

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

Analyse actuelle et prévision future des ressources en eau du
sous-bassin versant Kébir Amont-Enndja (10-02)
Wilaya de Mila

Membres de Jury

Président : Mr Kessasera Farès

Examineur : Mr Zahi Fouzi

Encadrant : Mr Kiniouar Hocine

Présenté par

Mlle Hadhoud Imene

Mlle Khedrouche Ghada

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 remerciement vont également aux membres de jury 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 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 2020** 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...

Imene et Ghada.



Dédicace

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

À mes très chers parents «Nadia et Atmane»

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 garde et je n'oublierais jamais ce que vous avez fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.

À mon mari « Nowar »

Mon bonheur, mon compagnon de vie, je n'oublierais jamais tes encouragements et ton soutien dans mes années universitaires.

À mon frère « Abdelhak, Sofiane », à mes sœurs « Lamia, Nadjah, Hiba et Meriem ».

À me chères poussins de famille « Younes, Mayar et Abdelwadoud »,

À me chères amis « Fatene, Rayene, Lamia, Mouna, Gamra, Hassiba, Ibtissem et wissem ».

À ma collègue de ce travail « Imène ».

À tous mes amies de l'université avec eux, que j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie d'étude, et à tous mes collègues géologues surtout « les Hydrologues » pour les bons moments qu'on a passés ensemble.

À Tous Ceux que j'aime et qui m'aiment.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

« Ghada »





Dédicace

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

À mes très chers parents «Hayet et Nor Eddine»

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 garde et je n'oublierais jamais ce que vous avez fait pour moi pour devenir ce que je suis aujourd'hui.

À mon frère «Ahmed, Mahmoud et Youssef», à mes sœurs «Kenza et Faryel».

À ma chère amis «Hidaya».

À ma collègue de ce travail « Ghada».

À tous mes amis de l'université avec eux, que j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie d'étude, et à tous mes collègues géologues surtout « les Hydrologues » pour les bons moments qu'on a passés ensemble.

À Tous Ceux que j'aime et qui m'aiment.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

«Imene»



Résumé

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 sous-bassin de l'Oued Kébir Amont-Enndja avec une population de 305 434 habitants. 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 sous-bassin étudié.

L'étude de modélisation et la simulation de plusieurs scénarii de demande en eau sur une période de 43 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 la réduction de la consommation élémentaire en eau d'irrigation. Et par conséquent, la demande en eau observera une augmentation relativement très négligeable de l'ordre de 0,84 Mm³ en 43 ans. Cette légère augmentation est due seulement à l'augmentation de l'AEP de la commune de Ferdjioua.

Mots clé : sous-bassin méditerranéen, Kébir Amont-Enndja, Modélisation, WEAP, scénarii, demande en eau.

Abstract

Abstract

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 an area of 5315 km² and 2160 km² respectively.

This study focuses on the Oued Kébir Amont-Enndja sub-basin with an area of 2160 km² and a population of 305,434 inhabitants. Socioeconomic development has led to a significant increase in the demand for water.

To do this, a relatively robust decision support system, the WEAP (Water Evaluation And Planning System), was used to build a model and simulate the water demand of the studied sub-basin.

The modelling study and simulation of several water demand scenarios over a period of 43 years, has identified an hypothesis that is interesting, from a water demand reduction point of view. This hypothesis represents the reduction in the elementary consumption of irrigation water. And as a result, the demand for water will see a relatively very negligible increase of around 0.84 Mm³ in 43 years. This slight increase is due only to the increase in DWS in the commune of Ferdjioua.

Keywords: Mediterranean sub-basin, Kébir Amont-Enndja, Modeling, WEAP, scenarios, water demand.

الملخص

يعتبر حوض كبير الرمال حوضًا خارجيًا مهمًا في شرق الجزائر يتكون من وديان الرمال و النجا اللذين يغذيان أكبر سد في البلاد ، وهو بني هارون .يشغل هذان الوديان مساحة 5315 كيلومتر مربع و 2160 كيلومتر مربع على التوالي. تركز هذه الدراسة على الحوض الفرعي واد كبير العلوي-النجا الذي يبلغ عدد سكانه 305.434 نسمة. أدت التنمية الاجتماعية والاقتصادية إلى زيادة كبيرة في الطلب على المياه.

للقيام بذلك، تم استخدام نظام دعم اتخاذ القرار القوي نسبيًا، WEAP (نظام تقييم المياه والتخطيط)، لبناء نموذج ومحاكاة الطلب على المياه للحوض الفرعي المدروس.

حددت دراسة النمذجة والمحاكاة للعديد من سيناريوهات الطلب على المياه على مدى 43 عامًا فرضية مثيرة للاهتمام من وجهة نظر خفض الطلب على المياه. تمثل هذه الفرضية انخفاض الاستهلاك الأولي لمياه الري .

ونتيجة لذلك، سيشهد الطلب على المياه زيادة ضئيلة نسبيًا تبلغ حوالي 0.84 مليون متر مكعب في 43 عامًا. وتعود هذه الزيادة الطفيفة فقط إلى الزيادة في التزويد بالمياه الصالحة للشرب في بلدية فرجوية.

الكلمات المفتاحية: حوض فرعي متوسطي ،كبير العلوي - النجا ،النمذجة ،WEAP،السيناريوهات،الطلب على المياه.

Liste des figures

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

Figure. I.1. Situation géographique du sous bassin.....4

Figure. I.4. Graphe représente les Oueds du BV de Kébir-Rhumel.....5

Chapitre II : le cadre géologique

Figure. II.1. Carte et coupe structurale de la chaîne maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes..... 8

Figure. II.2.Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Région du Constantinois).....10

Figure. II.3. Carte schématique des différents domaines paléogéographiques..... 11

Figure. II.4. Principaux affleurements des séries néritiques Constantinoises..... 14

Chapitre III :Le cadre hydrogéologie

Figure.III.1. Les grands domaines hydrogéologiques du Kébir-Rhumel 16

Figure.III.3. Aquifères du bassin du Kébir Rhumel 16

Chapitre IV : Hydroclimatologie

Figure. IV.1. Précipitations moyennes mensuelles 19

Figure. IV.2. Répartition saisonnière des précipitations 20

Figure. IV.3. Répartition des précipitations annuelles 22

Figure. IV.4. Températures moyennes mensuelles 23

Figure. IV.5. Diagramme Ombro-thermique 24

Figure. IV.6. Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite 28

Liste des figures

Chapitre V : Gestion Intégrée des ressources en eau

Figure .V.1. Ressources en eau naturelle renouvelables par habitant dans les différents Bassins élémentaires méditerranéens (entre 1995-2005)	33
Figure.V.2. Changement climatique dans les pays méditerranéen.....	35
Figure.V.3. Nombre d’habitants (ONS, 2008)	39
Figure. V.4. Production de l'eau de chaque commune en hm ³ /an	41
Figure .V.5. Consommation actuelle de chaque commune hm ³ /an.....	42

Chapitre VII : Modélisation et Simulation de la demande en eau

Figure.VII.1. Organigramme du fonctionnement du logiciel (Rakotondrabe, 2007)	48
Figure.VII.2. Schéma du modèle conceptuel de distribution des ressources en eau de sous bassin Oued Kébir Amont-Enndja	49
Figure.VII.3. Années des comptes courants 2007	50
Figure.VII.4. Scénario de référence globale	51
Figure V II.5. Scénario 1 : Accroissement de la population.....	52
Figure.VII.6. Scénario 2 : accroissement des surfaces agricoles	53
Figure.VII.7. Scénario 3 : diminution de la consommation de l’AEP.....	53
Figure.VII.8. Scénario 4 : diminution de la consommation élémentaire de l’eau d’irrigation .	54
Figure.VII.9. Demande en – site de demande agricole.....	55
Figure.VII.10. Scénario 5 : augmentation de la consommation en eau pour l’industrie	55
Fig.VII.11. Représentation des cinq scénarios (2007-2050)	56

Liste des tableaux

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

Tableau .I.1. La population de chaque commune (RGPH, 2008).....	6
Tableau .I.2. Superficie Agricole dans le sous-bassin d'oued Kébir Amont Enndja	7

Chapitre IV : Hydroclimatologie

Tableau .IV.1. Précipitations moyennes mensuelles (2003-2017)	19
Tableau .IV.2. Précipitations moyennes saisonnières (2003-2017)	20
Tableau .IV.3. Précipitations annuelles (2003-2017).....	21
Tableau .IV.4. Températures moyennes mensuelles (2003-2017).....	23
Tableau .IV.6. Indice d'aridité de De Martonne pour la station de Béni Haroun.....	25
Tableau .IV.7. Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE	26
Tableau .IV.8. Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite pour la station de Béni Haroun pour la période (2003-2017).....	28

Chapitre V : Gestion intégrée des ressources en eau

Tableau .V.1. Production de l'eau de chaque commune	40
Tableau .V.2. Consommation actuelle de chaque commune	41
Tableau .V.3. Surface irriguée dans le sous bassin	43
Tableau .V.4. Besoins en eau dans la zone industrielle (commune de Ferdjioua).....	43

Table Des Matières

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	I
Abstract	II
ملخص.....	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	VI
Table de matière	VII
Introduction Générale.....	01

Chapitre I : Caractéristiques générales de la région d'étude

I.1. Introduction.....	03
I.2. Situation de sous bassin Oued Kébir Amont –Enndja.....	03
I.3. Réseau Hydrographique	05
I.4. Relief.....	05
I.5. Climat.....	05
I.6. Contexte socioéconomique.....	06
I.6.1. Population.....	06
I.6.2. Agriculture.....	06
I.7. Conclusion.....	07

Chapitre II : Le cadre géologique

II.1. Géologie régionale	08
II.1.1. Introduction	08
II.1.2. Domaine interne.....	08
A. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes.....	09
A.1. L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K)	09
A.2. Les Olistostromes	09
B. Dorsale kabyle.....	09
B.1. Dorsale interne.....	09
B.2. Dorsale externe.....	09

Table Des Matières

C. Formations de types flyschs.....	9
C.1. Le Flysch Mauritanien.....	9
C.2. Le flysch Massylien.....	10
C.3. Le flysch Numidien.....	10
II.1.3. Domaine externe.....	11
II.1.3.1. Les unités ultra-telliennes.....	11
II.1.3.2. Les unités telliennes sensu-stricto.....	11
II.1.3.3. Les unités pénitelliennes.....	12
II.1.3.4. Domaine de l'avant pays.....	12
II.1.3.4.1. L'Avant pays allochtones.....	12
a)Les unités Sud-Sétifiennes.....	12
b)Les unités néritiques constantinoises.....	12
c)Les unités des Sellaoua.....	12
II.1.3.4.2. L'Avant pays autochtones.....	12
II.2. Géologie locale.....	13
II.2.1. Introduction.....	13
II.2.1.1. Le Trias.....	13
II.2.1.2. Le Jurassique.....	13
II.2.1.3. Le Crétacé.....	13
II.2.1.4. Le Paléocène et l'Eocène.....	13
II.2.1.5. Le Mio-Pliocène.....	13
II.2.1.6. Quaternaire.....	13
I. II.3. Conclusion.....	14

Chapitre III : Le cadre hydrogéologique

III.1. Introduction.....	15
III.1.1. Le bassin néogène de Constantine-Mila (DII).....	15
III.1.2. Le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII).....	15
III.1.3. Le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV).....	15
III.2. Les aquifères du sous bassin Oued Kébir Amont-Enndja.....	16
III.2.1. L'aquifère jurassique.....	17

Table Des Matières

III.2.2. L'aquifère du Crétacé.....	17
III.2.3. l'aquifère du Villafranchien.....	17
III.2.3.1. Description de l'aquifère.....	17
III.2.3.2. Le Substratum.....	17
III.2.3.3. L'alimentation.....	17
III.2.3.4. L'Exutoire.....	18
III.2.3.5. Les paramètres hydrodynamiques.....	18
III.3. Conclusion.....	18
Chapitre IV : Hydroclimatologie	
IV.1. Introduction.....	19
IV.2. Précipitation.....	19
IV.2.1. Précipitations moyennes mensuelles	19
IV.2.2. Précipitations saisonnières.....	20
IV.2.3. Précipitations annuelles.....	21
IV.3. Température.....	22
IV.4. Diagramme Ombro-thermique.....	24
IV.5. Les indices climatiques.....	24
IV.6. Estimation des paramètres du bilan hydrologique	25
IV.6.1. Calcule de l'évapotranspiration	26
IV.6.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)	26
IV.6.1.2. L'évapotranspiration réelle(ETR).....	27
a) Selon THORNTHWAITE.....	27
b) Selon Turc	29
c) Selon Coutagne	29
IV.7. Exploitation de bilan hydrologique.....	30
IV.7.1. Ruissellements (R).....	30
IV.7.2. Infiltration (I).....	30
IV.8. Conclusion	31
Chapitre V : Gestion intégrée des ressources en eau	
V.1.Introduction.....	32

Table Des Matières

V.2. Le problème de l'eau.....	32
V.2.1. Le problème de l'eau dans le monde.....	32
V.2.2. Le problème de l'eau en méditerranée.....	32
V.2.3. Le problème de l'eau en Algérie.....	33
V.2.3.1.Changement climatique	34
V.4. Contexte et historique de la GIRE	35
V.4.1. Conférence des Nations Unies sur l'environnement en 1972 (Stockholm)....	35
V.4.2. Conférence des Nations Unies sur l'Eau en 1977 (Mar delPlata)	36
V.4.3. Conférence de Dublin en 1992	36
V.4.4. Sommet "Planète Terre" de Rio de Janeiro en 1992.....	36
V.5. Avantages de la GIRE	37
V.5.1. Les avantages environnementaux.....	37
V.5.2. Les avantages agricoles.....	38
V.6. Problématique de l'eau dans le sous-bassin Kébir Amont-Enndja	38
V.6.1. Demande en eau potable (AEP)	39
V.6.2. L'approvisionnement en eau potable.....	40
V.6.3. Besoins en eau d'irrigation dans le périmètre d'Oued Kébir Amont- Enndja.	43
V.6.4. Besoins en eau pour l'industrie.....	43
V. Conclusion	44

Chapitre VI : Modélisation et simulation de demande en eau

VI.1. Introduction.....	45
VI.2. Water Evaluation And Planning system (WEAP).....	45
VI.3. Les étapes d'application WEAP.....	45
VI.4. Analyse du scénario.....	46
VI.5. Calibrage du modèle.....	46
VI.5.1. Création d'une zone d'étude.....	46
VI.5.2. Création des hypothèses clés de références.....	46
VI.5.3. Hypothèses clés.....	47
VI.5.4. . Références	47
VI.5.5. Proposition des Scénarios.....	47

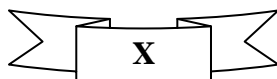


Table Des Matières

VI.5.6. Saisie des données.....	47
VI.6. Schématisation du modèle conceptuel.....	49
VI.7. Modèle des comptes courants	50
VI.8. Scénario de référence.....	50
VI.9. Résultat de simulation du scénario des comptes actuels	51
VI.9.1. Simulation des scénarios “Et qu'est-ce qui se passerait si? ”.....	51
VI.9.2. Hypothèses clés des scénarios “Et qu'est-ce qui se passerait si? ”.....	52
VI.10. Résultat de simulation des cinq scénarios.....	52
VI.10.1. Scénario 1: Accroissement de la population.....	52
VI.10.2. Scénario 2 : accroissement des surfaces agricoles.....	53
VI.10.3. Scénario 3 : diminution de la consommation de l’AEP.....	53
VI.10.4. Scénario 4 : diminution de la consommation élémentaire de l’eau d’irrigation.....	54
VI.10.5. Scénario5 : augmentation de la consommation en eau pour l’industrie.....	55
VI.11. Conclusion.....	57
VII. Conclusion Générale et Recommandations.....	58
Références bibliographiques	
Annexe	



Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est la force conductrice de la nature, la santé et le bien-être de l'humanité. A l'heure actuelle, elle constitue, la source naturelle la plus indispensable et la plus menacée. Il occupe les trois quarts de la surface du globe et représente le constituant inorganique prépondérant de la matière vivante en constituant 90%.

L'eau est une ressource vitale pour le développement démographique et économique de la planète et sa problématique ne se pose pas dans les mêmes termes selon le niveau de développement économique social et politique atteint par les différents pays.

En Algérie, l'eau a été hissée au rang de priorité nationale depuis plus d'une décennie. Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans la région Nord, avec 10 milliards de m³ de ressources superficielles. L'exploitation de ces ressources en eau est très intense avec les besoins grandissants liés à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels (AEP, l'industrie et l'irrigation).

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).

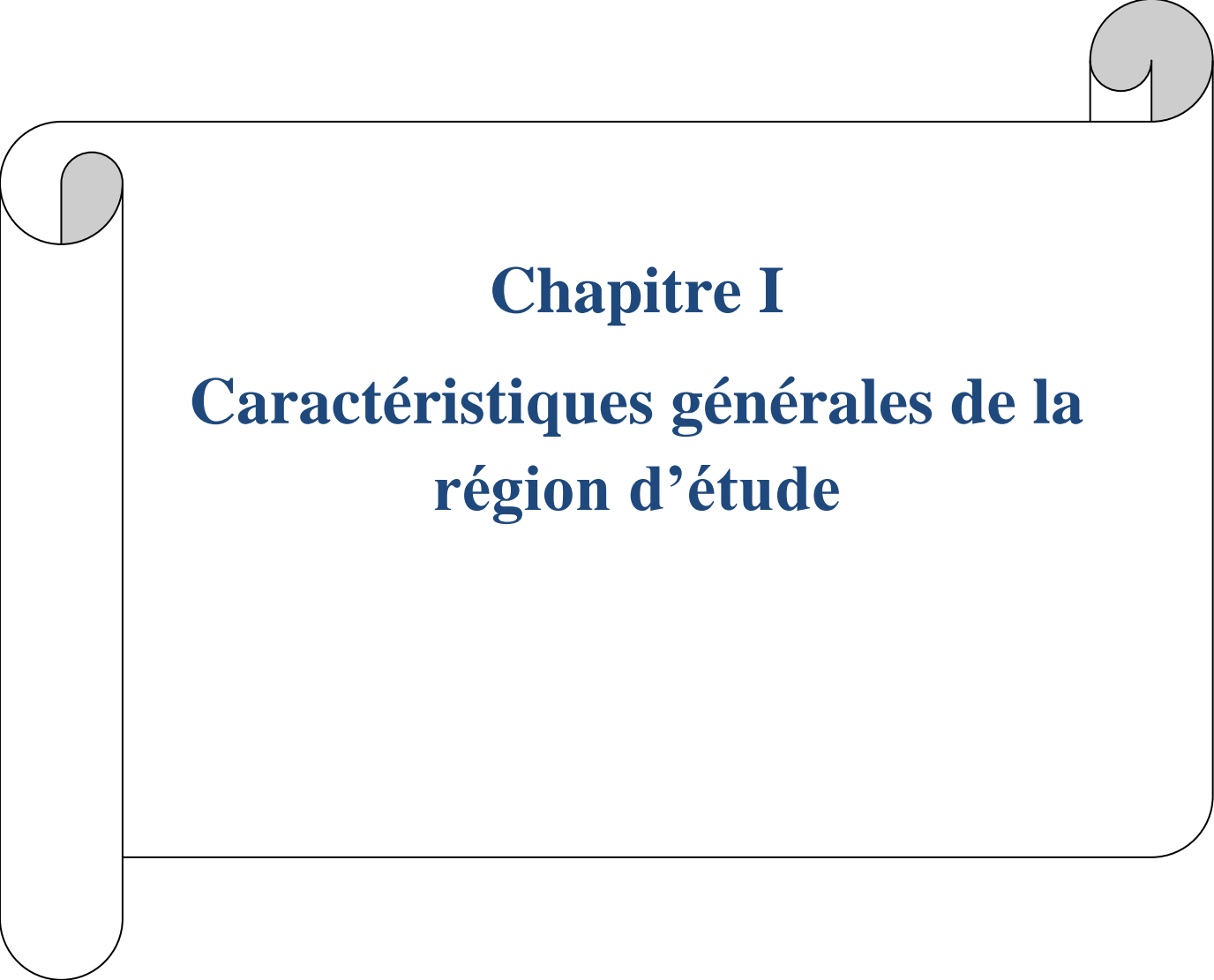
Introduction Générale

Notre étude sur le sous-bassin de Oued Kébir Amont-Enndja a pour objectif, l'identification des caractéristiques du bassin, la quantification de ces ressources en eau et la l'estimation de sa demande en eau future. Notre sous-bassin fait partie de la wilaya de Mila.

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 sous-bassin.

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

- Le premier chapitre décrit les caractéristiques du sous bassin du l'oued Kébir amont-Enndja qui est l'un des sous-bassin du Kébir-Rhumel qui appartient à la région du Constantinois-Seybouse-Mellègue, 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 intégrée des ressources en eau (GIRE) et explique la problématique de l'eau dans le sous-bassin de l'Oued Kébir Amont-Enndja.
- Le sixième chapitre représente le travail opérationnel et le plus intéressant consistant en la réalisation d'un modèle et la simulation de la demande en eau du sous-bassin de l'Oued Kébir Amont-Enndja par un moyen d'aide à la décision relativement robuste et utilisé mondialement, qui est le WEAP.
- Et finalement, on termine par une conclusion générale et des recommandations.

A decorative border resembling a scroll, with a grey shaded area on the left side and a grey shaded area at the top right corner.

Chapitre I

Caractéristiques générales de la région d'étude

I.1. Introduction

La Terre est recouverte à plus de 70% d'eau. Depuis qu'elle est apparue sur Terre, il y a 4 milliards d'années, la quantité d'eau présente sur la planète est restée inchangée. L'eau possède des propriétés extraordinaires qui ont permis en particulier le développement de la vie sur Terre.

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement (Benayache, 2014).

En Algérie l'eau a été hissée au rang de priorité nationale depuis plus d'une décennie. Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans la région Nord, avec 10 milliard de m³ de ressource superficielles.(Benayache, 2014).

I.2. Situation de sous-bassin Oued Kébir Amont –Enndja

Le sous bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja représente un des sous bassin du grand bassin Kébir-Rhumel (Fig. I.1) .Il est limité au nord par Kébir- maritime, à l'est par le sous bassin Semendou et sous bassin Rhumel segeune, à l'ouest par O.Kebir Dechamche-Kébir amont .Sa superficie de 2160km² avec une population de 305 434 habitants (RGBH ,2008).

Ce sous-bassin couvre une grande partie de la wilaya de Mila (Ferdjioua, Ain El Beida Ahriche,DerradjiBouslah, Yahia Ben Guecha, Bouhatem, Sidi Merouane, Chigarra, Tessala, Rouached, Terrai Beinen, Radjas Oued Enndja, Ahmed Rachedi, Tiberguent).

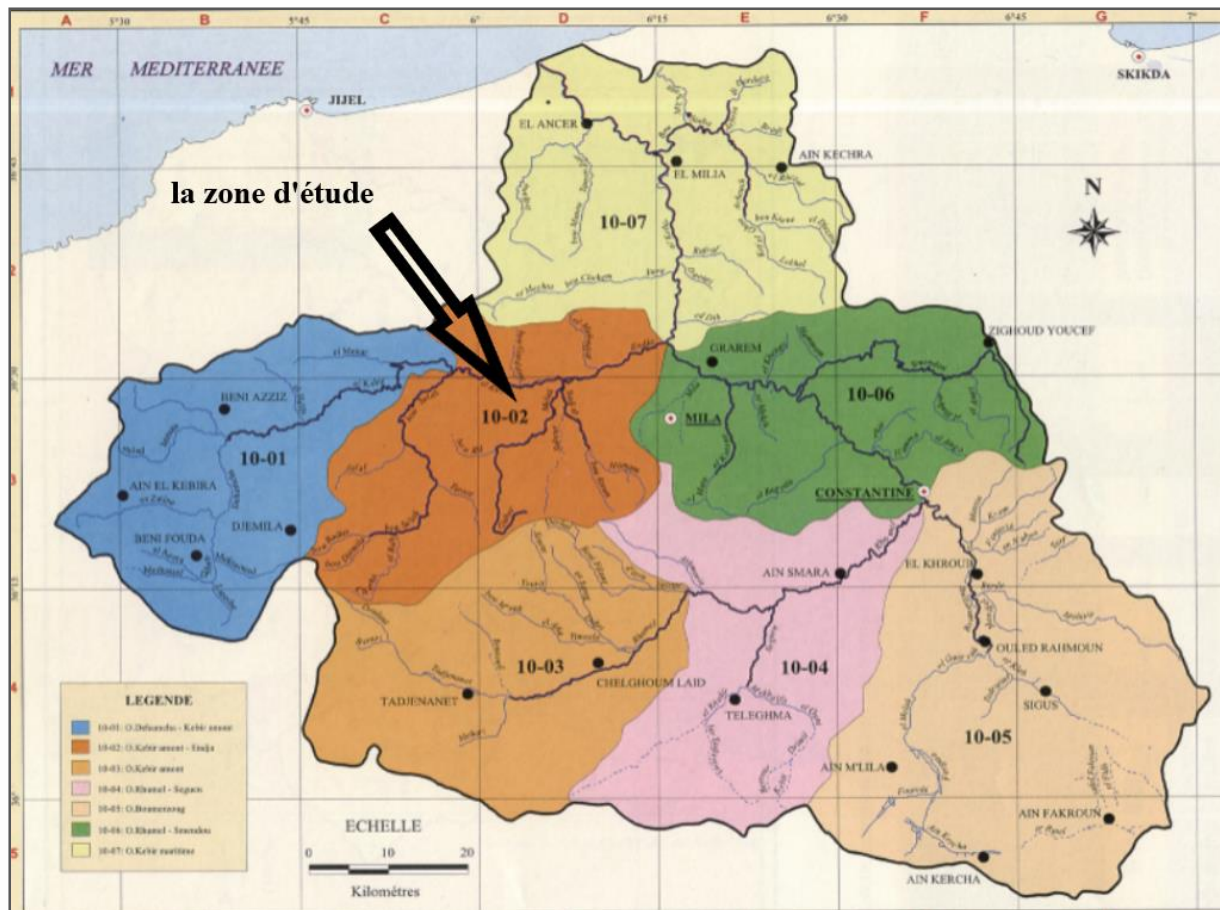


Figure I.1. Situation géographique du sous bassin Kébir Amont-Enndja

I.3. Réseau hydrographique

Le sous-bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja présente un chevelu hydrographique relativement dense avec son affluent le plus long Bouselah avec 40,2 km. Et son affluent principal Oued Enndja : d'un linéaire de 14,3 km, il prend naissance à la confluence de l'oued Kébir et l'oued radjas comme représente la (Fig. I.2). Son lit à une forme morphologique très intéressante du point de vue hydrogéologique.

Cependant, ces principaux cours d'eaux sont les suivantes : Redjas, Enndja, Azlaf, Mellah, terast, bouselah, Sabeur et El Mahadjar.

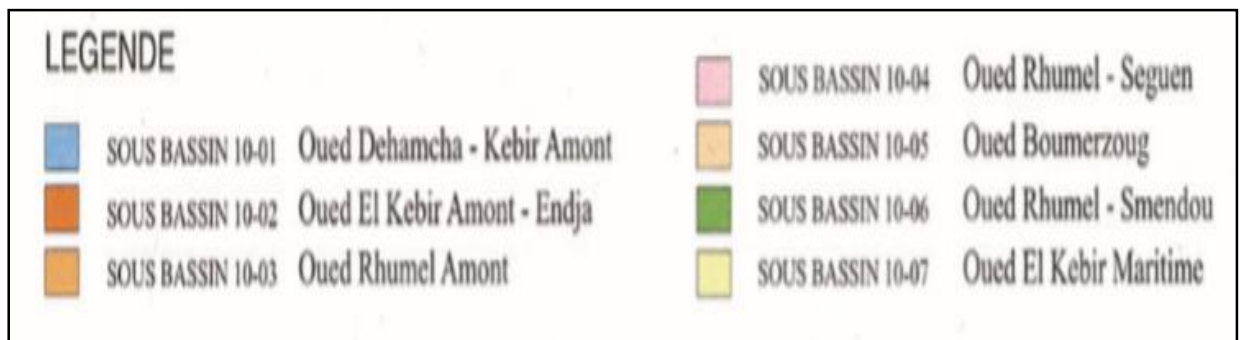
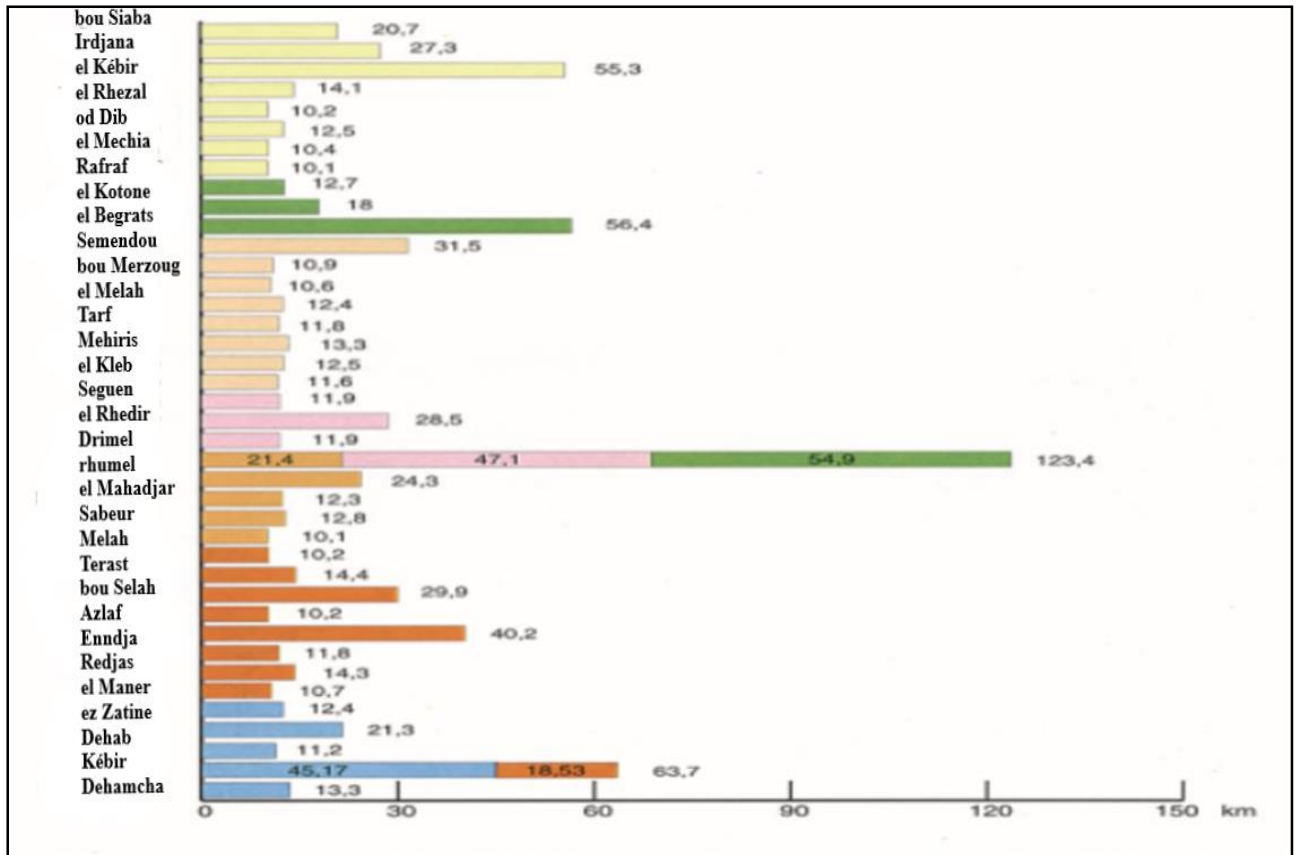


Figure. I.2. Graphe représente les Oueds du BV de Kébir-Rhumel (Cahiers de l'AGENCE ABH-CSM, N02)

I.4. Le relief

Le relief de la wilaya de Mila et particulièrement la région d'étude est structuré en trois ensembles morphologiques :

- Au nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées ;
- Au centre, un ensemble associant vallées – collines et piémonts, voire même quelques hauts versants ;
- Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines)(ANDI, 2013).

I.5. Climat

La région d'étude est régie par climat humide, pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie qui s'étend de Bouhatem à Ain Tine.

La pluviométrie varie entre 600 et 900mm au nord du sous bassin (920 mm sur le mont de M'sid Aicha),

I.6. Contexte socioéconomique

I.6.1. Population

La population totale dans le sous-bassin est estimée à 305 434 habitants (RGPH, 2008), répartie comme suit :

Tableau. I.1. La population de chaque commune (RGPH, 2008)

communes	population
Ahmed Rachedi	15 819
Ain Beida Ahriche	21 013
Amira Arrès	19 405
Bouhatem	20 277
Chigara	14 661
Derradji Bousselah	10 013
El ayadi Barbes	6 459
Ferdjioua	50 167
Oued Endja	19 739
Rouached	27 086
Sidi Merouane	23 088
Terrai Bainen	23 299
Tessala Ldematai	15 676
Tiberguent	9 282
Yahia Beniguecha	11 810
Zeghaia	17 638
total	305 434

I.6.2. Agriculture

La région de Mila et particulièrement la région d'étude connue comme étant une région à vocation agricole par excellence. Elle recèle d'importantes potentialités dans ce secteur. Le relief et le climat déterminent les activités dominantes : cultures céréalières et fourragères (avec une jachère largement pratiquée), arboriculture en zones montagneuses. L'élevage occupe une place importante dans l'activité agricole de la région (ANDI, 2013).

Cependant, la superficie agricole utile du sous bassin étudié est de 78521 hectares avec une superficie irriguée de 1778 hectares.

Tableau .I.2.Superficie Agricole dans le sous-bassin (ABH-CSM, 2007)

commune	Superficie Agricole Utile (ha)	Superficie irriguée (ha)
Ferdjioua	3662	234
Oued Enndja	5116	105
Ahmed Rachedi	6547	35
Tiberguent	4405	0
Bouhatem	7717	52
Rouached	5755	145
Tessala Lemtai	3362	85
Sidi Merouane	2454	46
Derradji Bouselah	9562	105
Amira Arres	5081	154
Terrai Beinen	4147	249
Zeghaia	3609	172
Ain El BeidAhriche	5182	141
Yahia Beni Guecha	2821	89
Chigara	1581	30
Totale	78521	1778

I.7.Conclusion

Le sous-bassin de l'Oued Kébir Amont-Enndja représente un des sous-bassins du grand bassin Kébir-Rhumel. Il est limité au nord par le Kébir maritime, à l'est par le sous-bassin du Semendouet par le sous-bassin du Rhumel-Segeune, à l'ouest par Oued Dechamcha-Kébir amont. Sa superficie est de 2160 km² avec une population de 305 434 habitants (RGPH, 2008).

Le relief de la wilaya de Mila et particulièrement la région d'étude est structuré en trois ensembles morphologiques.

La région d'étude est régie par un climat humide, pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie qui s'étend de Bouhatem à Ain Tine.

C'est une région à vocation agricole par excellence. Elle recèle d'importantes potentialités dans ce secteur.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top. The scroll is outlined in black and has three grey-shaded circular elements representing the rolled-up ends of the scroll: one at the top-left corner, one at the top-right corner, and one at the bottom-left corner.

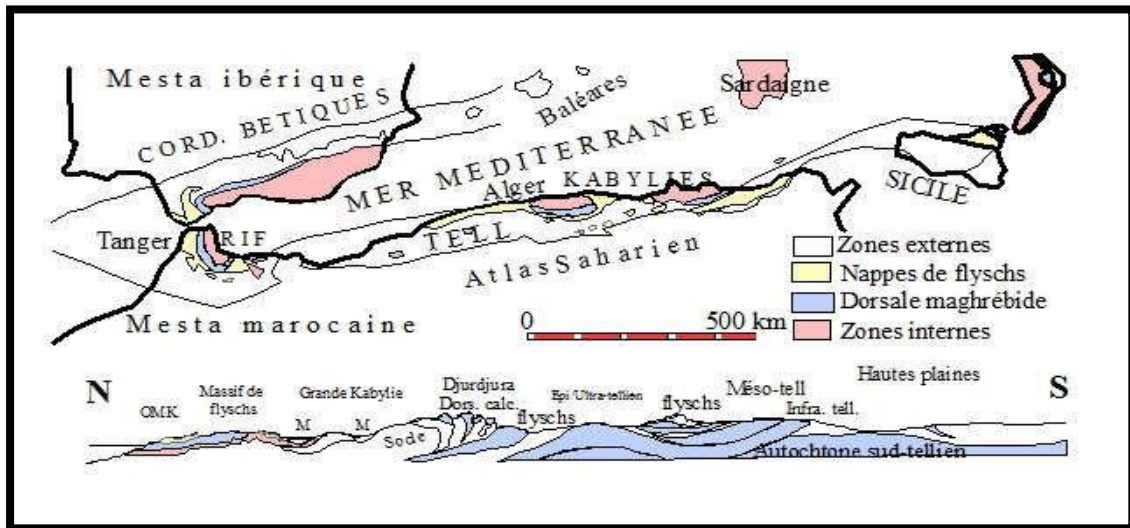
Chapitre II

Le cadre géologique

II.1. Géologie régionale

II.1.1. Introduction

La chaîne alpine d'Algérie Nord orientale sur le rif et constitue la chaîne tello-rifaine (Wildi, 1983) qui représente le segment occidental de la chaîne des maghrébides (M. Durand-Delga et J. Aubouin, 1971 ; Durand-Delga, 1980). Cette chaîne alpine s'étend sur plus de 2000km. On y distingue de nord vers le sud (Fig. II.1).



F

figure. II.1 : carte et coupe structurale de la chaîne maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes (M. Durand Delga et Font bote ; 1980)

II.1.2. Domaine interne

Le Domaine interne Correspond au socle cristallophyllien et sa couverture sédimentaire carbonatée (dorsale kabyle); Le socle est constitué de formations cristallophylliennes d'âge Paléozoïque (Delga, 1969; Raoult, 1974), subdivisé en deux grandsensembles:

- Un ensemble Gneissique, à intercalation de marbre, ayant cristallisé dans les conditions du faciès granulites (KornProst et al, 1977).
- Un complexe Phylladique au sommet qui montre de bas en haut:
 - a) Schistes noirâtres, montrant à leur base un conglomérat dissocié remaniant les phyllades sous-jacents.
 - b) Psammites rouges et vertes à Graptolite.
 - c) Grès calcaires à Tentaculites.
 - d) Calcaires à Orthocères.

Cet ensemble supérieur est surmonté en discordance par des formations Siluriennes (Durand Delga, 1969). Par endroits, le socle kabyle forme un ensemble charrié sur les terrains Mésozoïques et tertiaires (Bouillin, 1977).

Dans le domaine interne On distingue:

- A. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes
- B. Dorsale kabyle
- C. Formations de types flyschs

A. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes

A.1. L'Oligo-Miocène Kabyle(O.M.K)

Constitue la couverture sédimentaire transgressive du socle kabyle (*Raoult, 1975*). Il s'agit de formations détritiques comportant trois termes:

- Conglomérat à la base, reposant en discordance sur les formations du socle kabyle.
- Grès micacés à débris provenant du socle kabyle associés à des pélites micacés.
- Pélites et Silexites à radiolaires et diatomées.

A.2. Les Olistotromes

Sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch intercalées avec des passées grés-micacées. Ces formations d'âge probable Aquitanien-Burdigalien inférieur (*Bouillin, 1977*), reposant sur les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle.

B. Dorsale kabyle

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

B.1. Dorsale interne

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

B.2. Dorsale externe

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

C. Formations de types flyschs

Ce sont des formations sédimentaires allochtones d'âge Crétacé à Eocène (Fig. II. 2), sont subdivisées en:

C.1. Le Flysch Mauritanien

Qui sont épaisses et datées du Néocomien jusqu'au Lutétien. Au Néocomien, elles sont pélito-calcaro-gréseuses à pélito-gréseuses. Le sommet de ces formations se termine par des Turbidites calcaireuses. (*Gelard, 1969*). Dans le Nord Constantinois, le flysch de type

Mauritanien d'âge Lutétien comporte un substratum Triasico-Jurassique, riche en calcaire à radiolarites, des micros brèches à ciment spathique riche en quartz détritique et parfois des microconglomérats du Sénonien et se termine par une couverture grés-micacée d'âge Priabonien-Oligocène, (Bouillin, 1977).

C.2. Le flysch Massylien

Les formations du flysch massylien sont essentiellement péliito-quartziques, (Raoult, 1969-1972). Ces flyschs comportent une série qui va du Crétacé inférieur à l'Eocène, montrant au Cénomaniens des niveaux de phanites et des bancs calcaires à microfaune pélagique du Turonien-Cénomaniens. Par-dessus ces formations s'observe un Campanien supérieur argileux, à blocs variés et à intercalations gréseuses. Enfin, le Campanien supérieur et le Maestrichtien correspondent à un flysch à micro brèches calcaires en lits centimétriques à décimétriques, (Bouillin, 1977).

C.3. Le flysch Numidien

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

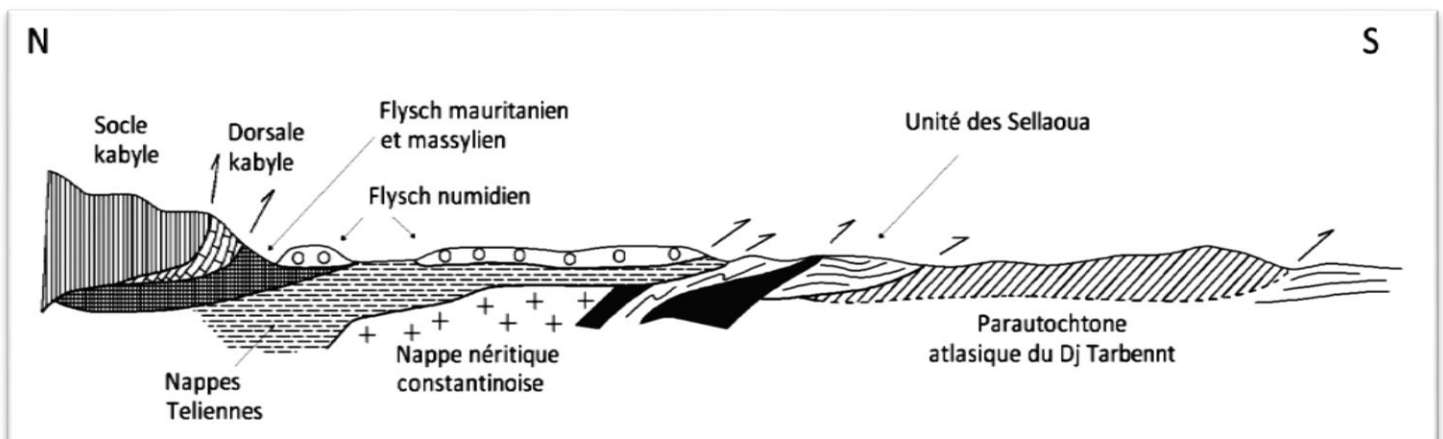
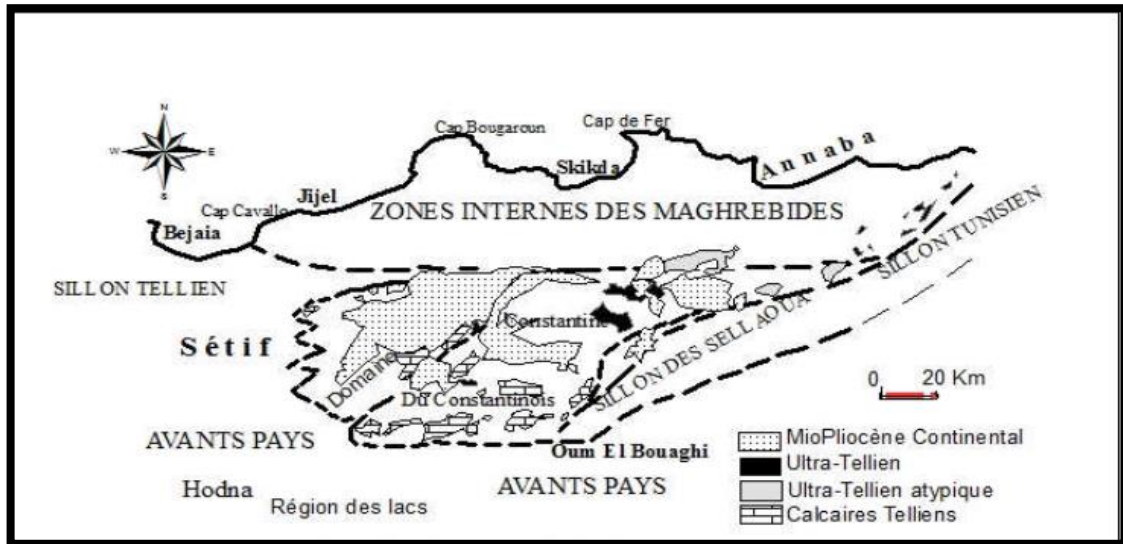


Figure II.2: Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (Région du Constantinois) (M. Durand Delga, 1969)

II.1.3. 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.3).



FigII.3: Carte schématisque des différents domaines paléogéographiques (J.C. Lahondère, 1977)

II.1.3.1. Les unités ultra-telliennes

Les unités ultra-telliennes sont largement développées dans le Constantinois. Ces unités déposées sur sa marge septentrionale, sont caractérisées par des faciès micritiques clairs d'âge Crétacé à Eocène (*Durand Delga, 1969*). Il s'agit de séries épaisses à dominante marneuse et marno-calcaire, d'âge allant du Néocomien au Lutétien avec une composante détritique au Sénonien. L'Yprésien est calcaire et l'éocène comporte trois termes:

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

II.1.3.2. Les unités telliennes sensu-stricto

Elles regroupent les unités épi, méso et infra telliennes (*Keiken, 1962*). Ces unités correspondent aux formations carbonatées du Jurassique, souvent dolomitisées et surmonté de calcaire plus ou moins massif, du Valanginien au 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 du carbonaté à silex. Quant à l'Oligocène, il affleure très peu, il s'agit de marnes contenant une passée gréseuse (*Coiffait, 1992*).

II.1.3.3. Les unités pénitelliennes

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

II.1.3.4. 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 (*J.M. Vila, 1980*).

II.1.3.4.1. 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 J. M. Vila (1980), elles sont caractérisées par des séries Mésozoïques de plateforme subsidante, qui admettent 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 2000m. 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 de grès fins qui débute au Valanginien et se poursuit par une couverture tertiaire peu épaissie du paléocène au Lutétien supérieur et localement jusqu'à l'Oligocène. Quant à l'Yprésien, il est carbonaté et riche en nummulites (*P. E. Coiffait, 1992*).

II.1.3.4.2. L'Avant pays autochtones

L'ensemble est représenté par les Monts du Hodna, les Monts de Batna et les Massifs des Aurès. Il se distingue 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. Géologie locale

II.2.1. Introduction

Le bassin néogène de Mila est limité au Nord par l'arête montagneuse du M'cid Aicha et 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 (Fig II.3). 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.2.1.1. 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.2.1.2. Le Jurassique

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

II.2.1.3. 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 (Fig. II.4) 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.

II.2.1.4. 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.2.1.5. 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.2.1.6. 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 (Fig. II.4)

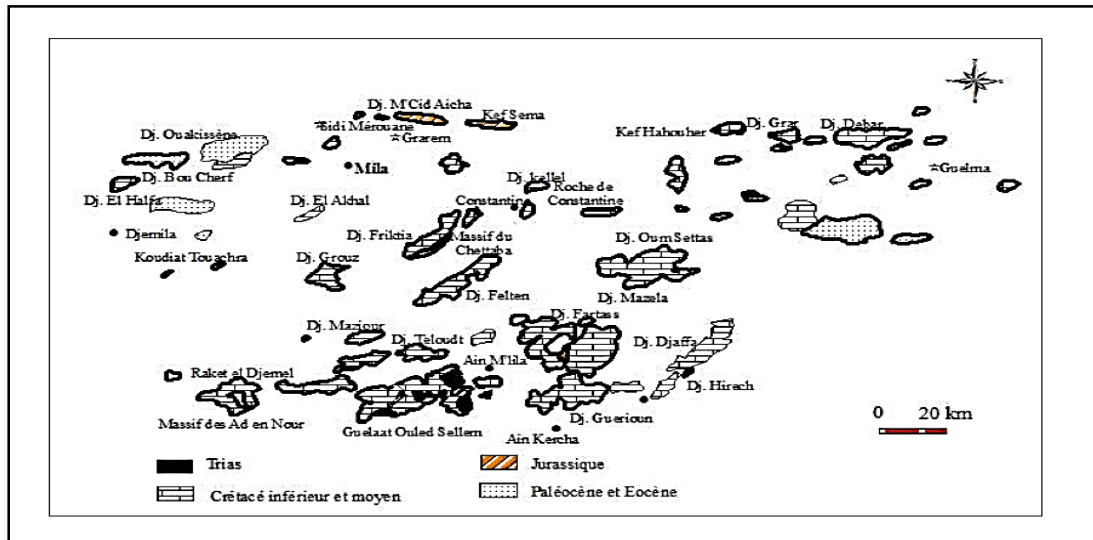


Figure .II.4. Principaux affleurements des séries néritiques constantinoises (D'après J.M. Vila, 1980)

II.3. Conclusion

Sur le plan régionale, la région d'étude 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. Et sur le plan locale elle 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.



Chapitre III
Le cadre hydrogéologique

III.1. Introduction

D'après Mebarki (1988), l'hétérogénéité géologique du bassin versant engendre des influences différentes sur le régime des cours d'eau conjointement à celles dues à la répartition des précipitations.

L'oued Kébir-Rhumel, long de 200 km, draine de la source à la mer, cinq grands domaines géologiques et hydrogéologiques très différents (Fig. III.1) :

1. le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI)
2. le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)
3. le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII)
4. le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)
5. le domaine du socle granitique et cristallophyllien de la petite Kabyle d'El Milia (DV).

Dans cette étude on s'intéresse seulement à trois domaines dans sa majorité par les formations aquifères de la zone DIII, d'une petite partie de la zone DII et d'une partie très réduite au nord des formations aquifères de la zone D IV (Fig.III.1).

III.1.1. le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)

Ce bassin Mio-pliocène et 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.1.2. le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII)

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). Les sources issues des niveaux calcaires les plus épais ont un débit relativement faible, exceptée la source faiblement thermique de Ain Hammam (21°, 150 l/s).

Les débits de l'Oued Kébir Amont-Enndja sont contrôlés par la station de Douar Tassadane.

III.1.3. le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)

Au Nord de Grarem. Il est constitué essentiellement de grès numidiens sous lesquels apparaissent des calcaires jurassiques très tectonisés de la dorsale kabyle. Ces calcaires donnent naissance à des émergences à débit non négligeable.

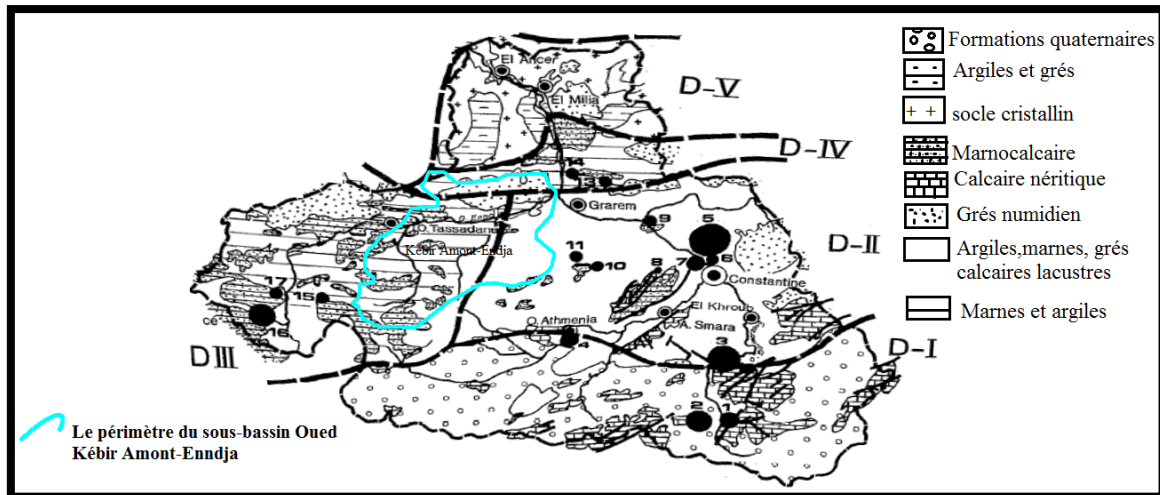
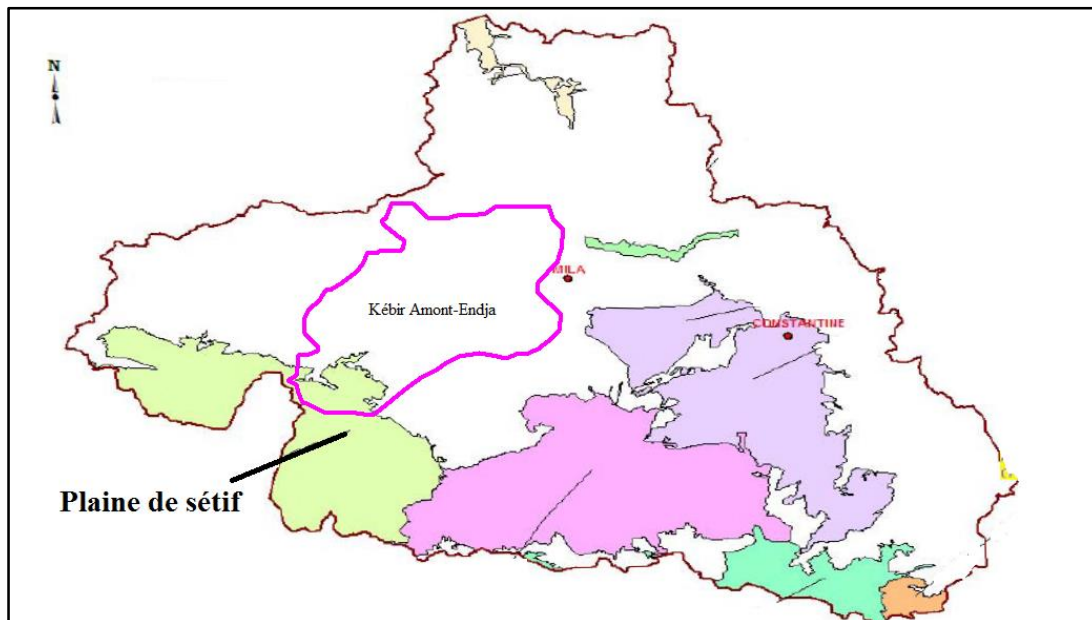


Figure.III.1. Oued Kébir Amont-Enndja dans le grand bassin Kébir Rhumel

III.2. les aquifères du sous-bassin Oued Kébir Amont-Enndja

D’après le Plan National de L’eau (PNE, 2010) l’aquifère qui caractérise cette région et celles des plaines Sétifiennes (Fig.III.2) qui 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.



Le périmètre du sous-bassin Oued Kébir Amont-Enndja

Figure.III.2. Aquifères du bassin du Kébir Rhumel

III.2.1. L'aquifère jurassique

Il est constitué par les calcaires et les dolomies du Jurassique supérieur et moyen qui reposent sur des marnes et des marno-calcaires du Lias supérieur. Ces formations affleurent largement dans le Djebel Youcef, et plongent ensuite rapidement sous la couverture Mio-plio-quadernaire pour atteindre des profondeurs de l'ordre de 1000 m au nord et au sud du Djebel.

Cet aquifère à porosité de fracture et de chenaux ne peut être exploité qu'aux pieds des massifs. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 200m.

Le substratum de cet aquifère est formé de marnes et de marno-calcaires du Lias supérieur.

L'alimentation s'effectue principalement par impluvium.

III.2.2. 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 Zdimm constituent deux aquifères séparés à porosité de fracture et de chenaux qui peuvent être exploités près des affleurements.

Le substratum de l'aquifère albo-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.

III.2.3. l'aquifère du Villafranchien

III.2.3.1. Description de l'aquifère

Dans la région de Mezloug, 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 deGuellal, et augmente légèrement vers le nord (40 m à Mezloug). Le reste des sédiments du Plio-quadernaire est constitué par des limons, sables et argiles.

Dans la région de Guellal, les calcaires lacustres sont captés par de nombreux forages. Cet écart de débit entre les deux forages captant la même formation géologique s'explique par le fait que dans la région de Mezloug, les calcaires sont plus compacts que ceux de Guellal. Outre les calcaires lacustres, les alluvions de l'Oued Guellal sont captées par plusieurs puits donnant des débits modestes. Un essai de débit de l'un de ces puits a permis de déterminer la transmissivité qui est de l'ordre de $1.8 \cdot 10^{-3}$ m/s et la perméabilité qui est d'environ $2 \cdot 10^{-3}$ m/s.

III.2.3.2. Le Substratum

Il est constitué de part et d'autre par des marnes et marno-calcaires appartenant à des différentes unités structurales citées dans la partie géologie.

III.2.3.3. L'alimentation

L'alimentation des nappes s'effectue par l'impluvium, représenté par les affleurements des calcaires lacustres et des alluvions, les cours d'eau notamment les oueds Guellal, Ben

Diab et Melah, ainsi que par les affleurements situés au niveau des reliefs (particulièrement Djebel Youcef et Zdimm).

III.2.3.4. L'Exutoire

L'écoulement des eaux de la nappe plio-quadernaire se fait suivant une direction S-SW à partir des zones montagneuses du nord avec des pentes dépassant 1 %. Le drainage se fait vers la plaine de Mezlug-Guellal sur un front d'environ 20 Km.

Dans la partie sud, les écoulements sont bloqués par la présence du diapir triasique qui constitue une barrière étanche. De ce fait, une partie des eaux converge vers Sebkhet Melloul et l'autre partie vers Chott El Melah. L'Exutoire est principalement constitué donc par les dépressions représentées par les sebkhas et Chotts qui forment des systèmes évaporatoires.

III.2.3.5. Les paramètres hydrodynamiques

L'interprétation des résultats des 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 $K = 6.10^{-5} \text{ m/s}$.

Outre les calcaires lacustres, les alluvions de l'Oued Guellal sont captées par plusieurs puits donnant des débits modestes. Un essai de débit sur l'un de ces 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^{-3} m/s (PNE, 2010).

III.3. Conclusion

D'après l'étude de Mebarki A. et Thomas C, 1988, l'hydrogéologie de la région d'étude s'intéresse dans sa majorité par les formations aquifères de la zone des domaines des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII) et d'une petite partie de bassin néogène Constantine-Mila (DII) et de domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV).

Les caractéristiques hydrogéologiques sont décrites d'après le PNE de 2010 que les principaux systèmes aquifères dans l'Oued Kébir Amont-Enndja sont celles des plaines Sétifiennes, formées essentiellement de :

- Le jurassique moyen et supérieur : Les calcaires et dolomies
- Le crétacé : Les calcaires, les calcaires organo-détritiques et lumachelliques, dolomies et grès
- Le villafranchien : Les calcaires lacustres.



Chapitre IV
Hydroclimatologie

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.Précipitations

Les précipitations constituent évidemment, le paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence, dans certaines régions, où le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations. (Saadoun, 2012).

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

Il est connu que la région de Mila est caractérisée par un climat de type méditerranéenne au nord au semi-aride au sud.

IV.2.1.Précipitations moyennes mensuelles

Notre étude est basée sur les données disponibles fournies par la station pluviométrique et thermométrique de Béni Haroun d'une série réduite allant de l'année 2003 à 2017, faute de la crise pandémique du COVID19 et du confinement qui nous a empêchées de se déplacer et de faire une bonne prospection afin de recueillir suffisamment de données.

Tableau.IV.1. Précipitation moyennes mensuelles (2003-2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
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

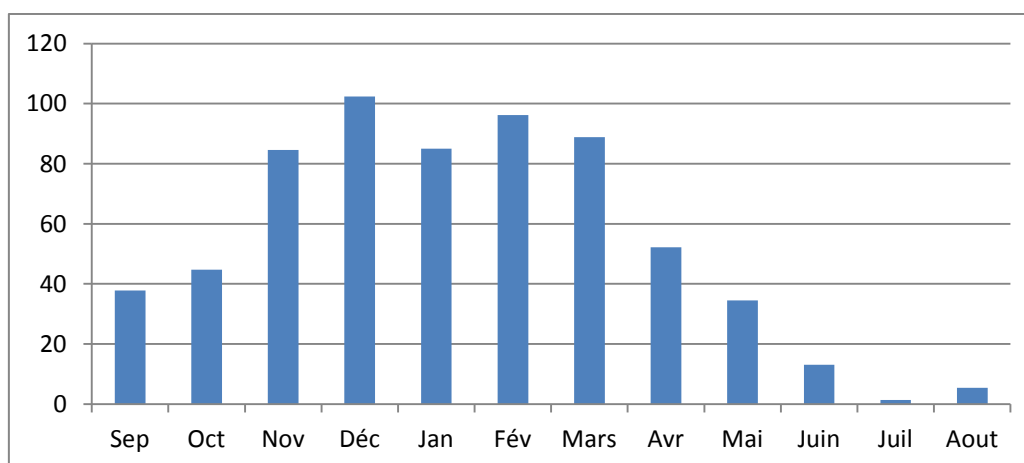


Figure. IV.1. Précipitations moyennes mensuelles

Discussion

A l'échelle mensuelle, on remarque que les mois les plus pluvieux sont ceux de décembre, février, novembre, janvier et mars avec un minimum de 84,58mm enregistré au mois de mars et un maximum de 102,42mm enregistré au mois de décembre. Par contre les mois les moins pluvieux sont ceux de juin, juillet et août avec un minimum de 1,32mm et un maximum de 13,1mm.

IV.2.2. Précipitations saisonnières

Tableau. IV.2. Précipitations moyennes saisonnières (2003-2017)

P	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations moyennes mensuelles (mm)	37,78	44,7	84,58	102,42	84,95	96,15	88,87	52,23	34,54	13,1	1,32	5,4
Précipitations moyennes saisonnières (mm)	167,06			283,52			175,64			19,82		
saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté		

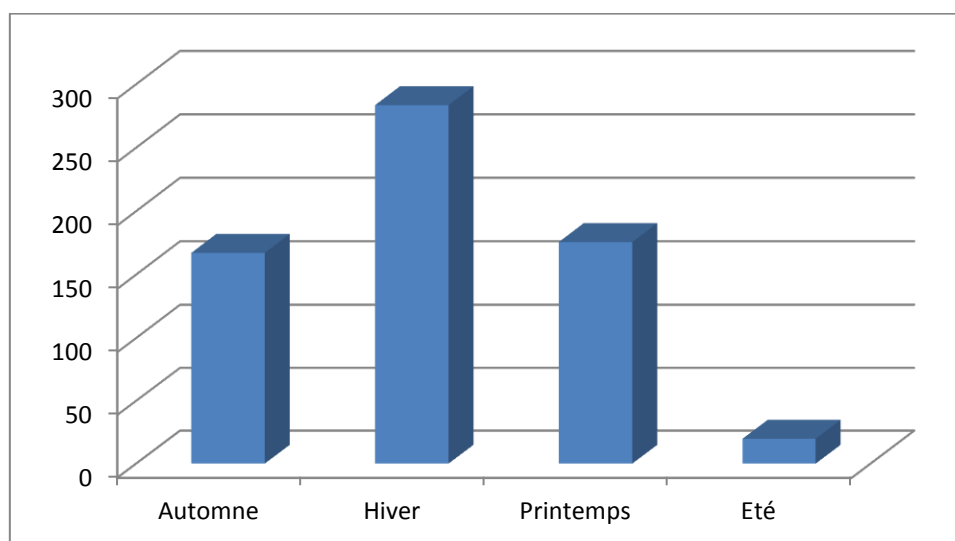


Figure.IV.2. Répartition saisonnière des précipitations

Discussion

La région d'étude se caractérise essentiellement par un hiver pluvieux avec une moyenne de 283,52 mm et un été sec avec une moyenne de 19,82 mm. Cependant, l'automne et le printemps connaissent des précipitations relativement moyennes allant de 167,06 mm à 175,64 mm.

IV.2.3.Précipitations annuelles

On rappelle que l'étude des précipitations annuelles a été effectuée à partir des données des périodes allant de 2003 à 2017 enregistrées à la station de Béni Haroun. Le choix de cette série assez longue de 15ans, vise à définir le régime pluviométrique en question et d'identifier la nature de la manifestation des années sèches de celles humides.

Tableau.IV.3.Précipitation annuelles (2003-2017)

Années	P annuelles (mm)
2003-2004	662,8
2004-2005	926,8
2005-2006	482,4
2006-2007	568,4
2007-2008	583,6
2008- 2009	701,5
2009- 2010	706,7
2010-2011	617,4
2011-2012	683
2012-2013	640,5
2013-2014	832,5
2014-2015	847,6
2015-2016	604,1
2016-2017	281,5
Moyenne annuelle	652,77

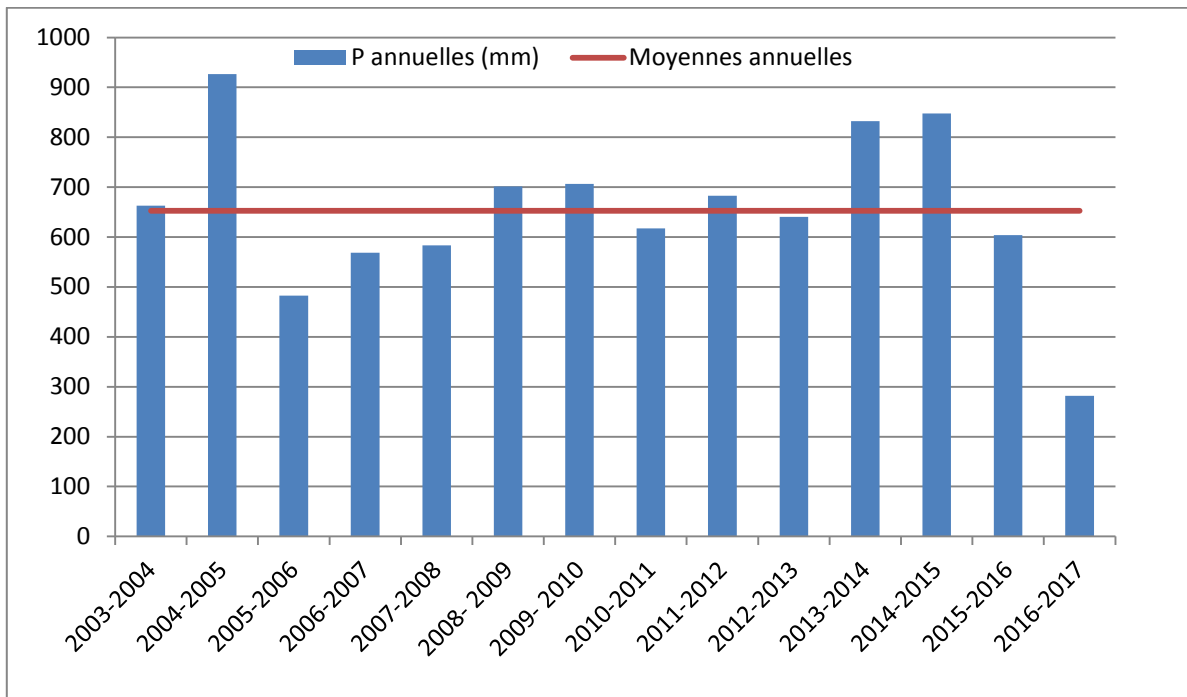


Figure .IV.3.Répartition des précipitations annuelles

Discussion

D'après le graphe au dessus, on remarque que les années déficitaires sont celles qui situées sous la ligne des moyennes annuelles. Par contre les années excédentaires sont toutes celles qui sont au-dessus de la ligne (moyennes annuelles).

IV.3.Température

Les températures moyennes, mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (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 qui nous intéresse spécialement d'autant plus que l'évapotranspiration atteint des valeurs importantes dans notre bassin notamment en saison chaude (Benchabane, 2015).

IV.4. Températures moyennes mensuelles (2003-2017)

mois	sep	Oct.	Nov	Déc	Jan	FIV	Mar	Avr	mai	Juin	juil.	Aout	Annuel
T moy mensuelles	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

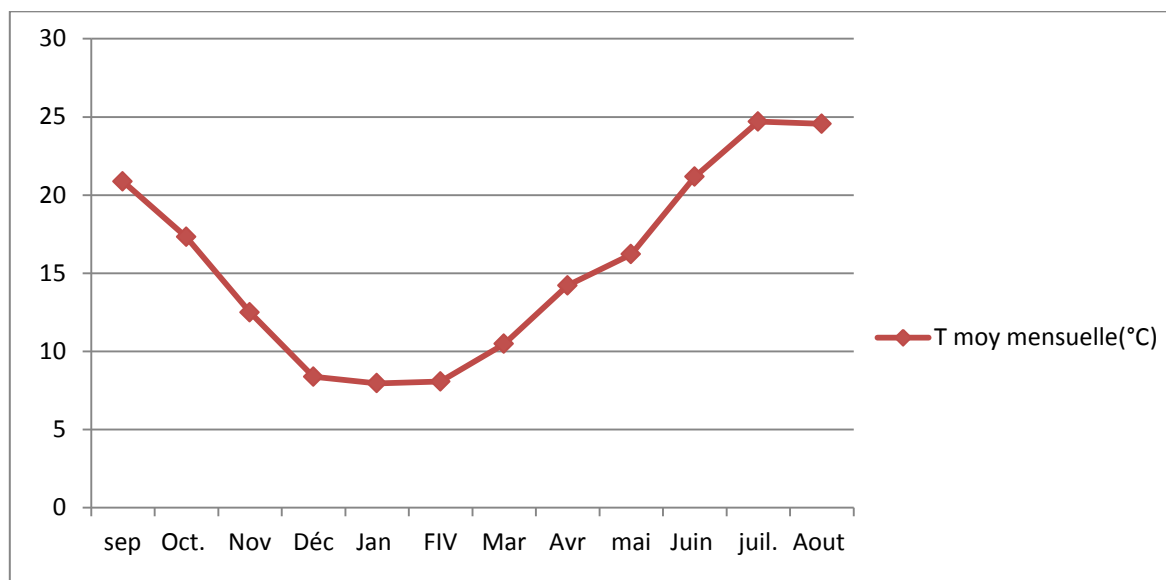


Figure.IV.4. Températures moyennes mensuelles

Discussion

Le diagramme ci-dessus montre les températures moyennes mensuelles pour une période de 14 ans (2003-2017).

Les données des températures mensuelles de la station permet de conclure que les températures sont relativement faibles en hiver (novembre, décembre, janvier, février et mars) et relativement élevées en été (septembre, juin, juillet et aout). Cependant, la température moyenne minimale est enregistrée au mois de janvier et la température moyenne maximale est enregistrée au mois d'aout.

IV.4. Diagramme Ombro-thermique

Le diagramme Ombro-thermique est établi selon la méthode de Gaussen et Bagnouls. 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 humide.

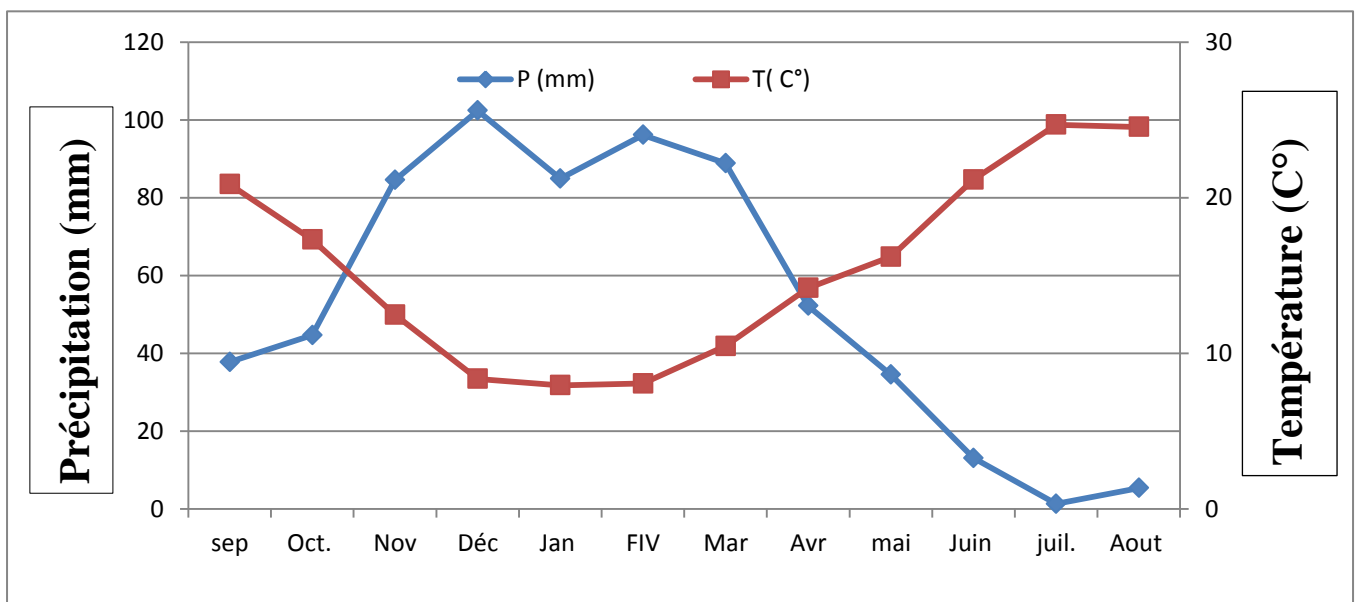


Figure. IV.5. Diagramme Ombro-thermique

D'après le diagramme ombro-thermique la période humide, débute au mois de octobre et s'étale jusqu'au mois de avril et la période déficitaire (sèche) s'étale au mois de mai jusqu'au mois d'août.

IV.5. Les indices climatiques

Dans le présent paragraphe nous essayons d'évaluer les indices climatiques et de classer la zone d'étude selon ces indices.

Il existe beaucoup de méthodes et de formules qui permettent d'évaluer les indices climatiques, nous citons celle de De Martonne, d'Emberger, de Moral, de Stewart et celle d'Euverte. Dans la présente étude nous avons utilisé seulement l'indice de De Martonne.

❖ 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 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 : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : température moyenne annuelle (°C).

Selon Martonne :

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

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

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

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

Pour $I > 20$: on est 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.

Tableau.IV.6. Indice d'aridité de De Martonne pour la station de Béni Haroun

Station	Période	P (mm)	T (°C)	I	Climat
Béni Haroun	2003-2017	646,06	15,54	25,29	Tempéré

Selon "De Martonne", une valeur de I supérieur à 20 caractérise un milieu tempéré.

IV.6.Estimation des paramètres du bilan hydrologique

L'établissement du bilan hydrologique selon Thornthwaite est primordial pour l'évaluation des réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région. Il est exprimé par la formule suivant :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

ETR : évapotranspiration réelle en mm ;

R : ruissèlement de surface en mm ;

I : infiltration en mm.

IV.6.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un transfert d'eau depuis la terre vers l'atmosphère par évaporation des eaux de surface et des sols par transpiration des végétaux.

IV.6.1.1. l'évapotranspiration potentielle (ETP)

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

La formule générale utilisée pour calculer l'ETP selon THORNTHWAITE est la formule suivant :

 **Formule de THORNTHWAITE :**

$$\mathbf{ETP = 16 (10 T / I)^a}$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en mm ;

T : température moyenne mensuelle (°C) ;

I: indicethermique annuel; $\mathbf{I = \sum i}$

i : indice thermique mensuelle.

$$\mathbf{i = (T / 5)^{1,514}}$$

a : exposant climatique.

$$\mathbf{a = 0,016 (I) + 0,5}$$

Ou : $\mathbf{ETPc = k * ETP}$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm) ;

ETPc : évapotranspiration corrigée en (mm) ;

K : facteur de correction.

D'après les données de la station de Béni Haroun : $\mathbf{I = 70,57}$ et $\mathbf{a = 1,63}$.

Tableau. IV.7.Calcul de l'ETP selon THORNTHWAITE

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Précipitations (mm)	37,78	44,7	84,58	102,42	84,95	96,15	88,87	52,23	34,54	13,1	1,32	5,4	646,06
Températures (C°)	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	2,02	2,06	3,06	4,86	5,93	8,88	11,22	11,12	70,57
ETP (mm)	93,57	68,99	40,53	21,11	19,41	19,89	30,40	50,01	61,99	95,78	123,15	121,93	746,75
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	-
ETP c (mm)	96,38	66,92	34,85	17,73	16,88	16,90	31,31	55,01	75,00	116,85	152,70	141,44	821,99

IV.6.1.2. l'évapotranspiration réelle(ETR)

L'évapotranspiration réelle ETR est la quantité d'eau qui s'évapotranspire réellement à partir du sol des végétations, et des surfaces d'eau libre.

Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes empiriques prenant en compte les précipitations et les températures.

a) Selon THORNTHWAITE

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU) ; cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes.

La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 (la RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérés, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm).

On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle, à partir de la pluie du mois P, de l'ETP et de la RFU.

Si $P > ETP$, alors : il reste un excédent ($P - ETP$) qui est affecté en premier lieu à la RFU, et, si la RFU est complète, à l'écoulement Q

Si $P < ETP$: on évapore toute la pluie et on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR soit : $ETR = P + (RFU, ETP - P)$

$RFU = 0$ ou $RFU + P - ETP$

Si $RFU = 0$, la quantité ($Da = ETP - ETR$) représente le déficit agricole, c'est-à-dire sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de la sécheresse.

Le Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite, pour la station de Béni Haroun pour la période 2003/2017.

Tableau. IV.8. Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite pour la station de Béni Haroun pour la période 2003/2017

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
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	646,06
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	821,97
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	/
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	415,23
Ex	0,00	0,00	0,00	34,44	68,07	79,25	57,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	239,32

L'évapotranspiration réelle calculée est de l'ordre de **406,38 mm**, d'où **62,90%** des précipitations.

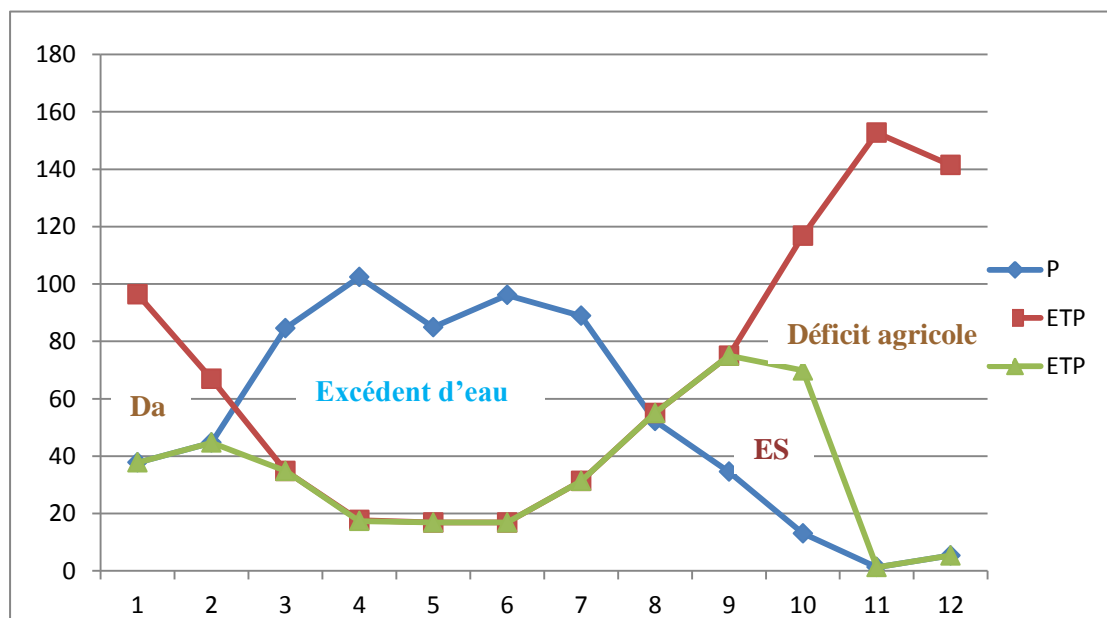


Figure .IV.6. Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

❖ Interprétation du bilan hydrique

Le graphique de la figure Permet de faire les observations suivantes :

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

L'ETP corrigée 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'étend sur la période sèche de l'année.

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

b) selon Turc

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

L= coefficient de température ;

P= Précipitation moyenne annuelle ;

$$L = 300 + 25 \times T + 0,05T^3 = 876,13.$$

$$ETR = 538,38 \text{ mm}$$

$$P = 646,06 \text{ mm}$$

c) Selon Coutagne

C'est une méthode qui fait intervenir les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes annuelles.

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

$$\text{Avec : } \lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 \times t} = 0,3272$$

$$ETR = 516,49 \text{ mm}$$

IV.7.Exploitation de bilan hydrologique

Pour le calcul des ruissellements, et des infiltrations on utilise :

Evapotranspiration potentielle : **ETP = 821,97mm.**

Précipitations moyennes annuelles : **P = 646,06mm.**

Evapotranspiration réelle : **ETR = 406,38 mm.**

IV.7.1.Ruissellements (R)

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

- Formule de Tixeront Berkaloff :

$$\mathbf{R = P^3 / 3(ETP)^2}$$

- Formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Romantchouk :

$$\mathbf{R = p^3/3 \text{ si } P > 600 \text{ mm}}$$

Dans notre étude: P= 646,06mm donc:

$$R = (646,06)^3 / 3 \quad \Rightarrow \quad R = 89,88\text{mm.}$$

L'application numérique de la formule donne un ruissellement égal à 89,88 mm soit 13,91 % des précipitations.

IV.7.2.Infiltration (I)

$$\mathbf{P=ETR+R+I}$$

L'application numérique de la formule donne :

$$I = P - (ETR+R) \quad \Rightarrow \quad I = 646,06 \text{ mm} - (406,38 \text{ mm} + 89,88 \text{ mm})$$

$$\mathbf{I = 149,8mm.}$$

Ce qui présente **23,18%** de précipitation, Cette valeur favorise l'alimentation des nappes.

IV.8.Conclusion

L'objectif de cette étude est d'identifier les caractéristiques hydroclimatologiques du sous-bassin étudié de la période 2003-2017.

Les principaux résultats sont les suivants :

- ✓ 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 646,06 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 821,97 mm et l'évaporation réelle (ETR) est estimée à 406,4 mm.
- ✓ Le facteur qui favorise l'alimentation des nappes, qui est l'infiltration est estimé à 23,18%.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends. The scroll is oriented vertically, with the top edge at the top of the page. The text is centered within the scroll's body.

Chapitre V
**Gestion intégrée des ressources
en eau**

V.1. Introduction

L'accès à l'approvisionnement en eau salubre et à un assainissement adéquat suit à peine le rythme de la croissance démographique au cours de la dernière décennie : 1,1 milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'eau salubre, un tiers de la population mondiale est privée d'eau potable, et près de 2,5 milliards n'ont pas d'installations adéquates d'assainissement (*Le soutien de la Commission européenne, 2010*).

La disponibilité en eau dans le monde cache mal les difficultés liées à une répartition inégale et à des problèmes de la demande, de l'augmentation de la pollution, de l'utilisation de l'eau, de changements climatiques, les conflits d'usages et les tensions nationales (amont/aval) ou internationales (cours d'eau partagés) pour le partage de la ressource. Pour faire face à ces préoccupations une meilleure gestion des ressources en eau doit être envisagée. Pour cela il faut une approche intégrée de gestion des ressources en eau, dont l'objectif sera de :

- planifier l'utilisation de la ressource, et pratiquer une politique d'économie de l'eau;
- impliquer les hommes et femmes équitablement, ensuite prévenir et gérer les conflits liés aux usages de l'eau ;
- satisfaire de façon globale les demandes légitimes et raisonnées (agriculture, électricité, usages domestiques, transports, industrie, loisirs, aquaculture, pêche...);
- préserver les écosystèmes et prévenir les risques (érosion, sécheresse, inondations) (*Le soutien de la Commission européenne, 2010*).

V.2. Le problème de l'eau

V.2.1. Dans le monde

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. En méditerranée

Riche de ses 460 millions d'habitants (2008), de son climat, de la diversité de ses territoires situés au carrefour de trois continents, de son patrimoine naturel et culturel et, bien entendu, de l'espace en partage que constitue la mer commune, la région Méditerranée, au sens des vingt deux(22) pays et territoires riverains, est une région où les questions environnementales et de développement se posent avec une particulière acuité(*Plan bleu 2009*).

En Méditerranée, l'eau demeure de nos jours une ressource de plus en plus rare, de ce fait, sa gestion reste un défi majeur pour le XXI^{ème} siècle compte tenu de l'accroissement démographique, des changements climatiques, des mutations économiques et sociales (*Plan bleu 2009*).

La demande en eau a augmenté ces cinquante dernières années dans de très fortes proportions. Dans les pays du pourtour méditerranéen, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps :

Les pays de la rive Sud ne reçoivent que 10 % du total des précipitations moyennes annuelles. La Méditerranée reçoit en moyenne seulement 3 % des ressources mondiales en eau, dont 1/10 proviennent de pays non méditerranéens. Ainsi le taux de dépendance vis à vis de ressources externes est particulièrement élevé dans quelques pays : 97 % en Egypte (Nil), 55 % en Israël (Jourdain, Mountain Aquifères) et 43 % en Syrie (Euphrate) (*Plan bleu, 2009*).

Des pénuries d'eau, conjoncturelles ou structurelles, sont constatées. La population méditerranéenne « pauvre » en eau (Maroc, Egypte, Chypre et Syrie), c'est-à-dire celle des pays bénéficiant de moins de 1000 m³ par habitant et par an de ressources en eau renouvelable s'élève actuellement à 180 millions d'habitants. La population en situation de pénurie, c'est-à-dire disposant de moins de 500 m³/habitant/an s'élève à 60 millions d'habitants (Malte, Libye, Territoires palestiniens, Israël, Algérie et Tunisie). Ces pays du Sud et de l'Est enregistrent un déficit de ressources en eau renouvelables de 160 % pour satisfaire les 1700 m³/habitant/an, seuil considéré comme quantité minimale d'eau nécessaire pour répondre pleinement aux besoins des populations (Fig.V.1) (*Plan bleu, 2009*).

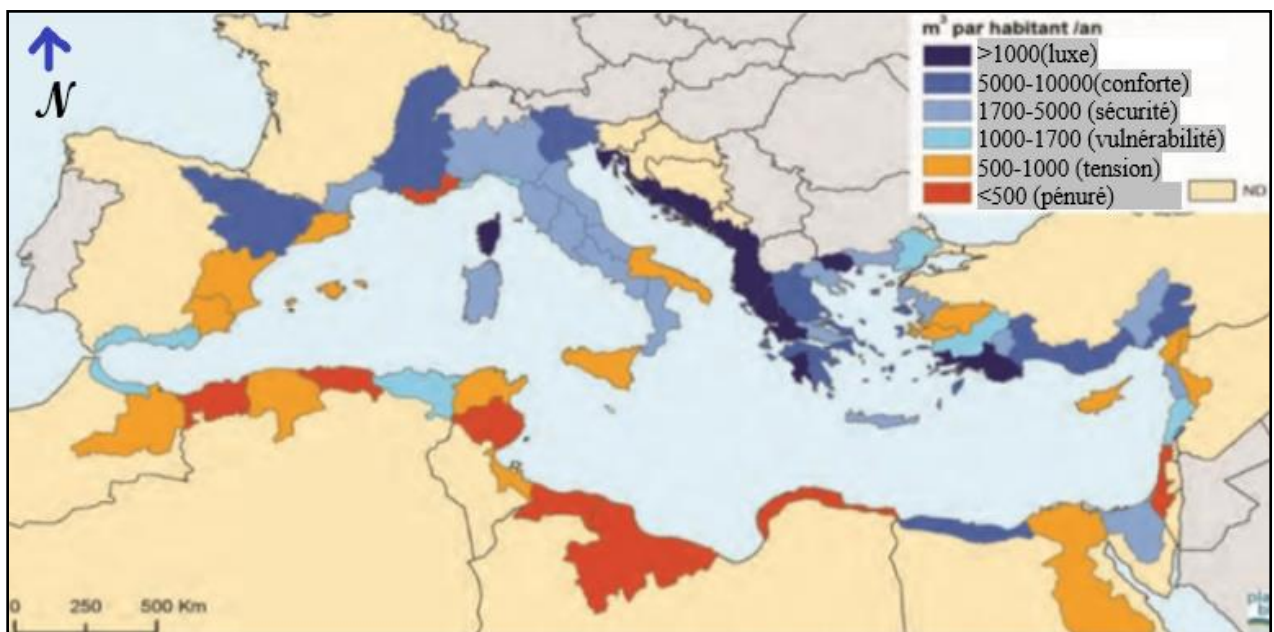


Figure V.1. Ressources en eau naturelle renouvelables par habitant dans les différents bassins élémentaires méditerranéens (entre 1995-2005) (*Plan bleu, 2009*)

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).

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*, 2009).

La gestion de l'eau en Algérie pose un problème épineux aux autorités. Les ressources disponibles sont en deçà des besoins. 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 (Mender kh, 2015).

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.

V.2.3.1. Changement climatique

Le changement climatique fait en général référence aux tendances à plus long terme de la température moyenne ou des précipitations ou encore de la variabilité climatique elle-même et souvent à des tendances découlant entièrement ou en partie des activités humaines, notamment le réchauffement planétaire causé par la combustion des énergies fossiles. Les scénarios du changement climatique tentent en général de représenter le climat dans 50 ou 100 ans.

Vulnérable au changement climatique, l'Algérie souffert au cours des 30 dernières années d'une sécheresse intense et persistante, caractérisée par un déficit pluviométrique estimé à 30%. Elle fait partie du point chaud de la méditerranée (Fig.V.2), est très vulnérable aux changements climatiques (Conférence de haut niveau sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique 2008).

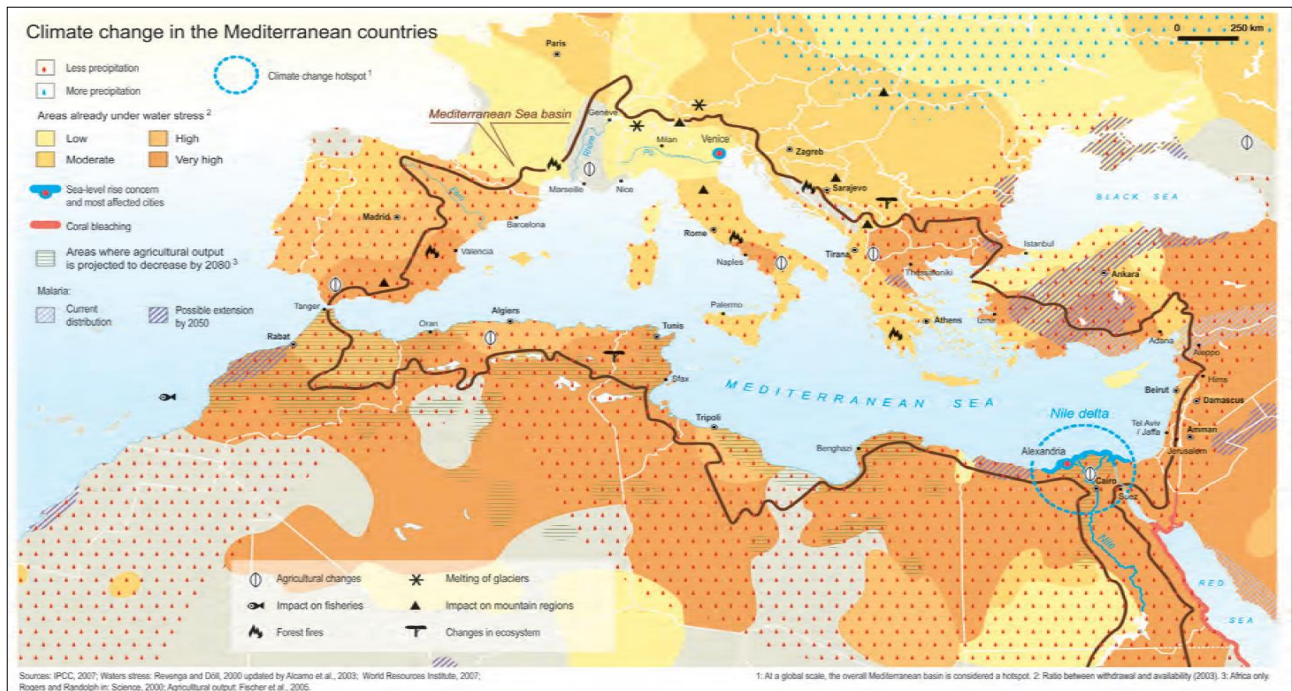


Figure.V.2. Changement climatique dans les pays méditerranéens (Plan bleu, 2009)

V.3. 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.

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

V.4. 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.4.1. 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 (PNUE).

V.4.2. 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.4.3. Conférence de Dublin en 1992

En 1992 (26 au 31 janvier) à Dublin (Irlande) 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.

La conférence de Dublin regroupe plus de 120 participants de tous les pays, 80 organisations internationales, intergouvernementales, non- intergouvernementales. SA cérémonie d'ouverture a été un plaidoyer fait par des enfants du monde entier, incitant les experts réunis à jouer leur rôle dans la préservation de cette ressource (*Le soutien de la Commission européenne, 2010*).

V.4.4. 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. A l'issue de la conférence, ils adoptent cinq textes :

- ✓ La déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, constituée de 27 principes qui définissent les droits et les responsabilités des états en la matière ;
- ✓ La convention sur les changements climatiques ;
- ✓ La convention sur la biodiversité ;
- ✓ La déclaration des principes relatifs aux forêts ;
- ✓ L'Agenda 21 (ou Action 21) qui est un plan d'action mondial détaillé dans tous les domaines du développement durable où 38 thèmes principaux ont été identifiés.

La conférence qui est le prélude au sommet sur la "Planète Terre", adopte une déclaration dite "**Déclaration de Dublin sur l'eau dans la perspective d'un développement durable**". 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.

- ❖ **Principe 1** : *L'eau est une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement*

La notion que les eaux douces sont une ressource finie survient alors que le cycle hydrologique produit en moyenne une quantité d'eau fixe par intervalle de temps. Cette quantité globale ne peut pas encore être altérée sensiblement par les actions humaines, bien qu'elle puisse l'être, et soit fréquemment, épuisée par la pollution humaine. La ressource en eau douce est un capital qui doit être maintenu pour s'assurer que les services qu'elle fournit, soient durables.

Ce principe reconnaît que l'eau est nécessaire à des fins, des fonctions et des services variés ; la gestion, doit donc être holistique (intégrée) et implique une prise en compte des demandes de cette ressource et les menaces qui pèsent sur elle.

- ❖ **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.*

L'eau est un sujet dans lequel chacun est partie prenante. La vraie participation n'a lieu seulement que lorsque les parties prenantes font partie du processus de prise de décision. Le type de participation dépendra de l'échelle spatiale concernant les décisions particulières de gestion et d'investissement de l'eau.

- ❖ **Principe 3** : *Les femmes jouent un rôle déterminant dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau.*

On reconnaît largement que les femmes jouent un rôle majeur dans la collecte et la sauvegarde de l'eau pour les utilisations domestiques et (dans de nombreux cas) l'utilisation agricole, mais qu'elles ont un rôle beaucoup moins influent que les hommes dans la gestion.

❖ **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.*

Dans ce principe, il est essentiel de reconnaître d'abord le droit fondamental de tous les êtres humains à avoir accès à l'eau potable et à l'assainissement à un prix abordable. La gestion de l'eau en tant que bien économique est une manière importante de réaliser les objectifs sociaux tels que l'utilisation efficace et équitable, et encourager la conservation et la protection des ressources en eau.

Cette conférence est doublement importante. Elle est d'un part l'un des éléments clés, avec le sommet de Rio, de la création du conseil Mondial de l'eau World Water Council(WWC), et du partenariat Mondial de l'eau Global Water Partnership(GWP), et d'autre part la facteur déclencheur de la prise de conscience mondiale de l'importance de la ressource d'eau : l'eau n'est pas inépuisable, elle doit être protégée et son emploi doit se faire selon les principes du développement durable.

V.5. Avantages de la GIRE

V.5.1. 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.

V.5.2. 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.6. Problématique de l'eau dans le sous-bassin Kébir Amont-Enndja

Le sous-bassin Kébir Amont-Enndja appartient à la partie occidentale du grand bassin Kébir-Rhumel. Ce dernier, possède une surface totale de 8811 Km² et une façade maritime de 7 km sur la méditerranée. Il est drainé par deux cours d'eau importants : dans la partie sud, oued Rhume1 et dans la partie ouest, oued Enndja. Leur confluence à l'aval de Grarem donne l'oued El Kébir, lequel rejoint plus au nord la Méditerranée (Mebarki & Thomas, 1988).

Dans la partie sud ouest, on trouve oued Enndja qui fait partie intégrante de la zone de notre étude. Avec une surface de 2160 km², une topographie montagneuse avec des altitudes qui peuvent atteindre 1400 m ou d'avantage et des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 700mm (Mebarki, 1984).

A la fin de 2008, le bassin du Kébir-Rhumel compte 209 agglomérations dont le nombre d'habitants est de 2056000 habitants, répartis en (90) communes, et 06 wilayas. Dont, 57 communes sont entièrement incluses dans le bassin et 33 communes sont partiellement incluses.

La gestion durable des ressources en eau dans le sous bassin versant du Kébir Amont-Enndja, 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).

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

V.6.1. Demande en eau potable (AEP)

Le sous-bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja d'une superficie de 2160 km², couvre administrativement la wilaya de Mila (Ferdjioua, Ain El Beida Ahriche, Derradji Bouslah, Yahia Béni Guecha, Bouhatem, Sidi Merouane, Chigarra, Tessala, Rouached, Terrai Beinen, Radjas Oued Endja, Ahmed Rachedi, Layadi Brebes, Tiberguent), la population du sous-bassin est de 305 434 habitants (RGPH, 2008).

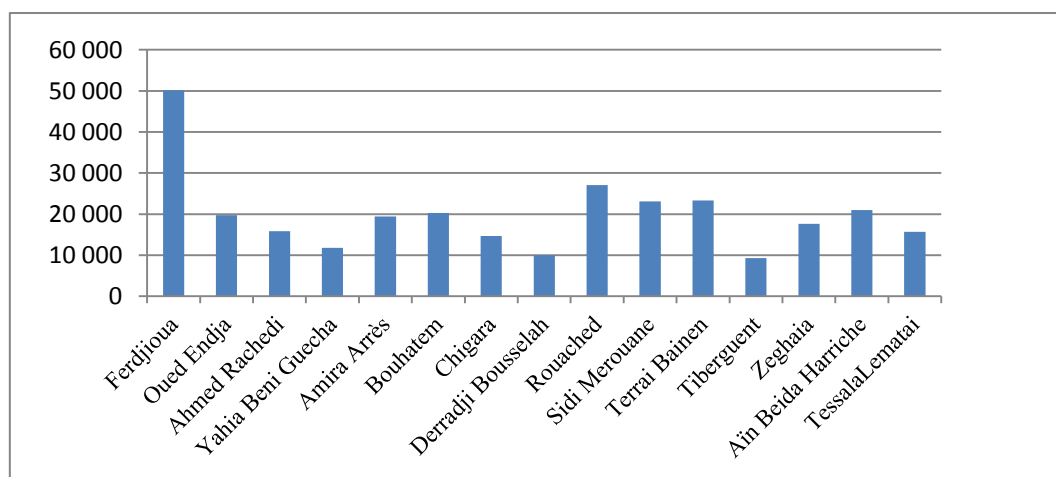


Figure .V.3.Nombre d’habitants (RGPH, 2008)

Discussions

Dans le graphe ci-dessus qui représente le nombre d’habitants en remarque que les communes les plus grand de nombre d’habitants sont : Ferdjioua, Rouached, Terrai Bainen et Sidi Merouane avec : 50 167hbts,27 086 hbts,23 299 hbts et23 088 hbts respectivement. Par contre, les communes les plus faibles de nombre d’habitants sont : Yahia Béni Guecha,DerradjiBousselah etTiberguent avec : 11 810 hbts, 10 013 hbts et 9 282 hbts respectivement.

V.6.2. L’approvisionnement en eau potable

En matière d’approvisionnement en eau potable, la dotation moyenne dans le sous bassin est de l’ordre de 2202 l/j /hab. Les besoins en eau sont de 592417 m³/j pour l’année 2007.Cependant, les besoin en eau domestique est de l’ordre de 9.456 hm³ /an.

Tableau .V.2.Production de l’eau de chaque commune (ABH-CSM)

commune	production hm ³ /an
Ferdjioua	2,654
Ain El Beida Ahriche	0.757
Derradj bouslah	0.084
Yahia Ben Guecha	0.237
Bouhatem	0.86
Sidi Merouane	0.747
Chigarra	0.45
Tessala	0.127
Rouached	1,173
Terrai Beinen	0.664
Zeghaia	0.062
Amira Arres	0.352
Oued Enndja	0.559
Ahmed Rachedi	0.22
Tiberguent	0.51

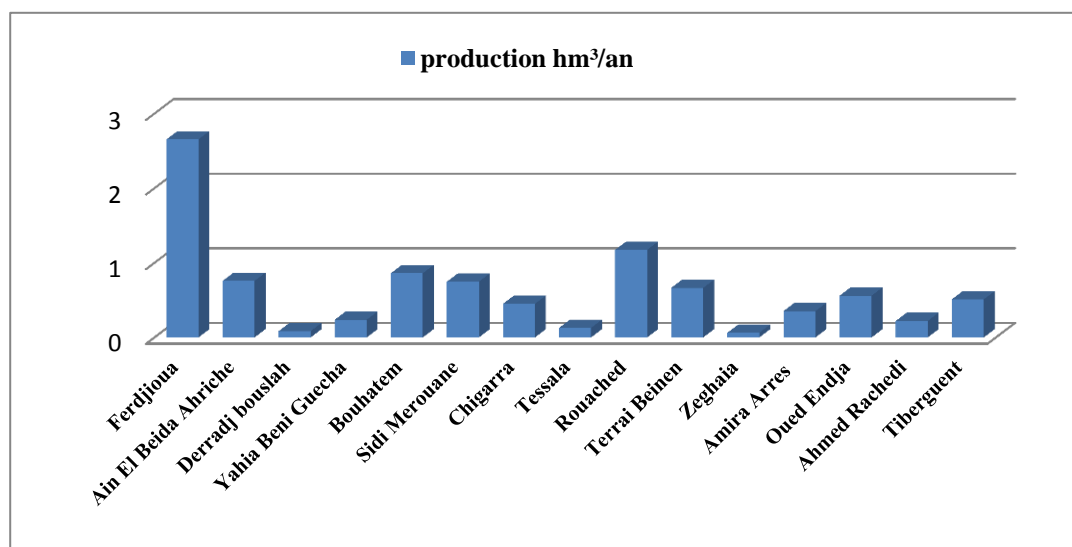


Figure. V.4. Production de l'eau de chaque commune en hm^3/an (ABH-CSM, 2007)

Discussion

Dans le graphe ci-dessus qui représente la production de l'eau en (hm^3/an) pour chaque communes dans le sous-bassin suscité, on remarque que les valeurs les plus élevées enregistrées sont au niveau de la commune de Ferdjioua avec $2,654\text{hm}^3/\text{an}$ et la commune de Rouached avec $1,173\text{hm}^3/\text{an}$. Cependant, au niveau des communes restantes de faibles valeurs sont enregistrées et comprises entre $0.062\text{hm}^3/\text{an}$ et $0.86\text{hm}^3/\text{an}$. Cela est justifié par la population élevée au niveau des deux communes de Ferdjioua et de Rouached.

Toujours, pour rappeler, d'après les données de l'agence du bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellègue (ABH-CSM) de l'année 2007, nous allons donner un aperçu sur l'état de ressource en eau dessiné à la consommation :

Tableau .V.3. Consommation actuel de chaque commune (ABH-CSM, 2007)

commune	consommation actuelles en hm^3/an
Ferdjioua	0.991
Ain El Beida Ahriche	0.454
Derradj bouslah	0.05
Yahia Ben Guecha	0.142
Bouhatem	0.112
Sidi Merouane	0.448
Chigarra	0.27
Tessala	0.102
Rouached	0.684
Terrai Beinen	0.529
Zeghaia	0.062
Amira Arres	0.282
Oued Endja	0.521
Ahmed Rachedi	0.22
Tiberguent	0.51

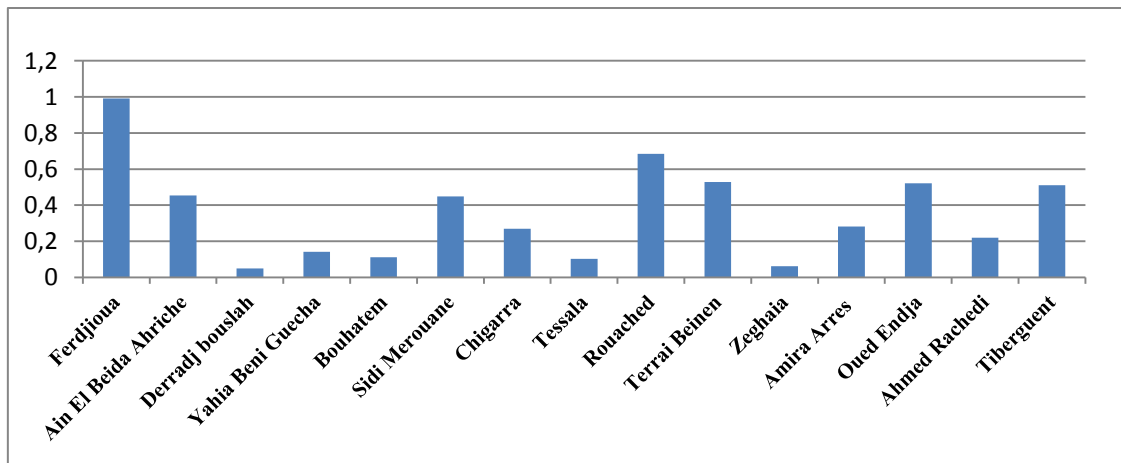


Figure .V.5. Consommation actuelle de chaque commune hm³/an

Discussion

Les consommations en eau sont bien différenciées entre les communes, les plus élevées sont au niveau de Ferdjioua, Rouached, Terrai Beinen, Oued Endja avec 0.991 hm³ /an, 0.684 hm³ /an, 0.529 hm³ /an, 0.521 hm³ /an, respectivement. Cette élévation de consommation est probablement, due au nombre élevé de la population. Cependant, les autres communes présentent des consommations relativement faibles comprises entre 0.05 hm³ /an et 0.282 hm³ /an.

V.6.3. Besoins en eau d'irrigation

Le périmètre irrigué d'Oued Kébir Amont-Enndja occupe une superficie totale d'environ 1642 Ha. L'alimentation en eau du périmètre s'effectue à partir des forages, les puits ainsi que des retenues collinaires. L'eau orientée vers l'agriculture est partagée en un seul mode d'irrigation qui est l'irrigation par gravité. Car, c'est le mode d'irrigation le moins coûteux et le plus facile à l'utilisation.

Tableau. V.4.Surface irriguée dans le sous-bassin (ABH-CSM, 2007)

commune	Superficie Agricole Utile (ha)	Superficie irriguée (ha)
Ferdjioua	3662	234
Oued Enndja	5116	105
Ahmed Rachedi	6547	35
Tiberguent	4405	0
Bouhatem	7717	52
Rouached	5755	145
Tessala Lemtai	3362	85
Sidi Merouane	2454	46
Derradji Bousseleh	9562	105
Amira Arres	5081	154
Terrai Beinen	4147	249
Zeghaia	3609	172
Ain El BeidAhriche	5182	141
Yahia Beni Guecha	2821	89
Chigara	1581	30
Layadi Barbes	2778	136
Total	78521	1778

V.6.4. Besoins en eau pour l'industrie

En ce concerne l'industrie, l'essentiel de l'activité industrielle est concentré dans une seule zone industrielle localisée à la commune de Ferdjioua. Le secteur industriel est donc le troisième consommateur d'eau après la consommation domestique (AEP) et l'irrigation.

On peut citer comme activités industrielles :

- Industrie agro- alimentaire : transformation des céréales ;
- Fabrication des chauffages (domestiques) à gaz.

Les ressources en eau qui approvisionnent les unités industrielles implantées dans le sous-bassin proviennent essentiellement des forages et du réseau d'AEP.

Tableau .V.5.Besoins en eau dans la zone industrielle (commune de Ferdjioua) (ABH-CSM)

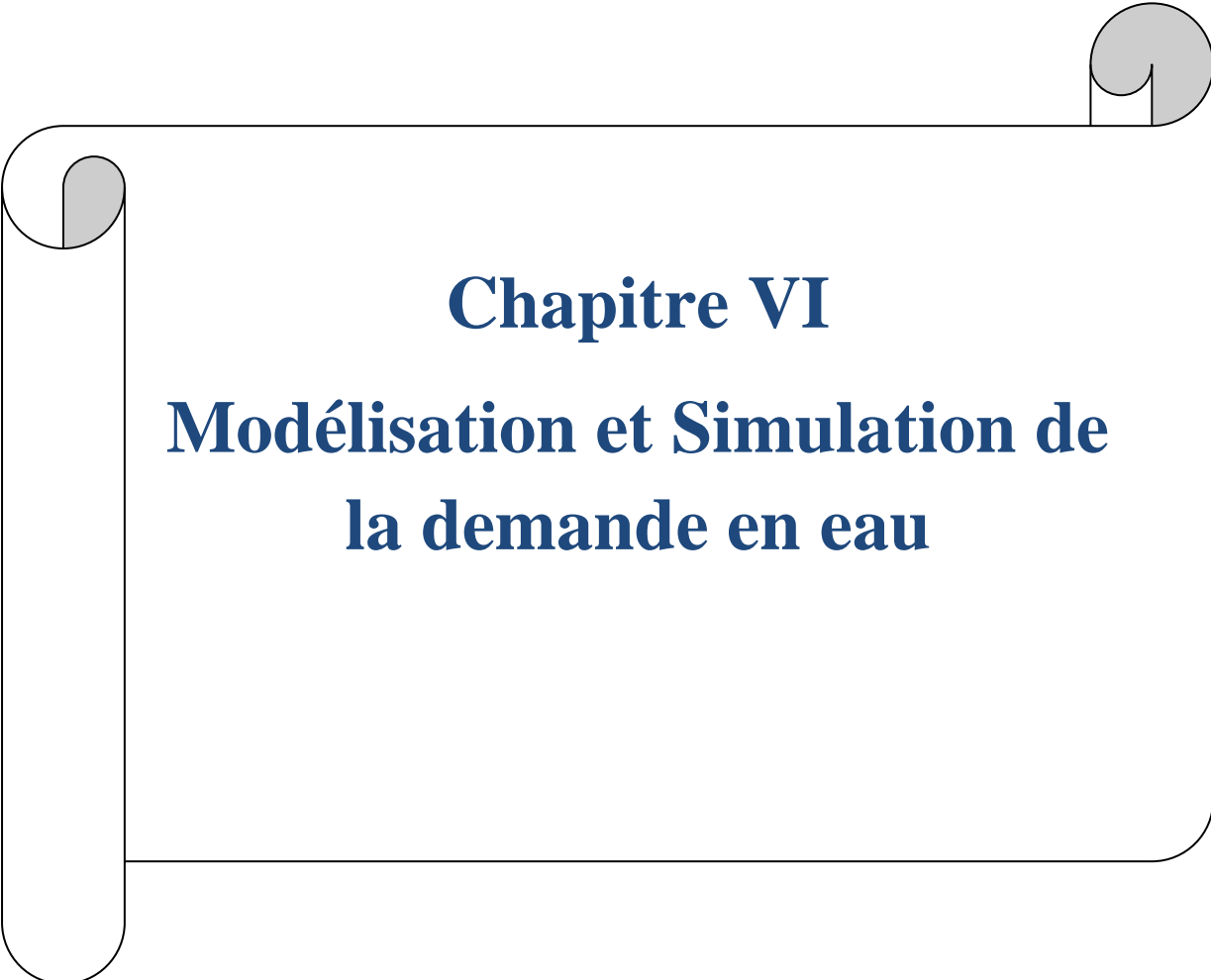
Nom de l'unité	Type d'activité	Volume consommé (m ³ /j)
SO.NA.R.I.C.	Production des chauffages à gaz	1,5
Les moulins Beni Haroun (ERIAD Ferdjioua)	Transformation des céréales	18

V.7. Conclusion

Le sous-bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja a une superficie de 2160 km² et une population de 305434 habitants (RGPH, 2008). Cependant, ces besoins en eau potable sont estimés à près de 592417 m³/j pour l'année 2007.

Le périmètre irrigué d'Oued Kébir Amont-Enndja occupe une superficie totale d'environ 1770 Ha. Le tissu industriel dans le sous-bassin versant d'Oued Kébir Amont-Enndja n'est pas développé et on trouve seulement une zone industrielle dans la commune de Ferdjioua.

Pour pouvoir établir une bonne gestion de l'eau dans le sous-bassin d'oued Kébir Amont-Enndja- il est nécessaire de faire des scénarios d'évolution future, de la demande en eau en mettant plusieurs hypothèses .Et ce qu'on va aborder dans le prochain chapitre.



Chapitre VI
Modélisation et Simulation de
la demande en eau

VI.1. Introduction

Plusieurs régions font face à des défis redoutables de gestion des eaux douces.

Les modèles de simulation conventionnels orientés à la distribution ne sont pas toujours adéquats. Durant la dernière décade, une approche intégrée pour le développement de l'eau à émerger est qui a placé les projets de distribution d'eau dans le contexte des questions de la demande, la qualité de l'eau est la préservation des écosystèmes.

On rappelle que l'existence de barrage Beni Haroun n'a pas été prise en considération dans le calibrage de modèle.

VI.2. Water Evaluation And Planning system (WEAP)

Le logiciel WEAP a été développé par le Stockholm Environment Institute de Boston. C'est un logiciel de modélisation informatique orienté-objet, conçu pour simuler les systèmes de ressources en eau et l'analyse des compromis. 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 transparente et facile à utiliser. Cependant, il utilise des intrants tels que les précipitations, la température, l'humidité et la vitesse du vent. Ces données peuvent être dérivées de scénarios de changements climatiques globaux et sont utilisées pour calculer la quantité de précipitations qui tombe dans une zone donnée qui finit comme ruissellement dans les cours d'eau, recharge 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*).

VI.3. Les étapes d'application WEAP

Les applications WEAP impliquent généralement les étapes suivantes (*Yates et al, 2005*):

- 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, des ressources et des fournitures pour le système.
- Construire des scénarios basés sur différents ensembles de tendances futures basés sur les politiques, le développement technologique et d'autres facteurs qui influent sur la demande, l'offre et l'hydrologie.
- 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. L'analyse

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 de réduire la vulnérabilité du pays.

VI.4. 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. En premier lieu une année est choisie pour servir comme année de base pour le modèle Compte Actuels.

Un scénario de référence est établi à partir des comptes actuels pour simuler la même évolution du système sans intervention.

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).

VI.5. Calibrage du modèle

VI.5.1. Création d'une zone d'étude

Dans cette partie, il s'agit de créer une carte (schéma) de la zone d'étude (Fig.VI.2).

Cette carte va servir comme fond des dessins des éléments nécessaires pour pouvoir faire la simulation tels que : les emplacements urbains, les rivières, les sources d'eaux souterraines, les réservoirs, les barrages, les industries, les sites agricoles et les autres types d'emplacement selon l'étude.

VI.5.2. Création des hypothèses clés de références

Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur le calcul de la demande et l'approvisionnement en eau, l'écoulement, l'infiltration, le stockage, et le traitement général de pollution, la qualité de l'eau, etc.... Il est donc primordial de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarii.

VI.5.3. Hypothèses clés

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse. Dans notre étude, nous avons quatre (4) hypothèses clés servant comme données de base pour le logiciel :

- taux de croissance de la population ;
- augmentation des terres agricoles ;
- réduction de consommation de l'eau domestique ;
- réduction de consommation de l'eau pour l'irrigation ;

- augmentation de consommation de l'eau pour l'industrie.

VI.5.4. Références

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

VI.5.5. Proposition des Scénarios

Dans WEAP, le scénario typique est composé de trois étapes :

1. une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle dont on ajoute les données ou une période,
2. un scénario de référence établi à partir du compte courant et sert pour simuler l'évolution, probable du système sans interposition,
3. autres scénarii pour évaluer les effets des changements socio-économiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur.

VI.5.6. Saisie des données

Les données sont à saisir en cliquant droite après avoir créé les éléments dans les zones d'études (placer les emplacements urbains, industriels, agricole,.....) ou en passant dans le menu d'affichage de la base de données.

Finalement les résultats se présentent sous forme de graphe et (ou) de tableau (Fig.VI.1).

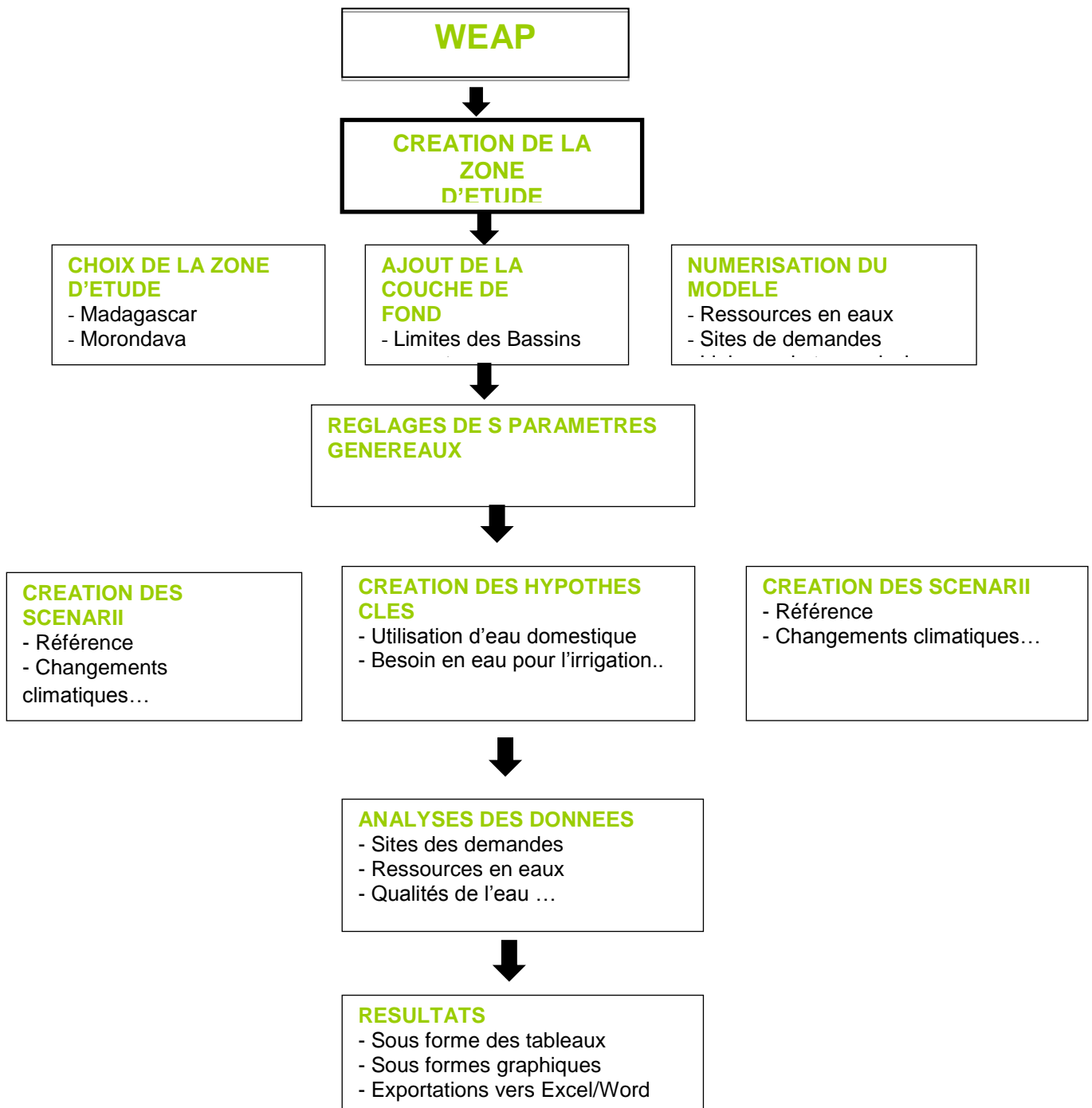


Figure.VI.1.Organigramme du fonctionnement du logiciel (Rakotondrabe, 2007)

VI.7. 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 ont été obtenues à partir de l'ABH-CSM.

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

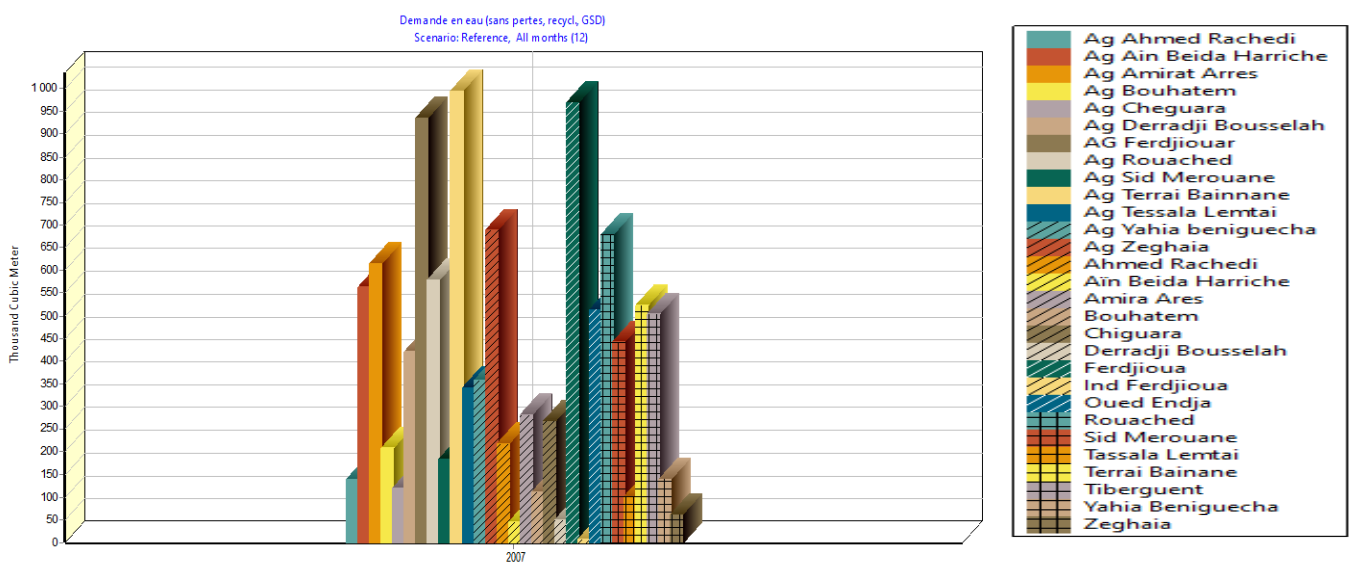


Figure.VI.3. Années des comptes courants 2007

VI.8. Scénario de référence

Hypothèses clés de référence

Dans cette étape, il s'agit de présenter l'évolution de la «demande en eau» pour chaque scénario des comptes courants. Alors comme il a déjà été mentionné l'année 2007 est l'année de référence, en raison d'un manque important de données. 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 utilisées comme données de base du modèle :

1. Accroissant des populations avec un taux de croissance 1.06% (moyenne de tous les coefficients de croissance) ;
2. Accroissant des surfaces agricoles avec un taux de croissance 2% ;
3. Réduction de consommation élémentaire en AEP avec -1% ;
4. Réduction de consommation élémentaire en eau d'irrigation avec un taux de -1% ;
5. Augmentation de la consommation élémentaire en eau destiné pour l'industrie 2%.

VI.9. Résultat de simulation du scénario des comptes actuels

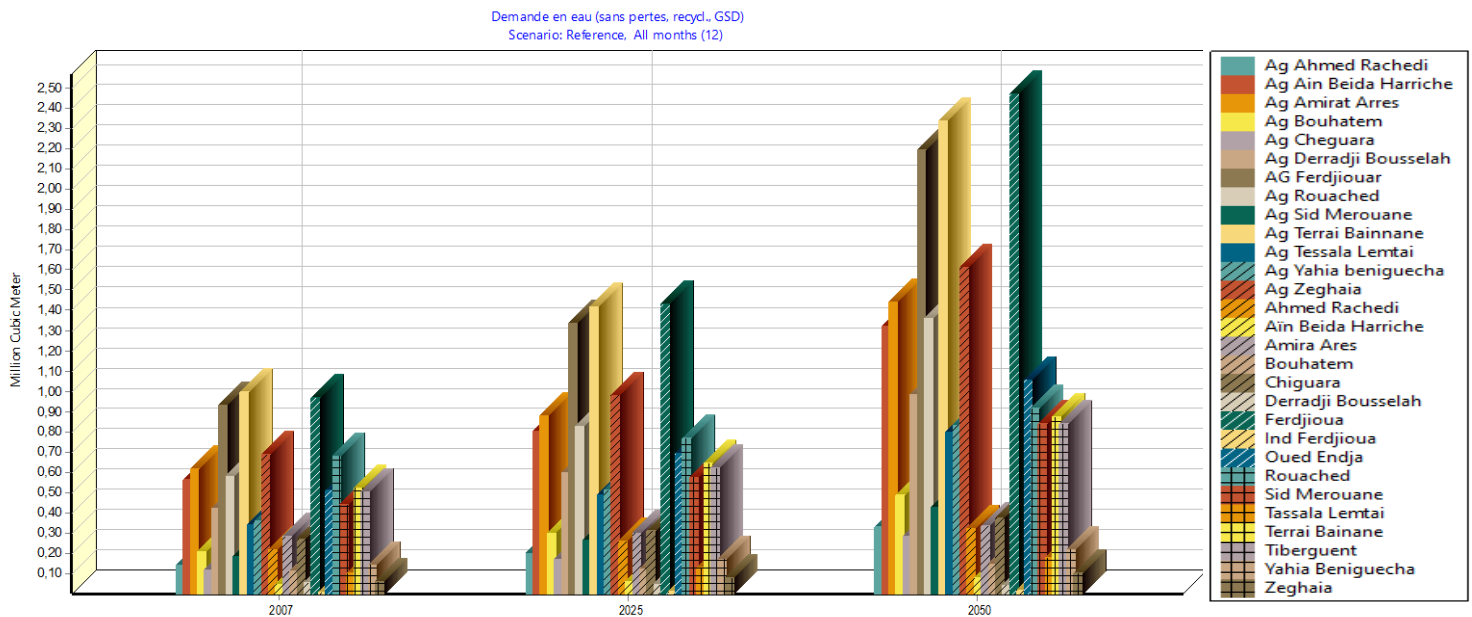


Figure.VI.4. Scénario de référence 2007-2050

La demande en eau totale dans le sous-bassin d'oued Kébir Amont-Enndja passera de 11,06 Mm³ en 2007 à 15,01 Mm³ en 2050. D'autre part, en 43 ans la demande en eau va augmenter avec 3.95 Mm³.

VI.9.1. 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).

VI.9.2. 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 43 ans (CN-GWP, 2005). Par la suite, cinq scénarios ont été élaborés pour la période 2007-2050, sur la base des cinq hypothèses clés de référence (*Kiniouar et al, 2017.a*) :

1. Hypothèse clé de référence du scénario 1:taux croissante de la population de (3%);
2. Hypothèse clé de référence du scénario 2: augmentation des surfaces agricoles (5%);
3. Hypothèse clé de référence du scénario 3: Réduction de la consommation d'eau potable de (-5%);
4. Hypothèse clé de référence du scénario 4: réduction de la consommation élémentaire d'irrigation de (-5%);
5. Hypothèse clé de référence du scénario 5: augmentation en eau industrielle de (5%).

VI.10. Résultat de simulation des cinq scénarios

VI.10.1. Scénario 1: Accroissement de la population

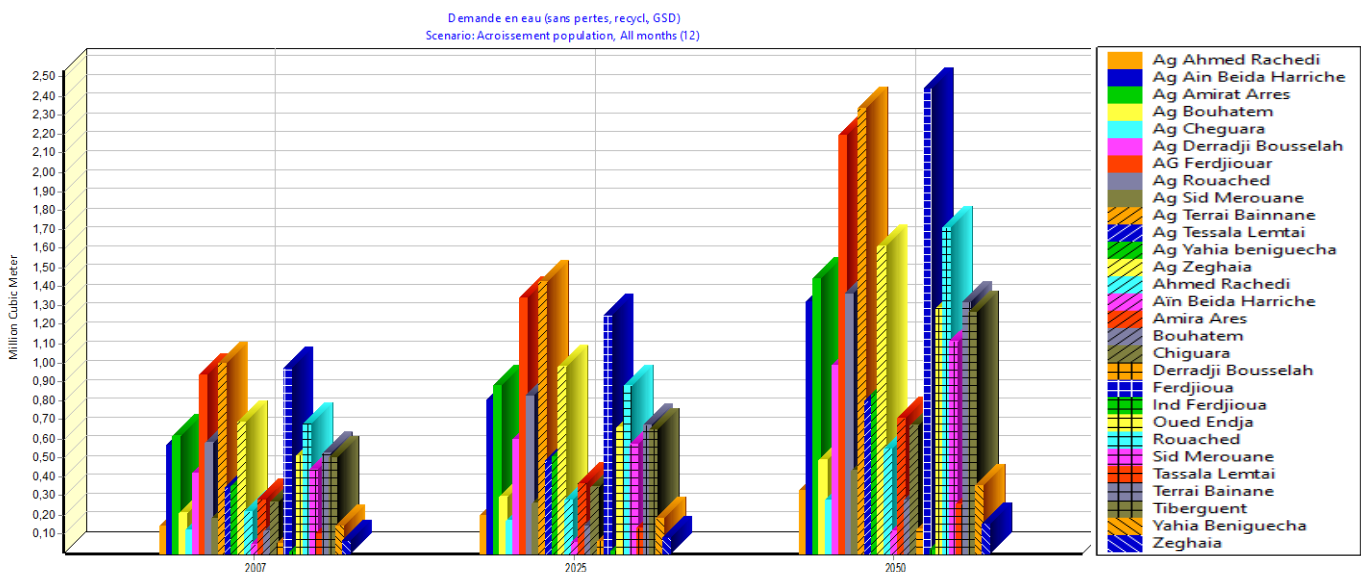


Figure.VI.5. Scénario 1- Accroissement de la population.

En utilisant les taux de croissance démographique 3%, durant la période de simulation, la demande en eau totale dans le sous-bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja passera à 15,11 Mm³ en 2025, et vas atteindre 26.76 Mm³ en 2050. On revanche, en 43 ans la demande en eau va augmenter avec 15,7 Mm³.

VII.10.2. Scénario 2 : accroissement des surfaces agricoles

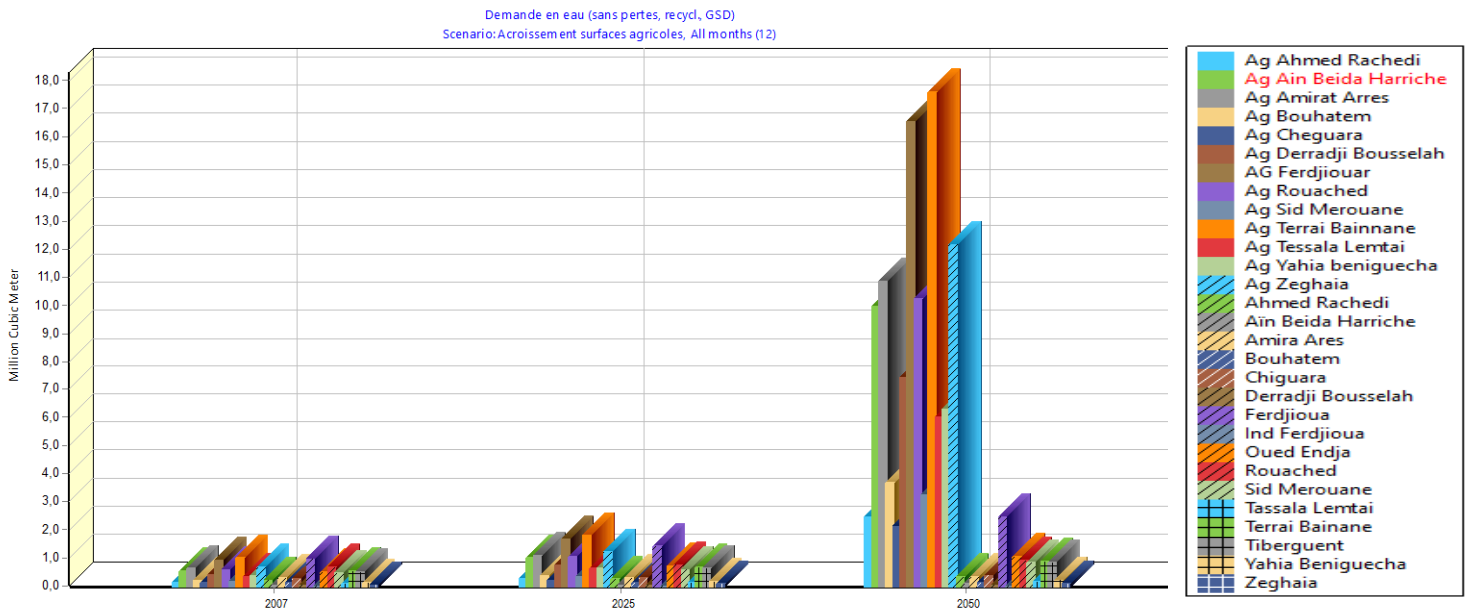


Figure.VI.6.Scénario 2 -accroissement des surfaces agricoles

Avec un taux de croissance supposé de 5% des surfaces agricoles, comme conséquence probable de mise en place de nouvelle structure de mobilisation.

D’une part, le calcul donne une demande en eau passera à 17,21 Mm³ en 2025 et enfin, elle va atteindre 117,44 Mm³ en 2050. D’autre part, la demande en eau va augmenter avec 106.38 Mm³ en 43 ans.

VI.10.3. Scénario 3 : diminution de la consommation de l’AEP

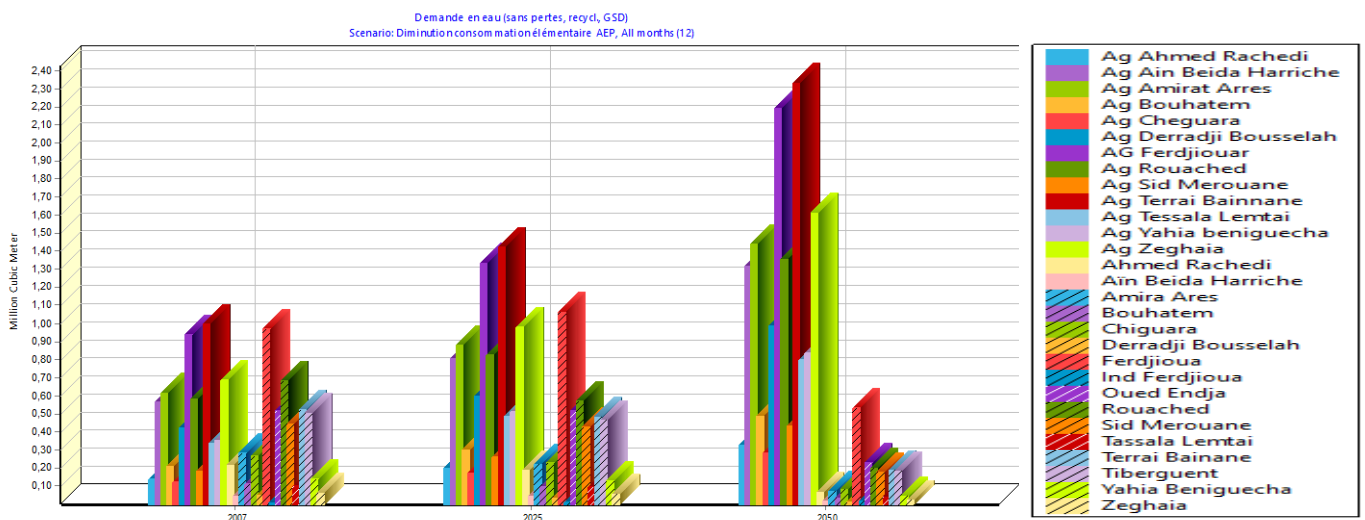


Figure.VI.7. Scénario 3 -diminution de la consommation de l’AEP

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.

D'après la simulation la demande en eau totale augmentera à 13,40 Mm³ en 2025 et va atteindre 16,31 Mm³ en 2050. En d'autres termes, la demande en eau va augmenter avec 5,25 Mm³, sur la période de simulation (43 ans).

VI.10.4. Scénario 4 : diminution de la consommation élémentaire de l'eau d'irrigation

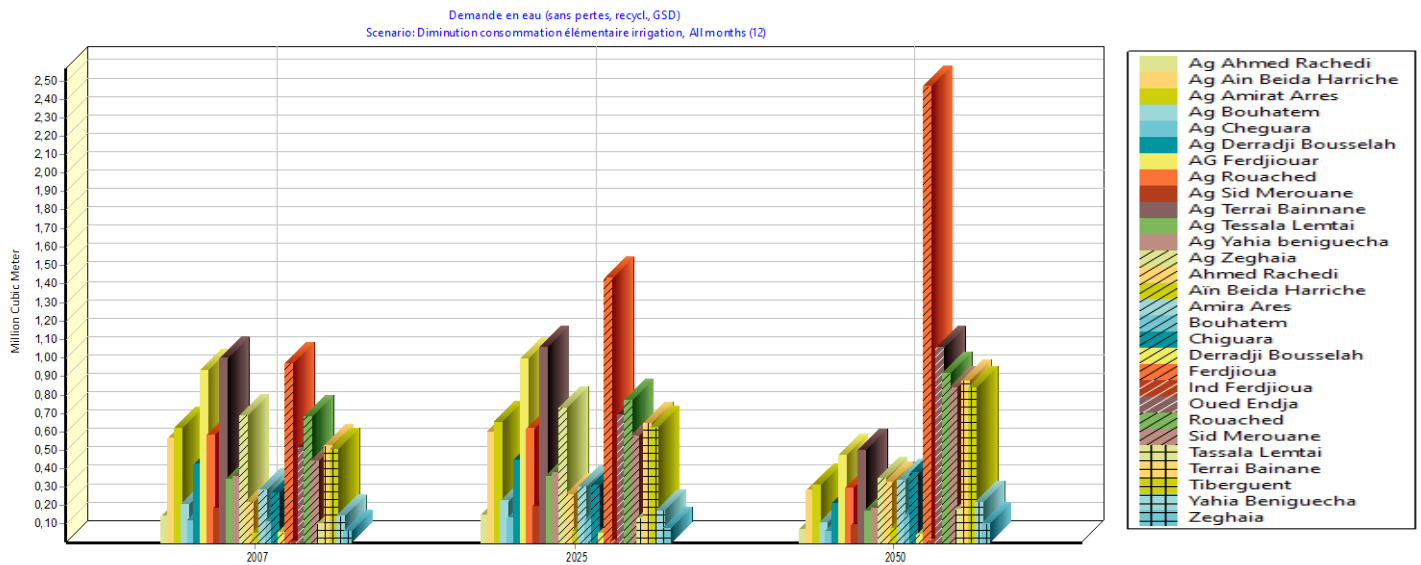


Figure.VI.8. Scénario 4 -diminution de la consommation élémentaire de l'eau d'irrigation

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.

En 2007 la demande en eau globale calculée atteindra 12,74 Mm³ en 2025 et après on observe une réduction jusqu'à 11,90 Mm³ en 2050 dans le sous-bassin étudié, justifié par la réduction de la consommation élémentaire d'eau d'irrigation (Fig. VI.9). En revanche, une augmentation de la demande eau potable, seulement, au niveau de la commune de Ferdjioua (Fig .VI.8).

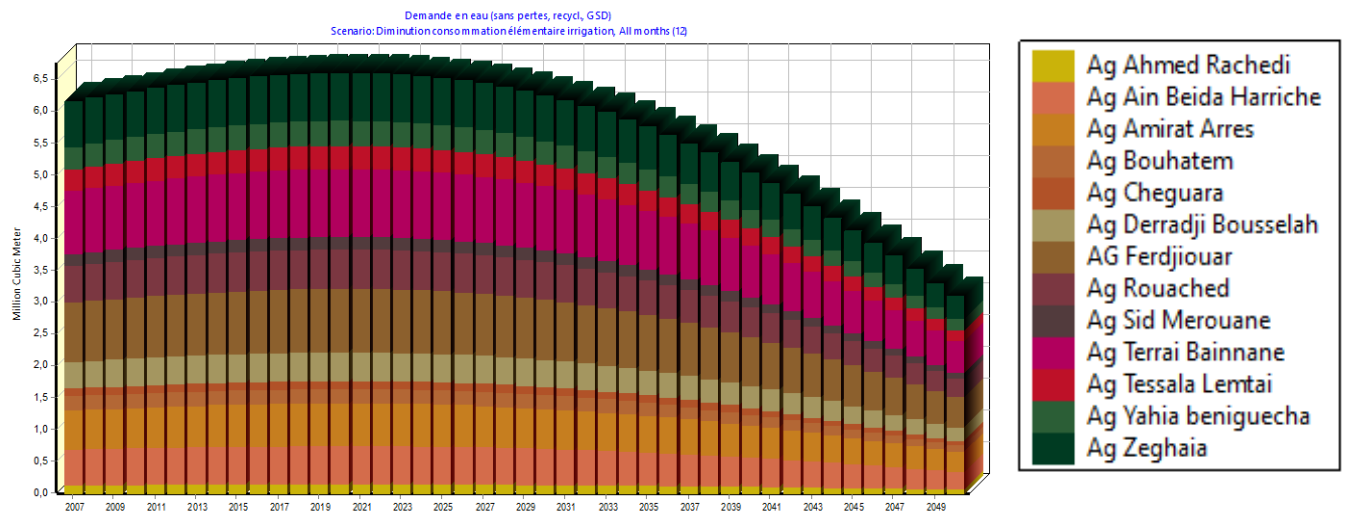


Figure.VI.9.Demande en – site de demande agricole (scénario 4)

VI.10.5.Scénario 5 : augmentation de la consommation en eau pour l’industrie

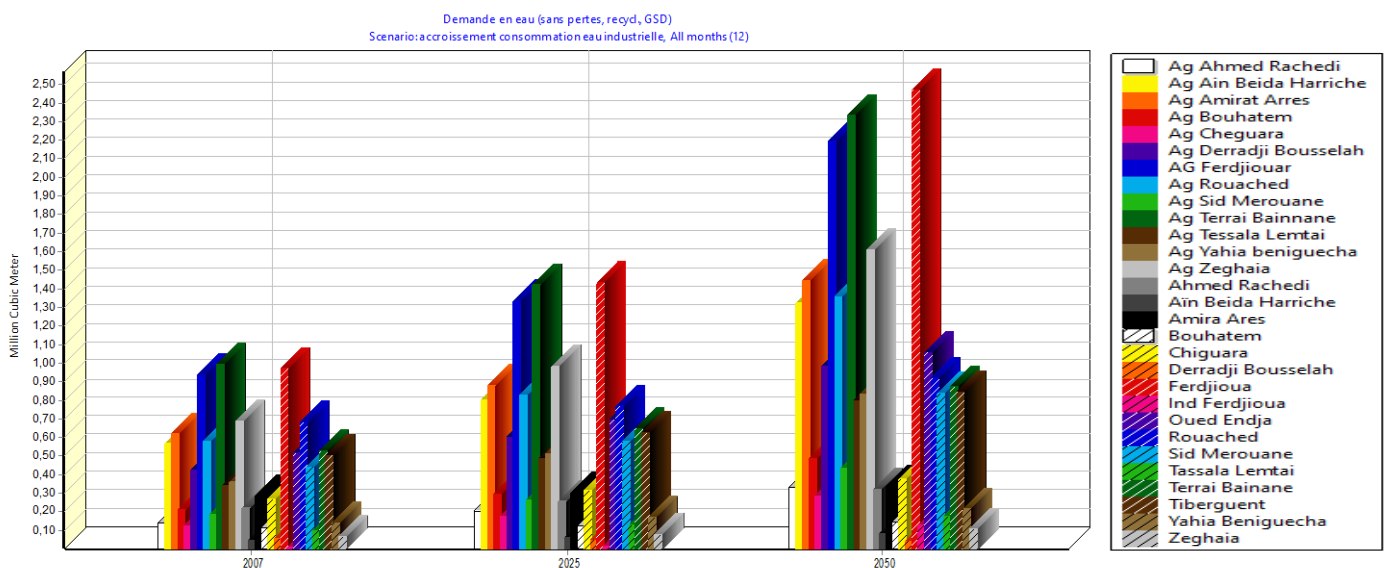


Figure.VII.10. Scénario 5 - augmentation de la consommation en eau pour l’industrie

En fin, le taux de croissance socio-économique que connaît la région de Mila permet de supposer une augmentation du taux de consommation d'eau industrielle élémentaire de 5%. Dans la région d'étude, l'industrie est localisée uniquement dans la commune de Ferdjioua.

La simulation a donné une demande en eau augmentera jusqu'à 15,01 Mm³ en 2025 et atteindra 23,32 Mm³ en 2050. C'est-à-dire, en 43 ans la demande en eau va augmenter avec 12,26 Mm³.

Récapitulatif

Le modèle développé dans cette étude est paramétré au niveau le plus bas (par commune). Tout en rassemblant les communes du sous-bassin de l'Oued Kébir Amont-Enndja.

Scénario 1

La demande en eau totale dans le sous-bassin d'Oued Kébir Amont-Enndja elle passera à 15,11 Mm³ en 2025, et va atteindre 26,76 Mm³ en 2050. On revanche, en 43 ans la demande en eau va augmenter avec 15,7 Mm³.

Scénario 2

D'une part, le calcul donne une demande en eau des surfaces agricoles de l'ordre de 17,21 Mm³ en 2025 et enfin, elle va atteindre 117,44 Mm³ en 2050. D'autre part, la demande en eau va augmenter avec 106,38 Mm³ en 43 ans.

Scénario 3

D'après la simulation la demande d'AEP dans le sous-bassin versant étudié elle passera à 13,40 Mm³ en 2025 et va atteindre 16,31 Mm³ en 2050. En d'autres termes, la demande en eau va augmenter avec 5,25 Mm³, sur la période de simulation (43 ans).

Scénario 4

En 2007 la demande de la consommation élémentaire de l'eau d'irrigation calculée est 12,74 Mm³ en 2025 et après on observe une réduction jusqu'à 11,90 Mm³ en 2050 dans le sous-bassin étudié, justifié par la réduction de la consommation élémentaire d'eau d'irrigation en revanche, une augmentation de la demande eau potable, seulement, au niveau de la commune de Ferdjioua.

Scénario 5

La simulation à donner une demande en eau de l'industrie passera à 15,01 Mm³ en 2025 et atteindra 23,32 Mm³ en 2050. C'est-à-dire, en 43 ans la demande en eau va augmenter avec 12,26 Mm³.

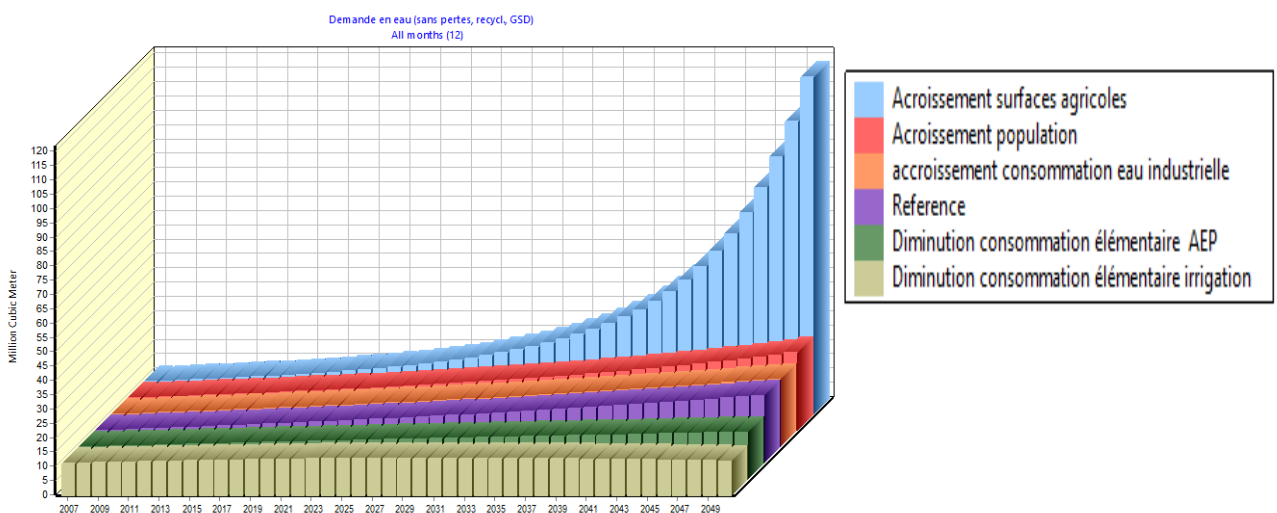


Fig. VI.11. Représentation des cinq scénarios (2007-2050)

VI.11. 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 des cinq scénarios simulés a été réalisé afin d'aboutir au choix d'un meilleur scénario alternatif de gestion de l'eau sur une période 43 années (2007-2050).

Les résultats ont montré que le cas de scénario 4, la demande en eau observera une augmentation relativement très négligeable de l'ordre de 0,84 Mm³ en 43 ans. Ce scénario représente le scénario le plus intéressant. Cette diminution est supposée due à l'introduction des nouvelles techniques d'irrigation, 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 106.38 Mm³.



Conclusion Générale et Recommandations

Conclusion générale et recommandations

Le sous bassin de Oued Kébir Amont Enndja représente un des sous-bassins du grand bassin Kébir-Rhumel. Il est limité au nord par le Kébir maritime, à l'est par le sous-bassin de Semendou et par le sous-bassin de Rhumel-Segeune et à l'ouest par Oued Dechamcha-Kébir amont. Sa superficie est de 2160 km². Avec une population de 305 434 habitants (ONS, 2008). Il est caractérisé par un climat méditerranéen.

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 elle appartient au bassin néogène de Mila, essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux.

D'après l'étude de Mebarki et Thomas (1988), l'hydrogéologie de la région d'étude s'intéresse dans sa majorité par les formations aquifères des zones :

- le bassin néogène de Constantine-Mila (DII) du bassin Mio-pliocène à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres.
- le domaine des « nappes » tectoniques de Djemila (DIII) : formée d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène).
- le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV) constituée essentiellement de grès numidiens sous lesquels apparaissent des calcaires jurassiques qui donnent naissance à des émergences à débit non négligeable.

D'après le Plan National de l'Eau de 2010, les principaux systèmes aquifères sont celles des plaines Sétifiennes, avec :

- L'aquifère du jurassique constitué de calcaires et dolomies, possédant une porosité de fracture et de chenaux ne peut être exploité qu'aux pieds des massifs, avec une épaisseur moyenne de 200 m. son substratum est formé de marnes et de marnocalcaires
- L'aquifère du Crétacé constitué par les calcaires organo-détritiques et lumachelliques, des dolomies et des grès. Ces formations constituent deux aquifères séparés à porosité de fracture et de chenaux.
- L'aquifère du Villafranchien formé essentiellement de calcaires lacustres, avec un substratum constitué de part et d'autre par des marnes et marnocalcaires.
- Son alimentation s'effectue par l'impluvium et l'exutoire est principalement constitué par les dépressions représentées par les sebkhas et Chotts qui forment des systèmes évaporatoires.

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 moyenne annuelle de l'ordre de 646,06 mm et 15,54°C, respectivement. L'évaporation réelle

Conclusion Générale et Recommandations

(ETR) est de 406,4mm évaluée par la méthode de Thornthwaite, représente de 62,90% des précipitations.

Pour pouvoir établir une bonne gestion de l'eau dans le sous bassin d'oued Kébir Amont-Enndja, 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 de simulation de plusieurs scénario de demande en eau sur une période de 43 ans, a permis de déceler une hypothèse qui s'avère intéressante de point de vue réduction de la demande en eau dans un contexte de gestion intégrée des ressources en eau. Cette hypothèse est la réduction de consommation élémentaire en eau d'irrigation, la demande en eau observera une augmentation relativement très négligeable de l'ordre de 0,84 Mm³ en 43 ans.

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 sous-bassin du Kébir Amont-Enndja :

- ✓ 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.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and horizontal lines at the top and bottom. The corners are rounded, and there are grey circular accents at the top-left and top-right corners.

Références bibliographique

Référence Bibliographique

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.

Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)2013. La wilaya de Mila.

Athmania, D., (2010). Minéralogie des argiles et phénomène de retrait-gonflement dans le bassin de Mila (nord constantinois), thèse de doctorat, université de Constantine, PP-8-9-11-12-16-17.

Benayache N., (2014). Evaluation de niveau de la pollution organique des eaux des barrages de hammam Grouz et béni Haroun. Mémoire de Master 2, Université de Mentouri, Constantine 1, P 01.

Benchabane N., (2015). Relation Barrage- Nappe Etude de cas : Barrage De Beni Haroun, Wilaya de Mila, Mémoire de magister, Université de Constantine, PP 44-48-49.

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).

Boutera W., (2007). Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de Boumerzouge (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.

Conférence de haut niveau sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : « les défis du changement climatique, » Sirte, Jamahiriya arabe libyenne, 15-17 décembre 2008 ; Rapport d'investissement par pays.

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

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.

GADM ;(2009). « Geographic database of global administrative areas, » Version 1.0.2009.

Référence Bibliographique

Hammachi R., (2006). Évolution sédimentaire et paléogéographique des formations néogènes du constantinois central (Algérie nord-orientale), Mémoire de magister, université de Tébessa, P 15.

Harris S., (2007). « Beyond Building Models: Using WEAP to inform climate change adaptation Policy in Guatemala, » paper submitted in partial fulfillment of the cours 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 –congres international de Kaslik –Liban -18-20 juin 1998.

Kieken M., (1962). Esquisse technique de l'Algérie (Algérie du nord) exposé sur les Connaissance actuelle 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 Demande Assesment of the Upper Semi-arid Sub-catchement of a Mediterranean Basin, » Energy Procedia 119(2017)870-882.

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

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

Mender kh., (2015).Gestion intégrée des ressources en eau d'un sous bassin : cas de Boumerzoug (wilaya de Constantine), Mémoire de master2, Université de Jijel, P50.

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 Kébir-Rhume1 dans le Constantinois, (Algérie),PP90-93-94.

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

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).

Référence Bibliographique

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 Résiduaires De LA Région De Mila Et Leurs Impacte 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.

Souiki, S., (2007). Les argiles du bassin de Mila – Constantine: Composition minérale, chimique, caractéristiques géotechniqueset répartition des gisements, mémoire de magister, université de Constantine, P42.

Soukehal B et Cherrad Dj., (2011).Les Ressources En Eau Dans La Wilaya De Mila : Mobilisation, Consommation Et Comportement De Ménage. Sciences & Technologie D – N°34, Décembre (2011), pp. 19-25.

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 Environnemental Sciences .Elsevier Inc.

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.

Référence Bibliographique

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

Annexes

Le tableau donne les températures moyennes mensuelles pour une période de 14 ans (2003-2017) concernant celles de Béni Haroun.

T (°C)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	somme
2003-2004	23,9	20,9	12,4	10,4	9,96	12	13,22	13,71	17,33	23,6	26,66	27,9	212
2004-2005	23,9	24	12,4	10	6,45	6,29	10,81	15,6	19,7	24,7	27,97	26,4	209
2005-2006	23,44	20	12,09	9,9	8,54	9,37	13,73	22,1	0	0	0	0	119
2006-2007	0	0	16,6	0	9,57	9,88	9,76	13,5	15,8	21,9	24,87	25,1	147
2007-2008	21,32	18	10,35	7,6	7,11	7,11	8,8	12,2	14,9	21,5	24,76	25,7	179
2008- 2009	22,88	17	11,05	8,2	8,11	7,52	9,34	11,7	17,8	22,9	28,55	26,1	191
2009- 2010	22,13	17	10,92	10	8,4	8,48	9,63	13,8	16,3	21,3	25,82	26,1	190
2010-2011	22,22	17	12,99	8,3	7,45	7,82	10,03	14,7	17,6	21,1	25,94	28,2	193
2011-2012	21,82	16	12,7	9	7,23	4,64	10,37	13,3	17,7	24,3	26,9	29,5	194
2012-2013	21,43	18	13,4	8,6	7,76	6,16	10,87	13,6	16,6	20,4	26,42	25,2	188
2013-2014	21,93	19	12,33	8,2	8,81	8,39	9,48	13,7	17,2	22	25,84	25,7	193
2014-2015	24,3	18	13,35	8,9	6,84	6,93	10,08	13,6	18,5	23,1	28,3	26,3	199
2015-2016	21,7	18	11,9	7,5	7,6	9,4	9,5	14,2	17,4	22,7	26	24,4	190,3
2016-2017	21,2	19	12,4	10	7,6	9	11	13,4	20,1	26,9	27,9	27,1	206
La moyenne (Température)	20,87	17	12,49	8,4	7,959	8,07	10,47	14,2	16,2	21,2	24,71	24,6	15,54

Le tableau donne les précipitations moyennes mensuelles pour une période de 14 ans (2003-2017) concernant celles de Béni Haroun.

précipitation	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	somme
2003-2004	30,1	50,0	38,2	191	83,4	32,2	50,2	81,6	60,7	44,0	0,9	0,0	661,9
2004-2005	35	32,1	146	228	167,6	154	50	103	6,2	0	0,5	1,7	924,6
2005-2006	12,2	19,2	86,9	84	94,8	85,3	37,3	10,6	45,9	0,4	0	2,8	479,6
2006-2007	35,3	28	34,9	152	10,3	58,2	175	46,1	16,4	11,3	0	0,5	567,9
2007-2008	33,9	66,7	72,6	134	15,2	16,6	120	50,8	47,8	6,3	5,4	4,3	573,9
2008- 2009	25,2	25,8	120	50	158	71,5	86,1	109	36	5,5	0,3	7	694,2
2009- 2010	157,2	65,1	52,5	81	96,1	47,5	58,5	34,6	82	21,5	2,5	3	701,2
2010-2011	33	74	100	60	19,5	156	38	60	34,3	34	3,5	1	612,9
2011-2012	25	89	57	99	52,5	198	40,5	93,5	6,5	10,5	2	4	677
2012-2013	49	9,5	35	56	112	180	67	30	39	3,5	3,5	26,5	610,5
2013-2014	27	54,5	249	68	69	59	253	10	23	21	0	0	832,5
2014-2015	0,5	5,5	63	202	219	192	98	4,5	26,6	1,5	0	17,5	830,1
2015-2016	37	82,5	82,5	0,5	68,0	40,5	170,5	51,5	59,2	11,9	0,0	0,0	604,1
2016-2017	28,5	24	47,5	30	24,0	55,5	0	46	0	12	0	7	274,5
moyenne précipitation	37,78	44,7	84,6	102	85	96	88,9	52	34,5	13,1	1,33	5,4	646,06

