

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 و الحياة
قسم: علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

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

Option : Hydrogéologie

Thème

*Etat de la gestion des ressources en eau dans le bassin versant du
barrage de Beni Haroun après sa mise en eau.*

Membres de Jury

président : Taha-Hocine Debièche

Examineur : Souhil Mahdid

Encadrant : Hocine Kiniouar

Présenté par :

Belaka Mohammed Amin

Belaidi Nadji

Année Universitaire 2020-2021

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

Quelques mots en préambule de cette étude, qui met un point d'orgue à une année riche et intense.

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah «الله» «de nous avoir donné le courage, la patience et la santé d'accomplir ce modeste travail, et de nous avoir guidés vers le chemin du savoir.

Nous remercions nos très chers parents, de nous avoir permis d'arriver à ce stade de notre éducation.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur Ms KINIOUAR Hocine, enseignante au département des Sciences de la Terre et de l'Univers d'avoir accepté de nous encadrer, pour son aide, ses précieuses recommandations, et pour son disponibilité durant toute la période de notre travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury Mr Souhil Mahdid et MR Taha-Hocine Debièche pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos sincères remerciements aux Mr Iskandar Hssan le DRH de la DHW-Constantine, Mr Noureddine Ounis le chef service de mobilisation de la DHW-Sétif, Mme Intissar Bouzidi le chef service d'irrigation de la DHW de Mila

Nos sincères remerciements vont également à nos enseignants du Département STU, chacun à son nom, pour tous les efforts consentis.

À tous nos amies et collègues de notre promotion Master Hydro 2021 et à tous ceux qui nous ont aidé et encouragé à la réalisation de ce travail et nous ont soutenu quand le moral était au plus bas.

Nous terminons de remercier toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réalisation de ce travail.

Merci enfin à tous ceux qui ont lu et qui liront ce mémoire...

Amin et Nadji

Dédicace

Au nom du Dieu, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail À

- Mes très chers parents **Hocine** et **Naima**

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel, Je vous remercie pour tout le soutien moral et matériel et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours ; je souhaite seulement que Dieu me les gardes et je n'oublierais jamais ce que vous avez fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.

- Mes chers frères et sœur **Islam** et **Zinedine** et **Meryem** que Je t'aime profondément qui n'ont cessé d'être des exemples de courage.
- Ma grande famille ; Ma grand-mère à mes oncles mes tantes et mes cousins et mes cousines
- Mon collègue de ce travail **Nadji**
- À tous mes amies de l'université
- À Tous Ceux que j'aime et qui m'aiment

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, J'espère que Dieu vous protégera tous et que votre vie seront pleines d'amour et de bonheur et seront toujours de mon côté.

Mohammed Amin

Dédicace

Au nom du Dieu, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail À

- Mes très chers parents **Boudjema** et **Louiza**

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel, Je vous remercie pour tout le soutien moral et matériel et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours ; je souhaite seulement que Dieu me les gardes et je n'oublierais jamais ce que vous avez fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.

- Mes chers frères et sœur **Oussama** et **Raid, Aymen et Israa** que Je t'aime profondément qui n'ont cessé d'être des exemples de courage.
- Mon collègue de ce travail **Mohammed Amin**
- Mes collègues de la promotion.
- À tous mes amies de l'université
- À Tous Ceux que j'aime et qui m'aiment

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, J'espère que Dieu vous protégera tous et que votre vie seront pleines d'amour et de bonheur et seront toujours de mon côté.

Nadji

Résumé

Résumé

Notre zone d'étude représente plus de 60 % de la superficie du Kébir Rhumel.

Le Kébir Rhumel est un important bassin exoréique de l'est algérien formé par les oueds Rhumel et Enndja qui alimentent le plus grand barrage du pays, Beni Haroun. Ces deux oueds drainent respectivement une superficie de 5315 Km² et de 2160 km²

Cette étude s'intéresse au bassin versant du barrage de Beni Haroun avec une population de deux millions cinquante-six mille habitants en 2008.

Le développement socioéconomique a engendré une augmentation importante de la demande en eau.

Pour cela, un moyen d'aide à la décision relativement robuste, qui est le WEAP (Water Evaluation And Planning System) a été utilisé pour la construction d'un modèle et la simulation de la demande en eau du bassin versant étudié.

L'étude de modélisation et la simulation de plusieurs scénarii de demande en eau sur une période de 30 ans, a permis de déceler une hypothèse qui s'avère intéressante d'un point de vue réduction de la demande en eau. Cette hypothèse représente une diminution de la consommation d'eau potable de -5% (chaque année) durant les années à venir. Et par conséquent, la demande en eau observera une augmentation relativement négligeable de l'ordre de 9,8 Mm³ en 30 ans.

Cette petite augmentation de la demande en eau est due à l'accroissement des surfaces agricoles.

Mots clé : bassin versant, barrage de Beni Haroun, Modélisation, WEAP, scénario, demande en eau.

ملخص:

تمثل منطقة دراستنا أكثر من 60% من مساحة حوض كبير الرمال.

يعتبر كبير الرمال حوضًا خارجيًا مهمًا في شرق الجزائر يتكون من وادي الرمال و وادي النجا اللذين يغذيان أكبر سد في البلاد ، وهو بني هارون. ويغطي هذان الوديان مساحة 5315 كيلومتر مربع و 2160 كيلومتر مربع على التوالي.

تهتم هذه الدراسة بمنطقة حوض سد بني هارون التي يبلغ عدد سكانها مليونين وستة وخمسين ألف نسمة حسب احصاء 2008

أدت التنمية الاجتماعية والاقتصادية إلى زيادة كبيرة في الطلب على المياه. لهذا الغرض، تم استخدام أداة دعم القرار القوية نظام تقييم المياه والتخطيط) ، لبناء نموذج ومحاكاة الطلب على المياه لأحواض المياه المدروسة (WEAP نسبيًا.

حددت دراسة النمذجة والمحاكاة للعديد من سيناريوهات الطلب على المياه على مدى 30 عامًا فرضية مثيرة للاهتمام من وجهة نظر خفض الطلب على المياه. يمثل هذا الافتراض انخفاضًا في استهلاك مياه الشرب بنسبة -5% (كل عام) خلال السنوات القادمة. ونتيجة لذلك، سيشهد الطلب على المياه زيادة ضئيلة نسبيًا تبلغ حوالي 9.8 مليون متر مكعب خلال 30 عامًا

هذه الزيادة الطفيفة في الطلب على المياه ترجع إلى زيادة المساحات الزراعية

الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه ، سد بني هارون ، النمذجة ، السيناريو ، الطلب على المياه،

WEAP

Abstract

Abstract

Our study area represents more than 60% of the area of Kébir Rhumel.

The Kébir Rhumel is an important exoreic basin in eastern Algeria formed by the Rhumel and Enndja wadis which feed the country's largest dam, Beni Haroun. These two wadis drain respectively an area of 5,315 km² and 2,160 km²

This study looks at the catchment area of the Beni Haroun dam with a population of two million fifty-six thousand inhabitants in 2008. The socioeconomic development has led to a significant increase in the demand for water.

For this, a relatively robust decision support tool, the WEAP (Water Evaluation and Planning System), was used for the construction of a model and the simulation of the water demand of the studied watershed.

The modeling study and simulation of several water demand scenarios over a period of 30 years, has identified a hypothesis that is interesting from a water demand reduction point of view. This assumption represents a decrease in DWS consumption of -5% (each year) over the coming years. And as a result, the demand for water will see a relatively negligible increase of around 9.8 Mm³ in 30 years.

This small increase in water demand is due to the increase in agricultural land.

Keywords: watershed, Beni Haroun dam, Modeling, WEAP, scenario, water demand.

Liste des figures

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

Fig.I.1. Carte des bassins hydrographiques de l'Est Algérien (ABH CSM).....	5
Fig.I.2. Réseau hydrographique du bassin versant de Beni Haroun (Koussa ET Bouziane 2018).....	5
Fig.I.3. Situation géographique du bassin versant de Beni Haroun (Koussa etBouziane2018).....	6
Fig.I.4. commune du bassin de Beni Haroun.....	7

Chapitre II : le cadre géologique

Fig.II.1. Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga, et Fontboté 1980).....	10
Fig II.2. Esquisse structural du Nord-Est Algérien (Wildi, 1983).....	11
Fig II.3: Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Constantinois) (Delga, 1969).....	14
FigII.4: Carte schématique des différents domaines paléogéographiques (Lahondère, 1977).....	15
Fig.II.5: Correlation lithostratigraphique la région de Constantine (Marmi et al 2001).....	20
Fig.II.6. coupe interprétative dans la région de Constantine (D'après la Carte géologique de Constantine au 1/200000, Sonatrach 1977	24
Fig.II.7. Coupe interprétative de la région de Mila (Villa 1980)	24
Fig.II.8. Principaux affleurements des séries néritiques constantinoises (Vila, 1980).....	26

Chapitre III : Le cadre hydrogéologie

Fig III.1. Bassin versant Kébir Rhumel, nappes –aquifères (PNE, 2010).....	29
Fig.III.2. Log hydrogéologique de la région d'étude (Boularak, 2003).....	33

Chapitre IV : Hydroclimatologie

Fig. IV. I situation géographique des stations climatiques.....	37
Fig.IV.2. Précipitations moyennes mensuelles de la station de Telaghma (1970-2004).....	38
Fig.IV.3. Précipitations moyennes mensuelles station Ain el Bey (1971-2007).....	39
FigIV.4. Précipitations moyennes mensuelles station Ben Chergui (1984-2004).....	40
Fig.IV.5. Précipitations moyennes mensuelles station Béni Haroun (2003-2017).....	40
Fig.IV.6. Précipitation moyennes mensuelles des quatre stations.....	41

Liste des figures

Fig. IV. 7 : Précipitations moyennes annuelles des deux stations (1970-2004).....	42
Fig.IV.8 : Températures moyennes mensuelles station d'Ain el Bey (1971-2007).....	43
Fig.IV.9 : Températures moyennes mensuelles station de Béni Haroun (2003-2017).....	43
Fig.IV.10 : Diagramme Ombro-thermique station d'Ain el Bey (1971-2007).....	44
Fig.IV.11. Diagramme Ombro-thermique station de Béni Haroun (2003-2017).....	45
Fig.IV.12. schéma conceptuel du bilan hydrique (aquaportail.com).....	48
Fig.IV.13: Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite- Station Ain El Bey (1971-2007).....	52
Fig. IV .14: Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite- Station Béni Haroun.....	53
Chapitre V. Revue littéraire sur la gestion des ressources en eau	
Fig.V.1. Sources d'approvisionnement en eau actuelles des pays méditerranéens. (Plan Bleu 2009).....	58
Fig.V.2. Ressources en eau naturelles renouvelables par habitant dans les principaux bassins méditerranéens (Plan Bleu 2010).....	59
Fig.V.3. Ressources en eau actuelle renouvelable par habitant en 2005 (FAO, 2008)	59
Chapitre VI. Gestion intégrée des ressources en eau	
Fig.VI.1. Histogramme du Nombre d'habitants dernier recensement 2007.....	67
Fig.VI.2. Histogramme du besoin en eau brute (m^3/j) dans les communes du B.V de Beni Haroun.....	69
Fig.VI.3. Histogramme du Consommations actuelles (hm^3/an) dans les communes du bassin de Beni Haroun.....	71
Fig.VI.4.les besoins de l'Industrie dans le bassin de Beni Haroun (source A.N.R.H Constantine année 2010).....	73
Fig.VI.5.Histogrammes de la surface irriguée de chaque commune du BV du Beni Haroun.....	75
Fig. VI.5. Histogramme de la Répartition et nombre des sources dans le bassin du Beni Haroun...78	
Fig.VI.6. et 7. La destination de l'eau des forages exploitée.....	79
Chapitre VII. Modélisation et Simulation de la demande en eau	
Fig.VII.1. Organigramme du fonctionnement du logiciel (Rakotondrabe, 2007)	83
Fig.VII.2. Schéma du modèle conceptuel de distribution des ressources en eau dans le bassin du barrage de Beni Haroun	84
Fig.VI.3. Années des comptes courants 2007.....	85

Liste des figures

Fig.VII.4. <i>Scénario de référence (2007-2037)</i>	86
Fig.VI.5. <i>Scénario 1- Accroissement de la consommation AEP</i>	88
Fig.VII.6. <i>Scénario 2- Accroissement de la surface agricole</i>	89
FigVII.7 <i>scénario 3 accroissement consommation eau industrielle</i>	90
FigVII.8 <i>scénario 4 diminution de la consommation AEP</i>	91
FigVII.9 <i>scénario 4 diminution de la consommation AEP</i>	91
FigVII.10 <i>scénario5 diminution consommation d'irrigation</i>	92
Fig.VII.11. <i>Représentation des cinq scénarios (2007-2037)</i>	94

Liste des tableaux

Chapitre I..... Caractéristiques générales

Tab.I.1 : Les sous bassins et leurs superficies.....	6
---	----------

Chapitre IV Cadre Hydroclimatologie

Tab IV1. <i>Précipitations moyennes mensuels station de Telaghma (1970-2004)</i>	38
TAB. IV.2. <i>Précipitations moyennes mensuelles station Ain el Bey (1971-2007)</i>	39
TabIV.3 <i>Précipitations moyennes mensuelles station ben chergui (1984-2004)</i>	39
TabIV.4. <i>Précipitations moyennes mensuelles station Beni Haroun (2003-2017)</i>	40
TabIV.5 : <i>les indices climatiques station Ain el bey (1971-2007)</i>	46
Tableau IV.6: <i>les indices climatiques station de béni Haroun (2003-2017)</i>	47
Tab.IV.7 résultat d'indice d'aridité.....	48
Tab. .IV.8 <i>Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE station Ain el Bey (1971-2007)</i>	50
TAB.IV.9 <i>Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE station Béni Haroun (2003-2017)</i>	50
Tab..IV.10 <i>Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite (1971-2007)</i>	51
Tab.IV.11 <i>Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite (2003-2017)</i>	52

Chapitre VI.

Tab.VI.1. <i>Les barrages du bassin de Beni Haroun (ABH, 2004)</i>	77
---	-----------

Table de matières

Remerciement.....	
Dédicase	
Résumé.....	I
ملخص.....	II
Abstract	III
Liste des figures	IV
Listes des tableaux	V
Abréviations et acronymes	VI
Table de matière.....	VII
introduction générale.....	1

Chapitre I caractéristiques générales

I.1. Introduction.....	4
I.2. Présentation du bassin versant du Beni Haroun.....	4
I.2.2. Situation géographique	4
I.2.3. Division administrative et population.....	7
I.2.4. Climat.....	7
I.2.5. Aspect géologique et hydrogéologique.....	8
I.2.6. Agriculture	8
I.2.7. Industrie	8
I.3. Conclusion	9

Chapitre II Cadre géologique

II. 1 Géologie régionale.....	10
II.1.1 Introduction	10
II.1.2 Le domaine interne	11
II.1.2.1. Le Socle kabyle :	11
a)Un ensemble supérieur :	12
b) Un ensemble inférieur :	12
II.1.2.2. La couverture sédimentaire du socle kabyle.....	12
II.1.2.2.1.La dorsale kabyle ou chaîne calcaire	12
a/ La dorsale interne	12
b/ La dorsale médiane	13
c/ La dorsale externe	13
II.1.2.2.2. Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle (OMK).....	13

Table de matières

II.1.2.2.3. Les Olistostromes	13
II.1.3. Domaine des flysch	13
II.1.3.1. Flysch massylien.....	14
II.1.3.2. Flysch mauritanien.....	14
II.1.3.3. Flysch numidien	14
II.1.4. Domaine externe.....	15
II.1.4.1. Les unités ultra-telliennes	15
II.1.4.2. Les unités telliennes sensu-stricto	16
II.1.4.3. Les unités pénitelliennes.....	16
II.1.4.4. Domaine de l'avant pays	16
II.1.5.1. L'Avant pays allochtones	16
a) Les unités Sud-Sétifiennes	16
b) Les unités néritiques constantinoises	16
c) Les unités des Sellaoua	17
II.1.5.2. L'Avant pays autochtones	17
II.2.1. La région de Constantine :	18
II.2.1.1. La Lithostratigraphie de la région.....	18
II.2.1.1.1. Le Trias.....	18
II.2.1.1.2. La nappe néritique constantinoise	18
a. Le Jurassique supérieur	18
b. Le Néocomien	19
II.2.1.1.2.3. Le Barrémien	19
II.2.1.1.2.4. L'Aptien.....	19
II.2.1.1.2.5. L'Albien et le Vraconien	19
II.2.1.1.2.6. Le Cénomaniens.....	19
II.2.1.1.2.7. Le Turonien	19
II.2.1.1.2.8. Le Sénonien transgressif.....	19
II.2.1.1.3. Les nappes telliennes	21
II.2.1.1.3.1. La nappe ultra-tellienne	21
II.2.1.1.3.2. Les nappes telliennes sensu-stricto.....	21
II.2.1.1.4. La nappe numidienne ou flysch numidien.....	21
II.2.1.1.5. Les séries post-nappes	22
II.2.1.1.5.1. Le Mio-Pliocène continental.....	22
II.2.1.1.5.2. Le Quaternaire	22
II.2.1.1.6. Le Style tectonique des unités telliennes	23
II.2.2. La région de Mila :	25
II.2.2.1. Introduction	25

Table de matières

II.2.2.2. Le Trias.....	25
II.2.2.3. Le Jurassique	25
II.2.2.4. Le Crétacé.....	25
II.2.2.5. Le Paléocène et l'Eocène.....	25
II.2.2.6. Le Mio-Pliocène	26
II.2.2.7. Quaternaire	26
II.3. Conclusion.....	27

Chapitre III Cadre hydrogéologique

III.1. Introduction	28
III.2 Les grandes domaines de Beni Haroun	28
III. 2..1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises	28
III. 2.1.1. Les massifs carbonatés du néritique constantinois	28
III.2.1.2. Les trop-pleins non captés alimentent les oueds	28
III.2.2 Bassin néogène de Constantine-Mila	28
III.2.3 le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila	29
III.2.4 le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens	29
III.3. les aquifères du bassin versant de béni Haroun.....	29
III.3.1. La plaine de Telaghma-Ain M'Lila.....	30
III.3.1.1 Hydrogéologie.....	30
III.3.1.2 Les principaux aquifères de la région.....	30
III.3.1.3. Alimentation.....	30
III.3.1.4. Paramètres Hydrodynamiques.....	30
III.3.1.5. Ressources exploitables.....	30
III.3.2 L'Oued Rhummel.....	31
III.3.3 La région de Constantine.....	31
III.3.3.1 Nappe de la vallée de l'Oued Boumerzoug et El Khroub	31
III.3.3.2 Plaine de Hamma Bouziane	32
III.3.3.3 Réseau karstique.....	32
III.3.4 Les hautes plaines sétifiennes.....	34
III.3.4.1 Hydrogéologie.....	34
III.3.4.2 Les principaux aquifères de la région.....	34
a) L'aquifère jurassique.....	34
b) L'aquifère du Crétacé.....	34
c) L'aquifère du Villafranchien.....	35
III.3.5 Plaine el Madher.....	35

Table de matières

III.4 Conclusion.....	36
<i>Chapitre IV Cadre hydroclimatologique</i>	
IV.1. Introduction.....	37
IV.2. Situation des Stations utilisés.....	37
IV. 3 Facteurs climatiques.....	38
IV. 3.1 Précipitations.....	38
a) Station de Telaghma.....	38
b) Station de Ain El Bey	39
c) Station de Ben Chergui	39
d) Station de Béni Haroun	40
IV.3.1.2. Précipitations moyennes annuelles des quatre stations	41
IV.3.1.3 Précipitations moyennes annuelles	42
IV.3.2 Températures.....	42
a) Station de Ain El Bey.....	43
b) station de Béni Haroun.....	43
IV.3.2Diagramme Ombro-thermique	44
a) Station de Ain El Bey.....	44
b) station de Béni Haroun.....	45
IV.4 les indices climatiques.....	45
IV.4.1 Détermination de régime du sol par la méthode d'Euverte.....	46
a) Station Ain el Bey	46
b) Station Béni Haroun.....	47
IV.4.2 Indice d'aridité de De Martonne	47
IV.5 Bilan hydrique.....	48
IV.5.1 Les composants du bilan hydrique	48
IV.5.2 Estimation de l'évapotranspiration	49
IV.5.3L'évapotranspiration potentielle (ETP)	49
IV.6 Calcul de l'ETP suivant la formule de Thornthwaite	49
Station Ain el Bey	50
Station Béni Haroun	50
IV.7 La méthode du bilan d'eau de Thornthwaite	51
Station de Ain el Bey	51
Station Béni Haroun	52
IV.8 Calcul de l'ETR selon Turc.....	54
Station Ain el Bey	54

Table de matières

b) Station Béni Haroun.....	54
IV.9 Ruissellements	54
station Ain el Bey	54
Station Béni Haroun	54
IV.10 Infiltration (I)	55
Station Ain el Bey	55
Station Béni Haroun	55
IV.11 CONCLUSION.....	56

Chapitre V Revue littéraire sur la gestion des ressources en eau

V.1. Introduction	57
V.2. Le problème de l'eau	57
V.2.1. Dans le monde	57
V.2.2. Dans le bassin méditerranéen	58
V.2.3. En Algérie.....	59
V.3. La gestion de l'eau	60
V.4. Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).....	61
V.4.1. Définition.....	62
V.4.2. Contexte et historique de la GIRE.....	62
V.4.2.1. Conférence des Nations Unies sur l'environnement en 1972 (Stockholm).....	62
V.4.2.2. Conférence des Nations Unies sur l'Eau en 1977 (Mar delPlata).....	63
V.4.2.3. Conférence de Dublin en 1992 (26 au 31 janvier).....	63
V.4.2.4. Sommet "Planète Terre" de Rio de Janeiro en 1992.....	63
V.4.3. Les principes de la GIRE :.....	63
V.4.4. Avantages de la GIRE	64
V.4.4.1. Les avantages environnementaux.....	64
V.4.4.2. Les avantages agricoles	64
V.5. Conclusion.....	65

Chapitre VI Etat de la ressource en eau dans bassin versant du barrage de Béni Haroun

VI.1. Introduction.....	66
VI.2. Population du bassin versant de Beni Haroun.....	66
VI.3. Les besoins en eau dans le bassin du Beni Haroun	68
VI.4. Consommations actuelles (hm ³ /an).....	70
VI.5. L'Industrie.....	72

Table de matières

VI.6. L'irrigation.....	74
VI.5. Les ressources hydriques dans le Bassin de Beni Haroun	76
V5.1. Ressources superficielles.....	76
V5.1.1.Les Oueds :	76
V5.1.2.Les retenues collinaires	76
V5.1.3.Les Barrages :.....	77
VI.5.2. Les ressources souterraines.....	77
VI.5.2.1. Les puits	77
VI.5.2.2. Les sources :	77
VI.5.2.3. Les forages :	78
VI.6. Conclusion :	79
<i>Chapitre VII Modélisation et Simulation de la demande en eau</i>	
VII.1. Introduction.....	80
VII.2 Système d'Aide à la Décision et modélisation	80
VII.3. Water Evaluation And Planning system (WEAP)	81
VII.4. Les étapes d'application WEAP	81
VII.5. Analyse du scénario.....	82
VII.6 Calibrage du modèle.....	82
VII.6.1. Création d'une zone d'étude	82
VII.5.2 Références.....	82
VII.6.3 Création des hypothèses clés de références	82
VII.6.4 Hypothèses clés	82
VII.7. Schématisation du modèle conceptuel.....	84
VII.8. Modèle des comptes courants.....	85
VI.9. Scénario de référence	86
VI.9.1 Hypothèses clés de référence	86
VII.10. Résultat de simulation du scénario des comptes actuels.....	86
VII.10.1. Simulation des scénarios "Et qu'est-ce qui se passerait si ?"	87
VII.10.2. Hypothèses clés des scénarios "Et qu'est-ce qui se passerait si ?"	87
VII.11. Résultats de simulation des cinq scénarii.....	88
VII.11.1. Scénario 1 : Augmentation de la consommation élémentaire destinée à l'AEP	88
VII.11.2. Scénario 2 : accroissement des surfaces irriguées	89
VII.11.3. Scénario 3 : augmentation de la consommation en eau pour l'industrie	90
VI.11.4. Scénario 4 : diminution de la consommation élémentaire de l'AEP.....	Erreur ! Signet non défini. 91
VII.11.5 Scénario 5 : diminution de la consommation élémentaire de l'eau d'irrigation	92
VII.12 Récapitulatif.....	93

Table de matières

VII.13 Conclusion	94
Conclusion générale	96

Abréviations et acronymess

Abréviations et acronymes

ABH	Agence de Bassin Hydrographique
AEP	Alimentation en Eau Potable
AEPI	Alimentation en Eau Potable et Industrielle
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
CSM	Constantinois-Seybousse-Mellegue
DSA	Direction des Services Agricole
DHW	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya
GW MATE	Groundwater Management Advisory Team
GWP	Global Water Partnership
ONS	Office National des Statistiques
SIE	Stockholm Environment Institute
STEP	Station d'Épuration
ZI	Zone Industrielle
INRH	Institut National des Ressources Hydraulique
WEAP	Water Evaluation and Planning system
WWC	World Water Council



Introduction générale

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

En matière de gestion des ressources en eau, l'approche traditionnelle, sectorielle et fragmentée, a souvent poussé les instances gouvernantes à représenter des intérêts antagoniques. Trop souvent, des objectifs d'action ont été définis sans prendre en compte les implications pour les autres usagers de l'eau et sans consultation au-delà des limites sectorielles et institutionnelles. Par ailleurs, 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 (Partenariat Mondial de l'Eau, 2000).

Vulnérable aux changements climatiques, l'Algérie a subi durant les 30 dernières années une sécheresse intense et persistante, caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30% (Conférence de haut niveau sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique, 2008).

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, et se trouve loin de la consommation théorique par la Banque Mondiale et qui est de 1000 m³, par habitant et par an.

La politique algérienne de gestion de l'eau a été, depuis une dizaine d'années, davantage axée sur la mobilisation de nouvelles ressources que sur la recherche d'une meilleure utilisation des ressources déjà disponibles. La priorité a été donnée au développement de « l'offre » et non à la gestion de la demande. En témoigne la part prépondérante accordée jusqu'à présent dans les budgets d'investissements à l'augmentation des capacités de stockage et au développement des grandes infrastructures de transferts et d'adductions, face à la faiblesse des financements consacrés à l'entretien et à la maintenance des installations, ou à l'amélioration des performances des systèmes de distribution d'eau et d'irrigation (Plan bleu, 2011).

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).

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 (GWP). 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 bassin versant du barrage de Béni Haroun a pour objectif,

L'identification des caractéristiques du bassin, la quantification de ces ressources en eau et l'estimation de sa demande en eau future. Notre bassin fait partie de la wilaya de Mila, Constantine, une partie de Sétif et une partie de Oum el Bouaghi.

Pour atteindre nos objectifs, notre travail a consisté en, la structuration des données caractérisant la zone d'étude, l'introduction et le traitement et la simulation de différents scénarios d'évolution de la demande en eau de ce bassin.

Pour cela, ce présent mémoire, se subdivise **en Sept** chapitres, comme suit :

- Le premier chapitre décrit les caractéristiques du bassin du barrage de Béni Haroun qui appartient à la région amont du bassin Kébir-Rhumel, dans son contexte socio-économique d'une part et dans son contexte naturel d'autre part.
- Le deuxième chapitre nous donne une idée sur les grands ensembles géologiques structuraux 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 hydroclimatologique consacrée à la caractérisation du climat de la zone d'étude.

- Le cinquième chapitre représente une recherche bibliographique sur la gestion des ressources en eau et la gestion intégrée (GIRE) et explique la problématique de l'eau dans le bassin versant du barrage de Béni Haroun.
- Le sixième chapitre représente l'état des ressources en eau et les besoins en eau dans du bassin du barrage de Béni Haroun en 2007.
- Le septième chapitre représente le travail opérationnel et la plus intéressant consistant la réalisation d'un modèle et la simulation de la demande en eau du bassin versant du barrage de Béni Haroun par le Système d'Aide à la Décision (SAD) qui est WEAP21. En supposons différentes hypothèses pour caractériser cinq scénarii, sur une période de 30 ans à partir de l'année 2007.

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



Chapitre I caractéristiques générales

I.1. Introduction

Oued el Rhumel et oued Enndja qui alimentent le plus grand barrage du pays, Beni Haroun, et ensemble, ils alimentent le bassin versant de Beni Haroun.

Le bassin versant de Béni Haroun est l'un des plus grands bassins hydrographiques d'Algérie avec une superficie de 6595 km² et 427 km de périmètre.

Ses limites dépassent le territoire de la Wilaya de Mila pour atteindre plusieurs wilayas limitrophes : Constantine et Oum El-Bouaghi à l'est et Sétif à l'ouest,

Il est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien. Cependant nous pouvons le diviser en deux parties principales :

- **Le bassin supérieur** : correspond à l'oued Rhumel et l'oued Boumerzoug jusqu'à leur confluence à l'amont de Constantine,
- **Le bassin moyen** : formé par l'oued Enndja et l'oued Rhumel inférieur- à l'aval de Constantine, jusqu'à leur confluence aux environs de Sidi Merouane.

I.2. Présentation du bassin versant du Beni Haroun

I.2.2. Situation géographique

Le bassin versant du Beni Haroun est situé au Nord Est de l'Algérie (Bassin N°10) dans le plan national des bassins hydrographiques. Il couvre une superficie de 6595 km². Qui s'étale entre la mer méditerranée au Nord et les hautes plaines des Chotts au Sud, il est limité naturellement par:

- le bassin des côtières Constantinoises Est et Centre au Nord Est et Nord-Ouest,
- le bassin des hauts plateaux constantinois au Sud,
- les bassins de l'Algérois- Hodna- Soummam A l'Ouest,
- le bassin de Seybouse A l'Est (Figure 1).



Fig.I.1. Carte des bassins hydrographiques de l'Est Algérien (ABH CSM,)

Il est drainé par deux cours d'eau importants :

- Dans la partie sud, l'oued Rhumel,
- L'oued Enndja La partie septentrionale-Ouest, (figure 2)

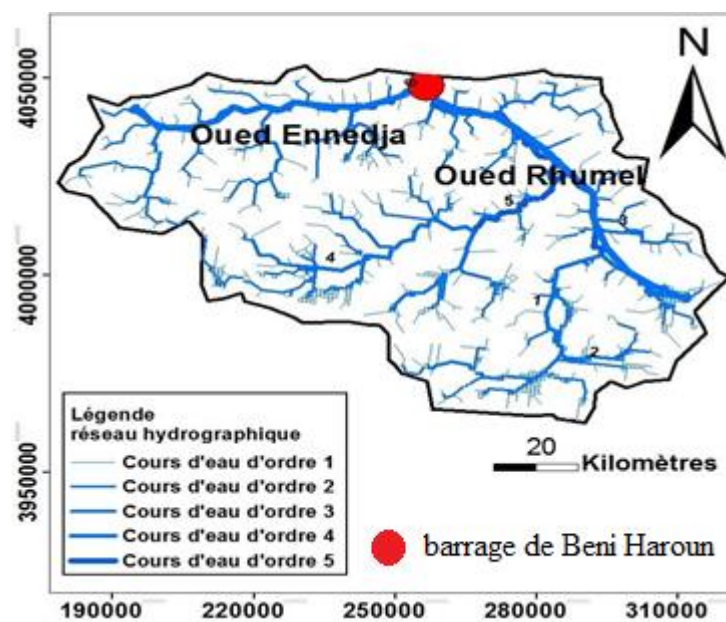


Fig.I.2. Réseau hydrographique du bassin versant de Béni Haroun
(Koussa ET Bouziane 2018)

Le bassin se localise entre la latitude $36^{\circ}15' - 36^{\circ}35'$ et les longitudes $6^{\circ}10' - 6^{\circ}20'$.

Le barrage de Beni Haroun se trouve en aval de la confluence de l'Oued Rhumel et d'Oued Enndja, à environ 4 Km au Nord du village de Sidi Merouane (figure3).

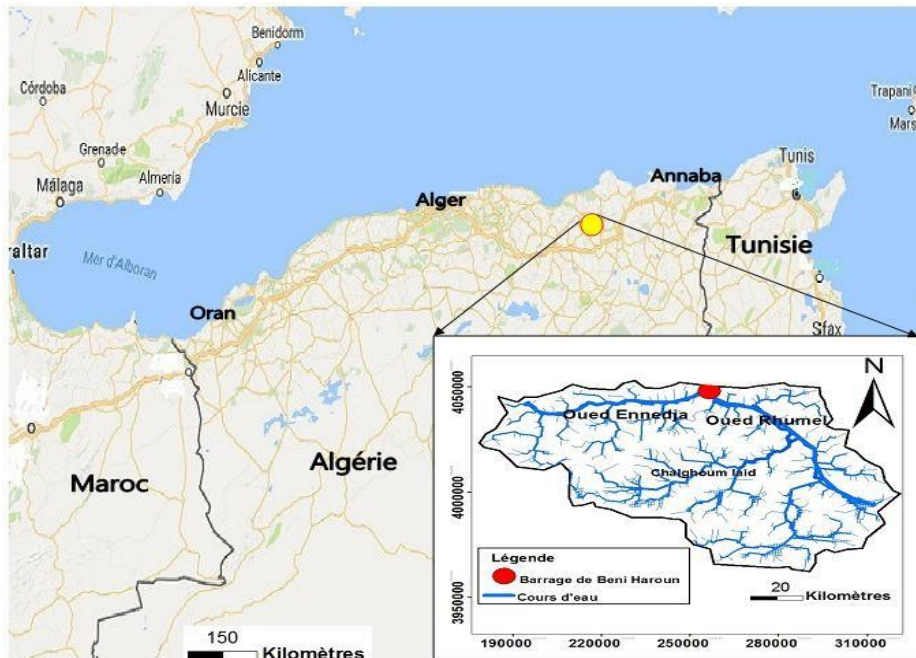


Fig.I.3. Situation géographique du bassin versant de Beni Haroun (Koussa et Bouziane 2018)

Le bassin du Beni Haroun est limité par :

- Au Nord par les wilayas de : Skikda, Jijel, Bejaia
- A l'Ouest : Bejaia et Bou Arreridj
- Au Sud : Batna, Oum El Bouaghi

Le bassin versant du Beni Haroun est constitué par les sous-bassins suivants :

Tab.I.1 : Les sous bassins et leurs superficies

Nom du sous Bassin	Superficie (km ²)
Kébir Enndja	1102
Rhumel Amont	1241
Rhumel Seguin	1150
Boumerzoug	1835
Rhumel Smendou	1091

I.2.3. Division administrative et population

D'après les données de l'Office National des Statistiques:

- Deux millions cinquante-six mille (2.056.000) habitants selon le recensement de 2008, répartis en soixante-huit (68) communes, et cinq (4) wilayas constituant le bassin, Constantine et Mila, en sa quasi-totalité, Sétif, et Oum El Bouaghi partiellement ;
- Cinquante et un (51) communes sont entièrement incluses dans le bassin et Dix-sept (17) partiellement (figure 4) ;
- La seule agglomération de Constantine (462.187 Habitants) représente vingt-deux et demi pour cent (22,5 %) de la population totale du bassin.

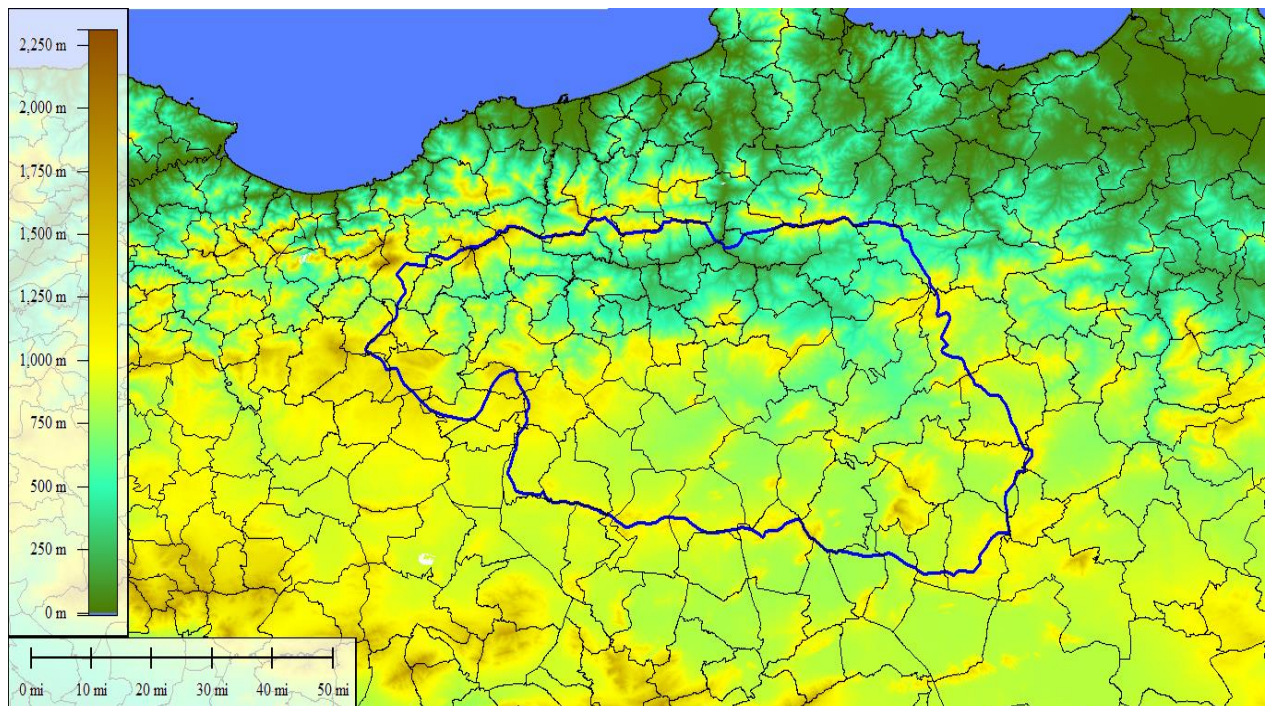


Fig.I.4. commune du bassin de Beni Haroun.

I.2.4. Climat

Le bassin versant du Beni Haroun est situé dans l'étage bioclimatique subhumide à variante thermique hiver froid, avec une précipitation annuelle moyenne de 662.8 mm/an et des températures moyennes annuelles de 19.33 °C.

I.2.5. Aspect géologique et hydrogéologique

D'après l'étude réalisée par A. Mebarki en 2005 sur le bassin versant du Kébir-Rhumel nous pouvons voir qu'il est composé de domaines géologiques très différents.

Cependant nous retenons seulement trois domaines dans lesquels se trouve le bassin de Beni Haroun(Figure.6) :

- Le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises

Constitué de deux grandes unités lithologiques :

- Les massifs carbonatés du néritique constantinois et les plaines plioquaternaires d'une part
- D'autre part les massifs de calcaires jurassiques et crétacés.

- Le bassin néogène de Constantine-Mila

D'âge mio-pliocène et à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres.

- Le domaine des nappes tectoniques de Djemila

À l'ouest de Ferdjioua, en position occidentale par rapport au domaine DII.

Elles sont formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène) (Mebarki et Thomas, 1988).

I.2.6. Agriculture

Dans la zone d'étude, concernant les procédés d'irrigation, il y a une irrigation mixte, traditionnelle (gravitaire), et irrigation moderne (par canaux d'aspersion) selon le type de culture. Cependant, les céréales et les cultures maraîchères sont les principales activités des périmètres irrigués.

I.2.7. Industrie

L'industrie dans la zone d'étude est concentrée autour des grandes agglomérations comme Constantine, Chelghoum Laid Khroub, Hamma Bouziane, Mila et Ain El Kebira.

Notamment le complexe des Pelles et Grues de Ain Smara, l'entreprise de détergents ENAD-SODER à Chelghoum Laid, le complexe Moteurs-Tracteurs d'El Khroub, la cimenterie de Hamma Bouziane, l'Entreprise de céramique et faïence de Mila, la cimenterie et le complexe de Boulonnerie, Coutellerie, Robinetterie de Ain El Kebira.

I.3. Conclusion

Ce chapitre montre les différentes caractéristiques hydrologiques du bassin (géographiques, administratif et climatiques...),

Pendant, le bassin versant de Beni Haroun est parmi les grands bassins d'Algérie, il est caractérisé par

- Une surface de 6595 Km² ;
- Une population de deux millions cinquante-six mille habitants selon le recensement de 2008 ;
- Un climat subhumide à variante thermique hiver chaud ;
- Une précipitation annuelle de l'ordre de 662.8mm ;
- Différents activités agricoles et industrielles.

Ce bassin présente une grande capacité souterraine et superficielle et permet sans aucun doute favorisée un développement durable des hautes plaines constantinois.



Chapitre II Cadre géologique

II. 1 Géologie régionale

II.1.1 Introduction

La chaîne alpine d'Algérie Nord orientale s'articule sur le rif et constitue la chaîne tello-rifaine (Wildi, 1983) qui représente le segment occidental de la chaîne des maghrébides (M. Delga et Aubouin, 1971 ; Delga, 1980) (Figure II.1). Cette chaîne alpine s'étend sur plus de 2000 Km,

Dans ce domaine en forme d'anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, situées à l'intérieur de l'anneau et représentées aujourd'hui par différents massifs, dispersés le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sa périphérie. Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations mésocénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes de charriages. C'est le domaine des nappes ou domaine allochtone.

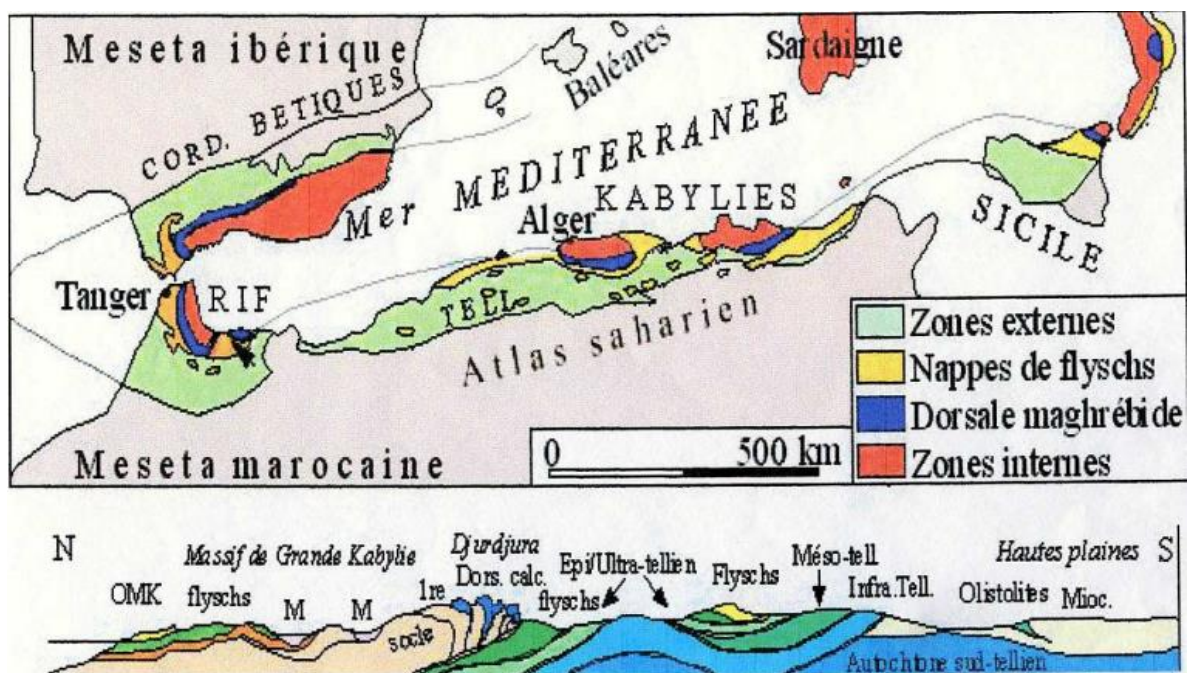


Fig.II.1. Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga, et Fontboté 1980)

En Algérie, la chaîne des Maghrébides montre du Nord au Sud les domaines suivants :

- Domaine interne ;
- Domaine des flyschs ;
- Domaine externe (figure 2).

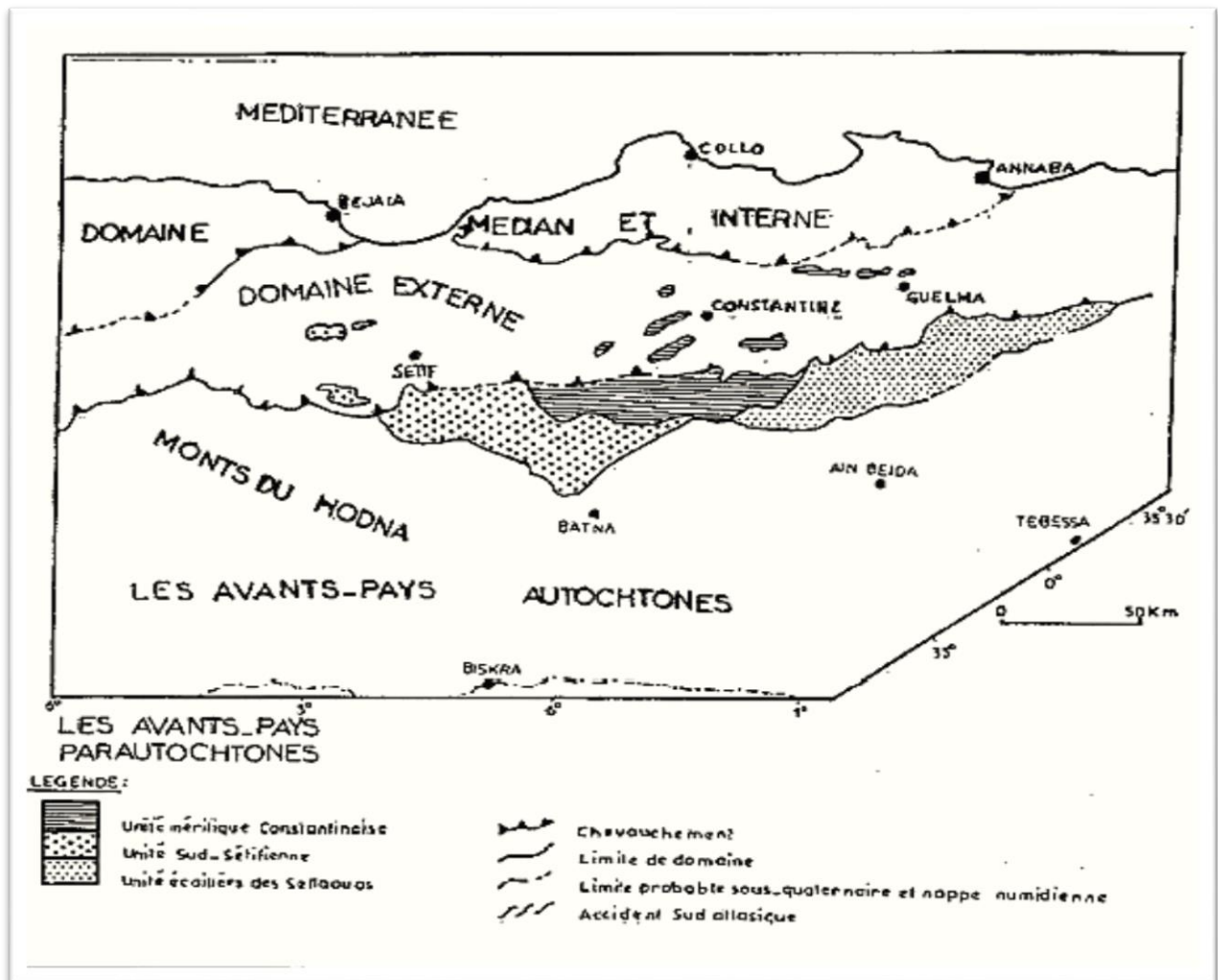


Fig II.2. Esquisse structural du Nord-Est Algérien (Wildi, 1983)

II.1.2 Le 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 (JP, Bouillin, 1977 et W. Wildi, 1983)

II.1.2.1. Le Socle kabyle :

Il est représenté par des formations cristallophylliennes formant trois époutements 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.1.2.2. La couverture sédimentaire du socle kabyle

II.1.2.2.1. La dorsale kabyle ou chaîne calcaire

C'est la couverture sédimentaire du socle Kabyle qui marque la limite entre ce dernier au Nord et les zones telliennes au Sud.

Elle montre des termes allant du Permo-Trias, discordant sur le socle kabyle, à l'Oligocène.

A l'Est de la petite Kabylie, la dorsale Kabyle forme les reliefs de Sidi Driss, d'El Kentour et des Toumiets.

Les séries qu'elle présente permettent de la subdiviser en trois domaines, qui sont du Nord au Sud (Raoult, 1969 - 1974)

a/ La dorsale interne

Qui montre sur un soubassement paléozoïque une série complète du Permo-Trias au Néocomien. Le Néocomien est directement surmonté par des calcaires biogènes à caractères littoraux de l'Eocène inférieur à moyen

b/ La 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.

c/ La dorsale externe

Elle est caractérisée par des séries détritiques peu épaisses et lacuneuses. Elle comporte des calcaires silicifiés, surmontés en discordance par des conglomérats du Campanien.

Ces derniers sont marqués par une intense érosion au Sénonien. La dorsale externe repose en discordance sur les flysch.

II.1.2.2.2. Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle (OMK)

Ces formations forment la couverture sédimentaire transgressive et discordante du socle kabyle. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle sont constituées de trois principaux termes :

- **Un terme de base** : il comporte des conglomérats reposant en discordance sur le socle kabyle.
- **Un terme médian** : formé de grés micacés à débris provenant du socle kabyle associés à des pélites micacées.
- **Un terme supérieur** : pélitique et siliceux à radiolaires et diatomées.

L'âge attribué à ces formations est supposé : Oligocène supérieur à Aquitanien. À cet Oligo-Miocène kabyle succèdent des Olistostromes (Raoult, 1974 - 1975 et Bouillin, 1977).

II.1.2.2.3. Les Olistostromes

Ce sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch intercalés dans des passées gréséo-micacés. L'âge de ces formations est supposé Aquitanien à Burdigalien inférieur probable (Bouillin et al, 1971 ; Bouillin et al, 1973 et Bouillin, 1977).

II.1.3. Domaine des flysch

Le domaine des flysch se caractérise par des formations de la plaines abyssales mise en place par des courants de turbidité (Bouillin, 1986). Ces formations furent par la suite subdivisées en trois groupes (Delga, 1969) :

- Le flysch de « Guerrouche ».
- Le flysch schisto-quartzeux ou flysch « albo-aptien » (Glaugeaud, 1932).

- Le flyschs numidien.

Raoult (1969) propose de la dénomination flysch massylien pour les flyschs schistoquartziteux tandis que (Gélard 1969) propose le terme mauritanien pour les flyschs de Guerrouche.

II.1.3.1. 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.1.3.2. 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.1.3.3. Flysch numidien

Le flysch numidien doit sa nomenclature à Ficheur (1980) pour désigner la trilogie suivante :

- Des argiles varicolores à Tubotomaculum dites sous numidiennes ;
- Des bancs de grés épais à grains hétérogènes ;
- Des argiles, marnes et silicites dites supra numidiennes.

Des datations ont été effectuées sur les formations numidiennes affleurant dans la région de Mahouna (Lahondère et al, 1979). Ces datations ont données un âge Oligocène moyen à supérieur, aux argiles sous numidiennes, un âge aquitain aux bancs gréseux et un âge Burdigalien aux argiles supra-numidiennes.

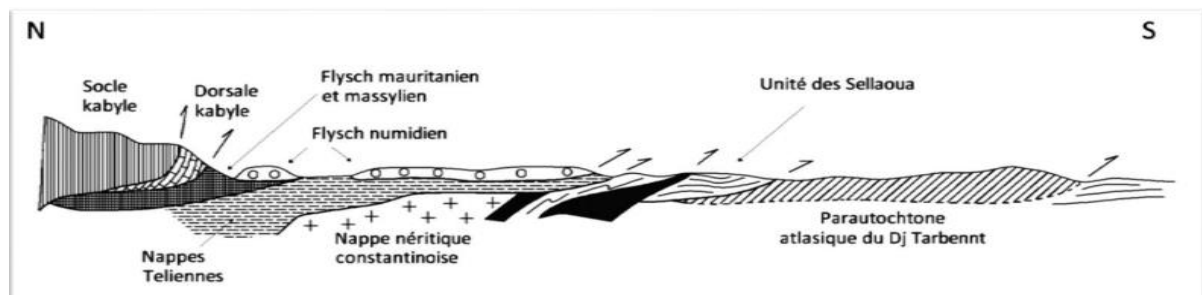


Fig II.3: Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Constantinois)
(Delga, 1969)

II.1.4. Domaine externe

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 (Fig. II.4).



FigII.4: Carte schématique des différents domaines paléogéographiques
(Lahondère, 1977)

II.1.4.1. 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.1.4.2. 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 Cénomaniens.

Le Cénomaniens supérieur correspond le plus souvent à un arrêt de sédimentation marqué par une surface durcie. Le Crétacé supérieur caractérisé par la 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 passée gréseuse (Coiffait, 1992).

II.1.4.3. 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 : le versant Nord du Djebel Zouaoui, le Nord du Djebel Kheneg, Djebel Akhal.

II.1.4.4. 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.1.5.1. L'Avant pays allochtones

D'Ouest à l'Est, l'avant pays allochtones comporte plusieurs unités:

a) Les unités Sud-Sétifiennes

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

b) Les unités néritiques constantinoises

Ces unités sont caractérisées par des séries carbonatées épaisses à microfaune benthique et à rudistes du mésozoïque (Vila, 1980), déposées sur une plateforme faiblement subsidante. Ces unités chevauchent les écailles de Sellaoua et les unités Sud Sétifiennes. Les unités du domaine néritique constantinois sont représentées essentiellement par des calcaires Jurassico Crétacé, dont les épaisseurs peuvent atteindre les 2000 m. Ces séries se caractérisent par une grande homogénéité

de faciès avec un substratum carbonaté et une couverture marneuse ou marno-calcaire d'âge Crétacé supérieur à Eocène.

c) 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.1.5.2. 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).

II.2.1. La région de Constantine :

La région de Constantine présente une géologie relativement compliquée, une morphologie accidentée et une structure tectonique dominée par une superposition de nappes. On y trouve une grande variété de roches, toutes d'origine sédimentaire et d'âge Méso-Cénozoïque.

II.2.1.1. La Lithostratigraphie de la région

La description stratigraphique suivante est réalisée à partir des cartes géologiques de Constantine au 1 / 200 000, Vila (1977) et de la carte structurale au 1/500000 de Vila (1980).

II.2.1.1.1. Le Trias

Le Trias correspond aux terrains les plus anciens des zones externes à affleurements connus. Il est essentiellement évaporitiques 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 :

- Les affleurements liés aux formations tertiaires situées au Sud des massifs d'Oum Settas et près de Djebel Tikbeb.
- Ceux liés aux formations du Mio-Pliocène 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.2.1.1.2. La nappe néritique constantinoise

Elle est constituée principalement par des formations carbonatées du Jurassique supérieur au Sénonien transgressif.

a. 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. (Benabas, 2006).

b. Le Néocomien

Il est carbonaté et débute par des calcaires fins et des marnes rosées ou jaunâtres (figure 5).

Il se prolonge par 150 m de calcaires à silex, sauf au Djebel Guerioum et Fortass. Plus à l'Ouest dans les monts d'Ain M'lila, le Néocomien est uniquement carbonaté et comporte des alternances calcaro-dolomitiques sur 300 m environs (Benabas, 2006).

II.2.1.1.2.3. Le Barrémien

Le Barrémien est calcaro-dolomitiques. Sa puissance est de 250 à 300 m.

II.2.1.1.2.4. 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 05).

II.2.1.1.2.5. L'Albien et le Vraconien

Ils sont constitués de bancs calcaires noirs.

II.2.1.1.2.6. Le Cénomaniens

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

II.2.1.1.2.7. 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.2.1.1.2.8. 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.

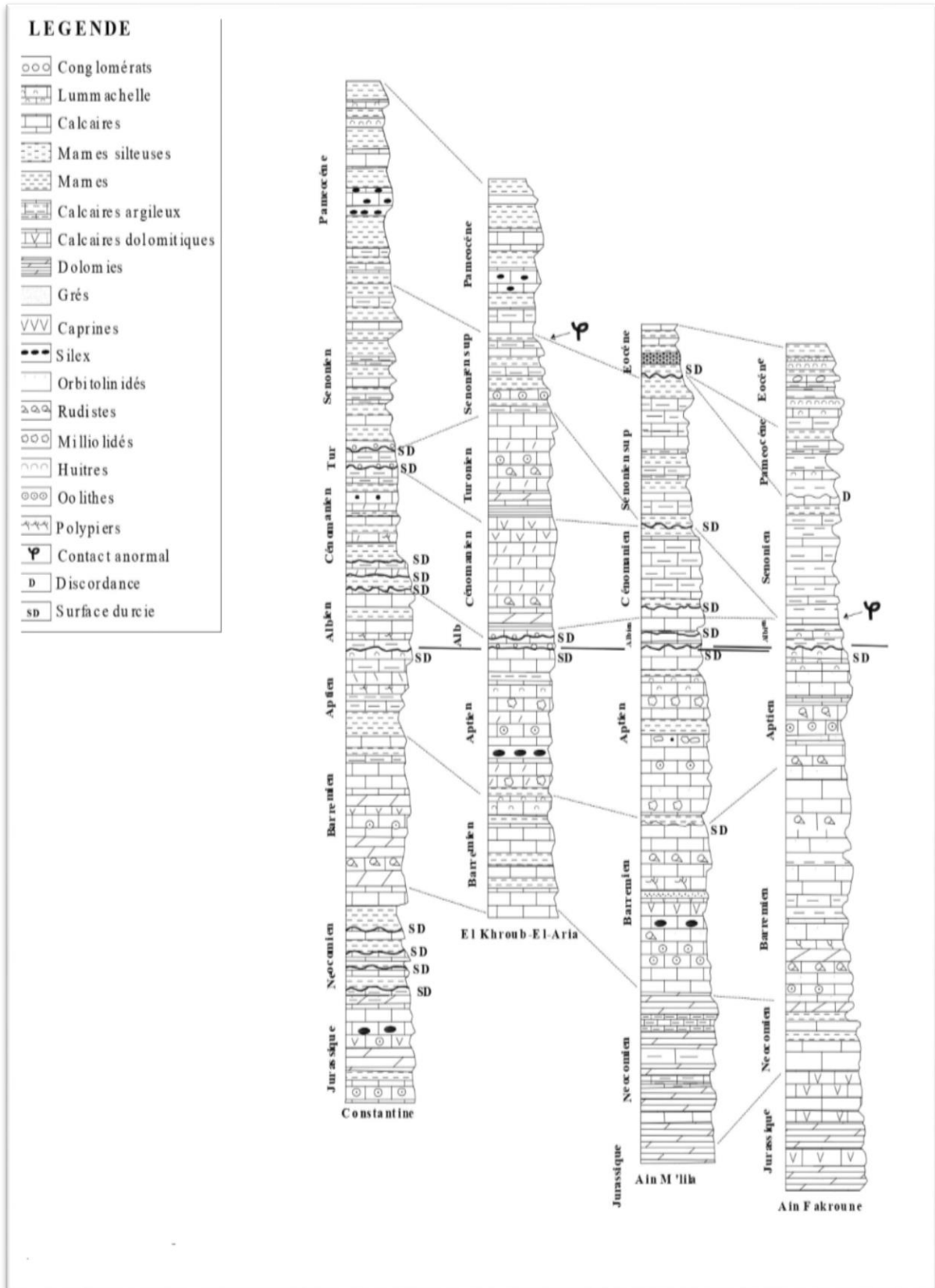


Fig.II.5: Corrélation lithostratigraphique la région de Constantine (Marmi et al 2001)

II.2.1.1.3. Les nappes telliennes

II.2.1.1.3.1. 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.2.1.1.3.2. 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 âge allant du Sénonien inférieur à l'Eocène :

- Sénonien inférieur : marnes grises ou beiges avec de minces intercalations marno-calcaires ; il peut avoir 250 m à 300 m d'épaisseur.
- Sénonien supérieur : il correspond à une barre marno-calcaire, dont la couche peut atteindre localement 250 m à 300 m.
- Maastrichtien au Paléocène : un ensemble monotone de marnes ou d'argiles carbonatées noires.
- Yprésien-Lutétien inférieur : série d'environ 200 m de calcaires massifs blancs à patine bitumineuse.
- Lutétien à Priabonien : marnes grises ou noires à boules jaunes.

II.2.1.1.4. 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 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 (Delga et Magné 1958).

II.2.1.1.5. Les séries post-nappes

Cette série correspond aux formations du Mio-Pliocène continental et du Quaternaire.

II.2.1.1.5.1. Le Mio-Pliocène continental

Des conglomérats rougeâtres marquent la base du Miocène inférieur et constituent une zone limitée le plus souvent par des failles.

Le Miocène moyen comprend deux termes : un terme inférieur formé de marnes grises à gypse et Gastéropodes, un terme supérieur contient des marnes légèrement beiges ou apparaissent des chenaux.

Le Miocène supérieur continental comprenant des dépôts détritiques rougeâtres au Pliocène.

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

II.2.1.1.5.2. Le Quaternaire

Dans notre région d'étude le quaternaire comprend surtout les alluvions anciennes et récentes des fonds de vallées.

- Les alluvions récentes des Oueds correspondent à des limons et graviers et des galets roulés.
- Les alluvions anciennes des Oueds se composent de cailloux rous et de limons. Elles sont parfois encroûtées et proviennent d'anciennes terrasses.
- Les éboulis sont surtout développés en bordure des reliefs numidiens et des massifs calcaire et gréseux : Djebels Sidi Driss, El Kantour, Tourniets, Bougrina, Kef Anser, Taya et Djebel Ouahch.
- Les plateaux sont composées aussi de cailloux rous, de limons et de graviers. Elles sont souvent cimentées par une croute calcaire.

- Les formations de pentes correspondent à des glacis polygéniques qui forment des surfaces très faiblement inclinées, près des plaines recouvertes d'un matériel élastique, avec de vastes placages sur les versants marneux.
- Les glacis de Constantine, dans la région d'El Aria, sont constitués exclusivement de blocs du Numidien bien roulés (Derouiche, 2008).

II.2.1.1.6. Le Style tectonique des unités telliennes

Les nappes telliennes sont les éléments structuraux dominants, elles sont affectées par une tectonique des nappes d'âge Priabonien (Villa, 1980) (figure 6 et figure 7)

a. La nappe numidienne déposée après la phase tangentielle priabonienne, elle a été cisailée en masse et présente un contact anormal plat.

b. La nappe ultra-tellienne est peu représentée dans le sous bassin. Sa structure complexe est d'origine purement tectonique.

c. Les nappes ultra-telliennes sensu-stricto forment un ensemble structural cohérent, continu sur plusieurs Kilomètres. La direction des axes des plis varie de N40°E à N90°E.

Les nappes telliennes reposent généralement sur la nappe péni-tellienne est sur la nappe néritique constantinoise. (Ben Abbas, 2006).

d. La nappe néritique constantinoise comporte les plus hauts reliefs calcaires de la région.

Cette unité possède un style particulier. Elle s'est déplacée en bloc, transportant ses structures propres, acquises à partir du Sénonien supérieur (Failles), mais surtout au cours du plissement Priabonien (Villa, 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 Guerioum.

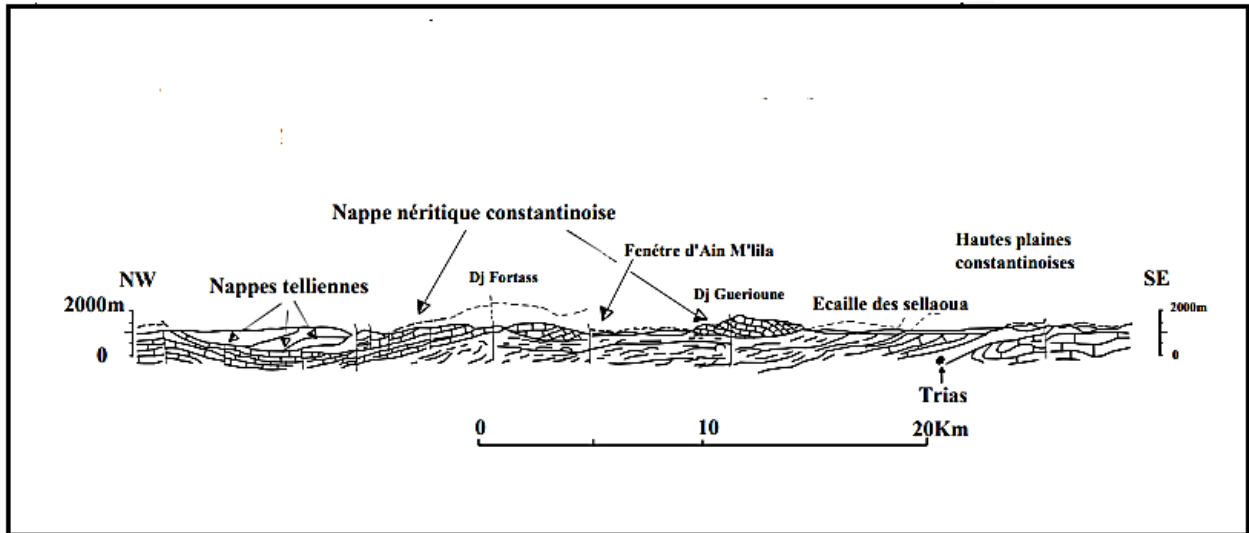


Fig.II.6. coupe interprétative dans la région de Constantine (D'après la Carte géologique de Constantine au 1/200000, Sonatrach 1977)

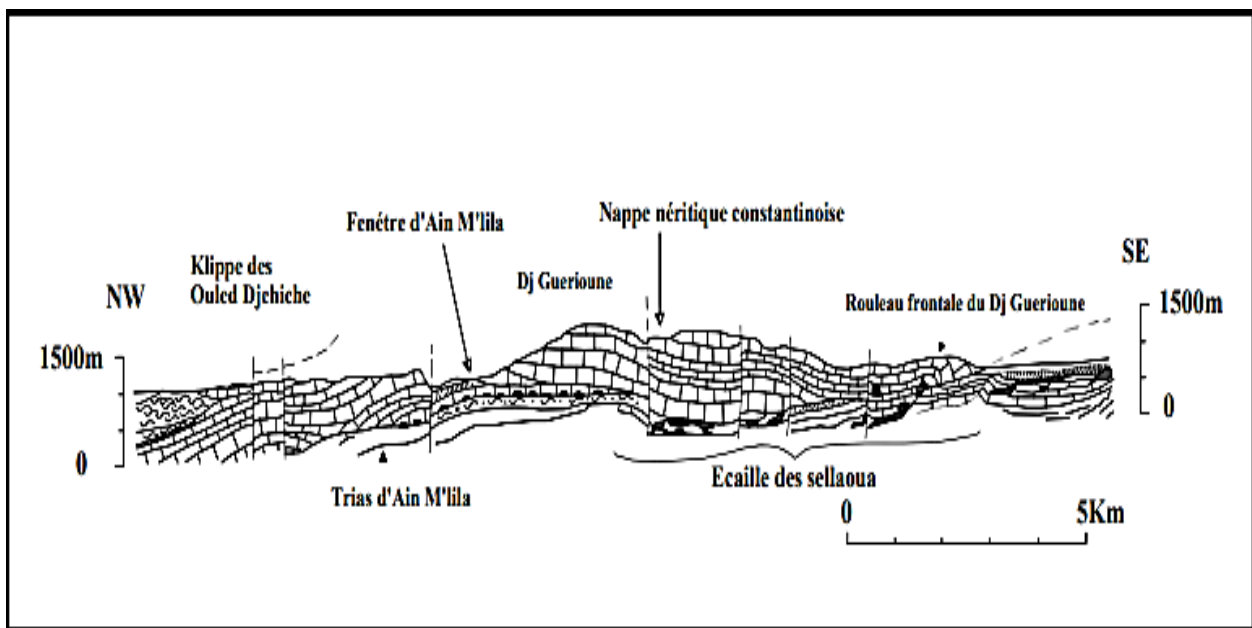


Fig.II.7. Coupe interprétative de la région de Mila (Villa 1980)

II.2.2. La région de Mila :

II.2.2.1. Introduction

Le bassin néogène de Mila est limité au Nord par l'arête montagneuse du M'Cid Aichaet du Sidi Driss, au Sud par le Djebel Akhal, à l'Est par Djebel Kheneg et à l'Ouest par le Djebel Boucherf et Oukissène. L'une des caractéristiques géologiques du bassin de Mila, est la prédominance de dépôts détritiques et évaporitiques du Mio-Pliocène. Les terrains constituant le bassin de Mila du plus anciens au plus récents sont les suivants:

II.2.2.2. Le Trias

Ils sont essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux. Ces formations affleurent dans la région de Sidi Merouane, et au pied des massifs du Kheneg, Djebel Akhal.

II.2.2.3. Le Jurassique

Les formations du Jurassique sont représentées par une épaisse série carbonatée dépassant les 600 m au niveau des massifs bordant le bassin de Mila, notamment aux Djebel Kheneg, Djebel Akhal, Djebel Kerkara et au Djebel M'Cid Aicha. Elles sont caractérisées par dolomies et des calcaires à silex. Ces formations sont localement associées à des calcaires massifs oolithiques et parfois des marnes. (Delga, 1956; Raoult, 1974)

II.2.2.4. Le Crétacé

Il est caractérisé à la base par des marnes et des marno-calcaires. Ces formations sont bien connues au Djebel Akhal, ainsi qu'à l'Ouest dans le massif d'Ahmed Rachedi, du Djebel Oukissène, du Djebel Boucherf et du Djebel Halfa (Figure _) et dans la région de Sidi Merouane. Ensuite au Cénomaniens, des horizons marno-calcaires de couleur grise et des marnes gris bleutées, parfois gypsifères et des barres de calcaires massifs. Le Cénomaniens est marqué dans sa partie inférieure par une surface durcie. (Villa, 1980).

II.2.2.5. Le Paléocène et l'Eocène

Au Nord de Radjas El Ferrada, la série type du Paléocène et de l'éocène, est formée par des marnes noires à débit finement feuilleté.

II.2.2.6. Le Mio-Pliocène

Les formations du Mio-Pliocène recouvrent la majeure partie du bassin de Mila. Elles sont représentées essentiellement par des dépôts détritiques (conglomérats, graviers, sable et argiles) et des dépôts évaporitiques (gypse, anhydrite et sel gemme) et des calcaires lacustres.

II.2.2.7. Quaternaire

Les formations quaternaires sont bien représentées dans le bassin de Mila. Le Quaternaire forme la couverture récente du bassin de Mila. Les formations quaternaires sont formées par des alluvions actuelles et récentes, qui sont des sables, des graviers et des limons, des terres arables, des formations de pentes, alluvions anciennes des terrasses.

Les calcaires lacustres sont attribués au Quaternaire, il s'agit de calcaires à débris de plantes, et enfin les éboulis à blocs des Djebel Bou Charef et Ouakissène (Vila, 1980).

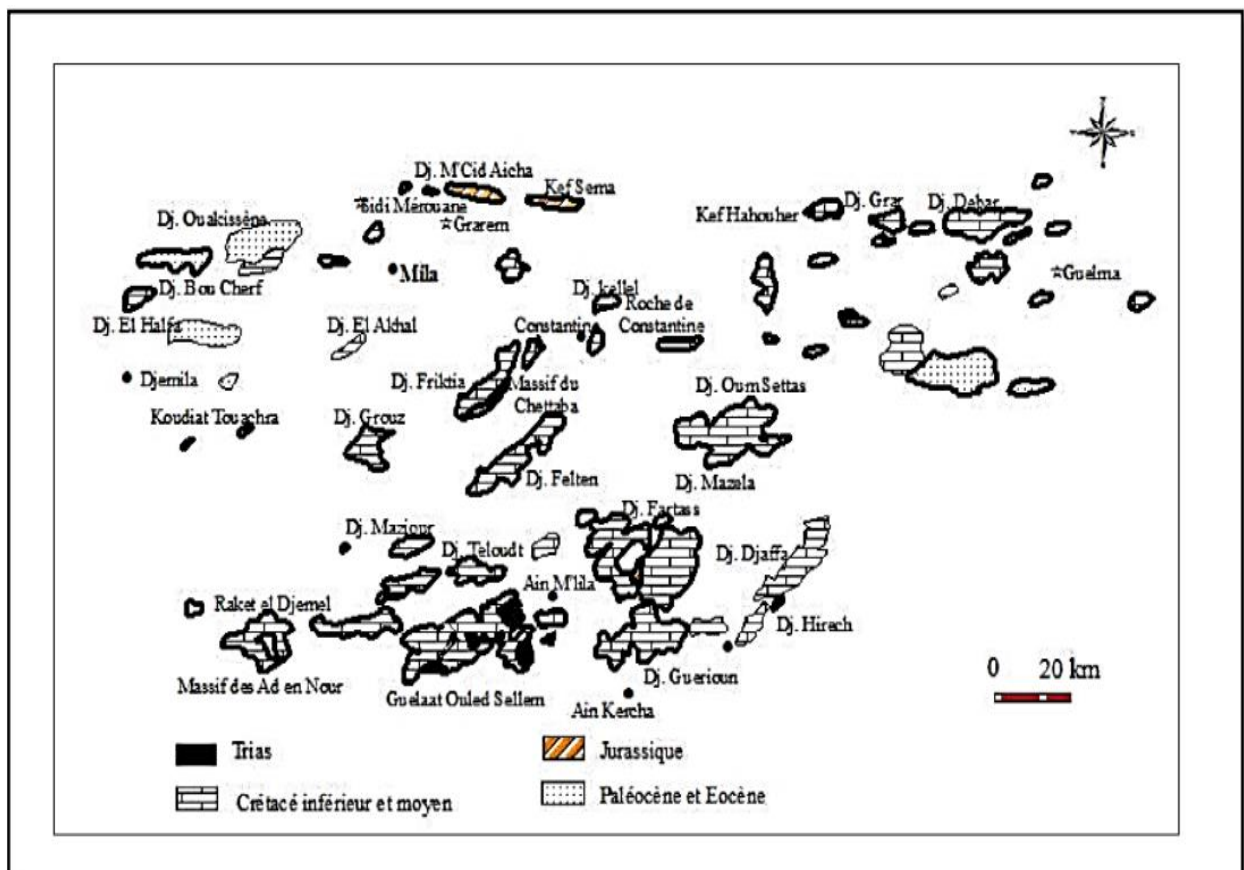


Fig.II.8. Principaux affleurements des séries néritiques constantinoises (D'après Vila, 1980)

II.3. Conclusion

Sur le plan régionale, fait partie de la chaîne alpine d'Algérie qui s'étend sur plus de 2000 km, avec du nord au sud : domaine interne, domaine des flyschs et domaine externe.

Plusieurs géologues se sont intéressés à la chaîne alpine Nord orientale, M. Durand-Delga (1969) replace l'ensemble des domaines de la chaîne alpine au sein d'un ensemble logique : L'orogénèse alpine périméditerranéenne.

En Algérie orientale, M. Duand -Delgua distingue :

- Les écaïlles pré-kabyles du Nord-Constantinois.
- La zone sous-kabylo, représentée principalement par les Babors.
- L'autochtone infra-tellien des Bibans.
- L'autochtone néritique du constantinois.
- L'autochtone sud-tellien.

Sur le plan locale la partie Nord-Ouest de la zone d'étude (Mila et une partie de Sétif) appartient au bassin néogène de Mila, essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux, avec :

Les formations jurassiques sont constituées essentiellement par les dolomies et les calcaires à silex, les formations crétacées sont formées par des marnes et des marno-calcaires, Les alluvions et les calcaires lacustre sont présentés dans le quaternaire.

Concernant la géologie de Constantine et Oum El Bouaghi, on conclut que les formations les plus connus dans la région et du calcaires Jurassico-Crétacé et une couverture calcaire argileux et marno-calcaire du Mio-Plio-continental.



Chapitre III Cadre hydrogéologique

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous tenons à faire une description hydrogéologique de la région d'étude. 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 Les grandes domaines de Beni Haroun

D'après la (Fig.I.6.) Les domaines géologiques du bassin versant Kébir Rhumel sont

- le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises ;
- le bassin néogène de Constantine-Mila ;
- le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila ;
- le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens ;

III. 2..1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises

Il est constitué de deux grandes unités lithologiques :

III. 2.1.1. Les massifs carbonatés du nérétique constantinois

Elles sont formées de calcaires jurassiques et crétacés et apparaissent dans des horsts hautement karstifié de 10 à 100 km² confinés par des imposants abrupts.

De grandes sources karstiques émergent au pied 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 Guéridon ; Ain Fourchai (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 Fortas.

III.2.1.2. Les trop-pleins non captés alimentent les oueds

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

III.2.2 Bassin néogène de Constantine-Mila

Ce bassin Mio-pliocène 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 (système de Hamma Bouziane Constantine).

III.2.3 le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila

À l'ouest de Ferdjioua, elles se sont formées dans la zone Jurassique-Crétacé-Eocène, par alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène). Les sources issues des niveaux des bancs épais des calcaires ont un débit faible, comme celle de Ain Hammam c'est une source faiblement thermique (21°, 150 l/s)

III.2.4 le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens

Dans la région du Guerarem, et plus particulièrement au nord, le paysage est dominé par des grès numidiens, sous lesquels se trouvent des calcaires jurassiques hautement tectonisés, qui donnent lieu à des émergences à faible débit.

III.3. les aquifères du bassin versant de béni Haroun

D'après le Plan National de L'eau (PNE, 2010) les aquifères qui caractérise cette région et celles des plaines Sétifiennes et d'oued Rhummel et la plaine de Telaghma-Ain M'Lila et de la région constantinoise et une petite partie de la plaine EL madher et Ain el Beida de la wilaya d'Oum el Bouaghi (Fig.III.2).

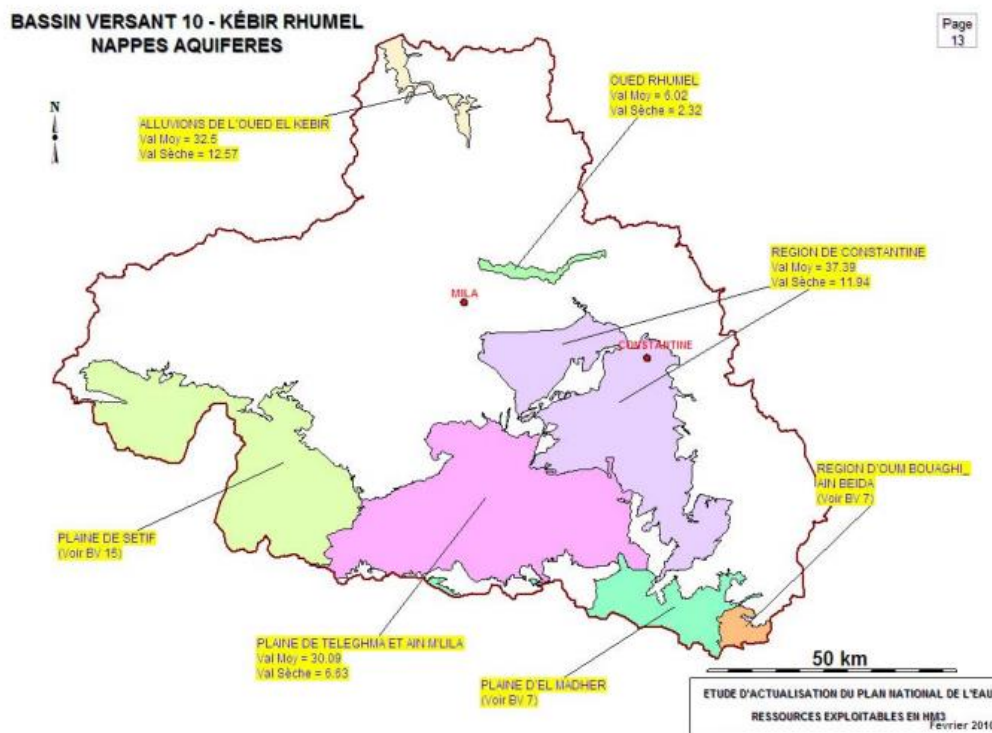


Fig III.1. Bassin versant Kébir Rhummel, nappes –aquifères (PNE,2010)

III.3.1. La plaine de Telaghma-Ain M'Lila

Cette plaine, qui se trouve à l'est et s'étend sur 40 kilomètres, est située entre les villes d'Ain Kercha et de Telaghma, et fait partie des deux wilayas de Mila et Oum el Bouaghi en raison de sa grande superficie qui est de l'ordre de 1 060 km².

III.3.1.1 Hydrogéologie

Il est difficile de parler de structure car la région contient plusieurs aquifères avec des discontinuités géologiques et hydrauliques qui ont été mises en évidence par divers auteurs.

III.3.1.2 Les principaux aquifères de la région

- Les formations du Crétacé inférieur : représentées par d'importantes assises calcaires et dolomitiques. Ces assises ont une haute perméabilité, formant un grand réceptacle et bénéficiant de la région de la cuvette synclinale d'Ain M'Lila.
- La nappe du Mio-plio-quadernaire : Sables, graviers, calcaires lacustres, grès, conglomérats, ainsi que brèches rouges, composent ce paysage.

L'épaisseur de la nappe ne reste pas constante ; d'autre part, à mesure que l'on s'approche des pentes, la profondeur augmente : Selon l'emplacement, la profondeur peut atteindre une centaine de mètres.

III.3.1.3. Alimentation

Les formations du Crétacé inférieur sont alimentées directement par l'eau de pluie. Les dépôts Mio-plio-quadernaire recueillent toutes les eaux des pentes qui s'infiltrent dans la plaine.

III.3.1.4. Paramètres Hydrodynamiques

Les paramètres des dépôts carbonés du Crétacé ne sont pas disponibles, en raison de leur relief et de leur perméabilité aux fissures.

Il y a quelques valeurs de transmissivité disponibles pour la nappe alluviale. Elles varient de 0,2 à $2,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

III.3.1.5. Ressources exploitables

Les ressources exploitables de la plaine d'Ain M'Lila Teleghma sont de l'ordre de 30 Hm³/an en moyenne générale (ANRH/ENERGOPROJEKT 2009).

III.3.2 L'Oued Rhummel

Oued Rhummel, qui traverse Constantine, a été formé par la confluence de nombreux oueds.

L'Oued Rhummel s'étend du barrage de Hammam Grouz (à Oued Athmania) jusqu'au barrage de Beni Haroun, où il est relayé par l'Oued Kébir.

Les dépôts du Mio-plio-quadernaire, qui comprennent des calcaires lacustres, des grès, des conglomérats, des calcaires tendres, des cailloutis et des alluvions récentes, constituent l'aquifère.

D'après Durozoy (1960), les alluvions ne se forment que dans les lits de l'oued Rhummel et de ses principaux affluents ; leur épaisseur varie, mais elle est toujours inférieure à 20 mètres. Les formations de Mio-plio-cène, quant à elles, sont alimentées par une variété de sources qui sont drainées par les oueds.

Selon la carte des ressources, le volume exploitable du complexe aquifère de la vallée du Rhummel est de l'ordre de 6 Hm³/an.

III.3.3 La région de Constantine

Selon la carte de délimitation de l'aquifère ; on peut identifier un aquifère baptisé "Région de Constantine", qui englobe à la fois le bassin néogène de Rhummel ainsi que les dépôts alluviaux et lacustres de la région d'El Khroub.

III.3.3.1 Nappe de la vallée de l'Oued Boumerzoug et El Khroub

L'eau coule dans la vallée du sous-sol de l'oued Boumerzoug. Elle est utilisée actuellement pour répondre aux besoins en eau de la région d'El Khroub. L'écoulement se fait d'Est en Ouest, vers la vallée de l'oued Boumerzoug.

Les dépôts alluviaux (Mio-Plio-Quadernaire) produisent la nappe, bien que le faciès d'un fourrage puisse différer considérablement d'un autre.

Certaines études montrent deux niveaux d'aquifères séparés par une couche de marne, avec une nappe de surface (Quadernaire) et un nappe captif (Mio-Pliocènes), tandis que d'autres montrent une relation et des échanges entre les deux niveaux, ce qui implique qu'il n'y a qu'un seul aquifère mio-plio-quadernaire.

III.3.3.2 Plaine de Hamma Bouziane

La dépression de Hamma Bouziane se caractérise par une topographie de plaine et la présence d'un substrat carbonaté fortement karstifié, qui s'accompagne de manifestations thermiques anciennes (formation de calcaires travertineux) ou récentes (émergence de sources thermales).

III.3.3.3 Réseau karstique

Les massifs calcaires du domaine néritique constantinois présentent des symptômes de karstification, qui pourraient fournir des détails importants sur le développement tectonique de la région (à Djebel Kellal, Kef Salah et Djebel Bergli). La présence de lapiez, de dolines et de fractures béantes indique une karstification. Ce réseau karstique voit fréquemment des accidents tectoniques orientés N140°E et des accidents orientés N30°E. En 1992, Coiffait attribuait ces phénomènes à une karstification qui s'est développée tout au long des défailances normales au cours d'une période de distension.

Peut-être dans un épisode ultérieur, les phénomènes karstiques ont été accompagnés par une thermalisation généralisée dans toute la région de Constantine ; néanmoins, l'activité hydrothermale est plus développée dans le bassin de Hamma Bouziane.

Les ressources exploitables de la région de Constantine, évaluées par la carte des ressources en eau, sont de l'ordre de 37.4 Hm³/an

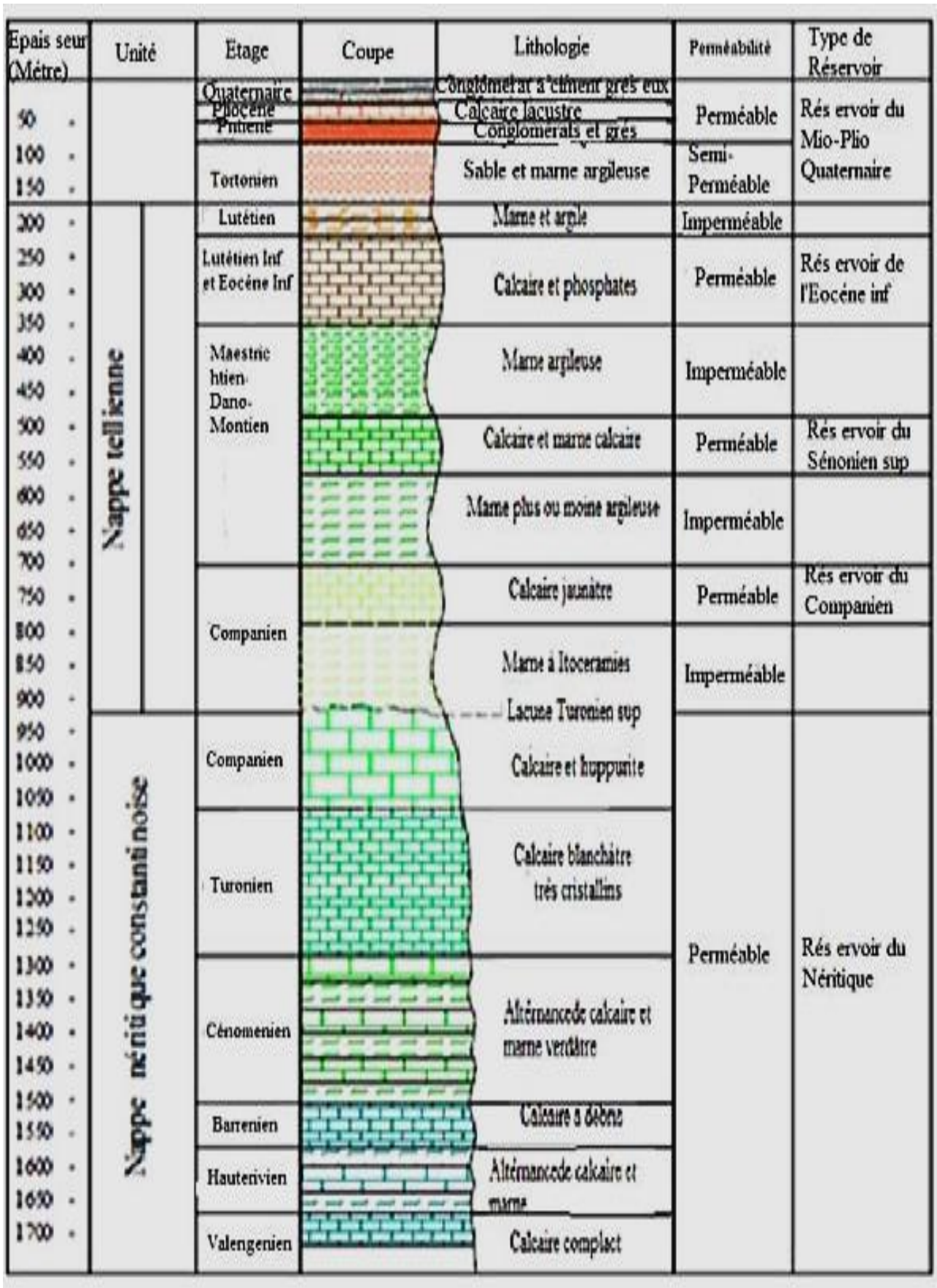


Fig.III.2. Log lithostratigraphie de la région d'étude (Boularak, 2003)

III.3.4 Les hautes plaines sétifiennes

La plaine de Sétif est composée de nombreuses plaines, communément appelées les Hautes plaines sétifiennes, qui englobent toutes les plaines qui entourent Sétif et s'étendent vers le sud.

III.3.4.1 Hydrogéologie

Les Hautes Plaines Sétifiennes contiennent plusieurs unités hydrogéologiques constituées par :

- Les calcaires et dolomies du Jurassiques moyen et supérieur.
- Les calcaires, les calcaires organo-détritiques et lumachelliques, dolomies et grès du Crétacé.
- Les calcaires lacustres du villafranchien.

III.3.4.2 Les principaux aquifères de la région

a) L'aquifère jurassique

Elle est composée de calcaires jurassiques supérieures et jurassiques moyens et de dolomies qui reposent sur les marnes du Lias supérieure et les marnocalcaires. Ces formations affleurent largement dans le Djebel Youcef, puis plongent rapidement au-delà de la couverture Mio-plio-quadernaire pour atteindre des profondeurs allant jusqu'à 1000 mètres au nord et au sud du Djebel. L'alimentation s'effectue principalement par impluvium.

b) L'aquifère du Crétacé

Il est formé par les calcaires organo-détritiques et lumachelliques, les dolomies et les grès de l'Aptien terminal-Albien ainsi que par les calcaires Cénomano-Turonien. Ces formations visibles essentiellement au Djebel Zdim constituent deux aquifères séparés à porosité de fracture et de chenaux qui peuvent être exploités près des affleurements. Le substratum de l'aquifère albio-aptien est représenté par des marnes aptiennes sous-jacentes, et le substratum de l'aquifère Cénomano-turonien est constitué par des marnes du Vraconien-Cénomaniens inférieur. L'alimentation s'effectue essentiellement par infiltration des pluies à travers les affleurements.

c) L'aquifère du Villafranchien

La seule formation aquifère (de faible importance) traversée par forage est constituée par les calcaires lacustres du Villafranchien. Leur épaisseur est 30 m au droit de Guellal, et augmente légèrement vers le nord (40 m à Mezlug). Le reste des sédiments du Plio-quadernaire est constitué par des limons, sables et argiles. L'alimentation des nappes s'effectue par l'impluvium

Concernant les paramètres hydrodynamiques, les essais de débit a permis de déterminer la transmissivité et la perméabilité des calcaires lacustres. Les valeurs obtenues sont respectivement $T = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $K = 6.10^{-5} \text{ m/s}$. d'autre part, les alluvions de l'Oued Guellal sont captées par plusieurs puits. Un essai de débit sur un puits a permis de déterminer la transmissivité qui est de l'ordre de $1.8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. La perméabilité est de l'ordre de 2.10^{-5} m/s (PNE, 2010).

III.3.5 Plaine el Madher

L'aquifère alluvionnaire est constitué de sables, graviers et galets encastré dans une matrice argileuse et couvre une superficie d'environ 90 Km². Ces formations sont du mio-plio-quadernaire et s'étendent entre les Monts crétaés de Batna et le Djebel Bou Arif au Sud jusqu'au Djebel Tafraout et Koudiat Tfouda au Nord.

Il s'agit d'un système aquifère libre à semi-libre qui crée une seule unité hydrogéologique homogène à grande échelle. Son substratum est constitué de marnes cénomaniennes épaisses qui s'étendent sur environ 300 mètres et sont entourées d'argiles tortoniennes. Cette dense structure marneuse, prise ensemble, limite parfaitement le point de vue hydraulique et l'aquifère mio-plio-quadernaire sur toute sa longueur.

De nombreux puits sont utilisés pour recueillir les eaux de surface, avec des profondeurs allant de 20 à 30 mètres dans la plupart des cas. La nappe coule du sud au nord, jusqu'à atteindre l'embouchure du bassin de Merdja Mazouala.

III.4 Conclusion

Selon une étude de Mebarki A. et Thomas C. l'hydrogéologie de la région de recherche concerne principalement les formations aquifères des domaines des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI), le bassin néogène de Constantine-Mila (DII) et le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII). Les caractéristiques hydrogéologiques sont décrites d'après le PNE de 2010 que les principales nappes sont :

- La nappe de ville franchien : conglomérats + calcaires.
- La nappe du La nappe du Moi-plio-cène : calcaire lacustre.
- La nappe des calcaires de l'Eocène.
- La nappe du Crétacé inférieur.
- La nappe des alluvions quaternaires.
- La nappe du Moi-plio-cène : calcaire lacustre.
- La nappe de l'aptien : calcaire à grains fin à intercalation de marnes.
- La nappe de la vallée fossile Moi-plio-cène.
- La nappe libre et captive : alluvions Quaternaires.
- La nappe des calcaires et dolomies du Crétacé inférieur et moyen



Chapitre IV Cadre hydroclimatologique

IV.1. Introduction

L'étude hydroclimatique basée sur les données des précipitations et des températures donne un aperçu sur leur répartition dans le temps et dans l'espace. Ces deux paramètres nous permettent également de déterminer l'évapotranspiration, paramètre essentiel du déficit d'écoulement et de l'alimentation, c'est à dire la lame d'eau précipitée pour pouvoir quantifier le volume d'eau infiltrée. (Bouteraa, 2007).

IV.2. Situation des Stations utilisés

Nous avons utilisé les données des stations de Ain el Bey qui se trouve dans le sud et la station de Béni Haroun qui se trouve dans le nord et les deux stations de Télaghma et Ben Chergui

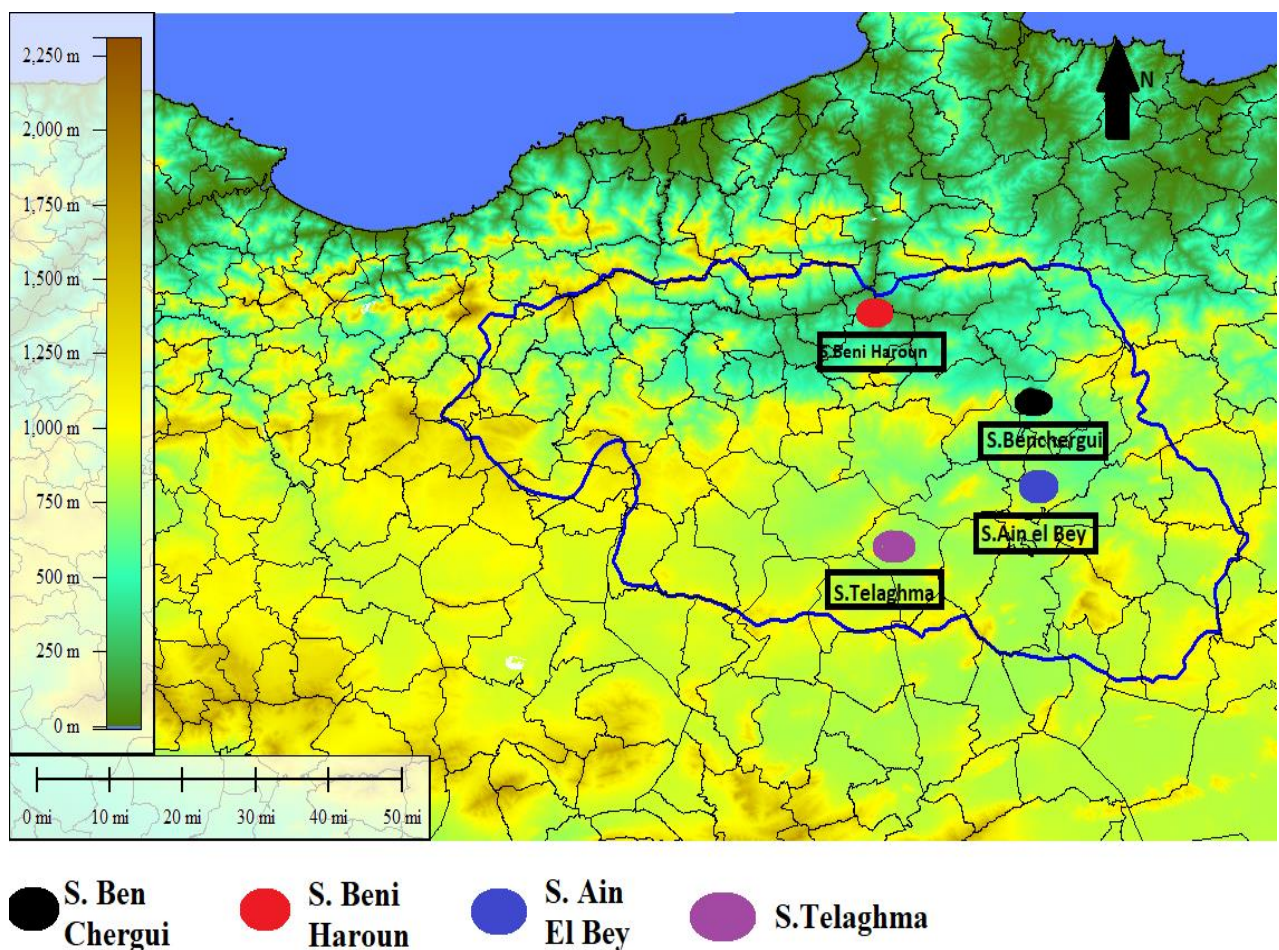


Fig. IV. I situation des stations climatiques

IV. 3 Facteurs climatiques

IV. 3.1 Précipitations

En hydrologie, les précipitations sont considérées comme étant la totalité de la lame d'eau recueilli par le pluviomètre.

Ce sont les précipitations atmosphériques qui constituent le facteur essentiel intervenant surtout par : leur répartition mensuelle ou saisonnière, leur hauteur totale annuelle.

IV.3.1.1 Précipitations moyennes mensuelles

Notre étude est basée sur les données disponibles fournies par les stations pluviométriques de :

a) Station de Telaghma

Tab IV1. *Précipitations moyennes mensuels mesurées dans la station de Telaghma (1970-2004).*

Mois	Sep	Oct	nov	déc	Jan	fev	Mar	Avr	mai	juin	juil	aout	année
P (mm)	34,2	25,5	28,7	36,1	42,9	35,3	34,8	39,2	43,4	19,7	13,7	9,3	362.8

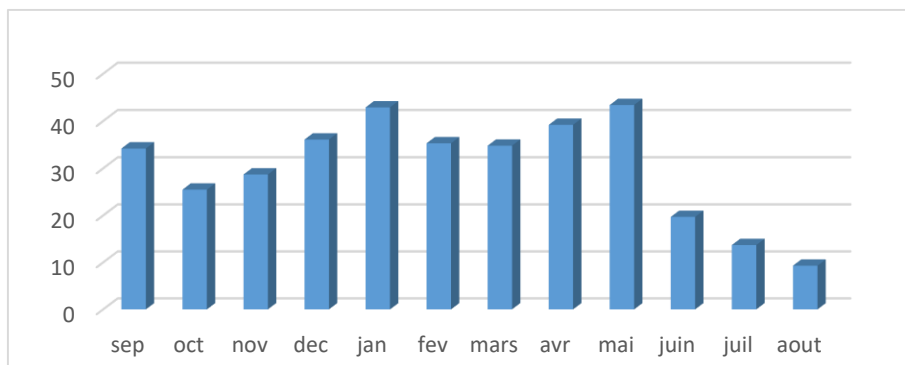
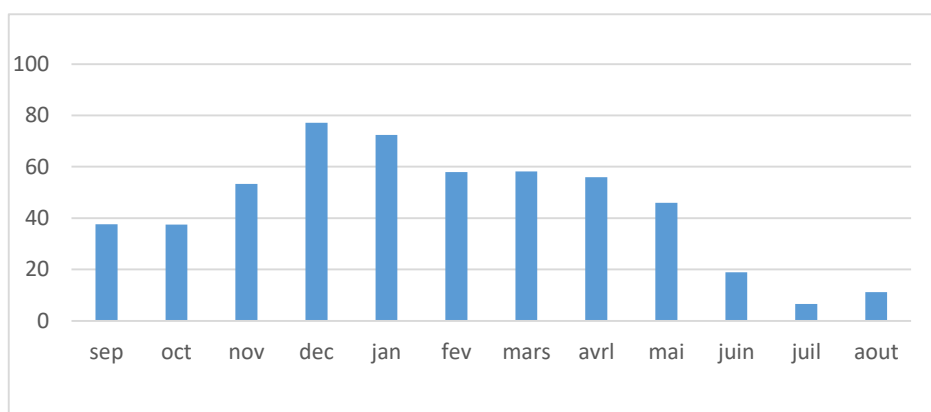


Fig IV.2. *Précipitations moyennes mensuelles de la station de Telaghma (1970-2004)*

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus pluvieux sont ceux de janvier et mai et avril avec un maximum de 43.4 mm enregistré au mois de mai. Par contre, les mois les plus secs sont ceux de juin, juillet et août.

b) Station de Ain El Bey**TAB. IV.2.** *Précipitations moyennes mensuelles station Ain el Bey (1971-2007)*

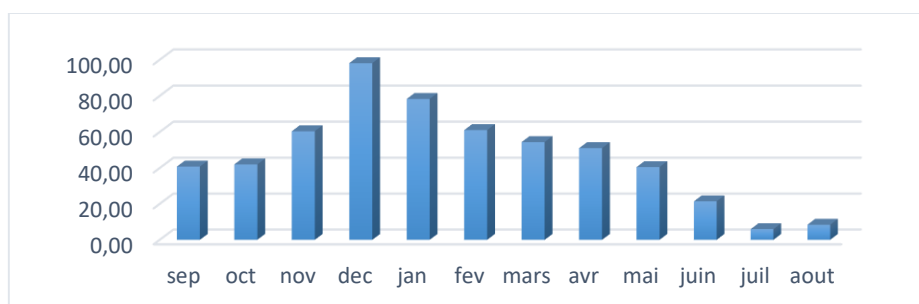
Mois	Sep	oct	nov	Dec	jan	Fev	mar	avr	mai	jui	Juil	aout	année
P(mm)	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	11.18	533.06

**Fig. IV.3.** *Précipitations moyennes mensuelles station Ain el Bey (1971-2007)*

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus froids sont ceux de décembre et janvier et avec un maximum de 77.13mm enregistré au mois de décembre. Par contre les mois les plus chauds sont ceux de juillet et août avec un minimum de 6.5mm.

c) Station de Ben Chergui**TabIV.3** *Précipitations moyennes mensuelles station ben chergui(1984-2004)*

Mois	Sep	Oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	Mai	Juin	juil	aout	Année
p (mm)	40,84	42,03	60,45	98,15	78,34	61,07	54,44	51,10	40,54	21,46	5,98	8,42	562.46



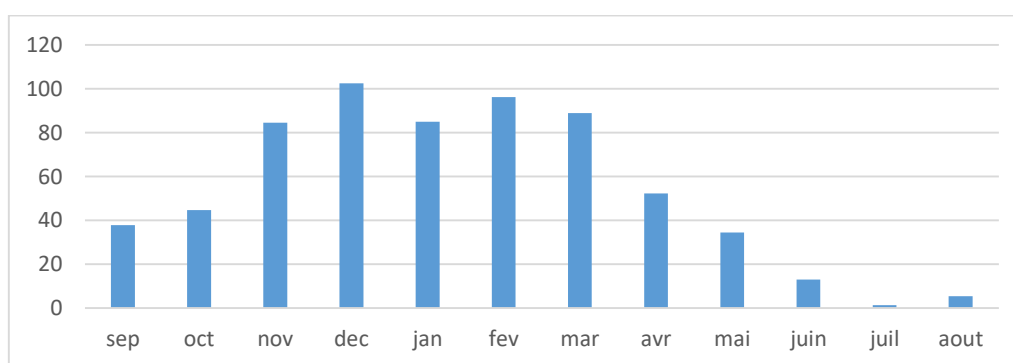
FigIV.4. Précipitations moyennes mensuelles station Ben Chergui (1984-2004)

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus froids sont ceux de décembre et janvier, avec un maximum de 98.15mm enregistré au mois de décembre. Par contre les mois les plus chauds son ceux de juillet et aout avec un minimum de 5.98mm.

d) Station de Béni Haroun

TabIV.4. Précipitations moyennes mensuelles station Beni Haroun (2003-2017)

Mois	Sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	Avr	mai	juin	juil	Aout	année
p(mm)	37,8	44,7	84,58	102,42	84,95	96,15	88,87	52,23	34,54	13,1	1,32	5,4	645.86



FigIV.5. Précipitations moyennes mensuelles station Béni Haroun (2003-2017)

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus froids sont ceux de décembre et février et avec un maximum de 102.42mm enregistré au mois de décembre. Par contre les mois les plus chauds son ceux de, juillet et aout avec un minimum de 1.32mm.

IV.3.1.2 Précipitations moyennes mensuelles des quatre stations

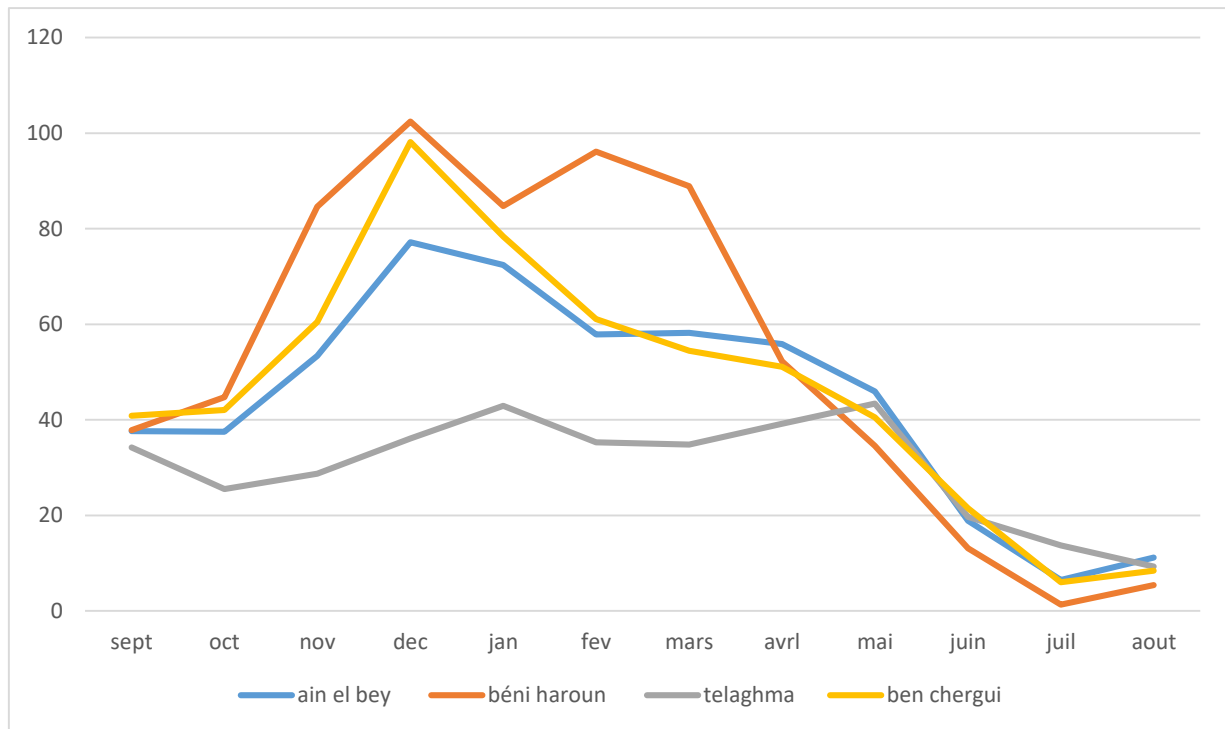


Fig.IV.6. Précipitation moyennes mensuelles des quatre stations

D'après le diagramme ci-dessus, on peut dire que durant la période allant du mois d'octobre au mois d'avril les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la station de Béni Haroun sont nettement supérieures à celles enregistrées aux autres stations. Par contre, les valeurs deviennent inférieures par rapport aux autres stations du mois de mai au mois d'aout.

Dépendant, les précipitations au niveau de Telaghma sont nettement plus faibles par rapport aux quatre stations du mois de septembre au mois de mai. Après, on voit que les courbes deviennent approchées

IV.3.1.3 Précipitations moyennes annuelles

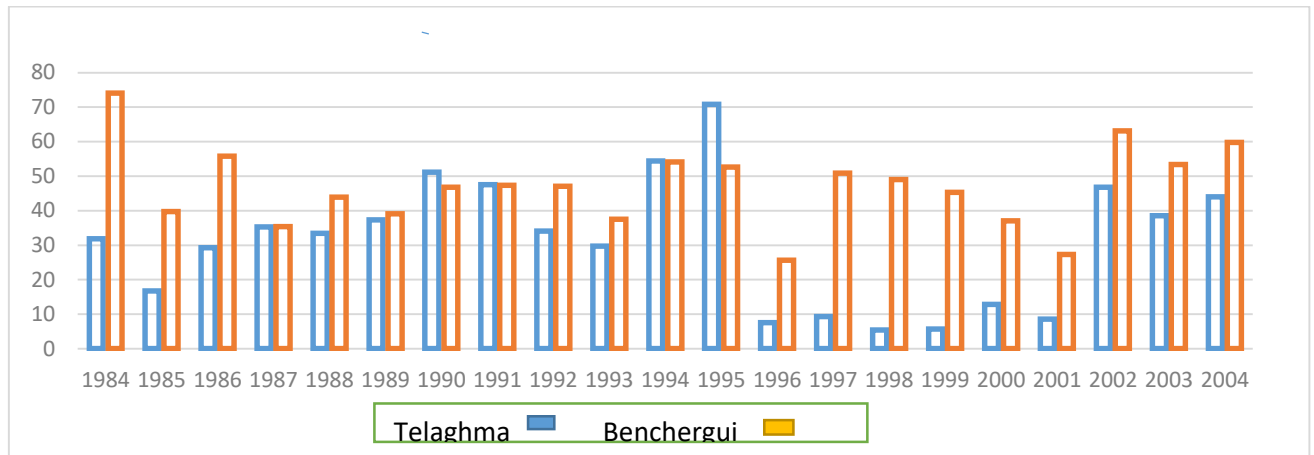


Fig..IV 7. : Précipitations moyennes annuelles des deux stations (1970-2004)

D'après les données des deux stations climatiques durant la période (1984-2004). La pluviométrie enregistrée au niveau de la station de Ben Chergui est d'une manière générale beaucoup plus élevée que celle de la station de Telaghma sauf que dans quelques années exceptionnelles comme l'année 1990 ,1991 et 1995.

IV.3.2 Températures

Les températures moyennes, mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologique (précipitations, insolation,Etc.) le phénomène d'évaporation et par là même le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les températures sont donc l'un des éléments majeurs influençant le climat d'une région. C'est aussi cet effet caractéristique du régime thermique (Bouteraa,2007).

Notre étude est basée sur les données disponibles fournies par la station pluviométrique et thermométrique de Aine el Bey et cela de Béni Haroun.

IV. 3.2.1 Températures moyennes mensuelles

a) Station de Ain El Bey

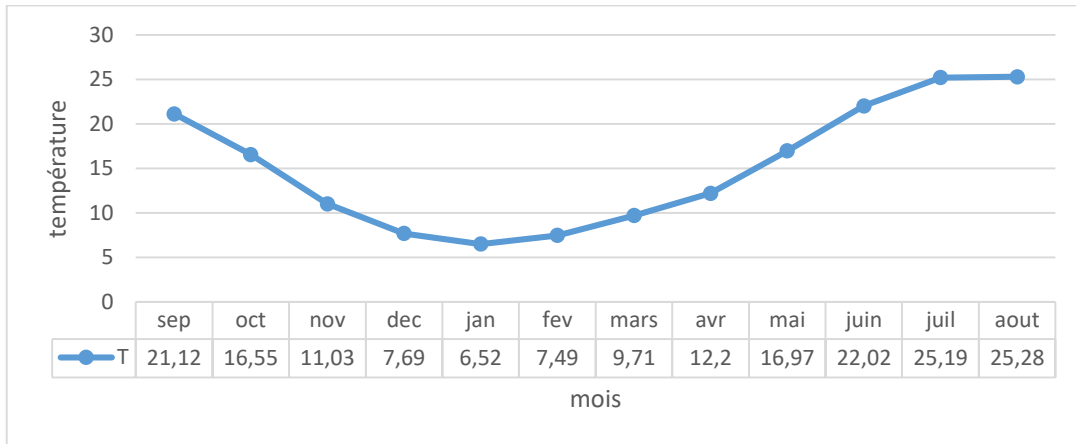


Fig.IV.8 : Températures moyennes mensuelles station de Ain el Bey (1971-2007)

Le diagramme ci-dessus montre que les températures moyennes mensuelles pour la période allant de 1971 à 2006, sont relativement faibles en hiver, où la température est inférieure à 10 °C, par contre les températures sont élevées en été, où on enregistre des valeurs supérieures à 20 °C en été.

Cependant, la température moyenne minimale de 6.52 °C est enregistrée au mois de janvier et la température moyenne maximale est de l'ordre de 25.28 °C et est enregistrée au mois d'aout.

b) station de Béni Haroun

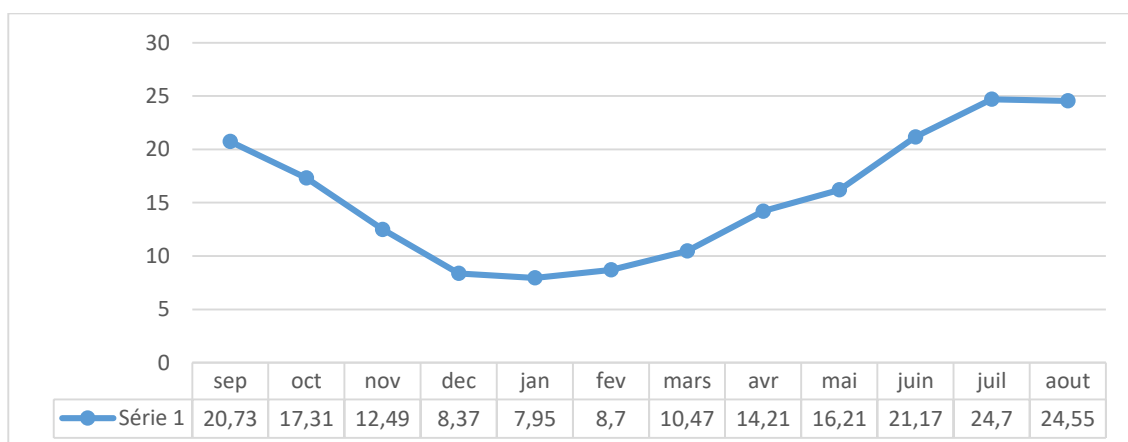


Fig.IV.9 : Températures moyennes mensuelles station de Béni Haroun (2003-2017)

Le diagramme ci-dessus montre que les températures moyennes mensuelles, sont relativement faibles en hiver, où la température est inférieure à 10 C°, par contre les températures sont élevées en été où on enregistre des valeurs supérieures à 20 C°.

Cependant, la température moyenne minimale de 7.95 C° est enregistrée au mois de janvier, tandis que, la température moyenne maximale de l'ordre de 24.7C° est enregistrée au mois de juillet.

IV.3.2 Diagramme Ombro-thermique

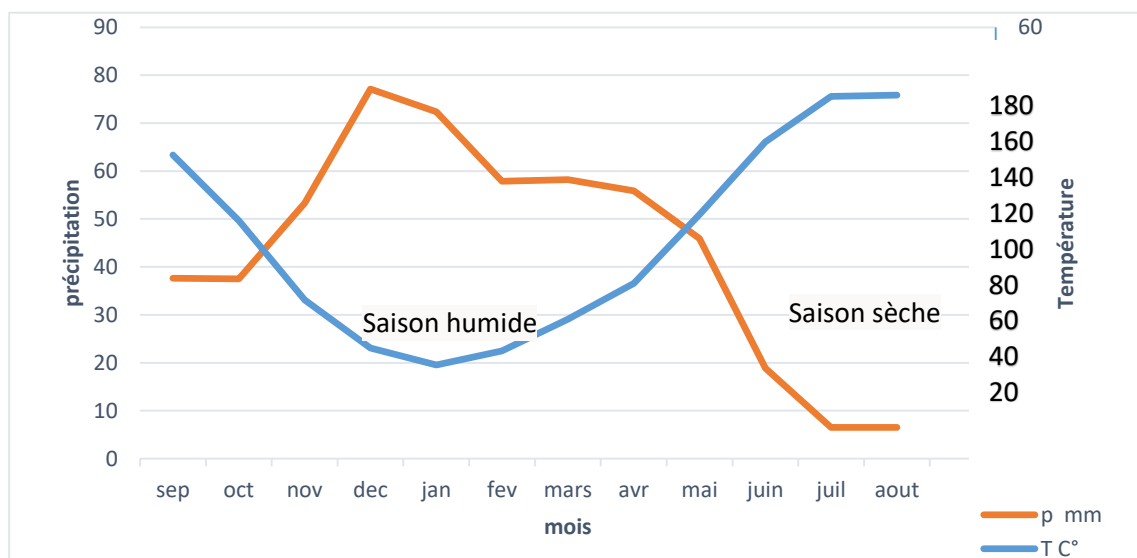
Le diagramme Ombro-thermique est établi selon la méthode de Gaussen et Bagnols. Il résulte de la combinaison entre deux paramètres climatiques principaux, en l'occurrence les précipitations et les températures.

Les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations. Cela permet de déterminer le période sèche durant laquelle la moyenne mensuelle des précipitations du mois est inférieure ou égale au double de la température ($P \leq 2T$).

Lorsque la courbe de température passe au-dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est dite déficitaire en eau (période sèche).

Lorsque la courbe de température passe au-dessous de la courbe des précipitations, la période correspondante est dite humidea)

a) Station de Ain El Bey



Fi g.IV.10 : Diagramme Ombro-thermique station de Ain el Bey(1971-2007)

D'après le diagramme Ombro-thermique, nous constatons d'une part, que la période humide s'étale depuis le début du mois d'Octobre jusqu'à la fin du mois de Mai. D'autre part, la période sèche débute à la fin du mois de Mai et se termine au la fin du mois de Septembre.

b) station de Béni Haroun

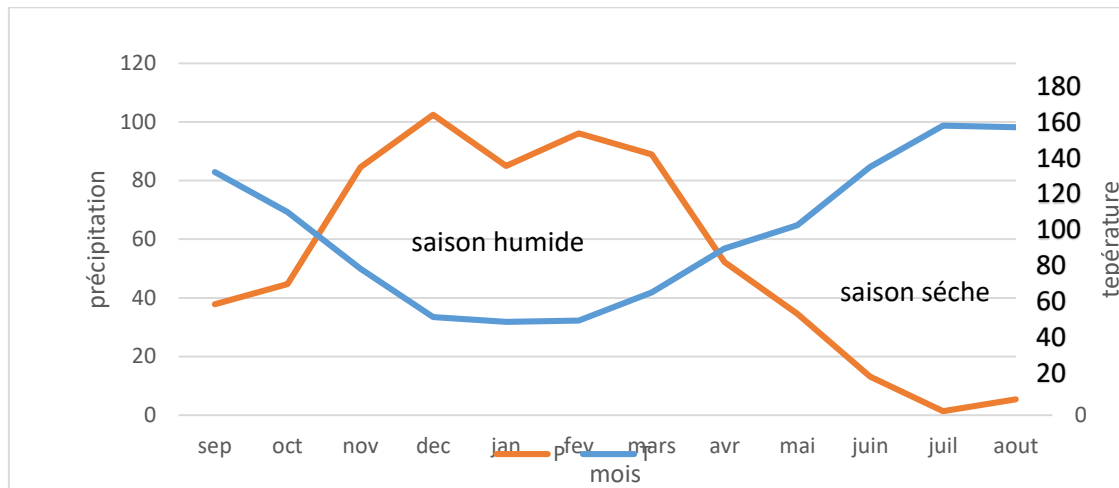


Fig.IV.11 Diagramme Ombro-thermique station de Béni Haroun(2003-2017)

D'après le diagramme Ombro-thermique, nous constatons d'une part, que la période humide s'étale du mois d'Octobre jusqu'au la mi-mai. D'autre part, la période sèche débute au mois de Mai et se termine au la fin du mois de Septembre.

IV.4 les indices climatiques

Il existe beaucoup de méthodes et de formules qui permettent d'évaluer les indices climatiques, nous citons celui De Martonne et celui d'Euverte.

Vu l'absence des données climatiques dans les stations de Telaghma et celle de Ben Chergui nous allons étudier les données de la station de Ain el Bey et celui de Béni Haroun .

IV.4.1 Détermination de régime du sol par la méthode d'Euverte

La méthode d'Euverte fait appel à deux paramètres essentiels qui sont les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles. On effectue le rapport P/T.

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

- Si $(P/T) < 1$ on a un régime très sec ;
- $1 < (P/T) < 2$ on a un régime sec ;
- $2 < (P/T) < 3$ le régime est subhumide ;
- $(P/T) > 3$ le régime est humide

a) Station Ain el Bey

TabIV.5 : les indices climatiques station Ain el bey (1971-2007)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	11.18
T C°	21.12	16.55	11.03	7.69	6.52	7.49	9.71	12.2	16.97	22.02	25.19	25.28
P/T	1.78	2.26	4.84	10.02	11.1	7.72	5.99	4.58	2.7	0.85	0.25	0.44

Pour la station de Ain el Bey a la saison d'été le régime climatique est très sec avec un rapport $p/T < 1$, et au mois de septembre le régime très sec passe à un régime sec ensuite vers le sub humide au mois d'octobre et devenu humide les mois d'hiver et les premiers mois de printemps, enfin au mois de mai le régime devient sub humide avant de revenir très sec en été

b) Station Béni Haroun

Tableau IV.6: les indices climatiques station de béni Haroun(2003-2017)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P(mm)	37.8	44.7	84.58	102.42	84.95	96.15	88.87	52.23	34.54	13.1	1.32	5.4
T c°	20.73	17.31	12.49	8.37	7.95	8.7	10.47	14.21	16.21	21.17	24.7	24.55
P/T	1.82	2.58	6.77	12.23	10.68	11.05	8.48	3.67	2.13	0.61	0.05	0.21

Pour la station de Béni Haroun a la saison d'été le régime climatique est très sec avec un rapport $p/T < 1$, et au mois de septembre le régime très sec passe à un régime sec ensuite vers le sub humide au mois d'octobre et devenu humide les mois d'hiver et les premiers mois de printemps, enfin au mois de mai le régime devient sub humide avant de revenir très sec en été

IV.4.2 Indice d'aridité de De Martonne

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné. Cet indice a été proposé par De Martonne en 1923.

On va calculer cet indice (I) par la formule de De Martonne :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec :

I : indice d'aridité annuelle de De Martonne ;

P : précipitations moyennes annuelle (mm) ;

T : températures moyennes annuelle (°C).

Selon Martonne De Martonne :

Pour $I < 5$: on est en présence d'un régime hyper aride ;

Pour $5 < I < 7.5$: on est en présence d'un régime désertique ;

Pour $7.5 < I < 10$: on est en présence d'un régime steppique ;

Pour $10 < I < 20$: on est en présence d'un régime Semi-aride ;

Pour $I > 20$: on est en présence d'un régime tempéré.

La valeur de l'indice d'aridité calculé selon la formule de De Martonne est portée dans le Tableau suivant.

Tab.IV.7 resultat d'indice d'aridité

Station	période	P(mm)	T c°	I	Climat
Ain el Bey	1971-2006	533.06	15.14	21.20	Tempéré
Béni Haroun	2003-2017	646.06	15.54	25.29	Tempéré

La région de Ain el Bey possède un régime tempéré et c'est le même cas pour la région de Béni Haroun .

IV.5 Bilan hydrique

exprime l'équilibre des changements entre toutes les ressources en eau précipitations qui entrent dans un système et celles qui le quittent (évapotranspiration), par rapport à une zone et une période de temps

Le bilan hydrique permet de mesurer le stress hydrique et l'éventuel déficit hydrique, notamment pour prévoir les sécheresses ou, à l'inverse, les inondations

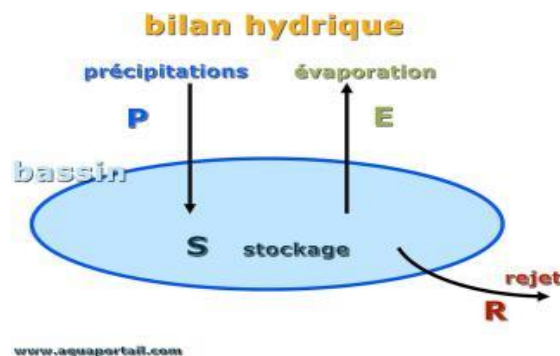


Fig.IV.12. schéma conceptuel du bilan hydrique

(source : www.aquaportail.com)

IV.5.1 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) et des paramètres calculés (évapotranspiration potentielle, et évapotranspiration réelle)

IV.5.2 Estimation de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration résulte essentiellement de deux phénomènes :

- Le premier est physique ; c'est l'évaporation intervenant dans l'atmosphère sur la surface des cours d'eau
- Le deuxième est biologique ; c'est la transpiration qui est due à la couverture végétale

IV.5.3 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Cette grandeur correspond donc un concept théorique et représente les possibilités maximales d'évaporation dans des conditions climatiques données

IV.6 Calcul de l'ETP suivant la formule de Thornthwaite

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

Après plusieurs expériences réalisées sur divers climats :(semi-aride)

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

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 ($a = 0,016 I + 0,5$)

$$\text{Dans notre cas } a = 0,016 * 69,14 + 0,5 = 1,62$$

La valeur de l'évapotranspiration est une valeur non corrigée, en la multipliant par le facteur K on obtiendra la valeur corrigée

$$ETP_c = ETP \cdot K$$

ETP_c : Evapotranspiration potentielle corrigée.

ETP : Evapotranspiration potentielle non corrigée.

K : Facteur de correction qui est fonction de la durée de la journée

a) Station Ain el Bey

Tab. .IV.8 Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE station Ain el Bey (1971-2007)

Mois	S	O	N	d	J	F	m	a	m	j	J	O	année
P	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	11.18	532.44
T	21.12	16.55	11.03	7.69	6.52	7.49	9.71	12.2	16.97	22.02	25.19	25.28	15.54
i	8,86	6,12	3.31	1.92	1.49	1.84	2.73	3.86	6.36	9.44	11.57	11.63	69.1
ETP	96.59	65.23	33.94	18.99	14.56	18.20	27.64	39.92	67.91	103.30	128.27	129.01	743.56
K	1.03	0.97	0.36	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETPc	99.48	63.27	12.21	15.95	12.66	15.47	28.46	43.91	82.17	126.02	159.05	149.65	808.3

b) Station Béni Haroun

TAB.IV.9 Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE station Béni Haroun (2003-2017)

Mois	S	O	n	d	j	F	m	a	m	J	J	O	année
P	37.78	44.7	84.58	102.42	84.95	96.15	88.87	52.23	34.54	13.1	1.32	5.4	646.6
T	20.87	17.31	12.49	8.37	7.95	8.07	10.47	14.21	16.21	21.17	24.70	24.55	15.54
I	8.70	6.55	3.99	2.18	2.022.06	3.06	4.86	5.93	8.88	11.22	11.22	11.12	79.83
ETP	93.57	68.99	40.53	21.11	19.41	19.89	30.40	50.01	61.99	95.78	123.15	121.93	746.76
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETPc	96.38	66.92	34.85	17.73	16.88	16.90	31.31	55.01	75.00	116.85	152.70	141.44	822

IV.7 La méthode du bilan d'eau de Thornthwaite

Dans cette étude On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU)

La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0mm et le RFU max est de l'ordre de 100mm

-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.

a) Station de Ain el Bey

Tab..IV.10 Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite (1971-2007)

Mois	Sep	Oct	Nov	dec	jan	fev	mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aout	année
P	37.64	37.51	53.35	77.13	72.38	57.89	58.2	55.88	45.91	18.87	6.5	11.18	532.44
ETP	99.48	63.27	12.21	15.95	12.66	15.47	28.46	43.91	82.17	126.02	159.05	149.65	808.3
ETR	37.64	37.51	12.21	15.95	12.66	15.47	28.46	43.91	82.17	82.61	6.5	11.18	386.27
RFU	0	0	41.14	100	100	100	100	100	63.74	0	0	0	
Excédent	0	0	0	2.32	59.72	42.42	29.74	11.97	0	0	0	0	
DA	61.84	25.76	0	0	0	0	0	0	0	43.41	152.55	138.47	

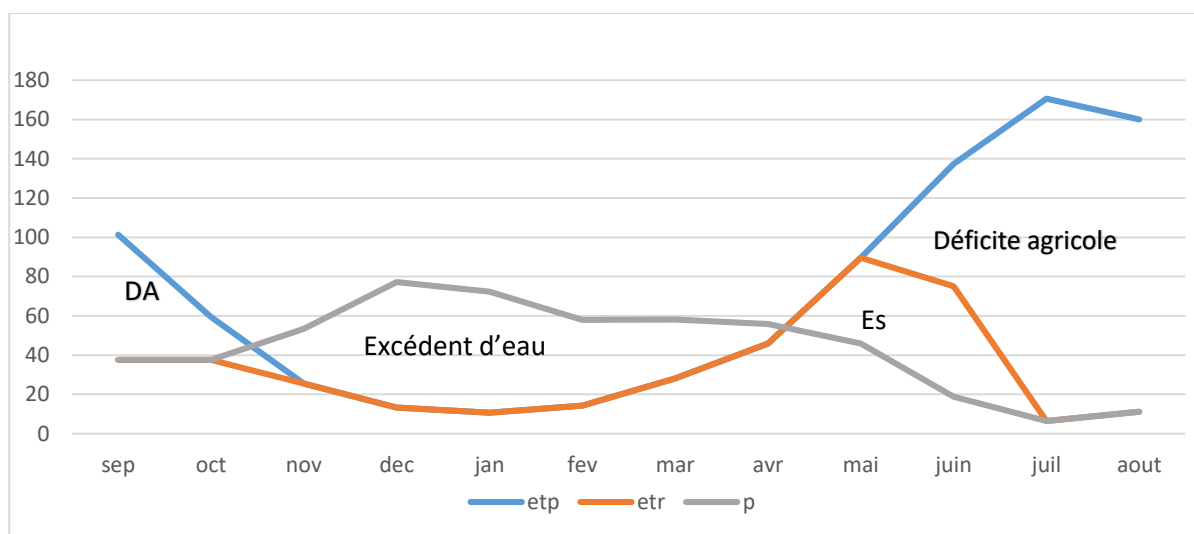


Fig.IV.13: Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite- Station Ain El Bey(1971-2007)

Le graphique de la figure ci-dessus Permet de faire les observations suivantes :

Les hauteurs des précipitations atteignent leur maximum en décembre, là où l'ETP atteint son minimum par contre L'ETP atteint son maximum au mois de juillet, là où les précipitations atteignent leur minimum.

Les précipitations sont hasardeuses et irrégulières d'un mois à un autre, le déficit agricole s'étend sur la période sèche de l'année de mois de mai jusqu'au mois de septembre,

les écoulements deviennent importants à partir de mois de septembre et s'étalent jusqu'au mois de mai.

b) Station Béni Haroun

Tab.IV.11 Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite (2003-2017)

Mois	Sep	Oct	nov	déc	jan	fev	mar	Avr	Mai	jui	juil	Aout	Année
P	37.78	44.7	84.58	102.42	84.95	96.15	88.87	52.23	34.54	13.1	1.32	5.4	646.6
ETP	96.38	66.92	34.85	17.73	16.88	16.90	31.31	55.01	75.00	116.85	152.70	141.44	822
ETR	37.78	44.7	34.85	17.73	16.88	16.90	31.31	55.01	75.00	69.86	1.32	5.4	406.74
RFU	0	0	49.73	100	100	100	100	97.22	56.76	0.00	0.00	0.00	
Excèdent	0.00	0.00	0.00	34.44	68.07	79.25	57.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DA	58.60	22.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.99	151.38	136.04	

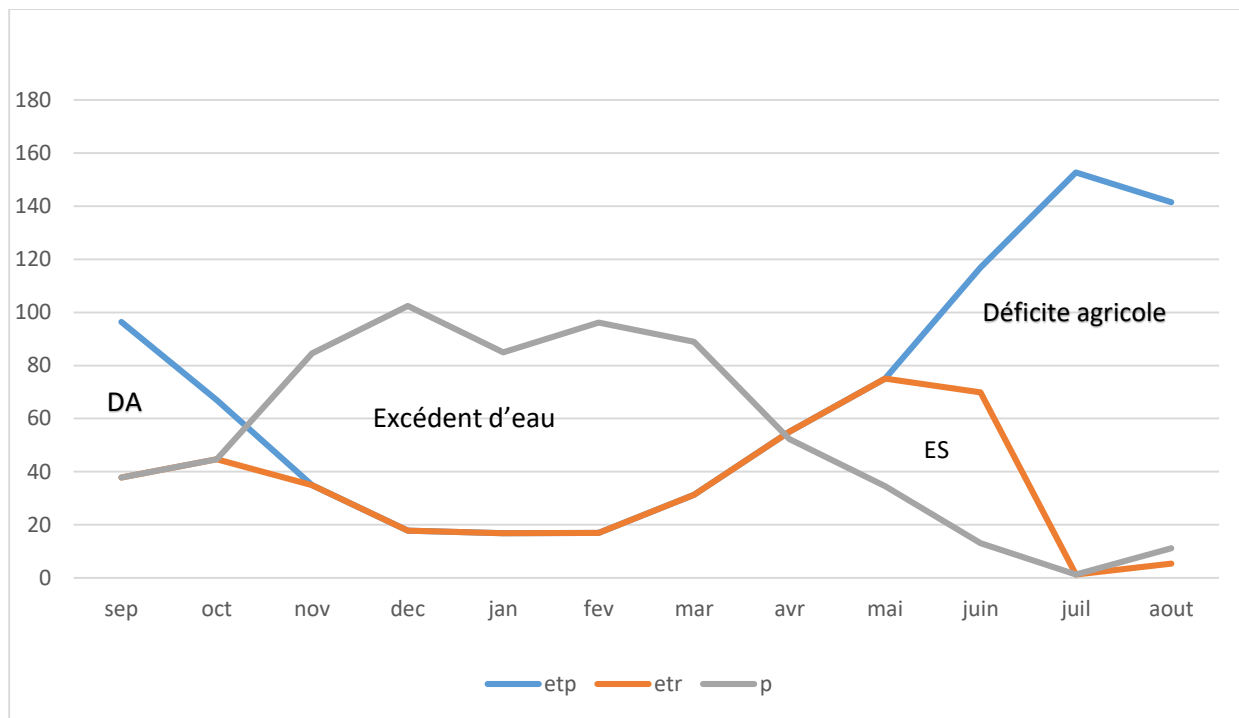


Fig.IV.14: Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite- Station Béni Haroun

Le graphique de la figure ci-dessus nous a permis de conclure que :

Les hauteurs des précipitations atteignent leur maximum en décembre, là où l'ETP atteint son minimum.

L'ETP atteint son maximum en mois de juillet, là où les précipitations atteignent leur minimum.

L'allure de la courbe qui représente l'ETP donne une meilleure symétrie que celle des précipitations, ceci est expliquée par l'homogénéité de L'ETP durant l'année, qui est due au fait qu'elle évolue en fonction de la température suivant une loi normale par contre les précipitations sont hasardeuses et irrégulières d'un mois à un autre, ou d'une année à l'autre.

-le déficit agricole s'étale de du mois de mai jusq'a le mois de novembre.

-les écoulements deviennent importants à partir de mois de septembre et s'étalent jusqu'au mois de Mai.

IV.8 Calcul de l'ETR selon Turc

présente la formule suivante : $ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2 L^2}}$

L = coefficient de température ;

P = Précipitation moyenne annuelle ;

a) Station Ain el Bey

ETR = 471.22 mm

b) Station Béni Haroun

ETR = 538.38 mm

IV.9 Ruissellements

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

Les deux formules de Tixeront-Berkaloff que nous donnons ci-après permet d'évaluer le Ruissellement :

- Formule de Tixeront Berkaloff : $R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$

- Formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Romantchouk : $R = \frac{p^3}{3}$ si $P > 600$ mm

Dans notre cas $P < 600$

a) station Ain el Bey

R = 93,5mm

b) Station Béni Haroun

R = 149.8mm

Application numérique de la formule donne un ruissellement différent dans les deux stations ou dans la station du Béni Haroun égale 89.88mm et par contre dans la station de Ain el Bey est égale 68.65mm

IV.10 Infiltration (I)

l'eau s'écoule dans la surface de sol ensuite ,entre dans le sol et dépend de: sa structure et sa teneur en eau.

On peut calculé le phénomène d'infiltration par la formule suivante

$$P = ETR + R + I$$

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

L'application numérique de la formule donne :

a) Station Ain el Bey

$$I = 93,5\text{mm}$$

b) Station Béni Haroun

$$I = 149.8\text{mm}$$

Les capacités du sol à infiltrer une pluie sont très hétérogènes, le sol dans la région de Béni Haroun infiltre l'eau plus rapidement que le sol de Ain el Bey

Le sol dans la région de Béni Haroun est plus apte à recharger en eau que le sol de la région de Ain el Bey

IV.11 CONCLUSION

D'après tous les résultats qu'on a obtenus grâce aux traitements des données climatiques on peut sortir avec les résultats suivants :

$P=589.53$ mm

Une variation de la précipitation entre les stations durant l'année (du mois sec et d autre pluvieuse)

Une variation de température durant les années (années chaudes et d autre froide)

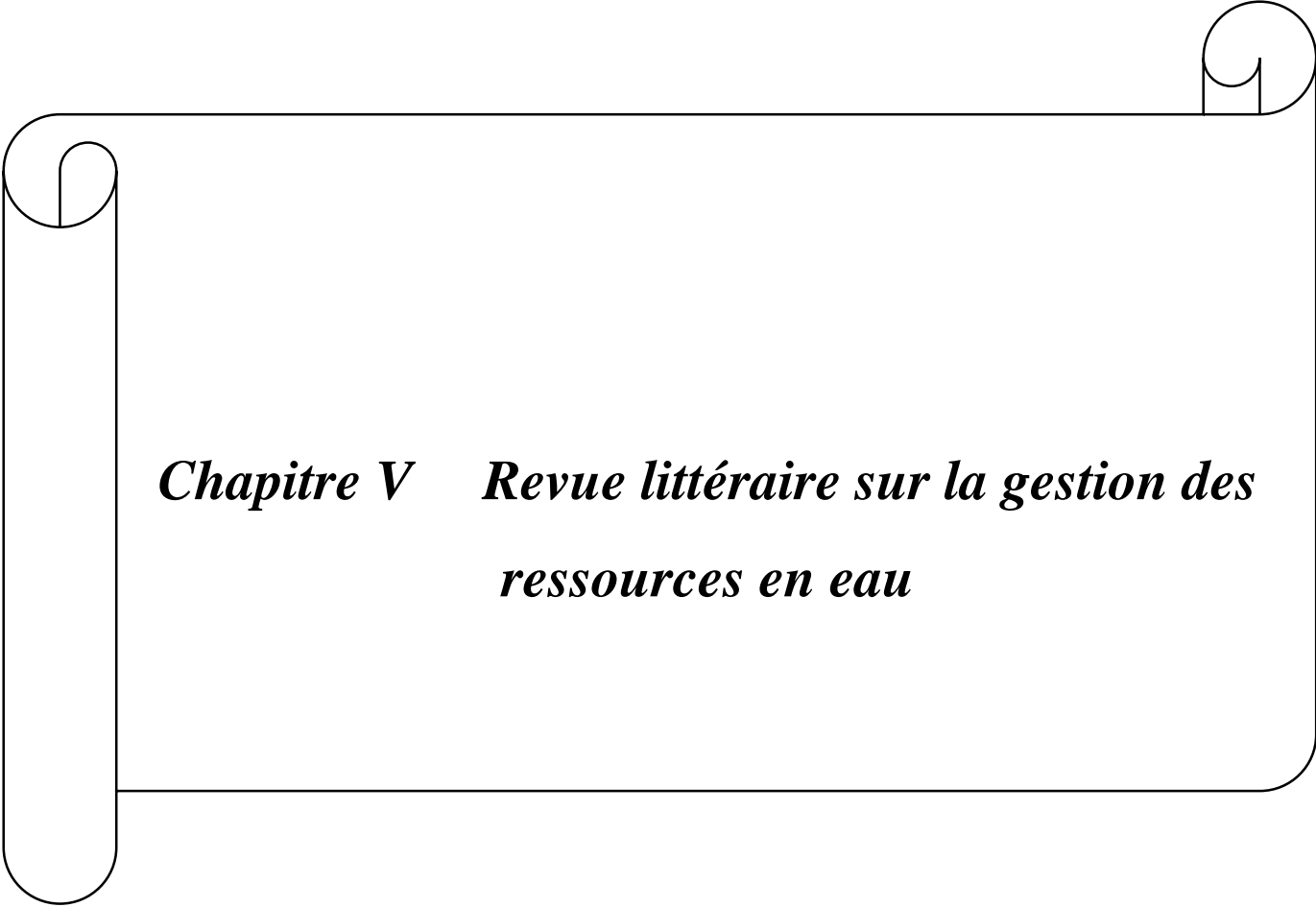
La saison humide et plus longue que la saison sèche toujours

Le climat de la région d'étude est tempéré selon l'indice d'aridité de De Martonne avec une précipitation et une température moyennes annuelles 589.53 mm et 15,54°C respectivement.

Le facteur le plus important est l'évapotranspiration avec une valeur de l'évaporation potentielle (ETP) de l'ordre de 815mm . l'évaporation réelle (ETR) est estimée à 386 mm.

Le facteur qui favorise l'alimentation des nappes, qui est l'infiltration est estimé à 122 mm

Déficit agricole enregistré sur une longue période allant des mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in curled ends.

***Chapitre V Revue littéraire sur la gestion des
ressources en eau***

V.1. Introduction

Parmi les principaux piliers de la GIRE c'est que l'unité de base de la gestion de l'eau devrait être un « bassin versant » ou un « bassin de cours d'eau de surface ». Un bassin versant est une entité physique naturelle qui dispose d'un système intégré d'eau de surface avec un exutoire unique.

La gestion de l'eau par bassin versant est donc basée sur la réalité écologique physique. En raison de cette philosophie de base, de nombreux pays gèrent désormais leur eau par bassin versant, et de nombreux organismes de bassin (OB) et d'autres Autorités de gestion de l'eau de bassins versants ont été créés.

Le compte tenu de leur importance primordiale dans la gestion régionale des eaux transfrontalières en Afrique, les organismes de bassin ont une occasion unique d'intégrer pleinement la gestion des eaux souterraines et des eaux de surface, et de gérer ainsi les ressources en eau des bassins versants de manière optimale et durable (GWMate, 2004).

Le but premier de ce chapitre est de promouvoir cet objectif en donnant une compréhension globale de la gestion des eaux et plus particulièrement la GIRE et en fournissant des outils pour les gestionnaires de l'eau par bassin versant, afin qu'ils puissent être en mesure de gérer de manière conjointe les eaux souterraines avec les ressources en eau de surface.

V.2. Le problème de l'eau

V.2.1. 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.

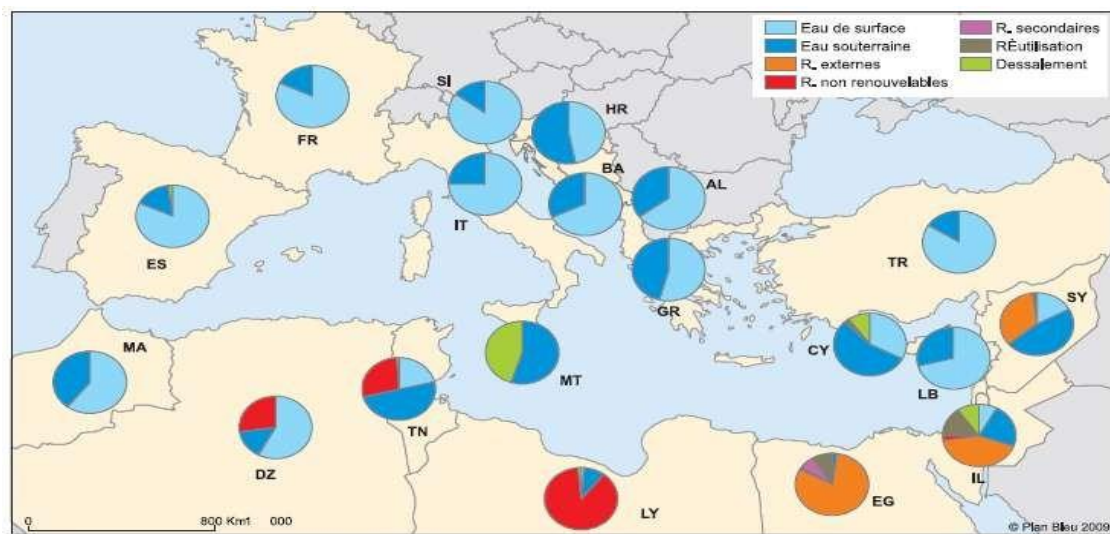
Un tiers des pays situés dans les régions arides devraient connaître de graves pénuries d'eau au cours du siècle actuel.

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.2.2. Dans le bassin méditerranéen

La région méditerranéenne contient 60% de la population mondiale que l'on appelle «les pauvres en eau», ce qui signifie que chacun reçoit moins de 1000 mètres cubes par an de ressources en eau renouvelables (figure 1).

La demande en eau augmente clairement en raison des pressions démographiques et du développement des principales activités consommatrices d'eau, tandis que les ressources en eau restent inchangées en l'absence de nouvelles sources d'exploitation, et une nette diminution des stocks apparaissent dans certains pays.



Source : Plan Bleu, J. Margat

Fig.V.1. Sources d'approvisionnement en eau actuelles des pays méditerranéens. (Plan Bleu 2009)

En général, la région possède environ 1452 km de réserves de ressources en eau renouvelables, mais la répartition est complètement hétérogène entre le nord (74%), l'est (21%) et le sud (5%) (EUISS 2002).

la demande totale d'eau par habitant au sud et à l'est est respectivement de 600 et 680 mètres cubes par habitant et par an, ce qui est plus faible qu'au nord, tandis que la demande en eau potable dans le sud et l'est se situe environ de 65 mètres cubes par personne par an (175 litres par jour), et dans le nord environ de 120 mètres cubes par personne et par an (330 litres par jour) (EUISS2002).

Les données révèlent des disparités dans la région en matière d'eau (Figure2):

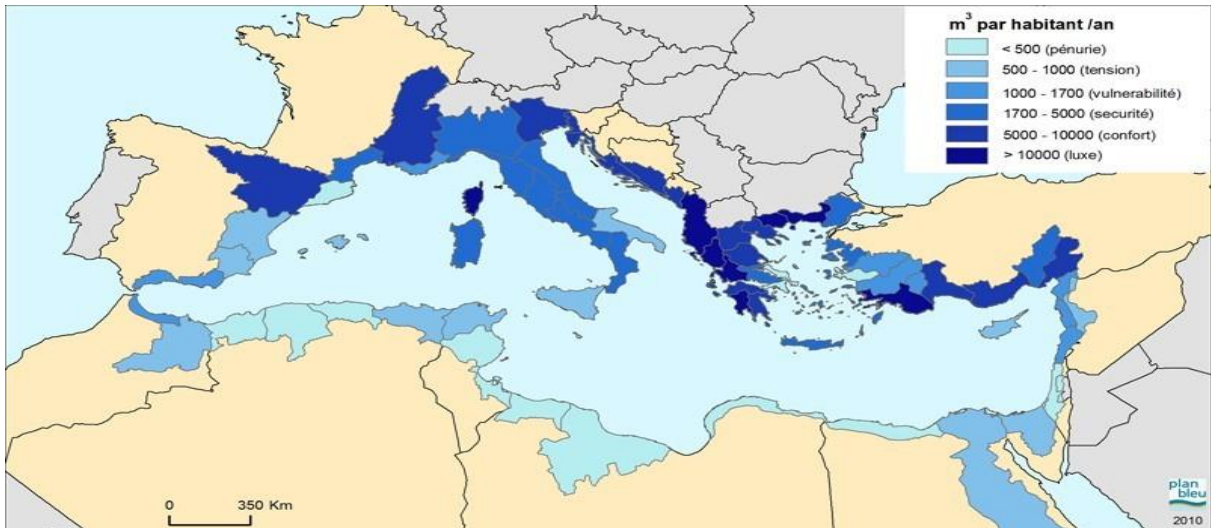


Fig.V.2. Ressources en eau naturelles renouvelables par habitant dans les principaux bassins méditerranéens (Plan Bleu 2010)

V.2.3. En Algérie

L'Algérie compte 17 bassins-versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants (Erhard & Margat, 1979).

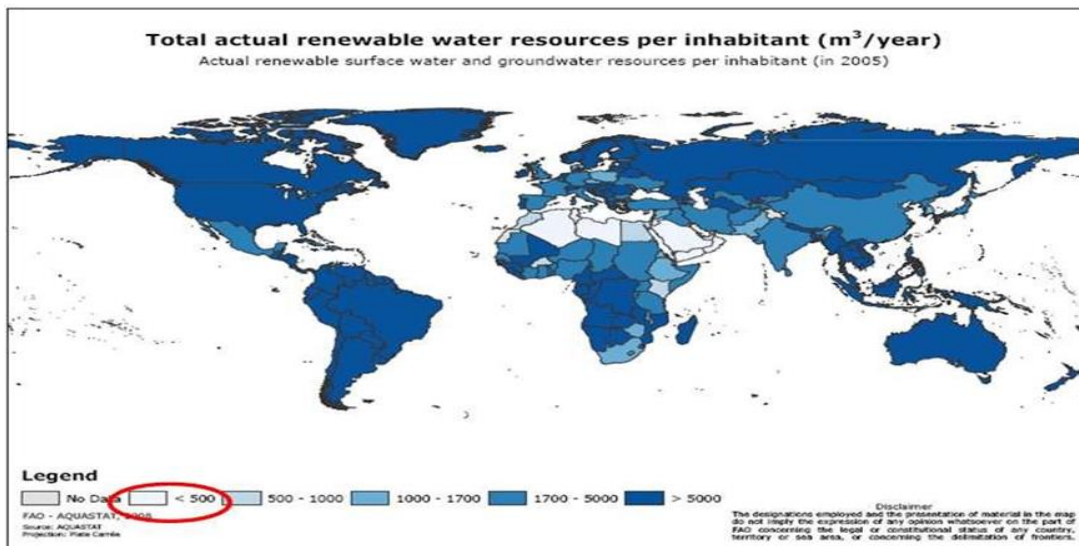


Fig.V.3. Ressources en eau actuelle renouvelable par habitant en 2005 (FAO, 2008)

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).

La gestion de l'eau en Algérie pose un problème épineux aux autorités. Les ressources disponibles sont en deçà des besoins (figure 3). La vétusté des réseaux d'adduction et la capacité de stockage déficiente entravent la bonne distribution de l'eau aux consommateurs.

Les principaux problèmes de l'eau en Algérie :

- Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles ;
- Un déséquilibre géographique entre les besoins et les ressources ;
- La pollution des nappes et des ressources superficielles ;
- Risque de rupture d'un développement durable.

La politique de l'eau annoncée et mise en place par les autorités algériennes porte à s'interroger sur la poursuite des efforts dans la durée et sur l'inscription de ces projets dans le long terme pour relever les défis économiques, environnementaux et sociaux auxquels le pays fait face. À long terme, le développement économique en Algérie passe par une articulation des politiques hydraulique, agricole et énergétique (Morgan et Ghosn 2013).

V.3. La gestion de l'eau

Parallèlement à ces problèmes, le terme **gestion de l'eau ou la gestion des ressources en eau** a vu le jour. Il représente le nom donné à l'activité de planification, développement, distribution et gestion d'une utilisation plus optimisée des ressources en eau. C'est une partie de la gestion du cycle de l'eau. L'industrie de l'eau fait référence à la gestion de l'eau par l'Homme.

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.

En 1996, Ce terme a évolué et est devenu connu sous le nom de **La Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)**.

V.4. 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.4.1. Définition

D'après la définition du Partenariat Mondiale de l'Eau (2005), la GIRE est un processus de la gestion qui encourage le développement coordonné et gestion d'eau, des terres et ressources apparentée pour maximiser la résultant bien-être économique et social dans une manière équitable sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux (GWP, 2005).

V.4.2. Contexte et historique de la GIRE

La situation des ressources en eau constatée dans le monde, explique qu'au cours des années 1980 à 2000 l'eau est devenue un sujet d'intérêt prioritaire au plan politique tant national qu'international. Il faut surtout noter que si dans les années 80, le débat de l'eau était focalisé sur l'eau et l'assainissement dans le cadre de la santé publique, et de son accès dans les pays en développement, à partir des années 90, il s'est étendu de façon spectaculaire à la politique de gestion et d'usage, intégrée dans une perspective de protection de l'environnement et de développement durable.

Ces constats illustrent bien la nécessité d'une politique mondiale de l'eau. En effet Il a fallu repenser en profondeur des approches qui permettront de satisfaire les besoins en eau de l'homme tout en maintenant la qualité des systèmes naturels qui supportent l'existence même de la collectivité humaine. Ainsi un certain nombre de questions cruciales sont soulevées dans les instances internationales :

- Nécessité d'une gestion intégrée au lieu d'une gestion par secteurs d'activités ;
- Nécessité d'une gestion durable des ressources en eau : concilier à la fois les besoins de l'homme et ceux de la nature ;
- Abandon progressif des modèles de gestion centralisée pour aller vers une participation accrue des collectivités.

Ce contexte, sur la scène internationale se tiennent des manifestations traduisant la prise de conscience de la communauté internationale sur une nouvelle approche envers l'environnement et les ressources en eau (Le soutien de la Commission européenne, 2010).

V.4.2.1. Conférence des Nations Unies sur l'environnement en 1972 (Stockholm)

En 1972 une conférence internationale s'est tenue du 5 au 16 juin à Stockholm en Suède sur l'environnement sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies. C'est suite à cette conférence

qu'est apparue la nécessité de la création du Programme des Nations Unies sur l'Environnement (PNUE1972).

V.4.2.2. Conférence des Nations Unies sur l'Eau en 1977 (Mar delPlata)

La Conférence de Mar delPlata en Argentine en 1977 lance les enjeux de l'eau et propose l'organisation d'une Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA 1980 – 1990). Par ailleurs elle recommande l'évaluation systématique des ressources en eau.

V.4.2.3. Conférence de Dublin en 1992 (26 au 31 janvier)

Une conférence sur l'eau et l'environnement. Les participants à cette conférence demandent que l'on aborde l'évaluation, la mise en valeur et la gestion des ressources en eau dans une perspective radicalement nouvelle.

V.4.2.4. Sommet "Planète Terre" de Rio de Janeiro en 1992

Du 3 au 14 juin à Rio de Janeiro (Brésil) a eu lieu la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, appelée Sommet "Planète Terre". 173 Chefs d'Etat et de gouvernement décident d'intervenir pour assurer un développement durable de la planète.

Elle adopte quatre (04) principes directeurs et un programme d'action, définissant formellement les principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), et propose la création d'un Conseil Mondial de l'Eau (Le soutien de la Commission européenne, 2010).

Ces principes de Dublin sont reconnus à l'échelle internationale et constituent le fondement des débats touchant la gestion des ressources en eau.

V.4.3. Les principes 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.4.4. Avantages de la GIRE

V.4.4.1. 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.4.4.2. 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.5. Conclusion

Le monde, et l'Algérie en particulier, souffre de problèmes liés à l'eau, dont les plus importants sont la déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles et la pollution des ressources en eau.

À la suite de ces problèmes, le terme de gestion des ressources en eau est apparu afin de protéger les ressources en eau et de réguler les usages de l'eau.

Après plusieurs conférences et rencontres internationales dans le domaine des ressources en eau, un processus administratif appelé la GIRE qui encourage le développement coordonné et gestion d'eau , des terres et ressources apparentée pour maximiser la résultant bien – être économique et social dans une manière équitable sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in circular scroll-like motifs.

***Chapitre VI Etat de la ressource en eau dans
bassin versant du barrage de Béni Haroun***

VI.1. Introduction

La gestion durable des ressources en eau dans le bassin versant du Kébir Rhumel, comme étude de cas, est un défi complexe, qui exige une nouvelle approche, si la gestion doit être fondée sur des résultats scientifiques solides, afin d'optimiser et de conserver les ressources disponibles en eau (Kerdoun, 1998).

La dotation théorique fixée est la suivante :

- Une population > 25000 habitants, la dotation est de 90 l/j/hab.
- Une population comprise entre 25.000 et 50.000 habitants, on prend une dotation de 110 l/j/hab.
- Une population comprise entre 50.000 et 100.000 habitants, la dotation est Fixée à 130 l/j/hab.
- Et une population >100.000 habitants, on prend une dotation de 150 l/j/hab (D.H.W. Constantine)

VI.2. Population du bassin versant de Beni Haroun

D'après l'ONS, dans ce bassin il y a deux millions cinquante-six mille (2.056.000) habitants selon le recensement de 2008 répartis en soixante-huit (68) communes. (Figure VI 1)

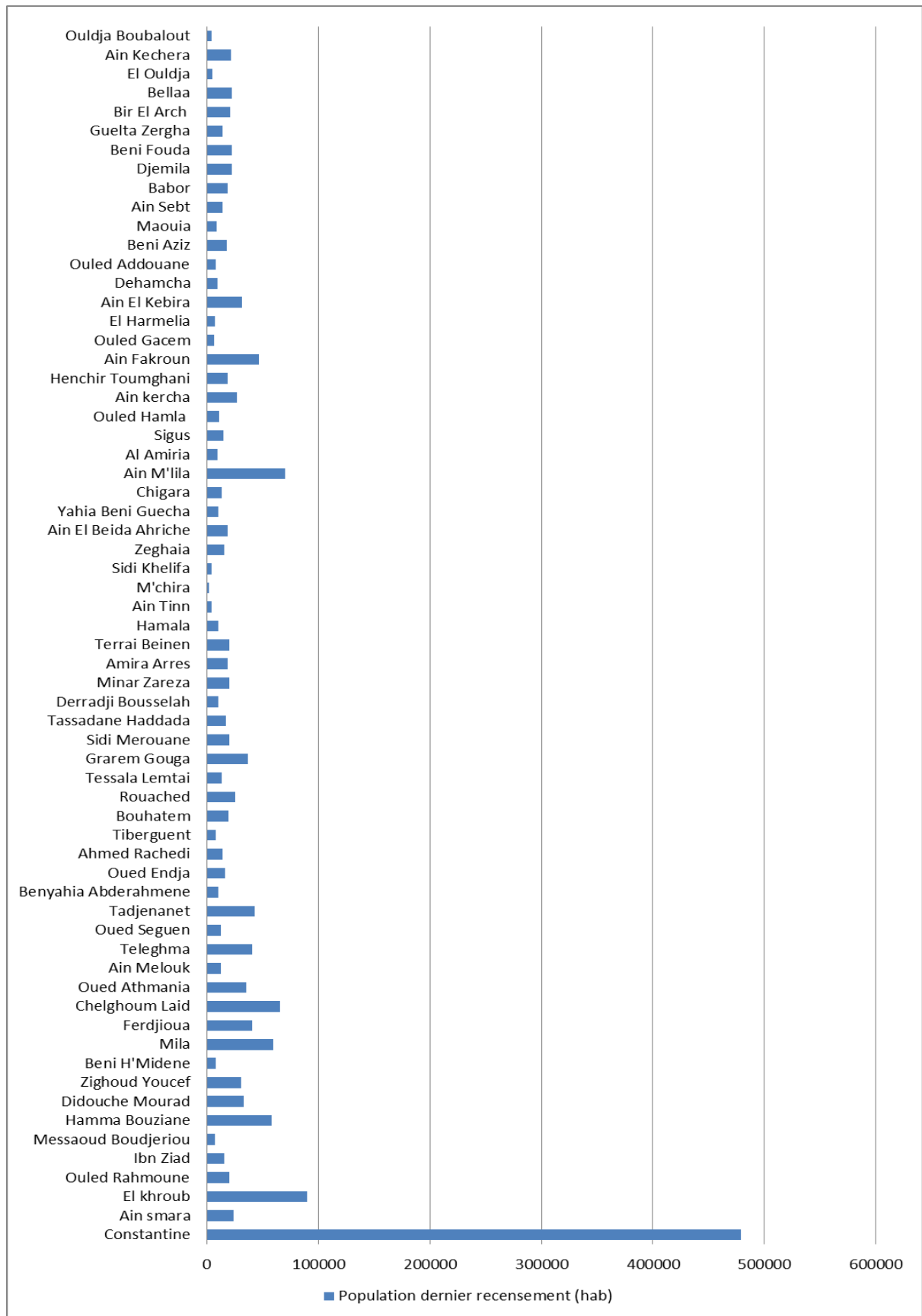


Fig.VI.1. Histogramme du Nombre d'habitants dernier recensement 2007

Dans l'Histogramme ci-dessus qui représentent le nombre d'habitants dans les communes de chaque wilaya, En constante que les communes les plus grands de nombre d'habitants sont:

- Constantine, Elkhroub, et Hamma Bouziane dans la wilaya de Constantine avec : 478970 hbts, 90222 hbts, et 58397 hbts respectivement.
- Et Chelghoum Laid, Mila et Tadjenanet dans la wilaya de Mila avec : 65902 hbts, 59797 hbts, et 43172hbts respectivement.
- Ain M'Lila et Ain Fakroun avec : 69983 hbts, et 47212 hbts respectivement dans la wilaya de Oum Bouaghi.
- Dans la wilaya de Sétif on a les communes d'Ain El Kebira avec 32019 hbts, Djemila avec 22789 hbts et Bellaa avec 22646 hbts.

- Ain Kechera avec 22053 hbts dans la wilaya de Skikda.

Par contre, les communes les plus faibles de nombre d'habitants dans chaque Wilaya sont :

- Constantine : Messaoud Boudjeriou (7172hbts)
- Mila : Ain Tinn (5418 hbts) et Sidi Khelifa (4464 hbts).
- Oum Bouaghi : Ouled Gacem avec 6803 hbts et El Harmelia avec 7139 hbts.
- Sétif : El Ouldja avec 5266 hbts.

VI.3. Les besoins en eau dans le bassin du Beni Haroun

Les besoins en eau diffèrent d'une région à l'autre en fonction de plusieurs facteurs, dont le plus important est la densité de la population dans la région en plus du nombre d'activités agricoles et industrielles (Figure VI2).

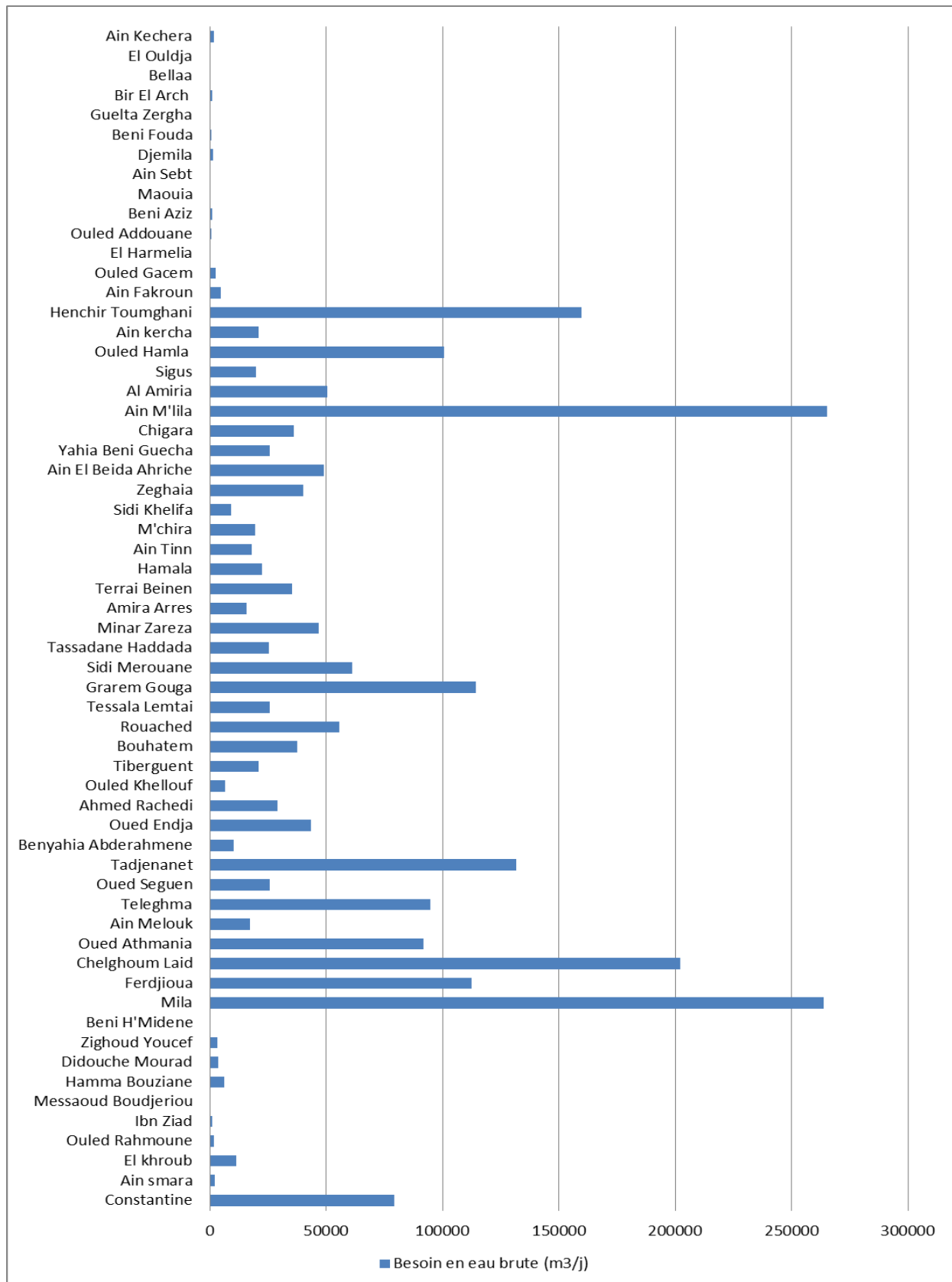


Fig.VI.2. Histogramme du besoin en eau brute (m^3/j) dans les communes du B.V de Beni Haroun

À travers l'Histogramme, on constate que les communes de la wilaya de Mila en général sont celles qui ont le plus besoin d'eau en raison de la forte densité de population dans leurs communes en plus les activités industrielles et agricoles dans les communes du sud en particulier (Mila avec 263746 m³/j, Ferdjioua avec 112373 m³/j, Chelghoum Laid 202296 m³/j et Tadjenanet avec 131586 m³/j.

Les autres communes qui ont des grands besoin en eau sont :

- Ain M'lila avec 265053 m³/j ;
- Constantine avec 79209 m³/j ;
- Henchir Toumghani avec 159756 m³/j ;
- Ouled Hamla avec 100479 m³/j.

Par contre que les communes de la wilaya de Sétif sont celles qui ont le moins besoin d'eau (El Ouldja avec 199 m³/j, Maouia avec 258 m³/j et Dehamecha avec 359 m³/j Cela correspond au manque d'activités agricoles et industrielles dans ces communes, en plus de la faible densité de population.

VI.4. Consommations actuelles (hm³/an)

Les taux de consommation quotidienne d'eau varient d'une région à l'autre (figure.VI.3), selon les facteurs suivants :

- Taille de la ville et le nombre d'habitants ;
- la qualité d'eau ;
- le prix de l'eau ;
- Pression d'eau dans le réseau ;
- La nature de climat ;
- La nature de la distribution de l'eau (continue ou intermittente).

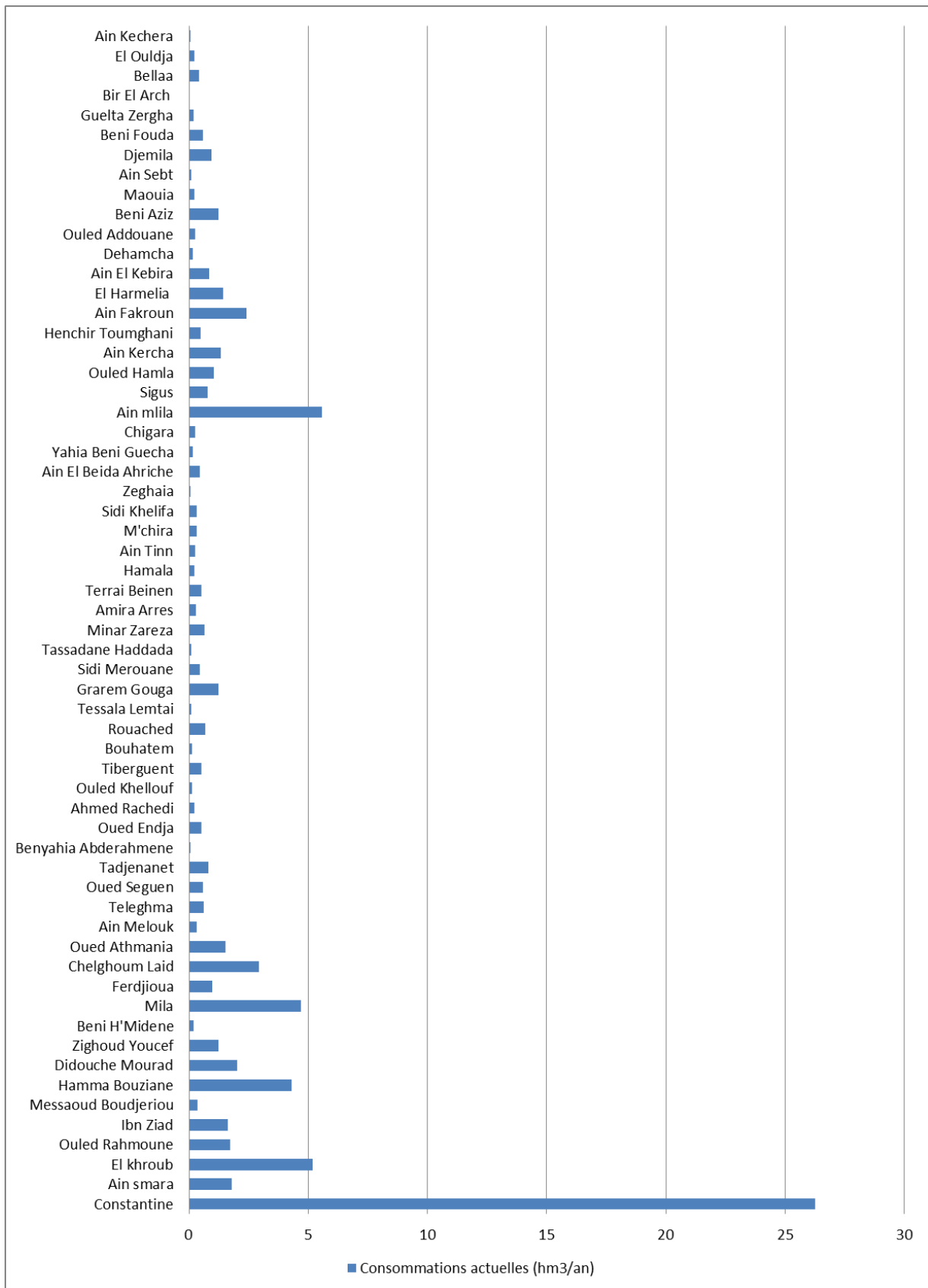


Fig.VI.3. Histogramme de Consommations actuelles (hm3/an) dans les communes du bassin de Beni Haroun

La figure montre clairement que les communes de la wilaya de Constantine sont les plus consommatrices d'eau, et ceci en raison de leur forte densité de population. On note que la commune de Constantine arrive en tête de liste des communes les plus consommatrices, avec une consommation annuelle estimée à 26,265 (hm³/an).

Elles sont suivies par des communes de Wilaya de Mila (Mila avec 4,697 hm³/an, Chelghoum Laid avec 2,938 hm³/an), puis à un moindre degré les communes d'Oum Bouaghi.

Au contraire, on constate que les communes de la wilaya de Sétif sont les moins consommatrices d'eau.

VI.5. L'Industrie

L'Industrie dans le bassin de Beni Haroun est concentrée autour des grandes agglomérations (Constantine, Chelghoum Laid Khroub, Hamma Bouziane, Mila et Didouche Mourad) notamment le complexe Pelles et Grues de Ain Smara, l'Entreprise de détergents ENAD-SODER à Chelghoum Laid, le complexe Moteurs-Tracteurs d'El Khroub, la cimenterie de Hamma Bouziane, l'Entreprise de céramique et faïence de Mila, boissons gazeuses, sirop de Didouche Mourad. Le résumé des données des besoins en eau pour l'industrie au niveau du bassin de Beni Haroun est illustré dans la figure suivant:

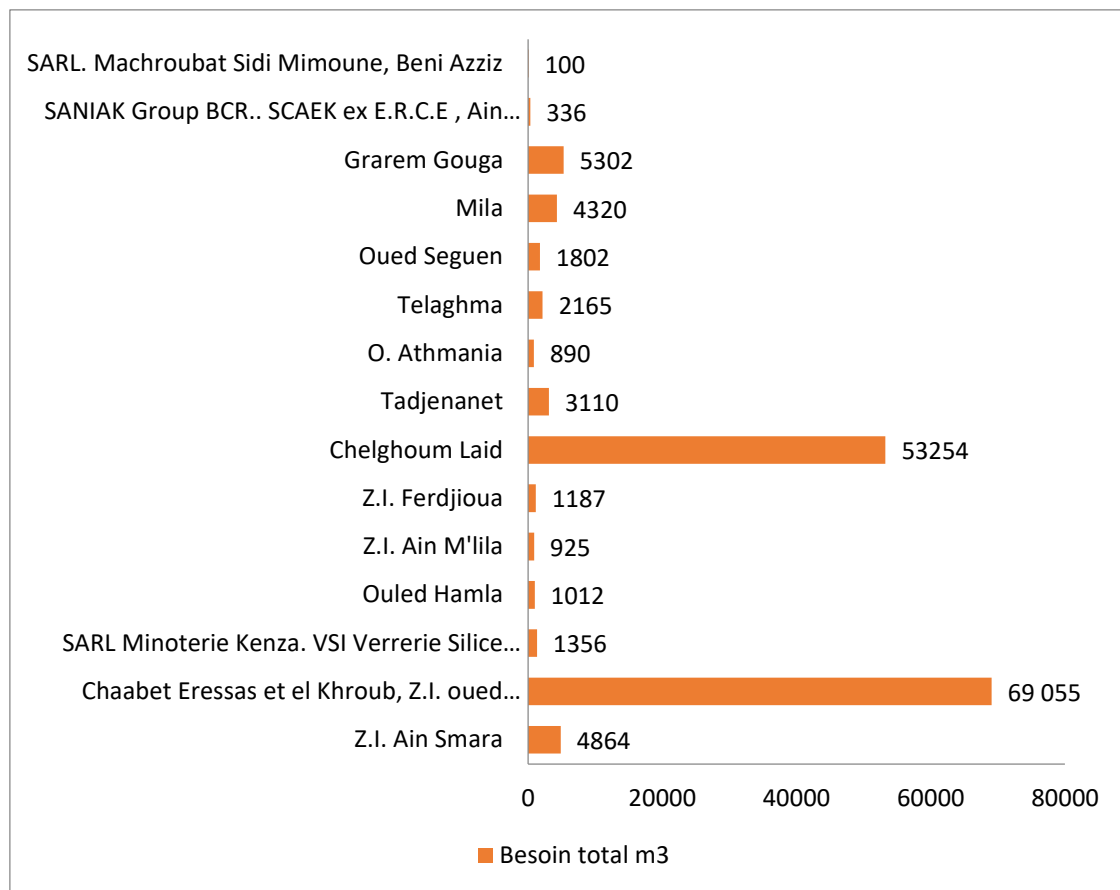


Fig. VI.4. les besoins de l'Industrie dans le bassin de Beni Haroun

(source

A.N.R.H Constantine année 2010)

La figure ci-dessus montre que la forte consommation d'unités industrielles se retrouve surtout dans les régions de Constantine (El Khroub) avec 69055 m³/an et de Chelghoum laid dans la région de Mila avec 53254 m³/an.

L'industrie dans le bassin de Beni Haroun considérée comme un secteur très important pour améliorer le mode de vie des habitants, Concentrée autour grandes agglomérations Constantine, Mila, Oum el Bouaghi, Notamment :

- le complexe pelle et grues d'Ain Smara ;
- le complexe moteur – tracteur d'EL Khroub ;
- la cimenterie de Hamma Bouziane ;
- l'entreprise de céramique et le complexe de boulonnerie, coutellerie, robinetterie d'Ain El Kebira ;
- l'entreprise des détergents ENAD-SODER à Chelghoum laid.

Le barrage de Beni-Haroun permet d'assurer des besoins industriels des 4 wilayas dans l'Est de l'Algérie alimentée {long terme. Mais n'oublie pas que leurs rejets industriels se rejettent directement sans traitement préalable dans les cours d'eau du bassin, ce qui nécessite des interventions rapides pour le control et le traitement de ses eaux. L'industrie est une grande consommatrice d'eau ; par conséquent, ces eaux utilisées seront rejetées sales, chargée en produits chimiques, en produits phytosanitaires, en métaux lourds, en hydrocarbures et inorganiques, etc.....

Si elles ne sont pas traitées dans une station d'épuration, entraînent une pollution physique et chimique du milieu naturel.

VI.6. L'irrigation

En analysant le rôle de l'irrigation dans la production agricole, on ne peut que constater qu'il s'agit plutôt d'une contribution à la sécurité alimentaire mondiale. L'irrigation a toujours été un élément important de la révolution verte, avec l'amélioration génétique et la fertilisation chimique. Quarante-cinq ans, la superficie irriguée est passée de 100 millions d'hectares à près de 300 millions d'hectares. C'est l'un des facteurs décisifs pour l'amélioration sans précédent de la situation alimentaire mondiale.

Mais si cette sécurité ne peut être garantie qu'en irriguant plus, alors que la gestion de l'eau devient une des préoccupations majeures à travers le monde, il est évident qu'il faudra irriguer mieux et économiser l'eau dans tous les systèmes d'irrigation. Car la question posée aujourd'hui est de savoir s'il y aura demain assez d'eau pour tout le monde. Pour cette raison, des procédures doivent être suivies pour assurer une bonne gestion de l'eau d'irrigation et éviter son gaspillage, telles que

- d'utiliser des tuyaux résistants aux chocs, l'écrasement ;
- La sélection des terres aptes l'irrigation tient compte des deux principales contraintes à la mise en valeur dans la région, la salinité et la profondeur des sols.

Les différentes surfaces d'irrigation dans ce bassin sont montrées dans la figure ci-dessous.

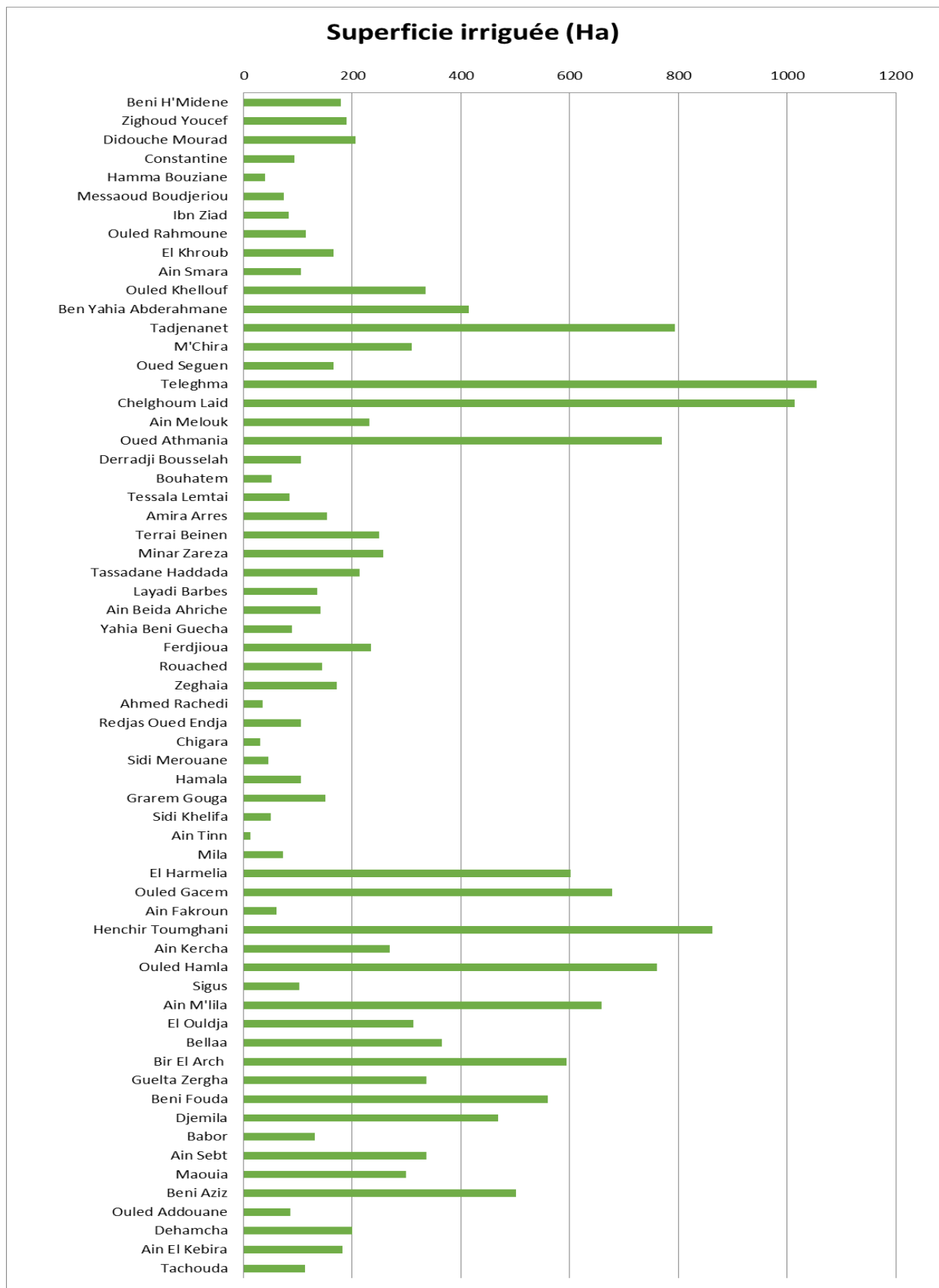


Fig.VI.5.Histogrammes de la surface irriguée de chaque commune du BV du Beni Haroun

On voit bien que les communes qui ont la plus grande superficie irriguée sont :

- Chelghoum laid et Telaghma (plus de 1000 Ha),
- Oued Athmania, Tadjenanet, Ouled Hamla et Henchir Toumghani (plus de 700 Ha)

Au contraire, les Communes avec la plus petite superficie irriguée sont :

- Ain Tin, Sidi Merouane, Bouhatem, Chigara, Ain Fakroun, Ouled Addouane, Ibn Ziad et Hamma Bouziane pour moins de 100 Ha.

Différents modes d'irrigation sont appliqués dans ce bassin et varient d'une région à l'autre. La surface globale irriguée dans ce bassin reste effectivement insuffisante, d'environ de 500ha seulement irriguées.

Les besoins d'irrigation projetés dans le bassin (plus de 40000 ha) permettront vraiment l'accroissement socio-économique de la région environnementale du barrage de Beni-Haroun et en particulier les zones rurales.

VI.5. Les ressources hydriques dans le Bassin de Beni Haroun

V5.1. Ressources superficielles

V5.1.1. Les Oueds :

Le bassin du Beni Haroun qui s'étend sur une superficie totale d'environ 5387 km², est drainé par deux cours d'eau importants : dans la partie sud, l'oued Rhumel et dans la partie ouest, l'oued Enndja. Leur confluence à l'aval de Grarem donne l'oued El Kebir, lequel rejoint plus au nord la Méditerranée.

Nous avons aussi Oued Boumerzoug qu'il est considéré comme le principal affluent de l'oued Rhumel, utilisées pour l'irrigation. Il alimente la ville de Constantine en eau potable.

V5.1.2. Les retenues collinaires

Avec une capacité de 5.450.000 m³, irrigant une superficie de 762 ha (66 exploitants) (Baghdadi, 1994) ; dont 9 seulement ont été exploitées en 2008

Le tableau de l'états des retenues collinaires du B.V Beni Haroun (A.N.R.H Constantine 2007)) (voir annexe) présente les caractéristiques des retenues collinaires dans le bassin versant de Barrage de Beni Haroun.

On constate que, dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, l'état d'envasement des retenues est assez faible et présente seulement 14% de volume globale des retenues dans cette wilaya.

Par contre à Constantine, 54% de retenues sont en mauvais états et qui sont presque totalement envasé. A titre exemple, dans la région d'El Khroub, une retenue réalisée en 1991 est envasée actuellement à 100%, la vanne de vidange détruite, une digue est effondrée. A Didouche Mourad, un évacuateur de crue et une digue de barrage détruite est complètement envasée. Les potentialités superficielles de la wilaya Constantine son de l'ordre de 130 millions de m³ par an.

V5.1.3. Les Barrages :

Le bassin du Beni Haroun compte trois barrages : Beni Haroun, Hammam Grouz et Berla (ABH, 2004).

Tab.VI.1. Les barrages du bassin de Beni Haroun (ABH, 2004)

Dénomination	Commune	Wilaya	Capacité (hm3)
Hammam Grouz	Oued Athmania	43	45
Berla	Berla Ain Smara	25	3.2
Beni-Haroun	Grarem Gouga	43	795

VI.5.2. Les ressources souterraines

VI.5.2.1. Les puits

Selon l'Agence de Bassin Hydrographique, En 2007 il y a 93 puits dans le bassin versant du Barrage de Beni Haroun.

Le tableau Etats des puits dans le bassin Beni Haroun (année2007) montre que La destination de la majorité d'eau de ces puits c'est à l'AEP (voir annexe)

VI.5.2.2. Les sources :

Le bassin du Beni Haroun contient plus de 200 sources d'eau, la plupart concentrées à Mila avec 127 sources. (Figure 5)

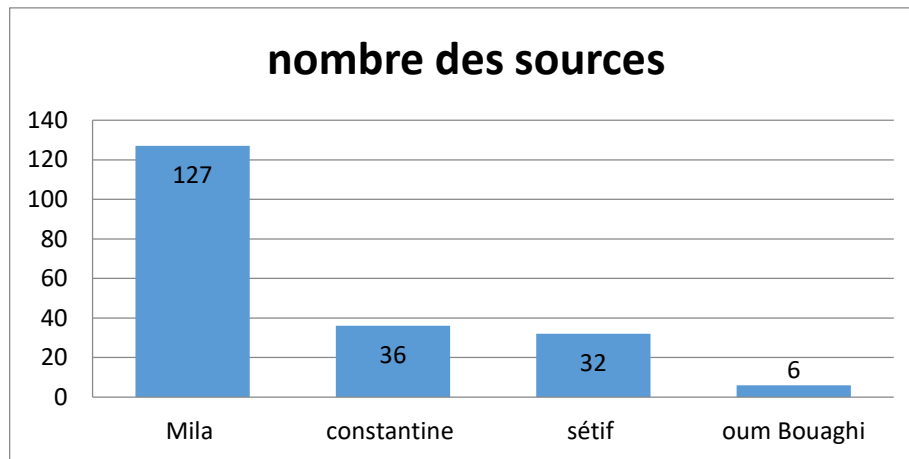


Fig. VI.5. Histogramme de la Répartition et nombre des sources dans le bassin du Beni Haroun

VI.5.2.3. Les forages :

Les puits traditionnels ne permettent pas d'assurer une alimentation durable des populations dans un contexte de changement climatique, caractérisé par un déficit pluviométrique et une diminution corrélative de la recharge des nappes superficielles. Le forage permet de capter les eaux profondes inaccessibles à partir des moyens traditionnels, apparaît comme une alternative, donc c'est une stratégie d'adaptation au contexte actuel de changement climatique.

La comparaison des débits nominaux et exploités de forages de quatre wilayas Constantine Mila, Oum El Bouaghi et Sétif (**Tab** Etats de forages dans Le bassin du Beni Haroun (année 2007) dans l'annexe montre respectivement une augmentation de débit nominal et exploité dans les 3 wilayas situées (l'amont du barrage). à partir de ce tableau , on peut résumer l'impact sur les eaux souterraines comme suit :

Vue le relief montagneux en amont, un impact positif est montré dans les zones les plus proches de la retenue en particulier la région de Mila et qui présente un accroissement des débits exploités (de 710 l/s {l'année 1998 jusqu'au 927 l/s en 2004 et 1400/s en 2007. les nappes rechargée davantage surtout dans la zone qui entoure la cuvette du barrage de Beni – Haroun.

Selon les renseignements recueillis, 165 forages sont actuellement en service dans le bassin, mobilisant un potentiel annuel de 169,52 hm³ selon la répartition suivante:

- Alimentation en eau potable :.....75,15 % (126 forages)127,36 hm³ / an
- Alimentation en eau industrielle :..... 7,12 % (18 forages)12,08 hm³/ an
- Irrigation :17,73 % (17 forages)30,08 hm³ / an

- Piézomètres :(05 Piézomètres) (Fig.VI.6.7)

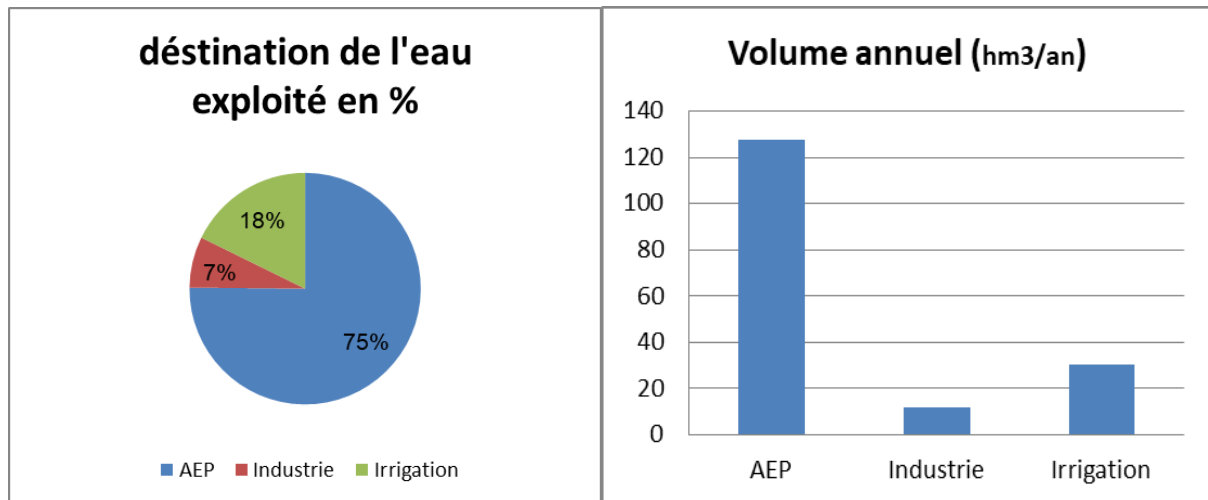


Fig.VI.6. et 7. La destination de l'eau exploitée

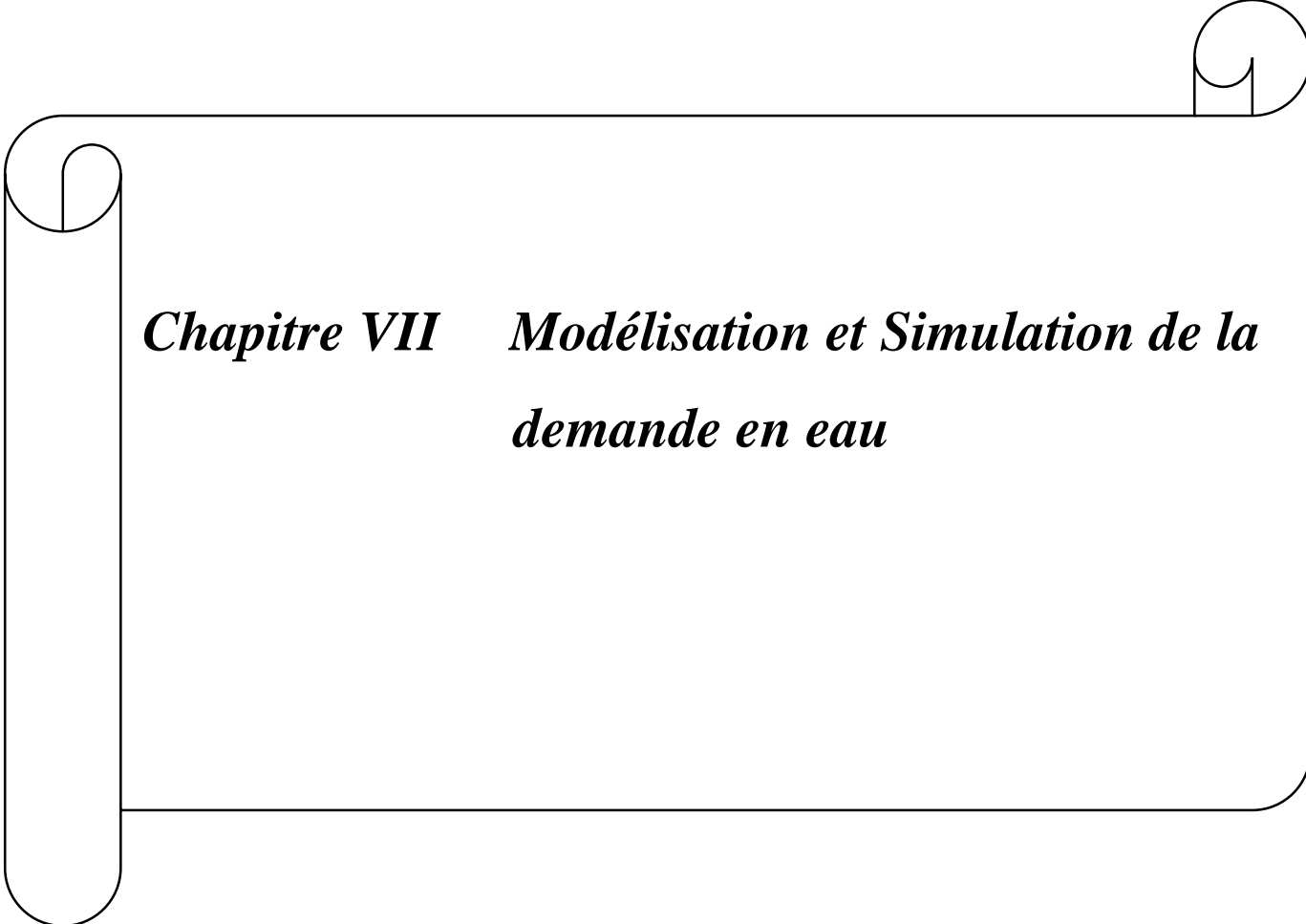
VI.6. Conclusion :

Ce chapitre montre que les grandes agglomérations sont situées dans la wilaya de Constantine, Mila et Oum-El Bouaghi, Les wilayas d'Oum –El Bouaghi, Sétif et Mila, présentent une densité moyenne d'habitation, par contre La wilaya de Constantine présente une baisse taux d'accroissement naturel.

Le bassin de Beni Haroun a une superficie de 6595 km² et une population plus de 2 Millions habitants (RGPH, 2008). Cependant, ces besoins en eau brute sont estimés à près de 2429280m³/j pour l'année 2007.

Le périmètre irrigué du bassin de Beni Haroun occupe une superficie totale d'environ 17456,5 Ha.

Le Bassin de Beni Haroun a une grande capacité souterraine et superficielle qui assure le développement à long terme de toutes ses régions

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in rounded, curled ends.

***Chapitre VII Modélisation et Simulation de la
demande en eau***

VII.1. Introduction

Plusieurs régions font face à des défis de gestion des ressources en eau.

Ce chapitre présente une étude d'un cas de modélisation de la demande en eau du bassin versant du barrage de Béni Haroun

De manière générale, la modélisation d'un système donné permet donc :

- de faire avancer la compréhension du fonctionnement du système modélisé et
- de prédire des états futurs du système en fonction de différentes sollicitations {mode prédictif ; modification des variables d'entrée) ou d'évaluer la réponse du système à différents scénarios d'usage

en utilisant un logiciel ou bien un système d'aide à la gestion de l'eau (SAD),

VII.2 Système d'Aide à la Décision et modélisation

Les décideurs et les utilisateurs de l'eau devraient avoir confiance dans les résultats du (SAD). À cette fin, il est nécessaire d'établir une relation étroite entre le modélisateur, les décideurs et les utilisateurs de l'eau lors de la construction du SAD. La participation, la supervision et la rétroaction des personnes impliquées dans le processus de gestion de l'eau sont nécessaires pour renforcer la confiance dans le SAD et ses résultats

mais le problème si que on doit choisir un système parmi des plusieurs ?

Alors on est obligé de choisir, nous on est choisi le WEAP,

Mais pourquoi ?

Premièrement On est choisie le Weap à cause de la fiabilité de ces résultats, aussi parce que il est gratuit pour les étudiants, deuxièmement il travaille avec l'approche de la gestion intégré, ensuite parce que on est dans un moment spéciale à cause de la pandémie de covid-19 on est tombé face un manque de données malgré on a fait des efforts et on était parti à la direction de l'hydraulique de Sétif et de Mila et de Constantine et à l'agence du bassin hydrographique de Constantine et à la direction du barrage de Béni Haroun mais il reste un manque des données et le Weap le logiciel qui exigé moins de données, enfin sa utilisation n'est pas très compliqué il est facile de l'utiliser .

VII.3. Water Evaluation And Planning system (WEAP)

Le logiciel WEAP a été développé par le Stockholm Environment Institute de Boston, conçu pour simuler les systèmes de ressources en eau.

WEAP est un logiciel unique de planification des ressources en eau qui permet au modélisateur de tenir compte du changement climatique grâce à un module de ruissellement interne qui simule les régimes hydrologiques en fonction des apports climatiques.

WEAP stocke les informations caractérisant un système d'eau dans une base de données. Cependant, il utilise des intrants tels que les précipitations, la température, l'humidité et la vitesse du vent.

Tout ça peuvent être dérivées de scénarios de changements climatiques globaux et sont utilisées pour calculer la quantité de précipitations qui tombe qui finit comme ruissellement, qui devient après des recharges vers les eaux souterraines ou évapotranspiration par la végétation.

Cette capacité à inclure le changement climatique dans l'élaboration de scénarios futurs a fait du WEAP un outil potentiellement puissant pour informer l'élaboration de politiques d'adaptation au changement climatique (Harris, 2007 ; Sakka, 2010).

VII.4. Les étapes d'application WEAP

Les applications WEAP impliquent généralement les étapes suivantes :

- Définition du problème, y compris les délais, les limites spatiales, les composants du système et la configuration.
- Établir les « comptes courants », qui fournissent un aperçu de la demande réelle en eau et les ressources.
- Construire des scénarios basés sur différents ensembles de tendances futures basés sur les politiques, le développement technologique et d'autres facteurs.
- L'évaluation des scénarios en ce qui concerne des critères tels que l'adéquation des ressources en eau, les coûts, les bénéfices et les impacts environnementaux.

WEAP est capable de projeter comment le changement climatique pourrait affecter les ressources en eau afin de comprendre quels types de politiques d'adaptation seraient les plus susceptibles (Yates et al,2005).

VII.5. Analyse du scénario

Les scénarios sont des ensembles alternatifs d'hypothèses telles que différentes politiques d'exploitation, coûts et facteurs influant sur la demande tels que stratégies de gestion de la demande, sources d'approvisionnement alternatives et hypothèses hydrologiques. Les variations de ces données pouvant augmenter ou diminuer à différents niveaux de planification (Yates et al., 2005).

Dans WEAP, l'effort typique de modélisation des scénarios consiste en trois étapes :

- choisir une année pour servir comme année de base pour le modèle des Comptes Actuels.
- un scénario de référence est établi à partir des comptes actuels pour simuler la même évolution du système.
- finalement, des scénarios « Quoi si ? » peuvent être créés pour changer le scénario « Reference » et évaluer les effets des changements des politiques et /ou des technologies (SEI, 2008).

VII.6 Calibrage du modèle

VII.6.1. Création d'une zone d'étude

Dans cette partie, il s'agit de créer une carte (schéma) de la zone d'étude. Cette carte va servir comme fond des dessins des éléments nécessaires pour pouvoir faire la simulation comme les emplacements urbains, les rivières, les sources d'eaux souterraines, les réservoirs, les barrages et les autres types d'emplacement selon l'étude.

VII.5.2 Références

Il est nécessaire d'avoir une période de référence pour servir de modèle. Toutes les données à utiliser doivent être comprises entre cette période de référence

VII.6.3 Création des hypothèses clés de références

Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur le calcul, on est obligée de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarii.

VII.6.4 Hypothèses clés

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du modèle qui servent de clés principales pour faire l'analyse.

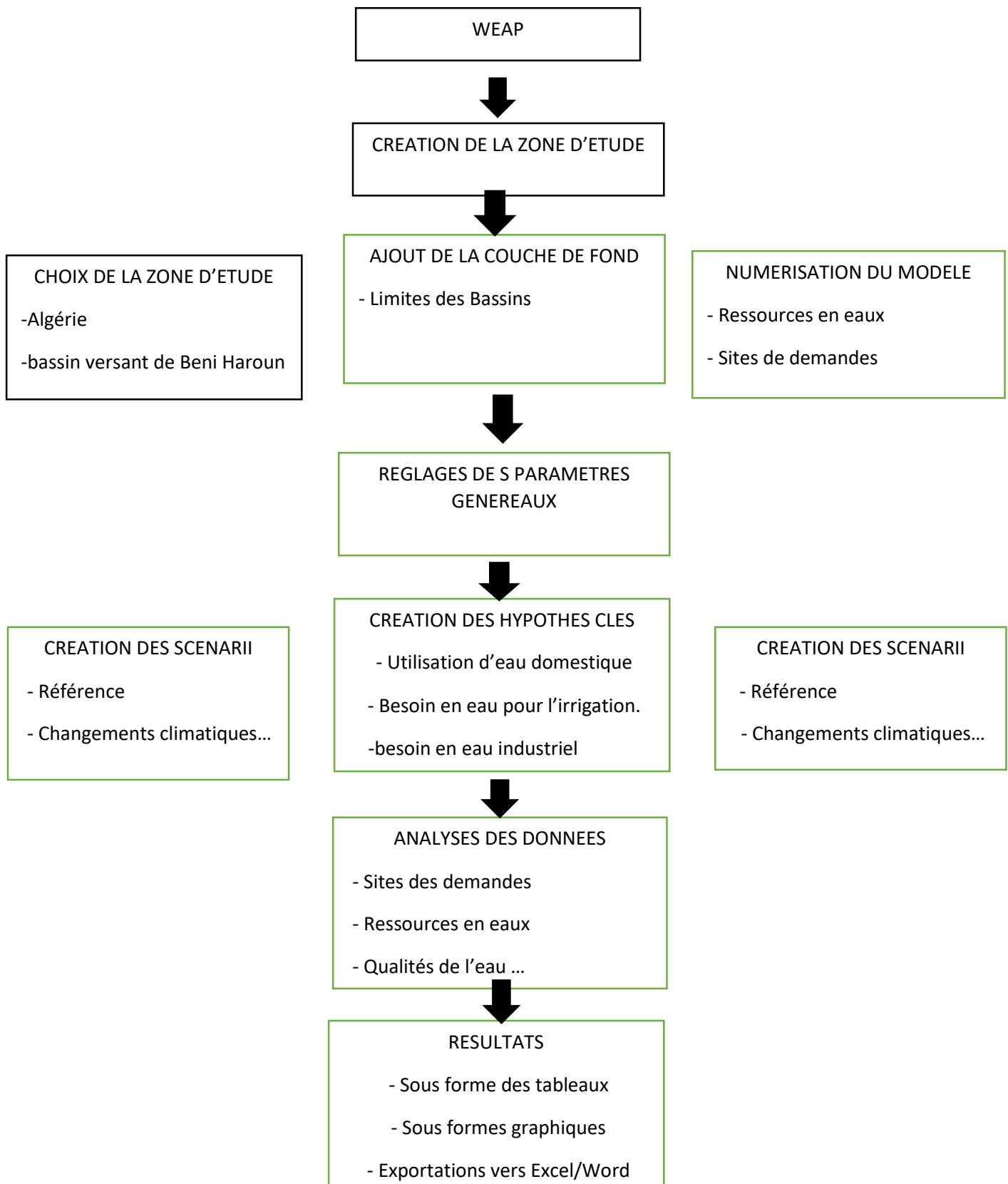


Fig.VII.1. Organigramme du fonctionnement du logiciel (Rakotondrabe, 2007)

VII.7. Schématisation du modèle conceptuel

Pour calibrer le modèle, nous commençons par un schéma du système fluvial qui peut être placé sur un raster, puis nous entrons les données par une série de boîtes de dialogue.

Ces données sont liées à l'utilisation de l'eau, la perte et la réutilisation de l'eau, la gestion de la demande, la priorité, ... etc.

Cependant, tout le contenu peut être affiché dans la même interface utilisateur de graphiques et de tableaux et de diagrammes de système fluvial.

Des scénarios décrivant différentes mesures de l'offre et de la demande orientent le système et sont liés aux différents résultats (Voinov, 2013).

Nous avons créé un schéma pour étudier le modèle conceptuel des ressources en eau régionales, qui est le bassin versant du barrage de Beni Haroun et les communes qu'il contient, en utilisant des SRTM, des rasters et des Shape files (fichiers de formes) (GADM, 2009). Ces cartes rasters et fichiers de formes serviront à créer des cartes vecteurs (WEAP) afin de visualiser les éléments nécessaires que les agglomérations, les oueds, les aquifères, les industries, les zones agricoles et visualiser les limites administratives comme nous pouvons le montrer sur la figure VI.1. (SEI, 2008).

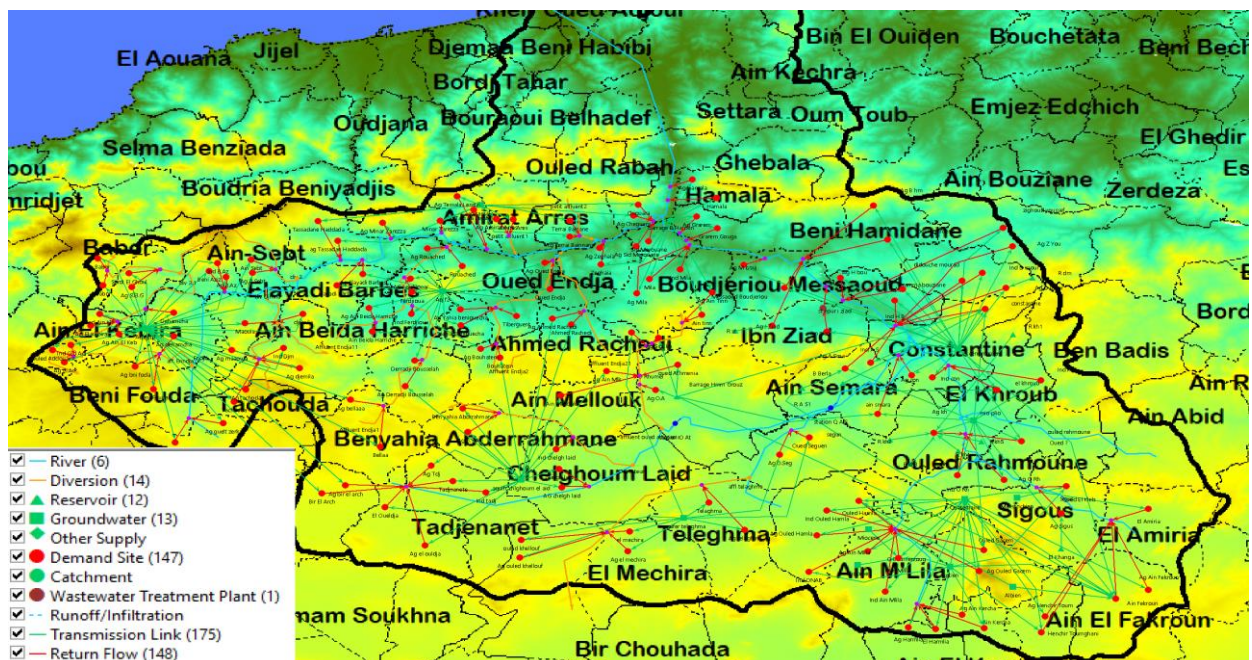


Fig.VII.2. Schéma du modèle conceptuel de distribution des ressources en eau dans le bassin du barrage de Beni Haroun

VII.8. Modèle des comptes courants

Cette étape peut être considérée comme une étape d'étalonnage dans le développement du modèle, ce qui donne un aperçu de la demande réelle de l'eau, pour le système. Ensuite, un scénario de référence sera établi, à partir des comptes courants pour simuler la même évolution du système sans interventions.

Cependant, des hypothèses clés peuvent être intégrées dans les comptes courants pour représenter les politiques, les facteurs qui affectent la demande (SEI, 2008).

Pour le modèle « comptes courants », l'année 2007 a été choisie pour servir l'année de référence. Les données requises pour l'application du modèle qui ont été obtenues à partir de l'ABH-CSM, DHW de Constantine, de Mila et de Sétif.

La figure.VII.3, présente la « demande en eau » pour les comptes courants de l'année 2007.

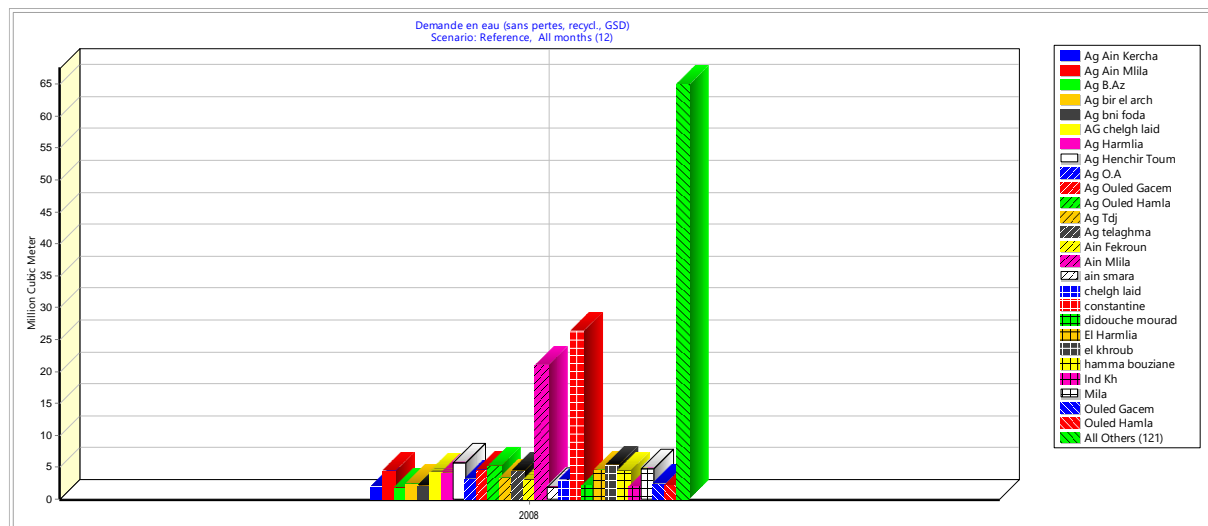


Fig.VI.3. demande en eau - comptes courants 2007

D'après la figure ci-dessus on constate que les grands consommateurs de l'eau pendant l'année 2007 sont ceux de l'AEP Constantine, AEP Ain M'Lila et l'agriculture de la région de Hanchir Toumghani. D'autre part, les sites de demande les moins consommateurs sont ceux de l'industrie de Chelghoum laid, de l'industrie Djemila et celui de l'industrie de Béni Aziz.

VI.9. Scénario de référence

VI.9.1 Hypothèses clés de référence

Dans cette étape, il s'agit de simuler l'évolution de la « demande en eau » pour le scénario des comptes courants.

Ensuite, il est nécessaire de créer les hypothèses clés, qui sont des variables que l'utilisateur WEAP peut définir et servir de clés principales pour l'analyse (Kiniouar et al, 2017.a).

Dans cette étude, nous avons supposé cinq hypothèses clés de références utilisées comme données de base du modèle de référence (compte courant) :

1. Accroissement de la consommation élémentaire en AEP avec un taux de 1% ;
2. Accroissement des surfaces agricoles avec un taux de croissance de 2% ;
3. Réduction de la consommation élémentaire en AEP de -2% ;
4. Réduction de la consommation élémentaire en eau d'irrigation de -3% ;
5. Accroissement de la consommation élémentaire en eau d'irrigation avec un taux de 2%.

VII.10. Résultat de simulation du scénario des comptes actuels

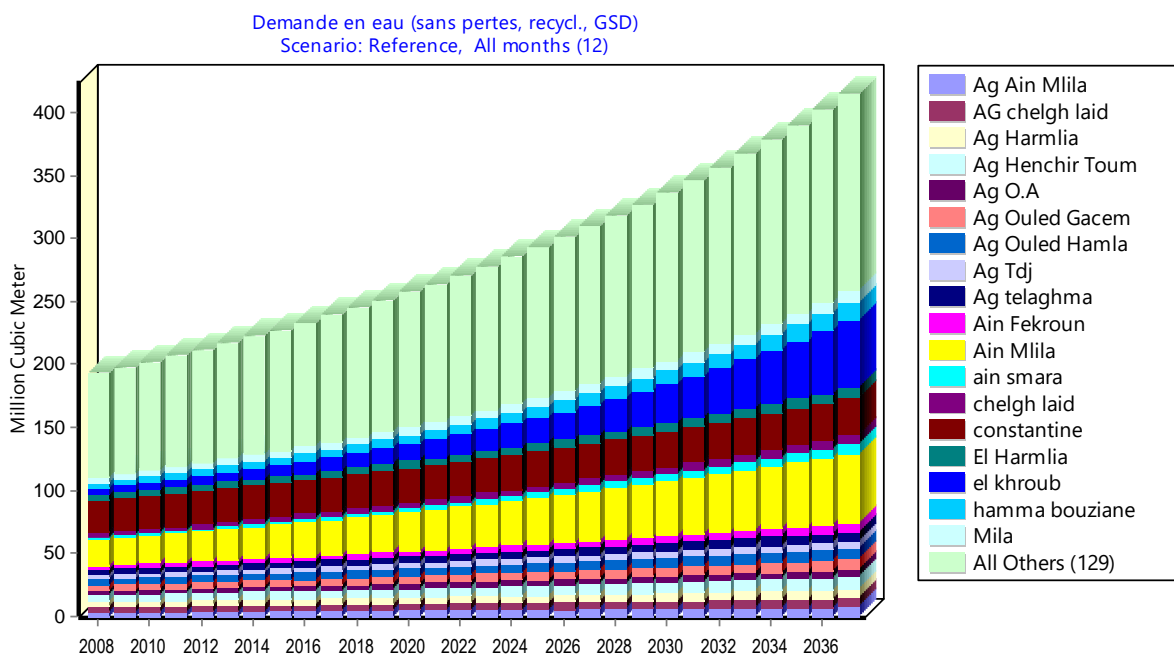


Fig.VII.4. Scénario de référence (2007-2037)

La demande en eau totale dans le bassin versant du barrage de Béni Haroun passera de 192.3 Mm en 2007 à $413.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 2037. En d'autres termes, en 30 ans, la demande en eau va augmenter avec 221.1 Mm³.

En 2007 le site le plus consommateur c'est celui de l'AEP de la commune de Constantine. Ensuite, en 2037 le site qui devient le plus consommateur c'est celui de l'AEP Ain M'Lila.

VII.10.1. Simulation des scénarios "Et qu'est-ce qui se passerait si ?"

Dans WEAP, le scénario typique consiste en trois étapes :

1. Une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle ;
2. Un scénario de référence établi à partir des comptes courants et utilisé pour simuler l'évolution probable du système sans modifications ;
3. Un ou plusieurs scénarii pour évaluer les effets des changements socio-économiques, des changements climatiques probables ... etc., pour l'année ou le projet futur (prévision).

Cependant, dans cette troisième étape, les scénarii « Et qu'est-ce qui se passerait si ? » peuvent être construits sur les comptes courants et permettent d'explorer l'impact d'hypothèses ou de politiques alternatives sur la disponibilité et l'utilisation futures de l'eau, les effets des changements politiques et / ou technologiques (SEI, 2008).

VII.10.2. Hypothèses clés des scénarios "Et qu'est-ce qui se passerait si ?"

Dans notre cas, l'année de référence (comptes courants) est 2007 et le scénario de référence de 2007 à 2050 est systématiquement calculé sur une période de 30 ans (CN-GWP, 2005). Par la suite, cinq scénarios ont été élaborés pour la période 2007-2037, sur la base des cinq hypothèses clés (Kiniouar et al, 2017.a) :

1. Hypothèse clé du scénario 1 : Augmentation de la consommation destinée à la AEP de (5%) ;
2. Hypothèse clé du scénario 2 : augmentation des surfaces agricoles (5%) ;
3. Hypothèse clé du scénario 3 : diminution de la consommation AEP (-5%)
4. Hypothèse clé du scénario 4 : réduction de la consommation élémentaire d'irrigation de (-5%) ;

5. Hypothèse clé du scénario 5 : augmentation en eau industrielle de (5%).

VII.11. Résultats de simulation des cinq scénarii

VII.11.1. Scénario 1 : Augmentation de la consommation élémentaire destinée à l'AEP

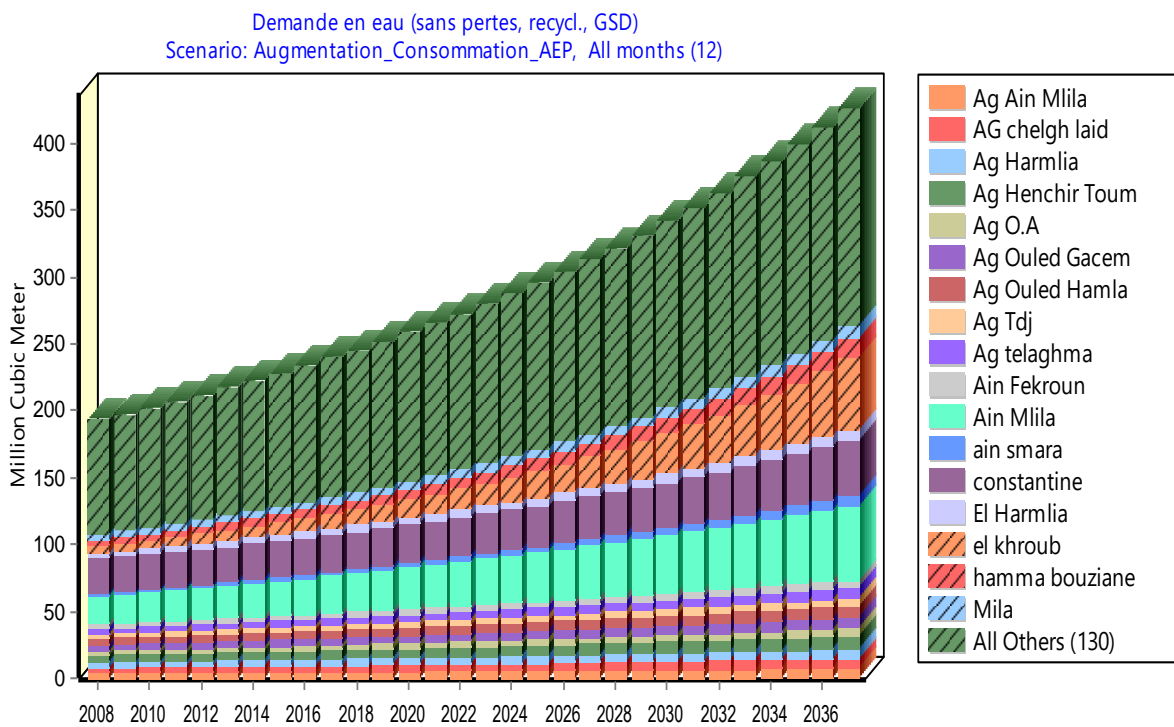


Fig.VI.5. Scénario 1- Accroissement de la consommation en AEP

En utilisant les taux de croissance de consommation élémentaire en AEP avec un taux de 5 %, durant la période de simulation, la demande en eau totale dans le bassin du barrage de Beni Haroun passera à 286,5 Mm³ en 2024, et vas atteindre 425.8 Mm³ en 2037. On revanche, en 30 ans la demande en eau va augmenter avec 233,5 Mm³.

VII.11.2. Scénario 2 : accroissement des surfaces irriguées

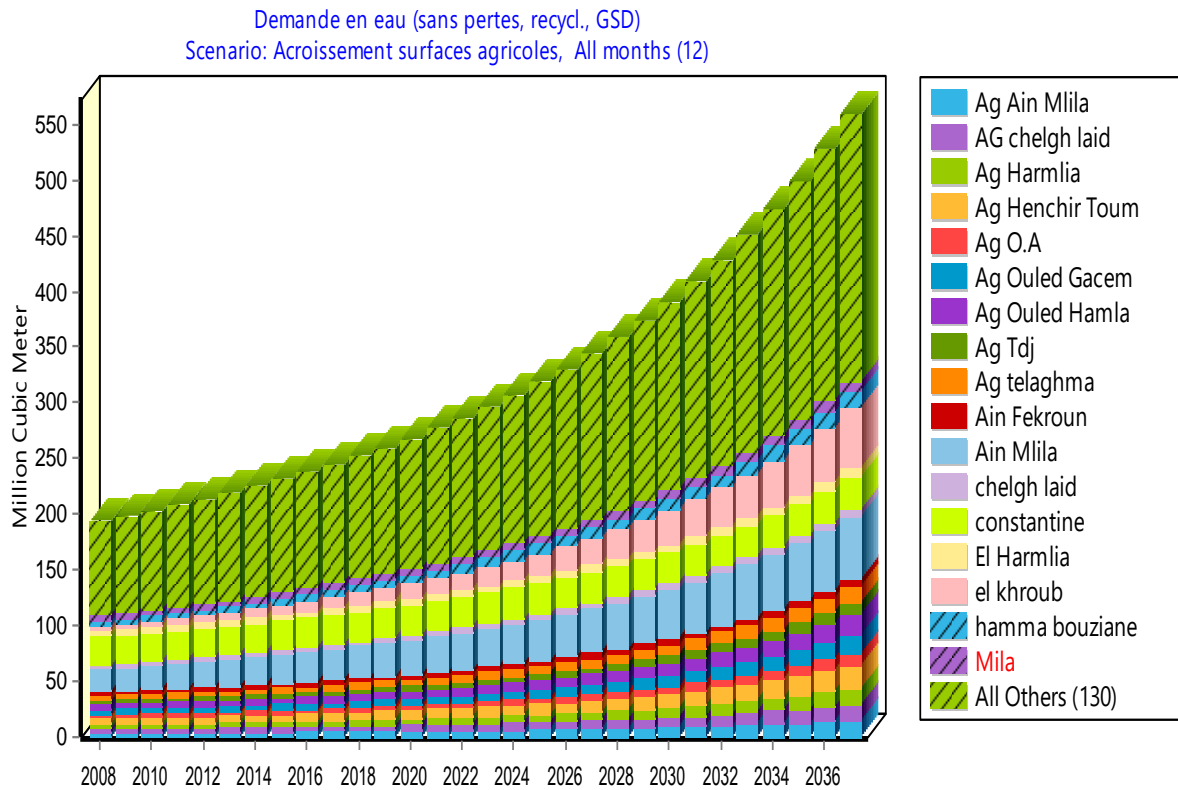


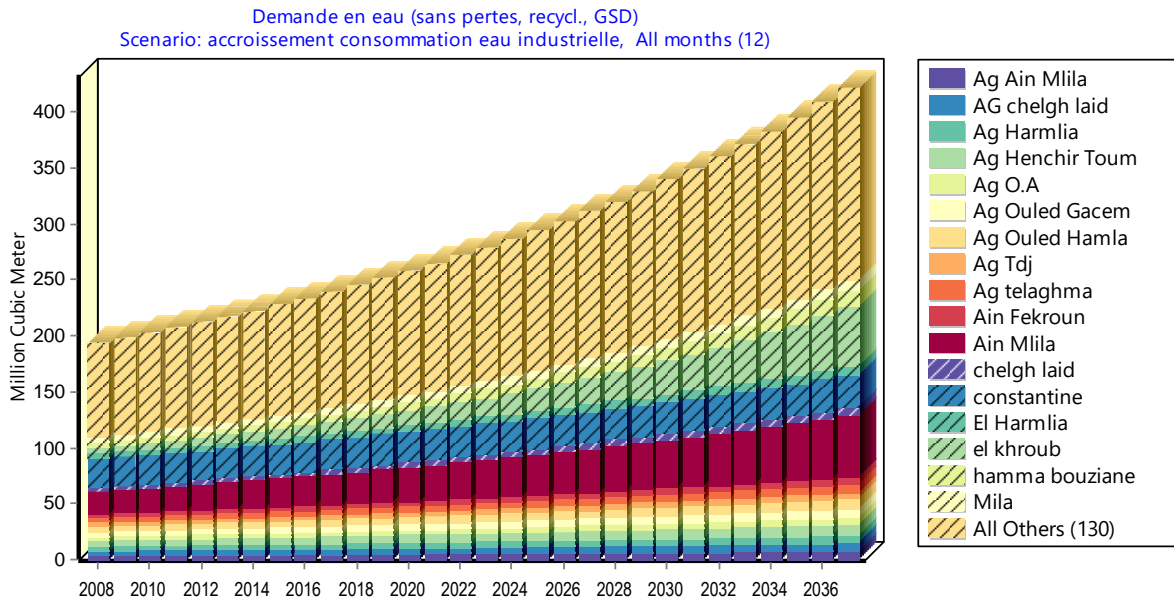
Fig.VII.6. Scénario 2- Accroissement des surfaces irriguées

Avec un taux de croissance supposé de 5% des surfaces irriguées, comme conséquence probable de mise en œuvre des plans nationaux de développement agricoles(PNDA). D'une part, le calcul donne une demande en eau qui passera à 305,2 Mm³ en 2024 et enfin, elle va atteindre 558,5 Mm³ en 2037.

En d'autres termes, la demande en eau va augmenter avec 366,2 Mm³ en 30 ans.

VII.11.3. Scénario 3 : augmentation de la consommation en eau pour l'industrie

En supposant que le taux de croissance de la consommation élémentaire en eau d'industrie de la zone d'étude permet de supposer une augmentation du taux de consommation d'eau industrielle élémentaire de 5%.



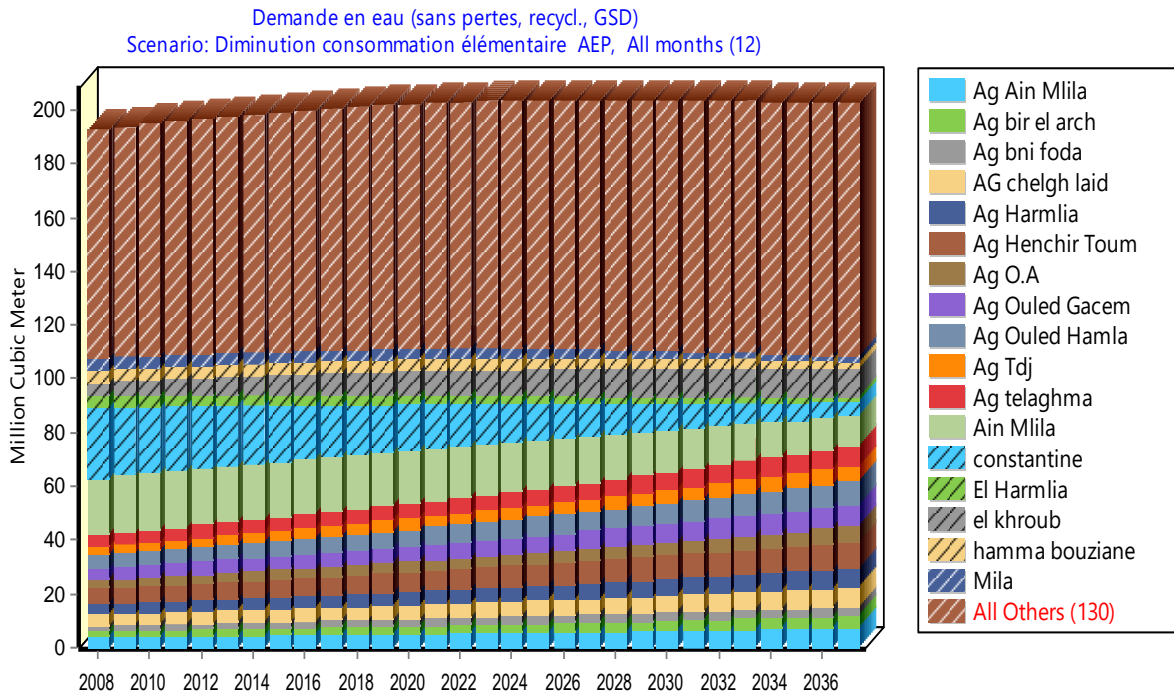
FigVII.7 scénario 3 accroissement consommation eau industrielle

Dans la région d'étude, les grandes activités industrielles sont localisées dans les commune de El Khroub, Ain Smara et Constantine.

La simulation a donné une demande en eau augmentera jusqu'à 285,6 Mm³ en 2024 et atteindra 421,5 Mm³ en 2037. C'est-à-dire, en 30 ans la demande en eau va augmenter avec 229,2 Mm³.

VI.11.4. Scénario 4 : diminution de la consommation élémentaire de l'AEP

En posant la question "Et qu'est-ce qui se passerait si ?" et en supposant que nous avons une diminution de la consommation d'eau potable de -5% (chaque année) durant les années à venir. Tout en gardant le taux de croissance de la population de chaque commune, identique à celui du scénario de référence, c'est-à-dire selon les données du recensement de l'ONS de 2008

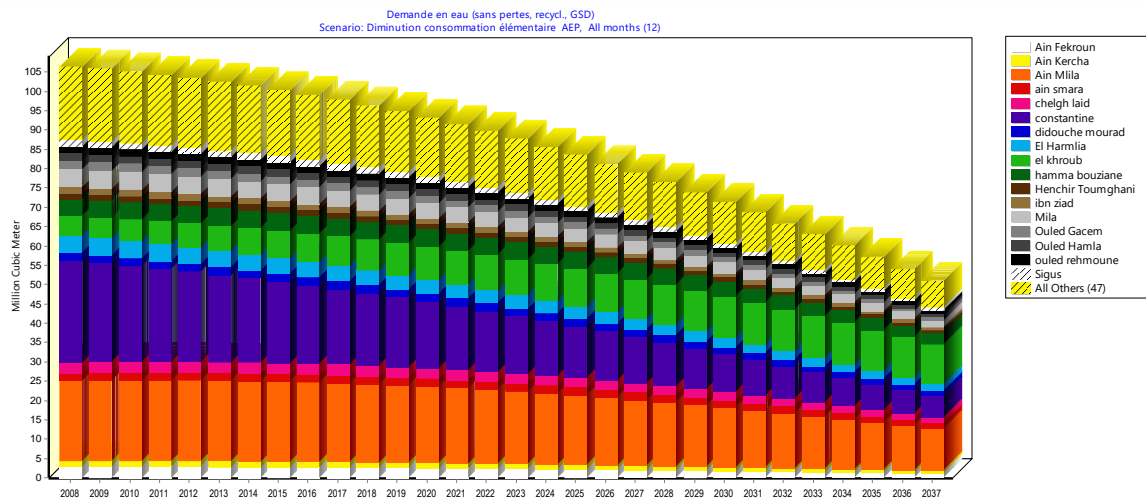


FigVII.8 scénario 4 diminution de la consommation élémentaire AEP

D'après la simulation la demande en eau totale augmentera à 203 Mm³ en 2024 et va diminuer à 202,1 Mm³ en 2037.

En d'autres termes, la demande en eau va augmenter avec 9,8 Mm³, sur la période de simulation (30 ans), cette augmentation sa revenant à l'augmentation de la population, des surfaces agricoles et les consommations de l'industrie.

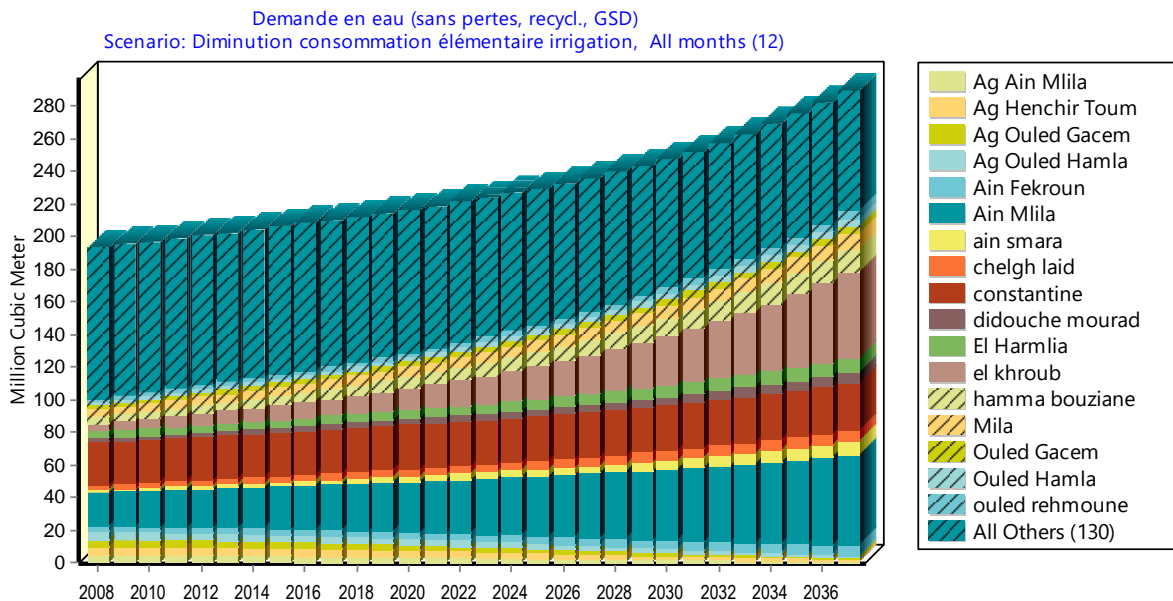
Par contre on est dans le cas le plus efficace grâce à cette petite augmentation de demande dans une période de 30 ans ou on va gagner un 50 millions de mètre cube d'eau destinée à l'AEP (Fig.VII.9)



FigVII.9 diminution de la consommation élémentaire AEP

VII.11.5 Scénario 5 : diminution de la consommation élémentaire de l’eau d’irrigation

En supposant qu’il y aura une diminution de -5% de la consommation de base de l’eau d’irrigation, suite à la réduction des fuites et à la lutte du gaspillage par l’utilisation de nouvelles technologies d’irrigation.



FigVII.10 scénario5 diminution consommation d’irrigation

La demande en eau totale calculée atteindra 225,5 Mm³ en 2024. Après on observe une augmentation jusqu'à 289,1 Mm³ en 2037 dans le bassin étudié, justifiée par la réduction de la consommation élémentaire d'eau d'irrigation (Fig.VI.9) moins que l'augmentation de la consommation destinée à la AEP et l'industrie.

Donc, la demande en eau va augmenter avec 96,8 Mm³, sur la période de simulation (30 ans).

Dans ce scénario c'est vrai que on gagne une grande quantité d'eau destinée à l'irrigation mais par contre on ne gagne pas une grande quantité par rapport au scénario de référence

VII.12 Récapitulatif

Le modèle développé dans cette étude est paramétré au niveau le plus bas (par commune). Tout en rassemblant les communes du bassin versant du barrage de Beni Haroun.

Scénario 1

La demande en eau totale dans le bassin versant du barrage de Beni Haroun, elle passera à 286,5 Mm³ en 2024, et va atteindre 425,8 Mm³ en 2037. On revanche, en 30 ans la demande en eau va augmenter avec 233,5 Mm³.

Scénario 2

D'une part, le calcul donne une demande en eau des surfaces agricoles de l'ordre de 305,2 Mm³ en 2024 et enfin, elle va atteindre 558,5 Mm³ en 2037. D'autre part, la demande en eau va augmenter avec 366,2 Mm³ en 30 ans.

Scénario 3

La simulation à donner une demande en eau de l'industrie passera à 285,6 Mm³ en 2024 et atteindra 421,5 Mm³ en 2050. C'est-à-dire, en 30 ans la demande en eau va augmenter avec 229,2 Mm³.

Scénario 4

D'après la simulation la demande d'AEP dans le bassin versant étudié elle passera à 203 Mm³ en 2024 et va diminuer à 202,1 Mm³ en 2037. En d'autres termes, la demande en eau va augmenter avec 9,8 Mm³, sur la période de simulation (30 ans).

Scénario 5

La demande de la consommation élémentaire de l'eau d'irrigation calculée est 225,5 Mm³ en 2024 et après on observe une augmentation jusqu'à 289,1 Mm³ en 2050 dans le bassin étudié.

Donc, la demande en eau va augmenter avec 96,8 Mm³, sur la période de simulation (30 ans).

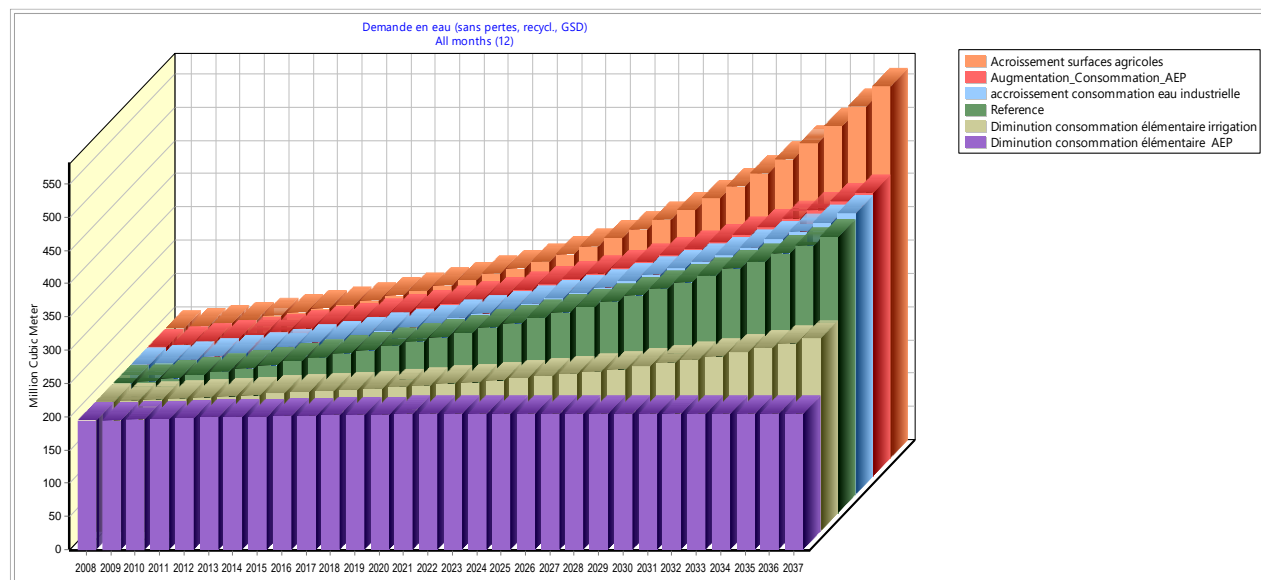


Fig.VII.11. Représentation des cinq scénarios (2007-2037)

VII.13 Conclusion

Dans cette partie opérationnelle, un modèle a été construit grâce aux données des ressources et des demandes en eau de l'ABH-CSM de 2007, on rappelle que l'existence de barrage Beni Haroun n'a pas été prise en considération dans le calibrage de modèle.

Cependant, le calibrage du modèle, le choix des hypothèses clés de référence et le choix des hypothèses de chacun de cinq scénarios simulés a été réalisé afin d'aboutir au choix d'un meilleur scénario alternatif de gestion de l'eau sur une période de 30 années.

Les résultats ont montré que le cas de scénario 4, la demande en eau observera une augmentation relativement faible de l'ordre de 9,8 Mm³ en 30 ans. Ce scénario représente le scénario le plus intéressant. Cette faible augmentation est supposée due à l'introduction des nouvelles techniques de gestion et de mobilisation (amélioration de canalisation et les installation hydrique) et la conscience des peuples, au bon usage et au non gaspillage de l'eau.

Par contre, le scénario 2 présente le cas le plus défavorable qui pourra nuire à l'établissement d'une bonne gestion de l'eau. Car, il est relativement le scénario le plus demandeur en eau avec une augmentation de la demande globale de 366 Mm³



Conclusion générale et recommandations

Conclusion générale et recommandations

Le bassin versant de Beni Haroun est parmi les grands bassins d'Algérie, il occupe plus de 60% de la superficie du grand bassin Kébir-Rhumel.

Il est limité naturellement par :

- le bassin des côtiers Constantinois Est et Centre au Nord Est et Nord-Ouest,
- le bassin des hauts plateaux constantinois au Sud,
- les bassins de l'Algérois- Hodna- Soummam A l'Ouest,
- le bassin de Seybouse A l'Est.

Il est caractérisé par une surface de 6595 Km², une population de deux millions cinquante-six mille habitants selon le recensement de 2008 et un climat subhumide.

Ce bassin présente une grande capacité souterraine et superficielle et permet sans aucun doute favorisée un développement durable des hautes plaines constantinois.

Son contexte géologique, appartient dans l'ensemble à la chaîne alpine d'Algérie qui s'étend sur plus de 2000 km. Qui est d'une extrême complexité. Cependant, il se caractérise par des structures en nappes, à vergences sud dominante. On distingue:

- Le domaine interne: correspondant au socle et à la dorsale kabyle et les formations flyschs
- Le domaine externe: qui correspond aux nappes telliennes.

Sur le plan locale la partie Nord-Ouest de la zone d'étude (Mila et une partie de Sétif) appartient au bassin néogène de Mila, essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux, avec :

Les formations jurassiques sont constituées essentiellement par les dolomies et les calcaires à silex, les formations crétacées sont formées par des marnes et des marno-calcaires, Les alluvions et les calcaires lacustre sont présentés dans le quaternaire.

Concernant la géologie de Constantine et Oum El Bouaghi, on conclut que les formations les plus connus dans la région et du calcaires Jurassico-Crétacé et une couverture calcaire argileux et marno-calcaire du Mio-Plio-continental.

Conclusion générale et recommandations

- Selon une étude de Mebarki et Thomas. L'hydrogéologie de la région d'étude concerne principalement les formations aquifères des domaines des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI), le bassin néogène de Constantine-Mila (DII) et le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII). Les caractéristiques hydrogéologiques sont décrites d'après le PNE de 2010 que les principales nappes sont :

- La nappe de ville franchien : conglomérats + calcaires.
- La nappe du La nappe du Moi-plio-cène : calcaire lacustre.
- La nappe des calcaires de l'Eocène.
- La nappe du Crétacé inférieur.
- La nappe des alluvions quaternaires.
- La nappe du Moi-plio-cène : calcaire lacustre.
- La nappe de l'aptien : calcaire à grains fin à intercalation de marnes.
- La nappe de la vallée fossile Moi-plio-cène.
- La nappe libre et captive : alluvions Quaternaires.
- La nappe des calcaires et dolomies du Crétacé inférieur et moyen

Cependant, pour les caractéristiques hydroclimatologiques, Le climat de la région d'étude est tempéré selon l'indice d'aridité de De Martonne avec une précipitation et une température moyennes annuelles 589.53 mm et 15,54°C respectivement.

L'évaporation réelle (ETR) est estimée à 386 mm.

Pour pouvoir établir une bonne gestion de l'eau dans le bassin versant du barrage de Beni Haroun, il est nécessaire de faire des scénarios d'évolution future. Dans le cadre de notre étude, le WEAP (Water Evaluation And Planning System) a été sélectionné sur d'autres modèles de ressources en eau, car il se distingue par son approche intégrée de la simulation des systèmes d'eau et par son orientation politique. Fonctionnant sur ces principes de base, WEAP est applicable à plusieurs échelles; systèmes municipaux et agricoles, bassins versants uniques ou systèmes fluviaux transfrontaliers complexes.

L'étude de modélisation et la simulation de plusieurs scénarii de demande en eau sur une période de 30 ans, a permis de déceler une hypothèse qui s'avère intéressante d'un point de vue réduction de la demande en eau. Cette hypothèse représente une diminution de la consommation d'eau potable de -5% (chaque année) durant les années à venir. Et par conséquent, la demande en eau observera une augmentation relativement négligeable de l'ordre de 9,8 Mm³ en 30 ans.

Conclusion générale et recommandations

Cependant, des efforts restent à faire dans le domaine de la protection quantitative et qualitative de ces ressources en eau, les recommandations suivantes sont proposées pour affronter les défis de l'eau qui se présente pour l'avenir dans le bassin Le bassin versant du barrage de Beni Haroun :

- Contrôler en permanence les écoulements superficiels (aménagements) pour éviter les pertes importantes des eaux de ruissellement.
- Installer des stations d'épuration pour la prise en charge des rejets, qu'ils soient d'origines industrielles (au niveau des usines) ou domestiques.
- Eliminer le déversement direct des égouts dans les oueds sans traitement au préalable.
- Implanter des stations d'épuration des eaux usées et leur réutilisation pour l'agriculture et l'industrie éventuellement.
- Proposer des périmètres de protection autour des sources potentielles d'approvisionnement.
- Penser au développement de la petite hydraulique pour résoudre le problème de stockage des eaux de surface, à défaut de se lancer dans les grands ouvrages.
- Dans les études futures, nous devrions estimer les critères de performance pour tester la performance du modèle et développer un modèle qui puisse prendre en compte l'aspect hydrologique dans différentes conditions climatiques, en plus de l'aspect de la gestion de l'eau (Kiniouar et al, 2017.b).

Finalement, faut-il espérer que cette étude menée au niveau du sous bassin versant d'oued Kébir Amont-Enndja, puisse apporter un certain nombre d'information et de précisions, qui pourront orienter de futurs travaux dans le domaine de la maîtrise et de la gestion intégrée des ressources en eau dans le contexte du développement durable



Références bibliographique

Références bibliographiques

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

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

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.

Boulaarak M., 2003 : Etude hydrogéologique du bassin versant de Boumerzoug. Vulnérabilité des eaux souterraine et impact de la pollution sur la région d'El Khroub. Mémoire de Magister. Université de Mentouri. Constantine. 179 p

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

Bouillin J.-P., Durand Delga M., Gerald J.-P., Leikine M., Raoultj.-F., Raymond D., Tefiani M. et Vila J.-M. (1970).

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, PP-1925.

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.

Derouiche, 2008 , Caractérisation de la fracturation de la région de Constantine – Algérie. Université de Mentouri Constantine.

Durand Delga. M, (1980).La méditerranée occidentale, étapes de sa genèse et problèmes structuraux lies à celle-ci. Même. H. Géol.fr.

Durozoy G., 1959 :Les ressources en eau des massifs calcaires créacés de la région de la région de Constantine. Thèse de doctorat. Université d'Alger. 90 p.

Erhard et Margat., (1979).Introduction à l'économie générale de l'eau. BRGM, Orléans, France.

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

Références bibliographiques

Harris S., (2007). « Beyond Building Models: Using WEAP to inform climate change adaptation Policy in Guatemala, » paper submitted in partial fulfillment of the course requirements for the Master of public Policy degree. Goldman School of public Policy, University of California, Berkeley.

Kerdoun A., (1998). Communication oral : éducation et sensibilisation en vue d'une protection de l'eau en Algérie –congrès international de Kaslik –Liban -18-20 juin 1998.

Kieken M., (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.

Kiniouar, H., Hani, A. & Younsi, A. (2017.a). “Assessing long-term water demand of Constantine province in Kébir–Rhumel Mediterranean catchment,” AIP Conference Proceedings, vol 1814, No. 1

Kiniouar H., Hani A et Kapelan Z., (2017.b). « Water Demand Assessment of the Upper Semi-arid Sub-catchment of a Mediterranean Basin, » Energy Procedia 119(2017)870-882.

Koussa, Bouziane 2018. Apport de SIG a la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique dans le bassin versant de Beni Haroun, Mila, Algérie - Geo-Eco-Trop,

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

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.

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

Mebarki A., (1984). Ressources en eau et aménagement en Algérie : le bassin du Kébir Rhumel, Alger, O.P.U.

Mebarki, A., (2005) :“Hydrologie des bassins de l'Est Algérien. Ressource en eau, aménagement et environnement, mémoire de doctorat, université of Constantine, P 18.

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 KébirRhumel dans le Constantinois, (Algérie), PP90-93-94.

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

Références bibliographiques

OME., (2006, 2008). Les perspectives énergétiques dans le bassin méditerranéen. Etudes réalisées pour le compte du Plan Bleu.

ONS, 2008 : Données du recensement général de la population et de l'habitat. Office National des Statistiques.

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

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).

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 remanie (nord du constantinois, Algérie), pascal-Francis. inist.fr

Raoult J.F (1974). Géologie de centre de la chaîne numidique (nord de Constantine, Algérie) thèse, Paris.

Raoult J.F (1975). Evolution paléogéographique et structurale de la chaîne alpine entre le golfe de Skikda et Constantine (Algérie orientale), bulletin de la société géologique de France.

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

Saadoun W., (2012). Quantification Des Rejets Des Eaux Résiduaire De LA Région DeMila Et Leurs Impacts Sur La Retenue Du Barrage De Beni Haroun , Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi– Oum El Bouaghi ,P48.

Sakka M., (2010). « Application and comparison of two analytical Tools of decision support for the management of resources in ariver basin in Tunisia, » PhD thesis, Tuscia University of Viterbo, Italy.

SEI., (2008). « WEAP: système d'évaluation et de planification des ressources en eau, »Tutorial: a stand-alone modules collection to help learn WEAP software, Tellus Institute,Boston.

Vila J.M. (1980) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des couffins d'Algéro –Tunisiens. Thèse Sc. Univ. Paris.Voinov A ., (2013). « Software, » Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences .Elsevier Inc.

Références bibliographiques

Yates D; Siber J; Purkey D et Huber-Lee A., (2005). « WEAP21 – A Demande-, Priority-, and Preference- Driven Water Planning Model: Part1: Model Characteristic, » Water .Int. Vol.30, No4, 487-500.

Yates D; Purkey D; Galbraith H; Huber-Lee A et Siber J., (2005). « WEAP21 – A Demande-, Priority-, and Preference- Driven Water Planning Model: Part2, Evaluating freshwater, » Ecosyste. Services. Water. Int. Vol .30, No.4.pp 501-512.

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.



Annexe

Tab comparaison précipitation moyennes annuelles

année	P(m,a) Telaghma	p(m,a) Ben Chergui
1970	23	
1971	37	
1972	44	
1973	29	
1974	21	
1975	41	
1976	32	
1977	28	
1978	29	
1979	30	
1980	20	
1981	36	
1982	20	
1983	20	
1984	32	74
1985	17	40
1986	29	56
1987	35	35
1988	33	44
1989	37	39
1990	51	47
1991	48	47
1992	34	47
1993	30	38
1994	54	54
1995	71	53
1996	8	26
1997	9	51
1998	5	49
1999	6	45
2000	13	37
2001	9	27
2002	47	63
2003	39	53
2004	44	60

Tab. Etats des retenues collinaire

s du B.V Beni Haroun (A.N.R.H Constantine 2007)

Dénomination	Commune	Capacité m3	Superficie B.V km2	Vol.Régul (hm3/an)	Gestionnaire	Wilaya
Djebel Ouahch	Constantine	50000	0,84	0	/	25
Oued Melah	El Khroub	450000	27,0	14	Groupement d'irrigant	25
Goureceh 2	El Khroub	50000	2,8	4	Groupement d'irrigant	25
Bounouara	Ouled Rahmoune	170000	11,6	0	/	25
Zaaroura 1	El Khroub	100000	7,0	6	Groupement d'irrigant	25
Zaaroura 1	El Khroub	100000	7,0	6	Groupement d'irrigant	25
Zaaroura 2	El Khroub	70000	9,0	3		25
Goureceh 1	El Khroub	80000	8,0	7	Groupement d'irrigant	25
Bouladjenain	Ibn Ziad	360000	26	100	/	25
Bouselaa	Ain Kercha	60000	/	/	Irrigation	04
Oued Ain Kercha	Ain Kercha	34000	/	/	Irrigation	04
Ain Fakroun	Ain Fakroun	40000	/	/	Irrigation	04
Ain Fakroun 1	Ain Fakroun	45000	/	/	Irrigation	04
EL Khanga	Sigus	224000	121	/	Irrigation	04
Chaabet Ain El Bordj	Sigus	150000	/	/	Irrigation	04
Chaabet El Kemah	El Amiria	45000	/	/	Irrigation	04
El Maaz	Ouled Gacem	130000	/	/	Irrigation	04
Lac Bardou	Terrai Beinen	50000	/	/	/	43
Oued Guergour	Ahmed Rachedi	150000	11,6	0,050	Groupement d'irrigant	43
Merdj El Kebir	Tiberguent	50000	/	/	Groupement d'irrigant	43
PB Oued Gueloune	Oued Endja	650000	10	0,65	/	43
PB Oued Tourit	Ben Yahia Abderrahmane	677000	39	/	Groupement d'irrigant	43
Chaabet Mahra	Oued Seguen	50000	5	0,035	Irrigation	43
Teniet Rabah	Ain Melouk	50000	4	0,036	/	43
Ain Lahdjar	Sidi Khelifa	50000	4	0,036	/	43
Dar El Teldj	Grarem Gouga	50000	5	0,036	/	43

Tab. Etats des puits dans le bassin Beni Haroun (année2007)

Dénomination	Commune	Wil.	Débit (l/s) 2007	Destination	Etat	Gestionnaire	V. annuel produit (hm3/an)
Puits Safilaït	Ain Smara	25	1	AEI SAFILAIT	Bon	SAFILAIT	0,032
Puits Sissaoui	Constantine	25	2	AEP Sissaoui	Bon	APC	0,063
Puits ENGI	Constantine	25	0,5	AEI ENGI	Bon	ENGI	0,032
Puits Lembléche	El Khrouid	25	4	AEP Lembléche	Bon	ADE	0,126
Puits Eriad	El Khrouid	25	1	AEI ERIAD	Bon	ERIAD	0,315
P1	Messaoud Boudjeriou	25	3	AEP Messaoud Boudjeriou	Bon	APC	0,095
P2	Messaoud Boudjeriou	25	6	AEP Messaoud Boudjeriou	Bon	APC	0,189
P3	Messaoud Boudjeriou	25	6	AEP Messaoud Boudjeriou	Bon	APC	0,189
Ain Kebira	Messaoud Boudjeriou	25	4	AEP Ain Kebira	Bon	APC	0,126
P.Ain El Kebira	Ain El Kebira	19	2	AEP Ain El Kebia	Bon	ADE	0,063
Lamroudj	Dehamcha	19	1,5	AEP Lamroudj	Bon	ADE	0,047
Ouled Maiza	Dehamcha	19	10	AEP Ouled Maiza	Bon	ADE	0,315
Reouabha	Dehamcha	19	3	AEP Reouabha	Bon	ADE	0,095
Oued El Kebir	Beni Aziz	19	10	AEP Bahbaha	Bon	APC	0,315
Bala	Beni Fouda	19	8	AEP Beni Fouda	Bon	ADE	0,252
Lamnassera	Ouled Addouane	19	1	AEP Lamnasera et Ouled Ali	Bon	ADE	0,0315
Ain Ben Chenouf	Ouled Addouane	19	2	AEP Ouled Yaich	Bon	ADE	0,063
El Medjez	Guelta Zerga	19	1	AEP Sidi Salah	Bon	APC	0,0315
Lamdjez (1)	Guelta Zerga	19	2	AEP Guelta Zerga	Bon	APC	0,063
Lamdjez (2)	Guelta Zerga	19	3	AEP Guelta Zerga	Bon	APC	0,095
Kaaouane	Guelta Zerga	19	5	AEP Kaaouane	Bon	APC	0,158
Chaourfa 2	Tassadane Haddada	43	2	AEP Chouarfa	Bon		0,442
Maida Tassadane 1	Tassadane Haddada	43	4	AEP Tassadane centre	Bon		0,126
Maida Tassadane 2	Tassadane Haddada	43	4	AEP Tassadane centre	Bon		0,126
Maida Tassadane 3	Tassadane Haddada	43	4	AEP	Bon		0,126
Maida Sefssaf	Tassadane Haddada	43	0	A l'arrêt récupérable	Bon		0,000
Maida Mazlia	Tassadane Haddada	43	0	Abandonné envasé	Bon		0,000
Bouhani 1	Minar Zareza	43	10	AEP Zareza Centre	Bon		0,189
Bouhani 2	Minar Zareza	43	6	AEP Zareza Centre	Bon		0,095
Bouhani 3	Minar Zareza	43	3	AEP Zareza)	Bon		0,095

Boussellah	Derradji Bousselah	43	6,6	AEP	Bon	APC	0,208
Oued El Beb	Derradji Bousselah	43	4	AEP Derradji Bousselah	Bon	APC	0,126
Kerkar	Derradji Bousselah	43	2	AEP	Bon	APC	0,063
Kerba	Derradji Bousselah	43	2	AEP	Bon	APC	0,063
Tabouda	Derradji Bousselah	43	8	AEP Derradji Bousselah	Bon		0,252
Merouna	Derradji Bousselah	43	8	AEP			0,252
El Kherba	Derradji Bousselah	43	2	AEP			0,063
Azla	Derradji Bousselah	43	1	AEP			0,032
Ras El Djebel	Derradji Bousselah	43	2	AEP			0,063
Ain Defla	Derradji Bousselah	43	3	AEP			0,095
Bouzoubia	Derradji Bousselah	43	4	AEP			0,126
Azzela	El Ayadi Barbes	43	2	AEP	Bon	APC	0,063
Oued El Kebir 1	El Ayadi Barbes	43	NC	El Ayadi			NC
Oued El Kebir 2	El Ayadi Barbes	43	NC	AEP El Ayadi, et Ain Defla			NC
Oued kebir	Rouached	43	20	AEP Rouached	Bon	ADE	0,630
Bouhani	Rouached	43	10	AEP AEP 5	Bon	APC	0,315
Rehbat	Rouached	43	15	AEP	Bon	APC	0,473
Siafra	Rouached	43	15	AEP Sidi Zerouk			0,473
Oued Drabla	Ahmed Rachedi	43	4	Non fontionnel			0,000
Tabtaba	Ahmed Rachedi	43	1,5	AEP Tabtaba	Bon	APC	0,047
Lahmara	Oued Endja	43	8	AEP 5	Bon	APC	0,252
Kripsa	Zeghaia	43	15	AEP Zeghaia	Bon	APC	0,473
Righa	Bouhatem	43	2	AEP			0,063
Ain Hamra	Bouhatem	43	2	AEP Bouhatem			0,063
Ain El Kahla	Bouhatem	43	2	AEP			0,063
Kef Boudergua	Bouhatem	43	2	AEP			0,063
Merdj El Kebir	Bouhatem	43	5	Non exploité			0,000
Boughardaine	Amira Arres	43	5	AEP Mila Bougherdaine			0,158
El Malek		43	2	AEP			0,063
Boussellah	Ferdjioua	43	11	AEP			0,347
Ain Ben Sahli	Chelghoum Laid	43	2	AEP Ben Sahli			0,063
Puits Sp4	Chelghoum Laid	43	0	Remplacer par un forage			0,000
Damet Lafres	Chelghoum Laid	43	2	AEP Damet Lafres			0,063
Oued Dekri	Chelghoum Laid	43	2	AEP Oued dekri			0,063
Mesdoura	Chelghoum Laid	43	2	AEP Mesdoura			0,063
Ain Akdaine	Ben yahia Abderahmene	43	0	AEP			0,000

Maatoug	Ben yahia Abderahmene	43	0	/			0,000
Feid Messaouda	Tadjenanet	43	2	AEP Feid Messaouda			0,063
Ain M'louk	Ain M'louk	43	2	AEP Ain M'louk			0,063
Draa Tabal	Ain M'louk	43	0	Remplacer par un forage			0,000
Serg Derfoul	Ain Melouk	43	2	AEP Serg Derfoul	Bon		0,063
Ain Rezouan	Ain Melouk	43	2	AEP Ain Rezouan	Bon		0,063
Ouled Salah	Ain Melouk	43	2	AEP Ouled Salah	Bon		0,063
O.Khelouf	Ouled Khelouf	43	3	AEP O.Khelouf	Bon		0,095
Hassi Bergoug	Ouled Khelouf	43	2	AEP Mechta sega	Bon		0,063
Teleghma	Teleghma	43	0	Abandonné	Bon		0,000
Damber	Teleghma	43	3	AEP Damber	Bon		0,095
Gabel-Kellal	M'chira	43	1,66	AEP	Bon	APC	0,009
Gabel	M'Chira	43	0	Abandonné			0,126
Bouyakour	Oued Athmania	43	5,6	AEP			0,047
Ain Khlane	Oued Athmania	43	4	AEP			0,031
Boumalek	Oued Athmania	43	4	AEP			0,126
P.Djelleb	Ain Fakroun	04	1	AEP Djeleb	Bon	APC	0,032
P.Mozabi	Ain Fakroun	04	0,5	AEP Mozabi	Bon	APC	0,016
P.El Hazabri	Ain Fakroun	04	0,5	AEP El Hazabri	Bon	APC	0,016
P.Sidi Ounissi	Ain Fakroun	04	0,5	AEP Sidi Ouniss	Bon	APC	0,016
Deklet El Ghabo	Ain Kercha	04	1	AEP	Bon	APC	0,032
Djedida	Ain Kercha	04	1	AEP	Bon	APC	0,032
O.Sassi	Ain Kercha	04	1	AEP	Bon		0,032
O.Ghannam	Ain Kercha	04	0,5	AEP	Bon		0,016
Ben M'Hidi	Ain M'Lila	04	2	AEP Ben M'Hidi	Bon	ADE	0,063
Fedj Errich	Henchir Toumghani	04	0,5	AEP	Bon		0,016
Bir Tandja	Sigus	04	1	AEP Bir Tandja	Bon	APC	0,032

Tab. Etats de forages dans Le bassin du Beni Haroun (année 2007)

Sous-Bassin	Dénomination	Localisation	Wilaya	Coordonnées Lambert			Débit moyen d'exploitation (l/s)	Profondeur en m	Destination
				X	Y	Z			
10 01	Ain Djohra	Ain Djohra	19	771,2	360,9	760	15	200	AEP AinDjohra
10 01	El-Bahia	El-Bahia	19	749,6	344,2	1200	6	200	AEP Hopital Ain El Kebira
10 01	Kerakra	Kerakra	19	754	346,3	820	5	250	AEP Centre Kerakra
10 01	Daafa	Daafa	19	752,4	352,7	995	14	100	AEP Daafa
10 01	Daafa Bis	Daafa	19	751,9	352,6	990	10	150	AEP Babor
10 01	Chirhoum	Chirhoum	19	752,6	333,3	1210	3,5	290	AEP Beni Fouda
10 02	AM 1 Bis	Amira Arres	43				20	19	AEP Mila
10 02	AM 2 Bis	Amira Arres	43				20	22	AEP Mila
10 02	AM 3 Bis	Amira Arres	43	802,9	360	/	15	31	AEP Mila
10 02	AM 4	Amira Arres	43	801,7	359,9	/	20	32	AEP Mila
10 02	AM 5 Bis	Amira Arres	43	861,9	337	/	20	24	AEP Mila
10 02	AM 6 Bis	Amira Arres	43	801,3	359,8		25	18	AEP Amira Arres et Mechtas
10 02	AM 7	Amira Arres	43	800,3	359,7	245	20	21	AEP Beïnen
10 02	AM 8	Amira Arres	43	799,7	359,9	210	5	17	AEP Beïnen
10 02	Rouached 1	Rouached	43	799,5	359,4	/	20	35	AEP Rouached
10 02	Rouached 2	Rouached	43	797,9	359,4	263	10	27	AEP Rouached
10 02	Bousselah 1	Bousselah	43	784	339,7	700	9	63	AEP Bousselah
10 02	F2	Ouled Achour	43	786,6	351,6	/	35	74	AEP Ferdjioua
10 02	F4	Ouled Achour	43	786,6	351,6	/	25	53	AEP Ferdjioua
10 02	F3 Belhamdi	Belhamdi	43	788,9	349,8	/	2	50	AEP Ferdjioua
10 02	F1 Bis	Ferdjioua	43	789,8	350	520	20	50	AEP Ferdjioua
10 02	F8 Bourouh	Bourouh	43	790,1	347,3	570	16	70	AEP Cité Bourouh
10 02	F5	Bourouh	43	802	337,8	/	13	68	AEP Beni Guecha, Tiberquent
10 02	F6	Bourouh	43	802	337,3	/	20	66	AEP Beni Guecha, Tiberquent
10 02	F9	Ferdjioua	43				4	64	Irrigation
10 02	Beïnen 1	Beïnen	43	808,5	369,8	/	4	85	AEP Beïnen
10 02	Chigara	Chigara	43	812	369	820	4	120	Irrigation
10 02	Zeghaïa	Amira Arres	43	828,5	319,5	215	10	25	AEP Zeghaïa
10 02	Krouna	Ain Beïda	43				10	102	AEP Ain Beïda Ahriche, Sebikhia
10 02	Bouhatem 1	Bouhatem	43	802,8	334,4	842	20	102	AEP Bouhatem
10 02	Bouhatem 2	Bouhatem	43	833,5	334	880	14	120	Irrigation

Sous-Bassin	Dénomination	Localisation	Wilaya	Coordonnées Lambert			Débit moyen d'exploitation (l/s)	Profondeur en m	Destination
				X	Y	Z			
10 02	Bou Youcef 1	Sidi Merouane	43	821,9	341,8	/	10	48	AEP Sidi Merouane
10 02	Ras El Bir I	Ras El Bir	43	817,5	361,5	280	10	130	AEP Ras El Bir
10 02	Ras El Bir II	Ras El Bir	43				4	165	Irrigation
10 03	Ain Beida 1Bis	Chelghoum Laid	43				38	90	AEP Chelghoum Laid
10 03	Ain Beida 2	Chelghoum Laid	43	810	320,3	/	17	40	AEP Chelghoum Laid
10 03	Ain Beida 2 Bis	Chelghoum Laid	43	810	320,3	760	22	40	AEP Chelghoum Laid
10 03	E11	Chelghoum Laid	43				25	150	AEI E.N.A.D-SO.DE.R C.Laid
10 03	DE 3 Bis	Chelghoum Laid	43	806	320,9	800	13	200	AEP Chelghoum Laid
10 03	Djenan El Hakem	Chelghoum Laid	43	812,9	323,5	762	4	103	AEP Chelghoum Laid Centre
10 03	Chelghoum Laid E8	Chelghoum Laid	43				4	110	AEP Chelghoum Laid
10 03	Draa Laazaz	Draa Laazaz	43	817,9	324,5	770	4	60	AEP Draa Laazaz
10 03	Station centrale	Chelghoum Laid	43	811,5	322,2	/	7	65	AEP Chelghoum Laid
10 03	Oravie Chelghoum Laid	Chelghoum Laid	43	810,8	327	780	6	55	Oravie Chelghoum Laid
10 03	O Driki Chelghoum Laid	Chelghoum Laid	43	813,5	326	765	8	80	AEP ZAC Chelghoum Laid
10 03	B. Yahia Abderahmane	B.Y. Abderahmane	43	794,8	332,6	1065	20	150	AEP B.Yahia Abderahmane
10 03	Tadjenanet 2	Tadjenanet	43	787	317,8	/	17	250	AEP Tadjenanet
10 03	Gabel	Tadjenanet	43	801	298,8	/	20	150	AEP Gabel et M. Ettine,M'Chira
10 03	Tadjenanet 3	Tadjenanet	43	796,2	317,7	/	17	115	AEP Tadjenanet
10 03	Oravie Tadjenanet	Tadjenanet	43	795,5	317,1	860	1,5	80	Oravie Tadjenanet
10 03	F12	Bir El Arch	19	778,9	320,8	990	14	200	AEP Bir El Arch
10 03	Tnoutit	Bir El Arch	19	782,7	312,3	945	33	254	AEP Bir El Arch
10 03	El Ouldja Bis	El Ouldja	19	794	311	880	2	500	AEP El Ouldja
10 03	Lahoua .A	Lahoua A.	19	792,5	318,25	881	5	100	AEP Lahoua Abderahmane
10 03	Tnoutit AGR	Bir El Arch	19	786,1	310,9	970	3	300	Irrigation
10 04	Z'Mala	Z'Mala	43				14	110	AEP Teleghma
10 04	Ouled Smail 2	Teleghma	43	832	317	760	4	130	AEP Ouled Smail
10 04	Teleghma 1	Teleghma	43	826,1	316,1	/	20	100	AEP Teleghma, Z'Mala, Kebaba
10 04	Teleghma 2	Teleghma	43	828,5	319	745	27	60	AEP Teleghma centre
10 04	Teleghma 3	Teleghma	43				6	103	AEP Teleghma
10 04	Cued Athmenia 1	Oued Athmenia	43	820,3	340	790	66	102	AEP O.Athmenia
10 04	Cued Athmenia 1	Oued Athmenia	43	822,1	332,4	/	45	100	AEP Ain Smara
10 04	Djebel Ougab	Djebel Ougab	43	801,4	359,1	/	4	80	AEP Dj.Ougab
10 04	Bled Youcef 1	Bled Youcef	43				4	56	AEP Bled Youcef
10 04	O.Athmenia 3 Bis	Oued Athmenia	43	822,1	332,4	750	25	80	AEP O.Athmenia
10 04	Oued Ghrous	O.Seguen	43	837,1	325,3	780	30	210	AEP O.Seguen, v.s.a B. Boulaid
10 04	H11 Bis	M'Chira	43	820	312,6	/	20	120	AEP M'Chira.
10 04	D2 A Bis	M'Chira	43	819	311,9	/	20	143	AEP Chera El Nour
10 04	M'Chira 3	M'Chira	43	820,3	312,8	795	13	170	AEP Aghlad Nord
10 04	S1 (Bir Tolba)	Ain Smara	25	837,65	325,7	802	30	600	AEI ENMTP Ain Smara
10 04	Sonacome S2	Ain Smara	25	834,6	324,9	775	52	600	AEI ENMTP Ain Smara

Sous-Bassin	Dénomination	Localisation	Wilaya	Coordonnées Lambert			Débit moyen d'exploitation(l/s)	Profondeur en m	Destination
				X	Y	Z			
10 04	S3	Ain Smara	25	837,05	335,6	665	25	600	AEI ENMTP Ain Smara
10 04	Ouled Yakoub	Ouled Yakoub	25	838,2	326,2	800	25	600	AEP Ouled Yakoub
10 04	S5	Ain Smara	25	847,85	334,7	800	3,8	603	AEI ENMTP Ain Smara
10 04	S6	Ain Smara	25	839	337,7	655	6	600	AEI ENMTP Ain Smara
10 04	S7	Ain Smara	25	842,9	331,3	745	4,8	600	AEI ENMTP Ain Smara
10 04	S3 Bis	Ouled Hamla	04	/	/	/	5	64	AEP des Mechtas
10 04	OH2 Bis	Ouled Hamla	04	837,4	314,3	798	3	100	AEP des Mechtas
10 04	S3	Ouled Hamla	04	837	314,4	798	/	90,5	Piézomètre
10 04	6B4	Ouled Hamla	04	841,2	315,3	795	18	154	AEP Ouled Hamla centre
10 04	F1	Ouled Hamla	04	837,6	315,8	788	13	64	AEI O.N.A.B
10 04	Ouled Hamla	Ouled Hamla	04	838,3	316,5	785	5,5	100	Irrigation
10 04	6B 6/7	Ouled Hamla	04	/	/	/	10	125	AEP Ouled Hamla et Mechtas
10 05	B14	Ain Kercha	04	859,7	296,5	830	45	180	Irrigation
10 05	A11	Ain Kercha	04	857,9	297,4	807	25	130	Irrigation
10 05	F15	Ain Kercha	04	864,5	298	840	7	70	AEP Henchir Toumghani
10 05	C8 Bis	Ain Fakroun	04	870	297	895	20	175	AEP Ain Fakroun
10 05	AN1	Ain Fakroun	04	877,2	305,6	850	0,8	120	AEP Ain Fakroun
10 05	AK2	Ain Kercha	04	858,5	298,9	805	1	50	Irrigation
10 05	D1	El Harmelia	04	856,3	298,9	802	8	108	Irrigation
10 05	76 O6	Ain M'lila	04	854,5	311,8	764	/	105	Piézomètre
10 05	76 O4 Bis	Ain M'lila	04	853,3	312,8	761	/	105	Piézomètre
10 05	HZ1	El Amiria	04	881,2	311,1	858	10	159,3	AEP des Mechtas (Ain Fakroun)
10 05	I4	El Amiria	04	881,9	317	823	5	130	AEP des Mechtas (El Amiria)
10 05	AB 9	Ain Kercha	04	858,3	298,6	805	9	80	Irrigation
10 05	Fesguia R82	Fesguia	04	855,6	307,2	/	7	235	AEP Constantine
10 05	Tasserachet F2	Ain M'Lila	04	854,5	304,3	783	40	120	AEP Ain M'Lila
10 05	N1	Ain M'Lila Centre	04	847,8	311,4	790	14	25	AEP Ain M'Lila
10 05	N2	Ain M'Lila Centre	04	847,8	311,4	790	16	35	AEP Ain M'Lila
10 05	76 P3	Ain M'Lila	04	848	310,2	780	55	120	AEP Ain M'Lila
10 05	76 O3	Ain M'Lila	04	847,4	310,2	780	12	120	AEP Ain M'Lila
10 05	F1	Taxa (Sigus)	04	/	/	/	6,8	130	AEP Taxa (Sigus)
10 05	F3 TER	Ain M'Lila	04	/	/	/	80	36	AEP Ain M'Lila
10 05	F3 Bis	Fourchi	04	/	/	/	15	36	AEP V.S.A Fourchi
10 05	AM1	Ouled Zaid	04	845,8	314,8	790	10	80	AEP Ouled Zaid
10 05	KH1	Ketf El Hassi	04				6	152	AEP Ketf El Hassi
10 05	DJ2	Djid Malou	04	845,1	315,5	800	3,5	110	AEP Djid Malou
10 05	76 P4	Ain M'Lila	04	853,3	312,2	762	36,5	120	Irrigation
10 05	HM1	El Harmelia	04	855,3	300	794	10	60	AEP El Harmelia
10 05	AB1	El Harmelia	04	855	298,8	798	10	80	AEP El Harmelia
10 05	B3	Ain Kercha	04	857,6	301,6	840	4	158	AEP Ain Kercha

Sous-Bassin	Dénomination	Localisation	Wilaya	Coordonnées Lambert			Débit moyen d'exploitation (l/s)	Profondeur en m	Destination
				X	Y	Z			
10 05	M2	Ain Kercha	04	857,6	298,1	805	15	82	AEP Ain Kercha
10 05	D4	Ouled Nacer	04	874,7	317,9	797	10	156	AEP Ouled Nacer
10 05	F1	Fourchi	04	857	283,5	880	100	31,1	Irrigation
10 05	F2	Fourchi	04	848,9	307	776	200	45,8	Irrigation
10 05	D2	Ain Fakroun	04	867,3	301,7	855	17	158	AEP Ain Kercha
10 05	AF1	Ain Fakroun	04				14	41	AEP Ain Fakroun
10 05	AF1 Bis	Ain Fakroun	04	866,6	299,2	860	17	75	AEP Ain Fakroun
10 05	E10	Ain Fakroun	04	872,8	296,8	920	10	230	AEP Ain Fakroun
10 05	A13	Ain Kercha	04	858,3	296,5	810	60	90	Irrigation
10 05	F2	Djld Malou	04	845,3	303,6	783	45	120	Irrigation
10 05	Fesguia	Plaine de Fesguia	04				10	100	AEP Ouled Gacem centre
10 05	B5	Sigus	04				10	15	AEP Sigus et Mechtas
10 05	A3	Sigus	04	870,4	318,2	793	25	700	AEP Sigus
10 05	Boumerzoug	Boumerzoug	25	855,2	323	622	150	41	AEP Constantine
10 05	F1	Boumerzoug	25	855,8	323	620	80	40	AEP Constantine
10 05	F2	Boumerzoug	25	850,8	323	621	200	38,1	AEP Constantine
10 05	F4	Boumerzoug	25	855,8	323	620	80	41	AEP Constantine
10 05	F6	Boumerzoug	25	855,8	323	621	150	41	AEP Constantine
10 05	F 82	Ei Khroub	25	859,2	334,4	/	45	150	AEP Ei Khroub
10 05	Ei Khroub	Ei Khroub	25	850,65	335,4	600	23	166	AEP Ei Khroub
10 05	EFNA N°2	EFNA Ei Khroub	25	859,493	335,04	606	17	150,3	AEI PMA Ei Khroub
10 05	EFNA N°1	EFNA Ei Khroub	25	858,7	335,35	600	44	101,5	AEI PMA Ei Khroub
10 05	ONTF	ONTF Ei Khroub	25	859,5	355,13	610	15	62	AEI ONTF Ei Khroub
10 05	Gare	Ei Khroub Gare	25	858,2	335,68	600	15	130	AEP Bounouara
10 05	Baaraouia	Ei Khroub	25	857	337	600	10	145	AEP Ei Khroub
10 05	Chihani Bachir	Ei Khroub	25	859,25	332,55	605	17	200	AEP Ei Khroub
10 05	DRIM F81	Plaine Ei Khroub	25	860,24	335	/	5	220	AEP Ei Khroub
10 05	F.SONACOME	Plaine Ei Khroub	25	858,65	335,40	600	/	90	Piézomètre
10 05	F.SONACOME	Plaine Ei Khroub	25	859,50	335,05	606	/	200	Piézomètre
10 05	Z.I Ei Tarf 1	Z.I. Ei Tarf	25	859,7	355,1	610	20	130	AEI E.G Z.Ind Ei Tarf
10 05	F.Sonitex	Constantine	25	852,8	345,27	/	3	703	AEP Constantine
10 05	Ecole AGR S1	Constantine	25	848,5	342,8	534	10	15	AEP Constantine
10 05	Ecole AGR S2	Constantine	25	848,8	342,8	536	5	10	AEP Constantine
10 06	F3	Hamma Bouziane	25	850,9	355,02	500	25	200	AEP Didouche .M et Cimenterie
10 06	EMIB	Didouche Mourad	25	850,58	354,48	500	20	345	AEI EMIB Didouche Mourad
10 06	F1	Ain Skhouna	25	850,75	354,95	510	40	200	AEI ENATUB Hamma Bouziane
10 06	F2	Ain Skhouna	25	850,9	355,0	500	110	210	AEP Hamma Bouziane
10 06	F4	Ain Skhouna	25	850,9	355,04	501	30	200	AEP Zighoud Youcef
10 06	F91	Ain Skhouna	25	851,17	355,12	500	50	120	AEI Unité Indust Zighoud Y.
10 06	H. Zaoui	Hammam Zaoui	25	850,7	354,1	483	180	135	AEP Constantine

Sous-Bassin	Dénomination	Localisation	Wilaya	Coordonnées Lambert			Débit moyen d'exploitation (l/s)	Profondeur en m	Destination
				X	Y	Z			
10 06	F74	Hammam Zaoui	25	850.7	354.1	480	195	135	AEP Constantine
10 06	F 82 / 86	Hammam Zaoui	25	850,5	354,2	490	100	285	AEP Hamma Bouziane
10 06	F4 / 86	Hammam Zaoui	25	850.595	354.2	480	195	217	AEP Constantine
10 06	F3 BIS	Hammam Zaoui	25	850,68	354,22	480	90	270	AEP Didouche. M et Cimenterie
10 06	F.INFRAFER	Hammam Zaoui	25	850.6	354.1	480	10		INFRAFER
10 06	Hamma 1 / 98	Hamma Bouziane	25	850.7	354,08	480	100	268	AEP Constantine
10 06	Hamma 2 / 98	Hamma Bouziane	25	850.64	354	480	80	303	AEP Constantine
10 06	Sidi M'sid	Sidi M'sid	25	851.2	349	500	10	256	AEP Sidi M'sid, piscine S.M'sid
10 06	Salah Bey	Salah Bey	25	847,6	349,4	471	15	351	AEP Ibn Ziad
10 06	Salah Bey N°3	Salah Bey	25	847,645	349,36	472	40	104,5	Irrigation
10 06	Ain Tinn 1	Aïn tinn	43	825,5	349	/	30	210	AEP Mila
10 06	Ain Tinn 2	Aïn tinn	43	NC	NC	NC	40	280	AEP Mila
10 06	Ferdoua	Sidi Merouane	43	819,1	361,5	505	8	80	AEP Grarem Gouga
10 07	El Badsî	Hamala	43				4	41	AEP Hamala