

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

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



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: علوم الارض والكون

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique

En Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière: Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

Evolution et usages de la ressource en eau dans le
sous-bassin de l'oued Rhumeml Smendou (10-06),
(Constantine, Nord-Est algérien)

Membres de Jury

Président (e) : F. KESSASRA

Examinatrice: S. CHEDAD

Encadrant : H. KINIOUAR

Présenté par

M^{elle} : BOUGUEROUDJA WAFIA

Mme: ACHOUB FELLA

Année Universitaire 2021-2022

Numéro d'ordre (bibliothèque) :...

REMERCIEMENT

C'est une tâche difficile de trouver les plus justes mots pour exprimer ses « mercis », c'est paradoxalement la dernière page qu'on rédige et qu'on croise en premier.

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le pouvoir afin d'accomplir ce travail.

Comme nous tenons à remercier nos Familles pour les sacrifices qu'elles ont fait, et tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de notre mémoire de fin d'étude et en particulier un très grand remerciement à notre promoteur Monsieur: Kiniouar Hocine, pour son soutien moral et d'avoir encadré et suivi notre travail de près, avec sa rigueur scientifique, ses conseils durant l'évolution de ce travail.

Nous remercions également aux membres de jury et qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail : qu'ils soient assurés de notre profonde gratitude.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à tous les enseignants du Master Hydrogéologie. Nous tenons également à s'excuser auprès des personnes qui nous ont aidés, les auteurs dont on a utilisé les documents sans les avoir cités dans les remerciements ou dans la bibliographie.

Enfin, nous remercions tout le personnel du département de géologie de l'université de Jijel.

Dédicace

Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents ABD EL KADER et ZINEB ;

Qui ont toujours été là pour moi et pour leur amour et leur tendresse et leurs sacrifices.

*A mes chers frères MOHAMED LAMINE, ALA EDDINE et
MERWANE*

À ma chère sœur IKHLAS

À mes grands-parents, à mes tantes et mes oncles.

A toute la famille BOUGUEROUDJA et la Famille SID.

Je ne peux pas finir sans remercier mes cousins et mes cousines;

MARWA, TAKWA, SAFA, ANFAL et MERIEM

A mes sœurs de la résidence universitaire:

SAMAH et KHAWLA ;

*Merci pour tous les bons moments qu'on a partagé ensemble. Enfin je le dédie à
tous mes amis que je n'ai pas cités et à tous ceux qui me connaissent.*

Dédicace

*Je tiens tout d'abord à remercier mon encadreur Mr **Kiniouar Hocine** enseignant à l'université de Jijel pour m'avoir donné l'opportunité de travailler dans son équipe. Aussi, j'exprime ma gratitude pour sa gentillesse, ses conseils et son suivi avec beaucoup d'objectivité et d'intention l'évolution de toutes les étapes de ce travail et ceci aussi bien de près que de loin.*

*Mes remerciements les plus profonds vont à Mr **KESSASRA Fares**, enseignants au département de sciences de la terre et univers de l'université de Jijel, pour avoir accepté de juger ce travail et de l'avoir présidé.*

*Que Madame **S.CHEDDAD** ; enseignante au département de sciences de la terre et univers de l'université de Jijel, trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt qu'elle a manifesté à ce travail et d'avoir accepté de faire partie du jury de mon mémoire.*

*Je vous remercie mon marié **Djamel Eddine** d'avoir relu et corrigé mon mémoire, qui ne serait pas ce qu'il est actuellement.*

*Je voudrais remercier également l'ensemble des membres de département de sciences de la terre et univers de l'université de Jijel, pour leur gentillesse et leur soutien, en particulier mes amis **Marwa et Aycha**.*

Je terminerais en adressant mes plus grands remerciements et mon plus grand respect, à mes parents, qui m'ont soutenu, qui a fait preuve d'une patience inimaginable et qui m'ont montré le chemin de succès.

Merci mes parents, pour tout ce que vous m'apportez au quotidien.

Achoub Fulla

Résumé

L'Algérie est l'un des pays les moins développés en termes de ressources en eau renouvelables, avec une capacité de stockage annuelle de 19.4 milliards de m³ ; dont les bassins versants du nord représentent 7% de la superficie et 90% du ruissellement totale du pays.

Dans cette étude, nous évaluons la demande en eau pour répondre aux besoins des utilisateurs de l'eau du sous bassin Rhumel-Smendou. Ce dernier fait partie du grand bassin de Kébir-Rhumel avec la codification (10-06) selon l'ABH-CSM.

A l'aide de graphiques analytiques, nous avons évalué la demande en eau et la gestion des ressources pour les trois principaux secteurs : alimentation en eau potable (AEP), irrigation et industrie dans le sous-bassin étudié.

Les résultats ont montré le manque de ressources en eau qu'il faut pallier par la gestion intégrée de ces ressources.

Mots clés: Ressources en eau, Demande en eau, Sous-Bassin Rhumel-Smendou, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

Abstract

Algeria is one of the least developed countries in terms of renewable water resources, with an annual storage capacity of 19.4 billion m³ in the Mediterranean coastal watersheds, representing 7% of the area and representing 90% of total runoff.

In this study, we assess the water demand to meet the needs of water users under Rhumel Smendou-basin. The latter is located in the large Kébir-Rhumel basin with the code (10-06) in the ABH-CSM.

Using analytical graphs, we assessed water demand and resource management for the Three main sectors: drinking water supply (DWS), irrigation and industry in the studied Sub-basin.

The results showed the shortage of water resources that must be overcome through the Integrated management of these resources.

Keywords: Water resources, Water Demand, Sub basin, Rhumel-Smendou, International Water Resources Management (IWRM).

الملخص

تعد الجزائر واحدة من أقل البلدان نموا من حيث الموارد المائية المتجددة، حيث تبلغ سعة التخزين السنوية 19.4 مليار متر مكعب

في مستجمعات المياه الساحلية المتوسطة، تمثل 7٪ من المساحة وتمثل 90٪ من إجمالي الجريان السطحي.

في هذه الدراسة، نقوم بتقييم الطلب على المياه لتلبية احتياجات مستخدمي المياه في الحوض الفرعي رومال-سمندو، يقع هذا الأخير في حوض كبير- رومال تحت الرمز (06-10) وفقا لوكالة الحوض المائي .ABH-CSM

باستخدام الرسوم البيانية التحليلية قمنا بتقييم الطلب على المياه وإدارة الموارد للقطاعات الثلاثة الرئيسية: إمدادات مياه الشرب، الري والصناعة في الحوض الفرعي المدروس.

أوضحت النتائج النقص في الموارد المائية التي يجب التغلب عليه من خلال الإدارة المتكاملة والتسيير المدمج لهذه الموارد.

الكلمات المفتاحية: الموارد المائية، الحوض الفرعي، الطلب على المياه، رمال-السمندو، الإدارة المتكاملة للموارد المائية

Liste des figures**Chapitre I: Cadre Générale**

Fig.I.1. Situation géographique du sous-bassin du Rhumel-Smendou (10-06)..... 4

Chapitre II : cadre géologique

Fig. II.1 Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga et Fontboté, 1980)..... 6

Fig. II.2 Situation actuelle de la plateforme néritique constantinoise
(Carte modifiée D'après Bureau, 1970 ET Vila, 1980) 10

Fig. II.3. Coupe géologique du Miopliocène à l'Est immédiat de Constantine 13

Chapitre III: cadre hydrogéologie

Fig. III .1. Grands domaines géologiques et hydrologiques (Mebarki, 1988) 16

Fig. III.2. Bassin versant Kébir Rhumel, nappes aquifères (PNE, 2010)17

Chapitre IV : Hydroclimatologie

Fig. IV.1. Précipitation moyennes mensuelles des deux stations
(Guerarem Gouga et Ain El Bey) 21

Fig .IV.2. Précipitations moyennes annuelles Ain El Bey (1979-2017)..... 22

Fig. IV .3. Températures moyennes mensuelles- Station de Ain El Bey (1979-2017)..... 22

Fig. IV. 4. Diagramme ombrothermique - Station de Ain El Bey (1979-2017) 23

Fig. IV.5. Bilan hydrique par la méthode de thornthwaite Station de Ain El Bey (1979-2017) 26

Chapitre V: Gestion de l'eau

Fig. V.1. Rapport entre prélèvements et approvisionnement totaux annuels d'eau renouvelable29

Fig. V.2.Sources d'approvisionnement en eau actuelles des pays méditerranéens
(Plan Bleu 2009)..... 29

Fig.V.3. Stress hydrique par pays 31

Fig.V.4 .Dotation brute et dotation nette (l/j/hab) (1998 – 2007) 38

Fig.V.5.Dotation Brute (l/j/hab) (2000 – 2007) 39

Fig.V.6.Dotation nette (l/j/hab) (2000 – 2003) 39

Fig. V.7. Production et volume distribué (hm³/an) 1998-2003 42

Fig. V.8. Evaluation de la production (hm³ /an) entre 2000 et 2003..... 43

Fig. V.9.Volume distribué (hm³/an) entre 1998 et 2003 43

Fig. V.10 .Evolution de la superficie irriguée (ha) entre 1998 et 2003 44

Fig. V.11 .Besoin (hm³/an) entre 1998 et 2003 44

Fig. V.12 .Besoin globaux (hm³/an) entre 1998 et 2003 45

Fig. V.13 .Volume alloué (hm³/an) entre 1998 et 2003 45

Fig. V.14.Volume alloué globaux (hm³/an) entre 1998 et 2003 46

Fig. V.15 .Besoin (m3/j) entre 1998 et 2003 47

Fig. V.16 . Volume alloué (m3/j) entre 1998 et 2003 47

Liste des tableaux

Chapitre I: Cadre Générale

Tableau.I.1. La population de chaque commune (RGPH, 2008) 4

Chapitre IV: Cadre Hydroclimatologie

Tableau. IV.1. Coordonnées des stations météorologiques 20

Tableau. IV.2. Précipitation moyennes mensuelles des deux stations
(Guerarem Gouga et Ain El Bey) 20

Tableau. IV .3. Températures moyennes mensuelles - station de Ain El Bey (1979-2017) 22

Tableau. IV. 4. Calcul de l'ETP selon Thornthwaite - station de Ain El Bey (1979-2017)..... 25

Tableau. IV. 5. Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite Station d'Ain El Bey (1979-2017) 26

Abréviations et Acronyms

| | |
|--------------|--|
| ABH | Agence de Bassin Hydrographique |
| AEP | Alimentation en Eau Potable |
| ANRH | Agence Nationale des Ressources Hydriques |
| CSM | Constantinois-Seybousse-Mellegue |
| GWP | Global Water Partnership |
| RGPH | Recensement Général de la Population et de l'Habitat |
| ONS | Office National des Statistiques |
| PNE | Plan National de l'Eau |
| EUISS | Institut d 'étude de securité de l' union européenne |
| GIRE | Gestion Intégrée des ressources en Eau |
| INRH | Institut National des Ressources Hydraulique |

Table de matière

| | |
|---------------------------------|------|
| Remerciement | |
| Dédicase | |
| Résumé | i |
| Abstract | ii |
| ملخص | iii |
| Liste des figures | iv |
| Listes des tableaux | vi |
| Abréviations et acronymes | vii |
| Table de matière | viii |
| Introduction générale..... | 1 |

Chapitre I: Cadre générale

| | |
|--|---|
| I.1.Introduction..... | 3 |
| I.2 Situation du sous bassin du Rhumel-Smendou | 3 |
| I.3. Contexte socio-économique | 4 |
| I.3.1. Population | 4 |
| I.3.2.Industrie | 4 |
| I.3.3.Agriculture | 5 |
| I. 4. Conclusion | 5 |

Chapitre II : Cadre géologique

| | |
|-----------------------------------|---|
| II.1. Géologie régionale | 6 |
| II.1.1.Introduction..... | 6 |
| II.1.2. Domaine interne | 6 |
| II.1.2.1.Socle kabyle..... | 6 |
| II.1.2.2.Dorsale kabyle | 7 |
| II.1.3. Domaine des flyschs..... | 7 |
| II.1.3.1.Flysch massylien | 7 |
| II.1.3.2.Flysch mauritanien | 7 |

| | |
|--|----|
| II.1.3.3.Flysch numidien | 7 |
| II.1.4. Domaine externe..... | 8 |
| II.1.4.1.Séries telliennes | 8 |
| II.1.4.1.1. Unités ultra telliennes | 8 |
| II.1.4.1.2. Unités telliennes sensu stricto..... | 8 |
| II.1.4.1.3. Unités péni-telliennes et les unités méridionales à nummulites | 8 |
| II.1.5. Série de l'avant pays allochtones | 9 |
| II.1.5.1.Organisation sétifienne | 9 |
| II.1.5.2.Organisation constantinoise..... | 9 |
| a) Séries néritiques constantinoises mauritanien | 9 |
| b) Unités des Sellaoua | 9 |
| II.2. Géologie locale | 10 |
| II.2.1. Introduction | 10 |
| II.2.2. Mésozoïque..... | 10 |
| II.2.2.1.Trias | 10 |
| II.2.2.2.Jurassique | 11 |
| II.2.3. Crétacé..... | 11 |
| II.2.3.1.Crétacé inférieur | 11 |
| II.2.3.2.Néocomien..... | 11 |
| II.2.3.3.Barrémien | 11 |
| II.2.3.4.Aptien | 11 |
| II.2.3.5.L'albien..... | 12 |
| II.2.3.6.Cénomaniens..... | 12 |
| II.2.4. Crétacé supérieur | 12 |
| II.2.4.1.Turonien | 12 |
| II.2.4.2.Sénonien | 12 |
| II.1.1. Cénozoïque | 12 |
| II.1.1.1. Paléogène | 12 |
| II.1.1.2. Néogène | 12 |
| II.1.2. Quaternaire | 13 |
| II.3. Conclusion | 14 |
| Chapitre III: Cadre hydrogéologique | |
| III.1. Introduction..... | 15 |
| III.2. Travaux de Mebarki (1988) | 15 |

| | |
|--|----|
| III.2.1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises | 15 |
| III.2.2. Bassin néogène de Constantine-Mila | 15 |
| III.3. Plan National de l'Eau de 2010 | 16 |
| III.3.1. L'oued Rhumel..... | 17 |
| III .3.2. Région de Constantine..... | 17 |
| III.4. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique..... | 18 |
| III.4.1. Formations perméables | 18 |
| III.4.1.1. Alluvions anciennes des vallées..... | 18 |
| III.4.1.2. Travertins récents du Hamma | 18 |
| III.4.1.3. Travertins anciens du Hamma..... | 18 |
| III.4.2. Formations imperméables | 19 |
| III.4.2.1. Argile et grés du Smendou..... | 19 |
| III.4.2.2. Argile à gypse à hélice dontées..... | 19 |
| III.5. Conclusion | 19 |

Chapitre IV Cadre hydroclimatologique

| | |
|---|----|
| IV.1. Introduction..... | 20 |
| IV .2.Précipitations..... | 20 |
| IV .2.1.Précipitations moyennes mensuelles..... | 20 |
| IV .2.2. Précipitations moyennes annuelles | 21 |
| IV .3.Température | 22 |
| IV .4.Relation températures-précipitations | 23 |
| IV .5. Le bilan hydrologique | 24 |
| a) Calcul de l'évapotranspiration..... | 24 |
| b) Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) | 24 |
| c) Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)..... | 25 |
| IV .5. 1. Exploitation du bilan hydrologique..... | 27 |
| IV.5.2. Ruissellements (R) | 27 |
| IV .5.3. Infiltration (I)..... | 27 |
| III.6. Conclusion..... | 27 |

Chapitre V: Gestion de l'eau

| | |
|---|----|
| V.1. Bibliographie sur le problème de gestion de l'eau..... | 28 |
| V .1.1. Introduction..... | 28 |
| V.1.2. Problème de l'eau | 28 |
| V.1.2.1. Dans le monde..... | 28 |

| | |
|--|----|
| V.1.2.2. Dans le bassin méditerranéen..... | 29 |
| V. 1.2.3. En Afrique | 30 |
| V .1.2.4. En Algérie..... | 30 |
| V.2. Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) | 31 |
| V.2.1. Définition de la GIRE | 32 |
| V.2.2. Principes de la GIRE (Conférence de Dublin, 1992) | 33 |
| V.2.3. Défis de la GIRE | 33 |
| V.3.4. Avantages de la GIRE | 34 |
| V.2.4.1. Avantages environnementaux | 34 |
| V.2.4.2. Avantages agricoles | 34 |
| V.2.4.3. Avantages de l’approvisionnement en eau et l’assainissement..... | 34 |
| V.3. Cas d’étude : Aperçu sur la gestion de l’eau dans le sous-bassin du Smendou | 35 |
| V.3. 1. Production et distribution des ressources en eau pour l’AEP | 35 |
| V.3. 1.1. Dotation brute et dotation nette journalière pour l’AEP de 1998 à 2007 | 35 |
| a) Dotation journalière pour l’AEP (1998) | 35 |
| b) Dotation brute et dotation nette journalière pour l’AEP (2000)..... | 35 |
| c) Dotation brute et dotation nette journalière pour l’AEP (2001) | 35 |
| d) Dotation brute et dotation nette journalière pour l’AEP (2002) | 36 |
| e) Dotation brute et dotation nette journalière pour l’AEP (2003) | 36 |
| f) Dotation journalière pour l’AEP (2007)..... | 36 |
| g) Evolution de la dotation globale (Brute et nette) pour l’AEP | 39 |
| V.3.1.2. Production et distribution annuelle pour l’AEP de 1998 à 2003..... | 39 |
| a. Distribution annuelle pour l’AEP en l’an 1998 | 39 |
| b. Distribution annuelle pour l’AEP en l’an 2000 | 40 |
| c. Distribution annuelle pour l’AEP en l’an 2001 | 40 |
| d. Distribution annuelle pour l’AEP en l’an 2002 | 40 |
| e. Distribution annuelle pour l’AEP en l’an 2003 | 40 |
| f. Evolution de la production et de la distribution pour l’AEP..... | 42 |
| V.3.1.3. Production et distribution des ressources en eau pour l’irrigation..... | 43 |
| a) Volume d’eau produit pour l’irrigation entre 1998 et 2003..... | 43 |
| b) Evolution des besoins en eau pour l’irrigation..... | 44 |
| c) Evolution de Volume alloué pour l’irrigation..... | 45 |
| V.3.2. Production et distribution des ressources en eau pour l’industrie (Volume d’eau pour l’industrie de 1998 à 2003)..... | 46 |

| | |
|---------------------------------|----|
| V .4. Conclusion..... | 48 |
| Conclusion générale | 49 |
| Référence bibliographique | 51 |

Introduction générale

Introduction générale

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

En matière de gestion des ressources en eau, l'approche traditionnelle, sectorielle et fragmentée, a souvent poussé les instances gouvernantes à représenter des intérêts antagoniques. Trop souvent, des objectifs d'action ont été définis sans prendre en compte les implications pour les autres usagers de l'eau et sans consultation au-delà des limites sectorielles et institutionnelles. Par ailleurs, la gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux (Partenariat Mondial de l'Eau, 2000).

L'eau est une priorité nationale en Algérie depuis plus d'une décennie. La disponibilité en eau est estimée à 19.4 milliards de m³ par an, dont 14.4 milliards de m³ dans la région nord ; 11.4 milliards de m³ de ressources de surface et 5 milliards de m³ dans le sud ; 8 milliards de m³ de ressources souterraines. (PNE2017, Ourida TALMATKADI).

L'exploitation de ces ressources en eau est intense, avec des besoins croissants liés à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrents. (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).

Notre recherche sur le sous-bassin de l'Oued Rhumel Smendou (10-06) vise à identifier les caractéristiques du bassin et quantifier ses ressources en eau. Notre sous-bassin fait partie de la wilaya de Constantine.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons structuré les données caractérisant la zone d'étude, les avons introduites et traitées, et simulé différents scénarios d'évolution de la demande en eau pour ce sous bassin.

Pour accomplir ce travail, nous avons mis en œuvre le plan suivant :

- Le premier chapitre c'est le cadre général sur la situation géographique, Socio-économique, et agriculture de la zone d'étude.
- 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 hydro climatologique consacrée à la caractérisation du climat de la zone d'étude.
- Le cinquième chapitre représente une recherche bibliographique sur la gestion Des ressources en eau et la gestion intégrée (GIRE) et représente l'état des ressources en eau et les besoins en eau dans le sous bassin du Smendou.

Enfin, nous tirerons une conclusion générale à ce travail.

CHAPITRE I: Cadre générale

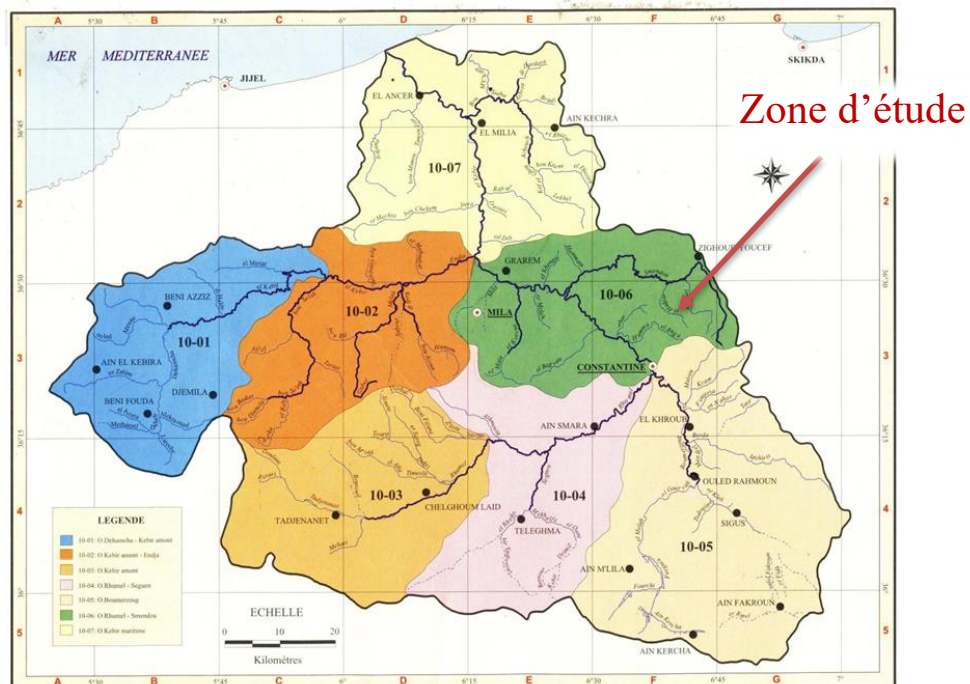
I.1. Introduction

L'eau est une ressource limitée et vulnérable qui est essentielle à la survie, à la santé et à l'alimentation de l'homme ; il est également important pour les activités agricoles et économiques, et la qualité de l'environnement en dépend fortement. Depuis plus d'une décennie, l'eau a été élevée au rang de priorité nationale en Algérie. La disponibilité en eau est estimée à 17 milliards de m³ par an, dont 12 milliards de m³ dans la région Nord et 10 milliards de m³ de ressources en surface. (Benayache, 2014).

I.2. Situation du sous bassin du Rhumel-Smendou

Le sous bassin du Rhumel-Smendou représente un des sous-bassins du bassin Kébir-Rhumel. Il est limité au nord par le sous-bassin du Kébir-maritime (10-07), au sud par les sous-bassins du Rhumel-Seguen (10-04) et du Boumerzoug (10-05), à l'ouest par le sous bassin du Kébir amont- Endja (10-02).

Ce sous bassin couvre une grande partie de la région de Constantine (communes de Constantine, Hamma Bouziane, Zighoud Youssef, Didouche Mourad, Saleh Bey, Messaoud Boudjeriou, Ibn Ziad) et une partie de la wilaya de Mila (communes de : Mila, Guerarem Gouga, Ain Tin et Sidi Khelifa)



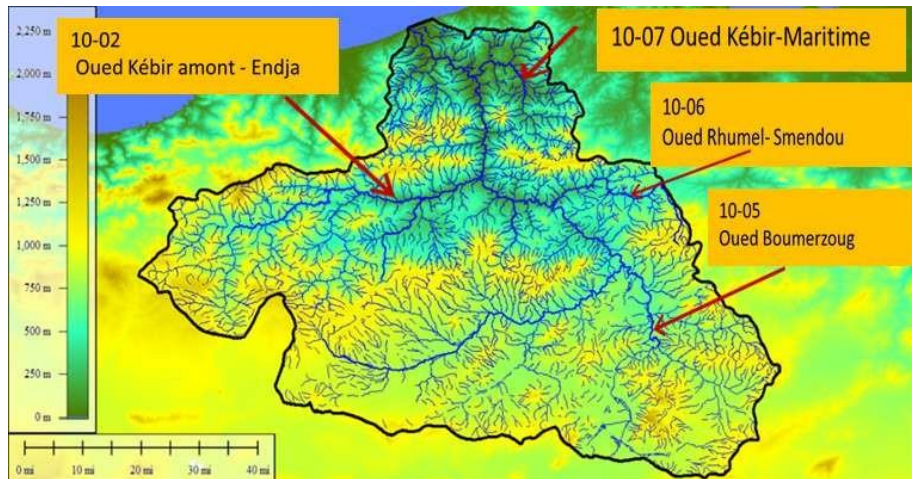


Fig. I.1. Situation du sous-bassin du Rhumel-Smendou (10-06)

I.3. Contexte socio-économique

I. 3.1. Population

La population totale dans le sous bassin est estimée à 769475 habitants (RGPH, 2008) répartie comme suit :

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

| Communes | Population(hab) |
|--------------------------|------------------------|
| Constantine | 448374 |
| Hamma Bouziane | 79951 |
| Zighoud Youcef | 35248 |
| Didouche Mourad | 44951 |
| Beni Hamidène | 9397 |
| Messaoud Boudjeriou | 9050 |
| Ibn Ziad | 18861 |
| Mila | 69052 |
| Guerarem Gouga | 42062 |
| Aïn Tine | 7780 |
| Sidi Khelifa | 4746 |
| Population totale | 769475 |

I. 3.2. Industrie

L'activité industrielle tourne autour des grandes agglomérations (Hamma Bouziane, Didouche Mourad, Mila, Ibn Ziad et Guerarem Gouga).

Les principales unités industrielles dans la région sont :

- La cimenterie de Hamma Bouziane;
- L'entreprise de céramique et faïence à Mila;
- Des petites unités artisanales de fabrication de pâtes alimentaires et confiserie
- Zone industrielle de palma.

I. 3.3. Agriculture

La région se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion) dépendant du type de culture. Cependant, les céréales et les cultures maraichères sont les principales activités des périmètres irrigués. Afin d'améliorer le rendement, les professionnels ont recouru aux engrais et aux pesticides. Certes, le taux de production augmente mais, leurs utilisations abusives conduisent à des concentrations excessives, surtout en nitrates et phosphates qui conduisent finalement à une pollution des sols et des eaux (ABH, 2004).

I.4. Conclusion

La zone d'étude fait partie du grand bassin du Kébir-Rhumel, délimité au nord par les deux bassins côtiers constantiniens occidental et central, au sud par le bassin versant des hauts plateaux constantiniens, et à l'est par le bassin versant de la Seybouse. Le climat de la région est généralement méditerranéen au nord à semi-aride au sud. Les températures sont marquées par des variations saisonnières et journalières.

CHAPITRE II : Cadre géologique

II.1. Géologie régionale

II.1.1. Introduction

La chaîne tello-rifane (Wildi, 1983) comprend la chaîne alpine du nord-est algérien sur le rif et représente le segment occidental de la chaîne maghrébine (Delga et Aubouin, 1971 ; Delga, 1980). Cette chaîne alpine s'étend sur plus de 2000 kilomètres. Il distingue le Nord et le Sud :

- Domaine interne
- Domaine des flyshs
- Domaine externe

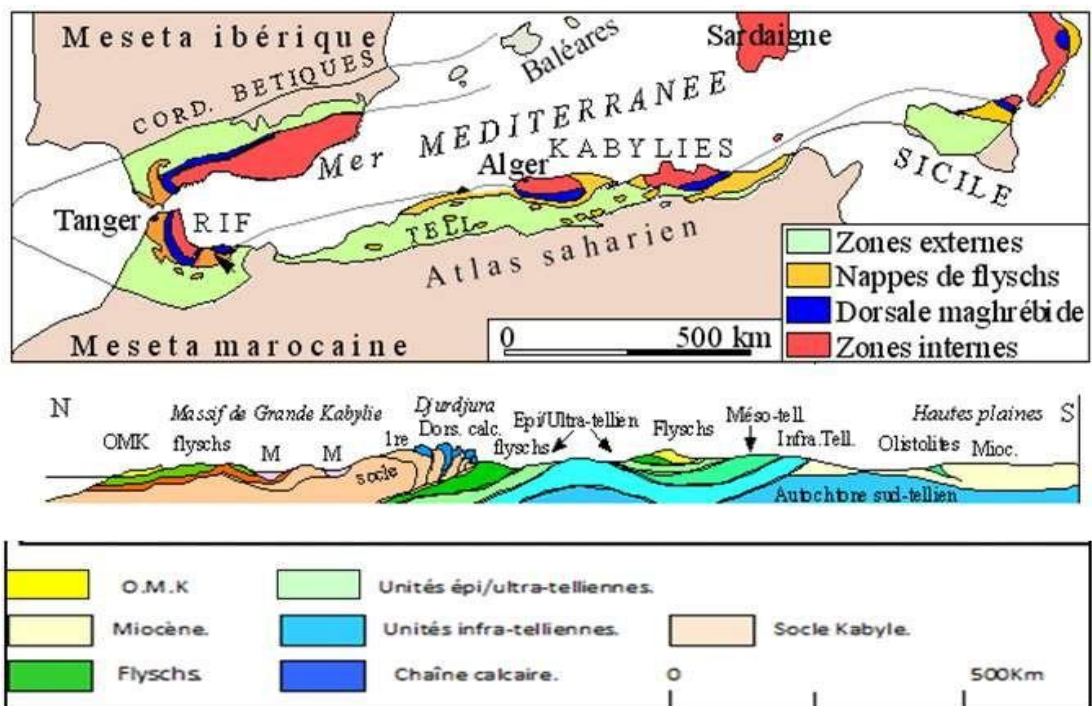


Fig. II.1. Schéma structural de la méditerranée occidentale (Delga et Fontboté, 1980)

II.1.2. Domaine interne

Il est représenté en Algérie par un chapelet de massifs anciens littoraux bordés au sud par la dorsale kabyle (chaîne calcaire).

II.1.2.1. Socle kabyle

Le socle kabyle est caractérisé par quatre ensembles lithologiques, qui sont :

- Un ensemble crustal profond appartenant aux faciès granulites (Bouillin, 1976 ; Peucat et Bossier, 1978);
- Les gneiss à intercalations de quartzites et d'amphibolites ;
- Des phyllades peu métamorphisés;
- Un ensemble essentiellement sédimentaire qui débute au cambrien et atteint le carbonifère (Baudelot et Gery, 1979).

II.1.2.2. Dorsale kabyle

La dorsale kabyle doit son nom de chaîne calcaire à Glaugeaud (1932), du fait de la sédimentation carbonatée dominante. Cette dorsale est localisée à la bordure méridionale du domaine interne qu'elle transgresse. Ultérieurement, Delga (1969) a proposé le terme de dorsale kabyle.

En petite Kabylie, et sur des considérations paléogéographiques et structurales, la chaîne calcaire a été subdivisée en trois unités (Delga, 1969 ; Raoult, 1974 ; Vila, 1980) :

- La dorsale interne
- La dorsale médiane
- La dorsale externe

II.1.3. Domaine des flyschs

D'après Bouillin (1986), le domaine des flyschs se caractérise par des formations de plaines abyssales mise en place par des courants de turbidité. Ces formations furent par la suite subdivisées par Delga (1969). En trois groupes:

- Le flysch de « Guerrouche »;
- Le flysch schisto-quartzeux ou flysch « albo-aptien » de Glaugeaud (1932);
- Le flysch numidien. Raoult (1969) propose de la dénomination flysch massylien pour les flyschs schisto-quartzeux tandis que Gélard (1969) propose le terme mauritanien pour les flyschs de Guerrouche.

II.1.3.1. Flysch massylien

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

II.1.3.2. Flysch mauritanien

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

II.1.3.3. Flysch numidien

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

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

Les datations effectuées sur les formations numidiennes affleurant dans la région de

Mahouna ont donné un âge Oligocène moyen à supérieur, aux argiles sous numidiennes, un âge aquitaniens aux bancs gréseux et un âge Burdigalien aux argiles supra-numidiennes (Lahondère *et al.*, 1979).

II.1.4. Domaine externe

En Algérie orientale, le domaine externe est représenté par les séries telliennes, les séries de l'avant pays puis les séries de l'avant pays atlasique.

II.1.4.1. Séries telliennes

Elles englobent des formations épaisses marneuses d'âge jurassique à Eocène. Les séries rattachées à ce domaine sont subdivisées en trois grandes unités (Delga, 1969 ; Raoult, 1969 ; Vila, 1968 ; Guellal *et al.*, année) :

- Unités ultra telliennes;
- Unités telliennes sensu stricto;
- Unités péni-telliennes et les unités méridionales à nummulites.

II.1.4.1.1. Unités ultra telliennes

Les formations de l'unité ultra tellienne typique comportent :

- Un crétacé inférieur marno-calcaires clairs à ammonites;
- Un crétacé moyen à rotalipores;
- Un sénonien marneux et micritique riche en microfaunes de Globotruncana et Hétérohélicidés;
- Un Eocène à trois termes : marnes noires à boules jaunes Dano-paléocènes, Yprésien, lutétien inférieur à calcaire à silex;
- Un lutétien supérieur marneux sombre.

II.1.4.1.2. Unités telliennes sensu stricto

Elles ont été définies par Vila (1980) et représentent l'équivalent de la série méso-tellienne dans la nomenclature de Delga (1969). Ces unités se caractérisent par un crétacé inférieur riche en dépôts terrigènes où les intercalations des faciès néritiques restent modérées du crétacé supérieur à l'Oligocène.

II.1.4.1.3. Unités péni-telliennes et les unités méridionales à nummulites

Les séries péni-tellines se caractérisent par des faciès néritiques prépondérants du crétacé supérieur à l'oligocène et montrent une grande affinité avec l'avant pays méridional. Les unités méridionales à nummulites ne sont localisées que dans les confins méridionaux du môle néritique constantinois. Ces unités ne comportent que du Sénonien et des formations Eocènes riches en Nummulites.

II.1.5. Série de l'avant pays allochtones

Les séries de l'avant pays allochtone ont été regroupées selon Vila (1980) en trois grandes familles :

- Une organisation sétifienne;
- Une organisation constantinoise;
- Une organisation Algéro-tunisienne

II.1.5.1. Organisation sétifienne

Les séries sétifiennes présentent un caractère de plate-forme, seule leur frange méridionale décèle des variations significatives qui annoncent l'autochtone hodnéen plus méridionales à l'ouest (Djebel Tafour) et les séries des Sellaoua à l'Est (Djebel Hamouda ou Anouda).

II.1.5.2. Organisation constantinoise

Elle regroupe les séries néritiques constantinoises au nord et les séries des Sellaoua au sud.

a) Séries néritiques constantinoises (Fig. II.2)

Elles représentent l'essentiel des massifs calcaires qui constituent le môle néritique constantinois et sont caractérisés par d'épaisses formations carbonatées à caractères de plateforme subsidente. La série des massifs calcaires méridionaux ne dépasse pas le Cénomaniens et se termine par un contact anormal (Vila 1980).

b) Unités des Sellaoua

Les unités de Selloua se caractérisent par une sédimentation argilo-marneuse durant tout le crétacé. Le Djebel Djaffa offre une image de transition entre les séries néritiques constantinoises méridionales et les séries septentrionales des Sellaoua (Blayc, 1912 ; David, 1956; Voute, 1967).

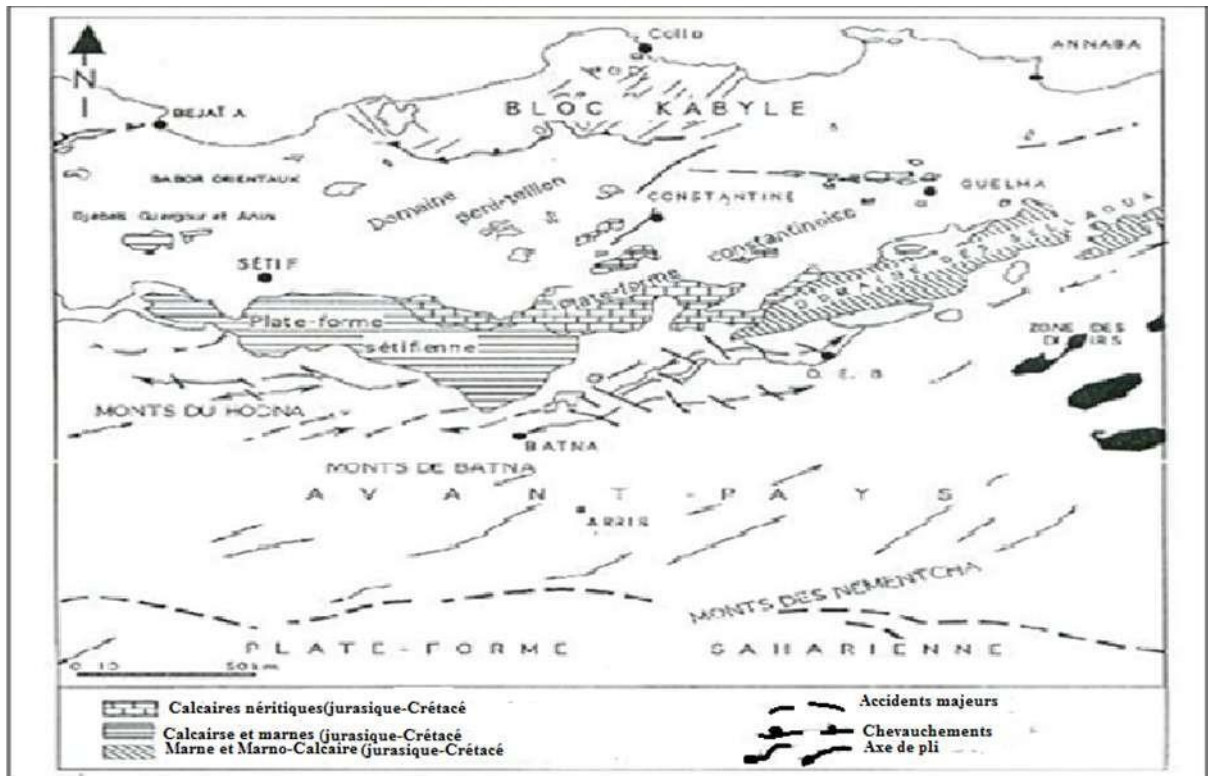


Fig. II.2 Situation actuelle de la plateforme néritique constantinoise (Carte modifiée d'après Bureau, 1970 et Vila, 1980)

II.2. Géologie locale

II.2.1. Introduction

Les massifs du constantinois appartiennent aux domaines externes de la chaîne des maghrébides. Les grands traits stratigraphiques des séries néritiques constantinoises sont actuellement bien connus. Il s'agit essentiellement de formations calcaires Jurassico-crétacé et une couverture marno-calcaire d'âge Sénonien supérieur à Eocène avec la présence de lacunes de sédimentation.

II.2.2. Mésozoïque

II.2.2.1. Trias

Dans la région de Constantine le Trias n'affleure jamais en position stratigraphique normale.

Il est rencontré sous trois dispositions différentes :

- Soit, en forme de diapirs ;
- Soit, en forme de lames à la base des unités allochtones ;
- Soit, injecté le long d'accidents tectoniques.

Les affleurements du Trias sont circonscrits ou étendus sur plusieurs centaines de mètres. Il est constitué par des roches essentiellement évaporitiques.

Parmi les affleurements connus dans le Constantinois on peut citer du Nord au Sud.

- Les affleurements de Sidi Merouane;
- Les affleurements des massifs du Kheneg et Djebel Akhal, au Nord-ouest et à l'Ouest de Constantine;
- Les affleurements de la dépression du Chhattaba, Djebel Ech-Chebka, Ain el Kebch à l'ouest de Constantine.
- Les affleurements liés aux formations tertiaires situées au Sud des massifs du Felten et de l'Oum-Settas

II.2.2.2. Jurassique

Il affleure au Nord : Djebel Sidi Driss, Toumiettes, au Djebel Akhal. La série jurassique est puissante d'environ 700 m, entièrement carbonatée (calcaires oolithiques-dolomies et calcaires à silex).

Elle inclut des lumps, microconglomérats, stratifications entrecroisées et des failles. Ces phénomènes indiqueraient une certaine instabilité lors de la sédimentation de ces dépôts (Benabbas, 2006). Au massif du Chhattaba, les formations jurassiques sont dominées par des calcaires et des dolomies

II.2.3. Crétacé

II.2.3.1. Crétacé inférieur

Il est représenté dans la région de Constantine essentiellement par des dépôts à dominance marno-calcaires.

II.2.3.2. Néocomien

Il affleure au Djebel Akhal avec une épaisseur totale d'environ 200 m, et au massif du Chhattaba. Il est représenté par une épaisse série de marnes, de calcaires et marno-calcaires du Valanginien. Cette série contient de nombreuses Ammonites et se caractérise par la présence de surfaces durcies. La série se termine par des calcaires microlitiques et des niveaux de marnes noires de l'Hauterivien (Benabbas, 2006).

II.2.3.3. Barrémien

Le Barrémien est représenté par deux ensembles : un niveau inférieur carbonaté à faciès micro-graveleux à polypiers et rudistes, et un ensemble supérieur qui se compose de calcaire et de dolomies massifs. Au Djebel Akhal et au massif du Chhattaba, il est représenté essentiellement par des calcaires

II.2.3.4. Aptien

L'Aptien inférieur affleure au Djebel Karkara, au Djebel Zouaoui est constitué par un ensemble de marnes et de calcaires marneux bio micritiques à graveleux. Par contre l'Aptien

supérieur au Djebel Friktia est plus carbonaté avec des calcaires polypiers et Orbitolines des niveaux supérieurs se composent de dolomie alternant avec des lumachelles à Huîtres, la série se termine par un hard-ground très constant.

II.2.3.5. L'albien

Il affleure au Djebel Friktia avec une épaisseur d'environ une centaine de mètres, et représenté par des marnes et marno-calcaires à la base, et par des conglomérats au sommet, au nord-ouest du Djebel Chhattaba. Mais la série albienne au Djebel Zouaoui est plutôt marneuse avec une alternance de marno-calcaires et de calcaires marneux. Il est absent au Djebel Oum Settas

II.2.3.6. Cénomanién

Il est représenté par une épaisse série de calcaires, de marnes et de marno-calcaires. Cette formation est remarquable au Djebel Salah au Nord de la ville de Constantine (montagne tabulaire de forme triangulaire limitée par des failles). Sur le rocher de Constantine, le Cénomanién comprend à la base des calcaires rubanés organo-détritique ravinés. Au massif du Chhattaba, il est représenté par des calcaires à Orbitolines. Dans la région d'El Khroub et d'El Aria, l'épaisseur du Cénomanién est très variable, elle peut atteindre les 250 m et il est essentiellement calcareux

II.2.4. Crétacé supérieur

II.2.4.1. Turonien

Il existe dans le rocher de Constantine, et dans les massifs du Felten, au Djebel Oum Settas le Turonien constitué une série d'environ 200 m avec un ensemble inférieur formé de calcaires rubanés avec des niveaux de calcaires massifs à rudistes, et par des calcaires à silex au rocher de Constantine et au massif du Chhattaba.

II.2.4.2. Sénonien

Il est visible dans le massif du Chhattaba, Djebel Akhal et au massif de l'Oum Settas-Mazela et constitué essentiellement par les marno-calcaires. Au rocher de Constantine, il est représenté par des marnes et des calcaires biomicritiques

II.2.5. Cénozoïque

II.2.5.1. Paléogène

Le paléogène existe dans les monts de Constantine. Il est représenté par une épaisse série de marnes et de calcaires phosphatés et de calcaires à silex

II.2.5.2. Néogène

Il est représenté essentiellement par le miocène inférieur et se situe au sud de la chaîne numidique. Il est constitué de conglomérats et d'argile rouge.

- Le Miopliocène continental

Il s'agit d'une formation détritique qui débute par une série de conglomérats et d'argiles rouges de l'Aquitaniens continental. Les conglomérats sont surmontés par des argiles et des grès dans lesquels s'intercalent souvent des passes gypseuses d'épaisseurs variables. Il est représenté par des dépôts continentaux (Coiffait, 1992) (Fig. II.3).

Le sommet se termine par des calcaires lacustres plus ou moins travertin eux. L'exemple le plus typique est celui de la plate-forme d'Ain El Bey

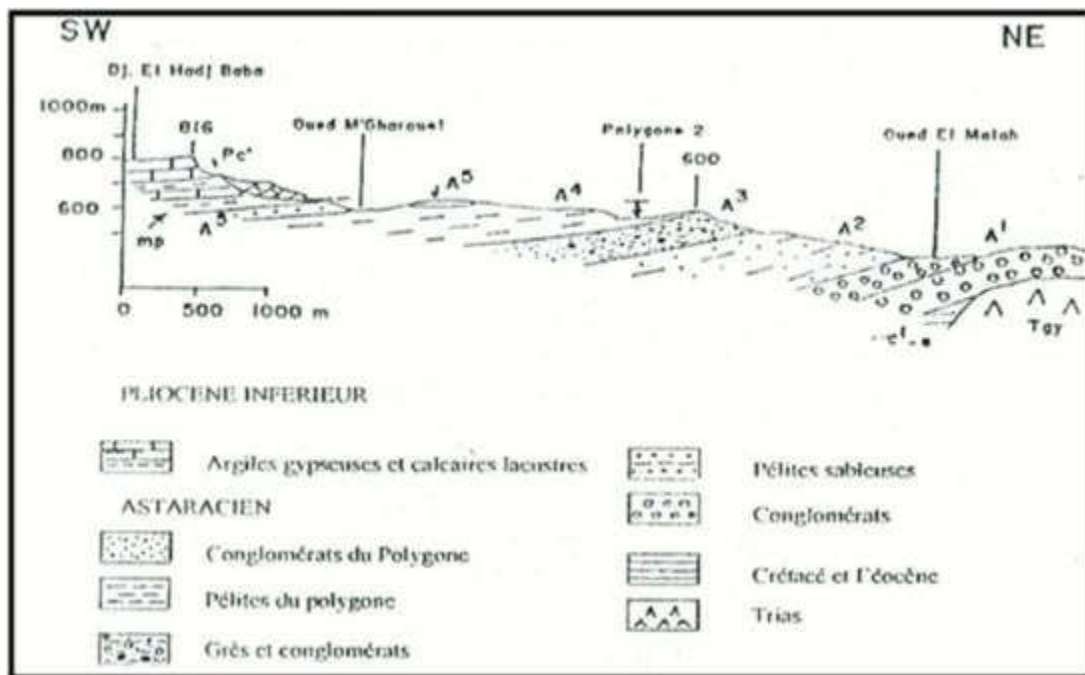


Fig. II.3. Coupe géologique du Miopliocène à l'Est immédiat de Constantine

II.2.6. Quaternaire

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

- Les alluvions récentes des oueds correspondent à des limons et graviers et des galets roulés.
- Les alluvions anciennes des oueds se composent de cailloux roulés et de limons. Elles sont parfois encroûtées et proviennent d'anciennes terrasses.
- Les éboulis sont surtout développés en bordure des reliefs numidiens et des massifs calcaire et gréseux : Djebels Sidi Driss, El Kantour, Toumiettes, Bougrina, KefAnser, Taya et El Ouahch.
- Les plateaux sont composés aussi de cailloux roulés, de limons et de graviers. Elles sont souvent cimentées par une croûte calcaire.
- Les formations de pentes correspondent à des glaciis polygéniques qui forment des surfaces très faiblement inclinées, près des plaines recouvertes d'un matériel élastique, avec de vastes placages sur les versants marneux.

- Les glacis de Constantine, dans la région d'El Aria, sont constitués exclusivement de blocs du Numidien bien roulés (Derouiche, 2008).

II.3. Conclusion

La chaîne alpine s'étend sur plus de 2000 kilomètres, et on distingue trois domaines du nord au sud : domaine interne, domaine du flysch et domaine externe. Delga (1969) replace tous les domaines de la chaîne alpine dans un ensemble logique : l'orogénèse alpine périméditerranéenne, qui a suscité l'intérêt de plusieurs géologues.

Delga distingue dans l'est de l'Algérie :

- Les gammes pré-kabyles du nord de Constantine ;
- La zone sous-kabyle, essentiellement représentée par les Babors ;
- L'infra-tellien autochtone des Bibans ;
- Les autochtones néritiques du Constantinois ; et le tellien méridional natif.

Concernant la géologie de Constantine, on conclut que les principales caractéristiques stratigraphiques de la série néritique de Constantine sont actuellement bien connues. Il s'agit principalement de formations calcaires du Jurassique-Crétacé à couverture marno-calcaire du Sénonien supérieur à l'Éocène. Avec des lacunes de sédimentation datant du Sénonien supérieur à l'Éocène.

***CHAPITRE III : Cadre
hydrogéologique***

III.1. Introduction

Grace aux travaux antérieures, notamment de Mebarki (1988) et aux documents du plan national de l'eau (PNE) de 2010, nous avons réalisé une description hydrogéologique de la région d'étude.

III .2. Travaux de Mebarki (1988)

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 notre travail, on s'intéresse seulement à deux domaines :

III .2.1. Le domaine des Hautes-Plaines Sud-Constantinoises

Il est constitué de deux grandes unités lithologiques:

- Les massifs carbonatés du néritique constantinois:

Composés de 1 000 à 1 200 m de calcaires jurassiques et crétacés, ils émergent en horsts très karstifiés de 10 à 100 km² limités par des abrupts imposants.

Au pied de ces massifs, dans la zone d'éboulis, émergent de grosses sources karstiques : Ain Fesguia (90 L/s : AEP d'El Khroub et de Constantine) à la base du Guérioun, Aïn Fourchi (pompages de 300 L/s aux fins de l'irrigation) au sud d'Aïn M'lila et à l'est du Djebel Nif Enser, Aïn Boumerzoug (400 Us : AEP de Constantine) au nord du massif du Fortas.

- Les trop-pleins non captés alimentent les oueds (haut-Rhumel et Boumerzoug) qui drainent Les différentes plaines quaternaires cloisonnées par les djebels calcaires.

Sur l'ensemble de ces plaines, les nappes phréatiques sont activement exploitées pour l'irrigation par gravité des cultures maraîchères.

III .2.2. Bassin néogène de Constantine-Mila

Ce bassin miopliocène, est à dominante argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres, renfermant des ressources exploitées localement. Par ailleurs, émergent de nombreux horsts de calcaires néritiques d'âge jurassique-crétacé donnant lieu à des aquifères karstiques hydrothermaux tel le système de Hamma Bouziane- Constantine.

La station de Guerarem, sur le bas-Rhumel, reçoit les écoulements issus de l'ensemble des

domaines 1 et 2.

A noter également la source thermale de Hammam Grouz (110 l/s) qui émerge juste à l'aval de la station de jaugeage d'Oued Athménia. Cette dernière contrôle les débits du haut Rhumel, relayée plus bas, à l'aval de la confluence des oueds Rhumel-Seguin, par la station hydrométrique d'Ain Smara.

Les trop-pleins non captés alimentent l'oued Boumerzoug (contrôlé par la station de jaugeage d'El Khroub) et l'oued Rhumel qui drainent les différentes plaines quaternaires. Ces dernières renferment des nappes activement exploitées à des fins d'irrigation.

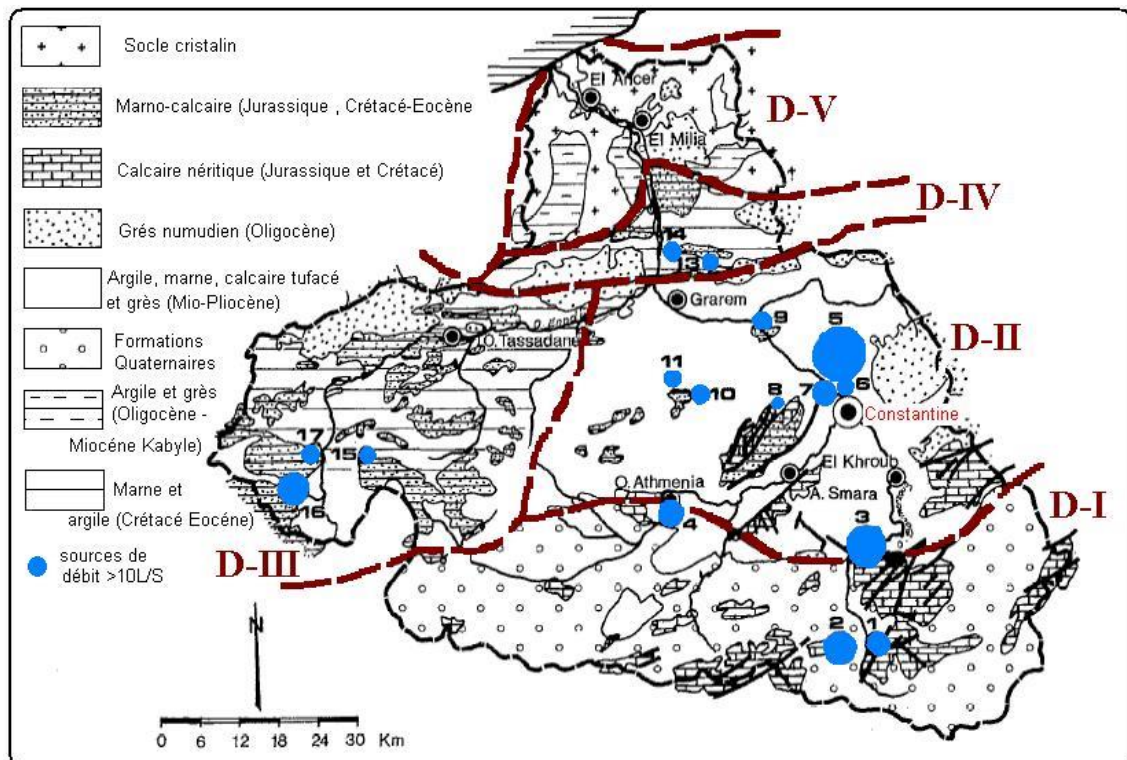


Fig. III .1. Grands domaines géologiques et hydrologiques (Mebarki, 1988)

III .3. Plan National de l'Eau de 2010

D'après le Plan National de l'Eau (PNE, 2010), les aquifères qui caractérisent cette région sont :

- L'aquifère de la région de Constantine
- L'aquifère d'oued Rhumel

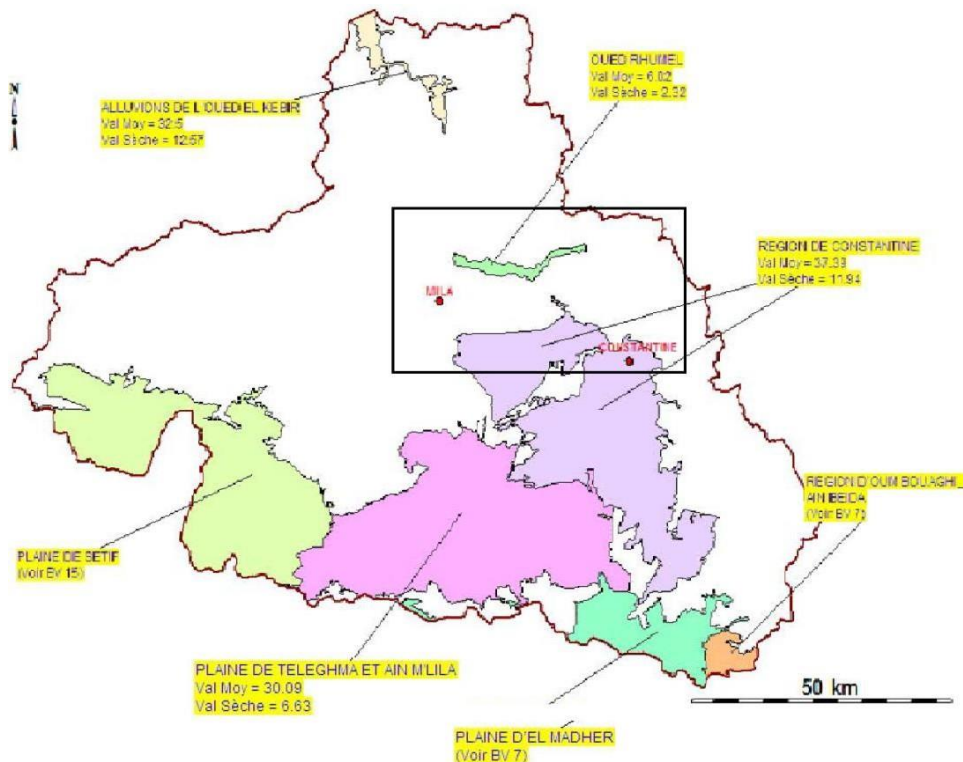


Fig. III.2. Bassin versant Kébir Rhumel, nappes aquifères (PNE, 2010)

III.3.1. L'oued Rhumel

Oued Rhumel, qui traverse la ville de Constantine, est né de la confluence de plusieurs oueds, (dont l'Oued Tadjenent), qui convergent vers Oued Atmania. Oued Rhumel proprement dit s'étend depuis le barrage de Hammam Grouz (à Oued Atmania), jusqu'au barrage de Beni Haroun, où il est relayé par l'Oued Kébir. L'aquifère est constitué par les dépôts Mio-plio-quadernaire, représentés par des calcaires lacustres, des grès, des conglomérats, des calcaires tendres, des cailloutis, et des alluvions récentes. Selon Durozoy (1960), les alluvions ne sont développées que dans les lits de l'Oued Rhumel et de ses principaux affluents ; leur épaisseur est variable, mais ne dépasse pas 20 m. Les formations du Mio-pliocène alimentent par contre de nombreuses sources drainées par les oueds. Ces formations sont captées par de nombreux puits entre Tadjenent et Chelghoum El Aid. D'après la carte des ressources, le volume exploitable à partir du complexe aquifère de la vallée du Rhumel est de l'ordre de $6 \text{ hm}^3/\text{an}$.

III.3.2. Région de Constantine

Selon la carte de délimitation de l'aquifère ; on peut identifier un aquifère baptisé "Région de Constantine", qui englobe à la fois le bassin néogène de Rhumel ainsi que les dépôts alluviaux et lacustres de la région d'El Khroub. L'ensemble néritique constantinois est constitué de grands massifs calcaires ou calcaréo-dolomitiques, souvent plissés, et fracturés. Ce sont des massifs carbonatés karstiques, qui ont été mis en place pour l'essentiel durant le Crétacé inférieur. Les faciès perméables délimités par Vila (1980) sont constitués par :

- Les dolomies du Jurassique supérieur,
- Les calcaires et dolomies du Néocomien
- Les calcaires du Barrémien-Aptien,
- Les calcaires Albo-cénomaniens

Toutes ces formations forment un aquifère karstique, qui a constitué pendant longtemps la seule source d'alimentation en potable de la ville de Constantine et des villages environnants.

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

Les ressources exploitables de la région de Constantine, évaluées par la carte des ressources en eau, sont de l'ordre de 37.4 hm³/an.

III .4. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique

D'après la notice explicative de la carte géologique Constantine feuille N°73 (1/30000) , nous avons classé les formations géologiques de la région d'étude suivant leur intérêt hydrogéologique comme suit :

- Formations perméables
 - Alluvions anciennes des vallées
 - Travertins récents du Hamma
 - Travertins anciens du Hamma
- Formations imperméables
 - Argile et grès du Smendou
 - Argile à gypse à hélice dentées

III .4.1. Formations perméables

III .4.1.1. Alluvions anciennes des vallées

Terrasses caillouteuses et moneuses, bordant la vallée du Rummel, dont elles dominent le lit de 30 à 50 mètres, sans importance dans les ravines secondaires, sauf au pied du Djebel Akhal, où elles sont indiquées avec les éboulis.

III .4.1.2. Travertins récents du Hamma

Constituant la plateforme inférieure du Hamma, étagée de 375 à 420 mètres, et les dépôts les plus récents des sources de ce petit bassin.

III .4.1.3. Travertins anciens du Hamma

Nappe de calcaires travertineux formant la plateforme élevée du Hamma, dont l'altitude s'élève graduellement de 460 à 510 mètres. Ces calcaires sont le produit de la plus grande activité

des sources encore existantes. Les travertens de Saleh-Bey et quelques lambeaux au-dessous de la rive droite du Rumel paraissent appartenir à la même phase.

III .4.2. Formations imperméables

III .4.2.1. Argile ET grés du Smendou

Argile schistoides de teinte foncée, intercalées de grés fins et de calcaires marneux, développées au Nord dans le bassin du Smendou, ou elles renferment des couches de lignites. Les fossiles les plus communs sont *Unio Duboqui*, *Melanopsis Thomasi*, *Planorbis Joboe*, etc. Ces couches sont intimement liées à leur base.

III .4.2.2. Argile à gypse à hélice dontées

Ces argiles occupent la plus grande surface. Elles renferment des plaquettes de gypse fibreux, parfois en filanettes minces, tantot en couches comme au voisinage de Mila.

III .5. Conclusion

La région d'étude fait partie du bassin néogène de Constantine-Mila (DII) . Ce bassin mio-pliocène, est à dominante argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres, renfermant des ressources exploitées localement Mebarki (1988). Les aquifères qui caractérisent cette région sont l'aquifère de la région de Constantine qui englobe à la fois le bassin néogène de Rhumel ainsi que les dépôts alluviaux et lacustres de la région d'El Khroub. Cependant, l'estimation des ressources exploitables de la région de Constantine, sont de l'ordre de 37.4 hm³/an. L'aquifère d'oued Rhumel constitué par les dépôts Mio-plio-quadernaire, représentés par des calcaires lacustres, des grès, des conglomérats, des calcaires tendres, des cailloutis, et des alluvions récentes. Cependant, l'évaluation du volume exploitable est de l'ordre de 6 hm³/an (PNE, 2010).

D'après la notice explicative de la carte géologique "Constantine feuille N°73 (1/30000)", les formations perméables sont les alluvions anciennes des vallées, les travertiens récents et les travertiens anciens du Hamma.

CHAPITRE IV: Hydro climatologie

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, un paramètre climatique essentiel. Dans certaines régions, où le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations, leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence (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 le climat de la région de Constantine est caractérisée par un climat de type méditerranéen au nord au semi-aride au sud et par une pluviométrie relativement différenciée ;

- De 600 à 700 mm dans la partie nord de la wilaya
- De 400 à 450 mm dans la partie sud de la wilaya

Nous avons utilisé les données des stations de Ain el Bey qui se trouve dans le sud et La station de Guerarem Gouga qui se trouve dans le nord.

Tableau. IV.1. Coordonnées des stations météorologiques

| Cordonnées des stations | Longitude | Latitude |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Guerarem Gouga | 6°23'10"E | 36°32'7"N |
| Ain El Bey | 5°40'9"E | 36°9'15"N |

IV .2.1.Précipitations moyennes mensuelles

Notre étude est basée sur les données disponibles fournies par les stations pluviométriques De Guerarem Gouga et Ain El Bey :

Tableau. IV.2. Précipitations moyennes mensuelles de deux stations

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Année |
|-------------------------------|-------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|---------|
| P(mm) Grarem (1972-1986) | 78.67 | 80.2 | 100.006 | 292.002 | 406.41 | 304.024 | 449.81 | 260.009 | 122.57 | 67.35 | 49.59 | 40.47 | 2251.11 |
| p (mm) Ain el Bey (1978-2017) | 69.18 | 70.99 | 95.98 | 114.82 | 126.3 | 122.24 | 118.09 | 105.84 | 75.48 | 32.81 | 20.36 | 43.78 | 995.87 |

A l'échelle mensuelle, on remarque que le mois le plus pluvieux est le mois de mars avec 449.81 mm. Par contre le mois le moins pluvieux est le mois d'Aout avec un minimum de 40.47 mm

A l'échelle mensuelle, on remarque que le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec 126.3 mm Par contre le mois le plus sec est le mois de Juillet 20.36 mm.

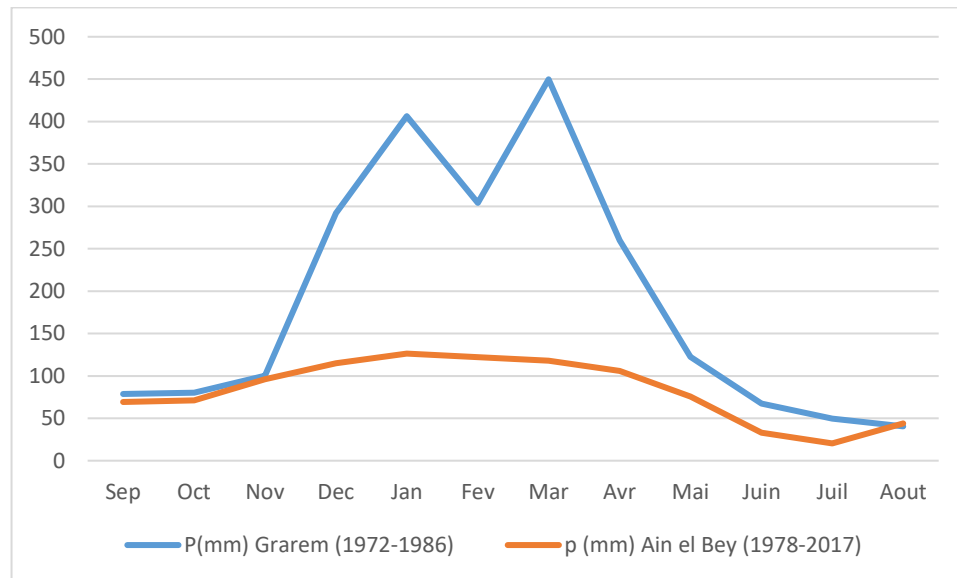


Fig. IV .1. Précipitation moyennes mensuelles des deux stations
(Grarem Gouga et Ain el Bey)

D'après le diagramme ci-dessus, on peut dire que durant la période allant du mois d'octobre au mois d'avril les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la station de Grarem Gouga sont nettement supérieures à celles enregistrées au station d'Ain el Bey. Donc, la pluviométrie est plus forte dans la commune de Guerarem Gouga que dans la commune d' Ain el Bey.

IV .2.2. Précipitations moyennes annuelles

L'étude des précipitations moyennes annuelles a été effectuée à partir des données des périodes allant du 1979 jusqu'au 2017 enregistrées à la station de Ain El Bey. Le choix de cette série assez long de 38 ans, vise à définir le régime pluviométrique en question et d'identifiée la nature de la manifestation des années sèches de celle des humides.

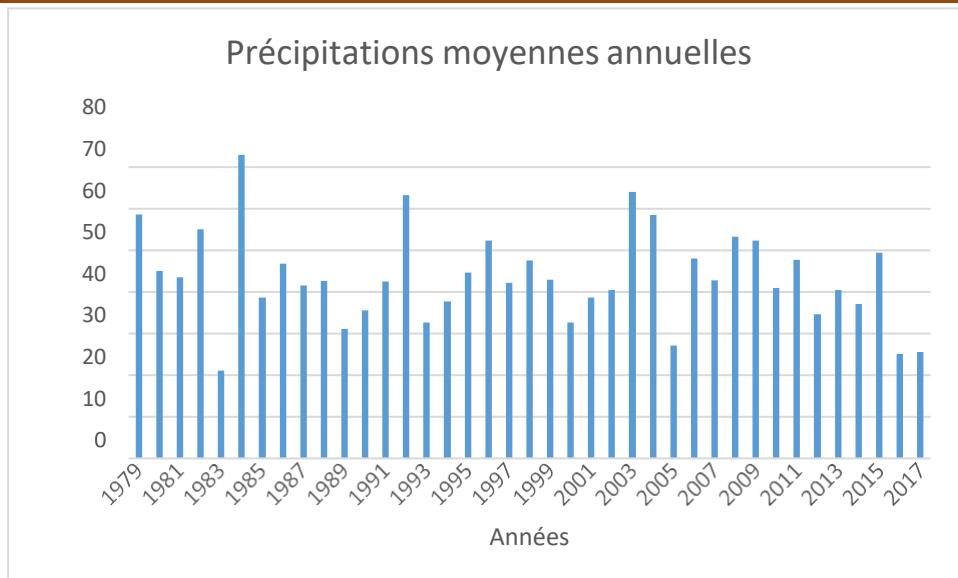


Fig. IV. 3. Précipitations moyennes annuelles (1979-2017)

L’histogramme ci-dessus des précipitations annuelles moyennes de 1979 à 2017 montrent que l’année 1984 est la plus pluvieuse, avec des précipitations atteignant 72,95 mm, tandis que l’année 1983 est la moins pluvieuse, avec des précipitations de l’ordre de 21,00mm.

IV .3.Température

La température constitue avec les précipitations l’élément majeur qui régit le climat d’une région. Elle joue le rôle d’un facteur qui influe sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur déficit d’écoulement et l’évapotranspiration. Notre étude est basée sur les données disponibles fournies seulement par la station d’Ain El Bey.

Tableau. IV. 3. Températures moyennes mensuelles - station de Ain El Bey (1979-2017)

| Mois | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Moyen |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| T(C°) | 21.38 | 17.55 | 11.47 | 7.94 | 6.88 | 7.48 | 10.05 | 12.99 | 17.35 | 22.5 | 26.11 | 25.8 | 15.62 |

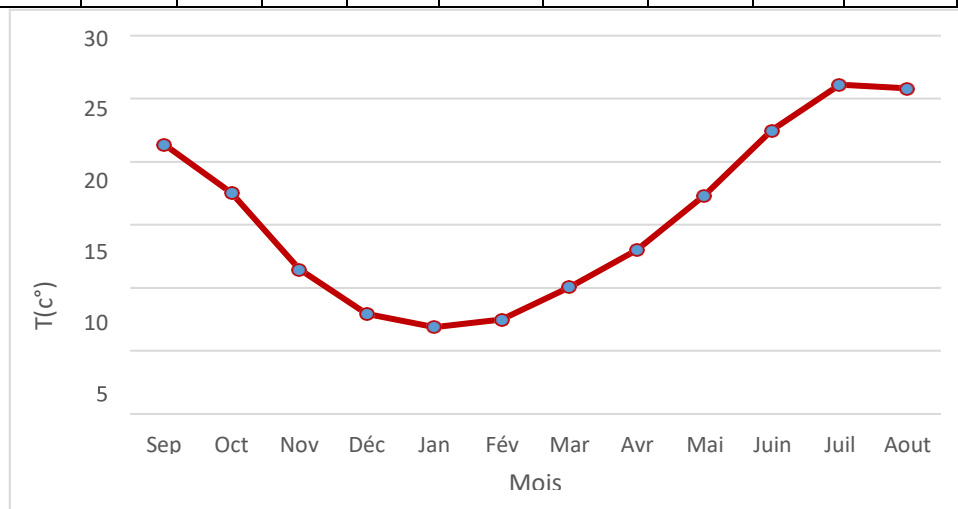


Fig. IV.4. Températures moyennes mensuelles - Station de Ain El Bey (1979-2017)

Le diagramme ci-dessus montre que la température moyenne minimale est enregistrée au

mois de janvier avec 6.88 C° tandis que, la température moyenne maximale est enregistrée au mois d'août avec 25.8 C°.

IV .4 .Relation températures-précipitations

Cette relation permet d'établir un graphique ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations. Le diagramme ombrothermique 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 la 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 ou bien période sèche.
- Lorsque la courbe de température passe au-dessous de la courbe des précipitations, la période correspondante est dite humide.

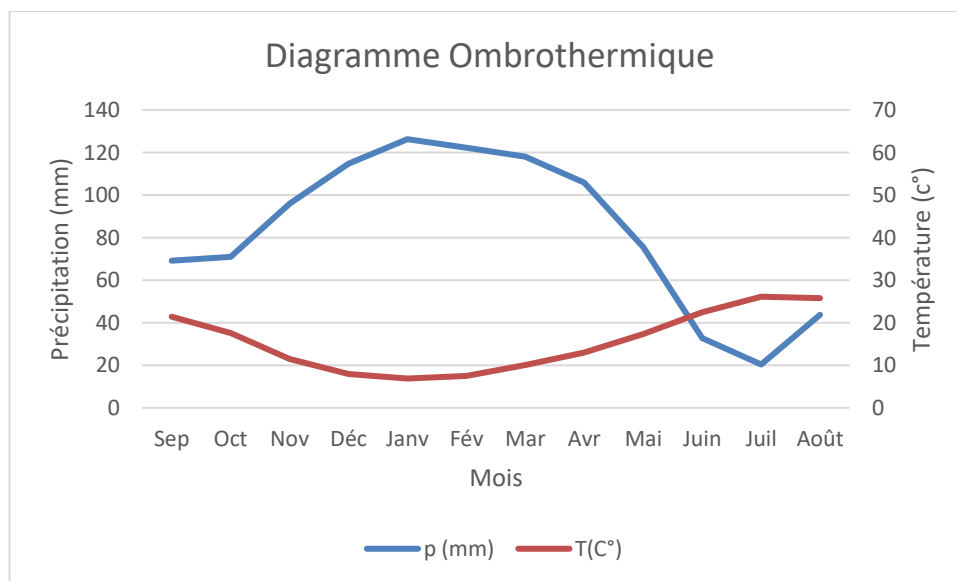


Fig. IV.5. Diagramme ombrothermique - Station de Ain El Bey (1979-2017)

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

IV .5. Le 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 suivante :

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

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en mm ; ETR : Evapotranspiration réelle en mm ;

R : Ruissellement en mm ;

I : Infiltration moyenne en mm ;

Wa : Variation des réserves (terme souvent négligeable) ;

a) Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un transfert de l'eau de la terre vers l'atmosphère par évaporation des eaux de surface et du sol et par transpiration de la végétation.

b) Calcul de 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. Après plusieurs expériences réalisées sur divers climats :

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

ETP : Evapotranspiration potentielle non corrigée en mm. ETPc : Evapotranspiration potentielle corrigée en mm.

T : Température moyenne mensuelle en C°

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

i : Indice mensuel de chaleur $i = (T/5)^{1.514}$

a : Exposant climatique $(a = 0.016 * I + 0.5)$

Dans notre cas :

$$a = 0.016 * 72.29 + 0.5 = 1.65$$

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

$$ETPc = ETP \cdot K$$

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

Tableau. IV. 4. Calcul de l'ETP selon Thornthwaite - station de Ain El Bey (1979-2017)

| Mois | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Total |
|--------------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| P(mm) | 69.18 | 70.99 | 95.98 | 114.82 | 126.3 | 122.24 | 118.09 | 105.84 | 75.48 | 32.81 | 20.36 | 43.78 | 995.87 |
| T(C°) | 21.38 | 17.55 | 11.47 | 7.94 | 6.88 | 7.48 | 10.05 | 12.995 | 17.35 | 22.5 | 26.115 | 25.805 | 15.62 |
| i | 9.02 | 6.69 | 3.51 | 2.01 | 1.62 | 1.82 | 2.87 | 4.24 | 6.57 | 9.74 | 12.21 | 11.99 | 72.29 |
| ETP(mm) | 95.75 | 69.13 | 34.27 | 18.67 | 14.74 | 16.92 | 27.55 | 42.08 | 67.83 | 104.16 | 133.15 | 130.56 | 754.81 |
| K | 1.05 | 0.91 | 0.75 | 0.7 | 0.73 | 0.78 | 1.02 | 1.15 | 1.32 | 1.33 | 1.33 | 1.24 | |
| ETPc (mm) | 100.53 | 62.90 | 25.70 | 13.06 | 10.76 | 13.19 | 28.10 | 48.39 | 89.53 | 138.53 | 177.08 | 161.89 | 869.72 |

c) Calcul de 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.

- **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 :

$$ETR = P + (RFU, ETP - P) \dots\dots\dots RFU = 0 \text{ ou } RFU + P - ETP$$

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 Ain El Bey

selon la période de 1979-2017.

Tableau. IV. 6. Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite Station
D'Ain El Bey (1979-2017)

| Mois | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Total |
|--------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| P(mm) | 69.18 | 70.99 | 95.98 | 114.82 | 126.3 | 122.24 | 118.09 | 105.84 | 75.48 | 32.81 | 20.36 | 43.78 | 995.87 |
| ETPc (mm) | 100.53 | 62.90 | 25.70 | 13.06 | 10.76 | 13.19 | 28.10 | 48.39 | 89.53 | 138.53 | 177.08 | 161.89 | 869.72 |
| ETR(mm) | 69.18 | 62.90 | 25.70 | 13.06 | 10.76 | 13.19 | 28.10 | 48.39 | 75.48 | 32.81 | 20.36 | 43.78 | 443.69 |
| RFU | 0 | 8.09 | 78.37 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Excédent | 0 | 0 | 0 | 80.13 | 115.56 | 124.61 | 89.99 | 57.45 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Da | 31.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.05 | 105.72 | 156.72 | 118.11 | 425.95 |

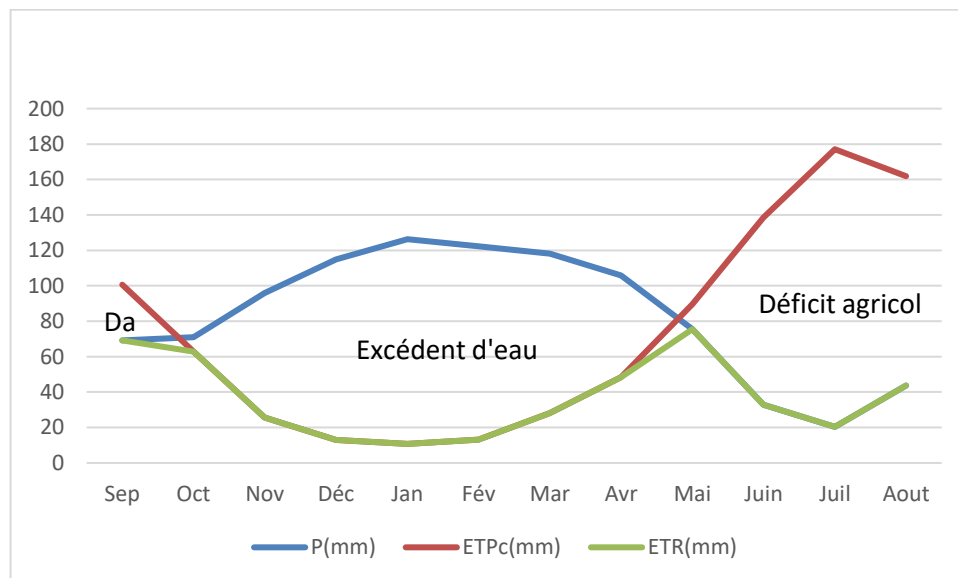


Fig. IV. 7. Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite - Station de Ain El Bey (1979-2017)

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

- Les quantités de précipitations culminent en décembre, lorsque l'ETP corrigé est à son plus bas.
- L'ETP corrigé atteint son point le plus élevé en juillet, lorsque les précipitations sont au plus bas. La forme de la courbe qui représente l'ETP a une meilleure symétrie que celle des précipitations ; cela s'explique par l'homogénéité de l'ETP tout au long de l'année, qui tient au fait qu'elle évolue selon une loi normale, alors que les

Précipitations sont hétérogènes et irrégulières d'un mois sur l'autre, voire d'une année sur l'autre.

- Les flux commencent à devenir importants à la mi-septembre et durent jusqu'en mai.
- Le déficit agricole dure toute la saison sèche de l'année.

IV .5. 1. Exploitation du bilan hydrologique

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

- Evapotranspiration potentielle : ETP=754.81mm
- Précipitations moyennes annuelles : P=995.87 mm.
- lame évapotranspirée: ETR=443.69 mm.

IV.5.2. Ruissellements (R)

Le ruissellement désigne le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain et dans le réseau hydrographique des eaux météoriques. Les deux formules de Tixeront-Berkaloff que nous donnons ci-après permet d'évaluer le Ruissellement :

- Formule de Tixeront Berkallof : $R = P^3 / 3(ETP)^2$
- Formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Romantchouk : $R = p^3 / 3$ si $P > 600$ mm

Dans notre cas $P < 600$

$$R = P^3 / 3(ETP)^2 \quad \Longrightarrow \quad R = 995.87^3 / 3(869.72)^2 R = 435.23 \text{ mm}$$

IV .5.3. Infiltration (I)

L'eau s'écoule dans la surface de sol ensuite, entre dans le sol et dépend de: sa structure et sa teneur en eau. On peut calculer le phénomène d'infiltration par la formule suivante

$$P = ETR + R + I$$

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

L'application numérique de la formule donne : $I = 116.95$ mm

IV.6. Conclusion

- Le climat de la zone de recherche est méditerranéen au nord à semi-aride au sud.
- La pluviométrie annuelle est d'environ 995.87 mm et la température annuelle est d'environ 15,62°C.
- L'évapotranspiration potentielle est d'environ 869.72 mm.
- Selon Thornthwaite, l'évapotranspiration réelle moyenne est de 443.69 mm des précipitations.
- Le déficit agricole enregistré de mai à octobre sur une longue période est d'environ 425.95mm .
- Le ruissellement est d'environ 435.23mm.
- L'infiltration est d'environ 116.95mm.

Chapitre V : Gestion de l'eau

V.1. Bibliographie sur le problème de gestion de l'eau

V.1.1. Introduction

La demande en eau continuera d'augmenter en raison de facteurs tels que la croissance démographique, l'expansion économique, les besoins environnementaux, l'évolution de l'utilisation des terres, l'urbanisation, la surexploitation des eaux souterraines, la détérioration de la qualité de l'eau, la pollution provenant de sources locales et diffuses et les effets sur l'homme. La santé et les écosystèmes. En matière de gestion des ressources en eau, l'approche traditionnelle, sectorielle et fragmentée, a souvent poussé les instances gouvernantes à représenter des intérêts antagoniques. Trop souvent, des objectifs d'action ont été définis sans prendre en compte les implications pour les autres usagers de l'eau et sans consultation au-delà des limites sectorielles et institutionnelles (Global Water Partnership, 2000).

V.1.2. Problème de l'eau

V.1.2.1. Dans le monde

Les dernières études dans le domaine de la gestion des ressources en eau indiquent que le monde est au bord d'une crise mondiale de la soif et de la sécheresse et on estime qu'au cours des deux prochaines décennies, la consommation d'eau par individu augmentera de 40% et qu'il faudra 17% de plus d'eau pour la production vivrière des populations des pays en développement. Un tiers des pays situés dans les régions arides devraient connaître de graves pénuries d'eau au cours du siècle actuel. L'Inde, l'Asie centrale, une partie de l'Europe de l'Est et des Etats-Unis et le Mexique sont déjà en proie à de sérieuses difficultés. Entre 1950 et 1990, le taux de croissance des prélèvements en eau a été plus du double de celui de la population (Le soutien de la Commission européenne, 2010)

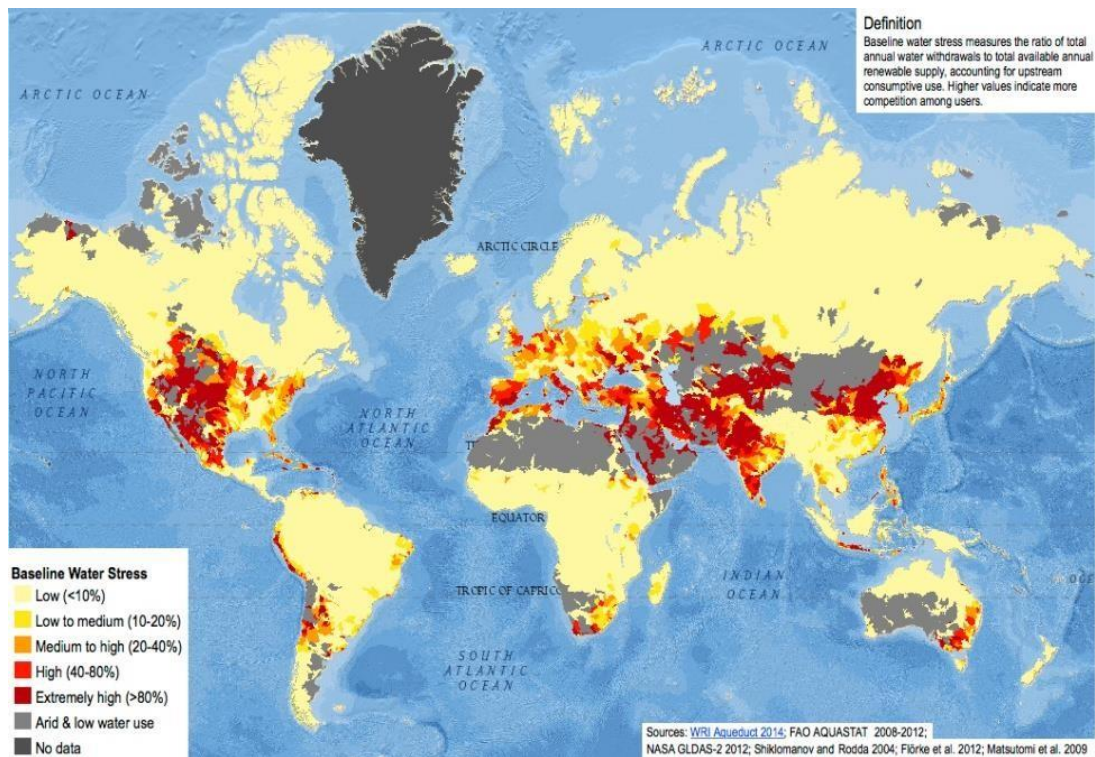


Fig. V.1. Rapport entre prélèvements et approvisionnement totaux annuels d'eau renouvelable (WRI Aqueduct 2014)

V. 1. 2. 2. Dans le bassin méditerranéen

La région méditerranéenne contient 60% de la population mondiale que l'on appelle « les pauvres en eau », ce qui signifie que chacun reçoit moins de 1000 mètres cubes par an de ressources en eau renouvelables (Fig 2). La demande en eau augmente clairement en raison des pressions démographiques et du développement des principales activités consommatrices d'eau, tandis que les ressources en eau restent inchangées en l'absence de nouvelles sources d'exploitation, et une nette diminution des stocks apparaissent dans certains pays.

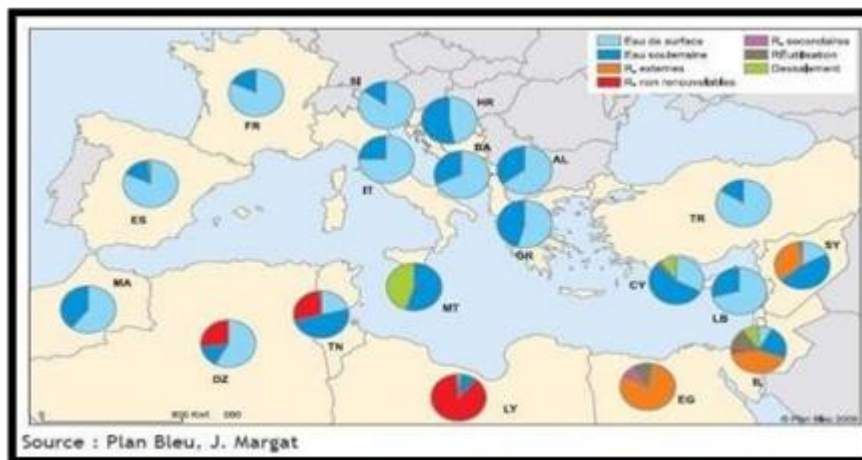


Fig. V.2. Sources d'approvisionnement en eau actuelles des pays méditerranéens (Plan Bleu 2009)

En général, la région possède environ 1452 km de réserves de ressources en eau renouvelables, mais la répartition est complètement hétérogène entre le Nord (74%), l'Est (21%) et le Sud (5%). La demande totale d'eau par habitant au Sud et à l'Est est respectivement de 600 et 680 mètres cubes par habitant ($m^3/h/an$) et par an, ce qui est plus faible qu'au nord, tandis que la demande en eau potable dans le Sud et l'Est se situe environ de 65 mètres cubes par personne par an (175 litres par jour (l/j)), et dans le Nord environ de 120 mètres cubes par personne et par an ($m^3/h/an$) (330 litres par jour) (l/j) (EUISS2002).

V. 1.2.3. En Afrique

L'Afrique est un continent avec de grandes disparités dans la disponibilité de l'eau au sein et entre les pays. La fréquence des sécheresses a augmenté au cours des 30 dernières années, entraînant des coûts sociaux, économiques et environnementaux importants. Il n'est pas surprenant que l'approvisionnement en eau dans les terres arides, qui occupent environ 60% de la superficie totale de l'Afrique, soit soumis à des contraintes croissantes. Le taux d'accroissement de la population en Afrique, qui est encore exacerbé par le déplacement de la population vers les villes, est une question fondamentale qui constitue une menace majeure pour l'élimination de la pauvreté en eau.

V. 1.2.4. 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, à augmenter l'exploitation des nappes souterraines et à réaliser des adductions et des transferts de volumes importants sur des distances de plus en plus grandes (Plan Bleu, 2009).

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

Les principaux problèmes de l'eau en Algérie :

- Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles ;
- Un déséquilibre géographique entre les besoins et les ressources ;
- La pollution des nappes et des ressources superficielles ;

- Risque de rupture d'un développement durable.

La politique de l'eau annoncée et mise en place par les autorités algériennes porte à s'interroger sur la poursuite des efforts dans la durée et sur l'inscription de ces projets dans le long terme pour relever les défis économiques, environnementaux et sociaux auxquels le pays fait face.

À long terme, le développement économique en Algérie passe par une articulation des politiques hydraulique, agricole et énergétique (Mozas et Ghosn 2013).

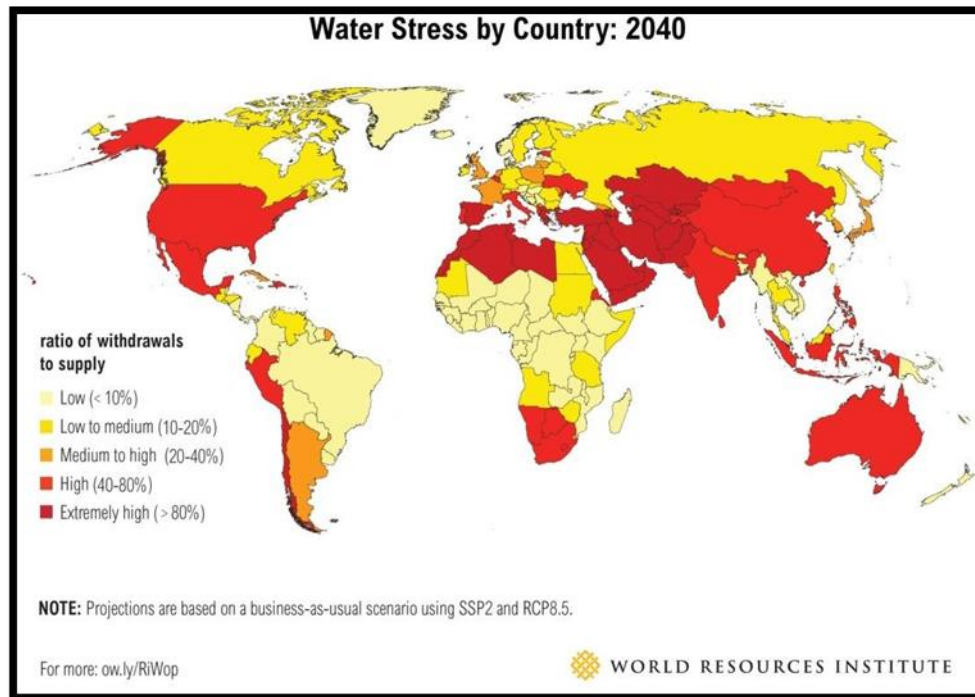


Fig. V.3. Stress hydrique par pays (Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings)

V.2. Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

La problématique de la gestion de l'eau est le produit de l'association d'aléas naturels et anthropiques, d'enjeux géopolitiques, de multiplications d'usages, de responsabilités éclatées entre acteurs publics et privés, de superpositions de textes réglementaires sectoriels et parfois contradictoires entre eux. Il s'ensuit des oppositions liées aux découpages administratifs des territoires et aux systèmes de représentations en présence, entraînant des rivalités de pouvoir entre les services de l'Etat, des associations et les consommateurs (Baghli, 2013). Pour faire face à cette problématique, la communauté internationale a concentré ses efforts pour doter la gestion de l'eau d'une prise en charge holistique de tous les problèmes liés à la ressource hydrique. L'aboutissement de ces efforts a réorienté la gestion de l'eau vers une gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) dans un cadre de bassin versant comme unité géographique pratique pour son application (Vieillard- Coffre, 2001).

V.2.1. Définition de la GIRE

La GIRE a été évoquée pour la première fois lors de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement qui s'est déroulée à Dublin en janvier 1992. Depuis, les organisations non gouvernementales internationales ont donné différentes définitions dans le cadre de leurs missions de développement et d'échange des connaissances au niveau international :

➤ A la conférence de Dublin en 1992, la déclaration sur l'eau dans la perspective d'un développement durable énonce le principe n° 4 : « L'eau, utilisée à de multiples fins, a une valeur économique et devrait donc être reconnue comme bien économique. En vertu de ce principe, il est primordial de reconnaître le droit fondamental de l'homme à une eau salubre

et à une hygiène adéquate pour un prix abordable. Considérer l'eau comme un bien économique et la gérer en conséquence, c'est ouvrir la voie à une utilisation efficace et à une répartition équitable de cette ressource, à sa préservation et à sa protection ».

➤ A la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), aussi connue sous le nom de "Sommet planète Terre" en 1992 à Rio de Janeiro, dans l'Agenda 21, le Chapitre 18 dit : « L'eau doit être considérée comme une ressource finie ayant une valeur économique et une importance certaine sur le plan social et économique, compte tenu de la nécessité de répondre aux besoins fondamentaux ».

➤ La déclaration ministérielle du 2ème Forum mondial sur l'eau à La Haye en 2000 annonce que : « Identifier et évaluer les différentes valeurs de l'eau (économique, sociale, environnementale, culturelle) et tenter d'accorder les coûts de stockage et de traitement des eaux aux objectifs d'équité et de réponse aux besoins des populations pauvres et vulnérables ».

➤ Le Global Water Partnership (GWP), en 2000, définit la GIRE comme une gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées, en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux. Cette définition est celle adoptée par la communauté internationale et la plus répandue.

➤ L'organisation internationale de l'eau (OIEAU), en 2001, attribue à la GIRE trois fonctions principales : (i) la satisfaction des besoins rationnels et légitimes des différentes catégories d'usagers, en cohérence avec un aménagement approprié des territoires de bassin, (ii) la préservation durable des ressources et des écosystèmes liés à l'eau, et (iii) la protection contre les risques d'inondation, sécheresse, érosion.

➤ La déclaration ministérielle du 3ème Forum mondial sur l'eau à Kyoto en 2003, ajoute une valeur économique à l'eau. La déclaration annonce que des fonds devraient être collectés au moyen de méthodes de constatation après recouvrement des coûts, adaptées aux facteurs

climatiques, environnementaux et sociaux locaux et du principe "pollueur-payeur", tout en tenant réellement compte des populations démunies. Toutes les sources de financement, public ou privé, national et international, doivent être mobilisées et utilisées de la façon la plus efficace et la plus efficace qui soit.

➤ En 2004, le GWP passe de la définition de la GIRE à la notion de sa mise en œuvre et précise que la GIRE n'est pas un but en elle-même, mais un outil qui permet de s'attaquer aux défis de l'eau et d'optimiser la contribution de l'eau au développement durable. Elle consiste à renforcer des cadres pour la gouvernance de l'eau afin d'encourager des prises de décision appropriées en réponse à des situations et des besoins changeants.

➤ L'UNESCO en 2006 souligne l'importance des accords internationaux et déclare que la GIRE sera efficace et équitable grâce à une coopération accrue.

V.2.2. Principes de la GIRE (Conférence de Dublin, 1992)

Principe 1. « L'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. »

Principe 2. « Le développement et la gestion de l'eau devraient être fondés sur une approche participative impliquant usagers, planificateurs et décideurs à tous les niveaux. »

Principe 3. « Les femmes sont au cœur des processus d'approvisionnement, de gestion et de conservation de l'eau. »

Principe 4. « Pour tous ses différents usages, souvent concurrents, l'eau a une dimension économique. C'est pourquoi elle doit être considérée comme un bien économique. »

V.2.3. Défis de la GIRE

Les défis actuels qui se présente pour le Partenariat consistent prioritairement à :

➤ Appuyer les pays pour mettre en pratique une meilleure GIRE pour la sécurité en eau
Promouvoir la GIRE pour aborder l'adaptation au changement climatique et les autres défis majeurs.

➤ Soutenir la recherche en matière de changements et de variabilité climatiques pour améliorer les connaissances, la planification et l'allocation des ressources en eau et des terres.

➤ Coordonner, harmoniser et échanger des informations et des expériences dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau.

➤ Sensibiliser, éduquer et renforcer les capacités des acteurs.

Toutefois, en dépit des actions importantes de sensibilisation et d'information réalisées au Niveau mondial par le GWP et d'autres structures spécialisées du domaine de l'eau, les progrès de la GIRE au niveau des pays pris individuellement, sont très mitigés. Le GWP a marqué d'une

empreinte la promotion de la GIRE en Afrique de l'Ouest.

V.2.4. Avantages de la GIRE

V.2.4.1. Avantages environnementaux

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

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

V.2.4.2. 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.2.4.3. Avantages de l'approvisionnement en eau et l'assainissement

• Surtout, une GIRE convenablement appliquée aboutirait à la garantie de la sécurité de l'eau pour des pauvres du monde et les personnes non desservies. La mise en œuvre de la GIRE basée sur des politiques devrait signifier une sécurité accrue des approvisionnements en eau

domestiques, de même qu'une réduction des coûts de traitement pendant que la pollution est abordée plus efficacement.

• La reconnaissance des droits des populations et en particulier des femmes et des pauvres, à un partage équitable des ressources en eau tant pour les utilisations domestiques que pour les utilisations à des fins de production au niveau du ménage, aboutit inévitablement à la nécessité d'assurer une représentation correcte de ces groupes dans les instances qui s'occupent de l'allocation des ressources en eau.

• La focalisation sur la gestion intégrée et l'utilisation efficace devrait être un stimulant pour le secteur en vue de pousser à une réutilisation, un recyclage et une réduction des déchets. Des fortes taxes de pollution renforcées par une mise en vigueur rigide ont donné des améliorations

considérables dans les efficacités d'utilisation industrielle de l'eau dans les pays développés avec les avantages des approvisionnements en eau domestiques et l'environnement.

- Les systèmes d'assainissement passés se sont souvent concentrés sur l'élimination du problème des déchets des zones d'occupation humaine gardant ainsi les territoires humains propres et sains, mais en déplaçant simplement le problème des déchets, avec souvent des effets environnementaux catastrophiques ailleurs. L'introduction de la GIRE améliorera l'opportunité de l'introduction de solutions d'assainissement durables qui visent à minimiser les sources de production de déchets, et la réduction des effets directs des déchets et à résoudre aussi les problèmes d'assainissement le plus près possible de l'endroit où cela se passe .

V.3. Cas d'étude : Aperçu sur la gestion de l'eau dans le sous-bassin du Smendou

V.3. 1. Production et distribution des ressources en eau pour l'AEP

Dans cette partie nous allons voir les volumes transférés vers chaque commune du sous-bassin étudié et aussi le volume distribué par litre et par habitant et par jour. D'autre part, nous pouvons voir le volume distribué durant une année. Cependant, nous avons utilisé les données disponibles des années : 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007. Ces données sont recueillies auprès de l'Agence du Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellègue (ABH-CSM).

V.3. 1.1. Dotation brute et dotation nette journalière pour l'AEP de 1998 à 2007

a) Dotation journalière pour l'AEP (1998)

Le volume maximal de dotation est observé dans la commune de Hamma Bouziane avec une valeur de 364 l/j/hab, tandis que le volume minimal enregistré dans la commune de Beni H'midene. Avec une valeur de 67 l/j/hab.

b) Dotation brute et dotation nette journalière pour l'AEP (2000)

En 2000, d'une manière générale, les volumes de dotation brute sont légèrement supérieurs à ceux de la dotation nette, mais un peu plus élevés pour Ain Tin et Hamma Bouziane (Fig.V.2).

La valeur maximale de dotation se situe au niveau de la commune d'Ain Tin avec une dotation brute de 741,1 l/j/hab et une valeur nette de 592,9 l/j/hab. La différence est de l'ordre de 148,2 l/j/hab. En contrepartie, la valeur minimale de dotation brute se trouve au niveau de la commune de Zighoud Youcef avec 68,76 l/j/hab et sa dotation nette est de 41,47 l/j/hab. La différence est de l'ordre de 27,29 l/j/hab.

c) Dotation brute et dotation nette journalière pour l'AEP (2001)

En 2001 et d'une manière générale, les volumes de dotation brute sont légèrement supérieurs à ceux de la dotation nette, mais un peu plus accentués pour Mila, Hamma Bouziane et Ibn Ziad (Fig. V.3). D'une part, la valeur la plus élevée de dotation se situe dans la commune d'Ibn Ziad avec 910,04 l/j/hab de dotation brute, alors que la valeur de dotation nette est de 547,09 l/j/hab. La

différence est de l'ordre de 362,95 l/j/hab. D'autre part, la valeur la plus faible de la dotation brute est enregistrée dans la commune de Zighoud Youcef avec 65 l/j/hab, tandis que la valeur de dotation nette est de 54,82 l/j/hab. La différence est de l'ordre de 10,18 l/j/hab.

d) Dotation brute et dotation nette journalière pour l'AEP (2002)

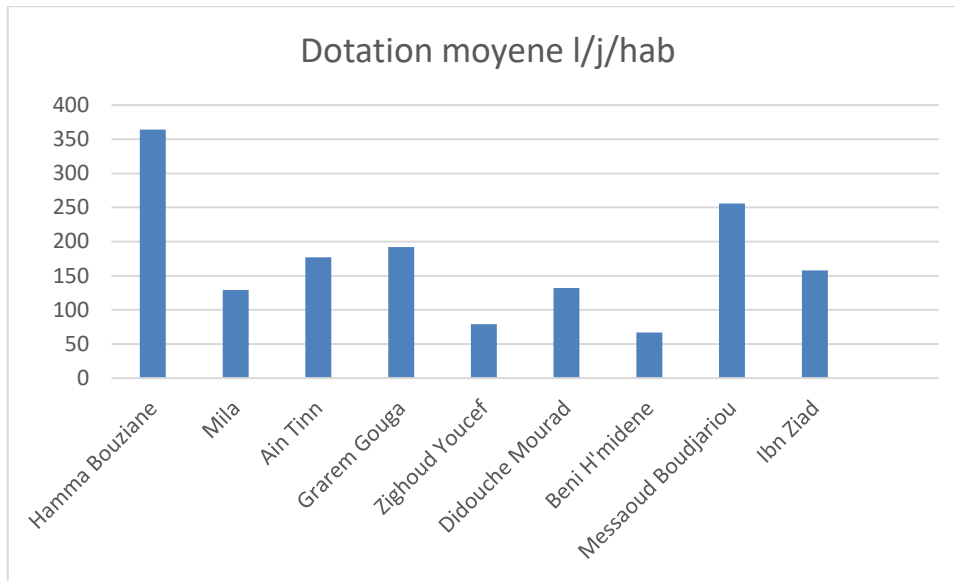
De manière globale, en 2002 les volumes de dotation brute sont légèrement supérieurs à ceux de la dotation nette, mais un peu plus importants au niveau quelques communes telles que, Hamma Bouziane, Béni H'midène, Ain Tin et Zighoud Youssef (Fig.V.4). Cependant, le volume de dotation relativement le plus important est enregistré à la commune de Hamma Bouziane avec une valeur de 511 l/j/hab de dotation brute, alors que la valeur de sa dotation nette est de 407 l/j/hab. La différence est de l'ordre de 104 l/j/hab. Alors que, le volume le plus réduit est observé à la commune de Mila avec une valeur de 64,04 l/j/hab) dotation brute et une valeur de 38,42 l/j/hab de dotation nette. La différence est de l'ordre de 25,62 l/j/hab.

e) Dotation brute et dotation nette journalière pour l'AEP (2003)

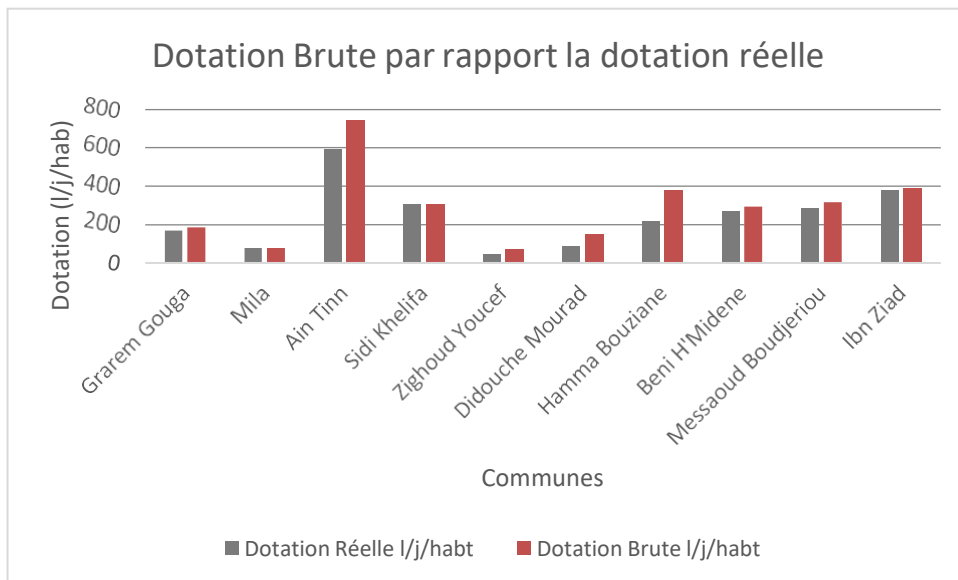
En 2003 et d'une manière générale, les volumes de dotation brute sont légèrement supérieurs à ceux de la dotation nette, mais un peu plus remarquables à la commune de Hamma Bouziane (Fig.V.4). Le volume de dotation brute en eau destiné à la commune de Hamma Bouziane est de l'ordre de 1356 l/j/hab), par contre sa dotation nette est de l'ordre de 1191 l/j/hab. La différence est de l'ordre de 165 l/j/hab. Le volume minimal de dotation brute est observé dans la commune de Mila avec une valeur de 62,24 l/j/hab, tandis que sa dotation nette enregistrée est de l'ordre de 37,34. La différence est de l'ordre de 24,9 l/j/hab.

f) Dotation journalière pour l'AEP (2007)

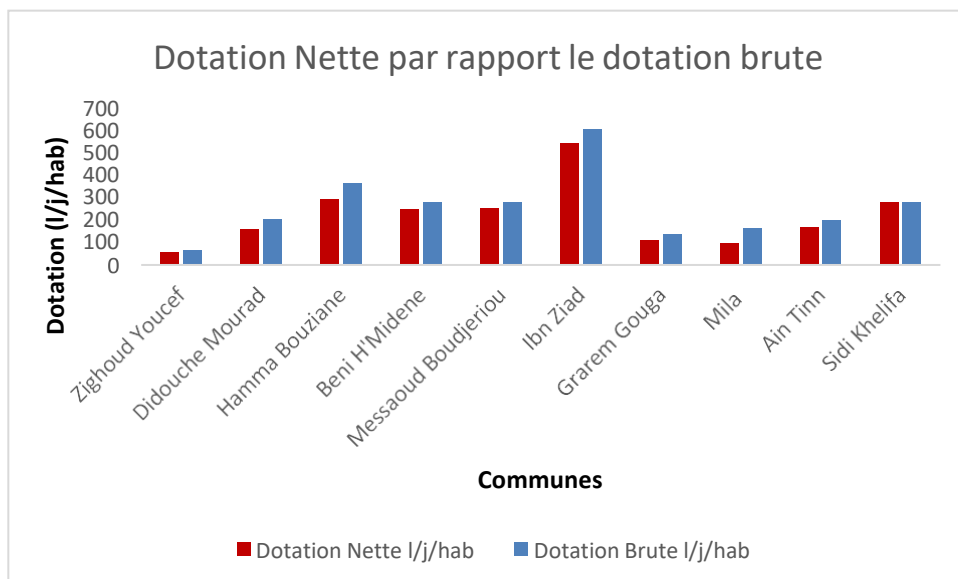
Le volume maximal de dotation est observé dans la commune de Ibn Ziad avec une valeur de 402 l/j/hab, tandis que le volume minimal enregistrée dans la commune de Zighoud Youcef avec une valeur de 109 l/j/hab.



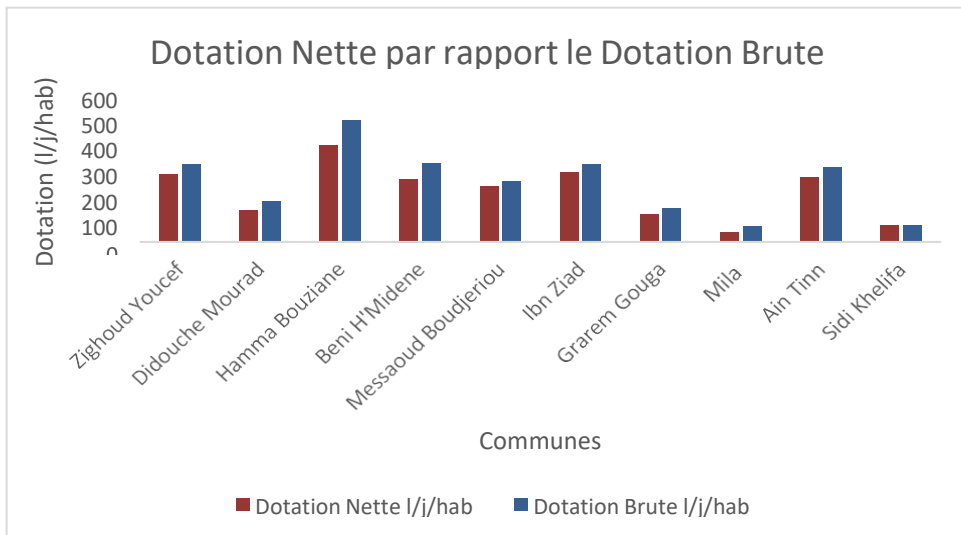
Année 1998



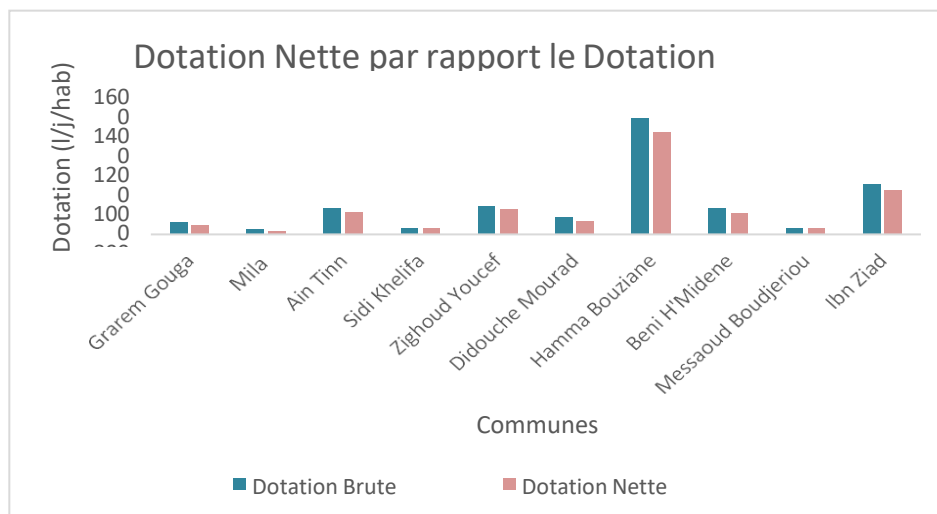
Année 2000



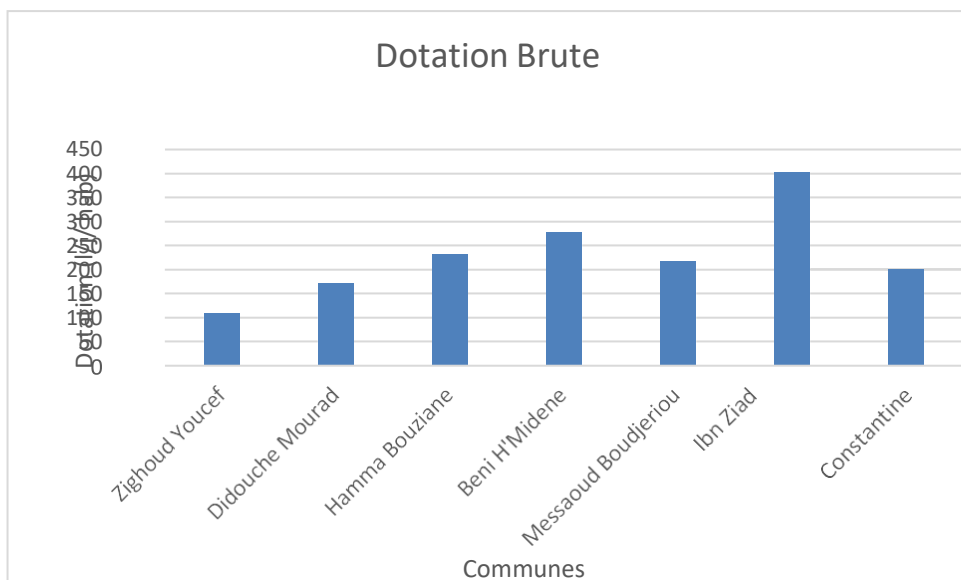
Année 2001



Année 2002



Année 2003



Année 2007

Fig.V.4 . Dotation brute et dotation nette (l/j/hab) – 1998 – 2007

g) Evolution de la dotation globale (Brute et nette) pour l'AEP

La dotation brute ou soit nette est élevée l'année 2000, puis diminué les années 2001,2002 ettout haut en 2003, Ensuite, nous enregistrons la valeur la plus basse en 2007

(Fig.V.5) :

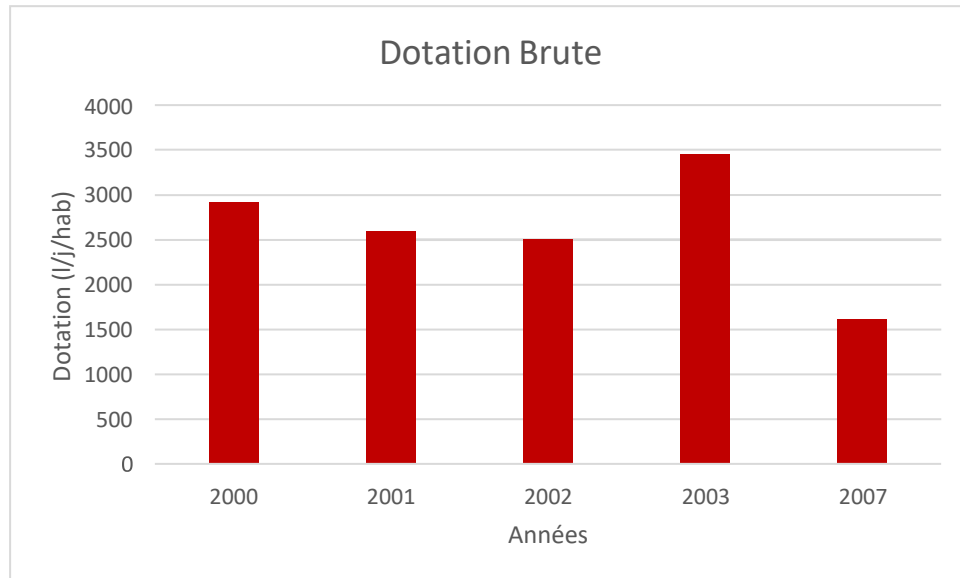


Fig.V.5. Dotation Brute (l/j/hab) (2000 – 2007)

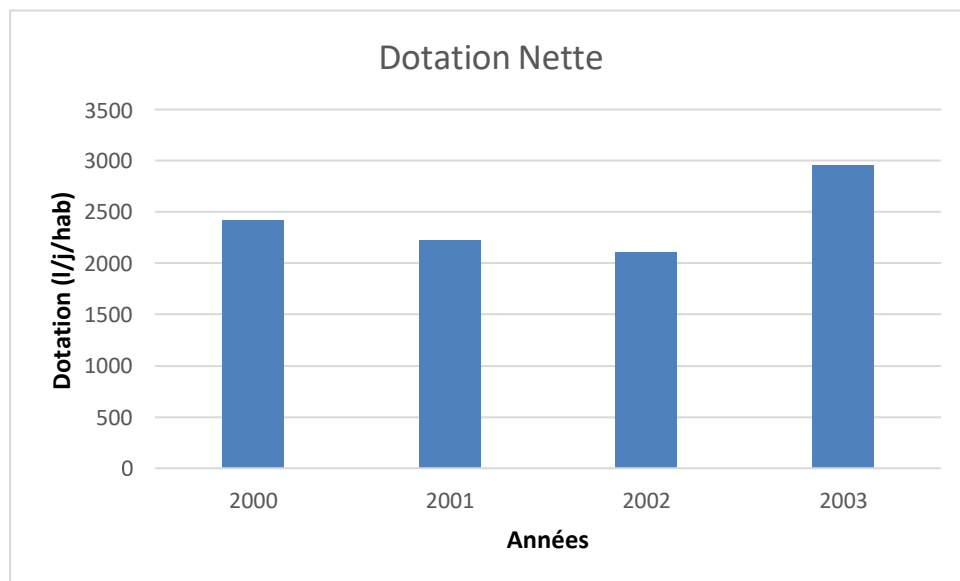


Fig.V.6 Dotation nette (l/j/hab) (2000 – 2003)

V.3.1.2. Production et distribution annuelle pour l'AEP de 1998 à 2003

a. Distribution annuelle pour l'AEP en l'an 1998

Le volume d'eau distribué varie d'une commune à l'autre. Cependant, la valeur maximale du volume d'eau distribué est observé à la commune de Mila avec $2.57 \text{ hm}^3/\text{an}$, suivi de Hamma Bouziane avec $2 \text{ hm}^3/\text{an}$, puis de Didouche Mourad avec une valeur de l'ordre de $1,4 \text{ hm}^3/\text{an}$. Cependant, le plus faible volume enregistré se situe au niveau de la commune de Béni H'midene

avec 0.05 hm³/an (Fig. V.7).

b. Distribution annuelle pour l'AEP en l'an 2000

En l'an 2000, nous observons que la production varie d'une commune à l'autre par exemple à Hamma Bouziane est haute (1.89 hm³/an) par rapport à les autres communes. Tandis que la distribution, elle est d'une valeur de 1,5 hm³/an. Cependant, la plus faible production est enregistrée à Sidi Khelifa avec 0.18 hm³/an (Fig. V.7). Alors que la distribution, elle est d'une valeur de 1,8888 hm³/an.

c. Distribution annuelle pour l'AEP en l'an 2001

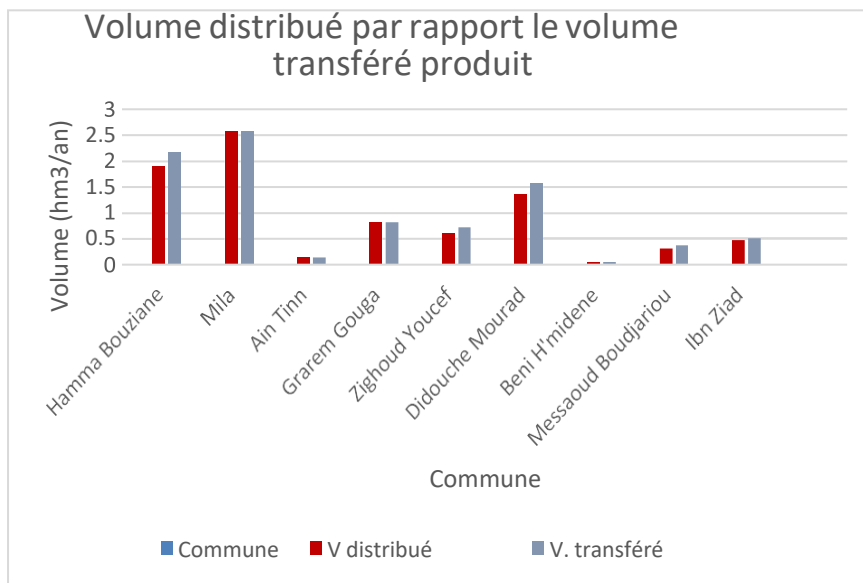
On voit que le volume produit varie d'une commune à l'autre, par exemple à Mila la valeur est relativement élevée par rapport aux autres communes avec 3.5 hm³/an. Par contre la distribution à la même commune, elle est de l'ordre de 2,1 hm³/an. La plus faible valeur de production est observée à Sidi Khelifa, avec 0.18 hm³/an (Fig. V.7). Et la distribution, est de l'ordre de 0,1889 hm³/an à la même commune.

d. Distribution annuelle pour l'AEP en l'an 2002

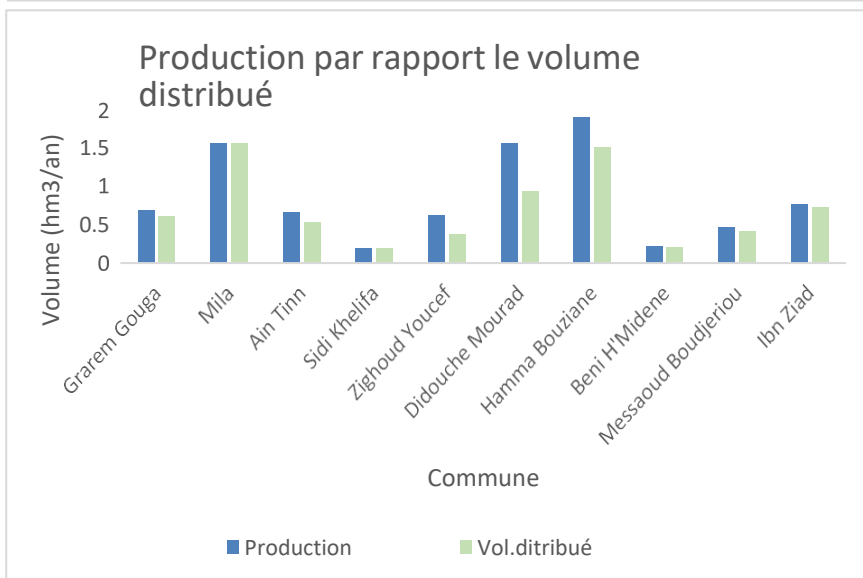
En l'an 2002, la production la plus importante est localisée au niveau de la commune de Hamma Bouziane avec 3.08 hm³/an. Alors que, la distribution à la même commune, elle est de l'ordre de 2,01 hm³/an. Et comme précédemment, le plus faible volume de production est enregistré au niveau de la commune de Sidi Khelifa avec 0.07 hm³/an. Ici, nous signalons que le volume produit est similaire à son volume distribué (Fig. V. 7).

e. Distribution annuelle pour l'AEP en l'an 2003

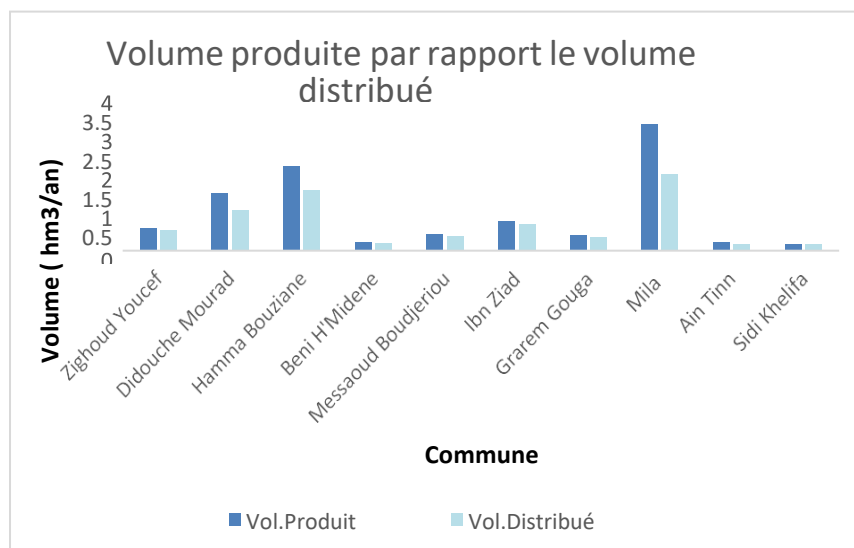
D'après les histogrammes ci-dessous (Fig. V.7), nous observons d'une part, que la production la plus élevée est située à la commune de Hamma Bouziane, avec un volume de 3.8 hm³/an. D'autre part, la distribution à la même commune est d'une valeur de 2,6055 hm³/an. De l'autre côté, la production la plus réduite dans la zone d'étude est notée au niveau de la commune de Sidi Khelifa avec 0.07hm³/an. En fait, ce volume produit est identique au volume distribué.



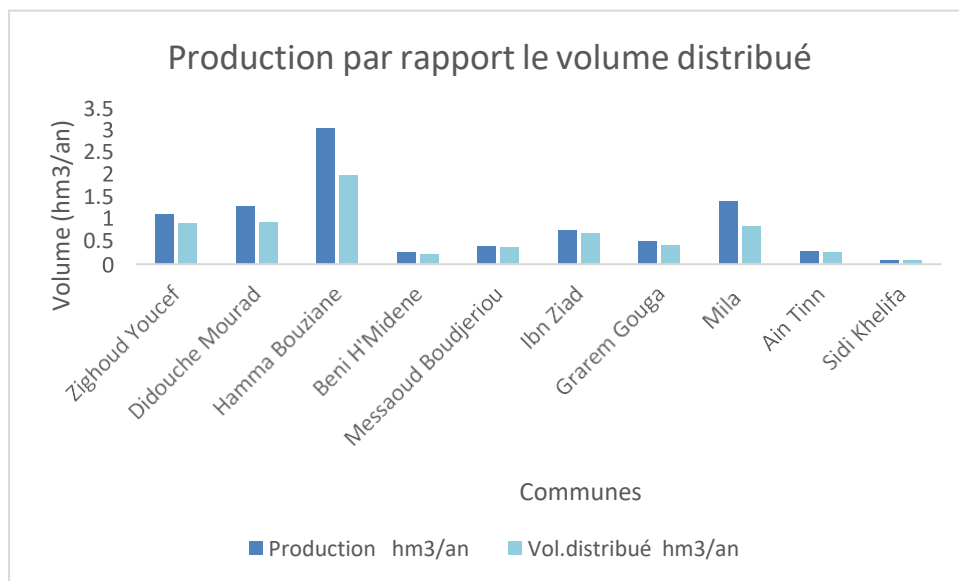
1998



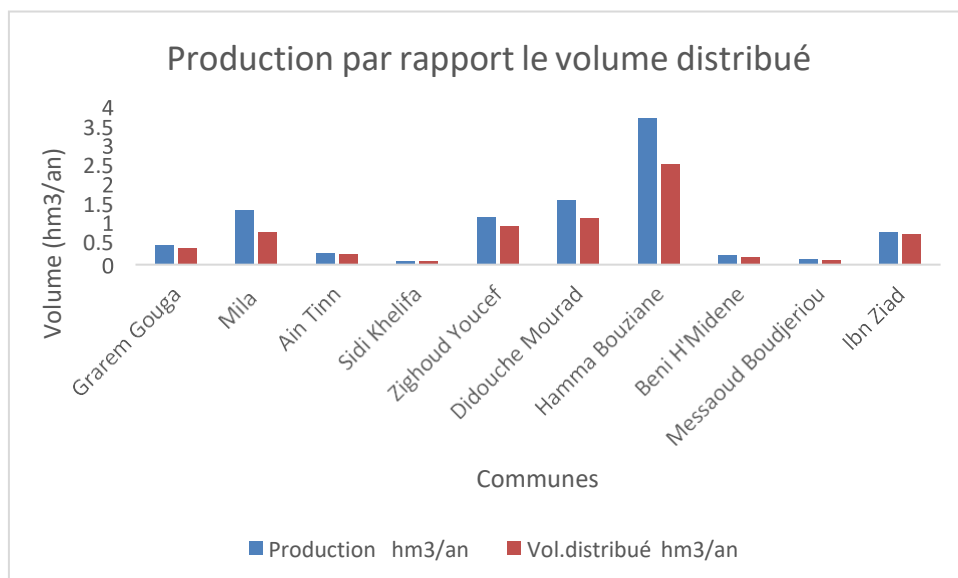
2000



2001



2002



2003

Fig. V.7. Production et volume distribué (hm^3/an) 1998-2003

f. Evolution de la production et de la distribution pour l'AEP

Les histogrammes ci-dessous montrent que toutes les eaux de production sont relevées chaque année, sur la base des données disponibles :

- 2000 : $8,6 \text{ hm}^3/\text{an}$
- 2002 : $9,2 \text{ hm}^3/\text{an}$
- 2003 : $10,23 \text{ hm}^3/\text{an}$

D'autre part le volume distribué varie d'une année à l'autre, étant le plus élevé en 1998, 2001 et 2003 et le plus bas en 2000 et 2002.

Cela est justifié par la population élevée au niveau des deux communes .

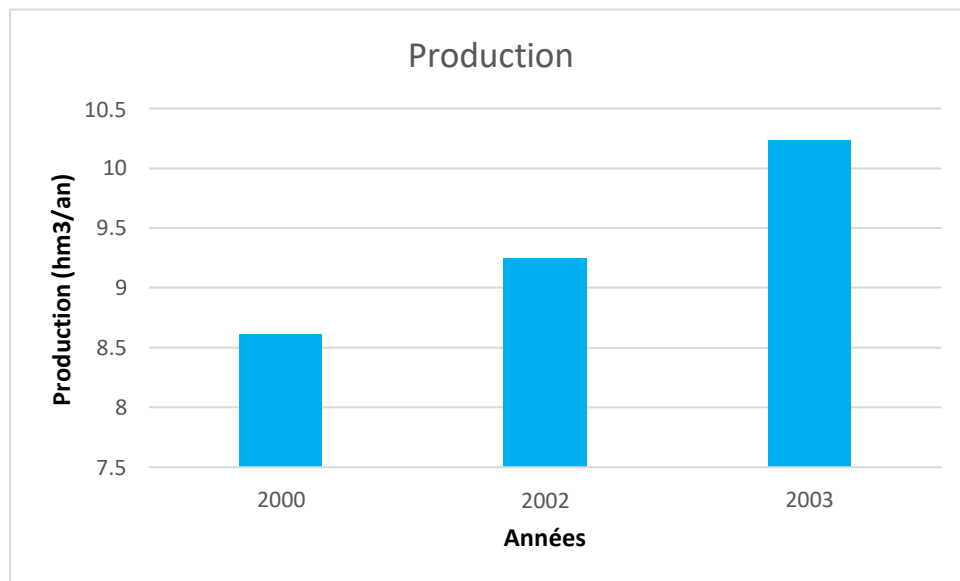


Fig. V.8 . Evolution de la production (hm³/an) entre 2000 et 2003

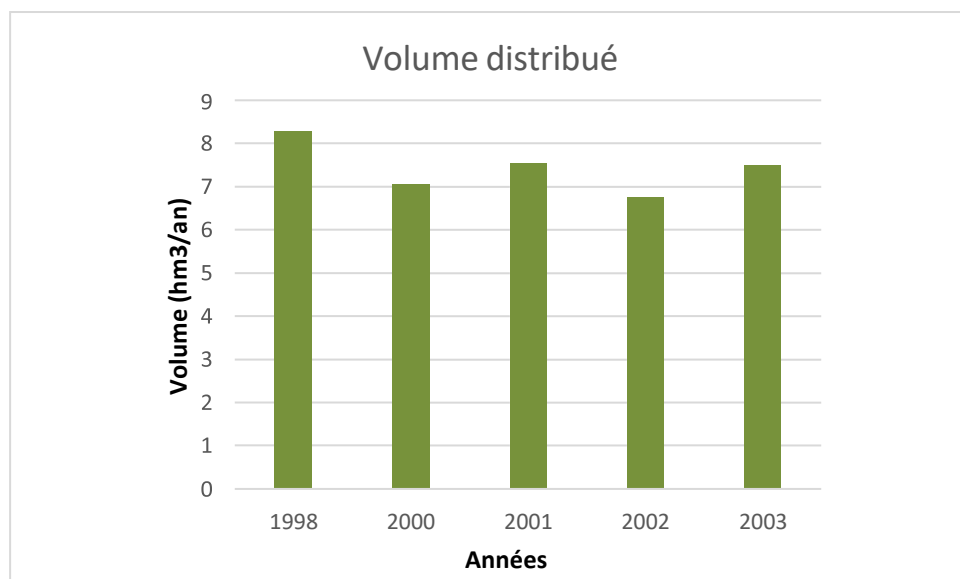


Fig. V.9. Volume distribué (hm³/an) entre 1998 et 2003

D'après les deux histogrammes (Fig V.8 et Fig V.9) on constate que le valeurs des volumes distribuées est plus petits inférieures aux valeurs de production à cause des problèmes récurrents des réseaux de distributions de l'eau (il y a des fuites) .

V.3.1.3. Production et distribution des ressources en eau pour l'irrigation

a) Volume d'eau produit pour l'irrigation entre 1998 et 2003

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.

L'histogramme ci-dessous montre que la superficie irriguée est constante (1753 ha) les années 1998,2000,2001 et après diminue depuis l'année 2002 (1066,26 ha).

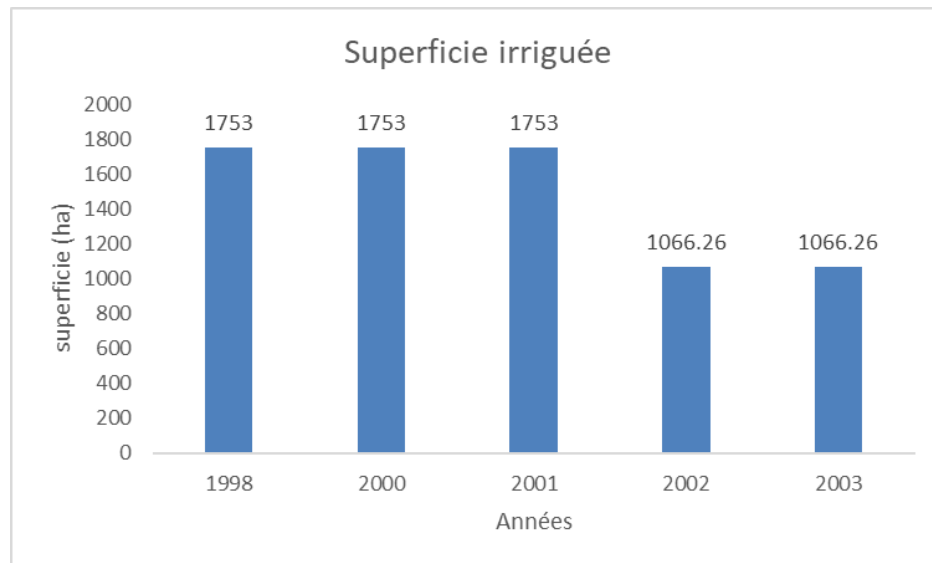


Fig. V.10 . Evolution de la superficie irriguée (ha) entre 1998 et 2003

b) Evolution des besoins en eau pour l'irrigation

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

L'histogramme ci-dessous montre que le volume de besoin dans les années : 1998, 2000, 2001, 2002, 2003 est varié d'une commune à l'autre ; le volume maximal est dans la commune de Constantine (26,99hm³/an) et le volume minimal dans la commune de Didouche Mourad (0,08 hm³/an).

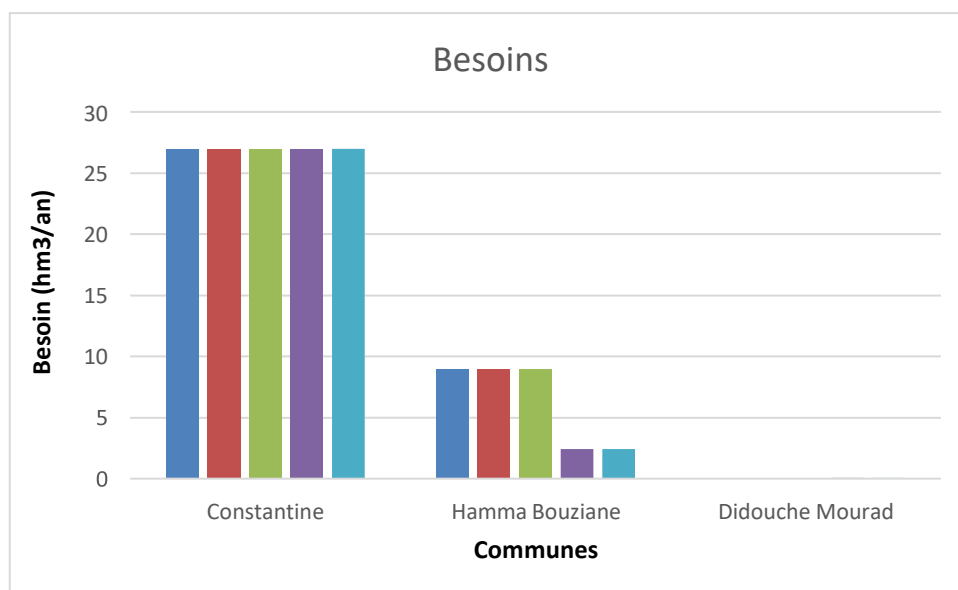


Fig. V.11 . Besoin (hm³/an) entre 1998 et 2003

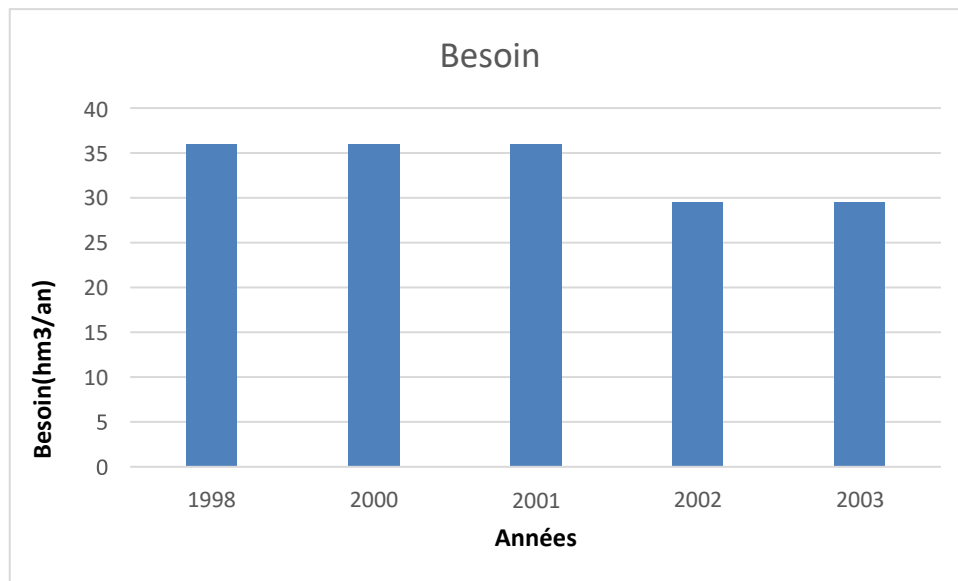


Fig. V.12 . Besoin globaux (hm³/an) entre 1998 et 2003

c) Evolution de Volume alloué pour l'irrigation

Tandis que le volume alloué maximale dans les années : 1998, 2000, 2001, 2002, 2003 est à la commune de Hamma Bouziane (7,88 hm³/an) et le volume minimal dans la commune de Didouche Mourad (0,017 hm³/an).

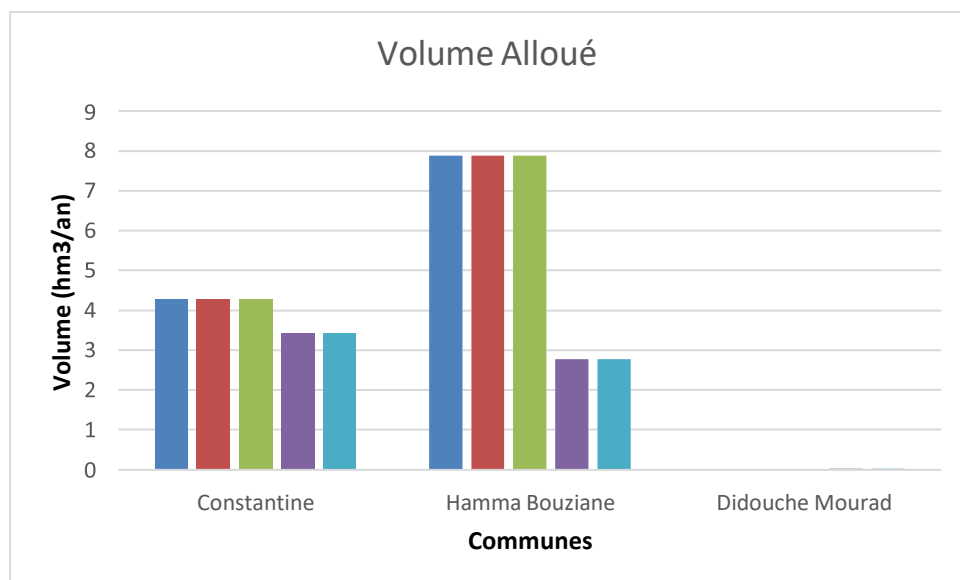


Fig. V.13 . Volume alloué (hm³/an) entre 1998 et 2003

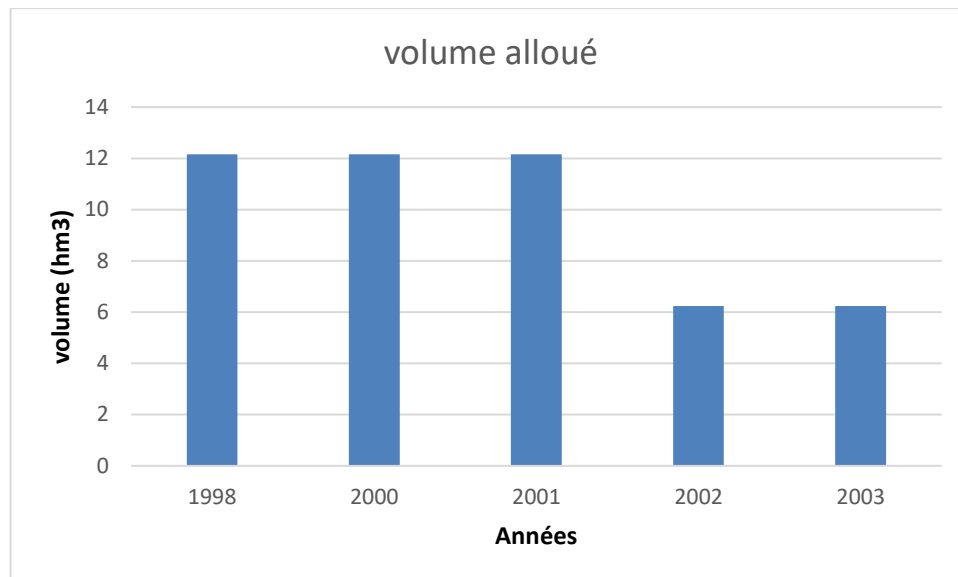


Fig. V.14. Volume alloué globaux (hm³/an) entre 1998 et 2003

V.3.2. Production et distribution des ressources en eau pour l'industrie (Volume d'eau pour l'industrie de 1998 à 2003)

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

L'histogramme ci-dessous montre que le besoin dans les années : 1998, 2000, 2001, 2002, 2003 varie d'une commune a l'autre ; le besoin est maximal a la commune de Hamma Bouziane en 2002 et 2003 (1280 m³/j); ce volume est diminué jusqu'atteindre un volume minimal a la commune de Grarem Gouga (12.5m³/j). Tandis que dans le volume alloué le volume maximal est à la commune de Didouche Mourad (459 m³/j) en 1998, 2000 et 2001.

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

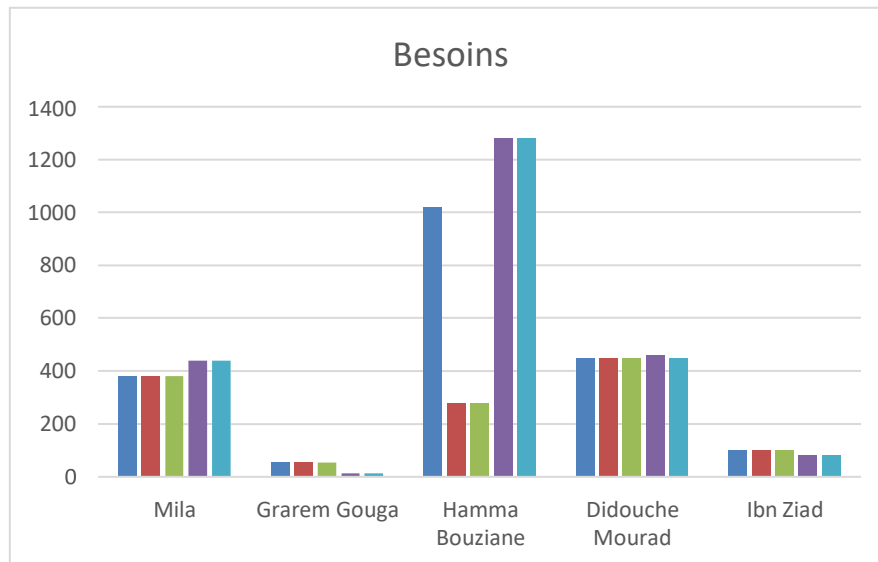


Fig. V.15 . Besoin (m³/j) entre 1998 et 2003

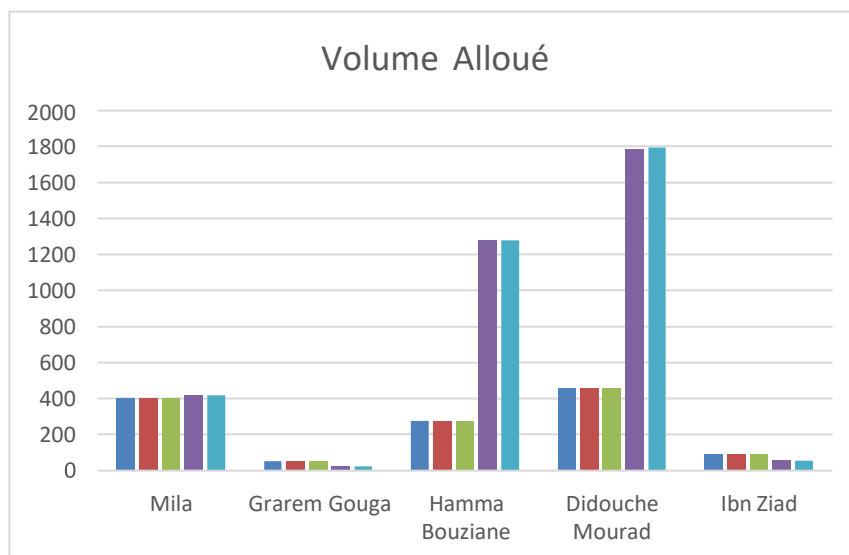


Fig. V.16. Volume alloué (m³/j) entre 1998 et 2003

V.4. Conclusion

Le monde et l'Algérie en particulier, souffre de problèmes liés à l'eau, dont les plus importants sont le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles et la pollution des ressources en eau. Après plusieurs conférences et rencontres internationales dans le domaine des ressources en eau, un processus administratif appelé GIRE est apparu afin de protéger les ressources en eau et de réguler les usages de l'eau. Ce processus encourage le développement coordonné et la gestion de l'eau, des terres et des ressources apparentées pour maximiser la résultant bien – être économique et social d'une manière équitable sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux.

La wilaya de Constantine dispose de 17 retenues collinaires d'une capacité de 7,973 hm³ qui a permis l'irrigation de 401 ha, et d'une superficie irriguer de 1066.26ha, L'exploitation de ces aquifères se fait à l'aidé des 69 forages, des exploités soutirés par les forages est destiné à l'AEP, à l'irrigation et à industrie et de 3295,1 l/s, 30 forages seront destinés à l'AEP, avec débit de 1200l/s.

La dotation journalière moyenne en eau potable est presque de 2953 l/j/hab (l'année 2003).

Pour faire face à la demande en eau future les projets en cours sont :

- Un projet de l'aval du couloir n°3 en cour de lancement ;
- La construction de deux réservoirs de 50000 m³ à Ain El Bey

Conclusion Général

Conclusion générale

Le sous bassin Rhumel-Smendou représente un des sous-bassins du grand bassin Kébir-Rhumel. Il est limité au nord par le sous-bassin du Kébir-maritime (10-07), au sud par les sous-bassins du Rhumel-Seguen (10-04) et du Boumerzoug (10-05), à l'ouest par le sous-bassin du Kébir amont-Endja (10-02) et à l'est par le sous-bassin d'oued Saf-Saf (03-09) appartenant au Côtier-Constantinois-Centre. Sa superficie est de 1091 km² et sa population est de 769475 habitants (ONS, 2008). Il est caractérisé par un climat généralement méditerranéen au nord à semi-aride au sud.

Son contexte géologique caractérisé par trois ensembles litho stratigraphiques :

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

Selon les recherches de Mebarki et Thomas ; L'hydrogéologie de la zone d'étude concerne principalement les formations aquifères des domaines des Hautes-Plaines sud- constantinoises (DI), du bassin néogène de Constantine-Mila (DII) et du domaine des « nappes » tectonique de Djemila (DIII). Les propriétés hydrogéologiques sont décrites à l'aide de le PNE 2010, les principaux aquifères sont :

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

Cependant, en termes de caractéristiques hydroclimatologiques, le climat de la région d'étude est semi-aride, selon la méthode de Thornthwaite avec des moyennes annuelles de précipitations et de températures de 995.87 mm et 15,62°C, respectivement. L'évaporation réelle (ETR) est estimée à 443.69 mm.

La wilaya de Constantine dispose de 17 retenues collinaires d'une capacité de 7,973 hm³

Qui a permis l'irrigation de 401 ha, et d'une superficies irriguer de 1066.26ha. L'exploitation de ces aquifères se fait à l'aide des 69 forages, des exploités soutirés par les forages est destiné à l'AEP, à l'irrigation et à industrie et de 3295,1 l/s, 30 forages seront destinés à l'AEP, avec un débit de 1200 l/s.

La dotation journalière moyenne en eau potable est presque de 2953 l/j/hab (l'année 2003).

Enfin, on espère que cette étude, menée au niveau du sous-bassin versant de l'Oued Kébir Rhumel, apportera quelques informations et précisions qui orienteront les travaux futurs dans le domaine de la maîtrise et de la gestion intégrée des ressources en eau dans le cadre du développement durable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABH-CSM.,(2004).** Donnée de l'agence des bassins hydrographiques Constantinois-Seybouse-Mellegue, ahier de l'Agence, le bassin du Kébir Rhumel N°8.
- Benabas, 2006.** Évolution Mio-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale: apport de la photogéologie et analyse morpho structurale. Doctorat d'état, Constantine.
- Bouillin. JP., (1986).** Le bassin maghrébin in ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des alpes. Bull.Soc.Fr, (8), t. II, n4.
- Coiffait, Ph.-E. (1992).**Un bassin post-nappes dans son cadre structural : l'exemple du bassin de Constantine (Algérie nord orientale).Thèse ès Sciences, Université H. Poincaré, Nancy I, France, P 502.
- Derouiche, 2008 ,** Caractérisation de la fracturation de la région de Constantine – Algérie. Université de Mentouri Constantine
- Durand Delga M., (1980).**La méditerranée occidentale, étapes de sa genèse et problèmes structuraux lies à celle-ci. Même. H. Géol.fr.
- 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.
- RGPH, (2008).** Office nationale des statistiques 2008 résultats de recensement générale de la population et de l'habitat (RGPH et couverture cartographique) par district.
- Vila J.M., (1980).** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des couffins d'Algéro –Tunisiens. Thèse Sc. Univ. Paris.Voinov A ., (2013). « Software, » Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences .Elsevier Inc.

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.

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

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).

Global Water Partnership GWP (2000) Integrated Water Resources Management. (GWP) Technical Advisory Committee, Background Page No.4.

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

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

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

Mozas M. & Ghosn A., 2013, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, projet IPEMED, 27 p;

Vieillard-Coffre Sylvie, 2001, Gestion de l'eau et bassin versant, De l'évidente simplicité d'un découpage naturel à sa complexe mise en pratique, Hérodote, 2001/3 N°102, p. 139-156.
DOI : 10.3917/her.102.0139 ;

Baghli Naoual & Bouanani Abderrazzak, 2013, Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin Côtier Oranais : diagnostic et outils, Séminaire International sur L'hydrogéologie et l'environnement, 5 - 7 Novembre 2013, Ouargla (Algérie), 4p ;

Les site web Google.dz/image.

https://stringfixer.com/fr/Water_scarcity

www.2ie-edu.org Google scholar