

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

*Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : des Sciences de la Terre et de  
l'Univers



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم: علوم الأرض والكون

## **Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

**Option : Hydrogéologie**

**Thème**

**Evolution et usages de la ressource en eau dans le sous-bassin  
de l'oued Boumerzoug (10-05),  
(Constantine, Nord-Est algérien)**

### **Membres de Jury**

**Président :** Souhila CHEDDAD

**Examineur :** Fares KESSASRA

**Encadreur :** Hocine KINIOUAR

### **Présenté par :**

Amira KERDOUN

Nourhane ZOUIED

**Année Universitaire 2021-2022**

Numéro d'ordre (bibliothèque) :.....

## ***REMERCIEMENTS***

*On remercie tout d'abord le bon Dieu qui nous a aidé à terminer ce travail. On tient à remercier très vivement et respectueusement notre encadrant **Mr. Houcine Kiniouar**, pour son soutien et son aide.*

*Nos remerciements aussi vont aux membres de jury : **Mr. Fares Kessasra** et **Mme. Souhila Cheddad** pour avoir acceptés d'examiner notre mémoire et qui nous ont fait l'honneur d'accepter d'être parmi le jury de notre soutenance de fin d'études.*

*En fin nous passons nos remerciements à tous nos amis et collègues pour leurs encouragements, soutiens et pour tous les bons moments que nous avons passés ensemble.*

## *Dédicace*

*Les louanges sont à **ALLAH** seigneur des mondes qui comble de grâce en me permettant d'achever en bonne santé ce modeste travail que je dédie :*

*A Mes chers parents, «**Ammar**» et ma mère «**Leïla**» pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

*A Mes chères sœurs «**Samah**» et «**Imane et ses princesses Tasnime et Nourcine**». A Mes frères «**Adel et Mohamed**»*

*Je dédie toute **ma famille**, oncle, tantes et tous mes proches*

*Mon binôme de travail «**Amira**»*

*A tous mes chères amies surtout **Roumeysa***

*Toute la promotion de Master hydrogéologie.*

## **Dédicace**

*A mon père **Nacereddine**, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation*

*A ma très chère mère **Fatima Zohra**, tu es l'exemple de dévouement qui m'a donné la vie, n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*A mon frère **Aymen** et mes sœurs **Madîha, NabîLa, Chaïma**, je souhaite que dieu vous garde et éclaire votre route et vous aide à réaliser vos rêves ...*

*A mon cher oncle « **Laouar Rabah** » et sa femme « **Sîham** » pour leur soutien et leurs encouragements qui m'ont donné un deuxième souffle.*

*Une spéciale dédicace à mon binôme **Nourhane Zouied** qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille ...*

*Je tien à faire parvenir mes sincère reconnaissance à mes amies proches « **Aya, Sousou, Djoumana, Aya, Habîba, Khalîda, Roumaysa...** »*

*Je vous remercie de votre patience. Vous m'avez aidé toujours à avancer vous êtes tous des grandes amies, merci d'être toujours proches de moi... Dédicace A mes enseignants de l'école de primaire jusqu'à l'université pour tous les informations et les conseils précieux qui m'ont donné ... Merci à tous.*

Le sous bassin de Boumerzoug occupe une grande partie de la wilaya de Constantine et le reste s'étend sur la wilaya d'Oum El Bouaghi , d'une superficie de 1832 Km<sup>2</sup> , et une population de 946432 habitants, englobe un potentiel hydrique important.

Le développement socioéconomique du sous bassin versant a engendré une augmentation importante de la demande en eau des différents secteurs usagers de l'eau à savoir, l'alimentation en eau potable, agriculture et l'industrie. Cette étude a été menée afin d'arriver à une estimation perspective des besoins en eau, nous essayons d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau , en se basant sur la quantité des potentialités hydriques dans le sous bassin versant , pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion intégrée des ressources en eau.

**Mots clés :** Sous-bassin Versant Boumerzoug , climat semi-aride , Gestion des ressources, Eaux souterrains , Eaux de surface . Besoins en eau.

The Boumerzoug sub-basin occupies a large part of the wilaya of Constantine and the rest extends over the wilaya of Oum El Bouaghi, with an area of 1832 km<sup>2</sup>, and a population of 946,432 inhabitants, encompasses significant water potential.

The socio-economic development of the under watershed has generated a significant increase in the demand for water from the various water-using sectors, namely drinking water supply, agriculture and industry. This study was conducted in order to arrive at a perspective estimate of water needs, we try to apply the concepts of an integrated and sustainable management of water resources, based on the quantity of water potential in the under watershed, in order to establish the main axes of this new vision which aims to improve the integrated management of water resources.

**Keywords:** Sub Boumerzoug Watershed, semi-arid climate, Resource management, Groundwater, Surface water, water needs.

يحتل حوض بومرزوق الفرعي جزءًا كبيرًا من ولاية قسنطينة والباقي يمتد على ولاية أم البواقي بمساحة 1832 كيلومترًا مربعًا، ويبلغ عدد سكانه 946432 نسمة، ويشمل إمكانات مائية كبيرة.

أدت التنمية الاجتماعية والاقتصادية لحوض المستجمعات الفرعية إلى زيادة كبيرة في الطلب على المياه من مختلف القطاعات التي تستخدم المياه، مثل إمدادات مياه الشرب والزراعة والصناعة. أجريت هذه الدراسة من أجل الوصول إلى تقدير منظور للاحتياجات المائية، نحاول تطبيق مفاهيم الإدارة المتكاملة والمستدامة لموارد المياه، بناءً على كمية المياه المحتملة في حوض التجميع الفرعي، من أجل لتحديد المحاور الرئيسية لهذه الرؤية الجديدة التي تهدف إلى تحسين الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

**الكلمات المفتاحية:** مستجمعات مياه جنوب بومرزوق ، مناخ شبه جاف ، تسيير الموارد ، مياه

جوفية ، مياه سطحية، الاحتياجات المائية.

# Sommaire

---

Remerciements	
Dédicace	
Résumé.....	v
Abstract.....	vi
ملخص.....	vii
Liste des figures .....	xiii
Liste des tableaux.....	xi
Liste des symboles.....	xii
Introduction générale .....	1

## Chapitre I : Caractéristiques générales de sous bassin

I.1. Généralités sur la région d'étude .....	4
I.1.1 Présentation du sous-bassin du Boumerzoug.....	4
I.1.2. Relief.....	6
I.1.3. Réseau hydrographique.....	6
I.1.4. Couvert végétal.....	7
I.1.5. Climat.....	9
I.1.6. Industrie .....	9
I.1.7. Agriculture.....	9
I.1.8. Population.....	9
2. Conclusion.....	10

## Chapitre II : Géologie

II. 1 Géologie régionale.....	11
II.1.1. Introduction.....	11
II.1.2. Domaines structuraux de la chaîne alpine d'Algérie.....	12
II.1.2.1. Domaine interne.....	12
II.1.2.1.1. Socle Kabyle .....	12
a)Un ensemble supérieur.....	12
b) Un ensemble inférieur.....	13
II.1.2.1.1.1. Couverture du Socle Kabyle.....	13
II.1.2.1.1.1.1. L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K).....	13
II.1.2.1.1.1.2. Les Olistostromes.....	13
II.1.2.1.2. Dorsale Kabyle.....	13
II.1.2.1.2.1. Dorsale interne.....	13

## *Sommaire*

---

II.1.2.1.2.2. Dorsale médiane.....	13
II.1.2.1.2.3. Dorsale externe.....	13
II.1.2.2. Domaine médian (Formations de types flyschs).....	14
II.1.2.2.1. Le flysch Massylien.....	14
II.1.2.2.2. Le flysch Mauritanien .....	14
II.1.2.2.3. Le flysch Numidien.....	14
II.1.2.3. Domaine externe.....	14
II.1.2.3.1. Les unités ultra-telliennes.....	14
II.1.2.3.2. Les unités telliennes sensu-stricto.....	15
II.1.2.3.3. Les unités pénitelliennes.....	15
II.1.2.4. Domaine de l'avant pays.....	15
II.1.2.4.1. L'Avant pays allochtones.....	15
II.1.2.4.1.1. Les unités Sud-Sétifiennes.....	15
II.1.2.4.1.2. Les unités néritiques constantinoises.....	16
II.1.2.4.1.3. Les unités des Sellaoua.....	16
II.1.2.4.2. L'Avant pays autochtones.....	16
II.2. Géologie locale.....	17
II.2.1. Analyse Lithostratigraphie de la région.....	17
II.2.1.1. Le Trias.....	17
II.2.1.2. La nappe néritique constantinoise.....	17
II.2.1.2.1. Le Jurassique supérieur.....	18
II.2.1.2.2. Le Néocomien.....	18
II.2.1.2.3. Le Barrémien.....	18
II.2.1.2.4. L'Aptien.....	18
II.2.1.2.5. L'Albien et le Vraconien.....	18
II.2.1.2.6. Le Cénomaniens.....	18
II.2.1.2.7. Le Turonien.....	18
II.2.1.2.8. Le Sénonien transgressif.....	18
II.2.1.3. Les nappes telliennes.....	21
II.2.1.3.1. La nappe ultra-tellienne.....	21
II.2.1.3.2. Les nappes telliennes sensu-stricto.....	21
II.2.1.3.3. La nappe numidienne ou flysch numidien.....	21
II.2.1.4. Les séries post-nappes.....	22
II.2.1.4.1. Le Miopliocène continental.....	22
II.2.1.4.2. Le Quaternaire.....	22

## *Sommaire*

---

II.2.2. Le style tectonique des unités telliennes.....	23
II.2.2.1. La nappe numidienne.....	23
II.2.2.2. La nappe ultra-tellienne.....	23
II.2.2.3. Les nappes telliennes au sens- stricte.....	23
II.2.2.4. La nappe néritique constantinoise.....	23
II.3. Conclusion.....	24

### **Chapitre III Hydrogéologie**

III.1. Introduction.....	26
III.2. Hydrogéologie du sous-bassin de Boumerzoug.....	26
III.2.1. Travaux de Mebarki.....	26
III.2.1.1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises (DI).....	27
III.2.1.1.1. Les massifs carbonatés du néritique constantinois.....	27
III.2.1.1.2. Les trop-pleins non captés.....	27
III.2.1.2. Bassin néogène de Constantine-Mila (DII).....	27
III.2.2. Plan National de l'Eau.....	28
III.2.2.1. L'aquifère de la région de Constantine.....	28
III.2.2.2. L'aquifère de la plaine de Telaghma - Ain M'lila.....	29
III.2.2.3. L'aquifère de la région d'Oum Bouaghi-Ain Beida.....	29
III.2.2.4. L'aquifère de la plaine d'El Madher.....	31
III.3. Conclusion.....	32

### **Chapitre IV Hydroclimatologie**

IV.1. Introduction.....	34
IV.2. Les facteurs climatiques.....	34
IV.2.1. Précipitations.....	34
IV.2.1.1. Précipitations moyennes annuelles.....	34
IV.2.1.1.1. Coefficient de précipitation.....	34
IV. 2.1.1.2. Station d'Ain El Bey.....	35
IV. 2.1.1.3. Station de Fourchi.....	36
IV.2.1.1.4. Comparaison des précipitations moyennes annuelles.....	37
IV.2.1.2. Précipitations moyennes mensuelles.....	38
IV.2.1.2.1. Station Ain El Bey .....	38
IV.2.1.2.2. Station Fourchi.....	38
IV.2.1.3. Précipitations saisonnières.....	39

## *Sommaire*

IV.2.2. Température de l'air.....	40
IV.2.3. Relation Températures – Précipitations.....	40
IV.2.3.1. Diagramme ombro-thermique.....	40
IV.2.4. Humidité atmosphérique.....	41
IV.2.5. Humidité du sol.....	42
IV.2.6. Indice d'aridité de De Martone.....	43
IV.3. Bilan Hydrique.....	44
IV.3.1. Les composants du bilan hydrique.....	44
IV.3.1.1. Évapotranspiration.....	45
IV.3.1.2. L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	45
IV.3.1. 3. L'évapotranspiration réelle ETR ou déficit d'écoulement (De).....	46
a. Formule de Turc.....	46
b. Formule de Coutagne.....	47
IV.3.2. Méthode du bilan hydrique de Thornthwaite.....	48
IV.4. Paramètres du bilan hydrologique.....	50
IV.4.1. Ruissellement superficiel (R).....	51
IV.4.2. Infiltration (I).....	51
IV.5. Conclusion.....	52

### **Chapitre V : Gestion des ressources en eaux**

V.1. Introduction.....	54
V.2. Gestion intégré des ressources en eaux (GIRE).....	55
V.2.1.Définition.....	55
V.2.2. Principes de la GIRE.....	55
V.2.3.Avantages de la GIRE.....	55
V.2.3.1. Avantages environnementaux.....	55
V.2.3.2 Avantages agricoles.....	56
V.3. Problème de l'eau.....	56
V.3.1.Dans le monde.....	56
V.3.2. En méditerranée.....	56
V.3.3. En Algérie.....	58
V.4. Etude de Cas : Sous bassin versant du Boumerzoug .....	59
V.4.1. Ressources en eau du sous bassin.....	59
V.4.1.1.Ressources superficielles.....	59
a. Les oueds.....	59
b. Les barrages.....	60

## *Sommaire*

---

c. Les retenues collinaires.....	60
V.4.1.2. Les ressources souterraines.....	60
a. Les puits.....	60
b. Les sources.....	60
c. Les forages.....	60
V.4.2. Evolution de l'AEP de 1998 à 2007.....	61
V.4.2.1. Ressources en eau pour l'AEP en 1998.....	61
V.4.2.2. Ressources en eau pour l'AEP 2000.....	62
V.4.2.3. Ressources en eau pour l'AEP 2001.....	63
V.4.2.4. Ressources en eau pour l'AEP 2002.....	64
V.4.2.5. Ressources en eau pour l'AEP 2003.....	65
V.4.2.6. Ressources en eau pour l'AEP 2007.....	67
V.4.3. Evolution de l'alimentation en eau pour l'irrigation de 1998 à 2007.....	68
V.4.3.1. Ressources en eau pour l'irrigation en 1998.....	68
V.4.3.2. Ressources en eau pour l'irrigation en l'an 2000.....	69
V.4.3.3. Ressources en eau pour l'irrigation en 2001.....	69
V.4.3.4. Ressources en eau pour l'irrigation en 2002.....	70
V.4.3.5. Ressources en eau pour l'irrigation en 2003.....	70
V.4.3.6. Ressources en eau pour l'irrigation en 2007.....	71
V.4.4. Evolution de l'alimentation en eau pour l'industrie de 1998 à 2003.....	73
V.4.4.1. Ressources en eau pour l'industrie en 1998.....	73
V.4.4.2. Ressources en eau pour l'industrie en 2000.....	74
V.4.4.3. Ressources en eau pour l'industrie en 2001.....	75
V.4.4.4. Ressources en eau pour l'industrie en 2002.....	76
V.4.4.5. Ressources en eau pour l'industrie en 2003.....	77
V.4.5. Consommation en eau globale dans le sous bassin.....	78
V.5. Conclusion.....	79
Conclusion générale.....	81
Références	
Annexes	

**Chapitre I : Caractéristiques générales de sous bassin**

<b>Fig.I.1.</b> Situation géographique du sous-bassin versant de Boumerzoug (Google earth).....	5
<b>Fig.I.2.</b> Situation géographique et chevelu hydrographique du sous-bassin versant de Boumerzoug (ABH, 2007).....	5
<b>Fig.I.3.</b> Réseaux hydrographique du sous-bassin versant de Boumerzoug (Bouterraa, 2007).....	7
<b>Fig.I.4.</b> La couverture végétale du sous bassin de Boumerzoug Boumerzoug (Bouterraa, 2007).....	8
<b>Fig.I.5.</b> Nombre d'habitants (RGPH, 2008).....	10

**Chapitre II : Géologie**

<b>Fig.II.1.</b> Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga et Fontboté, 1980).....	11
<b>Fig.II.2.</b> Coupe synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Constantinois) Durand Delga, 1969).....	12
<b>Fig.II.3.</b> Carte schématique des différents domaines (Lahondère, 1977).....	16
<b>Fig.II.4.</b> Le sous bassin du Boumerzoug dans son cadre géologique (Farah, 1992).....	19
<b>Fig.II.5.</b> Corrélation lithostratigraphique de la région de Constantine (Marmi et <i>al</i> , 2001).....	20
<b>Fig.II.6.</b> Coupe interprétative dans la région de Constantine (la Carte géologique de Constantine au 1/200000, SONATRACH 1977).....	23
<b>Fig.II.7.</b> Coupe interprétative dans la région d'Ain M'lila (Vila, 1980).....	24

**Chapitre III Hydrogéologie**

<b>Fig.III.1.</b> Les grands domaines géologiques et hydrologiques du Kébir Rhumel (Mebarki, 1988).....	26
<b>Fig.III.2.</b> Bassin versant du Kébir Rhumel, nappes aquifères (PNE, 2010).....	28
<b>Fig.III.3.</b> La plaine d' Ain Beida - Oum El Bouaghi.....	31

**Chapitre IV Hydroclimatologie**

<b>Fig.IV.1.</b> Diagramme du coefficient pluviométrique Fourchi (1982-2011) ; Ain El Bey (1982-2011).....	35
---	----

<b>Fig.IV.2.</b> Précipitation moyennes annuelles Ain El Bey (1982-2011).....	36
<b>Fig.IV.3.</b> Précipitation moyennes annuelles Fourchi (1982-2011).....	36
<b>Fig.IV.4.</b> Précipitations moyennes annuelles Fourchi (1982-2011) ; Ain El Bey (1982-2011).....	37
<b>Fig.IV.5.</b> Précipitation moyenne mensuelles Ain El Bey (1982-2011).....	38
<b>Fig.IV.6.</b> Précipitations moyennes mensuelles Fourchi (1982-2011).....	38
<b>Fig.IV.7.</b> Répartition saisonnière des précipitations Ain El Bey (1982-2011) Fourchi (1982-2011).....	39
<b>Fig.IV.8.</b> Températures moyennes mensuelles Ain El Bey (1982- 2011).....	40
<b>Fig.IV.9.</b> Diagramme ombro-thermique Ain El Bey (1982- 2011).....	41
<b>Fig.IV.10.</b> Humidité moyenne mensuelle Ain El Bey (1982-2011).....	42
<b>Fig.IV.11.</b> Représentation graphique du bilan de Thornthwaite.....	49
<b>Fig.IV.12.</b> Evolution de la RFU Ain El Bey (1971-2006).....	50

## **Chapitre V Gestion des ressources en eaux**

<b>Fig.V.1.</b> Evolution des ressources en eau par habitant dans les pays de Sud et de l'Est de la Méditerranée entre 2000 et 2050. (Plan Bleu).....	57
<b>Fig.V.2.</b> Indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelables à l'échelle des pays entiers et bassins versants méditerranéens (2005-2010).....	58
<b>Fig.V.3.</b> Pays classés suivant le prélèvement d'eau souterraine par habitant (Margat, 2008).....	59
<b>Fig.V.4.</b> Volume transféré- Volume distribué (AEP) Année 1998.....	61
<b>Fig.V.5.</b> Volume produit- Volume distribué (AEP) Année 2000.....	62
<b>Fig.V.6.</b> Volume produit- Volume distribué (AEP) Année 2001.....	63
<b>Fig.V.7.</b> Besoins - Volume produit - Volume distribué (AEP) Année 2002.....	64
<b>Fig.V.8.</b> Besoins- Volume produit - Volume distribué (AEP) Année 2003.....	66
<b>Fig.V.9.</b> Besoin-Consommation (AEP) Année 2007.....	67
<b>Fig.V.10.</b> Besoins - Ressources allouées (Irrigation) Année 1998.....	68
<b>Fig.V.11.</b> Besoins - Ressources allouées -(Irrigation) Année 2000.....	69
<b>Fig.V.12.</b> Besoins - Ressources allouées (Irrigation) Année 2001.....	70

<b>Fig.V.13.</b> Besoins - Ressources allouées (Irrigation) Année 2002.....	70
<b>Fig.V.14.</b> Besoins - Ressources allouées (Irrigation) Année 2003.....	71
<b>Fig.V.15.</b> Volume Prélevé (Irrigation) Année 2007.....	71
<b>Fig.V.16.</b> Evolution des superficies irriguées Années: 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007.....	72
<b>Fig.V.17.</b> Besoins – Volume Alloué (industrie) Année 1998.....	73
<b>Fig.V.18.</b> Besoins – Volume Alloué (industrie) Année 2000.....	74
<b>Fig.V.19.</b> Besoins – Volume Alloué (industrie) Année 2001.....	75
<b>Fig.V.20.</b> Besoins – Volume Alloué (industrie) Année 2002.....	76
<b>Fig.V.21.</b> Besoins – Volume Alloué (industrie) Année 2003.....	77
<b>Fig.V.22.</b> Evolution de la consommation d'eau (AEP- Industrie –Agriculture).....	79
<b>Fig.V.23.</b> Nombre d'habitants durant l'année (1998-2007).....	79

**Chapitre I : Caractéristiques générales de sous bassin**

**Tab.I.1.** Industrie du chaque commune (ABH ,2007)..... 09

**Chapitre III Hydrogéologie**

**Tab.III.1.** Paramètres hydrodynamiques de quelques horizons aquifères de la nappe de d'Oum El Bouaghi- Ain Beida..... 30

**Chapitre IV Hydroclimatologie**

**Tab.IV.1.** Humidité relative moyenne mensuelle Ain El Bey (1982-2011)..... 41

**Tab.IV.2.** Rapport P/T Ain El Bey (1982-2011)..... 43

**Tab.IV.3.** Calcul de l'ETP selon Thornthwaite Ain El Bey (1971-2006)..... 46

**Tab.IV.4.** Bilan Hydrique d'après Thornthwaite Ain El Bey (1971-2006)..... 48

<b>ABH</b> .....	Agence de Bassin Hydrographique
<b>AEP</b> .....	Alimentation en Eau Potable
<b>ANRH</b> .....	Agence Nationale des Ressources Hydriques
<b>PNE</b> .....	Plan national de l'eau
<b>GWP</b> .....	Global Water Partnership
<b>RGPH</b> .....	Recensement générale de la population et de l'habitat
<b>HA</b> .....	Hectare
<b>HBT</b> .....	Habitant

# *Introduction générale*

L'eau est une ressource essentielle et limitée en particulier dans la région semi-aride méditerranéenne. Atteindre une gestion des ressources en eau durable est un objectif global commun dans cette région. Cela exige un équilibre entre les besoins de la population et la protection des ressources naturelles, sans nuire à l'intégrité du cycle hydrologique ou des systèmes écologiques qui en dépendent, de sorte que ces ressources en eau peuvent continuer à offrir des avantages pour l'amélioration des moyens de subsistance des gens et leur qualité de vie, de réduire la pauvreté et favoriser la croissance économique (jalala, 2005).

Algérie fait partie des pays à faibles ressources hydriques au regard des critères internationaux de pénurie (seuil de 1000 m<sup>3</sup> /hab/an).

L'évolution considérable de la demande en eau en Algérie, liée principalement à l'accroissement rapide de la population, au développement de l'urbanisation mais aussi à l'élévation du niveau de vie, a conduit le pays à accroître les capacités de stockage des eaux de surface, augmenter l'exploitation des nappes souterraines et réaliser des adductions et des transferts de volumes importants sur des distances de plus en plus grandes(Plan bleu, 2011) .

Notre étude du sous-bassin versant de Boumerzoug coïncide avec une étape très importante dans le développement de l'Algérie, qui accorde un intérêt particulier au potentiel hydraulique. Cet intérêt est traduit par un Plan National de l'Eau (PNE, 2005), qui propose un programme de gestion intégrée des ressources en eau suivant un découpage du territoire national en unités géographiques appelées BASSIN VERSANT. Ce nouveau concept aboutit à des réformes importantes qui vise d'une part à améliorer le service de l'eau auprès des populations en réduisant les gaspillages et en améliorant la gestion des équipements et d'autre part en développant les projets de mobilisation et de transferts de ressources nouvelles qui constituent en outre les éléments fondamentaux de la politique d'aménagement du territoire. (Boutraa, 2007).

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux. La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est donc un concept très large. Par conséquent, chaque pays l'applique en l'adaptant selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques relatives des acteurs de l'eau, le paysage culturel et les conditions naturelles qui lui sont propres ( Boutraa, 2007).

Notre étude sur le sous bassin versant de Boumerzoug a pour objectif,

L'identification des caractéristiques du bassin, la quantification de ces ressources en eau. Notre sous bassin fait partie de la wilaya de Constantine, Oum El Bouaghi

Le travail comprend Cinq chapitres :

- Le premier chapitre : décrit les caractéristiques et la situation générale du sous bassin versant de Boumerzoug.
- Le deuxième chapitre : Les caractéristiques géologiques du sous bassin versant de Boumerzoug (régionaux et locaux).
- Le troisième chapitre : est une description hydrogéologique, qui donne un aperçu sur les nappes aquifères de la région, ainsi que les exutoires des massifs.
- Le quatrième chapitre : est l'étude hydro climatologique consacrée à la caractérisation du climat de la zone d'étude.
- Le cinquième chapitre : représente la gestion de ressource en eau dans le sous bassin du Boumerzoug

Et finalement, on termine par une conclusion générale et des recommandations.

# *Chapitre I*

*Caractéristiques générales*

*du sous bassin*

## I.1. Généralités sur la région d'étude

### I.1.1 Présentation du sous-bassin du Boumerzoug

Situé entre les méridiens 6°28' E et 7°4' Est et les parallèles 35°53' et 36°25' Nord, le sous-bassin versant de Boumerzoug est tributaire du grand bassin du Kébir-Rhumel. Cependant, il se développe au sud de Constantine dans un rayon de plus de 60 km.

Cette région d'une superficie de 1832 Km<sup>2</sup> occupe une grande partie de la carte de Constantine 1/200000 et plusieurs cartes 1/50000, telle que celles de : Constantine, El Khroub, El Aria, Oued El Athmania, Ain M'Lila, Ain Kercha, Ain Fakroun, et Oum El Bouaghi.

Administrativement parlant, la région d'étude fait partie de la wilaya de Constantine et d'Oum El Bouaghi.

A l'intérieur de cette zone d'importants massifs calcaires s'élèvent au-dessus de grandes plaines ou de collines tourmentées, presque entièrement marneuses.

Cependant, il est limité :

- au nord par les hauts reliefs d'Oum Settas ;
- au sud par la partie occidentale des Sellaoua, le versant septentrional de Djebel Oum Kchrid et le Chebka d' Ain Kercha ainsi que les buttes marneuses de Bled Remada (Sud d' Ain M' lila) ;
- à l'est par la partie orientale du Djebel Mazela et le versant occidental du Djebel Djefa;
- à l'ouest par les hauts reliefs de Nif-En-Nser, Djebel Meimel, et les collines marneuses d'El Guerrah et de Guttar-El-Aïch .

La région étudiée est drainée par l'oued Boumerzoug et ses affluents.

Les principales voies de communication sont la RN 3 reliant Constantine à Biskra, la RN 10 reliant Constantine à Oum El- Bouaghi, et la RN 20 reliant Constantine à Guelma.

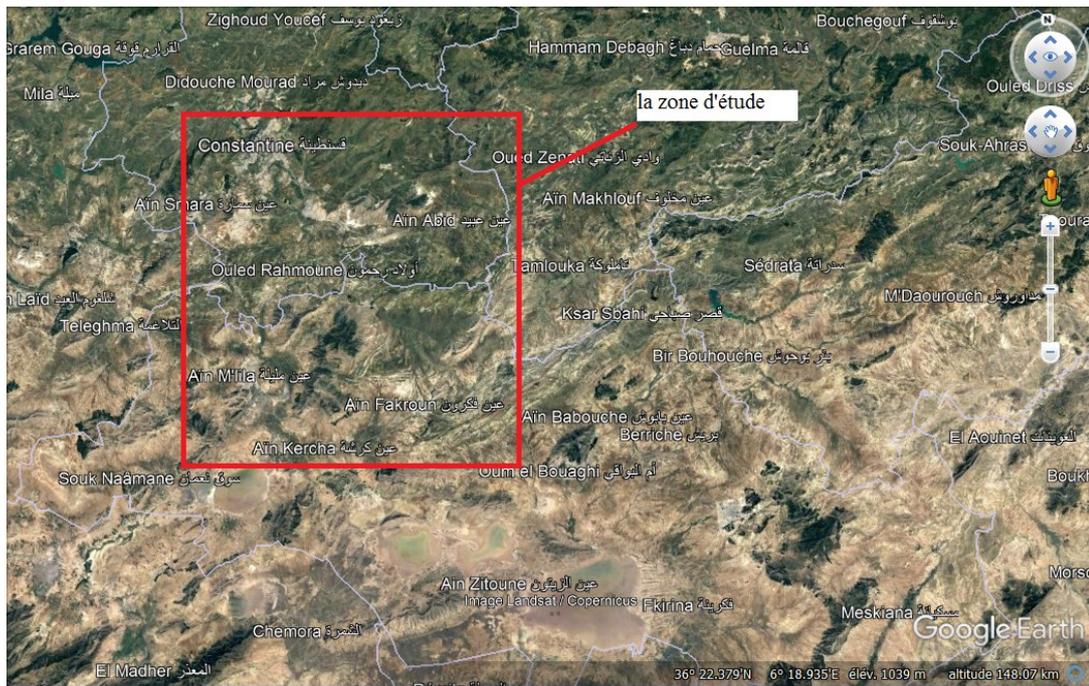


Fig.I.1. Situation géographique du sous bassin versant Boumerzoug (Google earth)

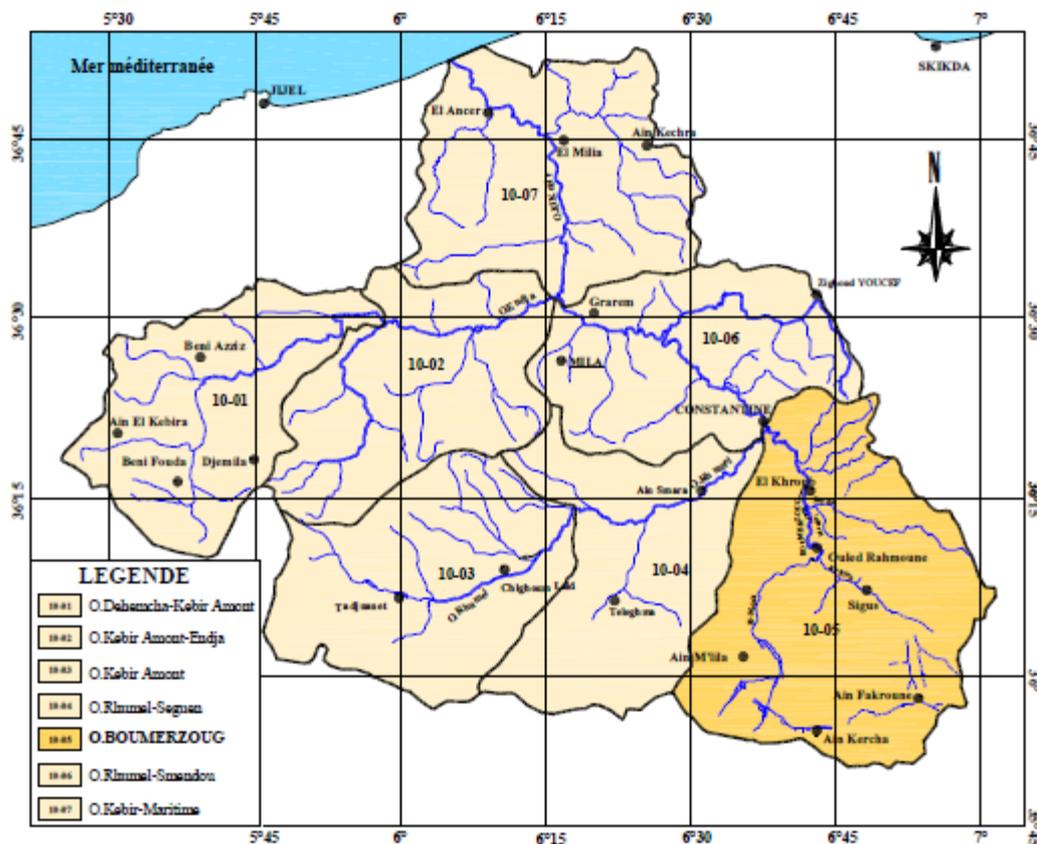


Fig.I.2. Situation géographique et chevelu hydrographique du sous-bassin versant de Boumerzoug (ABH, 2007)

### **I.1.2. Relief**

Vu sa situation géographique, le bassin versant de Boumerzoug forme une zone de passage entre les flancs sud de l'Atlas tellien et les hautes plaines.

Au Nord, la topographie est moyenne, les massifs forment une chaîne continue du Nord-Ouest au Nord-Est depuis Djebel Ghelich 1020 m au Djebel Lebda 1009 m avec un soulèvement à l'Est plus important au Djebel Oum Settas 1326 m.

Au Sud, les plaines font partie des hautes plaines constantinoises, où le relief est peu accusé sur des distances très grandes, leur altitude varie de 750 m à 900 m. Au milieu de ces plaines surgissent quelques massifs calcaires isolés et des rangées de basses collines.

Les massifs dominent les plaines de plusieurs centaines de mètres. Le sommet le plus élevé est Djebel Guerioum avec 1729 m d'altitude. Ce dernier, couvre une superficie importante. Les autres massifs montagneux ont des altitudes beaucoup plus réduites.

### **I.1.3. Réseau hydrographique**

L'oued Boumerzoug, oued principal sur le bassin versant de Boumerzoug a pour source principale la région dite Aioune Boumerzoug près de Ain M'lila. Son parcours est le plus souvent sinueux et coulante sur un relief plus ou moins plat au sud de Constantine soit 31 Km de longueur, Trois oueds principaux drainent les sous bassins versant couvrant le terrain d'étude :

- Oued El Mallah
- Oued El Kleb
- Oued El Berda

Le réseau hydrographique a un caractère temporaire, car les précipitations interviennent de manière irrégulière sur des terrains plus ou moins marneux et d'où émergent des massifs carbonatés importants au nord et au sud (Bouteraa, 2007)

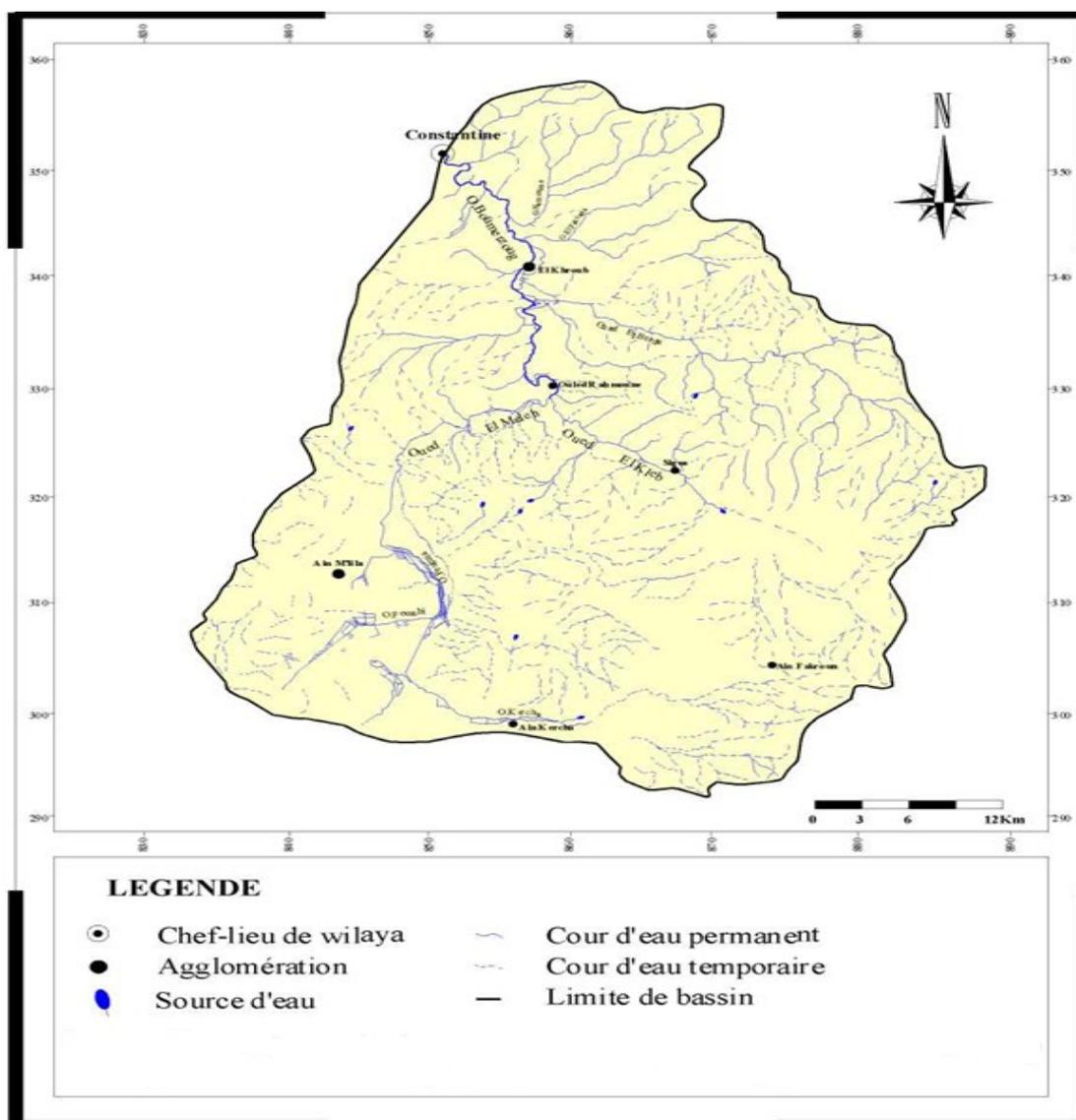


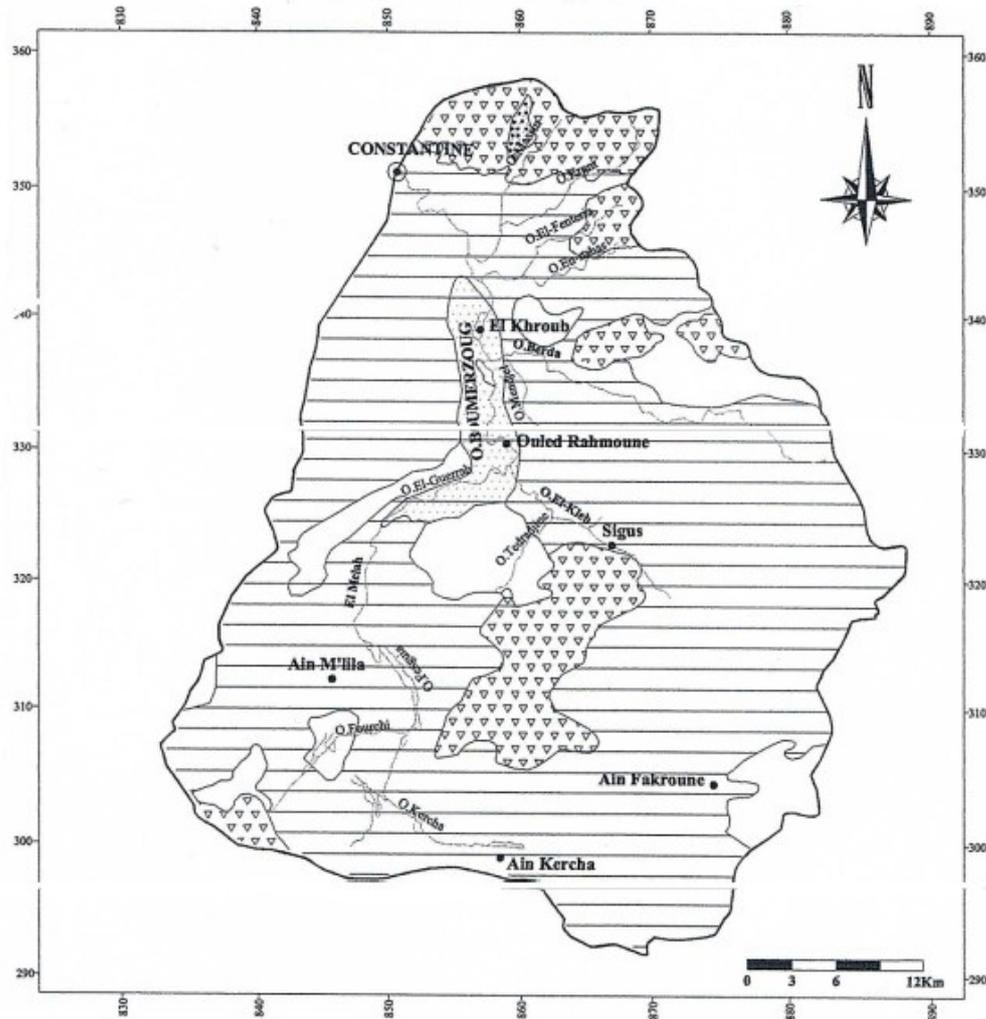
Fig.I.3. Réseau hydrographique du sous bassin versant de Boumerzoug (Bouterraa, 2007)

### I.1.4. Couvert végétal

Les versants sud du Djebel Guerioun et du Djebel Fortas sont parsemés d'une broussaille où apparaissent de temps à autre quelques arbustes de pins d'Alep. Cependant, sur les grès numidiens près de Sigus se développe une petite forêt de pin.

Les plaines du secteur sud telles que les plaines d'Ain M'lila et de Fourchi se caractérisent par un sol maigre et calcaire plus favorable au pâturage et à un degré moindre à la céréaliculture. Par contre, les plaines de la zone médiane (plaine de Sigus, Bounouara, El Khroub, et Ouled Rahmoune) sont occupées par des sols de nature marno-calcaire favorable à la céréaliculture.

Le long des vallées, le sol est généralement alluvionnaire plutôt favorable à l'arboriculture et au maraîchage (Bouterraa, 2007)



**Légende**

- |   |                     |  |  |
|---|---------------------|--|--|
| ⊙ | Chef-lieu de wilaya |  | Chêne liège                                    |
| ● | Agglomération       |  | Terres labourées et vergers(+terrains dénudés) |
| ~ | Cour d'eau          |  | Taillis, broussailles                          |
| — | Limite de bassin    |  | Prairies                                       |
|   |                     |  | Terrains dénudés                               |

*Fig.I.4. La couverture végétale du sous bassin de Boumerzoug, (Bouteraa, 2007)*

### I.1.5. Climat

La région d'étude est caractérisée généralement par un climat semi-aride. D'où un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud. (Boulaouidat ,2014)

### I.1.6. Industrie

L'industrie est concentrée autour des grandes agglomérations : Constantine, El Khroub, Ouled Rahmoune et Ibn Badis.

*Tab. I.1. Industrie du chaque commune (ABH ,2007)*

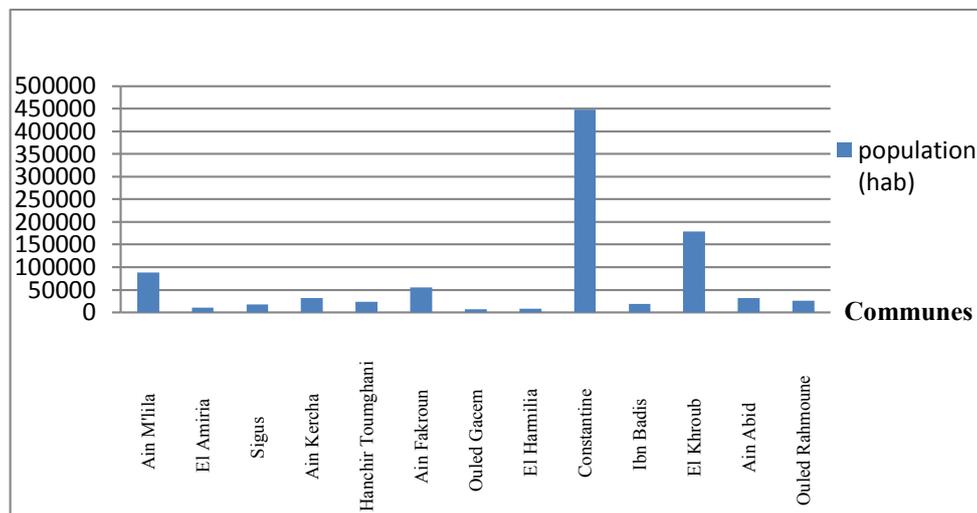
commune	type d'activité	nom de l'unité
El Khroub	Abattage d'ovins et bovins	Abattoir Municipal
	Boissons gazeuses et jus	SNC Frères Bouchair
	Machines et Outils	ENPMO
	Moteurs, Tracteurs	E.N.C.M.T
Constantine	Filature, Retordage, Tissage	COTEST
	Lait et ses dérivés	Laiterie Numidia
	Production et distribution de Gaz industriel	Linde Gaz Algerie
	Laiterie et fromagerie	SNC Rekima et fils
	Boissons gazeuses, Sirop	Limonaderie MIMOZA
	Boissons gazeuses	CRISTAL-PLUS
	Traitement de la peau brute (Cuir)	Mégisserie de l'Est
Ibn Badis	Produits tabagiques et allumettes	S.N.T.A Complexe 18 Février
	Production de margarine	SO.AL.CO
	Récupération du papier	Papier REC (Ex Gipec)
	Produits insecticides	Groupe Sophia SPI
Ain m'lila	Cabines sahariennes	CAB.AM
	Transformation de pierre en marbre	Sté Khentouche
	Production et raffinage des huiles alimentaires	Société de production des corps gras (PROLIPOS)
	Production de Filtre	S.A.R.L ITIFAK
	Abattoir de volaille	Abattoir Avicol Salhi Zoubir

### I.1.7. Agriculture

Les cultures maraîchères sont les principales activités des périmètres irrigués. Cependant, l'irrigation est mixte: gravitaire, aspersion et goutte à goutte (2007) et la superficie irriguée du sous bassin est de 3811,5 he.

### I.1.8. Population

D'après les données du recensement général de la population et de l'habitant (RGPH) de 2008, la population totale du sous-bassin est de 946432 habitants, répartis sur treize (13) communes (fig. I.5).



**Fig.I.5.** Nombre d'habitants (RGPH, 2008)

## 2. Conclusion

Le Boumerzoug est considéré comme le plus grand sous-bassin de Kébir-Rhumel caractérisé par une superficie de 1833,2 km<sup>2</sup>, occupant 21% de la surface globale de Kébir-Rhumel.

Le relief se range dans la classe d'un relief assez fort. Le Boumerzoug forme une zone de passage entre les flancs sud de l'Atlas tellien et les hautes plaines. Avec un climat régnant qui est généralement semi-aride, l'hiver est pluvieux et froid et l'été est sec et chaud. Concernant l'hydrographie, il est drainé par l'oued Boumerzoug et ses affluents.

Du point de vue socioéconomique, la population totale du sous-bassin est de 946432 hab (RGPH, 2008). L'agriculture est caractérisée par les cultures maraîchères qui sont les principales activités des périmètres irrigués. Mais, le long des vallées, le sol est généralement alluvionnaire plutôt favorable à l'arboriculture et au maraîchage. Pour l'industrie, elle est concentrée autour des grandes agglomérations de Constantine, d'El Khroub, d'Ouled Rahmoune et d'Ibn Badis.

***Chapitre II***  
***Géologie***

## II.1. Géologie régionale

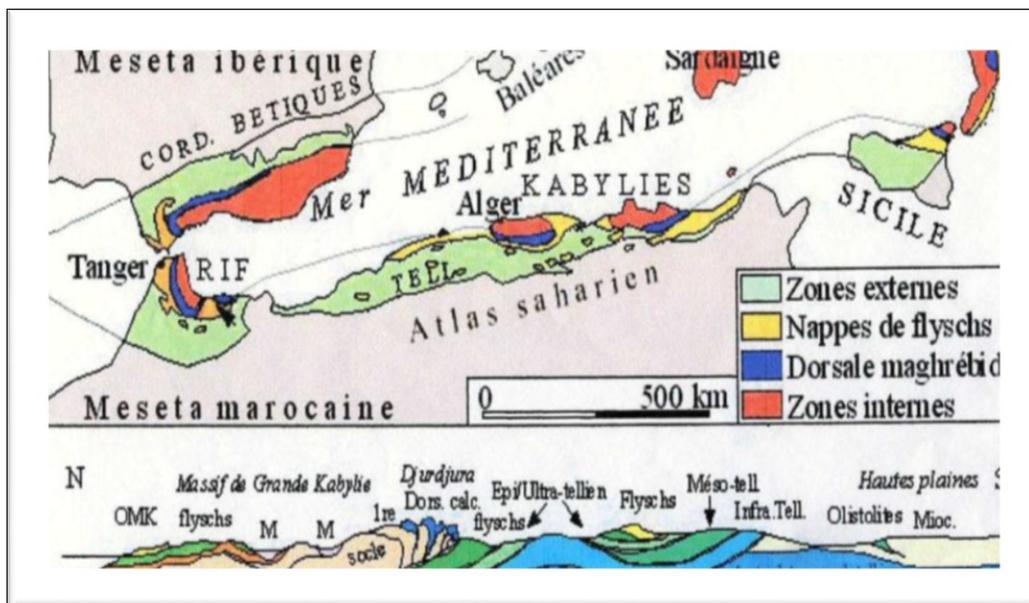
### II.1.1. Introduction

La chaîne alpine d'Algérie s'articule sur le Rif et constitue la chaîne tello-rifaine (Wildi, 1983) qui représente le segment occidental de la chaîne des maghrébides (Durand-Delga, 1980)

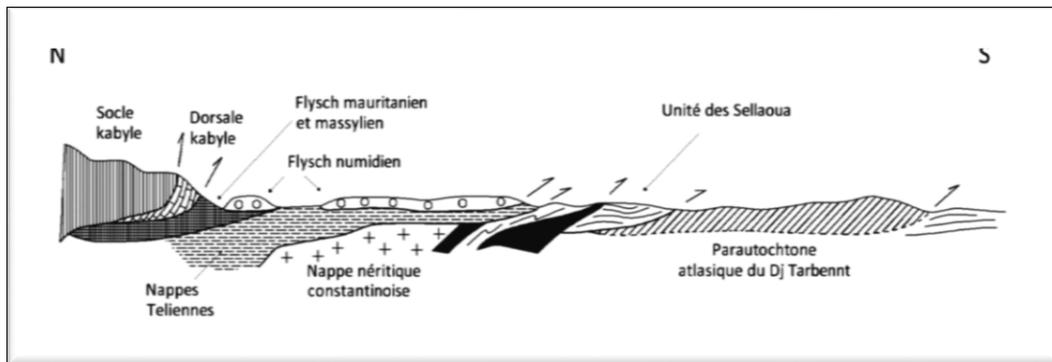
L'édifice orogénique de cette chaîne résulte de la structuration du bassin maghrébin et de ses marges, bassin qui se situait entre les marges continentales européennes et africaines (Wildi, 1983).

Les grandes lignes de la structure de la chaîne alpine d'Algérie, esquissées depuis de longue date, furent précisées par Kieken (1962), Durand-Delga (1969, 1980) et Vila (1980). Cette chaîne alpine s'étend sur plus de 2000 Km. Ces différents auteurs mettent en évidence trois domaines structuraux avec du Nord vers le Sud :

- Le domaine interne (socle et dorsale kabyle) ;
- Le domaine médian (les flyschs) ;
- Le domaine externe (nappes telliennes).



**Fig.II.1.** Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga et Fontboté, 1980)



*Fig.II.2. Coupe synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Constantinois)*

*(Durand Delga, 1969)*

## II.1.2. Domaines structuraux de la chaîne alpine d'Algérie

### II.1.2.1. Domaine interne

Ce domaine est situé au Nord, il comporte les formations cristallophylliennes du socle Kabyle et sa couverture sédimentaire. Cet ensemble est largement charrié vers le Sud (Bouillin, 1977 et Wildi, 1983).

#### II.1.2.1.1. Socle Kabyle

Il est représenté par des formations cristallophylliennes formant trois épitements amygdalaires au Nord de l'Algérie.

- Le massif de Chenoua à l'Ouest d'Alger ;
- Le massif de la grande Kabylie au centre ;
- Le massif de la petite Kabylie à l'Est.

Dans le massif de la petite Kabylie, le socle kabyle comporte deux grands ensembles

#### a) Un ensemble supérieur :

Cet ensemble est formé essentiellement de schistes, de micaschistes et de phyllades. Il est surmonté en discordance par des formations siluriennes (Delga, 1955) comportant de bas en haut :

- Des schistes noirâtres,
- Des psammites rouges et vertes à Graptolites,
- Des grès calcaires à Tentaculites,
- Des calcaires à Orthocères.

**b) Un ensemble inférieur :**

Gneissique, constitué de paragneiss, d'ortho-gneiss et de gneiss granulitique à intercalation de marbres et d'amphibolites.

En petite Kabylie, les formations cristallophylliennes du socle Kabyle sont largement charriées vers le Sud sur les formations de type flysch et les formations telliennes (Delga, 1955 et Bouillin, 1977).

**II.1.2.1.1.1. Couverture du Socle Kabyle****II.1.2.1.1.1.1. L'oligo-Miocène Kabyle (O.M.K)**

L'O.M.K Constitue la couverture sédimentaire transgressive du socle kabyle (Raoult, 1975).

**II.1.2.1.1.1.2. Les Olistotromes**

Les Olistotromes sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch intercalées avec des passées grés-micacées. Ces formations sont d'âge probable Aquitanien-Burdigalien inférieur (Bouillin, 1977).

**II.1.2.1.2. Dorsale kabyle**

Elle forme la couverture méridionale du socle kabyle, cette chaîne calcaire marque la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes au Sud. L'âge de ces formations carbonatées s'étale du Permo-Trias à l'Oligocène (Raoult, 1974). Cependant, Raoult (1974) prétend que la dorsale kabyle est subdivisée en unités qui sont du Nord au Sud:

**II.1.2.1.2.1. Dorsale interne**

Comportant des séries allant de Permo-Trias au Néocomien, représentées par des calcaires néritiques massifs riches en microfaune benthique qui atteignent le sommet du Lutétien.

**II.1.2.1.2.2. Dorsale médiane**

Elle est caractérisée par des dépôts marno-calcaires à microfaunes pélagiques du Turonien au Lutétien inférieur et par une lacune stratigraphique au Crétacé moyen.

**II.1.2.1.2.3. Dorsale externe**

Constituée essentiellement de calcaire dolomitique du Jurassique inférieur et par un Crétacé supérieur et Eocène inférieur détritique.

### **II.1.2.2. Domaine médian (Formations de types flyschs)**

Le domaine des flyschs se caractérise par des formations de type plain abyssal, mise en place par des courants de turbidité (Bouillin, 1986)

#### **II.1.2.2.1. Le flysch Massylien**

Le flysch massylien a été défini par Raoult (1969) au Kef Sidi Driss, dans le nord constantinois. Ce flysch comporte des argiles quartzitiques à la base d'âge crétacé inférieur et une alternance d'argiles et de microbrèches au sommet d'âge crétacé supérieur (Raoult, 1972).

#### **II.1.2.2.2. Le flysch Mauritanien**

Il est représenté par une série assez variée, à la base des radiolarites rouges du Malm (Vila, 1980) surmontée par un calcaire d'âge crétacé inférieur. Ce flysch se continue par une puissante série argilo-gréseuse à la base et surmonté par des calcaires d'âge crétacé supérieur et se termine par des formations conglomératiques et micro-conglomératiques d'âge Yprésien.

#### **II.1.2.2.3. Le flysch Numidien**

Le flysch Numidien est représenté par une série argilo-gréseuse d'âge Oligocène à Burdigalien basal. La série Numidienne typique est caractérisée, de la base au sommet, par une succession de trois types de faciès : des argiles à Tubotomaculum, des grès épais alternant avec des niveaux argileux et des marnes à silixites vers le sommet. Les argiles de base à Tubotomaculum dites sub-numidiennes, contiennent des passées gréseuses renfermant localement des niveaux à blocs variés d'âge Eocène. Ce terme est daté Oligocène depuis les travaux de Durand Delga et Magné (1958).

### **II.1.2.3. Domaine externe (formations telliennes)**

Il correspond aux formations telliennes situées sur la paléo-marge Africaine (Bouillin, 1986). Ce sont des séries épaisses à faciès marno-calcaire d'âge Eocène, issues du sillon tellien (Vila, 1980). Certains auteurs notamment Durand Delga a subdivisé les formations du domaine tellien en trois grandes unités :

#### **II.1.2.3. 1. Les unités ultra-telliennes**

Les unités ultra-telliennes sont largement développées dans le Constantinois. Ces unités déposées sur sa marge septentrionale, sont caractérisées par des faciès micritiques clairs d'âge Crétacé à Eocène (Durand Delga, 1969).

Il s'agit de séries épaisses à dominante marneuse et marno-calcaire, d'âge allant du Néocomien au Lutétien avec une composante détritique au Sénonien.

L'Yprésien est calcaire et l'éocène comporte trois termes:

- Marnes sombres à boules jaunes d'âge Dano-Paléogène;
- Calcaire à silex noir et cassure grise, d'âge Lutétien inférieur;
- Marnes sombres d'âge Lutétien supérieur.

#### **II.1.2.3. 2. Les unités telliennes sensu-stricto**

Elles regroupent les unités épi, méso et infra telliennes (Keiken, 1962). Ces unités correspondent aux formations carbonatées du Jurassique, souvent dolomitisées et surmonté de calcaire plus ou moins massif, du Valanginien au Cénomanién.

Le Cénomanién supérieur correspond le plus souvent à un arrêt de sédimentation marqué par une surface durcie. Le Crétacé supérieur est caractérisé par une formation pélagique, l'Eocène, par une couverture marneuse noire et l'Yprésien, par des carbonatés à silex. Quant à l'Oligocène, il affleure très peu, il s'agit de marnes contenant une passées gréseuse (Coiffait, 1992).

#### **II.1.2.3. 3. Les unités pénitelliennes**

À faciès néritique prépondérant, d'âge Crétacé supérieur à Eocène. Ces séries montrent de grandes affinités avec l'unité néritique constantinoise et les unités Sud-Sétifiennes (versant nord du Djebel Zouaoui, le nord du Djebel Kheneg et Djebel Akhal).

#### **II.1.2.4. Domaine de l'avant pays**

Il correspond aux formations calcaires et marneuses de la plate-forme constantinoise et du domaine atlasique. Il comporte l'avant pays allochtones et l'avant pays autochtones (Vila, 1980).

##### **II.1.2.4.1. L'Avant pays allochtones**

D'ouest en est, l'avant pays allochtone comporte :

##### **II.1.2.4.1. 1. Les unités Sud-Sétifiennes**

Ces unités ont été décrites par Vila (1980), et sont caractérisées par des séries Mésozoïques de plateforme subsidante qui admet des intercalations pélagiques. Elles s'intercalent entre l'unité néritique constantinoise et les écaillés atlasiques des Sellaoua (Wildi, 1983).

### II.1.2.4.1.2. Les unités néritiques constantinoises

Les séries néritiques constantinoises constituent l'essentiel des reliefs calcaires des monts de Tadjenanet, d'Oued Athmania, de Constantine, d'Ain M'Lila, d'Hammam Meskoutine et de Guelma, sur 160 km en Est et 80 km du Nord au Sud (Vila, 1980)

### II.1.2.4.1.3. Les unités des Sellaoua

Elles affleurent au pied des séries néritiques constantinoises chevauchantes. Le saut brusque de faciès entre ces séries et l'atlas autochtone serait cependant suffisant pour envisager des raccourcissements considérables attribuables à des chevauchements de grande ampleur (Vila, 1980).

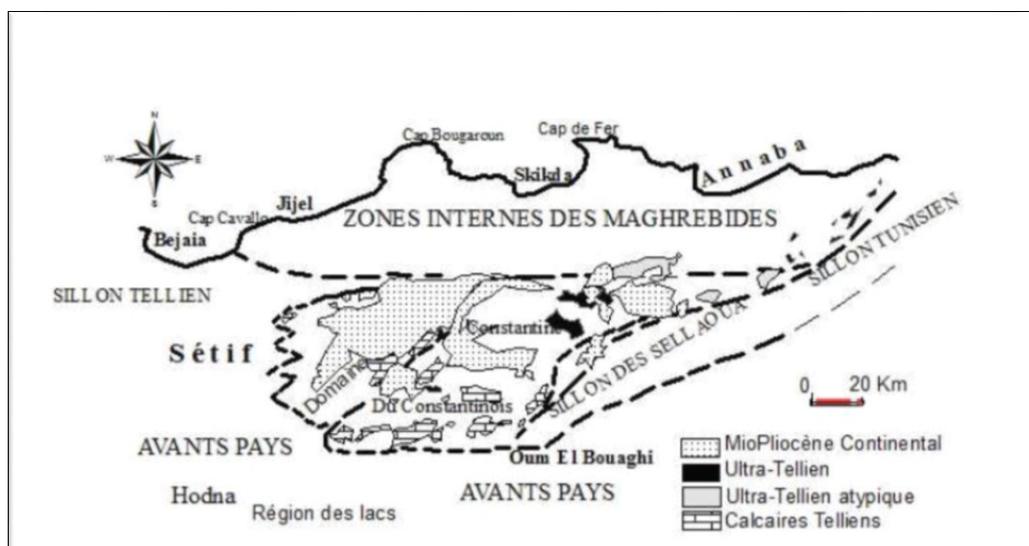
La série stratigraphique de la région des sebkhas des Sellaoua, moins calcaires à faciès plus profonds, montre une épaisse série d'argile, de marnes parfois finement sableuses et degrés fins qui débute au Valanginien et se poursuit par une couverture tertiaire peu épaisse du paléocène au Lutétien supérieur et localement jusqu'à l'Oligocène.

Quant à l'Yprésien, il est carbonaté et riche en nummulites (Coiffait, 1992).

### II.1.2.4.2. L'Avant pays autochtones

L'ensemble est représenté par les monts du Hodna, les monts de Batna et les massifs des Aurès. Ils se distinguent par des séries Mésozoïques épaisses.

La sédimentation y est restée homogène à faciès de plateforme subsidante, envahie par une sédimentation gréseuse qui débute au Berriasien et se termine à l'Albien (Vila, 1980).



**Fig.II.3.** Carte schématique des différents domaines (Lahondère, 1977)

## II.2. Géologie locale

Une connaissance plus ou moins complète de la géologie locale consiste en une analyse lithostratigraphique et structurale basée sur les renseignements géologiques qui ont été tirés des documents suivants (Bouteraa, 2007) :

- les cartes géologiques de Constantine au 1/200000<sup>ème</sup>, Vila (1977) et leurs notices explicatives ;
- la carte structurale au 1/500000<sup>ème</sup> de Vila (1980).

Le sous bassin de Boumerzoug représente une géologie partiellement compliqué avec une morphologie accidenté et une structure tectonique dominée par une superposition de nappe. On y trouve une grande variété de roche d'origine sédimentaire d'âge Méso-Cénozoïque (Figure II.4).

### II.2.1. Analyse Lithostratigraphie de la région

L'analyse lithostratigraphique sera basée essentiellement sur les terrains affleurant et résumée dans une colonne lithostratigraphique (Synthétique) avec de bas en haut (Figure II.5):

#### II.2.1.1. Le Trias

Il est essentiellement évaporitique et se présente en pointements diapiriques et en lames injectées le long de certains accidents. Parmi les affleurements connus dans le Constantinois, on peut relever du nord au sud :

- affleurements liés aux formations tertiaires situées au Sud des massifs d'Oum Settas et près de Djebel Tikbeb ;
- affleurements liés aux formations du Miopliocène Continental près de Ain M'lila et Ain Kercha.

Du point de vue faciès, ce sont surtout des masses de gypse et d'argile, de couleur rouge lie-de-vin bien caractéristique, contenant le plus souvent des blocs calcaro-dolomitiques, des cargneules et des marnes bariolées verdâtres.

#### II.2.1.2. La nappe néritique constantinoise

Elle est représentée par le Jurassique supérieur au Sénonien transgressif qui est constitué principalement par des formations carbonatées.

### **II.2.1.2.1. Le Jurassique supérieur**

Le Jurassique supérieur est essentiellement carbonaté. Il comprend des dolomies noires, largement cristallines, surmontées par une barre de 90 à 100 m de calcaires massifs.

### **II.2.1.2.2. Le Néocomien**

Il est carbonaté et débute par des calcaires fins et des marnes rosâtres ou jaunâtres. Il se prolonge par 150 m de calcaires à silex, sauf au Djebel Guerioum et Fortass. Plus à l'Ouest dans les monts d'Aïn M'lila, le Néocomien est uniquement carbonaté et comporte des alternances calcaire-dolomitiques sur 300 m environ.

### **II.2.1.2.3. Le Barrémien**

Le Barrémien est calcaire-dolomitique. Sa puissance est comprise entre 250 et 300 m.

### **II.2.1.2.4. L'Aptien**

L'Aptien débute par 50 m de calcaires massifs en gros bancs, pour se poursuivre sur 100 m à 120 m, par des calcaires micritiques noirs, riches en Milliolidés et en débris de Rudistes.

Le terme sommital aptien est constitué d'une corniche de 80 à 100 m de calcaires massifs (Figure II.5).

### **II.2.1.2.5. L'Albien et le Vraconien**

L'Albien constitué par des bancs de calcaires noirs.

### **II.2.1.2.6. Le Cénomaniens**

Les formations cénomaniennes sont carbonatées et peuvent atteindre 250 à 300 m d'épaisseur.

### **II.2.1.2.7. Le Turonien**

Celui-ci est constitué par 180 m de calcaires rubanés à patine blanche et à cassure grise, et par de grosses barres de calcaires massifs clairs à rudistes et à minces intercalations de calcaires sombres.

### **II.2.1.2.8. Le Sénonien transgressif**

Les affleurements septentrionaux de la nappe néritique constantinoise ont une couverture sénonienne transgressive. La plus diversifiée est celle du rocher de Constantine.

Le Sénonien débute par une discordance du ravinement et des niveaux d'allure micro-bréchique précédant 20 m environ, de calcaires noirs, micritiques, à fins débris organogènes et à silex noir. Ces couches ont fossilisé de petites failles verticales à faible rejet.

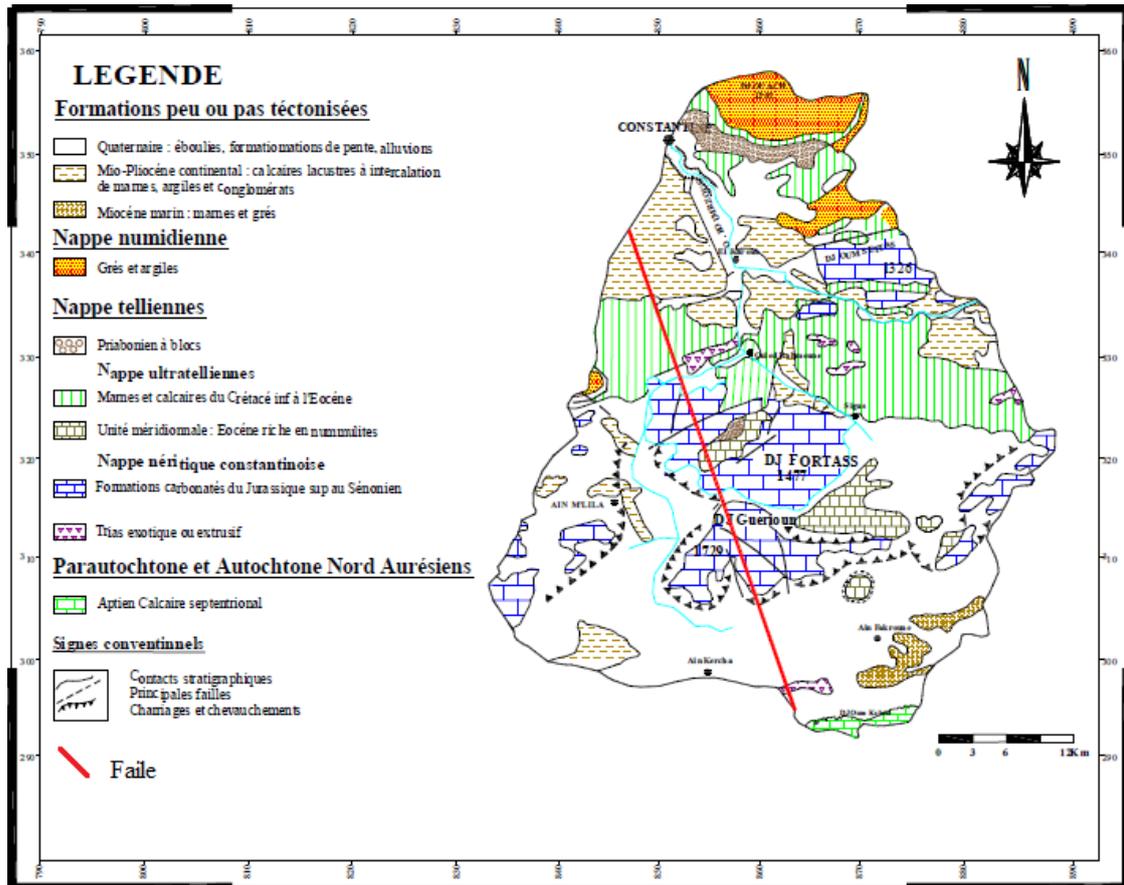


Fig.II.4. Le sous bassin du Boumerzoug dans son cadre géologique (Farah, 1992)

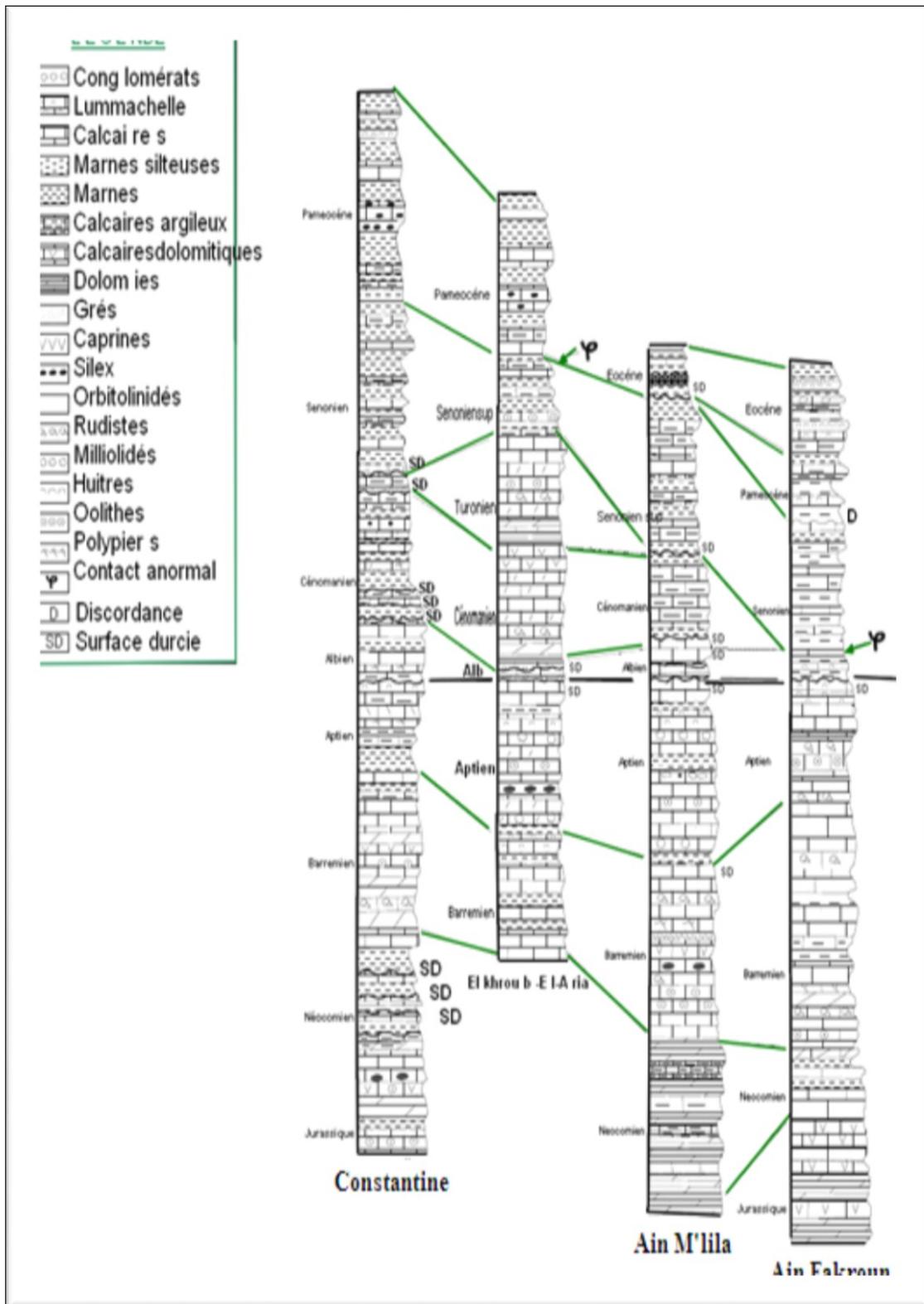


Fig.II.5. Corrélation lithostratigraphique de la région de Constantine (Marmi et al, 2001)

### **II.2.1.3. Les nappes telliennes**

#### **II.2.1.3.1. La nappe ultra-tellienne**

L'unité ultra-tellienne est largement développée dans le Constantinois. Elle est représentée par des formations marneuses et marno-calcaires de faciès généralement clairs. Cette unité à niveaux généralement inverses est caractérisée par des séries d'âge Barrémien à Eocène.

Les formations de la bordure méridionale et occidentale du Djebel Ouahch à l'Est de Constantine, signalées sur la carte géologique au 1/50 000 d'El Aria, correspondent à une bande étroite. Cet affleurement est coincé en écailles entre les marnes priaboniennes (tellien sensu stricto) et l'unité des flysch (Vila, 1980)

#### **II.2.1.3.2. Les nappes telliennes sensu-stricto**

Localisées dans le triangle Chelghoum El Aïd-Constantine-Sigus. Ces nappes sont semblables à la série de type Djemila (Vila, 1980), leur matériau allant du Sénonien inférieur à l'Eocène :

- le Sénonien inférieur est représenté par des marnes grises ou beiges avec de minces intercalations marno-calcaires; son épaisseur varie de 250 à 300 m ;
- le Sénonien Supérieur correspond à une barre marno-calcaire, dont l'épaisseur peut atteindre localement 250 à 300 m ;
- le Maastrichtien au Paléocène est un ensemble monotone de marnes ou d'argiles carbonatées noires ;
- l'Yprésien-Lutétien est formé d'une série d'environ 200 m de calcaires massifs blancs à patine bitumineuse ;
- le Priabonien est caractérisé par des marnes grises ou noires à boules jaunes.

#### **II.2.1.3.3. La nappe numidienne ou flysch numidien**

Le flysch Numidien est représenté par une série argilo-gréseuse d'âge oligocène à Burdigalien basal.

La série Numidienne typique est caractérisée, de la base au sommet, par une succession de trois types de faciès : les argiles à Tubotomaculum, des grès épais alternant avec des niveaux argileux et des marnes à silexites au sommet. Les argiles de base à Tubotomaculum dites sub-numidiennes, contiennent des passées gréseuses renfermant localement des niveaux à blocs variés d'âge Eocène. Ce terme est daté Oligocène depuis les travaux de (Delga et Magné, 1958).

#### **II.2.1.4. Les séries post-nappes**

Cette série correspond aux formations du Miopliocène continental et du Quaternaire.

##### **II.2.1.4.1. Le Miopliocène continental**

La zone d'étude regroupe principalement des terrains du Néogène continental.

Des conglomérats rougeâtres marquent la base du Miocène inférieur et constituent une zone limitée le plus souvent par des failles. Le Miocène moyen, laguno-lacustre, comprend deux couches : une couche inférieure formée de marnes grises à gypse et Gastéropodes, et une supérieure comprenant des marnes légèrement beiges où apparaissent des chenaux.

Le Miocène supérieur continental est une forme de dépôts détritiques rougeâtres comparable à celui du Pliocène.

La sédimentation est composée d'argiles rougeâtres quelquefois sableuses et de calcaires lacustres (Coiffait, 1992)

##### **II.2.1.4.2. Le Quaternaire**

Généralement, il est constitué par des éboulis, des alluvions et des formations de pente. Plus précisément, le Quaternaire est constitué par :

- Les éboulis se sont surtout développés en bordure des reliefs numidiens et des massifs calcaires comme Djebel Oum Settas ;
- Les alluvions récentes des oueds correspondent à des limons, des graviers et des galets roulés ;
- Les alluvions anciennes des oueds se composent de cailloux roulés, limons et graviers parfois, encroûtés, provenant d'anciennes terrasses. Les alluvions anciennes des plateaux sont composées de cailloux roulés, limons et graviers. Elles sont souvent cimentées par une croûte calcaire ;
- Les formations de pente correspondent à des glacis polygéniques qui forment des surfaces très faiblement inclinées ;
- Les glacis anciens de Constantine, dans la région d'El Aria, sont constitués exclusivement de blocs du Numidien bien roulés ;
- Les croûtes calcaires du Villafranchien sont directement posées sur des calcaires et des conglomérats fossilifères, dans lesquelles, il est difficile de situer la limite entre le Pliocène supérieur et le début du Villafranchien.

## II.2.2. Le style tectonique des unités telliennes

Les nappes telliennes sont les éléments structuraux dominants. Elles sont affectées par une tectonique de nappes, d'âge Priabonien (Vila, 1980).

### II.2.2.1. La nappe numidienne

Déposée après la phase tangentielle priabonienne, cette nappe a été cisillée en masse. Elle présente un contact anormal plat.

### II.2.2.2. La nappe ultra-tellienne

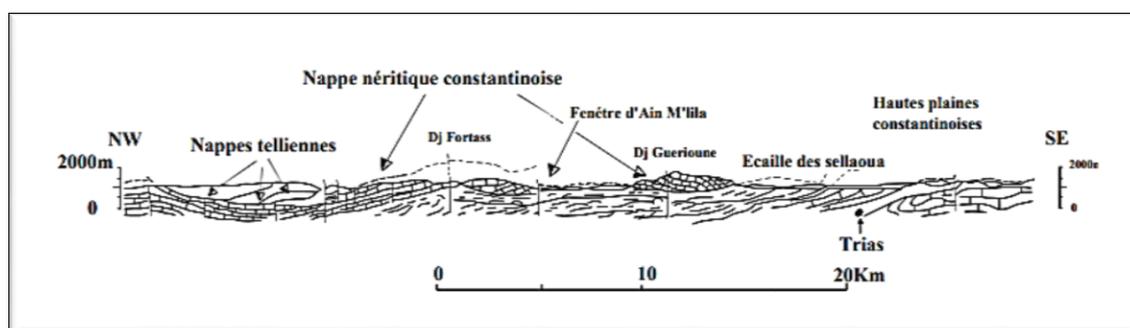
Elle est peu représentée dans le bassin. Sa structure complexe s'explique par la tectonique.

### II.2.2.3. Les nappes telliennes au sensu- stricte

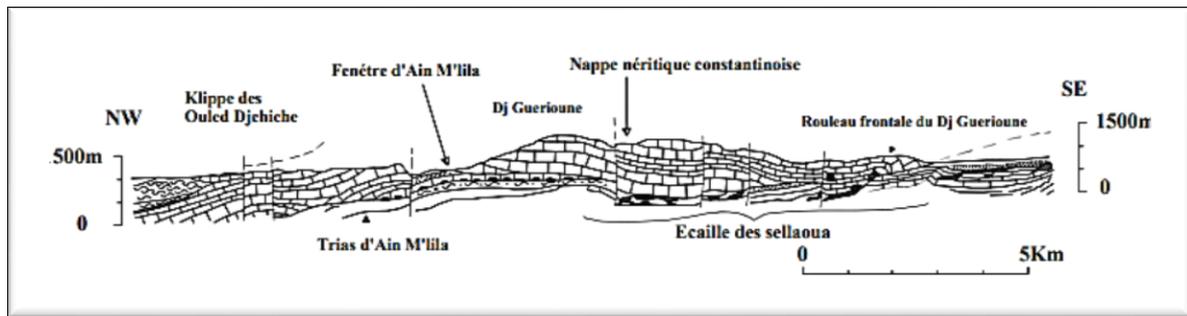
Elles forment un ensemble structural cohérent, continu sur plusieurs kilomètres. La direction des axes des plis d'échelle hectométrique ou kilométrique varie de N40°E à N90°E (Benabbas, 2006). Les nappes telliennes reposent généralement sur la nappe péri-tellienne et sur la nappe néritique constantinoise.

### II.2.2.4. La nappe néritique constantinoise

Elle comporte les plus hauts reliefs calcaires de la région. Cette unité possède un style particulier. Elle s'est déplacée en bloc, comme une immense banquise carbonatée, transportant ses structures propres, acquises à partir du Sénonien supérieur (failles de direction atlasiques), mais surtout au cours du plissement Priabonien (Vila, 1980). Le contact de base de la nappe néritique cisaille clairement des structures plicatiles anciennes et lui confère une allure de "rouleau frontal" signalé le long de la limite méridionale de cette nappe, telle la terminaison Sud du Djebel Guerioune (Boutera, 2007).



**Fig.II.6.** Coupe interprétative dans la région de Constantine (la Carte géologique de Constantine au 1/200000, SONATRACH 1977)



*Fig.II.7. Coupe interprétative dans la région d'Ain M'lila (Vila, 1980)*

### II.3. Conclusion

Dans son cadre géologique local et au centre du sous bassin du Boumerzoug, il y a la présence des terrains carbonatés d'âge Jurassique supérieur à Eocène appartenant à la nappe néritique constantinoise, il y a aussi des formations marneuses et des calcaires d'âge Crétacé inférieur à Eocène appartenant aux nappes ultra-telliennes et on trouve aussi des unités méridionales riches en nummulites (Eocène).

Plus au nord du sous bassin, il y a la prédominance des marnes et des grés du miocène marin, ainsi que les grés et argiles appartenant à la nappe numidienne.

Cependant, les plaines sont composées de sédiments d'âge Miopliocène et Quaternaire plutôt continentaux et enfin le trias apparait à la faveur d'accidents tectoniques.

***Chapitre III***  
***Hydrogéologie***

### III.1. Introduction

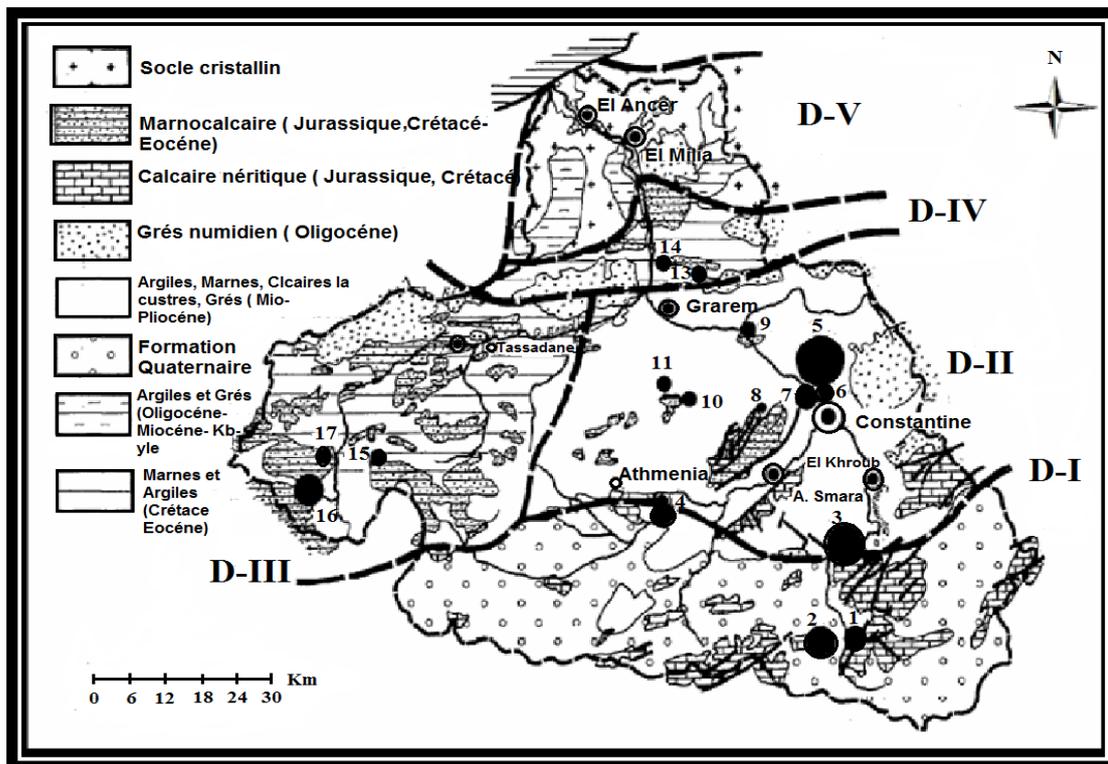
Dans ce chapitre, nous fournissons une description hydrogéologique de la zone du sous-bassin du Bumerzoug. Cela a été possible grâce à la revue des travaux de Mebarki (1988) et des documents du plan national de l'eau (PNE) de 2010.

### III.2. Hydrogéologie du sous-bassin de Bumerzoug

#### III.2.1. Travaux de Mebarki

D'après Mebarki (1988) (figure III.1), la zone d'étude appartient aux domaines géologiques et hydrogéologiques du bassin versant Kébir Rhumel suivants:

- Le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI) ;
- Le bassin néogène de Constantine-Mila (DII).



*Fig.III.1. Les grands domaines géologiques et hydrologiques du Kébir Rhumel (Mebarki, 1988)*

### III.2.1.1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises (DI)

Il est constitué de deux grandes unités lithologiques :

- Les massifs carbonatés du néritique constantinois;
- Les trop-pleins non captés.

#### III.2.1.1.1. Les massifs carbonatés du néritique constantinois

Elles sont formées de calcaires jurassiques et crétacés et apparaissent dans des horsts hautement karstifié de 10 à 100 km<sup>2</sup> limités par d'imposants abrupts.

De grandes sources karstiques émergent au piedmonts de ces massifs, dans la zone des éboulis comme celles de :

- Ain Fesguia (90 l/s, destiné à l'AEP d'El Khroub et de Constantine) située à la base du massif de Djebel Guerioum ;
- Ain Fourchi (pompages de 300 l/s destiné à l'irrigation) au sud d'Ain M'Lila et à l'est du Djebel Nif Enser ;
- Ain Boumerzoug (400 l/s destinée AEP de Constantine) située au nord du massif du Djebel Fortas.

#### III.2.1.1.2. Les trop-pleins non captés

Les trop-pleins non captés alimentent les oueds (Rhumel - Amont et Boumerzoug) qui drainent les différentes plaines quaternaires encerclées des massifs calcaires. Cependant, sur l'ensemble de ces plaines, les nappes phréatiques sont activement exploitées par gravité pour l'irrigation des cultures maraîchères.

### III.2.1.2. Bassin néogène de Constantine-Mila (DII)

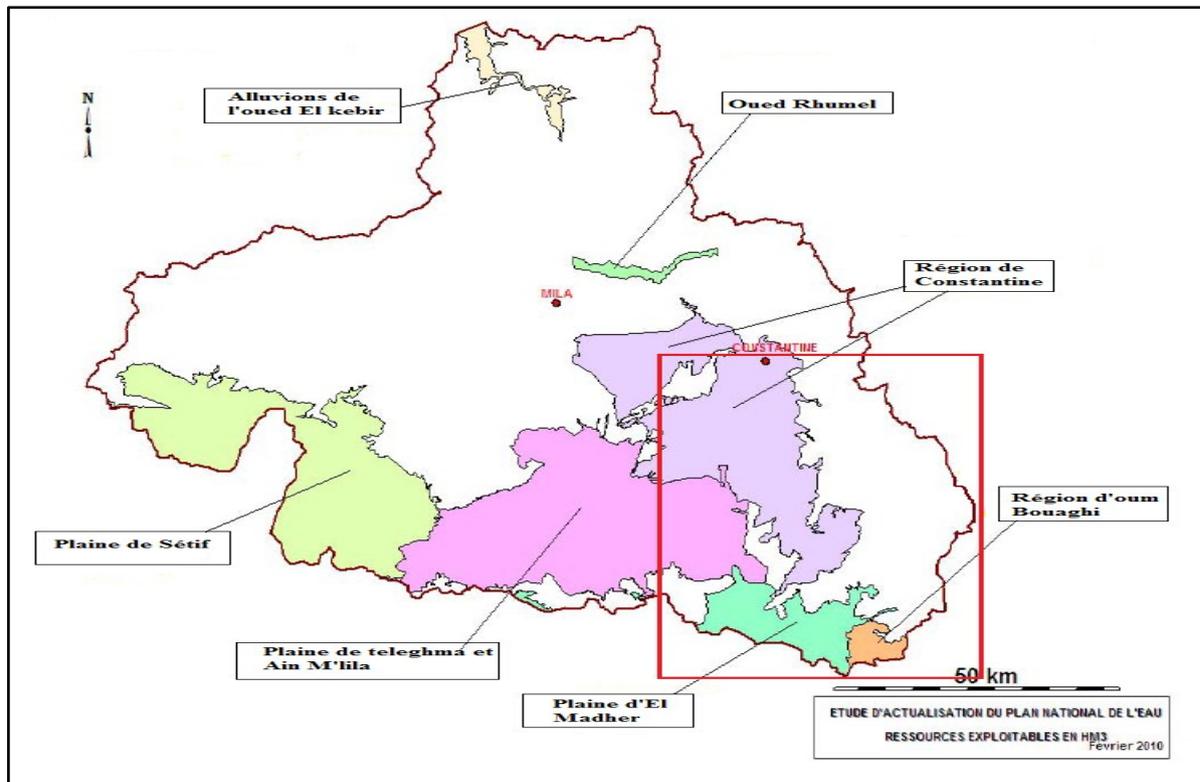
Ce bassin Mio-pliocène est à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres, renfermant des ressources exploitées localement.

Par ailleurs, y émergent de nombreux horsts de calcaires néritiques d'âge jurassique-crétacé donnant lieu à des aquifères karstiques hydrothermaux comme le système de Hamma Bouziane.

### III.2.2. Plan National de l'Eau

D'après le Plan National de L'eau (PNE, 2010) les aquifères qui caractérisent cette région sont (fig. III.2.):

- L'aquifère de la région de Constantine;
- L'aquifère de la plaine de Telaghma-Ain M'Lila;
- L'aquifère d'Oum Bouaghi-Ain Beida;
- L'aquifère de la plaine d'El Madher.



*Fig.III.2. Bassin versant du Kébir Rhumel, nappes aquifères (PNE, 2010)*

#### III.2.2.1. L'aquifère de la région de Constantine

Selon la carte de délimitation des aquifères (Fig.III.2), on peut identifier un aquifère baptisé "Région de Constantine", qui englobe à la fois le bassin néogène de Rhumel ainsi que les formations alluvionnaires et les calcaires lacustres de la région d'El Khroub.

L'ensemble néritique constantinois constitué des grands massifs calcaires ou calcaréo-dolomitiques (les dolomies du Jurassique supérieur, les calcaires et dolomies du Néocomien, les calcaires du Barrémien-Aptien, les calcaires Albo-cénomaniens), forment un aquifère karstique, qui a constitué pendant longtemps la seule source d'alimentation en potable de la ville de Constantine et des villages environnants.

En plus des formations carbonatées, il existe dans la région de Constantine d'autres aquifères aux ressources certes limitées, mais susceptibles de couvrir des besoins locaux. Parmi ceux-ci on peut citer les formations alluvionnaires du Quaternaire, les calcaires lacustres du Mio-Pliocène, et les grès du Miocène.

Cependant, les ressources exploitables estimées de la région de Constantine, sont de l'ordre de 37,4 Hm<sup>3</sup>/an.

#### **III.2.2.2. L'aquifère de la plaine de Telaghma - Ain M'lila**

La superficie de la plaine est de l'ordre 1060 km<sup>2</sup>. Elle s'étend d'ouest en est sur environ 40 km, entre les villes de Telaghma et d'Ain Kercha, et fait partie des deux wilayas de Mila et d'Oum El Bouaghi.

Du point de vue hydrogéologique, la région renferme plusieurs aquifères avec des discontinuités géologiques et hydrogéologiques, qui ont été mises en évidence par divers auteurs.

Concernant l'alimentation de l'aquifère, il est clair que les formations du Crétacé inférieur sont alimentées directement par les eaux de précipitation. Aussi, les dépôts du Mio-plio-quaternaire recueillent toutes les eaux des pentes qui s'infiltrent dans la plaine.

Par contre, l'exutoire des formations calcaires se fait par plusieurs sources qui émergent à la faveur des failles, contribuant ainsi à l'alimentation de la nappe du Miopliocène.

Pour ce qui est des paramètres hydrodynamiques, il y en a que quelques valeurs de transmissivité de la nappe alluviale, comprises entre  $0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Enfin, pour ce qui est des ressources exploitables de la plaine d'Ain M'lila-Telaghma, elles sont de l'ordre de 30 Hm<sup>3</sup>/an ((ANRH/ENERGOPROJEKT, 2009) in PNE, 2010)

#### **III.2.2.3. L'aquifère de la région d'Oum Bouaghi-Ain Beida**

L'hydrogéologie de la région d'Oum El Bouaghi - Ain Beida est assez complexe, dans la mesure où il n'existe pas d'aquifère homogène.

L'alimentation se fait essentiellement par les infiltrations des eaux des précipitations, et probablement par les échanges entre nappes.

Par contre, les zones basses, notamment par les Sebkhass au sud de la plaine, telles que Garet El Tarf, et Garet Guelif constituent l'exutoire.

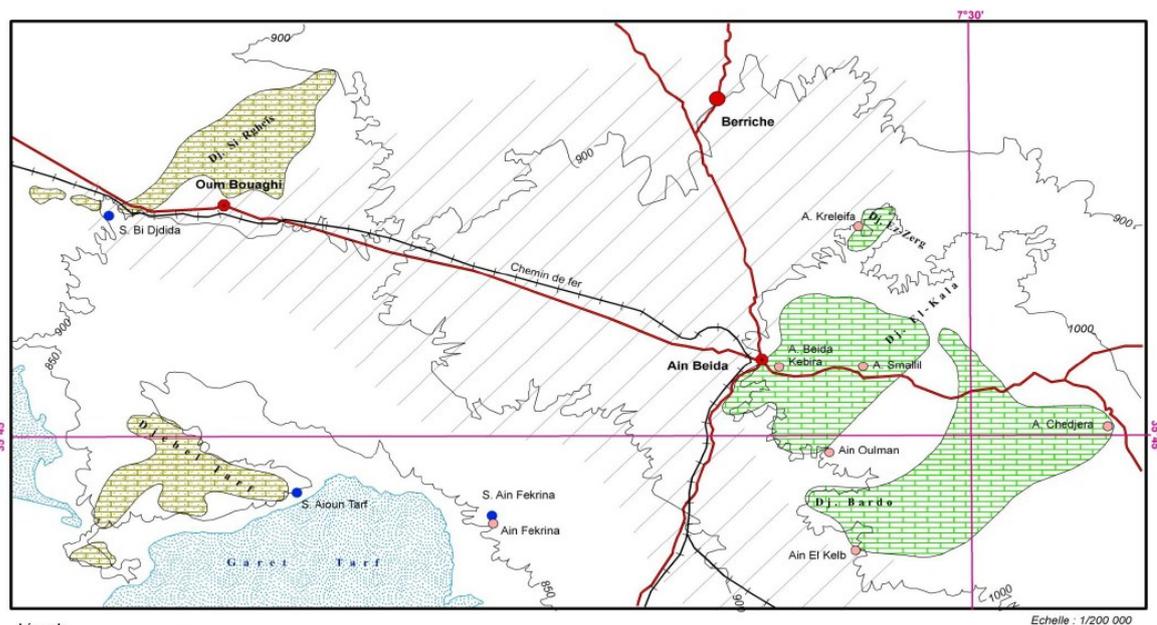
Concernant les paramètres hydrodynamiques, il n'existe que quelques données sur les transmissivités et les perméabilités de quelques nappes, pour lesquels les essais de débits ont été réalisés (Tableau. III.1).

**Tab.III.1.** Paramètres hydrodynamiques de quelques horizons aquifères de la nappe de d'Oum El Bouaghi- Ain Beida

Région	Horizon aquifère	Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	Peméabilité (m /s)	Débits maximum (l/s)	Résidu Sec (g/l)
F'kirian-M'Toussa	Maestrichtien	10 <sup>-2</sup>	4.10 <sup>-4</sup>	118	0.61 à 0.72
Ain Zitoun	Plio-quaternaire	–	–	21	0.45
	Calcaire-crétacé	–	–	40	2.05
Bir Regâa	Plio-quaternaire	–	–	5 à 10	–
	Calcaire-crétacé	1.4*10 <sup>-3</sup>	2.3*10 <sup>-4</sup>	15	1.7 à 2.0
Djebel El Tarf	Quartzite Crétacé	2*10 <sup>-1</sup>	3.4*10 <sup>-3</sup>	–	3.9 à 5.52
Touzeline	Quartzite Crétacé	–	–	10	–
Sidi Regh	Quartzite Crétacé	1.6*10 <sup>-2</sup>	5*10 <sup>-4</sup>	40 à 50	0.72 à 0.82
Ksar Sbahi	Plio-quaternaire	–	–	3	0.7
	Quartzite Crétacé	9.2*10 <sup>-2</sup>	3.4*10 <sup>-3</sup>	>100	1.4
Ain Beida	Calcaire Crétacé	–	–	0.5 à 1	0.6

Dans les régions décrites ci-dessus plusieurs forages ont été réalisés. Ces forages captent les dépôts du Plio-quaternaire, et du Crétacé.

Selon l'estimation faite par l'ANRH et ENERGOPROJEKT (2009) les ressources en eau de la région d'Oum El Bouaghi-Ain Beida sont de l'ordre de 63,11 Hm<sup>3</sup>/an.



### Légende

	croûte calcaire du Quaternaire		Sondage de Bir Djidja 20l/s, AEP de Oum Bouaghi et Ain Beida		Ain El-F'Kirina, sans résultats, pas de ressources
	Massif calcaire de l'Aptien		Ancien sondage de Aïoun Tarf, Débit probablement suffisant, mais à reconnaître. Pompage à 24 Km.		Ain El-Kelb, 3 à 5 l/s pompage à 10 Km
	Massif calcaire du Maestrichtien		Sondage de Ain Fekrina 3 à 5 l/s par drainage de la nappe phréatique. Pompage à 15 Km.		

**Fig.III.3.** La plaine d'Ain Beida - Oum El Bouaghi

#### III.2.2.4. L'aquifère de la plaine d'El Madher

La plaine d'El Madher couvre une superficie de 210 km<sup>2</sup>. Elle est située au nord des monts de Belezma et de Djebel Bou Arif. Elle est limitée au nord par la plaine d'Ain M'lila, à l'est par les monts d'Ain Yagout et Sebkhet Ezmoul, à l'ouest par les hautes plaines sétifiennes et la plaine de Bourhzel, et au sud par les Monts des Aurès

La nappe aquifère de cette plaine est constituée par le recouvrement Mio-plio quaternaire, qui occupe le synclinal d'El Madher.

La nappe est alimentée par les précipitations, mais aussi par des apports latéraux en provenance des formations secondaires des massifs, ainsi que de l'ensemble des reliefs qui entourent la plaine.

La nappe d'El Madher est drainée par l'Oued Madher, mais l'essentiel de la vidange se fait dans les Chotts (Gadaine, Tinsilt, et Saboun).

Concernant l'hydrodynamique, le gradient hydraulique varie selon les endroits c'est dire selon que l'on se trouve sur les bordures ou au centre la plaine. Il est compris entre 0,002 et 0,0108.

Par contre, pour les transmissivités, elles sont variables, et sont comprise entre  $2,15 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et  $1,37 \cdot 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s.

Enfin, les apports sont de l'ordre de 28.4 Hm<sup>3</sup>/an selon l'étude par modélisation réalisée par Menani (1991).

### III.3. Conclusion

Selon une étude de Mebarki (1988), la zone d'étude appartient aux domaines géologiques et hydrogéologiques du bassin versant Kébir Rhumel. Notamment, le premier domaine est celui des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI) avec ses deux grandes unités lithologiques qui sont les massifs carbonatés du néritique constantinois contenant des sources karstiques qui émergent aux piedmonts de ces massifs, dans la zone des éboulis ; et l'unité les trop-pleins non captés qui alimentent les oueds qui drainent les différentes plaines. Et le deuxième domaine est celui du bassin néogène de Constantine-Mila (DII) qui est d'âge Mio-pliocène à dominance argileuse. Par ailleurs, y émergent de nombreux horsts de calcaires néritiques d'âge jurassique-crétacé donnant lieu à des aquifères karstiques hydrothermaux.

D'autre part, d'après le Plan National de L'eau (PNE, 2010) la région d'étude chevauche plusieurs aquifères. Tout d'abord, l'aquifère de la région de Constantine, qui représente l'ensemble néritique constantinois constitué des grands massifs calcaires ou calcaréo-dolomitiques, formant un aquifère karstique. Ensuite, une partie de l'aquifère de la plaine de Telaghma-Ain M'Lila, avec ces formations du Crétacé Inférieur représentées par d'importantes assises calcaires et dolomitiques d'une perméabilité importante, constituant un important réservoir, ainsi que la nappe du Mio-Plio-Quaternaire, constituée par des sables, des graviers, des calcaires lacustres, des grès, des conglomérats, ainsi que des brèches rouges. Après, il y a une partie de l'aquifère d'Oum Bouaghi-Ain Beida avec ces formations les plus productives représentées par les calcaires du Maestrichtien et les quartzites du Crétacé inférieur. Et enfin, une partie de l'aquifère de la plaine d'El Madher, constituée par le recouvrement Mio-plio quaternaire, qui occupe le synclinal d'El Madher.

# **Chapitre IV**

## ***Hydroclimatologie***

## IV. Hydroclimatologie

### IV.1. Introduction

Dans la région étudiée, l'alimentation des aquifères poreux et karstiques ainsi que le comportement hydrologique des cours d'eau sont étroitement liés aux facteurs climatiques dont le principal acteur sont les précipitations qui sont plus ou moins modifiées selon l'effet combiné des autres paramètres physiques (morphologie, lithologie) et climatiques (Température, évapotranspiration).

Les études hydroclimatiques basées sur les données de précipitations et de températures permettent de donner un bref aperçu de leur répartition dans le temps et dans l'espace. Ces deux paramètres permettent également de déterminer l'évaporation, paramètre fondamental du débit et du sous-alimentation, la couche d'eau qui se dépose, afin de pouvoir quantifier la quantité d'eau infiltrée (Bouteraa, 2007).

### IV.2. Les facteurs climatiques

Les conditions climatiques dans la zone d'étude appartiennent au climat méditerranéen. Cependant, du fait de sa situation latitudinale (36° N), la zone d'étude est doublement influencée par le régime méditerranéen, rendant le climat doux au nord et subtropical au sud.

#### IV.2.1. Précipitations

La connaissance de la variation temporelle et spatiale des précipitations est nécessaire pour étudier l'abondance et le régime d'écoulement des cours d'eau, notamment pour déterminer le bilan hydrique.

##### IV.2.1.1. Précipitations moyennes annuelles

###### IV.2.1.1.1. Coefficient de précipitation

La répartition interannuelle des précipitations est représentée par le coefficient de précipitation peut déterminer les années excédentaires et déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée.

Avec

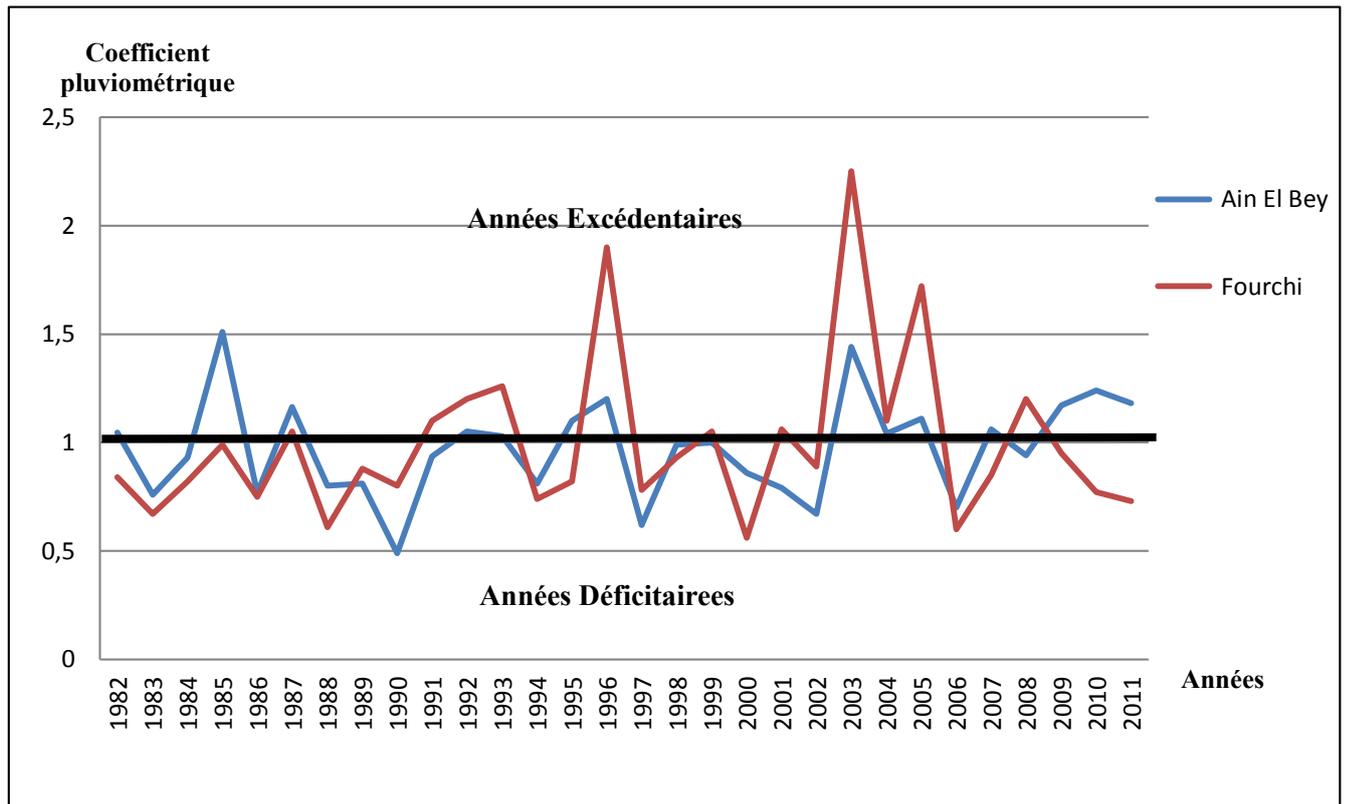
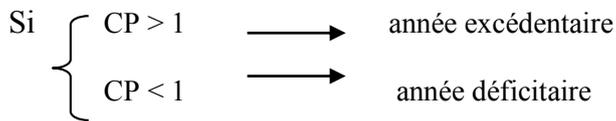
$$CP = P / P_{\text{moy}}$$

CP : Coefficient pluviométrique ;

P : Pluviométrie annuelle de l'année en (mm) ;

$P_{\text{moy}}$  : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm) ;

Ce paramètre est en relation proportionnelle avec la pluviométrie



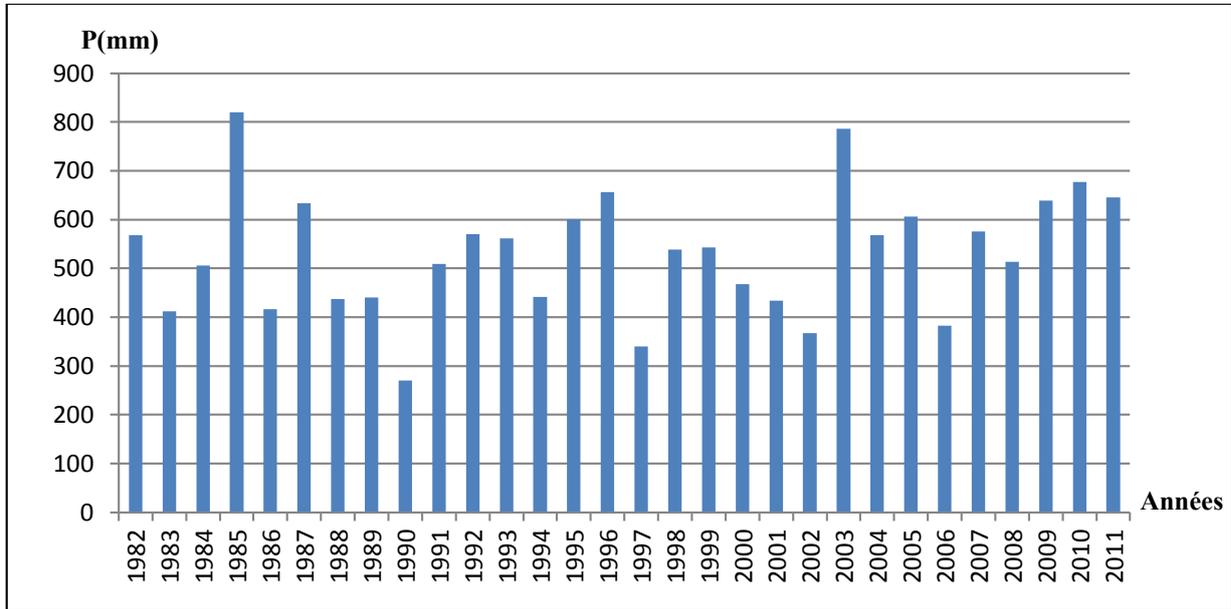
**Fig.IV.1.** Diagramme du coefficient pluviométrique Fourchi (1982-2011) ; Ain El Bey (1982-2011)

D'après la figure ci-dessus (Figure. IV.1), il y a une alternance entre les années excédentaires (AE) et celles déficitaires (AD).

Les années excédentaires et les années déficitaires dans la station Ain El Bey est égale, par contre pour la station Fourchi 19 années déficitaires et 11 années excédentaires.

#### IV. 2.1.1.2. Station d'Ain El Bey

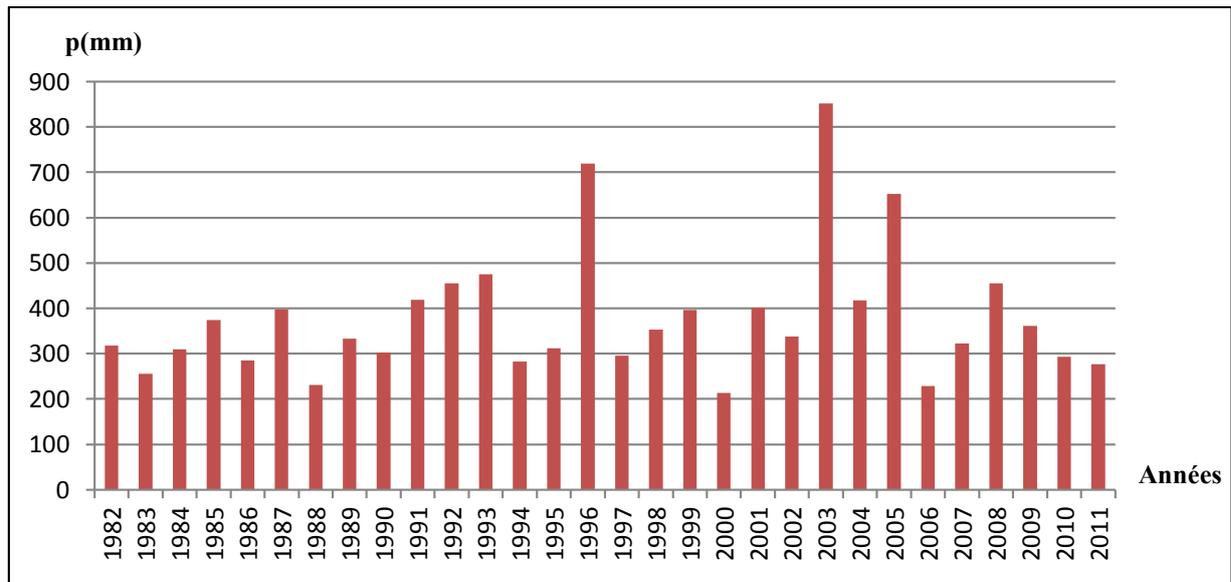
A l'échelle annuelle, on remarque que les années les plus pluvieuses sont celles de 1984, 2002, et 2009. Avec un minimum de 676.7 mm enregistré en 2009 et un maximum de 819.8 mm enregistré en 1984. Par contre, les années les moins pluvieuses sont celles de 1989, 1996, et 2001 avec un minimum de 270.3 mm enregistré en 1989 et un maximum de 367.7 mm enregistré en 2001.



**Fig.IV.2.** Précipitation moyennes annuelles  
Ain El Bey (1982-2011)

**IV. 2.1.1.3. Station de Fourchi**

A l'échelle annuelle, on remarque que les années les plus pluvieuses sont celles de 1995, 2002, et 2004 avec un minimum de 652 mm enregistré durant l'année 2004 et un maximum de 851.9 mm enregistré durant l'année 2002. Par contre, les années les moins pluvieuses sont celles de 1987, 1999, et 2005 avec un minimum de 214 mm enregistré en 1999 et un maximum de 230.9 mm enregistré en 1987.

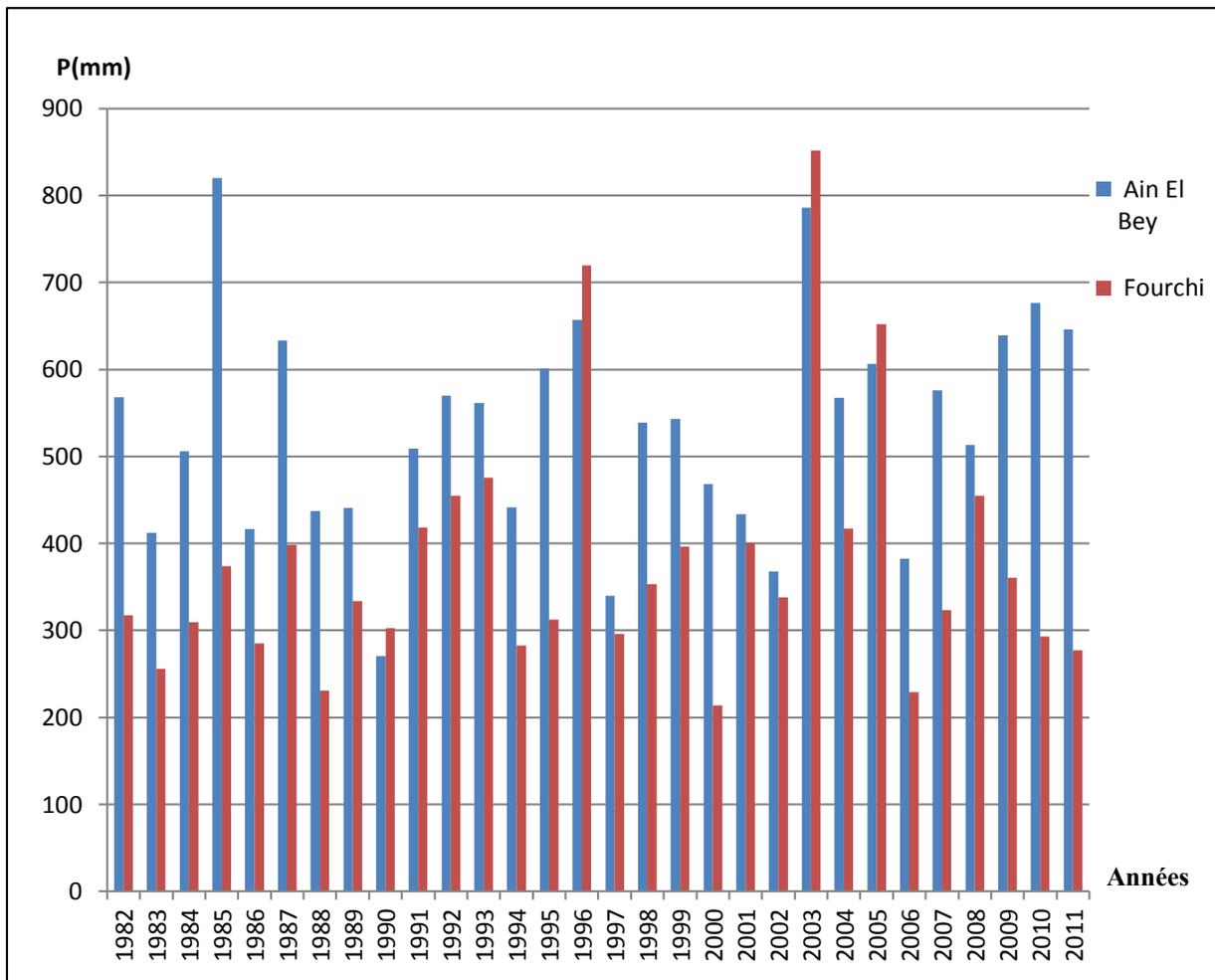


**Fig.IV.3.** Précipitation moyennes annuelles  
Fourchi (1982-2011)

#### IV.2.1.1.4. Comparaison des précipitations moyennes annuelles

En utilisant les données des précipitations des deux stations de Fourchi et de Ain El Bey, il sera intéressant de faire une comparaison des précipitations entre la station d'Ain El Bey qui représente la partie nord du sous bassin et les précipitations de la station de Fourchi qui représente la partie sud.

Les résultats obtenus sont présentés sur les histogrammes de la figure IV.4, ci-dessous:



**Fig. IV. 4.** Précipitations moyennes annuelles  
Fourchi (1982-2011) ; Ain El Bey (1982-2011)

Comme le montre l'histogramme (Fig. IV.4) des hauteurs annuelles des précipitations montre, d'une part que les valeurs, varient entre le maximum de 820 mm enregistré en 1984 et le minimum de 270 mm enregistré en 1989 pour la station d'Ain El Bey. D'autre part, les valeurs fluctuent entre le maximum de 852 mm enregistré en 2004 et le minimum de 214 mm enregistré en 1999 pour la station de Fourchi.

La pluviométrie enregistrée au niveau de la station d'Ain El Bey est d'une manière générale beaucoup plus importante que celle de la station de Fourchi sauf que dans quelques années exceptionnelles comme l'année 1990, 1996, 2003, 2005.

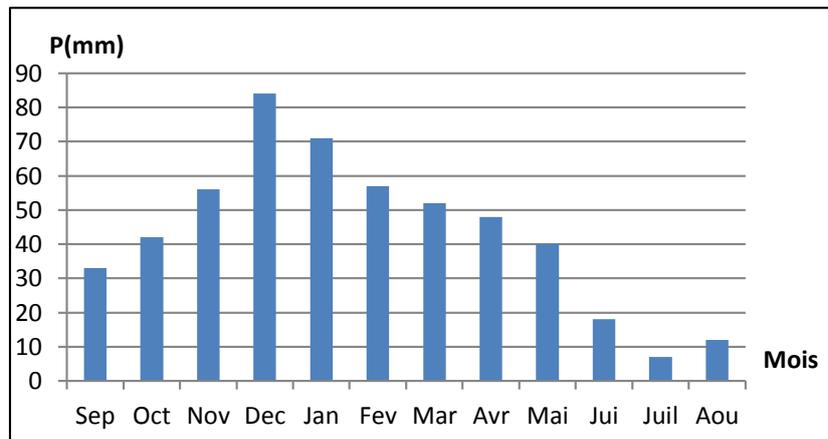
Donc la partie nord est plus pluvieuse que la partie sud du sous bassin.

#### IV.2.1.2. Précipitations moyennes mensuelles

##### IV.2.1.2.1. Station Ain El Bey

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus pluvieux sont Décembre, Janvier, Février, avec la valeur la plus importante de 84 mm enregistrée au mois de Décembre.

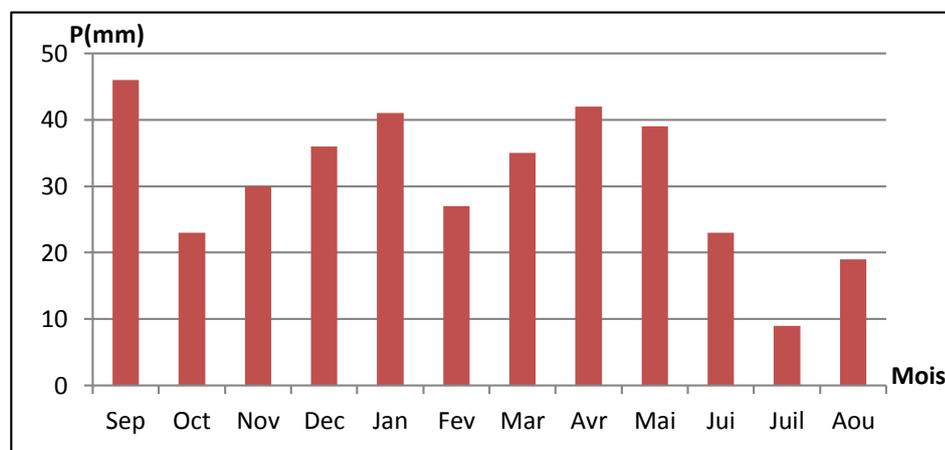
Par contre les mois les moins pluvieux sont ceux de Juin, Juillet, et Aout avec la plus faible valeur de 7 mm environ enregistrée au mois de Juillet.



*Fig.IV.5. Précipitation moyenne mensuelles  
Ain El Bey (1982-2011)*

##### IV.2.1.2.2. Station Fourchi

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus pluvieux sont ceux de Septembre, Janvier et Avril avec un maximum de 46 mm enregistré au mois de Septembre. Par contre les mois les moins pluvieux sont ceux de Juin, Juillet, et Aout avec un minimum d'environ 9 mm enregistré au mois de Juillet.

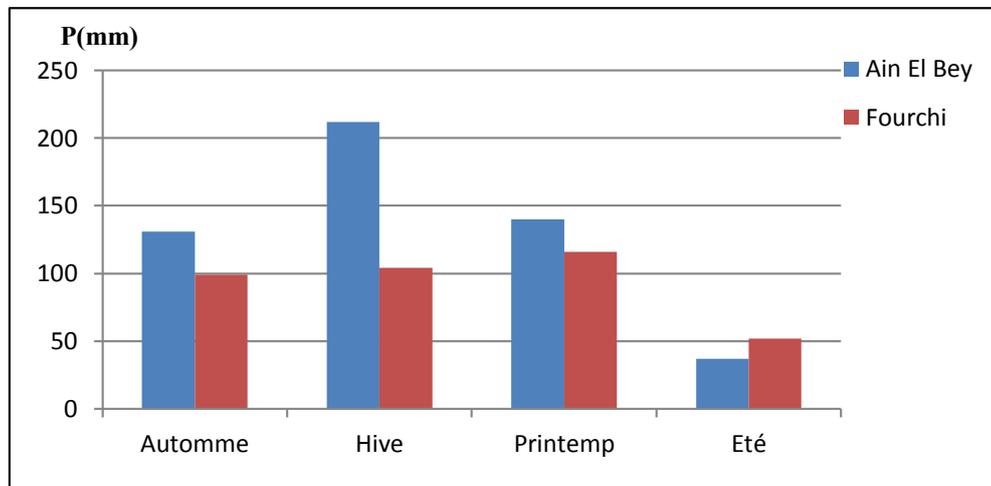


*Fig.IV.6. Précipitations moyennes mensuelles  
Fourchi (1982-2011)*

### IV.2.1.3. Précipitations saisonnières

L'évolution saisonnière des précipitations montre que l'hiver est la saison la plus pluvieuse à la station d'Ain El Bey avec 212 mm. Tandisqu'au niveau de la station de Fourchi c'est le printemps, avec 116 mm.

Cette différence de précipitation entre les deux stations est probablement à cause de différence altitudinale ainsi que de la position latitudinale.

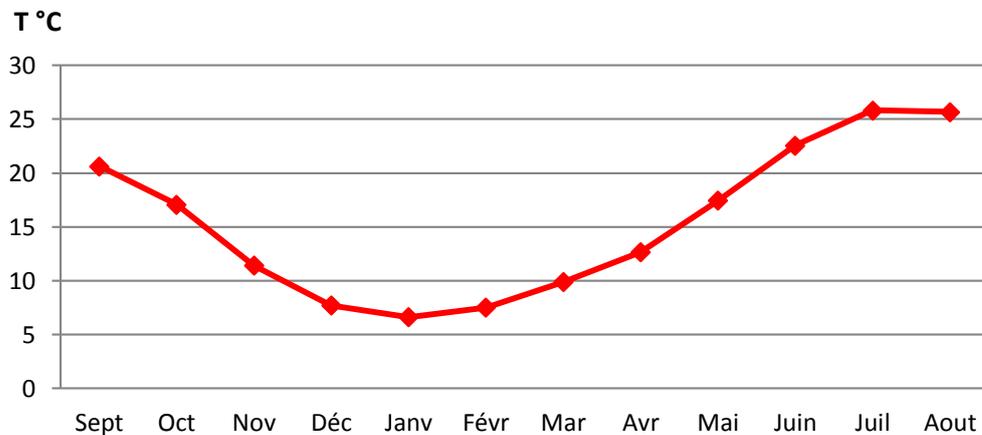


*Fig.IV.7. Répartition saisonnière des précipitations  
Ain El Bey (1982-2011) ; Fourchi (1982-2011)*

### IV.2.2. Température de l'air

La température moyenne est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique, car elle régule le phénomène d'évaporation et par conséquent, le déficit d'écoulement.

Nous examinerons d'une manière générale les températures qui ont été enregistrées pendant la période de 30 ans (1982-2011), ces températures concernent celles de la station d'Ain El Bey.



*Fig.IV.8. Températures moyennes mensuelles  
Ain El Bey (1982- 2011)*

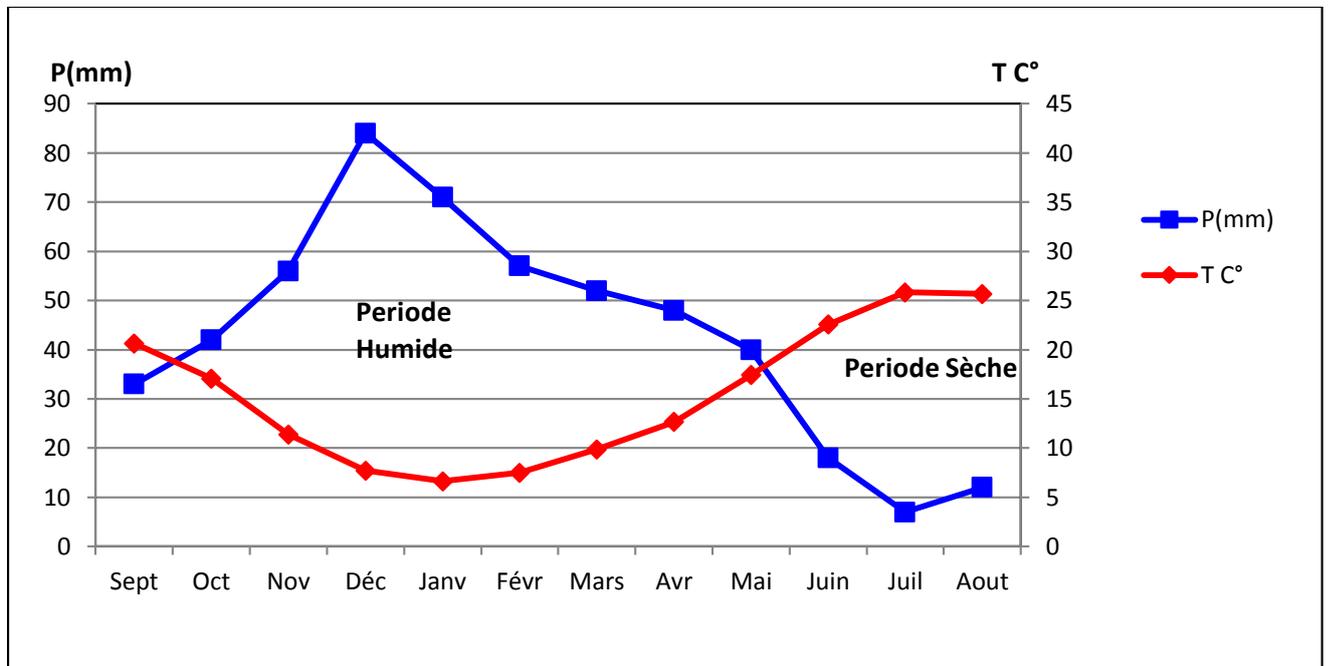
D'après le graphique ci-dessus (Fig.IV.8) représentant les températures moyennes mensuelles de la station d'Ain El Bey, on distingue deux périodes: une première période où la température décroît du mois de septembre depuis la valeur de 20.63°C jusqu'à atteindre la valeur minimale de 6.62°C au mois de janvier, et ensuite une deuxième période où la température augmente progressivement jusqu'au mois d'Aout avec la valeur maximale enregistrée au mois de Juillet qui est de 25.83 °C.

### IV.2.3. Relation Températures – Précipitations

#### IV.2.3.1. Diagramme ombro-thermique

Les périodes humides et sèches peuvent être déterminées à partir du diagramme ombro-thermique basés sur la méthode simplifiée de F. Bagnouls et H. Gaussen.

Selon la définition de F. Bagnouls et H. Gaussen, les mois vraiment secs correspondent aux mois où les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales à deux fois la température moyenne mensuelle ( $P \leq 2T$ ).



**Fig.IV.9.** Diagramme ombro-thermique Ain El Bey (1982- 2011)

La figure ci-dessus montre, d'une part, que la saison sèche commence à la mi-Mai et se termine à la fin du mois de Septembre, qui représente la période durant laquelle le pouvoir évaporant est au maximum.

D'autre part, la période humide s'étale à partir du mois d'octobre jusqu'à la mi-Mai.

#### IV.2.4. Humidité atmosphérique

L'humidité atmosphérique est l'un des éléments essentiels du cycle hydrologique, source de toutes les précipitations, elle contrôle en outre pour une large part les taux d'évaporation du sol et de la couverture végétale.

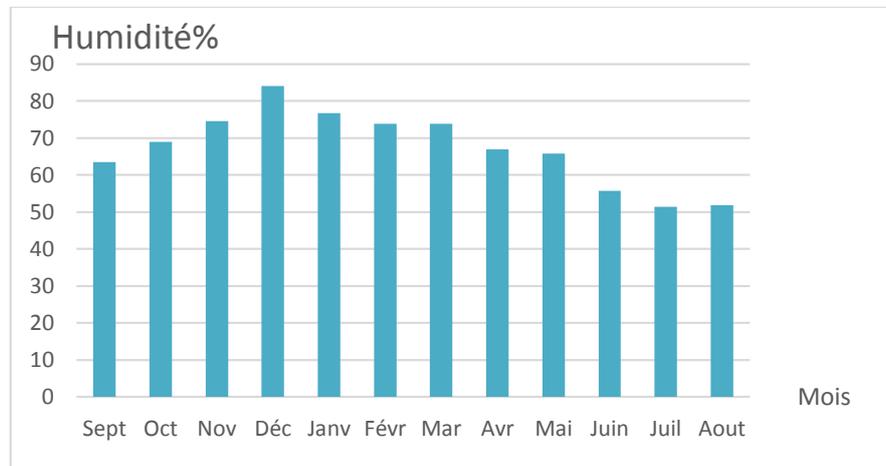
L'humidité relative moyenne est déduite des lectures faites au psychromètre à 7h, à 13h et 18 h de la journée.

En utilisant les données de l'humidité moyenne mensuelle de la station de Constantine de 1982 à 2011, nous avons présenté les résultats dans le tableau. IV.1 et l'histogramme (Fig. IV.10) ci-dessous.

**Tab. IV.1.** Humidité relative moyenne mensuelle

Constantine (1982-2011)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>Humidité %</b>	63.5	69.03	74.57	84.11	76.7	73.85	73.82	66.93	65.8	55.71	51.46	51.85



**Fig.IV.10.** humidité moyenne mensuelle

*Ain El Bey (1982-2011)*

L'histogramme montre que l'humidité est toujours supérieure à 50 % avec une valeur minimale de l'ordre 51.46 % au mois de Juillet. et la valeur maximale est enregistrée au mois de Décembre avec une valeur de 84.11 %, ceci indique que l'atmosphère se trouve dans un état plus ou moins proche de la condensation.

#### IV.2.5. Humidité du sol

Dans notre cas nous utilisons la méthode d'Euverte pour déterminer l'humidité du sol. Cette méthode utilise deux paramètres de base, les températures et les précipitations sont déterminées par mois.

Nous effectuons un rapport P/T, ce qui nous permet de comprendre l'évolution de l'humidité du sol.

Le rapport P/T permet d'établir quatre types de régimes :

- Le régime est très sec où  $P / T < 1$
- Le régime est sec où  $1 < P / T < 2$
- Le régime est subhumide où  $2 < P / T < 3$
- Le régime est humide où  $P / T > 3$

Tab. IV.2. Rapport P/T Ain El Bey (1982-2011)

Mois	P (mm)	T (°C)	P/T	Classification
Sept	33	20.63	1.60	sec
Oct	42	17.08	2.46	subhumide
Nov	56	11.40	4.91	humide
Déc	84	7.70	10.91	
Janv	71	6.62	10.73	
Févr	57	7.50	7.60	
Mar	52	9.88	5.26	
Avr	48	12.65	3.79	subhumide
Mai	40	17.43	2.29	
Juin	18	22.56	0.80	très sec
Juil	7	25.83	0.27	
Aout	12	25.68	0.47	

Les résultats des rapports (P/T) dans le tableau ci-dessus, montrent que le régime humide du sol s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril. Cependant, le régime subhumide est observé au mois d'octobre et au mois de Mai. En ce qui concerne, le régime sec, il est observé seulement, au mois de Septembre. Et enfin, le régime très sec commence au mois de Juin et se prolonge jusqu'au mois d'Aout.

Globalement, les deux périodes (Sèche et humide) de la méthode d'Euverte, coïncide bien avec la période humide du diagramme ombro-thermique (Fig. IV.9)

#### IV.2.6. Indice d'aridité de De Martone

Le géographe De Martone définit l'indice d'aridité (A) en se basant sur les paramètres de température et précipitation selon la formule suivante :

$$\text{Où :} \quad A = P / (T+10)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm) ;

T : Température moyenne annuelle en (°C) ;

A : Indice de De Martone.

Classification de De Martonne (Rabemanana, 2016)

- $A < 5$  : climat hyper aride (désert absolu)
- $A < 10$  : climat aride (désert)
- $10 < A < 20$  : climat semi-aride (steppe)
- $20 < A < 24$  : climat méditerranéen (prairie naturelle, forêt)
- $24 < A < 28$  : climat semi-humide (prairie naturelle, forêt)
- $28 < A < 35$  : climat humide (forêt)
- $A > 35$  : climat très humide (forêt)

Station Ain el Bey (1981-2011):

$P = 520.17$  mm;

$T = 15.41$  °C;

donc :  $A = 20.47$

Selon la classification de De-Martone, la région d'Ain El Bey est un climat méditerranéen, mais se rapprochant d'un climat semi-aride ceci est dû à la position de la station.

### IV.3. Bilan Hydrique

Le but de l'analyse du bilan hydrique est d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants de ce bilan, à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

#### IV.3.1. Les composants du bilan hydrique

Les paramètres utilisés pour le calcul du bilan hydrique sont soit des paramètres mesurés dans la station climatique (pluie, température, insolation, vent et humidité) soit des paramètres calculés empiriquement (évapotranspiration potentielle, et évapotranspiration réelle).

La formule du bilan est la suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

$P$  : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm.

$ETR$  : désigne l'évapotranspiration réelle en mm.

$R$  : désigne le ruissellement en mm.

$I$  : désigne l'infiltration en mm.

$Wa$  : désigne la variation de la réserve (négligeable).

### IV.3.1.1. Évapotranspiration

L'évapotranspiration est la somme des pertes par transformation de toutes les eaux quelque soit leur nature (sols, végétaux ou eau libre) en vapeur sous l'effet des variations climatiques et par une combinaison de deux phénomènes, l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (transpiration).

Dans les zones semi-arides, le terme évapotranspiration peut représenter entre 50% et 90% du bilan hydrique. Il s'agit donc d'une composante majeure du bilan hydrique.

### IV.3.1.2. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle correspond à l'évapotranspiration qui se produit sur un sol gorgé d'eau avec un tapis végétal dense.

De nombreuses formules empiriques ont été proposées pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

#### ▪ Calcul de l'ETP selon la méthode de Thornthwaite (1948)

C.W Thornthwaite a établi une corrélation entre la température moyenne mensuelle et l'ETP, où le pouvoir évaporant pour chaque mois est déterminé à partir de la relation suivante :

$$ETP = 16 [10 T / I]^a$$

ETP : l'évapotranspiration potentielle (mm);

T : Température moyenne annuelle en °C;

I : Indice annuel de chaleur  $I = \sum i$ ;

i : Indice mensuel de chaleur  $i = [T/5]^{1.514}$  ;

a : Exposant climatique (fonction de la durée du jour) ( $a = 0.016 I + 0.5$ )

Pour l'évapotranspiration corrigée, elle est obtenue à partir de la relation suivante :

$$ETPc = ETP \cdot K$$

ETPc : Evapotranspiration potentielle corrigée ;

ETP : Evapotranspiration potentielle (non corrigée) ;

K : Facteur de correction mensuel

Les résultats de l'E.T.P mensuelle sont reportés dans le tableau suivant :

Station Ain El Bey (1971-2006)  $I = 69.14$  et  $a = 1.61$

**Tab. IV.3.** Calcul de l'ETP selon Thornthwaite, Ain El Bey (1971-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>P (mm)</b>	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	6.5	527.76
<b>T(C°)</b>	21.12	16.55	11	7.69	6.52	7.49	9.71	12.2	16.97	22.02	25.19	25.28	15.15
<b>i</b>	8.86	6.12	3.31	1.92	1.49	1.84	2.73	3.86	6.36	9.44	11.57	11.63	/
<b>ETP</b>	96.18	65.01	33.88	18.98	14.56	18.20	27.61	39.84	67.68	102.85	127.65	128.38	740.84
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	/
<b>ETPc</b>	99.07	63.06	29.14	15.95	12.67	15.47	28.44	43.82	81.90	125.48	158.29	148.93	822.20

#### IV.3.1.3. L'évapotranspiration réelle ETR ou déficit d'écoulement (De)

L'évapotranspiration réelle est appelée aussi déficit d'écoulement (De), intègre dans l'ensemble du bassin versant, les évaporations physiques et physiologiques, elles-mêmes influencées par les caractéristiques topographiques, géologiques, et la couverture végétale de celui-ci.

Plusieurs formules sont établies par différents auteurs pour le calcul du déficit d'écoulement annuel moyen en fonction des caractéristiques météorologiques du bassin.

##### a. Formule de Turc

Cette méthode consiste à établir l'ETR à partir des données de la précipitation et la température, et la formule appliquée est valable pour tous les climats :

$$E.T.R = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Où :

ETR : l'évapotranspiration réelle (mm)

P : la précipitation moyenne annuelle (mm)

T : la température moyenne annuelle (°C)

L: un paramètre dépendant de la température, Avec :

$$L = 300 + 25T + 0,05 T^3$$

$$P = 527.76 \text{ mm}$$

$$T = 15.15^\circ\text{C}$$

Donc :

$$L = 852.61$$

ETR = 465.9 mm; et représente 88,28 % des précipitations.

### **b. Formule de Coutagne**

C'est une méthode qui fait intervenir les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes annuelles, selon la formule suivante :

$$ETR = P - \lambda P^2$$

Où :

ETR : l'évapotranspiration réelle (mm)

P : précipitation moyenne annuelle (m)

$\lambda$  : facteur dépendant de la température

T : désigne la température moyenne annuelle en °C.

Avec :  $\lambda = 1 / (0.8 + 0.14T)$

Selon Musy et Higy (2004) indiquent que la relation applicable pour la condition suivante:

$$1/8\lambda < P < 1/2\lambda$$

Les résultats obtenus :

$$P = 0.527 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.342$$

$$1/8 \lambda = 0.365 \quad \text{et} \quad 1/2\lambda = 1.47$$

Donc la loi est applicable ;

ETR = 432,43 mm ; et représente 81,94 % des précipitations

### IV.3.2. Méthode du bilan hydrique de Thornthwaite

Le bilan hydrique de Thornthwaite est un bilan à l'échelle mensuelle établi sur la base des données connus des précipitations P et de l'évapotranspiration potentielle ETP, pour déterminer les variations des paramètres suivants:

ETR : l'évapotranspiration réelle ;

RFU : la réserve facilement utilisable, en partant d'une RFU<sub>min</sub> = 0 au mois de Septembre à un RFU<sub>max</sub> de l'ordre de 100 mm et cette valeur est la quantité d'eau nécessaire pour qu'un sol soit saturé ;

Da : déficit agricole ;

Ex : excédent.

Plusieurs cas peuvent se présenter dans la Formule Thornthwaite :

Si  $P > ETP$  donc  $ETP = ETR$ , il reste une quantité d'eau ( $P - ETP$ ) qui va alimenter la réserve facilement utilisable RFU jusqu'à son maximum.

Si  $P = ETP$ , les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol, mais il n'y aura pas de quoi alimenter la RFU.

Si  $P < ETP$  il y aura épuisement des réserves d'où le déficit du bilan ( $ETP - ETR$ ) ou encore ( $ETP - P$ ), qui représentera la quantité d'eau qu'il faut ajouter à l'ETR pour atteindre l'ETP.

Le tableau ci-après mets en évidence les résultats du deux bilan hydrique de la station de Ain El Bey (1971-2006) :

Station de Ain El Bey (1971-2006)  $I = 69.14$  et  $a = 1.61$

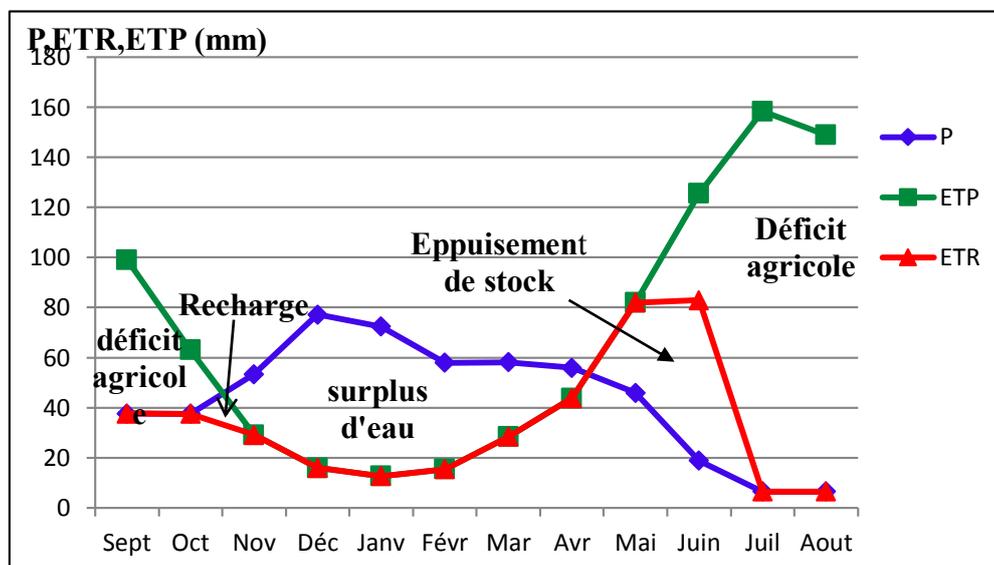
**Tab. IV.4.** Bilan Hydrique d'après Thornthwaite Ain El Bey (1971-2006)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aôut	année
<b>P (mm)</b>	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	6.5	527.76
<b>T(C°)</b>	21.12	16.55	11.03	7.69	6.52	7.49	9.71	12.2	16.97	22.02	25.19	25.28	15.15
<b>ETP</b>	99.07	63.06	29.14	15.95	12.67	15.47	28.44	43.82	81.90	125.48	158.29	148.93	822.20
<b>ETR</b>	37.64	37.51	29.14	15.95	12.67	15.47	28.44	43.82	81.90	82.88	6.5	6.5	398.42
<b>RFU</b>	0	0	24.21	85.39	100	100	100	100	64.01	0	0	0	/
<b>Ex</b>	0	0	0	0	45.1	42.42	29.76	12.06	0	0	0	0	129.34
<b>Da</b>	61.43	25.55	0	0	0	0	0	0	0	42.6	151.79	142.43	423.80

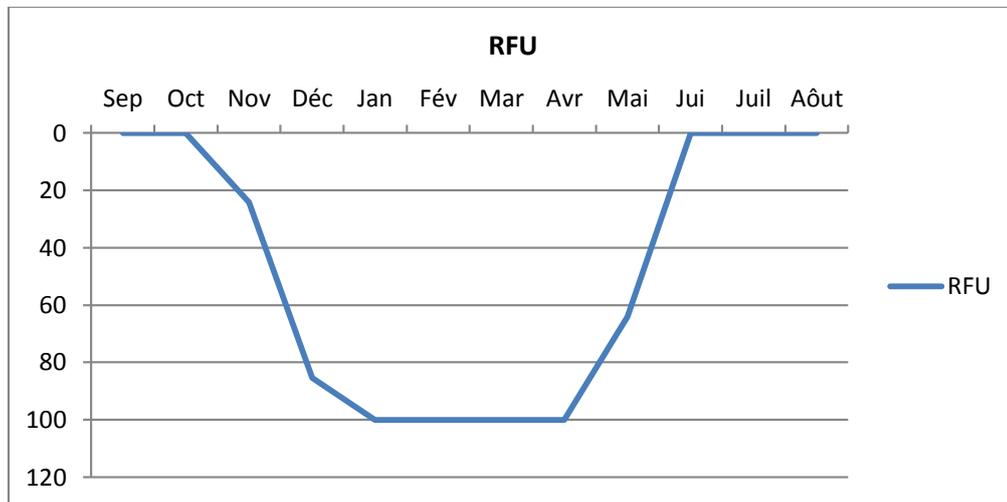
### Bilan d'eau pour la station de Ain El Bey (Tab.IV.4)

- Les précipitations deviennent supérieures à l'E.T.P au mois de novembre.
- Une reconstitution des réserves du sol qui atteignent leur maximum du mois janvier jusqu'à avril (100 mm), mais à partir du mois de mai, les réserves commencent à être épuisées et deviennent nulles au mois de juin et le déficit agricole commence au même mois et son maximal est atteint au mois de juillet.
- E.T.R = 398.42 mm valeur annuelle ; soit 75,45 % des précipitations.
- Da = 423.80 mm valeur annuelle ; soit 80,30 % des précipitations.
- Il existe deux périodes :
  - Période déficitaire : commence au mois de juillet et se poursuit jusqu'à Octobre.
  - Période humide : commence au mois de novembre jusqu'à mai.

Afin d'éclairer les résultats obtenus ci-dessus, nous avons établi le graphique de la Figure IV.12.



*Fig.IV.11. Représentation graphique du bilan de Thornthwaite Ain El Bey (1971-2006)*



**Fig.IV.12.** Evolution de la RFU Ain El Bey (1971-2006)

Ce graphique montre l'existence de deux périodes: la première hivernale s'étale du mois de novembre à mai, caractérisée par des précipitations importantes de 420.74 mm, tandis que l'évapotranspiration est réduite avec une valeur de 227.39 mm.

L'écoulement se manifeste à partir de janvier et se poursuit jusqu'au mois avril, durant cette période, la quantité écoulée est égale à 129.34 mm.

Alors que, la deuxième période est estivale, s'étale du mois de mai à octobre où l'ETP est nettement supérieure aux précipitations.

Le stock commence à être épuiser pour vider complètement au mois de juillet accompagné d'un déficit agricole, qui atteint son maximum à ce mois 151.79 mm, ce qui l'irrigation doit commencer, et devient indispensable en juin, juillet, août et septembre.

#### IV.4. Paramètres du bilan hydrologique

La formule du bilan est la suivante :

$$P = E.T.R + R + I + W$$

P : désigne les précipitations annuelles en mm.

E.T.R : désigne l'évapotranspiration réelle en mm.

I : désigne l'infiltration en mm.

R : désigne le ruissellement en mm.

W : désigne la variation des réserves en mm qui peut être considéré comme négligeable.

#### IV.4.1. Ruissellement superficiel (R)

Le ruissellement désigne le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain et dans le réseau hydrographique des eaux météoriques, il est calculé selon deux formules :

Formule de Tixeront-Berkaloff

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

si :  $P < 600$  mm

Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk

$$R = P^3 / 3$$

si :  $P > 600$  mm

Avec :

P : précipitation annuelle (mm) ;

R : Ruissellement annuelle (mm) ;

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm) ;

Dans notre cas  $P < 600$  mm

Où

$$P = 527.76 \text{ mm}$$

$$ETP = 822.20 \text{ mm}$$

donc,

$$R = 72.48 \text{ mm soit } 13,73 \% \text{ des précipitations.}$$

#### IV.4.2. Infiltration (I)

L'infiltration est la quantité d'eau qui pénètre dans le sous-sol et alimente les aquifères souterrains, ce paramètre peut être estimé à partir de la formule du bilan hydrologique donnée par la relation suivant :

$$I = P - (ETR + R)$$

Avec :

I : Infiltration (mm) ;

ETR : Evapotranspiration réelle (mm) ;

P : Précipitation annuelles (mm) ;

R : Ruissellement annuelles (mm).

Où :

$$P = 527.76 \text{ mm}$$

$$ETR = 398.407 \text{ mm}$$

$$R = 72.48 \text{ mm}$$

Donc :

$$I = 56.87 \text{ mm et représente } 10,78 \% \text{ des précipitations}$$

#### IV.5. Conclusion

L'étude hydroclimatologique nous a permis de conclure que le sous-bassin versant de Boumerzoug est caractérisé d'un climat méditerranéen avec des influences du régime subhumide au nord et du régime semi-aride vers le sud.

La pluie n'est pas homogène sur toute la surface du sous-bassin, les apports diffèrent d'une zone à une autre, elles sont sous la dépendance de deux facteurs essentiels la latitude et l'altitude.

Les précipitations annuelles sont de 527,76 mm.

Les températures moyennes annuelles dans l'ensemble, sont de l'ordre de 15.15 °C .

L'évapotranspiration réelle moyenne calculée (méthode de Thornthwaite), est de l'ordre de 398.42 mm, soit 75,5 % des précipitations.

Le déficit des précipitations pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation des cultures est estimé à 423.80 mm qui s'étale du mois de juin au mois d'octobre

L'infiltration évaluée, a donné une infiltration de 56.87 mm et représente 10,78 % des précipitations

Le ruissellement estimé par la formule Tixeront-Berkaloff est de l'ordre de 72.48 mm soit 13,73 % de la pluviométrie annuelle.

# **Chapitre V**

## **Gestion des ressources en eau**

## V.1. Introduction

L'Objectif de ce chapitre est de comprendre et analyser l'augmentation de la demande en eau est due à la croissance démographique et le développement économique (activité industrielles et agricoles) et aussi les besoins environnementaux.

Le terme de gestion des ressources en eau s'applique à toutes les activités humaines exerçant une influence sur le cycle de l'eau, plus particulièrement celles qui poursuivent les buts suivants :

- Utiliser l'eau : captage et utilisation des eaux superficielles et souterraines (approvisionnement en eau, hydroélectricité, agriculture, loisirs, etc.).
- Se protéger (des effets dommageables) de l'eau : protection du territoire et de ses habitants (protection contre les crues, régulation des lacs, endiguement de lacs et de rivières, correction de cours d'eau, drainages, etc.).
- Protéger l'eau : protection des eaux, notamment contre les atteintes biologiques, chimiques et physiques à leur qualité ainsi que contre d'autres dégradations de leurs fonctions écologiques et paysagères.

Souvent l'on a confondu la notion de gestion des eaux avec celle, très restrictive, d'exploitation économique de l'eau. La propension à faire valoir dans ce domaine des intérêts particuliers sans tenir compte d'autres objectifs légitimes appartient désormais au passé. Plus un cours ou plan d'eau est mis à contribution, plus il en résulte des conflits d'intérêts et une situation de pénurie au sens large du terme. Alors que naguère on « utilisait » l'eau, il s'agit aujourd'hui de la « gérer » (Aqas et Gas 2016).

La gestion des eaux englobe donc l'ensemble des activités humaines visant à utiliser les eaux, à se protéger contre leurs effets nuisibles et à les protéger elles-mêmes contre des atteintes excessives. Une gestion intégrée des eaux s'emploie à harmoniser ces trois principaux objectifs des activités de gestion des eaux. Elle s'inscrit ainsi dans le cadre d'un développement durable axé sur les critères fondamentaux que sont la protection du milieu naturel, l'efficacité économique et la solidarité sociale. (Aqas et Gas 2016).

L'utilisation toujours plus grande des eaux et des ressources en eau suscite des conflits d'intérêts croissants. Il convient de mettre en lumière les interactions, les situations de dépendance, les conflits potentiels et les synergies entre les divers secteurs, stratégies et activités touchant à la gestion des eaux ou ayant des incidences territoriales, afin de coordonner tous ces aspects dans une perspective de gestion intégrée des eaux :

- Au niveau des principes et concepts (ex. législation), on veillera à la cohérence des champs politiques concernés (portant sur les eaux, l'énergie, l'agriculture, le territoire, le climat, etc.).
- Au niveau des mesures à prendre, on assurera, dans le cadre de la gestion par bassin versant, la coordination nécessaire des différents secteurs concernés.

## **V.2. La Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)**

L'approche de gestion intégrée des ressources en eau contribue à la gestion et à l'aménagement durable et adaptés des ressources en eau, en prenant en compte les divers intérêts sociaux, économiques et environnementaux. Elle reconnaît les nombreux groupes d'intérêts divergents, les secteurs économiques qui utilisent et polluent l'eau, ainsi que les besoins de l'environnement.

### **V.2.1. Définition**

La GIRE est un processus de la gestion qui encourage le développement coordonné et gestion d'eau, des terres et ressources apparentées pour maximiser la résultante bien-être économique et social dans une manière équitable sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux (GWP, 2005).

### **V.2.2. Les principes de la GIRE :**

Ces principes sont les précurseurs de la GIRE

- Principe 1 : "L'eau est une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement"
- Principe 2 : "La mise en valeur et la gestion de l'eau doivent avoir un caractère participatif et associer les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux "
- Principe 3 : "Les femmes jouent un rôle déterminant dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau"
- Principe 4 : "L'eau est utilisée à de multiples fins, elle a une valeur économique et l'on doit donc la reconnaître comme un bien économique"

### **V.2.3. Avantages de la GIRE**

#### **V.2.3.1. Les avantages environnementaux**

Les écosystèmes peuvent profiter de l'application de l'approche gestion intégrée de l'eau en donnant une voix aux besoins environnementaux dans le débat sur l'allocation de l'eau. A présent ces besoins ne sont pas toujours représentés à la table de négociation.

La GIRE peut aider le secteur en sensibilisant les autres utilisateurs sur les besoins des écosystèmes et les avantages que ceux-ci génèrent pour eux. Souvent ceux-ci sont sous-estimés et ne sont pas incorporés dans la planification et la prise de décision (Le soutien de la Commission européenne, 2010)

### **V.2.3.2 Les avantages agricoles**

En tant qu'utilisateur de l'eau et principal pollueur de la ressource principale des ressources en eau souterraine et de surface, l'agriculture a une piètre image. Ajoutée à la mauvaise performance en termes de production agricole, cela signifie que fréquemment, en particulier dans des conditions de pénurie d'eau, l'eau est détournée de l'agriculture vers d'autres utilisations. Avec la GIRE, on encourage les planificateurs à aller au-delà de l'économie du secteur et de prendre en compte les implications des décisions de gestion de l'eau sur l'emploi, l'environnement et l'équité sociale.

Pour le secteur agricole, la GIRE cherche à accroître la productivité de l'eau (c'est à dire plus de grains par goutte d'eau) dans les contraintes imposées par le contexte économique et social d'une région ou d'un pays donné (Le soutien de la Commission européenne, 2010)

## **V.3. Le problème de l'eau.**

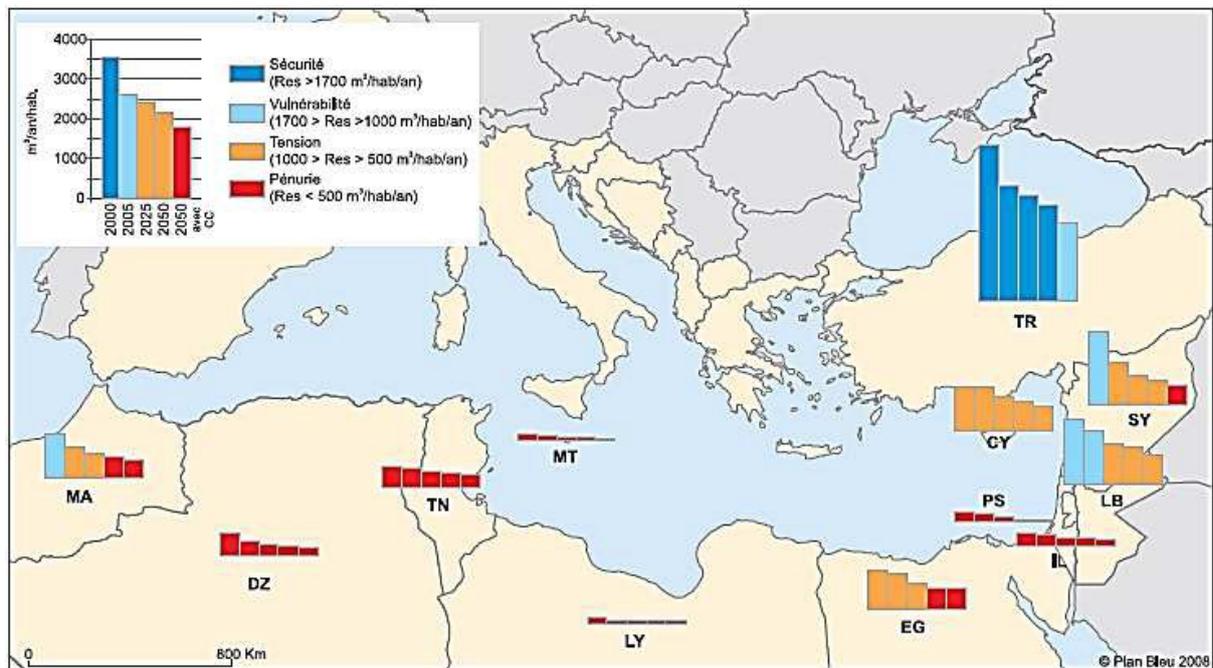
### **V.3.1. Dans le monde.**

Les dernières études dans le domaine de la gestion des ressources en eau indiquent que le monde est au bord d'une crise mondiale de la soif et de la sécheresse et on estime qu'au cours des deux prochaines décennies, la consommation d'eau par individu augmentera de 40% et qu'il faudra 17% de plus d'eau pour la production vivrière des populations des pays en développement.

Un tiers des pays situés dans les régions arides devraient connaître de graves pénuries d'eau au cours du siècle actuel. L'Inde, l'Asie centrale, une partie de l'Europe de l'Est et des Etats-Unis et le Mexique sont déjà en proie à de sérieuses difficultés. Entre 1950 et 1990, le taux de croissance des prélèvements en eau a été plus du double de celui de la population (Le soutien de la Commission européenne, 2010).

### **V.3.2. En méditerranée**

La Méditerranée constitue l'une des rares frontières séparant dans le monde deux zones contiguës à caractéristiques démographiques opposées et à niveaux de développement contrastés. Cette région, dans sa diversité, est représentative de l'ensemble de la planète et constitue ainsi un laboratoire grandeur nature pour l'exercice mondial de vision (Plan bleu, 2008).



Source : Plan Bleu

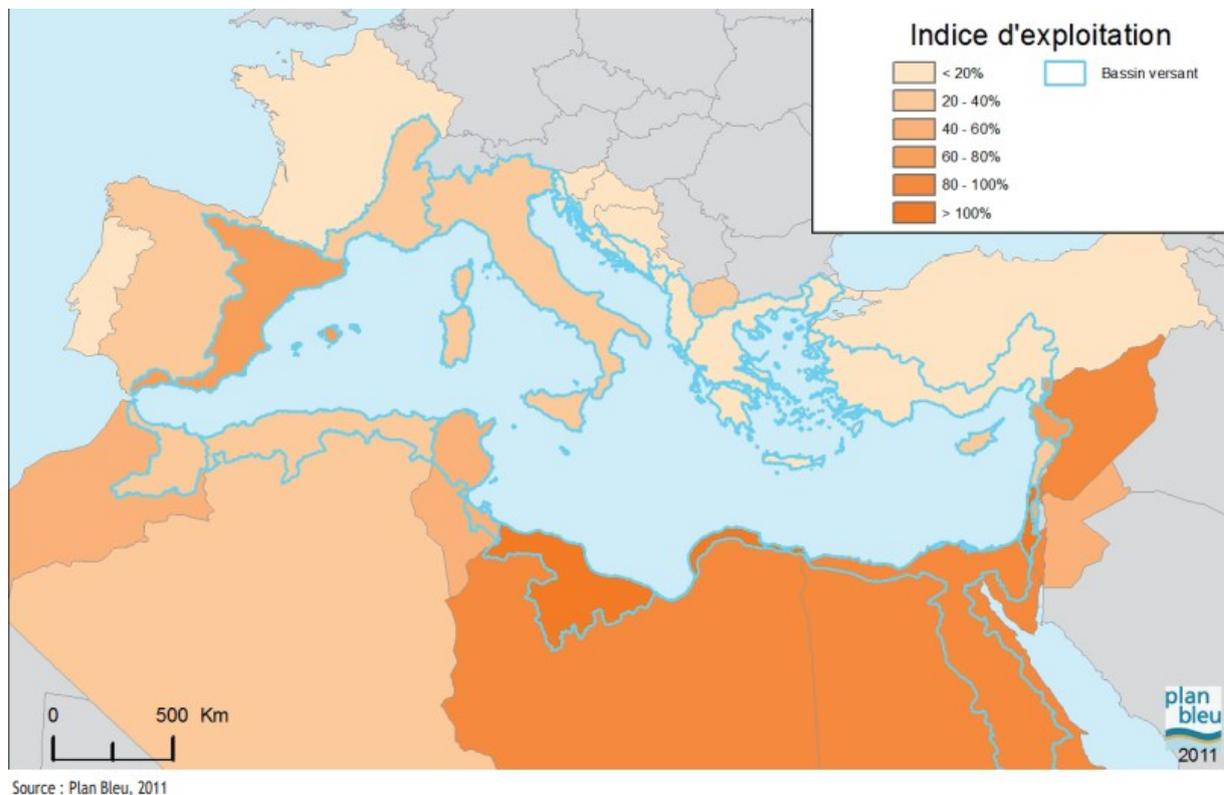
**Fig.V.1.** Evolution des ressources en eau par habitant dans les pays de Sud et de l'Est de la Méditerranée entre 2000 et 2050. (Plan bleu ,2008)

L'augmentation de la demande en eau est liée à la densité de population et aussi le développement d'activités industrielles et agriculture (irrigation) consommatrices d'eau

Tandis que les ressources en eau restent inchangées en l'absence de nouvelles sources d'exploitation. (Plan Bleu, 2008).

En Méditerranée, les ressources en eau sont très inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. Les situations de pénuries d'eau et de sécheresses sont fréquentes, affectant tout particulièrement les pays du Sud et de l'Est. La population méditerranéenne « pauvre » en eau

C'est-à-dire celle des pays disposant de moins de 1000 m<sup>3</sup> /hab/an de ressources renouvelables, pourrait atteindre 250 millions d'habitants en 2025, dont 80 millions en situation de pénurie avec moins de 500 m<sup>3</sup> /hab/an(les cahiers du plan bleu 11)



**Fig.V.2.** *Indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelables à l'échelle des pays entiers et bassins versants méditerranéens (2005-2010)*

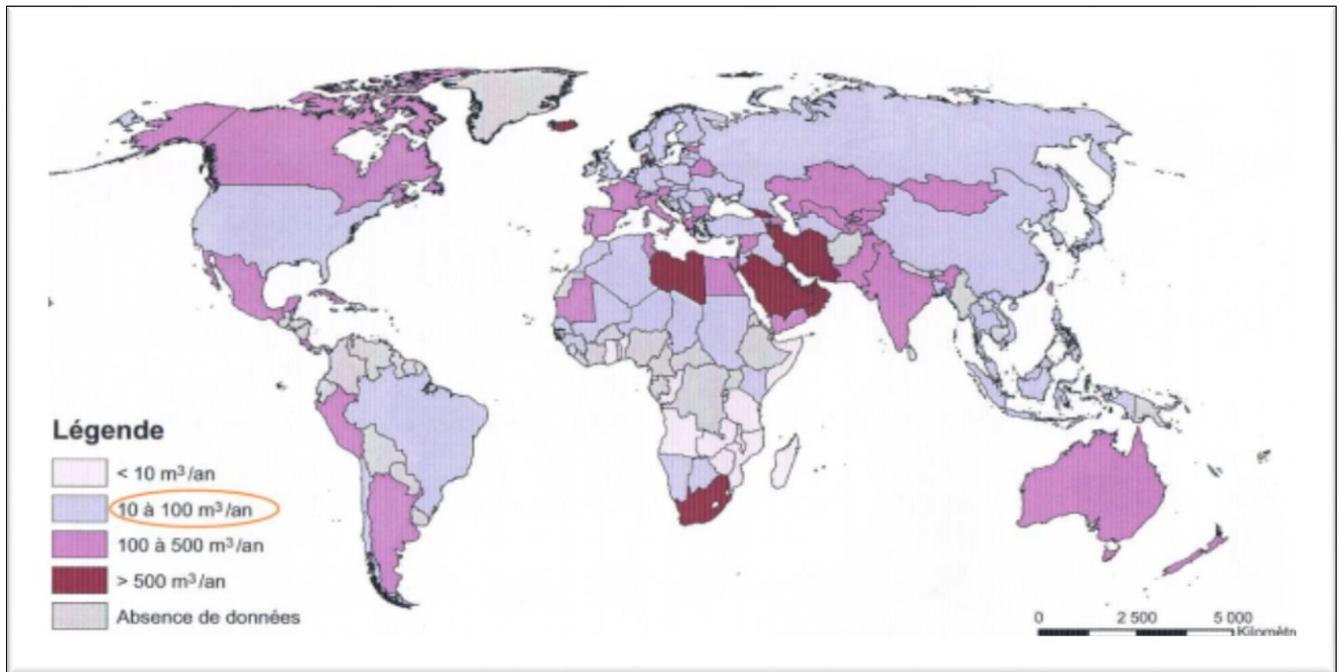
La carte représenté indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelables dans le bassins versants méditerranées.

Dans certains pays Egypte, Israël, Jordanie, Libye, Malte, Syrie, Territoires palestiniens, (indice d'exploitation 80-100%).

Et les autres pays (Algérie, Maroc et Tunisie 40-60 % des ressources renouvelables.

### V.3.3. En Algérie

L'Algérie souffre ces dernières années d'un manque d'eau sans précédente situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Donc l'Algérie classée parmi les payées touchées par le stress hydrique. Les aléas climatiques persistants, doublés d'une forte croissance de la population dans les grands centres urbains ont largement contribué à l'actuelle carence de ressources mobilisables pour les besoins élémentaires du pays (Fredj, 2005).



**Fig.V.3.** *Payes classées suivant le prélèvement d'eau souterraine par habitant*  
(Jean Margat, 2008)

L'évolution considérable de la demande en eau en Algérie, liée principalement à l'accroissement rapide de la population, au développement de l'urbanisation mais aussi à l'élévation du niveau de vie, a conduit le pays à accroître les capacités de stockage des eaux de surface, à augmenter l'exploitation des nappes souterraines et à réaliser des adductions et des transferts de volumes importants sur des distances de plus en plus grandes (Plan Bleu ,2009) .

Les problèmes de l'eau en Algérie :

D'après les notes d'analyse du (plan bleu, 2010)à l'exception des eaux fossiles des eaux souterraines profondes du Sahara, les ressources en eau naturelle de l'Algérie dépendent principalement des précipitations, qui sont très inégalement répartitionnées de carère forte irrégularites intra-annuelles.

Les volumes de précipitation sont très variable dans le temps :concentration sur quelques mois au nord et quelques jours par an au sud. Des années de fortes pluies peuvent être suivies de périodes de sècheresse aigue

Ainsi, la région littorale Nord, qui regroupe les bassins méditerranéens et ne représente que 7 % du territoire national, représente 90 % du ruissellement total du pays (estimé à 12,4 milliards de m<sup>3</sup> par an). Le reste étant partagé entre les hauts plateaux pour 6% et les bassins sahariens pour 4%. De plus, les précipitations sont en moyenne deux Fois plus importantes à l'est qu'à l'ouest, le même déséquilibre se trouve dans le potentiel hydrique de ces régions.

## V.4. Etude de cas : Sous-bassin versant du Boumerzoug

### V.4.1. Ressources en eau du sous-bassin .

#### V.4.1.1. Ressources superficielles

##### a. Les oueds

Les ressources en eau de surface proviennent en quasi-totalité de l'oued Boumerzoug et ses principaux affluents, qui sont alimentés principalement par les eaux pluviales. Sur l'ensemble du bassin, les apports en eau de surface de l'oued Boumerzoug et se s'affluent traduisent un volume approximatif extrapolé et qui reste très peu exploité vu le volume total mobilisé par les différents ouvrages hydrauliques dans le bassin.

##### b. Les barrages

Les Barrages n'existent pas dans le sous bassin versant de Boumerzoug (barrage Berla à Ain Smara, A l'arrêt depuis Juillet 2002)

##### c. Les retenues collinaires

D'après ANRH (2007) de Constantine, les retenues collinaires dans le bassin du Boumerzoug sont essentiellement destinées à l'irrigation. Elles sont au nombre de 15 avec une capacité 2708000 m<sup>3</sup>, irrigant une superficie 157 ha (ANRH Constantine, 2007).

#### V.4.1.2. Les ressources souterraines

##### a. Les puits

Selon (ABH en 2007), il y a 15 puits dans le sous-bassin du Boumerzoug , débit totale (17l/s), leur rôle est limité uniquement à satisfaire les besoins domestiques (AEP).

##### b. Les sources

Le sous bassin de Boumerzoug ne contient que 7 sources recensées par l'ABH 2007 de Constantine avec un débit de (13 l/s) et le volume totale 0,222 hm<sup>3</sup>/an

Et leur usage pour alimentation en eau potable.

##### c. Les forages

D'après l'ABH (2007) de Constantin et Ministère des ressources en eau de Oum Bouaghi on a dénombré près de 248 forages assurant ainsi les besoins en eau des différents secteurs consommateurs de l'eau (AEP, irrigation, industrie).

(102 forages arrêtent) et 146 forages sont exploités avec un débit de 111,54 hm<sup>3</sup>/an répartis sur le sous bassin étudié (102 forages arrêtent).

Ces forages en service sont destinés essentiellement à l'alimentation en eau potable avec un volume de 22,70 hm<sup>3</sup>/an (95,86%) et une petite partie vers Alimentation en eau industrielle leur volume 0,97 hm<sup>3</sup>/an (4,14%).

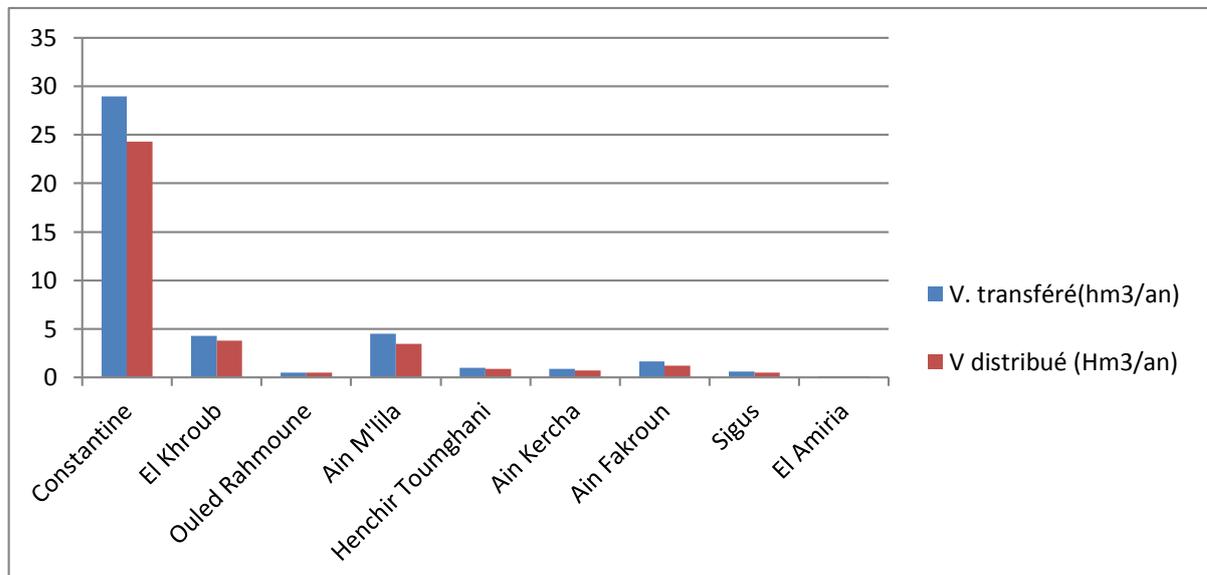
#### V.4.2. Evolution de l'AEP de 1998 à 2007

##### V.4.2.1. Ressources en eau pour l'AEP en 1998

On observe que la commune de Constantine la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume distribué de l'ordre de 24,312 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient les communes d'Ain M'lila et El Khroub un volume distribué chacune de l'ordre de 3 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié, elles reçoivent des distributions relativement négligeables qui ne dépassent pas le 1 hm<sup>3</sup>/an. Cependant, le volume total (global) distribué en l'an 1998 est de 35.58 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.4. Volume transféré- Volume distribué (AEP)**

*Année 1998*

### V.4.2.2. Ressources en eau pour l'AEP 2000

#### a. Volume Produit

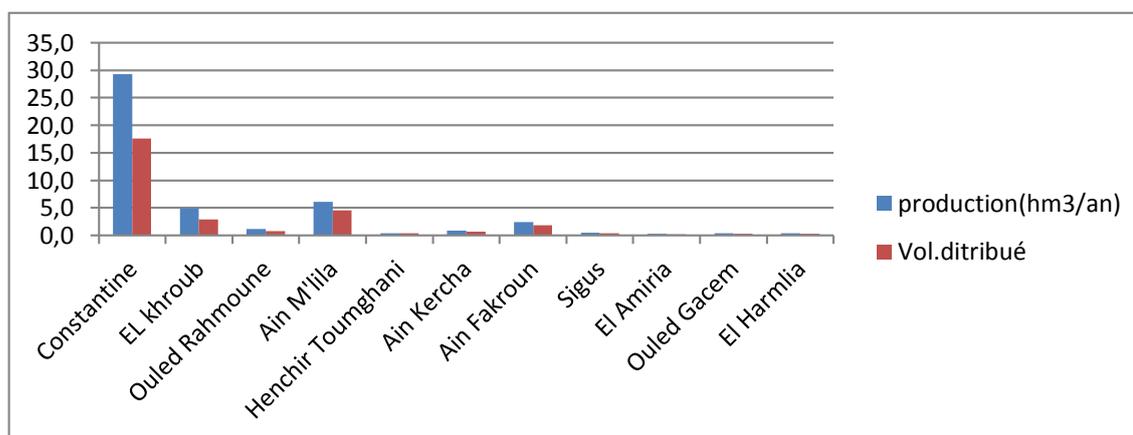
En premier lieu vient la commune, Constantine avec un production qui de l'ordre 29, 3hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'Ain M'lila avec un production qui de l'ordre de 6,05 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'El Khroub avec un production d'environ 4,900 hm<sup>3</sup>/an et la commune de Ain Fekroun avec un production qui dépasse 2,447 hm<sup>3</sup>/an et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des distributions relativement négligeables qui ne dépassent pas le (1 hm<sup>3</sup>/an). Cependant, production total (global) en l'an 2000 est de 46,8 hm<sup>3</sup>/an.

#### b. Volume distribué

On observe que la commune de Constantine est relativement la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume distribué de l'ordre de 17,60 hm<sup>3</sup>/an. En deuxième lieu vient la commune d'Ain M'lila avec un volume distribué de l'ordre de 4,54 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'El Khroub avec un volume distribué d'environ 2,93 hm<sup>3</sup>/an, et la commune de Ain Fekroun avec un volume de qui dépasse 1,84 hm<sup>3</sup>/an et concernant les autres communes du sous bassin reçoivent des distributions relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an. Cependant, le volume total (global) distribué en l'an 2000 est de 30 hm<sup>3</sup>.

On observe que la commune de Constantine est relativement la plus consommé en eau potable est a reçu production l'ordre de 29, 33 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.5.** Volume produit- Volume distribué (AEP)

Année 2000

### V.4.2.3. Ressources en eau pour l'AEP 2001

#### a. Volume Produit

La commune de Constantine est relativement la plus consommatrice en eau potable est a reçu de production qui de l'ordre de 25,79 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des productions relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an. Cependant, production total (global) en l'an 2001 est de 44,66 hm<sup>3</sup>/an..

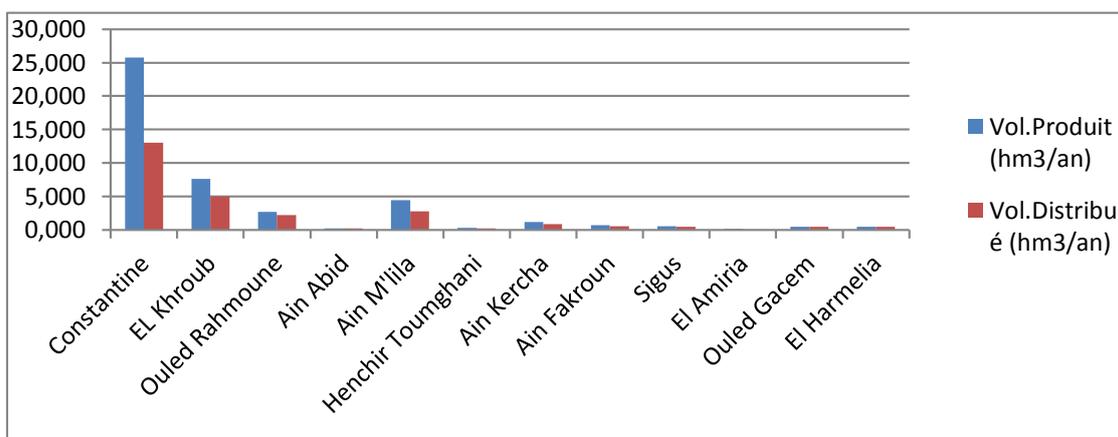
En deuxième lieu vient la commune d'El Khroub avec un production de qui est d'environ 7,59 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'Ain M'lila avec un production d'environ 4,42 hm<sup>3</sup>/an elle est suivies les communes Ouled Rahmoune 2,69 hm<sup>3</sup>/an, Ain Karcha 1,18 hm<sup>3</sup>/an.

#### b. Volume distribué

La commune de Constantine est la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume distribué qui de l'ordre de 13 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'El Khroub un volume distribué d'environ 5 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'Ain M'lila avec un volume distribué de qui est d'environ 2,7 hm<sup>3</sup>/an elle est suivies les communes Ouled Rahmoun 2,25 hm<sup>3</sup>/an, Ain Kercha 0,88 hm<sup>3</sup>/an.

Concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des distributions relativement négligeables. Cependant, le volume total (global) distribué en l'an 2001 est de 24.43 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.6.** Volume produit- Volume distribué (AEP)  
Année 2001

#### V.4.2.4. Ressources en eau pour l'AEP 2002

##### a. Volume Produit

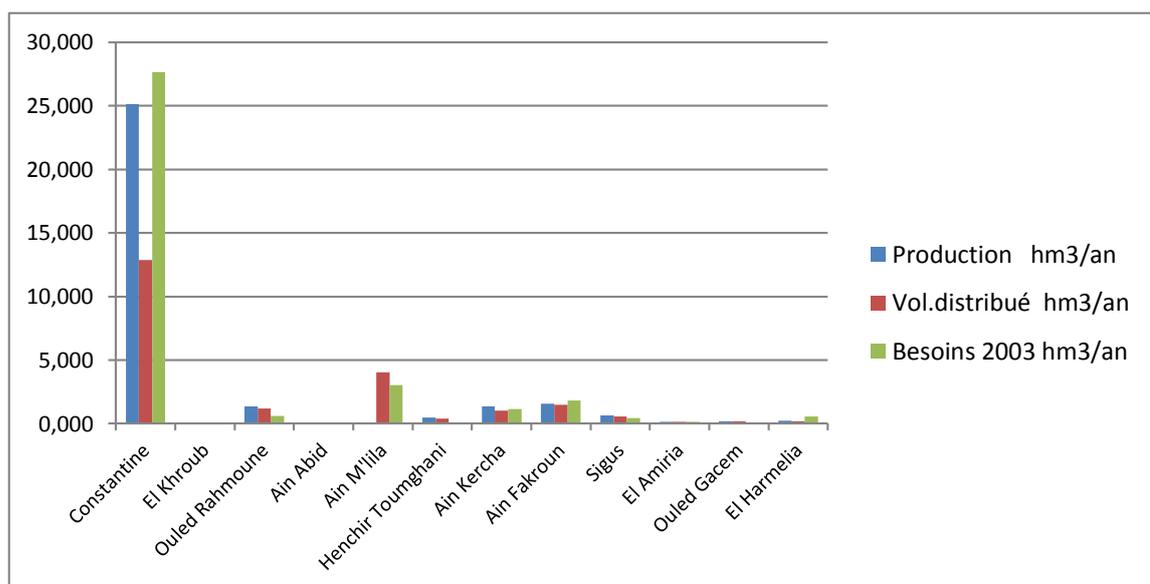
La commune de Constantine est la plus consommatrice en eau potable est a reçu de production qui de l'ordre de 25,13 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'Ain M'lila avec un production de qui est d'environ 4,5 hm<sup>3</sup>/an ensuite la commune d'Ain Fekroun avec un production d'environ 1,56 hm<sup>3</sup>/an elle est suivies les communes Ouled Rahmoune 1,357 hm<sup>3</sup>/an, Ain Karcha 1,352 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des productions relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an. Cependant, production total (global) en l'an 2002 est de 35,72 hm<sup>3</sup>/an.

##### b. Volume distribué

On observe que la commune de Constantine la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume distribué qui est de 12,9 hm<sup>3</sup>/an. En deuxième lieu vient la commune de Ain M'lila avec un volume distribué de qui est d'environ 4 hm<sup>3</sup>/an et la commune de Ain Fekroun avec un volume de qui dépasse 1,5 hm<sup>3</sup>/an, et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des distributions relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an. Cependant, le volume total (global) distribué en l'an 2002 est de 22,2 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.7. Besoins - Volume produit- Volume distribué (AEP)**

*Année 2002*

On observe, la commune de Constantine le besoin 27,7 hm<sup>3</sup>/an est plus que la production 25,135 hm<sup>3</sup>/an et le Vol. distribué 12,89 hm<sup>3</sup>/an, et cela est dû à la densité de population croissante de cette commune qui est estimée 448 374 Hbt.

❖ La commune d'Ain M'lila la production (4,507 hm<sup>3</sup>/an) plus que le volume 4,04hm<sup>3</sup>/an et le besoin 3hm<sup>3</sup>/an avec une population 8841 Hbt

❖ La commune d'Ain Fekroun le besoin 1,8 hm<sup>3</sup>/an plus que le volume 1,50 hm<sup>3</sup>/an et la production 1,56 hm<sup>3</sup>/an, population 55282 Hbt

❖ La commune d'Ouled Rahmoune la production 1,375 hm<sup>3</sup>/an plus que le volume 1,19 hm<sup>3</sup>/an et le besoin 0,6 hm<sup>3</sup>/an avec une population 26132 Hbt

❖ La commune de Ain El Karcha la production 1,352 hm<sup>3</sup>/an plus que le volume 1,01 hm<sup>3</sup>/an et le besoin 1,1hm<sup>3</sup>/an avec une population 32377 Hbt, et les autre commune ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an.

#### **V.4.2.5. Ressources en eau pour l'AEP 2003**

##### **a. Besoins en eau**

La commune de Constantine est le plus besoin de l'eau potable de 3,25 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'Ain Fekroun avec un besoin qui est de l'ordre de 1,55 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'Ain Karcha avec 1,19 hm<sup>3</sup>/an, Sigus 0,7 hm<sup>3</sup>/an et Henchir Toumghani 0,47 hm<sup>3</sup>/an.

Les autres communs ont des besoins faible ou négligeable

##### **b. Volume Produit**

La commune de Constantine est relativement la plus consommatrice en eau potable est a reçu de production de l'ordre de 34,87 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'El Khroub avec un production de qui est de 6,47 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'Ain M'lila avec un production de 3,28 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des productions relativement négligeables qui ne dépassent pas le (2 hm<sup>3</sup>/an). Cependant, production total (global) en l'année 2003 est de 50,82 hm<sup>3</sup>/an.

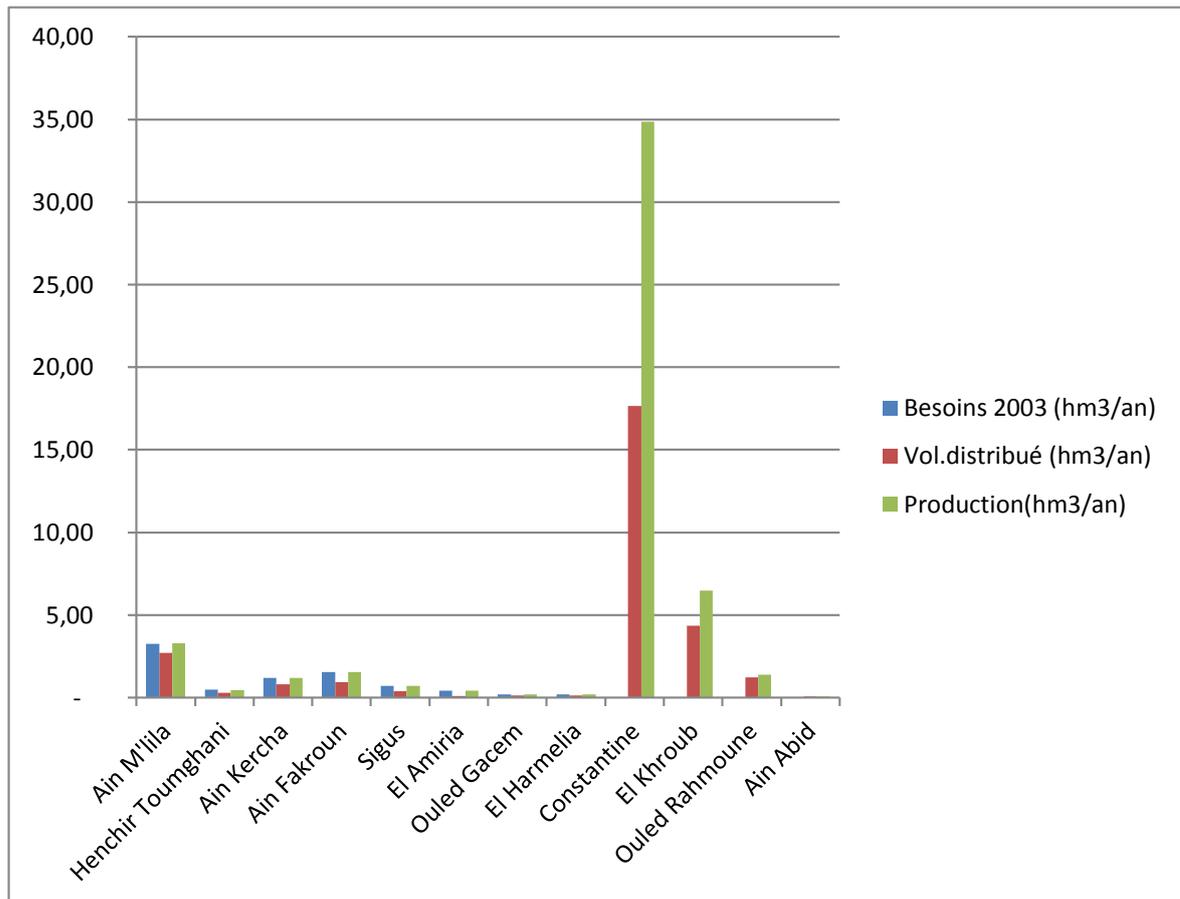
##### **c. Volume distribué**

La commune de Constantine est la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume distribué de l'ordre de 64 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'El Khroub un volume distribué d'une valeur de 4,34 hm<sup>3</sup>/an, ensuite la commune d'Ain M'lila avec un volume distribué de 2,7 hm<sup>3</sup>/an. Elle est suivie des communes d'Ouled Rahmoune 1,21 hm<sup>3</sup>/an, d'Ain Fekroun 0,94 hm<sup>3</sup>/an, et d'Ain Karcha 0,81 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des distributions relativement négligeables.

Cependant, le volume total (global) distribué en l'an 2003 est de (28.73 hm<sup>3</sup>/an).



**Fig.V.8.** Besoins- Volume produit- Volume distribué (AEP)

Année 2003

#### V.4.2.6. Ressources en eau pour l'AEP 2007

##### a. Besoins

La commune d'Ain M' lila est le plus besoin de l'eau potable qui de l'ordre de 96,74 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune d'Ain Fekroun avec un besoins de qui de l'ordre de 58,31 hm<sup>3</sup>/an et ensuite la commune d'Ain Karcha 36,68 hm<sup>3</sup>/an. Constantine 28,91 hm<sup>3</sup>/an. Sigus 18,43 hm<sup>3</sup>/an. Henchir Toumghani 7,63 hm<sup>3</sup>/an. El Harmelia 4,01 hm<sup>3</sup>/an

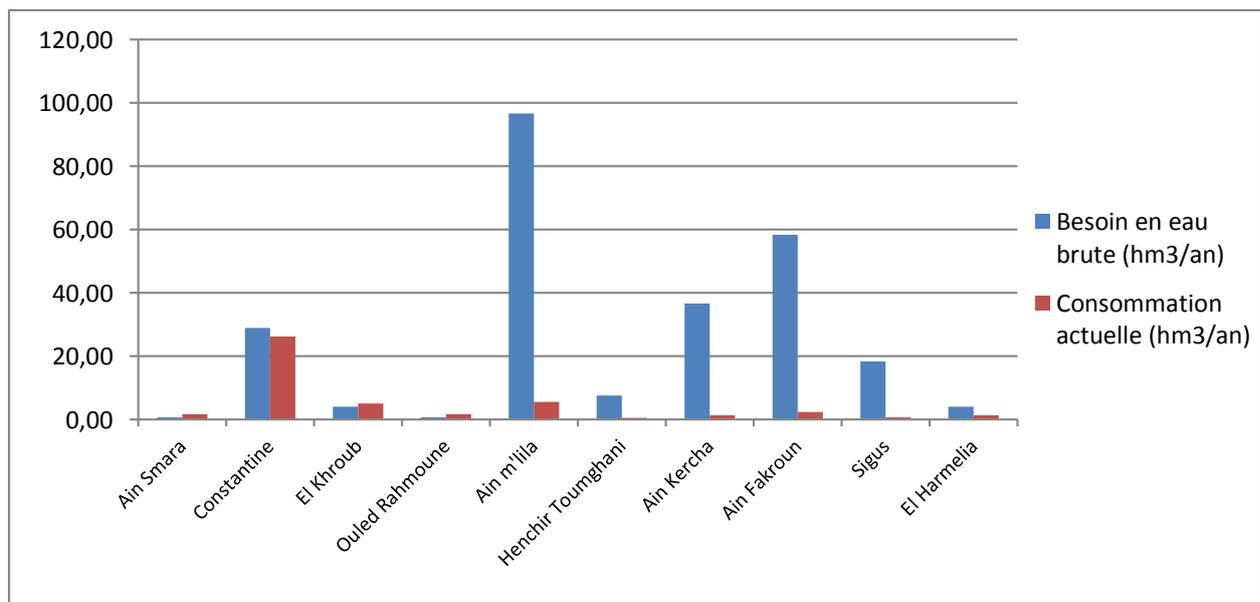
Les communs des Ain Smara et Ouled Rahmoune ont des besoins faible ou négligeable.

##### b. Consommation

On observe que la commune de Constantine la plus consommatrice en eau potable qui de l'ordre de 26,27 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune de Ain M'lila avec une consommation de qui de l'ordre de 5,59 hm<sup>3</sup>/ an.en suit la commune d'Ain Fekroun avec 2,41 hm<sup>3</sup>/an. Ain Smara 1,78 hm<sup>3</sup>/an). Ouled Rahmoune 1,73 hm<sup>3</sup>/an. El Harmelia (1,44 hm<sup>3</sup>/an). Ain Karcha 1,34 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des distributions relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.9.Besoin-Consommation (AEP)**

Année 2007

On observe que la commune de Constantine sont le plus consommatrice d'eau estimée à 26,27 hm<sup>3</sup>/an, et ceci en raison de leur forte densité de population 448374 hbt.

En deuxième lieu vient La commune d'Ain M'lila est le plus besoin de l'eau potable qui est d'environ 96,74 hm<sup>3</sup>/an et la valeur de la consommation dans cette commun est estimée à 5,95 hm<sup>3</sup>/an et sa densité de population est de 88441 hbt.

La commune de El Khroub consomme une quantité importante d'eau estimée à 5,18 hm<sup>3</sup>/an, et cela est dû à sa forte densité de population 179033 hbt.

Le communes Ain Fekroun et Ain Kercha besoin de l'eau potable qui de l'ordre enter 36 et 58 hm<sup>3</sup>/an, et la consommation estimée entre 1,34 et 2,41 hm<sup>3</sup>/an. Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des consommations relativement négligeables qui ne dépassent pas le un hm<sup>3</sup>/an.

Nous en concluons que le besoin et la consommation d'eau est fonction de la densité de population de chaque commune.

#### V.4.3. Evolution de l'alimentation en eau pour l'irrigation de 1998 à 2007

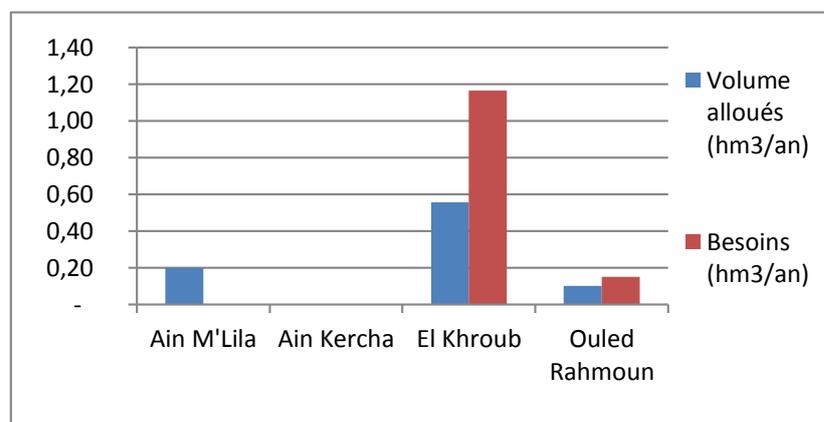
##### V.4.3.1. Ressources en eau pour l'irrigation en 1998

###### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'El Khroub est le plus besoin de l'eau pour l'irrigation qui de l'ordre de 1,16 hm<sup>3</sup>/an. Et la commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,15 hm<sup>3</sup>/an.

###### b. Ressources en eau allouées

La commune d'El Khroub est le plus consommatrice de l'eau pour qui de l'ordre de 0,56 hm<sup>3</sup>/an. Et la commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,1 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.10.** Besoins - Ressources allouées (Irrigation)  
Année 1998

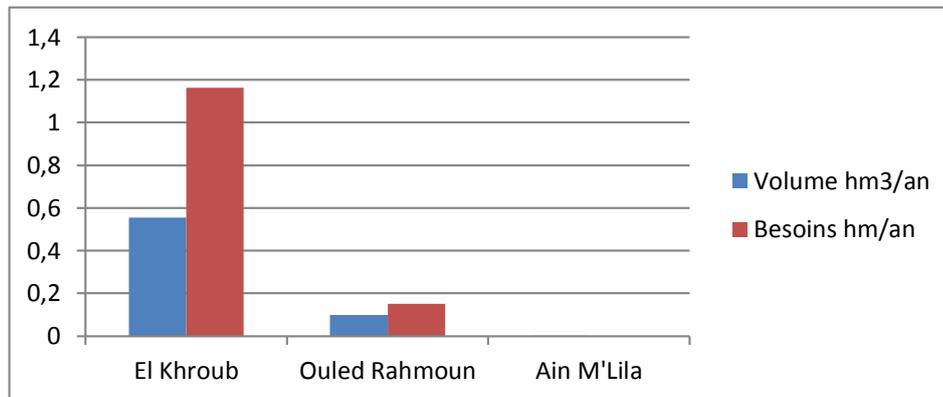
### V.4.3.2. Ressources en eau pour l'irrigation en l'an 2000

#### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'El Khroub est le plus besoin de l'eau pour l'irrigation qui de l'ordre de 1,164 hm<sup>3</sup>/an. Et la commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,150 hm<sup>3</sup>/an.

#### b. Ressources en eau allouées

La commune d'El Khroub est le plus consommatrice de l'eau pour qui de l'ordre de 0,55 hm<sup>3</sup>/an. Et la commune de Ouled Rahmoune qui de l'ordre de 0,10 hm<sup>3</sup>/an



*Fig. V.11. Besoins - Ressources allouées -(Irrigation)  
Année 2000*

### V.4.3.3. Ressources en eau pour l'irrigation en 2001

#### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'Ain M'lila est le plus besoin de l'eau pour qui de l'ordre de 1,40 hm<sup>3</sup>/an.

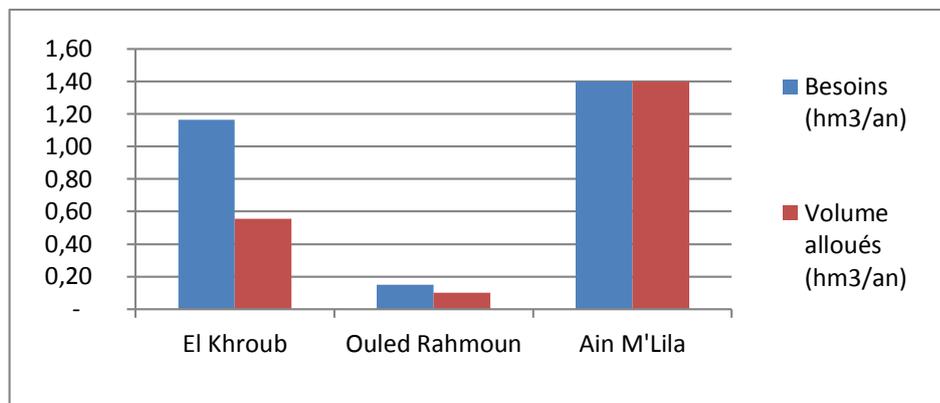
Et la deuxième commune d'El Khroub avec un besoins qui de l'ordre de 1,16 hm<sup>3</sup>/an.

Et la commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,15 hm<sup>3</sup>/an.

#### b. Ressources en eau allouées

La commune d'Ain M'lila est le plus consommatrice de l'eau pour l'irrigation qui est qui de l'ordre de 1,4 hm<sup>3</sup>/an.

Et la deuxième commune d'El Khroub avec un volume alloué qui de l'ordre de 0,56 hm<sup>3</sup>/an. Et la commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,1 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.12. Besoins - Ressources allouées (Irrigation)**

*Année2001*

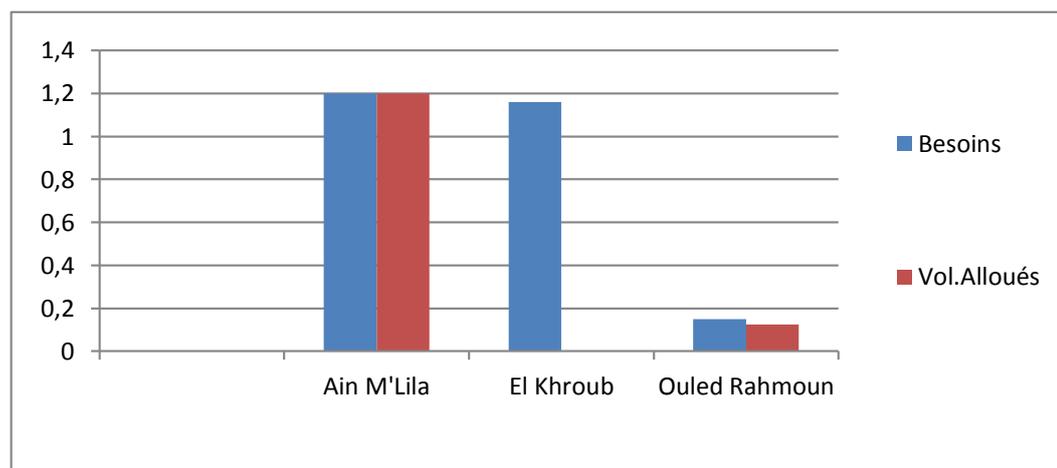
#### V.4.3.4. Ressources en eau pour l'irrigation en 2002

##### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'Ain M'lila est la plus consommatrice de l'eau pour l'irrigation qui est de l'ordre de 1,2 hm<sup>3</sup>/an. Et la deuxième commune d'El Khroub avec un besoin d'environ 1,15 hm<sup>3</sup>/an. Ensuite la commune de Ouled Rahmoune qui est de l'ordre de 0,15 hm<sup>3</sup>/an.

##### b. Ressources en eau allouées

La commune d'Ain M'lila est la plus consommatrice de l'eau pour l'irrigation qui est de l'ordre de 1,2 hm<sup>3</sup>/an. Et la deuxième commune de Ouled Rahmoune qui est de l'ordre de 0,12 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.13. Besoins - Ressources allouées (Irrigation)**

*Année2002*

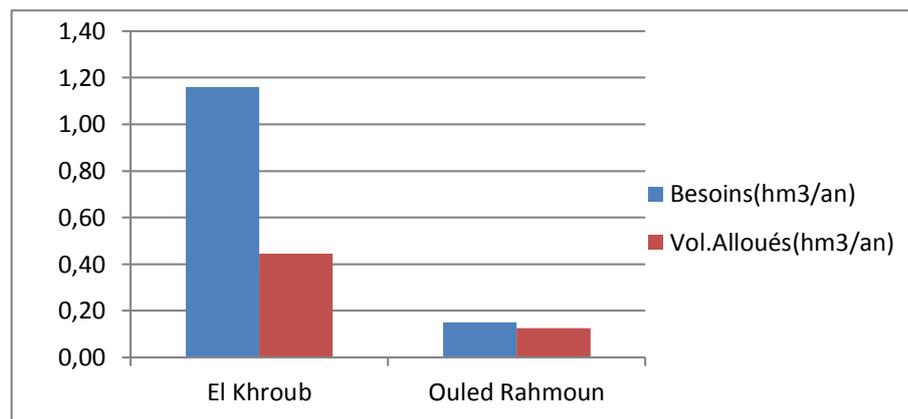
#### V.4.3.5. Ressources en eau pour l'irrigation en 2003

##### a. Besoins en ressources en eau

La commune de El Khroub est la plus consommatrice de l'eau pour l'irrigation qui est de l'ordre de 1,16 hm<sup>3</sup>/an. Et la deuxième commune de Ouled Rahmoune qui est d'environ 0,15 hm<sup>3</sup>/an.

### b. Ressources en eau allouées

La commune de El Khroub est le plus consommatrice de l'eau pour l'irrigation qui de l'ordre de  $0,45 \text{ hm}^3/\text{an}$ . Et la deuxième commune de Ouled Rahmoune qui de l'ordre de  $0,13 \text{ hm}^3/\text{an}$ .



*Fig.V.14.Besoins - Ressources allouées (Irrigation)*

*Année 2003*

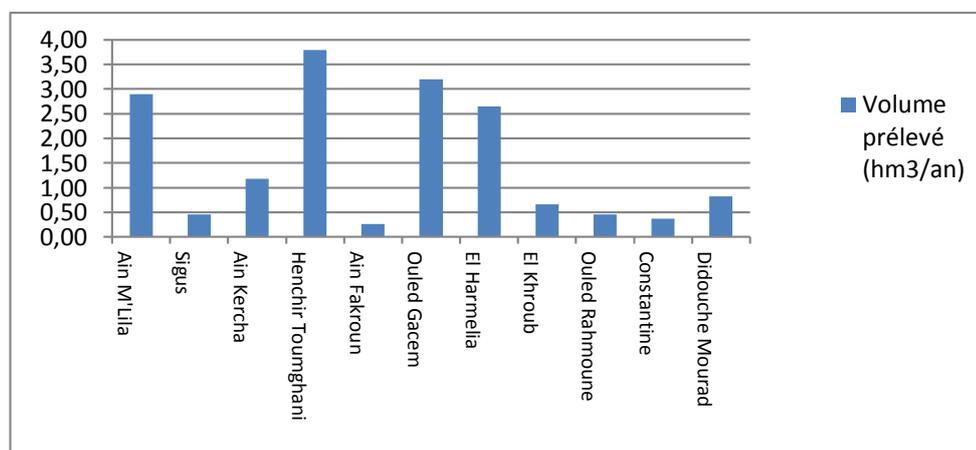
### V.4.3.6. Ressources en eau pour l'irrigation en 2007

#### Volume Prélevé pour l'irrigation

La commune de Henchir Toumghani est relativement la plus prélèvement d'eau d'irrigation qui est d'environ  $3,8 \text{ hm}^3/\text{an}$ . En deuxième lieu vient la commune d'Ouled Guacem avec un volume prélevé de  $3,2 \text{ hm}^3/\text{an}$ . Et ensuite les communes d'Ain M'lila  $2,9 \text{ hm}^3/\text{an}$ , El Harmelia  $2,65 \text{ hm}^3/\text{an}$  et Ain Kercha  $1,18 \text{ hm}^3/\text{an}$ .

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des volumes relativement négligeables qui ne dépassent le un  $\text{hm}^3/\text{an}$ .

Cependant, le volume total prélevé en l'année 2007 est de l'ordre de  $16,75 \text{ hm}^3/\text{an}$ .



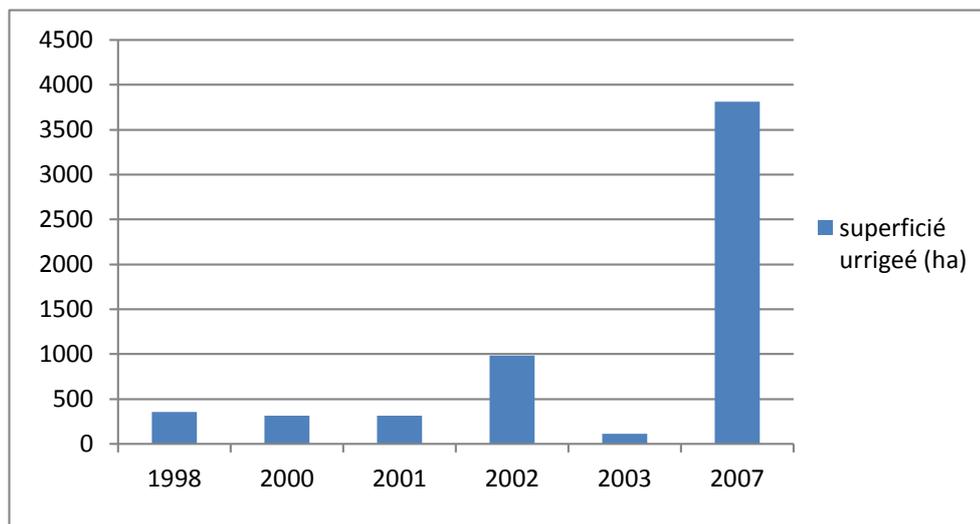
*Fig.V.15.Volume Prélevé (Irrigation)*

*Année 2007*

Les communes qui ont la plus superficie irriguée sont : Henchir Toumghani avec une superficie de 863 Ha, Ouled Guassem, Ain Mlila , El Harmilia qui dépassent 600 Ha. Ensuite, vient Ouled Rahmoune 114 Ha, El Khroub 165 Ha, Sigus 103 Ha et Didouche Mourad 206 Ha

Au contraire, les communes avec une superficie relativement réduite sont : Constantine et Ain Fekroun qui ne dépassent pas 100 Ha

Les besoins d'irrigation dans ce bassin et varient d'une région à l'autre dépendent de plusieurs facteurs, la surface irriguée, le mode d'irrigation, le type de culture et la quantité de précipitation.



**Fig.V.16.** Evolution des superficies irriguées

Années : 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007

#### V.4.4. Evolution de l'alimentation en eau pour l'industrie de 1998 à 2003

##### V.4.4.1. Ressources en eau pour l'industrie en 1998

###### a. Besoins en ressources en eau

La commune de Constantine est le plus besoin ou consommatrice de l'eau pour l'industrie qui de l'ordre de 8,5 hm<sup>3</sup>/an. En deuxième lieu vient la commune de Ibn Badis avec un besoins de qui est d'environ 5,9 hm<sup>3</sup>/an et la commune El khroub 1,8 hm<sup>3</sup>/an.

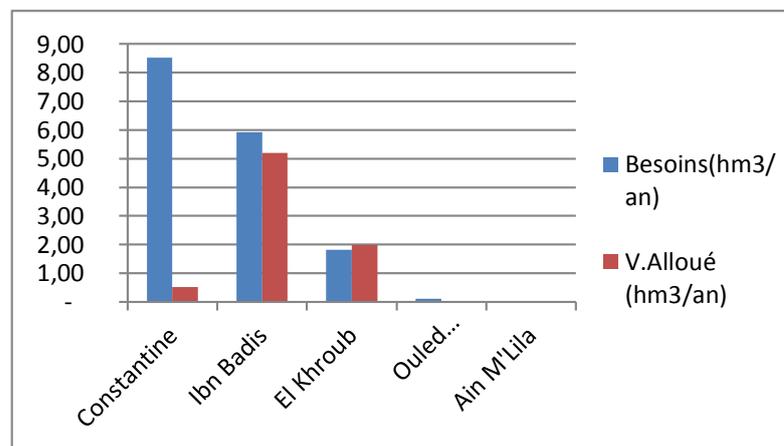
Les autres communs ont des besoins faible ou négligeable

###### b. Ressources en eau allouées

On observe que la commune d'Ibn Badis est relativement la plus consommatrice en eau industrielle est a reçu un volume Alloué qui de l'ordre de 5,20 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième commune vient d'El Khroub avec un volume Alloué qui est d'environ 2 hm<sup>3</sup>/an ensuite la commune de Constantine avec un volume Alloué qui de l'ordre de 0,52 hm<sup>3</sup>/an)

Est les autres communes relativement négligeables. Cependant, le volume Alloué total en l'année 1998 est de 7,72hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.17.** Besoins – Volume Alloué (industrie)

Année 1998

#### V.4.4.2. Ressources en eau pour l'industrie en 2000

##### a. Besoins en ressources en eau

La commune de Constantine est le plus besoin ou consommatrice de l'eau pour l'industrie qui de l'ordre de 8,52 hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune de Ibn Badis avec un besoins de qui de l'ordre de 5,93 hm<sup>3</sup>/an et la commune El khroub 1,94 hm<sup>3</sup>/an.

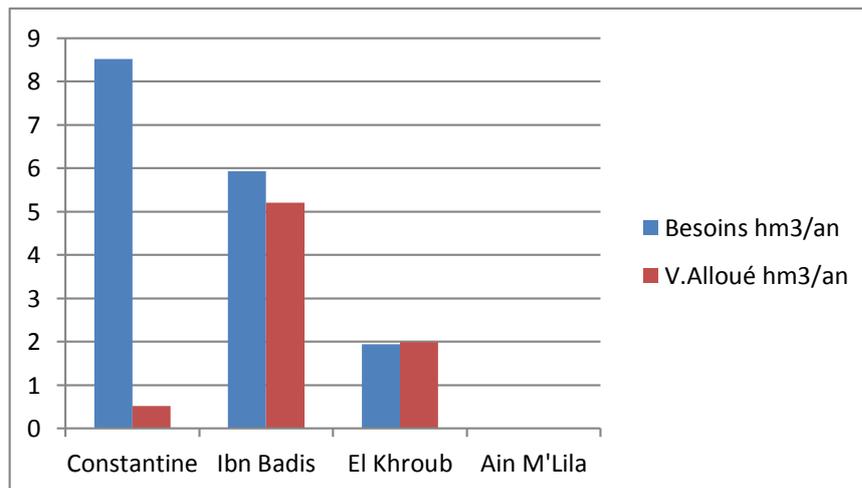
Les autres communs ont des besoins faible ou négligeable

##### b. Ressources en eau allouées

La commune de Ibn Badis la plus consommatrice en eau potable est a reçu un volume Alloué de l'ordre qui de l'ordre de (qui avoisine) 5,20 hm<sup>3</sup>/an.

Est en deuxième lieu vient la commune de El Khroub avec un volume Alloué qui de l'ordre de 1,98 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des volumes relativement négligeables. Cependant, le volume total (global) Alloué en l'an 2000 est de 7,72 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.18.** Besoins – Volume Alloué (industrie)

Année 2000

### V.4.4.3. Ressources en eau pour l'industrie en 2001

#### a. Besoins en ressources en eau

La commune de Constantine est le plus besoin ou consommatrice de l'eau pour l'industrie qui de l'ordre de 8,5 hm<sup>3</sup>/an.

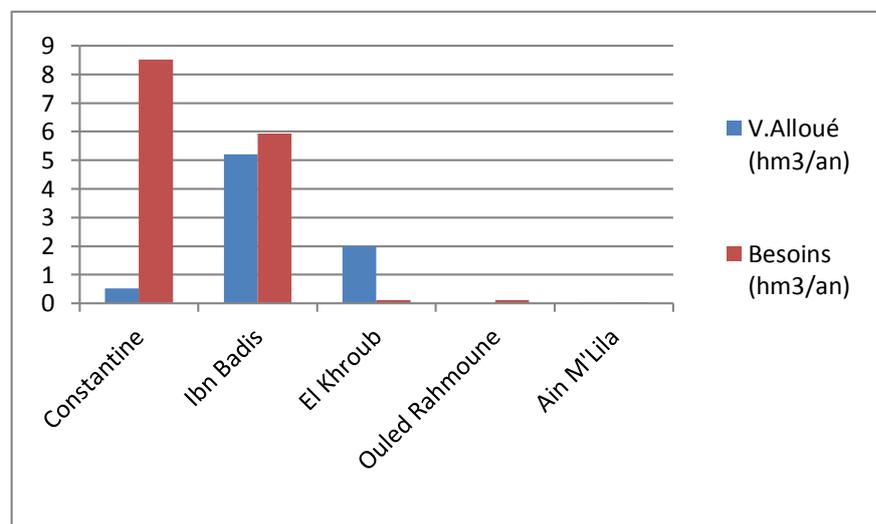
En deuxième lieu vient la commune de Ibn Badis avec un besoins de qui de l'ordre de 5,9 hm<sup>3</sup>/an et la commune El khroub 1,8hm<sup>3</sup>/an.

Les autres communs ont des besoins faible ou négligeable

#### b. Ressources en eau allouées

La commune de Ibn Badis la plus consommatrice en eau Industriel est a reçu un volume Alloué qui de l'ordre de 5,2 hm<sup>3</sup>/an est en deuxième lieu vient la commune de El Khroub avec un volume Alloué qui de l'ordre de 1,9hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des volumes relativement négligeables. Cependant, le volume total (global) Alloué en l'an 2001 est de 7,7 hm<sup>3</sup>/an.



**Fig.V.19.** Besoins – Volume Alloué (industrie)  
Année 2001

#### V.4.4.4. Ressources en eau pour l'industrie en 2002

##### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'El Khroub est le plus besoin de l'eau pour l'industrie qui est d'environ 0,9 hm<sup>3</sup>/an. En deuxième lieu vient la commune de Ibn Badis avec un besoins qui de l'ordre de 0,21 hm<sup>3</sup>/an et la commune de Ouled Rahmoun 0,11 hm<sup>3</sup>/an.

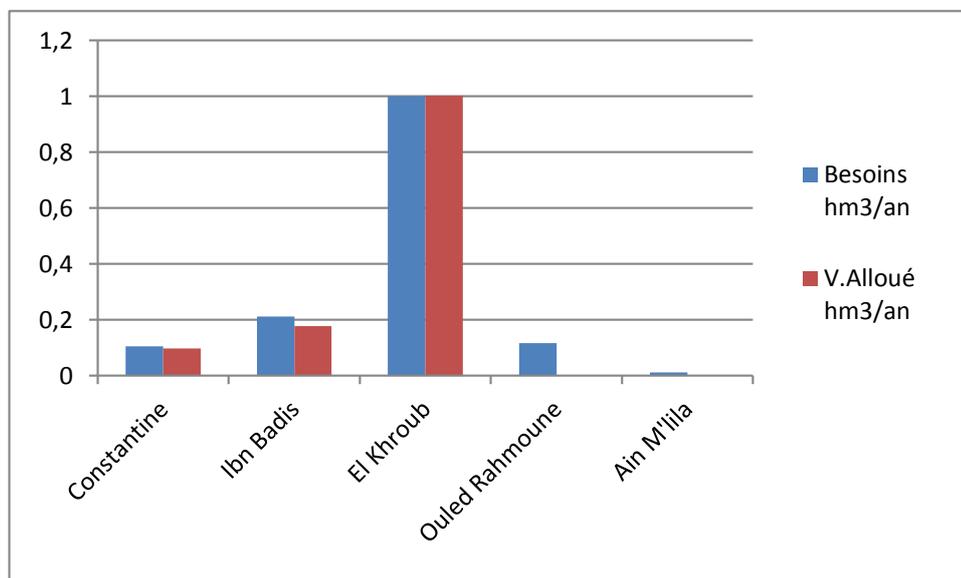
Les autres communes ont des besoins faible ou négligeable

##### b. Ressources en eau allouées

La commune d'El Khroub la plus consommatrice en eau Industriel est a reçu un volume Alloué qui de l'ordre de (qui avoisine) 1hm<sup>3</sup>/an

Est en deuxième lieu vient la commune d'Ibn Badis avec un volume qui de l'ordre de 0,17 hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des volumes relativement négligeables.



**Fig. V.20.** Besoins – Volume Alloué (industrie)  
Année 2002

#### V.4.4.5. Ressources en eau pour l'industrie en 2003

##### a. Besoins en ressources en eau

La commune d'El Khroub est le plus besoin ou consommatrice de l'eau pour l'industrie qui de l'ordre de 1hm<sup>3</sup>/an.

En deuxième lieu vient la commune de Constantine avec un besoins qui de l'ordre de 0,48 hm<sup>3</sup>/an et la commune Ibn Badis 0,21hm<sup>3</sup>/an.

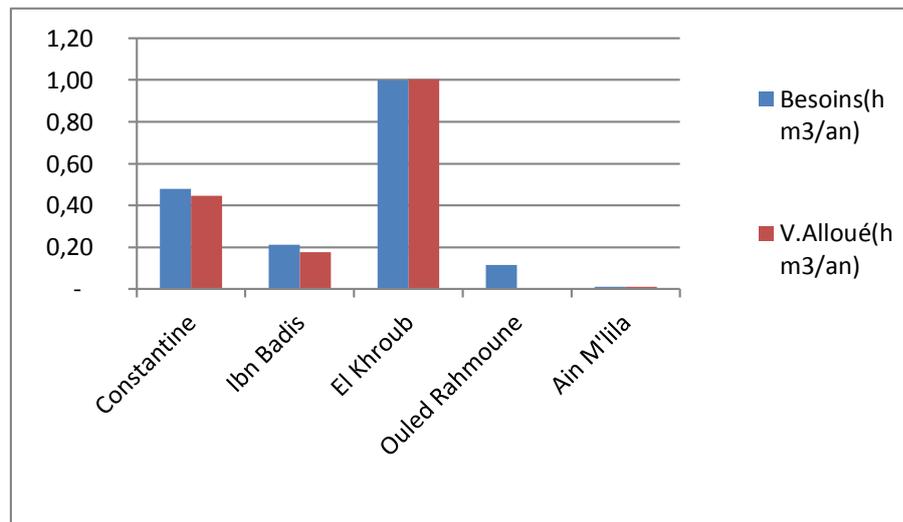
Les autres communs ont des besoins faible ou négligeable

##### b. Ressources en eau allouées

La commune d'El Khroub la plus consommatrice en eau Industriel est a reçu un volume Alloué qui de l'ordre de 1hm<sup>3</sup>/an.

Est en deuxième lieu vient la commune de Constantine avec un volume Alloué de qui de l'ordre de 0,45hm<sup>3</sup>/an.

Et concernant les autres communes du sous bassin étudié reçoivent des volumes relativement négligeables.



**Fig.V.21.** Besoins – Volume Alloué (industrie)

Année 2003

#### V.4.5. Consommation en eau globale dans le sous-bassin

La figure ci-dessus représente la consommation d'eau domine dans le sous bassin versant durant l'année 1998 à 2007

L'évaluation de la demande en eau potable toujours croissante dépend de plusieurs facteurs socio-économiques tels que la démographie, le niveau de vie, le type d'habitat, les habitudes socioculturelles, etc. Donc, en toute logique, on devrait rapporter la demande en eau potable au nombre d'habitants

On observe que l'eau potable est la plus consommée par rapport à la consommation pour l'agriculture et l'industrie, en 1998 la consommation AEP était estimée 35,58 hm<sup>3</sup>/an et la population (785759hbt), et en année 2001, 2002, 2003 le taux de consommation varie entre 22 et 30 hm<sup>3</sup>/an, Nombre d'habitant entre (742670-784889 hbt). et

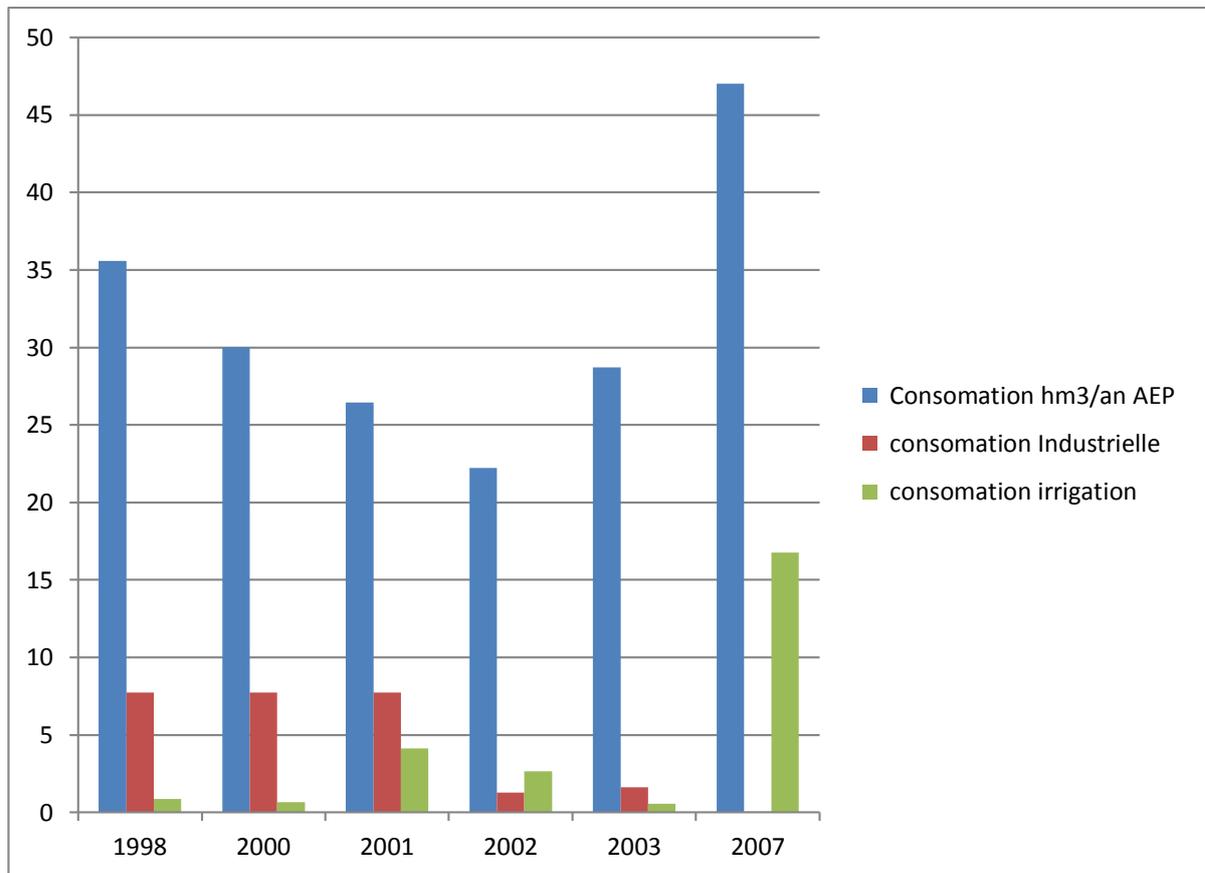
En 2007, la valeur de la consommation d'eau potable est passée à 47 hm<sup>3</sup>/an. ceci est lié à l'évolution démographique qui estimée à 946432 hbt cette année.

La consommation d'eau pour l'agriculture selon les surfaces irriguées et irrigable, aussi le type de culture.

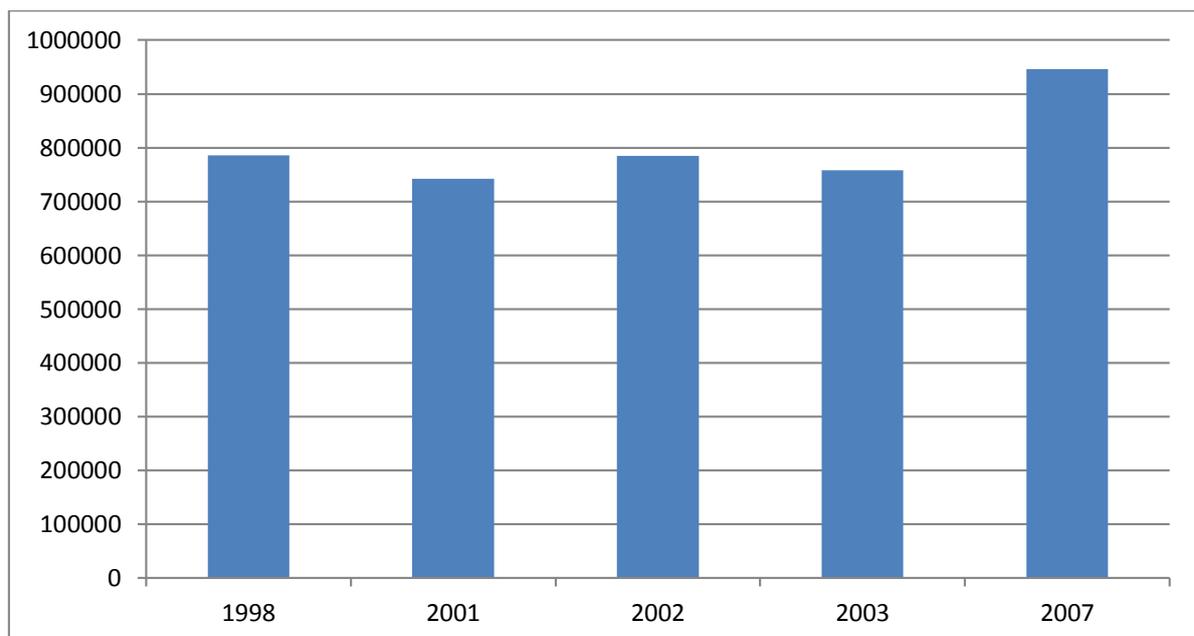
En 2001 la quantité de la consommation destinée à l'irrigation 4,11 hm<sup>3</sup>/an et la superficie estimé 314 ha , les autres années la consommation varie entre 0,5 et 2,65 hm<sup>3</sup>/an.

En 2007, une augmentation de la consommation (16,75 hm<sup>3</sup>/an) et cela est du aux superficies irriguées estimées (3811,5 ha).

La quantité d'eau consommée pour l'industrie est inférieure à la consommation d'eau potable et à agriculture. En 1998, 2000, 2001 la consommation était estimée à 7,72 hm<sup>3</sup>/an, et en 2002 0,27 hm<sup>3</sup>/an, 2003 1,63 hm<sup>3</sup>/an



**Fig.V.22.** Evolution de la consommation d'eau (AEP- Industrie –Agriculture)



**Fig.V.23.** Nombre d'habitants durant l'année (1998 -2007)

### **V.5.Conclusion**

Ce chapitre montre que la Gestion de l'eau se fait en fonction du nombre d'habitants du bassin, ainsi qu'en fonction des besoins en eau potable et des activités industrielles, et les superficies irrigables.

Le sous bassin de Boumerzoug d'une superficie de 1832 Km<sup>2</sup> et une population de 946432 habitants (RGPH 2008)

Ces besoins en eau potable sont estimés à près de 251,25 hm<sup>3</sup>/an pour l'année 2007 et besoins en eau d'irrigation dans le sous bassin de Boumerzoug sont toujours vers l'augmentation avec l'accroissement des superficies agricoles irriguées estimées à 3811,5 ha pour l'année 2007.

Le sous bassin de Boumerzoug caractérise par des ressources superficielles et souterraines qui permettent une merveilleuse activité humaine dans les différents secteurs utilisés (alimentation en eau potable, agriculture, et l'industrie).

# **Conclusion générale**

Le travail réalisé porte sur les aspects quantitatifs de la ressource en eau dans le sous bassin versant de Boumerzoug .

Le Boumerzoug est considéré comme le plus grand sous-bassin de Kébir-Rhumel caractérisé par une superficie de 1833,2 km<sup>2</sup>, occupant 21% de la surface globale de Kébir-Rhumel. L'analyse morpho-métrique fait ressortir un bassin ramassé de relief qualifié fort, aboutissant à une rapide mobilisation des eaux de surface.

L'étude géologique du sous bassin est caractérisée par trois ensembles lithostratigraphiques

- Un ensemble inférieur carbonaté néritique d'âge Jurassique-Crétacé ;
- Un ensemble à dominante marneuse constituant la couverture du précédent d'âge allant du Sénonien supérieur au Paléocène;
- Un ensemble supérieur comprenant une série détritique hétérogène Mio-Plio-Quaternaire .

Les caractéristiques hydrogéologiques sont décrites d'après le PNE de 2010 que les principales aquifères :

- L'aquifère de la région de Constantine; qui représente l'ensemble néritique constantinois constitué des grands massifs calcaires ou calcaréo-dolomitiques, formant un aquifère karstique.
- L'aquifère de la plaine de Telaghma-Ain M'Lila; formations du Crétacé Inférieur représentées par d'importantes assises calcaires et dolomitiques d'une perméabilité importante, constituant un important réservoir, ainsi que la nappe du Mio-Plio-Quaternaire, constituée par des sables, des graviers, des calcaires lacustres, des grès, des conglomérats, ainsi que des brèches rouges
- L'aquifère d'Oum Bouaghi-Ain Beida; formations les plus productives représentées par les calcaires du Maestrichtien et les quartzites du Crétacé inférieur.
- L'aquifère de la plaine d'El Madher : constituée par le recouvrement Mio-plio quaternaire, qui occupe le synclinal d'El Madher.

L'hydroclimatologie montre que le bassin est soumis à un climat méditerranéen avec des influences du régime subhumide au nord et du régime semi-aride vers le sud.

Le calcul du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite pour la période 1982-2011, montre qu'à partir d'une précipitation de 527,76 mm, et une infiltration (10,78%) , le reste partant sous forme d'évapotranspiration (75,5 %) et de ruissellement (13,73 %).

La croissance démographique, la croissance économique, besoins environnementaux, le changement d'utilisation des terres, et l'urbanisation, sont des conditions qui résultent la croissance

de la demande en eau, d'autre part la gestion est très important pour facilite les calcules des besoins de chaque domaine, donc la gestion doit être fondée sur des résultats scientifiques solides, afin d'optimiser et de conserver les ressources disponibles en eau. La gestion intégrée des ressources en eau dans le sous bassin versant de Boumerzoug nous exige de faire un diagnostic, sur l'état des ressources superficielles et souterraines, sur l'alimentation en eau potable de chaque commune, sur l'assainissement et recyclage, afin d'optimiser et de conserver les ressources disponibles en eau.

# Références

**ABH-CSM, (2007).** Donnée de l'agence des bassins hydrographiques Constantinois-Seybouse-Mellegue, "Cahier de l'Agence, le bassin du Kébir Rhumel", N°2.

**ABH-CSM., (2004).** Donnée de l'agence des bassins hydrographiques Constantinois-Seybouse-Mellegue, "Cahier de l'Agence, le bassin du Kébir Rhumel", N°8.

**Agence de Bassin hydrographique (ABH). 2009.** Qualité des eaux souterraines dans les bassins du Kebir-Rhumel, de la seybouse et de la Medjarda-Mellegue, 2004-2007. Les Cahiers de l'Agence. p13.

**Amirech L., (2014).** Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau du sous bassin versant de boumerzoug, wilaya de constantine et d'oum el bouaghi (Algérie). Université des sciences et de la technologie houari boumediene.

**ANRH / Energoprojekt. 2009.** Hydrogeological Map for North Algeria, 1:3 000 000.

**ANRH / Energoprojekt. 2009.** Hydrogeological Map for North Algeria, 1:3 000 000.

**Benabas, (2006).** Évolution Mio-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale: apport de la photogéologie et analyse morpho structurale. Doctorat d'état, Constantine, 245p.

**Bouillin, (1977)** Géologie alpine de la petite Kabylie dans la région de Collo et El Milia (Algérie). Thèse Faculté des Sciences, Paris VI, 511 p.

**Bouillin, (1986).** Le bassin maghrébin in ancien limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des alpes. Bull.Soc.Fr, (8), t. II, n4.

**Boulaouidat H., (2014).** Caractérisation, structure et évolution de l'aquifère carbonate du Boumerzoug (Constantine), Mémoire de magister, Université Constantine 1.

**Bouteraa w., (2007).** Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de Boumerzoug (Kébir- Rhumel) perspective et développement durable, Mémoire de magister, Université Badji Mokhtar. Annaba.

**Coiffait Ph. E., (1992).** Un bassin post-nappes dans son cadre structural : l'exemple du bassin de Constantine (Algérie nord orientale).Thèse ès Sciences, Université H. Poincaré, Nancy I, France, P 502.

**Durand Delga et Fontboté , (1980).** Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. Colloque C5, Mémoire de Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys, 26ème Congrès géologique International, Paris 1980.

**Durand Delga, (1955).** Étude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Thèse Paris. Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie, (2), Stratigraphie, Descriptions régionales, n° 24, 533 p., 143 pl., 16 pl. photos, 10 pl. h.t, Alger.

**Durand Delga, (1969).** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Bulletin du Service de la carte géologique d'Algérie, 39, p.89-131.

**Farah, (1991).** Etude du comportement hydrochimique d'un oued en zone méditerranéenne semi-aride d'Afrique du Nord et de ses causes naturelles et anthropiques: l'oued dRhumel, Constantinois Algérie. Thèse de Doctorat. Université d'Orléans. France. 272 p.

**GWP, (2005).** Plan de gestion intégrée des ressources en eau « Manuel de formation et guide opérationnel, » cap-net, P106.

**Jalala. S., (2005).** Characterizing the multi-criteria parameters of integrated water management model in the semi-arid mediterranean region : application to gaza strip as a case study. PhD Univ. Sciences and technology of Lille France.  
Jean-Paul Paolijanvier 2005.

**Kieken, (1962).** Esquisse technique de l'Algérie (Algérie du nord) exposé sur les Connaissances actuelles de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte technique au 1/100 000 publ – carte géol. Algérie, série N°31.

**Le soutien de la Commission européenne, (2010).** Manuel Technique De Gestion Intégrée Des Ressources En Eau , PP18-19-32-34-40-41-42.

**Margat J., (2008).** L'eau des Méditerranéens : situation et perspectives. Paris, L'Harmattan.

**Marmi et al. 2001** S. Marmi, P. Moussa and J.-C. Yoccoz: Complex Brjuno functions, Journal of A.M.S., Vol. 14, 4, (2001), pp. 783–841.

**Mebarki a et Thomas C., (1988).** Analyse des relations entre écoulements superficiels et souterrains à partir des hydro grammes des cours d'eau Application au bassin du KébirRhume1 dans le Constantinois, (Algérie), PP90-93-94.

**Plan Bleu, (2008).** Eau, Energie, dessalement et changement climatique en méditerranée.

**Plan bleu, (2009).** Etat de l'environnement et du développement en méditerranée.

**PNE, (2010).** Réalisation de l'étude d'actualisation du plan national de l'eau. Rapport de la mission 2. Volet 2 : Les ressources en eau souterraine (Monographie des aquifères).

**Rabemanana, (2016).** Comparaison des méthodes de comparaison des climats : cas d'Ambohitsilaozana. Mémoire de licence. Ecole Supérieure Polytechnique. Université D'Antananarivo.

**Raoult J. F. (1974).** Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Thèse, Paris. Mémoire de la Société géologique de France.

**Raoult J.F., (1969).** Relations entre la dorsale kabyle et les flyschs sur la transversale du Djebel Rhed – phases tangentielles éocènes paléogéographie B.S.G.F.

**Raoult J.F., (1972).** Précisions sur le flysch massylien: Série stratigraphique, variation de facies, nature du matériel remanié (nord du constantinois, Algérie), pascal-Francis. inist.fr.

**RGPH, (2008).** Office nationale des statistiques 2008 résultats de recensement générale de la population et de l'habitat (RGPH et couverture cartographique) par district.

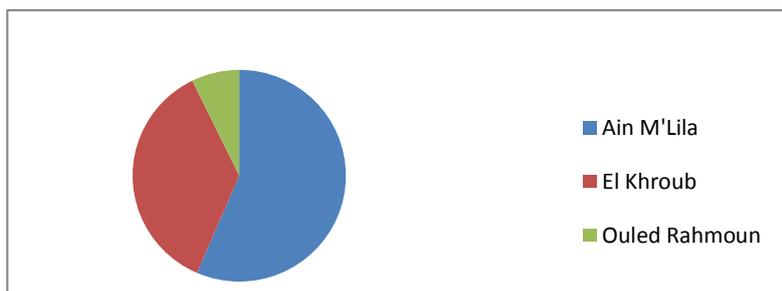
**Toufik F. et al. (2005) :** Fiche de synthèse, Mission économique. Revue par

**VILA J.M., (1980) -** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Thèse doctorat d'état des Sciences, Université de Paris VI, 2 tomes, 586 p.

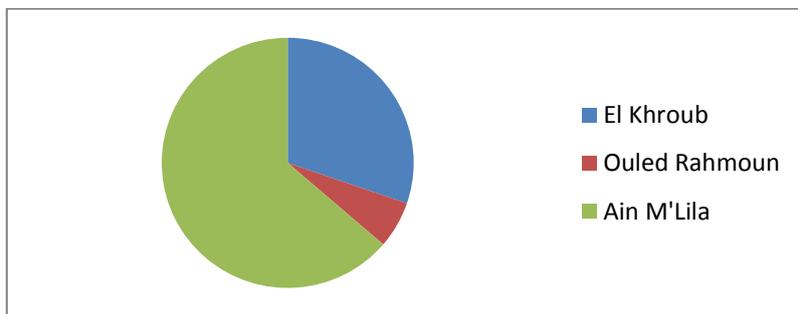
**Wildi W. (1983).** La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie), structure Stratigraphique et évolutions du Trias au Miocène, Revue de géologie dynamique et de géographie physique, paris, Masson, vol.

# **Annexes**

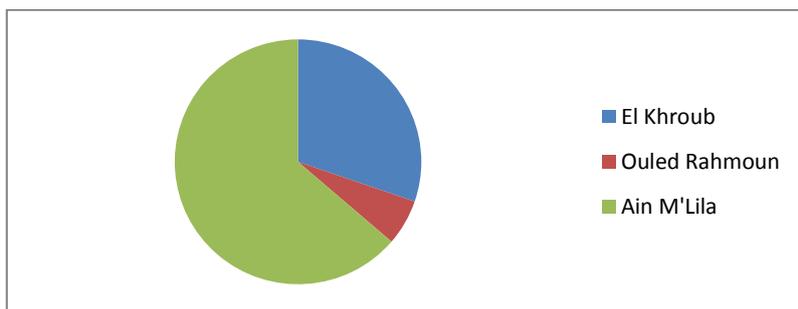
### Superficie irriguée en 1998



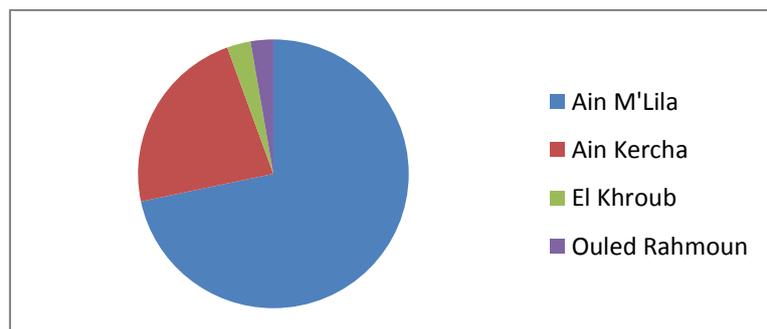
### Superficie irriguée 2000



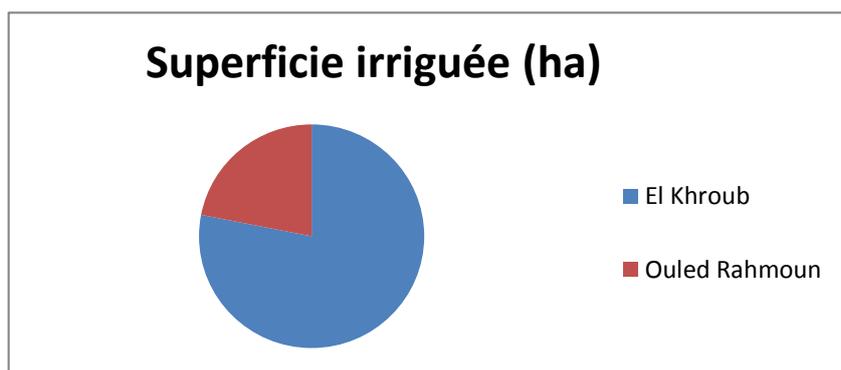
### Superficie irriguée 2001



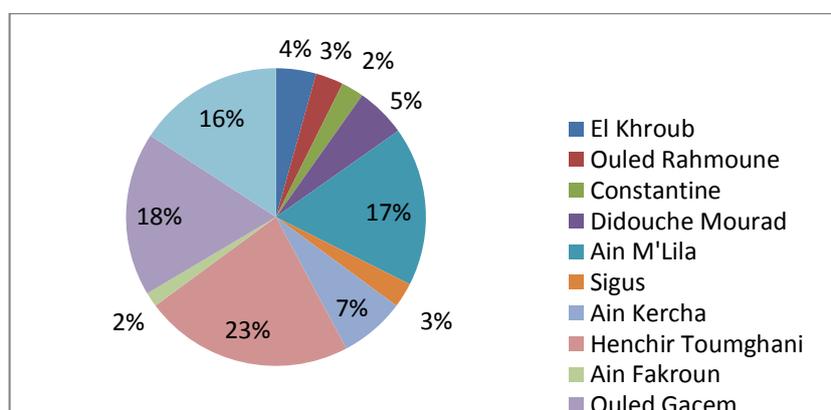
### Superficie irriguée (2002)



### Superficie irriguée (2003)



### La surface irriguée de chaque commune de BV de Boumerzoug -2007



**Tab : Les forages Constantine ABH 2007**

Débit expl (l/s) 2007	Profondeur (m)	Destination	Dénomination	Etat	Année MES	Observation	Gestionnaire	Année	V.annuel produit (hm3/an)	V.Alloué AEP (hm3/an)	V.Alloué IRRIG (hm3/an)	V.Alloué Industrie (hm3/an)
100	40,5	AEP Constantine, El Khroub, Ouled Rahmoune, Guettar El Aich, Salah derradji, Ali mendjeli	F1	Exploité	1952		ADE	2007	3,154	3,154	0	0
230	38	AEP Constantine, El Khroub, Ouled Rahmoune, Guettar El Aich, Salah derradji, Ali mendjeli	F2	Exploité	1952		ADE	2007	7,253	7,253	0	0
	41		F3	A l'arrêt	1953			2007	0	0	0	0
100	40,5	AEP Constantine, El Khroub, Ouled Rahmoune, Guettar El Aich, Salah derradji, Ali mendjeli	F4	Exploité	1954		ADE	2007	3,154	3,154	0	0

	41		F5	A l'arrét	1953			2007	0		0	0
200	41	AEP Constantine, El Khroub, Ouled Rahmoune, Guettar El Aich, Salah derradji, Ali mendjeli	F6	Exploité	1953		ADE	2007	6,307	6,307	0	0
	40		F7	Fermé	1954			2007	0	0	0	0
	40		F8	Fermé	1954			2007	0	0	0	0
	150		F9	Fermé	1954			2007	0	0	0	0
	300		Ouled Rahmoune	Non exploité	1991	Forage de reconnais- sance		2007	0	0	0	0
0	166		El Khroub N°1	Fermé	1969			2007	0	0	0	0
	100		El Khroub N°2	Non exploité	1961	Forage de reconnais- sance		2007	0	0	0	0
	72		El Khroub N°1R	Non exploité	1955	Forage de reconnais- sance		2007	0	0	0	0
	135		El Khroub N°2R	Non exploité	1957	Forage de reconnais- sance		2007	0	0	0	0

	100		El Khroub N°3R	Non exploité	1957	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	200		El Khroub N°4R	Non exploité	1961	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	166		El Khroub 1/69	Non exploité	1969	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	90		El Khroub 2/69	Non exploité	1969	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
										19,868		
34	150	AEP El Khroub	F82	Exploité	1982		ADE	2007	1,068	1,068	0	0
14	101,5	AEI ENMTP (ex ENPMA), Oued hamimine	EFNA 1	Exploité	1969		ENPMA, ENPMO	2007	0,442		0	0,442
14	150,32	AEI ENMTP (ex ENPMA), Oued hamimine	EFNA 2	Exploité	1969		ENPMA, ENPMO	2007	0,442		0	0,442
	62		ONTF	Abandonné	1984	Appartient à l'ONTF, Abandonné		2007	0	0	0	0
	130		Z.Industrielle	Non exploité	1991	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
												0,884
15	130	AEP Massinissa, Bounouara	Gare 1	Exploité	1992		ADE	2007	0,505	0,505	0	0

										0,252 5		
23	120	AEP Massinissa	Gare 2	Exploité	2000		ADE	2007	0,712	0,712	0	0
10	100	AEP Massinissa	Gare 3	Exploité	2000		ADE	2007	0,284	0,284	0	0
	150		Gare 4	Infructueux	2002	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	80		Baaraouia	Non exploité	1993	Non mis en service, Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	200		Exploi N° 97	Abandonné	1971			2007	0	0	0	0
	200		Chihani Bachir	Fermé	1991	Eau salée, non affecté,		2007	0	0	0	0
										1,248 5		
5	220	AEP Bounouara	DRIM F 81	Exploité	1981		DRIM	2007	0,095	0	0	0,095
	40		Ain Nehas 1	Non exploité	1999	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
	125		Ain Nehas 2	Non exploité	1999	Forage de reconnaissance		2007	0	0	0	0
5	100	AEP Ain Nehas	Ain Nehas 3	Exploité	2000		ADE	2007	0,158	0,02	0	0

