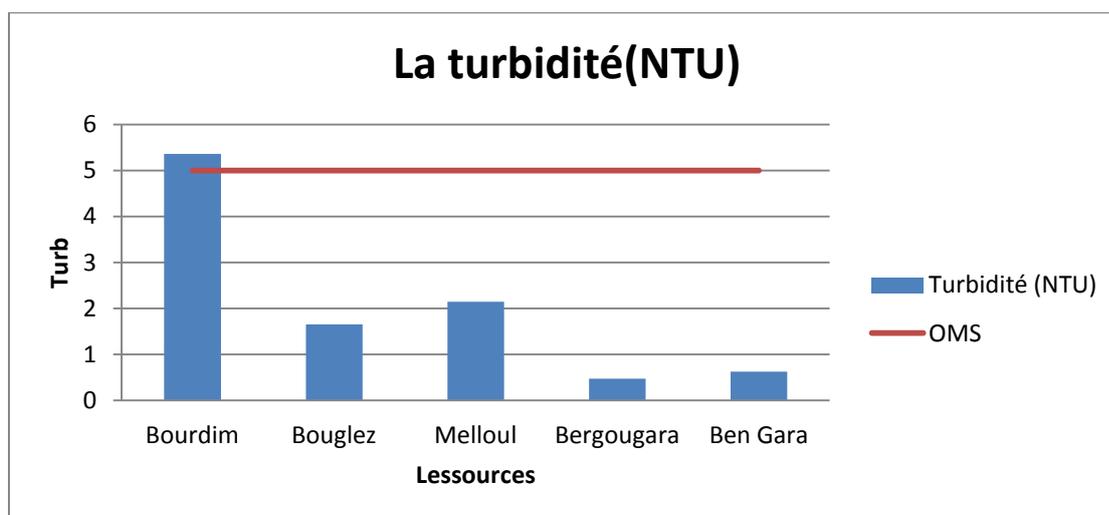


**Figure.37:**Évolution du TDS.

Les valeurs enregistrées varient entre 68.5 et 232 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (232 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (68.5mg/l).

Les mesures sont conformes pas aux valeurs admissibles (norme de potabilité OMS).

### 6. La turbidité :

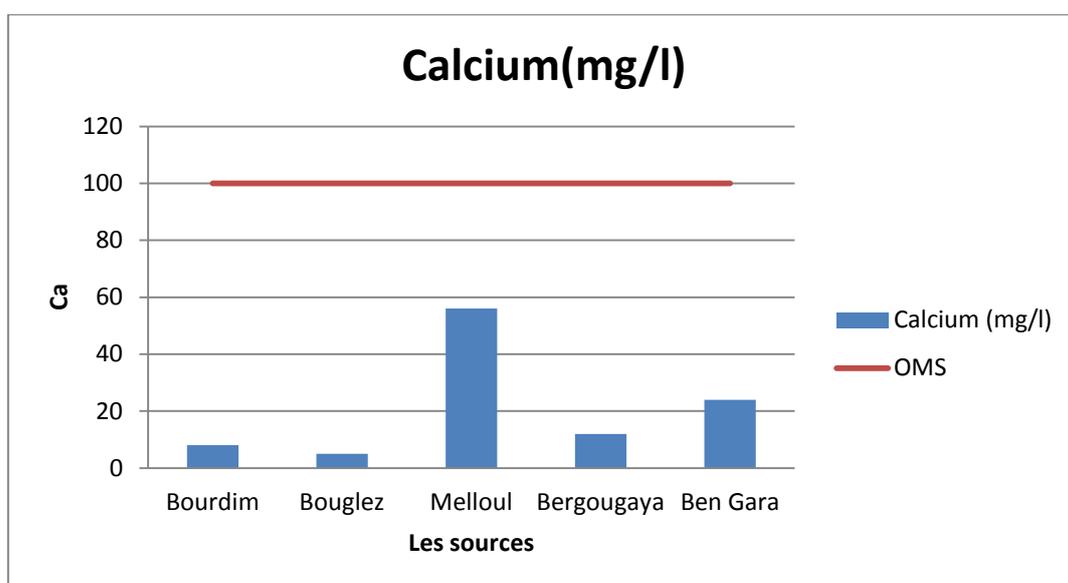


**Figure.38:** Évolution de la turbidité.

Les valeurs enregistrées varient entre 0.47 et 5.36 (NTU), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Bourdim (5.36 NTU), et la plus faible au niveau de la source Bergougaya (0.47 NTU).

Les totalités des mesures faites sur les eaux des sources sont conformes à la valeur objective de 5 NTU, indiqué dans la norme OMS sauf la source de Bourdim.

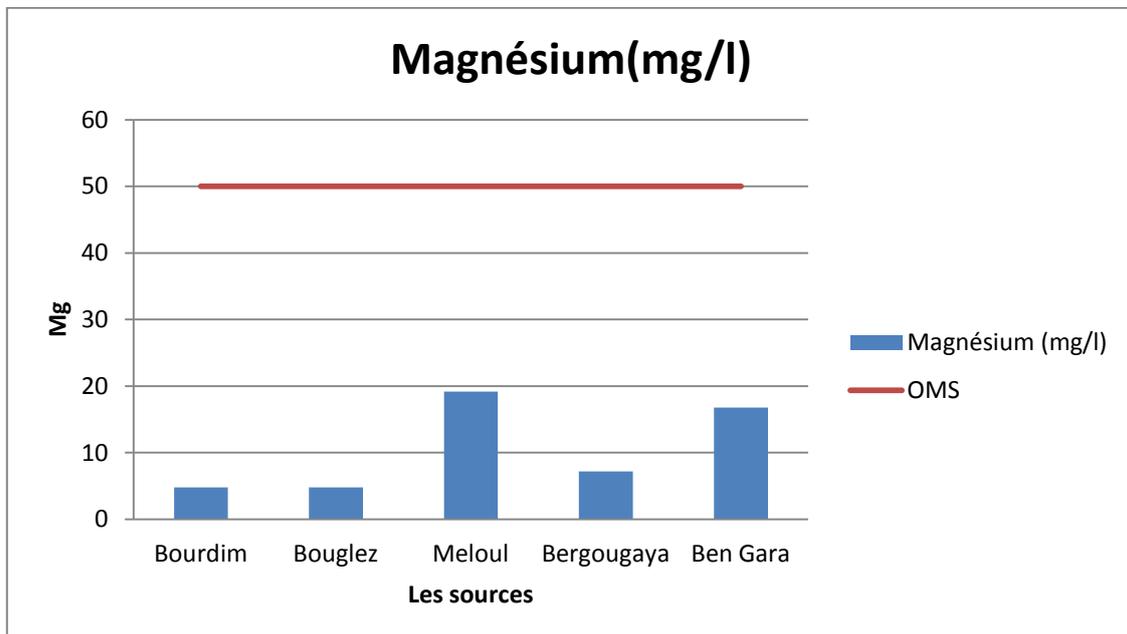
### 7. Le calcium Ca :



**Figure.39:**Évolution du calcium.

Les valeurs enregistrées varient entre 5 et 56 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (56 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (5 mg/l). Les concentrations du calcium mesurées sont conformes à la valeur admissible (Norme de potabilité OMS 100mg/L).

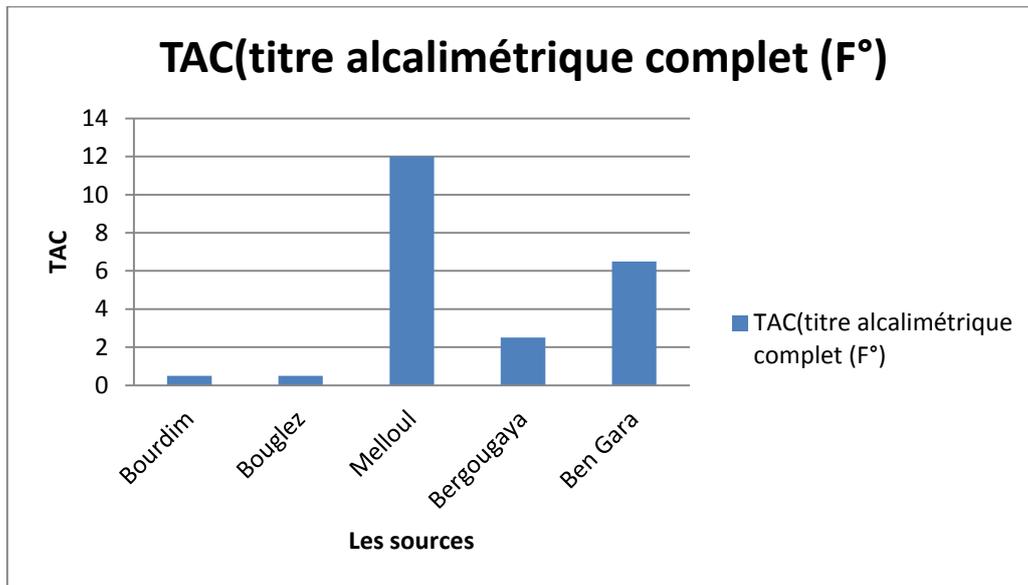
## 8. Magnésium :



**Figure.40:**Évolution du Magnésium.

Les valeurs enregistrées varient entre 4.8 et 19.2 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (19.2 mg/l), et la plus faible au niveau de les sources Bourdim et Bouglez (4.8 mg/l). Les concentrations du magnésium mesurées sont conformes à la valeur admissible (Norme de potabilité OMS 50 mg/L).

### 9. Titre alcalimétrique complet (TAC):



**Figure.41:Évolution du TAC.**

Les valeurs enregistrées varient entre 0.5 et 12 (F°), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (12 F°), et la plus faible au niveau de les sources Bourdim et Bouglez (0.5 F°).

### 10. Conclusion :

Ces analyses sont réalisées dans le but de faire un diagnostic de l'état physico-chimique des eaux des sources de la région d'El –Taref.

Après les études des paramètres physico-chimiques on peut dire que les eaux de sources étudiées sont potables et convient pour tous les usages.

La qualité répond aux normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Paramètre	OMS	Bourdim	Bouglez	Melloul	Bergougaya	Ben Gara
<b>Ph</b>	6.5-8.5	6.58	5.97	7.66	5.06	6.76
<b>Temp C°</b>	12-25	15.1	17.9	15	17.3	19.3
<b>Cond µs/cm</b>	400	172.6	144.6	480	251	379
<b>Salinité (g/l)</b>	/	0.1	0.1	0.2	0.12	0.18
<b>TDS mg/l</b>	500-1000	79.6	68.5	232	119.7	176.7

<b>Turbidité NUT</b>	5	5.36	1.65	2.14	0.47	0.62
<b>Calcium Mg/l</b>	100	8	56	8	12	24
<b>Magnésium Mg/l</b>	50	4.8	4.8	19.2	7.2	16.8
<b>TAC F°</b>	/	0.5	0.5	12	2.5	6.5

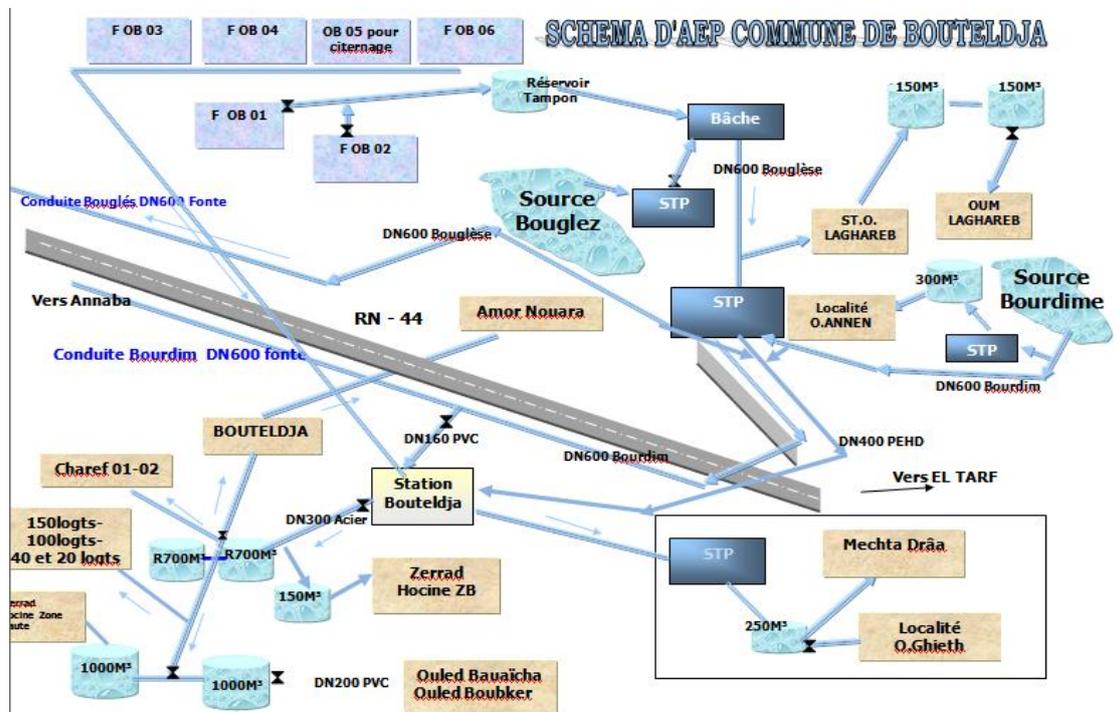
**Tableau n°10: Potabilité des eaux des sources d'El Taref**

**III. Étude des débits des sources étudiées :**

Les cinq sources étudiées (Bourdime, Bouglez, Melloul, Bergougaya et Ben Gara) situées dans le Nord-est Algérien (La Wilaya d’El Taref), se caractérisent par différents débits qu’ils ne se varient pas trop au cours de la saison.

**1 .Les débits des sources de Bouglez et Bourdim :**

Ce sont des sources situées à Oum Lagaripe\_Boutelja qui sont marquée par leurs grands débits. Les eaux de ces sources sont destinées à l’alimentation en eau potable de la localité Bouteldja, Lac des oiseaux, Sidi Kaci, Ben Mhedi et Bordj Samar .



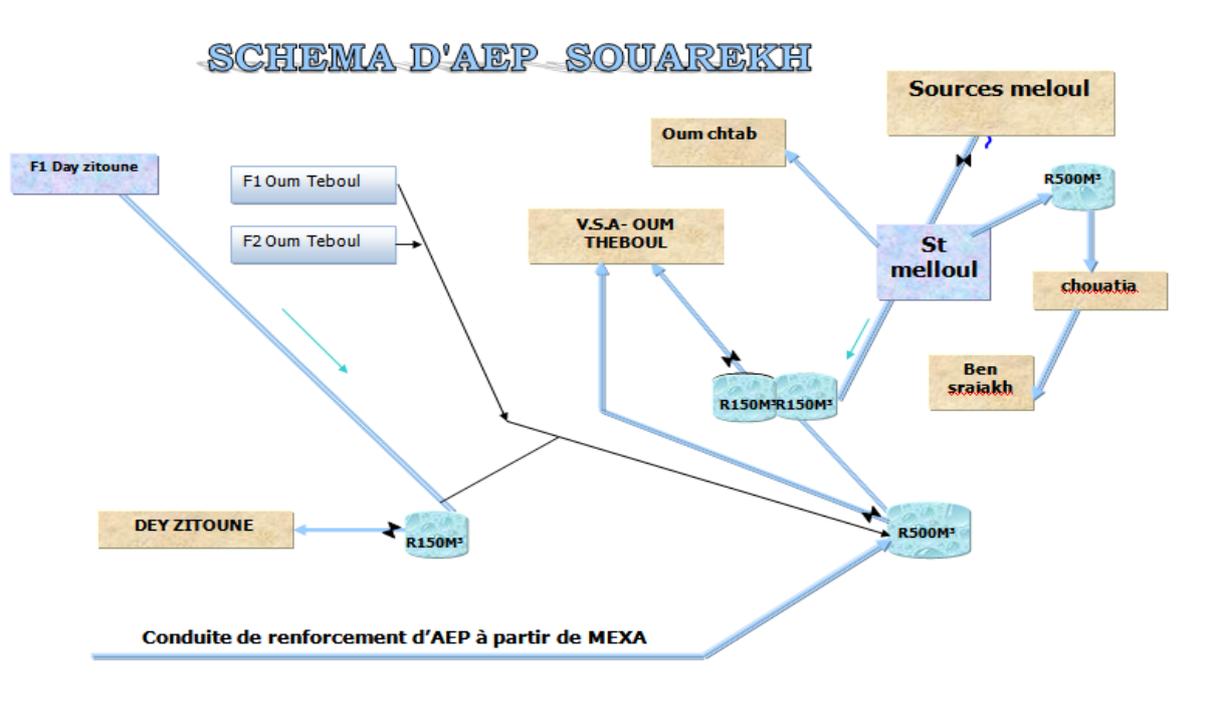
**Figure.42: Schéma d’AEP commune de Bouteldja.**

Le débit de la source Bouglez varie entre 88.8 l/s(Qmin) et 89.7 l/s(Qmax)  
 Et le débit de la source Bourdime varie entre 87.5 l/s(Qmin) et 90l/(Qmax)  
 (D'après Algérienne Des Eaux (ADE), El Taref).

## 2. Le débit de la source de Melloul :

C'est une source située à Oum Teboul \_el kala qui est marquée par son grand débit .L'eau de cette source est destinée à l'alimentation en eau potable de : Oum chtab, Oum Teboul, Malouel et La messida.

Le débit de la source Melloul varie entre 28.5 l/s(Qmin) et 32 l/s(Qmax).



**Figure.43:** Schéma d'AEP Souarekh.

## 3. Le débit de la source de Bergougaya :

C'est une source située à Al Aïoun \_ El Kala ; Après avoir visité cette source nous avons mesuré le débit à l'aide de récipient gradué transparent et un chronomètre.

Cette méthode consiste à mesurer le temps de remplissage de plusieurs volumes à l'aide d'un chronomètre. Cette méthode s'applique bien aux petits débits (quelques litres par seconde) et aux petites sections. On fait la moyenne des trois mesures et on utilise la formule  $Q=V/t$

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

La date	V(l)	T(s)	Q (l/s)	Qmoy (l/s)
04/01/2020	0.75	5.02	0.15	0.14
	1	7.11	0.14	
	1.5	10.06	0.15	

**Tableau n°11:** Mesures de débit de Source Bergougaya.

#### 4. Le débit de la source de Ben Gara :

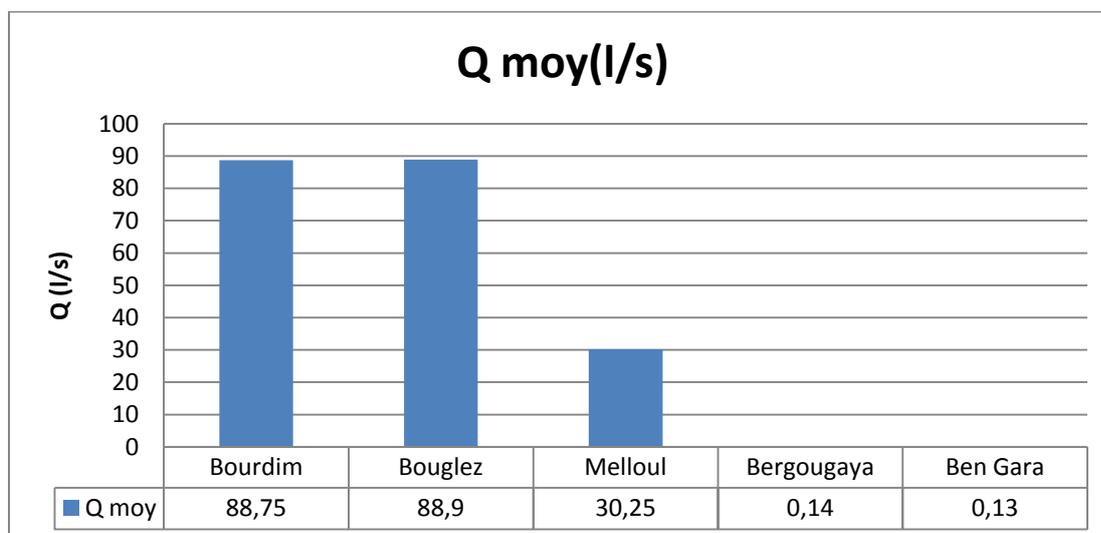
C'est une source située à Oum Teboul\_ El Kala ; Après avoir visité cette source nous avons mesuré le débit selon la méthode précédente et enregistré les résultats dans le tableau suivant :

La date	V(l)	T(s)	Q (l/s)	Qmoy (l/s)
04/01/2020	0.75	5.77	0.13	0.13
	1	7.69	0.13	
	1.5	10.71	0.14	

**Tableau n°12:** Mesures de débit de Source Ben Gara.

#### 5. Représentation des débits des sources :

Le débit des cinq sources étudiées (Bouglez, Bourdim, Melloul, Ben Gara et Bergougaya) varie d'une source à l'autre.



**Figure.44:** Représentation des débits des sources étudiées.

On remarque que les débits des sources Bouglez et Bourdim sont plus importants par rapport aux les autres sources .Ainsi que la source Melloul ,qui se caractérise par son grand débit (32 l/s), et les débits des sources de Bergougaya et Ben Gara sont très faible par rapport aux autres sources (figure 44).

#### IV.Indice de variabilité des sources R :

R est le rapport du débit maximum au débit minimum.

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

D'après l'indice R, un classement de sources a été donné par H.SCHOELLER.

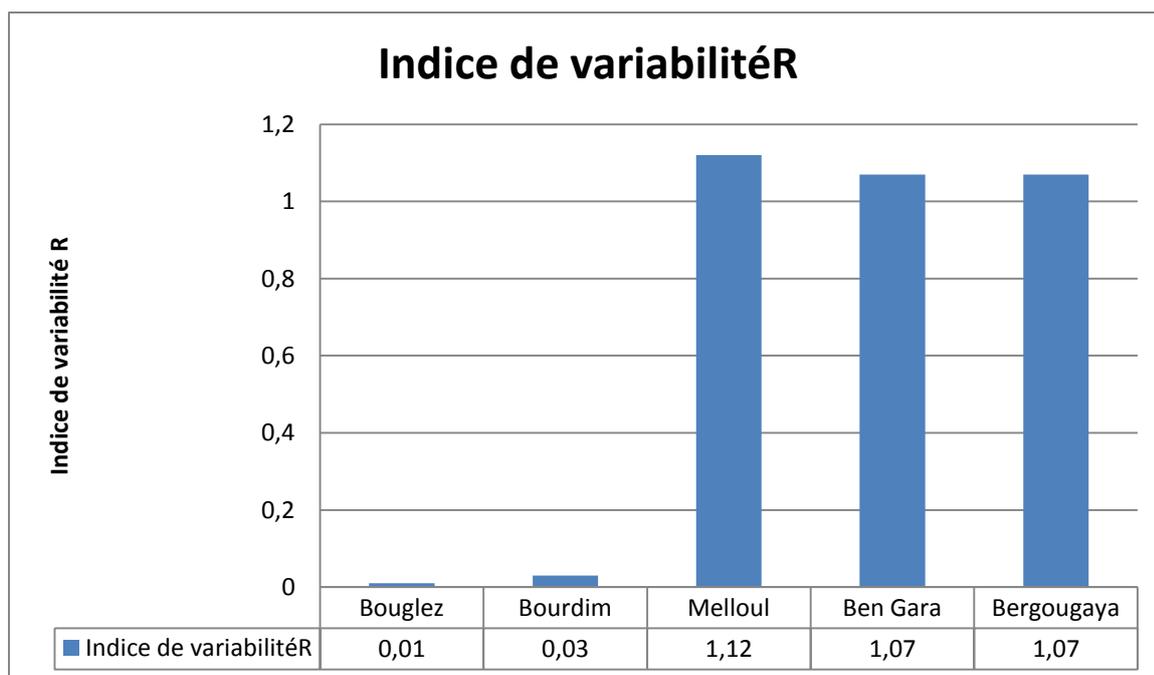
- 1 < R ≤ 2 sources constantes.
- 2 < R ≤ 10 sources moyennement variables.
- 10 < R ≤ 50 sources variables.
- R > 50 sources très variables.

Indice de variabilité des sources étudiées :

Nom de source	Q max	Q min	Type de source	Indice de variabilité	observation
<b>Bouglez</b>	89.7	88.8	Pérenne	1.01	<b>constante</b>
<b>Bourdime</b>	90	87.5		1.03	<b>constante</b>
<b>Melloul</b>	32	28.5		1.12	<b>constante</b>
<b>Ben Gara</b>	0.14	0.13		1.07	<b>constante</b>
<b>Bergougaya</b>	0.15	0.14		1.07	<b>constante</b>

**Tableau n°13:** Variation de l'indice de variabilité R.

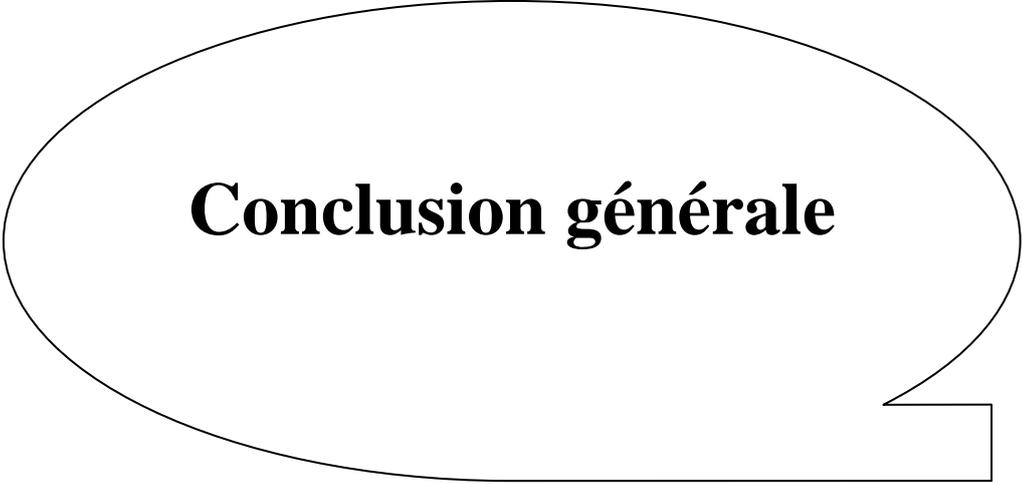
Les indices de variabilité des cinq sources étudiées (Tableau n°13) ,montrent que toute les sources sont constantes dans le temps.



**Figure.45** : La variation de l'indice de variabilité R.

### Conclusion:

En raison de l'importance des débits des sources de Bouglez, Bourdim et Melloul , elles sont destinées à l'alimentation en eau potable de plusieurs commune : Bouteldja, Lac des oiseaux, Sidi Kaci, Ben Mheddi , Bordj Samar , Oum chtab, Oum Teboul, Melloul et La messida ; Et les sources de Ben Gara et Bergougaya sont à faible débits, elles représentent la source d'eau potable pour les habitants de la région d'Oum Teboul et l'Aïoun .



**Conclusion générale**

### **Conclusion générale :**

Cette étude a été consacrée essentiellement à la valorisation et l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau des sources (Bouglez, Bourdime, Melloul, Ben Gara et Bergougaya) situées dans le Nord-est Algérien (la wilaya d'El Taref).

Le massif de Bouthelja et le massif d'El Kala renferment dans ses sous sol un potentiel hydrique assez important, constituées par des réseaux des sources utilisées essentiellement pour l'alimentation en eau potable.

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen qui est tempéré, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une pluvieuse et humide et l'autre sèche et chaude. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 681.47 mm au Salines et 631.95 mm à Ben M'hidi et de températures annuelles moyennes de l'ordre de 17.85°C (Salines) et 17.59 °C (Ben M'hidi).

L'étude des différentes analyses physico-chimiques effectuées nous ont conduits à conclure que les eaux de ces sources sont potables et convient pour tous les usages, et la qualité répond aux normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

**Référence:**

Chellil.L,Djoughri.N«2013» :Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia.Université A.MIRA.BEJAIA.

Hadef.D,Hasni.M «2017» :Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane de la région de Khmis Miliana.W.Ain Defla.Université Djilali Bounamda.

Saadli .B «2007» : Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de Bouthelja.Université Badji Mokhtar.Annaba.

Ghandjati.S,Benmerabet.D«2018» : Etude de la qualité physico-chimique des sources d'eau souterraine de la commune de SERAIDI.W.Annaba.

Bouchrit.A«2011» : Aspects quantitatif et socio-économique de quelques sources de Séraïdi.Université Badji Mokhtar.Annaba.

Cours : Propriété des eaux de consommation et normes de potabilité.Mme Kherfene (Chapitre1, Master II).

Cours : traitement des eaux .Mme Hachmi Rachdi (Master I).

Fiche documentaire : Analyse physico-chimique.