

Université MUSTAPHA Stambouli  
Mascara



جامعة مصطفى أسطمبولي  
معسكر

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Agronomie  
Laboratoire de Recherche en Géomatique, Ecologie et Environnement (LGéo2E)

## THESE de DOCTORAT DE 3<sup>ème</sup> CYCLE

Spécialité : Sciences de l'eau et de l'environnement  
Option : Hydrogéologie, Sol et Environnement

*Intitulée :*

*La gestion intégrée des ressources en eau sur un territoire de montagne, réflexions et exemples d'application  
Cas de BéniChougrane (Ouest Algérie)*

*Présentée par : ZERKAOUI Laidia*

*Soutenue le : 13/06/ 2019*

**Devant le jury :**

Président	AZZAZ Habib	MCA	Université de Mascara
Examineur	ELOUISSI Abdelkader	MCA	Université de Mascara
Examineur	BENKHLIFA Mohamed	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur	BOUGHALEM Mostafia	MCA	C.U. d'Ain Témouchent
Directeur de thèse	BENSLIMANE Mohamed	MCA	Université de Mascara

## REMERCIEMENT

Epreuve solitaire, la thèse n'en demeure pas moins un cheminement collectif. Que ce soit sur un plan scientifique ou personnel, vous m'avez, d'une façon ou d'une autre, soutenue et aidée dans ce travail de cinq ans.

Du côté de recherche, mes remerciements vont tout d'abord à Mr BENSLIMANE Mohamed, directeur de thèse pour ses orientations et d'avoir encadré mes travaux. Merci à vous précieuses corrections et critiques, votre confiance que vous avez accordée et à la véritable connaissance du sujet, ainsi que pour votre souplesse et ouverture d'esprit qui ont su me laisser une large marge de liberté.

Tout d'abord, je tiens à remercier Mr AZZAZ Habib de m'avoir honoré pour présider ce jury d'évaluation. Je suis particulièrement sensible à l'honneur que m'ont fait les membres du jury Mr ELOUISSI Abdelkader, le professeur BENKHLIFA Mohamed et Mme BOUGHALEM Mostafia, en acceptant d'évaluer cette thèse.

Je remercier également Mr HAMIMED Abderrahmane directeur du laboratoire de recherche (LRSBG) de l'université de Mascara, de m'avoir facilité l'accès au laboratoire.

Mes collègues du secteur de l'eau (DRE, ONID, ADE, ABH, ANRH, ANBT, ONA) pour leur soutien permanent, les apports constructifs, et leur amitié généreuse. Sans votre coopération, la thèse serait loin d'être ce qu'elle est. Vous m'avez ouvert au monde professionnel de l'eau en me transmettant vos savoirs faire, vos connaissances ainsi que des données appliquées à mon terrain d'études.

Mes plus sincères remerciements à Mr RACHIS Mourad, ex. Directeur des ressources en eau pour son aide et son orientation.

Cette thèse n'aurait pas pu se faire sans la participation de toutes les personnes rencontrées, travaillant dans le milieu de l'eau, à tous les échelons, et plus ou moins en lien avec le secteur. Leur disponibilité et leur coopération m'ont permis de mener à bien ce travail. Un grand merci à vous tous, qui êtes trop nombreux pour vous citer.

Ce travail doit beaucoup à plusieurs amis qui m'ont aidée, aussi bien sur le plan professionnel que plus personnel. Je pense à une personne en particulier Mr Bouabssa N. qui ma encourage souvent et je ne sais comment le remercier.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans une pensée à ma famille. Merci à vous, mes parents, mes frères, mes sœurs, mon marie et surtout mes Filles, pour votre soutien moral et matériel qui m'a permis de travailler dans des bonnes conditions, mais aussi pour votre compréhension à mon travail de recherche.

## الملخص

تعد إدارة الموارد المائية مجالاً معقداً لعدة أسباب ، بما في ذلك تعدد الاستخدامات، وتنوع التنظيم الاجتماعي والاقتصادي، واختلاف المسؤوليات بين الجهات الفاعلة العامة والخاصة، وتداخل النصوص التنظيمية المتناقضة، عدم وجود نظام قاعدة بيانات موثوق بها. يشكنا هذا التعقيد الي ضرورة الاستجابة لتنفيذ المفهوم ذي الصلة من حيث الإدارة المتكاملة لموارد المياه (ت م م م) على المستوى المحلي.

وقع اختيارنا على جبال بني شقران، وهي منطقة جبلية أضعفتها تشكباتها الصخرية والعلاقة المائية المناخية والهيدرولوجية. ولهذه الغاية، قمنا بتطبيق نهج التسيير المدمج للموارد المائية الذي يعتمد علي تحليل نظام التعبئة والاستغلال وإدارة المياه في مجملها. كانت الطريقة المنهجية مفضلة بتكليفها مع السياق الاجتماعي-الاقتصادي المحلي وطبيعة العلاقات المحددة بين الإنسان ووسطه الطبيعي. بالإضافة إلى التحقيقات الميدانية التي أجريناها مع جمعيات السقي ذات المصالح المشتركة (ج س م) ، فإن تطبيق النماذج المعترف بها عالمياً ، التي تساهم في إيجاد الحل الملائم لهذه الاشكالية مثل نظام تقييم و تخطيط الماء (الويب).

تستند النتائج التي تم الحصول عليها على هيكله الموارد الخاصة بإقليم الجبال، وتحليل سلوك مختلف الجهات الفاعلة المشاركة في نظام إدارة المياه وكذلك تقييم التأثيرات على الوسط الطبيعي. الاقتران بين نموذج الإدارة المتكاملة للموارد المائية مع برمجيات إدارة القطاع، قد سمحت بإبراز تداخل نظام إدارة المياه من خلال اقتراح مؤشرات لتقييم استدامة النظام من خلال دمج سيناريوهات التنبؤات المتعلقة بتغيرات المناخ، وإشراك الجهات الفاعلة على مستويات مختلفة من صناعات القرار من أجل توزيع عادل ومنصف ومستدام لموارد المياه.

**الكلمات المفتاحية :** المياه ، الجبل ، الإدارة المتكاملة للموارد المائية ، التنمية المستدامة ، بني شقران ، الجزائر.

## RESUME

La gestion des ressources en eau est un domaine complexe pour plusieurs raisons, notamment les utilisations multiples, la diversité des organisations sociales et économiques, les responsabilités différentes entre les entités publiques et privées et l'interaction des textes réglementaires contradictoires. Cela complique la nécessité de mettre en œuvre le concept de GIRE pertinent au niveau local.

Notre choix s'est porté sur les Monts de Béni Chougrane, un territoire montagneux fragilisé par ses formations lithologique et son contexte hydro-climatique et hydrologique. A cet effet, nous avons appliqué la démarche GIRE qui consiste à analyser le système de mobilisation, d'exploitation et de gestion de l'eau dans sa globalité. La méthode systémique a été privilégiée de par son adaptation au contexte socio-économique local et la nature des relations déterminantes entre l'homme et son milieu naturel. Outre, les enquêtes sur terrain auprès des l'association des irriguant (AIC), l'application des modèles reconnus, tel que le WEAP, ont été d'un apport pertinent pour la contribution à la résolution de cette problématique.

Les résultats obtenus s'articulent sur la caractérisation des ressources propres à un territoire de montagne, l'analyse du comportement des différents acteurs intervenant dans le système de gestion de l'eau ainsi que l'évaluation des impacts sur le milieu naturel. Le couplage du modèle GIRE aux logiciels de gestion sectorielle a permis de mettre en évidence les interactions du système de gestion de l'eau en proposant des indicateurs visant à évaluer la durabilité du système par l'intégration des scénarios prévisibles liés aux changements climatique et à l'implication des acteurs à différents niveau de la prise de décision pour une répartition juste, équitable et durable des ressources en eau.

**Mots clés:** Eau, montagne, GIRE, développement durable, Béni Chougrane, Algérie.

**ABSTRACT**

Water resource management is a complex area for a number of reasons, including multiple uses, diversity of social and economic organizations, different responsibilities between public and private entities, and the interaction of conflicting regulations. This complicates the need to implement the concept of locally relevant IWRM.

Our choice fell on the Monts de Bénichougrane, a mountainous territory weakened by its lithological formations and its hydro-climatic and hydrological context. To this end, we have applied the IWRM approach which consists of analyzing the system of mobilization, exploitation and management of water in its entirety. The systemic method was favored by its adaptation to the local socio-economic context and the nature of the determining relations between man and his natural environment. In addition to the field surveys conducted by the Irrigation Association (AIC), the application of recognized models, such as WEAP, has been a relevant contribution to the resolution of this problem.

The results obtained are based on the characterization of resources specific to a mountain territory, the analysis of the behavior of the various actors involved in the water management system as well as the assessment of impacts on the natural environment. Coupling the IWRM model with sector management software has highlighted the interactions of the water management system by proposing indicators to assess the sustainability of the system through the integration of predictable scenarios related to climate change and the involvement of actors at different levels of decision making for a fair, equitable and sustainable distribution of water resources.

**Keywords:** Water, Mountain, IWRM, Sustainable development, Bénichougrane, Algeria.

## Liste des Figures

Figure I-1 : Cadre conceptuel de gestion des ressources en eau sur un .....	24
Figure IV. 1 Model Numérique de Terrain (MNT) des Monts de Béni Chougrane .....	53
Figure .IV.2 Localisation de la zone d'étude .....	55
Figure IV. 3 Carte de délimitation de la zone de Béni Chougrane .....	56
Figure IV.4 Limite administrative de l'aire d'étude .....	56
Figure IV.5 Contexte topographique des Monts de Bénichougrane .....	57
Figure IV.6 L'altimétrie des Bénichougrane .....	58
Figure IV.7 Dynamique de ruissellement sur substrat marneux engendrant un paysage de Bad lands..	58
Figure IV.8 Cours d'eau d'Oued El Hammam, paysage de Bad Land ; les sols sont confinés dans le fond de la vallée, sur terrasses alluviales .....	59
Figure IV.9 - Zone Ouest le contexte géologique et les écoulements souterrains .....	60
Figure IV.10 Cadre géologique des Béni Chougrane .....	62
Figure IV.11- Carte pluviométrique des Béni Chougrane .....	64
Figure IV.12 Répartition moyennes mensuelles des pluies .....	65
Figure IV.13 - Répartition des Températures mensuelles maximales .....	66
Figure IV.14 Répartition des Températures mensuelles minimales .....	66
Figure IV.15 Localisation des Station sur le Climagramme d'Emberger 1979-2014 .....	69
Figure IV.16 Diagramme ombrothermique de Mascara .....	70
Figure IV.17 Diagramme ombrothermique de Sidi Bel Abess .....	71
Figure IV.18 - Diagramme ombrothermique de Relizane .....	71
Figure IV.19- Diagramme ombrothermique de Mohammadia .....	72
Figure V.1 Bassins versants et réseau hydrographique.....	75
Figure V.2- Evaluation des apports annuels la station de "Trois Rivières" .....	79
Figure V.3- Carte de localisation des infrastructures hydraulique.....	80
Figure V.4 Répartition des débits d'étiage des Forages de Bénichougrane.....	84
Figure VI.1 Graphe de la variation de la production continentale de la période 2008-2016.....	90
Figure VII.1 Les communes concernées par le massif .....	94
Figure VII.2-La répartition de la population rurale dans le massif.....	95
Figure VII.3 Carte d'occupation des sols.....	96
Figure IIV.5 - Prélèvements moyens mensuels sur 2015 et 2016 en eau potable de station .....	101
Figure VIII.1 Le nombre annuel des fosses septiques sur 2014 au 2018.....	106
Figure IX.1 Localisation de la zone d'étude .....	112
Figure IX.2 Classes de sensibilité à l'érosion à partir des données recueillies.....	113

Figure IX.3 Quelques modèles d'ouvrages hydrauliques, réalisés à travers la zone d'étude .....	114
Figure IX.4 Schéma synoptique de la méthodologie d'approche .....	116
Figure IX.5- Bilan de la gestion par les AIC .....	117
Figure IX.6 - Consistance des superficies irriguées par barrage collinaire .....	118
Figure IX.7 - Effet des pratiques culturales sur le phénomène érosif.....	119
Figure X.1 Situation géographique du périmètre irrigué de Habra.....	121
Figure X.2 Configuration du réseau d'irrigation du périmètre irrigué de Habra.....	122
Figure X.3 Fenêtre basse de la table des consommations .....	123
Figure X.4 Organigramme de fonctionnement du logiciel .....	124
Figure X.5 Fenêtre montrant la première et deuxième étape d'un tour d'eau .....	125
Figure X.6 Fenêtre montrant la troisième étape d'un tour d'eau .....	125
Figure X.7 Fenêtre montre la huitième étape d'un tour d'eau .....	126
Figure X.8 Carte d'arrosage pour chaque usager-irrigant.....	126
Figure X.9 Récapitulation des usages irrigants d'une même prise d'eau .....	126
Figure X.10 Fenêtre des résultats graphiques .....	127
Figure X.11 Planning du tour d'eau dans le secteur de Bouhanni.....	127
Figure X.12 Volume distribué par secteur 2015 .....	128
Figure XI.1 Situation géographique et localisation des lagunes étudiées.....	132
Figure XI.2 Schéma de fonctionnement d'une station de lagunage .....	133
Figure IX. 3 Variation du pH à l'entrée des lagunes .....	136
Figure IX.4 Variation du pH à la sortie des lagunes .....	136
Figure IX.5 Variation de MES à l'entrée des lagunes .....	137
Figure IX.6 Variation de MES à la sortie des lagunes.....	137
Figure IX.7 Variation de la DBO5 à l'entrée des lagunes .....	138
Figure IX.10 Variation de la DBO5à la sortie des lagunes.....	138
Figure IX.9 Variation de DCO à l'entrée des lagunes .....	139
Figure IX.10- Variation de DCO à la sortie des lagunes .....	139
Figure XII.1 Localisation du Bassin Versant d'Oued Mabtouh .....	144
Figure XII.2 Modèle numérique de terrain (MNT) du bassin versant .....	144
Figure XII.3 Localisation des stations climatologiques environnantes .....	145
Figure XII.4 Facteur des pentes du BV.....	146
Figure XII.5 Facteur Sols du BV .....	146
Figure XII.6 Occupation du sol.....	146
FigureXII.7 Estimation des pertes de sols .....	146

---

Figure XII.8- Schéma synoptique de la démarche du modèle WEAP adoptée .....	150
Figure XII.9 -Schéma conceptuel du projet WEAP pour le bassin versant d'Oued Mabtouh .....	152
Figure XII.10 La demande en eau sans perte du scénario de référence .....	153
Figure XII.11 Évaluation des eaux distribuée du scénario de référence.....	154
Figure XII.12 Évaluation débit de liaison de retour du scénario de référence.....	155
Figure XII.13 La demande en eau selon le scénario référence /changement climatique.....	156
Figure XII.14 Débits du site des demandes en eau / scénario de référence .....	157
Figure XII.15 Débits entrant et sortant des types de sol / Scénario de référence .....	158
Figure XII.16 Débits d'infiltration/ruissellement .....	159
Figure A1 Qualité des eaux des Forages.....	173
Figure A2 Classifications des eaux d'irrigation des Forages.....	175
Figure A4 Qualité des eaux des barrages (Bounanifia, Fergoug, Cheurfa). .....	176
Figure A5 Classifications des eaux d'irrigation des barrages (Bounanifia, Fergoug, Cheurfa) .....	177



## Liste des Tableaux

Tableau IV.1: Critère altitude et déclivité.....	53
Tableau IV.2: Coordonnées du massif des Béni Chougrane .....	55
Tableau IV.3- Compétence des natures lithologiques .....	62
Tableau IV.4 Répartition moyennes mensuelles des pluies.....	64
Tableau IV.5 Répartition des Températures mensuelles maximales .....	65
Tableau IV.6 Répartition des Températures mensuelles minimales.....	66
Tableau IV.7 Fréquence des vents à la station de Mascara .....	67
Tableau IV.8 Nombre de jours de sirocco à la station de Mascara.....	67
Tableau IV.9 Nombre de jours de gelées à la station de Mascara .....	67
Tableau IV.10- Température et précipitations pour les quatre stations .....	68
Tableau IV.11- Température et précipitation à la station de Mascara .....	70
Tableau IV.12: Température et précipitation à la station de S.B.Abbes.....	70
Tableau IV.13 Température et précipitation à la station de Relizane .....	71
Tableau IV.14 Température et précipitation à la station de Mohammadia.....	71
Tableau V.1 Stations hydrométriques de la zone d'étude.....	74
Tableau V.2 Sous bassins versants des Monts de Béni Chougrane .....	76
Tableau V.3- Apport d'eau annuel mesure au niveau des Barrages de régulation .....	78
Tableau V.4 Infrastructures hydrauliques de surface (barrages) .....	80
Tableau V.5 Infrastructures hydrauliques de surface.....	83
Tableau VII-1 : Répartition des prélèvements d'eaux superficielles et souterraines entre usages .....	98
Tableau VIII.1 Risques de pollution en fonction des produits de l'activité agricole.....	104
Tableau VIII.2- La charge polluante par type de pollution.....	108
Tableau XI.1: Normes algériennes pour la réutilisation des eaux usées en irrigation: paramètres physico-chimiques .....	130
Tableau XI.2 de Caractéristiques des lagunages étudiés .....	132
Tableau XI.3 Méthodologie des paramètres physico-chimiques .....	133
Tableau XI.4- Résultats comparatif obtenus par rapport aux normes algériennes .....	134
Tableau XI.5 - Les valeurs critiques des nitrates, ammonium et phosphate.....	134
Tableau XI.6 - Rendements épuratoires des matières organiques .....	135
Tableau A3 des Grille de qualité de l'eau.....	176
Tableau A6 Questionnaire d'enquete.....	178

**ABREVIATION**

ANRH : Agence nationale des ressources hydrique  
ABH/AHS : Agence de bassin hydrographie/ Algérois-Hodna- Soummam  
ABH : Agence de bassin hydrographique  
ANBT : Agence nationale des barrages et des transferts  
AEP : Alimentation en eau potable  
ADE : Algérienne des eaux  
APRH : l'Antenne de la pêche et des ressources halieutique  
APC : Assemblé populaire communal  
ANC : Assainissement non collectif  
AIC : Associations d'intérêt commun  
APRHW : Antenne de la pêche et des ressources halieutique de la wilaya  
AEI : Alimentation en eau industrielle  
BV : Bassin versant  
CNAS : Caisse national d'assurance sociale  
CFSR: Climate forecast system reanalysis  
CNRDPA : Centre national de la recherche des activités de la pêche et d'aquaculture  
DBO<sub>5</sub> : Demande biologique en oxygène en 5 jours  
DCE : Directive cadre sur l'eau  
DCO : Demande chimique en oxygène  
DRE : Direction des ressources en eaux  
DREW : Direction des ressources en eau de wilaya  
DSA : Direction des services agricoles  
EGTT : l'Entreprise de gestion touristique de Tlemcen  
EAA : Alimentation en eau agricole  
FNGIRE : Fond national de gestion intégrée des ressources en eau  
GIRE : Gestion intégrée des ressources en eau  
GWP: Global water partnership  
HAP: Hydrocarbures aromatiques polycycliques  
HELP: Hydrology for the environment, life and policy  
IBGN : Indice biologique globale normalisé  
IHF : Intérêt hydrologique fort  
IHM : Intérêt hydrologique moyen  
INRA : Institut national des recherches agronomique  
IPR : Indice de poisson retenu  
MATE : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement  
MEDIET : Méthodologie de développement intégré eau-territoire  
MEFM : Masses d'eau fortement modifiées  
MES : Matière en suspension  
MNT : Model numérique du terrain  
MO : Matière organique  
NABE : Non atteinte au bon état  
NCEP : Centres nationaux de la prévision environnementale  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: Ammonium  
NNO: Nord Nord-Ouest  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: Nitrites  
ONCV : Office national des cultures vignoble  
ONG : Organisations non gouvernementales

ONID : Office national d'irrigation et de drainage  
OIE : Office international de l'eau  
ORL : Oto-rhino-laryngologie  
PATWM : Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Mascara  
PAW : Plan d'aménagement de wilaya  
PDARE : Plan directeur des aménagements des ressources en eau  
PDARE : Plan directeur d'aménagement des ressources en Eau  
PME : Petit et moyen entreprise  
PMH : Petite et moyenne Hydraulique  
pH : Potentiel hydrométrique  
PHI: Programme hydrologique international  
PT : Phosphate Total  
PO<sub>4</sub>: Phosphores  
PNAEDD : Plan national d'action pour l'environnement et le développement durable  
PNE: Plan national de l'eau  
RGA : Recensement général de l'agriculture  
RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat  
RIOB : Réseau international des organismes de bassin  
SNAT : Schéma national d'aménagement du territoire  
SIST : Système d'information scientifique et technique  
STEP : Station d'épuration  
UGB : Unités gros bovins  
VSA : Village socialiste agricole  
WEAP: Water evaluation and planning system

## SOMMAIRE

REMERCIEMENT.....	1
الملخص.....	2
RESUME .....	3
ABSTRACT.....	4
Liste des Figures .....	5
Liste des Tableaux .....	8
ABREVIATION .....	9
SOMMAIRE .....	11
INTRODUCTION GENERALE .....	17
PARTIE I : CADRE CONCEPTUEL DE LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU SUR UN TERRITOIRE DE MONTAGNE.....	22
CHAPITRE 1 : L'APPROCHE DU SYSTEME ET LES CONCEPTS GIRE.....	22
1 L'APPROCHE ET LE CHOIX SYSTÉMIQUE .....	22
1.1 Définition de l'approche systémique .....	23
1.2 Interactions entre l'approche systémique et gestion des ressources en eau .....	23
2 LES DIFFERENTS CONCEPTS DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU .....	26
2.1 Ressources.....	26
2.2 Gestion .....	26
2.3 Concept gestion des ressources en eau .....	26
2.4 Le territoire de montagne autant de Concept .....	27
2.5 La gestion intégrée .....	27
Conclusion .....	28
CHAPITRE 2 : LES PERSPECTIVES D'AVENIR DE LA RECHERCHE SUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU.....	29
1 DES MODÈLES À UNE RECONNAISSANCE .....	29
1.1 L'expérience Française dans le domaine de la GIRE .....	29
1.2 L'expérience Algérienne dans le domaine de la GIRE.....	29
1.2.1 Les instructions techniques .....	32
1.3 L'expérience et reconnaissance internationale .....	32
2 LA MISE EN OEUVRE DU CONTEXTE DE DE LA GIRE .....	34
2.1 Les recherches et portée de l'application de la GIRE.....	34

3 LE TERRITOIRE DE MONTAGNE ET L'APPLICATION DE LA GIRE .....	35
3.1 Perception internationale de montagne en tant que réserve .....	36
3.2 Limites cognitives sur la mise en œuvre territoriale montagnard de la GIRE .....	36
Conclusion .....	37
<b>CHAPITRE 3 : LE TERRITOIRE DE MONTAGNE ET LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU .....</b>	<b>38</b>
1 LA GESTION DU SYSTÈME DES RESSOURCES EN EAU .....	38
1.1 Les paramètres environnemental du système.....	38
1.1.1 Les paramètres naturels du sous-système aquatique.....	38
1.1.2 Paramètres anthropogéniques .....	38
1.2 Les paramètres temporelle .....	40
1.3 Le paramètre spatiale .....	43
2.1 Eau .....	43
2.2 Aménagement .....	43
2.3 Usages .....	44
2.4 Acteurs .....	44
2.4.1 Les acteurs liés à l'eau .....	44
2.4.2 Indicateurs de processus de gestion intégrée .....	45
Conclusion .....	49
<b>CONCLUSION DE LA PARTIE I.....</b>	<b>50</b>
<b>PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DES MONTS DE BENI-CHOUGRANE .....</b>	<b>52</b>
<b>CHAPITRE 4 : CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET HYDROLOGIQUES DES MONTS DE BENI CHOUGRANE .....</b>	<b>52</b>
1 CRITERES D'IDENTIFICATION ET DE CARACTERISATION .....	53
1.1 Critères d'identification .....	53
1.2 Critères de caractérisation.....	53
2 LE CADRE GÉOGRAPHIQUE ET LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE .....	54
2.1 Délimitation et présentation de l'aire d'étude.....	54
2.1.1 Délimitation et situation des Benichougrane .....	54
2.1.2 Reliefs .....	57
3 GEOLOGIE .....	60
3.1 Litho stratigraphie .....	60
3.1.1 Le secondaire .....	60
3.1.2 Le tertiaire .....	61
4 PEDOLOGIE .....	62

4.1 Les vertisols .....	63
4.2 Les sols rouges .....	63
4.3 Les sols peu évolués.....	63
<b>5 CLIMAT ET BIOCLIMAT DES BENI CHOUGRANE .....</b>	<b>63</b>
5.1 Pluviométrie .....	63
5.2 Températures.....	65
5.3 Phénomènes secondaires.....	67
5.3.1 Les vents .....	67
5.3.2 Le Sirocco .....	67
5.3.3 Les Gelées .....	67
5.4 Conditions bioclimatiques.....	67
5.4.1 Classifications bioclimatiques : Quotient d'Emberger .....	67
5.4.2 Caractérisation climatiques des saisons .....	69
Conclusion .....	72
<b>CHAPITRE 5 : RESSOURCES EN EAU DES MONST DE BENI CHOUGRANE.....</b>	<b>73</b>
1 L'HYDROGRAPHIE .....	73
2 GEOMORPHOLOGIE .....	73
2.1 La forme géomorphologique.....	73
3 LES EAUX DE SURFACE .....	74
3.1 Des données insuffisantes sur les débits des cours d'eau .....	74
3.2 L'hydrographie.....	75
3.2.1 Le réseau hydrographique .....	75
3.2.2 L'écoulement des eaux.....	77
3.2.3 Caractéristiques du réseau hydrographie .....	77
3.2.4 Potentialités en eau.....	78
4 RESSOURCES EN EAU, MOBILISATION ET GESTION .....	79
4.1 Infrastructures hydrauliques.....	79
4.1.1 Infrastructures de mobilisation des eaux superficielles .....	80
4.1.2 Infrastructures de mobilisation des eaux souterraines .....	83
5 UTILISATION DE L'EAU .....	84
5.1 L'alimentation en eau potable (AEP).....	84
5.2 Qualité des eaux souterraines.....	84
5.3 Une disponibilité inégale de l'approvisionnement en eau potable (AEP) .....	85
5.4 L'alimentation en eau agricole (AEA).....	86

5.5 Situation de l'approvisionnement en eau industrielle (AEI).....	86
<b>6 CARACTÉRISTIQUES ENVIRONNEMENTALES DU TERRITOIRE DE BENICHOUGRANE</b>	<b>86</b>
6.1. LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE .....	87
6.1.1 Contrôle et surveillance de la qualité de l'eau .....	87
6.1.2 Qualité générale des cours d'eau .....	87
6.1.3 Indicateurs de la qualité physico-chimique.....	87
6.1.4 Indicateurs de la qualité biologique .....	88
6.2. SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU .....	89
6.2.1 Délimitation des masses d'eau sur la zone: .....	89
6.2.2 Pertinence de la masse d'eau .....	89
6.2.2.1 Les manques de connaissances écologiques .....	89
6.2.2.2 Actualisation de l'évaluation de la qualité des masses d'eau .....	91
Conclusion .....	91
<b>CONCLUSION DE LA PARTIE II.....</b>	<b>92</b>
<b>PARTIE III : ACTIVITES ECONOMIQUE ET DEFIS LIES AUX RESSOURCES EN EAU DANS LES MONTS DE BENI CHOUGRANE.....</b>	<b>94</b>
<b>CHAPITRE 6 : LES USAGES DE L'EAU DU TERRITOIRE MONTAGNEUX .....</b>	<b>94</b>
<b>1 DÉMOGRAPHIE ET OCCUPATION DU SOL.....</b>	<b>94</b>
1.1 Croissance démographique et urbanisation.....	94
<b>2 LES USAGES DE L'EAU DES BASSINS VERSANTS .....</b>	<b>97</b>
2.1 Bilan annuel des prélèvements.....	97
2.1.1 A l'échelle du bassin versant .....	97
2.2 Bilan saisonnier des prélèvements .....	100
2.2.1 A l'échelle de bassin versant.....	100
2.2.2 A l'échelle des stations .....	101
Conclusion .....	102
<b>CHAPITRE 7 : L'ANALYSE DE LA POLLUTION .....</b>	<b>103</b>
<b>1 LES ACTIVITÉS POLLUANTES A L'AMONT DES RESEAUX.....</b>	<b>103</b>
1.1 L'agro-pastoralisme .....	103
1.2 Autres sources de pollutions .....	105
1.2.1 Origine et composition des Pollutions .....	105
2.1.2 Assainissement non collectif des eaux domestiques.....	106
1.3 Les normes algériennes de rejet d'effluents .....	108
Conclusion de la partie III.....	109

PARTIE IV: AMEMAGEMENT DES RESSOURCES EN EAU SUR LES BASSINS VERSANTS DE BENI CHOUGRANE .....	111
CHAPITRE 8 : PROBLEMATIQUE D'AMENAGEMENT ET CONFLIT D'USAGE DE L'EAU DANS LES MONTS DE BENI CHOUGRANE .....	111
1 Introduction .....	111
2 Aire d'étude.....	112
3 Méthodologie d'approche .....	115
4 Résultats et discussion .....	116
Conclusion .....	119
CHAPITRE 9 : ADAPTATION DU SYSTEME D'IRRIGATION DANS LES PERIMETRES AGRICOLES PAR MODELISATION DU TOUR D'EAU .....	120
1 Introduction.....	120
2 L'aire d'étude.....	121
3 Matériel et moyens utilisés .....	122
3.1 Objectifs et choix des variables du modèle.....	122
3.2 Le fonctionnement du logiciel .....	124
3.3 Test d'application du modèle.....	125
4 Résultats et discussions.....	126
Conclusion .....	128
CHAPITRE 10 : LES PERFORMANCES EPURATOIRES DU PROCEDE DE LAGUNAGE, CAS DE LA REGION DE BENI CHOUGRANE A MASCARA .....	129
1 Introduction.....	129
2 Matériel et méthodes .....	131
2.1 Présentation de la zone d'étude .....	131
2.2 Procédé de traitement.....	132
2.3 Echantillonnage et mode de prélèvement .....	133
3 Résultats et discussions.....	134
3.1 Le potentiel hydrométrique (pH) .....	135
3.2 Matières en suspension (MES) .....	136
3.3 Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	137
3.4 Demande chimique en oxygène (DCO) .....	139
3.5 Abattement de la pollution d'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) et phosphate (P) .....	140
Conclusion .....	141
CHAPITRE 11 : PLANIFICATION ET GESTION SYSTEMIQUE DES RESSOURCES EN EAU PAR LE MODELE WEAP, CAS DU BASSIN VERSANT DE MABTOUH .....	142



1 Introduction.....	142
2 Aire d'étude.....	143
2.1 Localisation géographique .....	143
2.2 Caractérisation climatiques et morfo-métriques.....	144
2.3 Usage de l'eau du barrage Cheurfa .....	147
2.4 La contrainte du stress hydrique .....	147
3 Méthodologie adoptée.....	147
3.1 Description du WEAP.....	147
3.2 Données de base.....	148
3.3 Formulation de scénarios .....	149
3.4 Etapes de modélisation.....	150
4 RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	151
4.1 Modélisation du bassin versant .....	151
4.2 Disponibilité en ressources hydriques.....	152
4.3 Evaluation du besoin pour le scénario de référence.....	152
4.4 Simulation de la gestion active des ressources en eau du bassin versant .....	154
4.5 Vulnérabilité de la demande en eau vis-à-vis des changements .....	155
4.6 Débit des sites de demande pour l'horizon 2015-2050.....	156
4.7 Bilan de gestion des ressources en eau .....	157
4.8 Le débit infiltration, de ruissellement et vulnérabilité .....	158
Conclusion .....	159
CONCLUSION DE LA PARTIE IV .....	160
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	161
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	165
ANNEXE .....	173

## INTRODUCTION GENERALE

### **Problématique :**

L'eau joue un rôle crucial dans le développement économique des pays et dans la survie des écosystèmes naturels. Différentes utilisations de l'eau affectent leur disponibilité, en quantité, en qualité et en temps, pour différents besoins économiques, sociaux et environnementaux. En fait, les pays dotés de ressources en eau sont devenus rares et doivent être exploités avec sagesse.

Au cours des dix dernières années, les activités dans le secteur de l'eau ont atteint des objectifs sectoriels, tels que fournir des services d'eau potable et d'assainissement aux populations rurales et urbaines et élargir les zones irriguées afin d'accroître la production et d'assurer la sécurité alimentaire. Des politiques sectorielles ont été élaborées pour guider la mise en œuvre du projet.

Les préoccupations majeures au sujet de la gestion des ressources en eau ont conduit à un consensus mondial sur la nécessité d'adopter une nouvelle approche. Le nouvel agenda préconise pour la gestion des ressources en eau un cadre global qui intègre les considérations sociales, économiques et environnementales (BADFAD, 2000).

La montagne est un environnement hétérogène lié à l'eau, où les précipitations varient énormément d'une masse à l'autre, en fonction de l'altitude. Cette variation du climat est aggravée par une différence de relief et de roche qui influe sur la part des eaux de ruissellement et des eaux souterraines et sur la reconstitution des aquifères dans les zones montagneuses.

Outre une certaine fragilité des ressources en eau, le système de gestion de la montagne se caractérise par des utilisations spécifiques. La focalisation spatiale et temporelle de certaines utilisations de l'eau entraîne des pressions sur les ressources et remet parfois en cause le principe de la réconciliation des utilisations.

Le développement des activités économique, agricole et la revitalisation du monde rural ont multiplié les nouveaux usages et concurrencé la gestion traditionnelle. Il faut donc concilier les besoins en eau potable avec la population, le pâturage en montagne et l'intensification des activités agricoles liées à l'eau.

Utilisez de l'eau et des commodités. Dans ce contexte, pour concurrencer les utilisations et la grande diversité des ressources en eau, la gestion des ressources en eau en tant que soutien aux utilisations économiques devient complexe et répétitive. Cependant, les territoires de montagne sont invités à effectuer des évaluations quantitatives globales des ressources afin de prévenir ces pénuries et d'exploiter rationnellement le flux cumulatif des bassins versants.

La gestion des ressources en eau dans les territoires de montagnes est une question complexe, grevée par la faiblesse des ressources en eau et la préservation de l'environnement naturel. Ajoutez à ce gâchis des acteurs de la gestion. S'il est vrai que les municipalités sont devenues des acteurs clés de la gestion de l'eau, aucune structure régionale n'a jusqu'à présent monopolisé la politique de l'eau.

Il est nécessaire d'envisager des indicateurs et des méthodes d'évaluation afin de comprendre les effets de l'utilisation des ressources et de vérifier l'adéquation du contexte réglementaire actuel. Il évalue l'état écologique d'un cours d'eau, mais doit être complété par d'autres indicateurs physiques et biologiques pour mettre en évidence les changements humains.

La nouvelle politique de l'eau en Algérie, issue des assises nationales de l'eau organisées en 1995 et votée en 2005, est axée sur le développement et la valorisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles, afin de mobiliser et distribuer les ressources de façon économique.

Considérée comme un élément de la politique d'aménagement du territoire et de la politique de développement agricole, elle trouve ses fondements dans la doctrine du développement durable introduite depuis 1987, mais présente des enjeux très importants et des contraintes (Talbi et al., 2016).

En Algérie, le concept de gouvernance locale de l'eau, qui sous-tend la politique de l'eau décentralisée, s'appuie logiquement sur une complémentarité d'acteurs privés et publics qu'il fragilise le système lui-même. D'ailleurs certains auteurs n'hésitent pas à parler de "crise des institutions" qui s'avère être étroitement liée à la multiplicité des acteurs et à leurs rapports (Vitali, 2003).

Compte tenu des particularités de la gestion des ressources en eau dans une région montagneuse et de la complexité de l'organisation régionale, il est clair que l'adoption de l'approche correspondante s'appelle gestion "intégrée" des ressources en eau. Plus de vingt ans se sont écoulés depuis que l'Algérie a pris conscience de la nécessité de réformer le système public de gestion de l'eau sur cette base.

En effet, malgré des investissements publics coûteux, l'approvisionnement en eau n'est pas satisfaisant. Avec la mise en œuvre des transferts interrégionaux, la difficulté a été de gérer ou d'arbitrer les conflits d'emploi dans les limites administratives.

À la lumière de ces observations, le ministère des Ressources en eau a commencé à élaborer, au début de 1993, la base de la "nouvelle politique de l'eau". Cette politique repose sur trois principes: (1) L'eau est un intérêt économique, (2) L'eau est rare et faible, (3) L'eau est le travail de tous.

Bien que la gestion intégrée soit bien comprise aujourd'hui par les organisations de gestion des bassins versants, ce n'est pas toujours le cas au niveau local. En effet, la mise en œuvre nationale de la gestion intégrée se heurte rapidement à divers obstacles tels qu'une structure inadéquate, une division administrative, le partage d'informations, des moyens techniques et financiers, etc.

Cette approche est principalement liée aux terres de montagne et à la responsabilité de tous les acteurs du système de gestion, mais également aux zones montagneuses, en tenant compte de la logique hydrologique amont et aval des sources souvent oubliées par les acteurs et les décideurs.

L'objectif était défini de manière à ce que l'eau et l'assainissement soient considérés comme les besoins fondamentaux devant être satisfaits par une planification efficace par le gouvernement central.

Pour répondre à ce problème de recherche, nous allons nous concentrer sur plusieurs étapes:

Il convient d'identifier et de démontrer l'importance du concept de gestion intégrée des ressources en eau à la lumière de la complexité régionale face aux multiples chevauchements. En effet, la gestion de l'eau fait partie du système d'impacts et d'interactions entre les éléments caractéristiques des bassins versants, qui ne peuvent être comparés que de manière méthodologique, comme le pensent les scientifiques.

Cette méthode rend notre approche appropriée et nous permet de lancer une réflexion sur des indicateurs pertinents, applicables et transférables dont l'objectif est double: mettre en évidence les relations entre un grand nombre d'enseignants en gestion de l'eau et examiner la capacité du système à autoréguler les influences externes affectant son fonctionnement. Qui sont liés au facteur temps.

Afin de prendre en compte toutes les interactions entre les utilisations et les ressources en eau, nous proposons un modèle d'une unité géographiquement représentative du bassin versant. Le système représentatif de gestion de l'eau correspond aux zones du bassin versant des monts de Bénichougrane. Quatre sous-systèmes ont été identifiés, à savoir les ressources en eau, la planification spatiale, les utilisations et les représentants. Chaque sous-système fera l'objet d'une analyse détaillée avant d'aboutir à une réflexion globale sur les relations extérieures et les effets négatifs du système.

Le diagnostic des parties précédentes des différents sous-systèmes a permis de développer l'approche nécessaire à la gestion intégrée des ressources en eau, objet de cette partie de notre thèse. Destiné à prendre en compte les interactions entre les quatre sous-systèmes spécifiques. Des indicateurs et des méthodes de données et des connaissances actuelles proposés pour chaque sous-système ont été construits.

Ces échanges participent directement au fonctionnement et au développement du système de gestion de l'eau de Bénichougrane, qui permet d'éviter la crise du système de distribution d'eau par la mise en œuvre d'un modèle de gestion intégrée visant à garantir la quantité et la qualité de l'eau nécessaire en permanence et à la satisfaction des usages.

L'intersection des utilisations spatiales et temporelles permet d'identifier et de créer des conflits potentiels dans les monts de Bénichougrane. Les têtes de bassin sont particulièrement visibles en tant que laboratoires de gestion intégrée, caractérisés par une concentration d'utilisations économiques et différentes formes d'utilisation des terres (urbanisation, pâturage agricole et industriel) dans des zones "vulnérables" (zones d'érosion, océans irrigués, sources d'eau potable et débits faibles).

Par exemple, près de la majorité des sols agricoles de la région de Bénichougrane sont susceptibles d'érosion en raison des formulations et de la morphométrie des sols. Ainsi, le travail de similitude aux données permet de modifier la gestion intégrée en fonction de la disponibilité des ressources en eau et de la concentration des utilisations, en tenant compte des interactions entre l'amont et l'aval, ainsi que l'occupation des terres des bassins versants.

D'autre part, nous avons développé une partie dédiée à l'analyse des performances du système, prenant en compte son environnement et les développements attendus à moyen et long terme. Nous avons évoqué les liens système, qu'ils soient matériels ou sociaux. Problèmes économiques, culturels, réglementaires et politiques du sous-système des acteurs.

Le manque de données sur les utilisations est particulièrement pertinent pour le prélèvement d'eau destiné à l'agriculture, au développement agricole et à certains réseaux d'eau potable. De plus, ces données sont, le cas échéant, reportées à l'échelle de la gestion globale. Le traitement de l'information au niveau des bassins versants nécessite quelques connaissances dans le territoire.

L'objectif n'est pas d'étudier ici de façon approfondie l'ensemble des usages liés à l'eau sur le bassin versant des Monts de Bénichougrane. Cet exercice serait redondant avec le travail de l'association des irriguants ou groupe d'intérêt commun ou (AIC), chargé de la de la gestion des retenues collinaires. La finalité est de faire ressortir les besoins et les impacts des principaux usages sur les ressources en eau, et de mettre en avant les manques de données et de connaissances pour les évaluer dans l'optique d'une gestion intégrée.

L'intégration des parties prenantes de l'eau telles que les associations et les autorités locales, les unions d'irrigation et les conseils de gestion de l'eau est essentielle dans la prise de décision et la mise en œuvre de la gestion intégrée des bassins versants. Cette section montre comment les acteurs agissent

vis-à-vis des points faibles du système, s'ils sont conscients de ses limites et si le groupe d'acteurs actuel contribue aux solutions, ou au contraire amplifie les faiblesses.

La gestion intégrée donnera la priorité à la consultation et à la sensibilisation pour changer les perceptions, et proposera des solutions de développement incluant "l'eau et le territoire" ainsi que des scénarios prévisibles de changement climatique.

### **La démarche de recherche adoptée**

Enfin, et au vu des points faibles et des forçages du système, quatre modèles sont proposés au terme de ce mémoire :

(1) Le premier modèle est un modèle théorique de gestion intégrée qui prend en compte le contexte socio-économique combiné aux données du milieu nature. Il met l'accent notamment sur le besoin de connaissances en termes de ressources, le niveau de sensibilisation des usagers, la concertation entre acteurs. La gestion des retenues collinaires à travers les monts de Bénichougrane et les conflits d'usage qu'elles génèrent est un exemple d'absence de textes réglementaire régissant la petite et moyenne hydraulique (PMH) et par conséquent la prise de décision, dans un objectif associant le développement des territoires de montagne à la fragilité des ressources en eau.

(2) Le deuxième modèle préconise un développement d'outils informatique pour la gestion de la ressource en eau dans un grand périmètre irrigué (Habra), censé être mieux organisé et dotée d'un organisme de gestion public (ONID). A travers le calcul des quotas attribués par parcelle, le modèle présente une gestion à distance et réduit le gaspillage de la ressource en eau.

(3) Le troisième modèle consiste au suivi et l'analyse des performances épuratoires de stations de lagunage traitant les eaux usées. En tant que ressource non conventionnelle, les eaux usées traitées peuvent être d'un apport non négligeable en zone de montagne. Dans le cas du massif montagneux de Beni Chougrane on dispose de six STEP de type lagunage (Ghriss, Bouhannifia, Hacine, Mohammadia, Tizi et Froha), en vue d'examiner la fiabilité de cette filière de production d'eau à usage agricole.

(4) Le quatrième modèle développe les possibilités d'une planification des ressources en eau, destinées à différents usages. Il s'agit de l'application du logiciel WEAP, pour un bassin versant de Béni Chougrane, prenant en considération les facteurs démographiques et les variations climatique. En tant qu'outil d'aide à la décision, ce modèle permettra d'opter pour le choix du scénario le plus performante.

PARTIE I :

**CADRE CONCEPTUEL SUR LA  
GESTION INTEGREE DES  
RESSOURCES EN EAU SUR UN  
TERRITOIRE DE MONTAGNE**

## **PARTIE I : CADRE CONCEPTUEL DE LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU SUR UN TERRITOIRE DE MONTAGNE**

La première partie porte sur la connaissance du concept de gestion intégrée compte tenu de la complexité de la gestion actuelle des ressources en eau dans une région montagneuse. Ce que nous avons divisé en trois chapitres. Après avoir justifié une approche systématique, les différents concepts utilisés dans la gestion des ressources en eau de montagne (gestion, ressources, usages, territoire de montagne, acteurs) sont abordés.

Le système de gestion proposé contribuera à orienter notre réflexion et à prendre en compte les divers éléments impliqués dans la gestion de l'eau. Nous présenterons ensuite le concept de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), appelé GIRE. L'état des connaissances sur l'eau sera abordé, de sorte que le concept de gestion intégrée, ses principes, son histoire et sa reconnaissance en tant que gestion durable des ressources en eau soient abordés dans le débat politique international et adaptés aux différents changements et contextes.

Bien que la recherche scientifique internationale ait largement préservé la gestion intégrée et ses implications, il existe encore deux grands domaines d'ignorance. Certaines études considèrent la GIRE comme un processus dynamique pour traiter la complexité, d'une part, et une simple étude sur son application à un système de montagne n'a pas été étudié.

Face à ces lacunes, le problème des travaux de recherche trouve toute sa connaissance en proposant une méthodologie de gestion intégrée appliquée à une zone montagneuse située au nord-ouest de l'Algérie et basée sur l'analyse dynamique en place. Résume les paramètres et les dimensions spatiales et temporelles du système de gestion de l'eau, sur la base d'une étude numérique des utilisations de l'eau.

### **CHAPITRE 1 : L'APPROCHE DU SYSTEME ET LES CONCEPTS GIRE**

#### **1. L'APPROCHE ET LE CHOIX SYSTÉMIQUE**

La manière de comprendre les complexités des grands systèmes naturels, économiques et sociaux est née aux États-Unis au début des années 1950 et est connue et pratiquée en France depuis les années 1970.

En Algérie, elle a été introduite depuis 22 ans avec la création, en 1996, des cinq comités hydrographiques et les cinq agences des bassins hydrographiques qui constituent le cadre et l'instrument de cette nouvelle approche visant à mieux préserver les ressources en eau.

Cette approche a été appliquée dans de nombreux domaines: biologie, écologie, économie, thérapie familiale, administration des affaires, planification urbaine, planification régionale, etc. Les travaux réguliers ne manquent pas.

L'utilisation par la recherche actuellement en tant que machine d'analyse ou outil d'aide. Cette partie a pour objet d'expliquer les grands principes de cette approche, couvrir le choix comme façon d'analyser à notre problématique de recherche.

Sur cette base, la mise en œuvre de cette approche nécessite un effort d'apprentissage conceptuel et pratique pour tous ceux (chercheurs, décideurs politiques, professionnels et hommes d'affaires mais aussi citoyens ordinaires qui souhaitent comprendre leur temps) qui

cherchent à rendre la plongée heureuse dans la complexité, pour pouvoir s’y diriger tout d’abord, Et ensuite travailler dessus (Donnadieu et al. 2003).

De ce fait l’apport de l’approche systémique peut constituer une alternative incontournable pour l’atteinte des divers objectifs.

### **1.1 Définition de l’approche systémique**

L’apport des approches systémiques peut constituer une alternative incontournable pour atteindre différents objectifs (Boualalem, 2013).

Pour la diversité des approches analytiques, l’approche systématique contient la majorité des principes du système étudié et relie leurs chevauchements et leurs connexions.

La simulation étudie la complexité du système de manière différente en termes de fonctionnalités et d’environnement. Cette simulation ne donne en aucun cas le résultat maximum ou précis pour résoudre un problème particulier, mais efface simplement le comportement habituel du système, sa direction estimée d’évolution et la détermination de nouvelles hypothèses.

### **1.2 Interactions entre l’approche systémique et gestion des ressources en eau**

La gestion des ressources en eau et de ses usages se marque certainement dans un système complexe d’impacts et de relations socioéconomiques, culturelles et politiques. Cette complexité est reflétée dans les relations des paramètres de la gestion des ressources en eau à différentes échelles spatio-temporelles (logique hydrologique amont-aval, effets tardifs de la pollution des eaux souterraines ou superficielles, etc.)

Pour comprendre la nature de ces relations et identifier les déterminants d’une politique de l’eau juste et durable, il nous semble que l’approche systémique est la plus appropriée. Il répond pleinement au problème posé, car il permet la formation de divers facteurs et processus impliqués dans l’exploitation, la gestion et l’évolution des infrastructures d’approvisionnement en eau de la gestion intégrées des ressources en eau.

L’unité du système de gestion de l’eau est compatible avec le bassin versant. L’unité de bassin versant a été choisie ici pour ses grandeurs «territoire de l’eau» et pour sa division naturelle face aux approches géologiques et hydrographiques. Les limites spatiales correspondent aux limites hydrographiques.

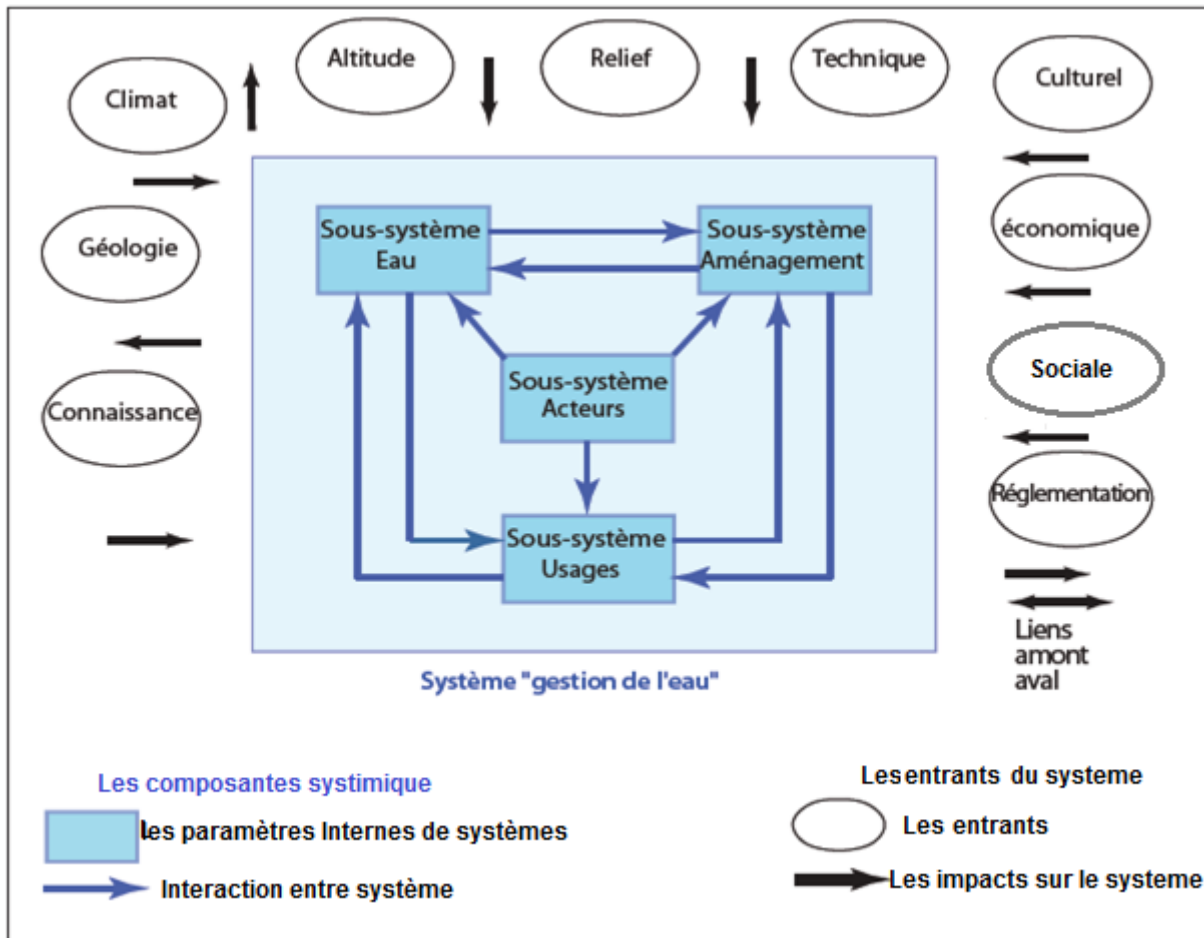
La gestion des ressources en eau est réglementée en fonction des ressources en eau disponibles, les utilisateurs doivent être satisfaits et le niveau d’aménagement spatial détermine à la fois les utilisations et la capacité à exploiter les ressources disponibles.

Quatre sous-systèmes interactifs ont été identifiés (figure I-1):

- sous-système «eau »
- sous-système « aménagement»
- sous-système « usages »
- sous-système « acteurs»



Ces quatre sous-systèmes font partie du système de bassins versants susmentionné. Le système de gestion de l'eau est également affecté par d'autres facteurs: topographie, géologie, climat, contexte sociologie, économique, environnement, culturel, politique et législatif.



**Figure I-1 : Cadre conceptuel de gestion des ressources en eau sur un Territoire de montagne.**

Ces relations avec son les entrants du système à partir de sans environnement sont des entrées et des sorties du système. Ces derniers peuvent être de trois types différents: matériau, énergie et information. Cela affecte d'une manière ou d'une autre l'organisation du système, en fonction de sa résistance interne. Nous parlerons d'énergies ou de flux d'énergie pour indiquer ces échanges qui affectent la régulation du système dans le temps.

Ces énergies sont ici de deux ordres :

- Naturelles (climat, topographie du bassin versant...),
- Anthropiques (socioéconomique, technique, culturel, réglementaire, connaissances, etc.)

Comme dans tout système ouvert caractérisé par un échange avec son environnement, le développement du système entraîne de plus en plus de réglementations en temps voulu. La régulation du système dépend des échanges d'énergie.

Il est donc difficile d'étudier les dynamiques de système qui nécessitent une connaissance approfondie des échanges entre le système et son environnement et de la résistance de toute organisation. En ce sens, l'approche systématique est un défi pour nos travaux de recherche.

Une autre idée clé dans l'étude de la dynamique du système est celle de l'entropie. Cela reflète la capacité et la restructuration d'un système d'adaptation. Les systèmes ouverts ont une faible entropie, c'est-à-dire la capacité d'interagir et de s'adapter aux changements internes et externes.

Le système de gestion des ressources en eau est jusqu'ici similaire au système à faible entropie. Nous verrons plus loin dans l'étude du processus que son contexte le fait très développer. L'étude rétrospective de la dynamique des systèmes vise à identifier les tendances générales de l'évolution afin d'anticiper les changements de paramètres connus tels que le changement climatique.

En effet, l'un des défis de ce travail est de mesurer la capacité du système de gestion de l'eau à s'adapter au changement climatique. Il y a deux développements possibles dus à une faible entropie:

- Adaptation et réorganisation du système: le système dispose des capacités structurelles et fonctionnelles pour s'adapter aux changements;
- Autorégulation et créativité: l'émergence d'un nouveau système, la non-adaptation.

Ce dernier scénario est une crise. Les connaissances acquises montrent que le système de gestion des eaux de montagne n'a pas encore atteint une telle situation de crise, en ce sens que les conflits d'utilisation actuels sont encore maîtrisés. Cependant, l'évolution des besoins en eau, les prévisions du changement climatique et leurs impacts sur les ressources en eau, ainsi que les effets irréversibles de certains aménagements, imposent en réalité les limites du système et soulèvent des questions quant à leur portée spatiale et réglementaire.

Cette problématique renvoie à la définition du "seuil de non-refoulement" dans le système et à l'étude du moment de son ajustement dans le contexte d'incertitude. L'adaptation peut être prédite tant que les relations externes sont identifiées. D'autre part, peut gérer la disjonction et la régulation automatique complète uniquement en cas d'incertitude. Si nous pouvons comprendre un régime qui se dirige vers la sécession, nous ne pouvons pas définir le moment exact où il se cassera.

L'un des objectifs de cette recherche est de réduire autant que possible cette "incertitude" et d'empêcher le système actuel de gestion de l'eau d'atteindre de tels désordres en déchiffrant les relations entre systèmes et en proposant une méthodologie de gestion intégrée visant à modifier les pratiques.

Ce travail ne prétend pas être en mesure de répondre à toutes les questions soulevées par l'approche systématique, étant donné le niveau actuel de connaissances permettant de déterminer et de hiérarchiser tous les moteurs et de rétroaction du système. De plus, notre travail se limite principalement aux liens qualitatifs à l'origine de leur ambiguïté.

Cependant, la pratique intellectuelle de la complexité et de l'incertitude présente l'avantage de mettre en évidence les difficultés rencontrées par tout gestionnaire décideur responsable des eaux de montagne. Et a l'avantage de suggérer des axes de recherche pour une utilisation plus efficace de l'approche systémique en tant qu'outil d'analyse et d'intervention dans le système de gestion des ressources en eau.

## 2 LES DIFFERENTS CONCEPTS DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

### 2.1 Ressources

Le terme ressource désigne deux concepts qui doivent être séparés: utile et utilisateur. Bien que les ressources renouvelables puissent dans certains contextes être la suppression de l'activité humaine, ce terme inclut également la production d'un "système éco-hydro-géo". (Weber *et al.*, 1990).

Le concept de ressources et le concept d'efficacité des activités humaines sont étroitement liés. Cette confusion est également justifiée dans un système de gestion, étant donné que toute ressource est disponible pour un usage humain et peut conduire à une exploitation.

Dans le domaine de l'eau, le concept de «ressources» a fait son apparition avec sa rareté et la nécessité de l'évaluer au mieux de sa gestion. Les eaux de surface ou souterraines ne constituent une ressource que si elles peuvent être exploitées, contrôlées et entretenues sur les plans technique, économique et environnemental.

La transition d'un "élément naturel" de l'eau à une "ressource" est directement liée aux relations entre l'homme et la nature. L'eau, de par sa nature, a un caractère renouvelé. Mais il est nécessaire de distinguer plusieurs types de ressources qui ne présentent pas les mêmes caractéristiques en termes de disponibilité quantitatif et qualitatif: les eaux souterraines et les eaux de surface en tant que source de "flux" et les réserves de "stock".

### 2.2 Gestion

Le concept de "gestion" englobe la complexité des opérations et l'évolution de tout territoire où il traite des chaînes biologiques, des contraintes physiques et des actions humaines. À cet égard, le concept de système semble nécessaire pour traiter de toute forme de gouvernance mondiale.

Selon Durand M.G. (1997), la gestion vise principalement à maintenir la performance d'un territoire en veillant à ce que ses ressources soient reconstituées (renouvelable) d'un point de vue économique et écologiques, en termes de la faune, la flore, d'air, de qualité de l'eau et de sol. La gestion repose sur trois dimensions: une dimension écologique qui recouvre le concept d'écosystème, la dimension temporelle et la dimension fonctionnelle (superficie du territoire).

Cela signifie également une intervention humaine: les acteurs du territoire (producteurs, gestionnaires et utilisateurs des territoires), y compris les dimensions sociale, économique, géographique, historique, juridique, politique et culturelle. La reconnaissance de la valeur du patrimoine diffère de la valeur marchande. Cette nouvelle valeur peut être assimilée à la valeur donnée à un objet dans lequel les concepts culturels d'esthétique, de relativité et de rareté se chevauchent.

### 2.3 Concept gestion des ressources en eau

Le concept de gestion intégrée des ressources en eau, pour lequel il n'existe pas de définition ambiguë à l'heure actuelle, fait l'objet d'un vif débat. C'est l'une des méthodes de gestion des ressources en eau qui prend pleinement en compte les éléments suivants:

- a) Tous les aspects physiques naturels des ressources en eaux de surface et souterraines, y compris les changements dans le temps et dans l'espace;

- b) Tous les secteurs de l'économie qui dépendent de l'eau et donc leurs contributions et leurs conséquences pour l'eau (y compris les eaux usées);
- c) Contraintes et objectifs nationaux en matière d'eau, y compris les contraintes et objectifs sociaux, juridiques, institutionnels, financiers et environnementaux.

Ce concept combine les deux concepts. L'eau est attribuée à un éventail d'acteurs (privés et publics) comme produit commun pour répondre aux besoins du territoire, tout en assurant la reconstitution et la durabilité des ressources. Pour que l'eau devienne une ressource exploitable, il faut construire une structure qui intègre captage, stockage et transport, en l'adaptant à l'eau disponible et à la demande territoriale.

Il implique ensuite un grand nombre d'acteurs à différents niveaux d'échelle et de relations avec la communauté. Mermet (1992) réfute deux méthodes de gestion: la gestion efficace résultant d'une série d'actions humaines ayant une incidence sur l'environnement, telles que la pollution, et la "gestion intentionnelle", une initiative d'un représentant spécialisé visant à modifier l'état de l'environnement d'une certaine manière. Les concepts présentés ci-dessus concernent la gestion intentionnelle.

#### **2.4 Le territoire de montagne autant de Concept**

Sans entrer dans les discussions sur la définition de la montagne (Veyret et al., 2001), nous prendrons que la montagne comme cadre d'étude du système de gestion des ressources en eau. Le territoire de montagne est un système spatial qui relie plusieurs acteurs (Lévy et Lussault, 2003) en s'organisant et en travaillant nets.

L'approche territoriale de la gestion des ressources en eau consiste à étudier les dynamiques territoriales liées à l'eau et au développement. Les changements démographiques, sociaux, économiques, politiques et environnementaux soulèvent constamment des questions sur la définition de la bonne gestion de l'eau (Ghiotti, 2007).

Nous soutiendrons les spécificités d'un territoire de montagne du point de vue hydrographique et topographique de leurs associations et de leurs impacts sur les utilisations, la planification et l'organisation des acteurs. Les utilisations spatiales et temporelles n'auront pas de conséquences pour le système de gestion. Nous nous intéresserons également au logique amont aval qui est plus directe que dans d'autres lieux, à la fois spatialement et temporellement (la forte interaction du terrain montagneux avec les changements de son environnement).

#### **2.5 La gestion intégrée**

Pour répondre à la complexité de la gestion de l'eau, le concept de "gestion intégrée" a été développé. Les premiers acteurs à le renforcer sont les organisations internationales non gouvernementales (ONG). La première caractéristique de cette méthode de gestion consiste à tenir compte de la complexité du cycle de l'eau et du niveau d'utilisation. L'unité de gestion est devenue le bassin hydrographique où "les eaux de surface et les eaux souterraines sont étroitement liées et l'utilisation des terres" (Brüschweiler, 2003).

La gestion intégrée est "un processus qui encourage le développement et la gestion de l'eau, des terres et des ressources associées afin de maximiser le bien-être économique et social de manière juste et sans compromis la durabilité des écosystèmes biotiques "(Global Water Partnership, 2000).

Tous soulignent la nécessité d'une "approche de gestion intégrée prenant en compte toutes les caractéristiques du cycle de l'eau et ses interactions avec les ressources naturelles et d'autres écosystèmes, ainsi que divers services et fonctions de l'eau" (Global Water Partnership, 2000).

Son objectif spécifique en matière de gestion globale de l'eau est de répondre à tous les besoins en limitant la concurrence entre différents usages et de préserver les plus possibles éléments naturels et l'environnement au moindre coût concernant les collectivités nationales. Partager les ressources entre les utilisateurs, en prenant en compte les ressources comme support à l'utilisation, et en conservant les ressources pour eux-mêmes en tant que patrimoine commun. Tenant compte des dimensions économique, sociale et environnementale de la gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques, la gestion intégrée vise un développement durable à long terme.

### **Conclusion**

La gestion intégrée est une réponse à la complexité de la gestion de l'eau. L'importance de ce concept renvoie à l'étude du système dans son ensemble et de son interdépendance. L'approche systématique est la plus appropriée pour comprendre la nature de ces relations et identifier les déterminants d'une politique de l'eau intégrée fiable et durable.

À la fin de cette section, qui présente les divers concepts et sens que nous avons mis dans ce travail, il semble important de remettre en cause le cas de la recherche sur la gestion intégrée, en particulier dans les zones de montagne.

## **CHAPITRE 2 : LES PERSPECTIVES D'AVENIR DE LA RECHERCHE SUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU**

La gestion intégrée des ressources en eau est une approche et concept empirique élaboré à partir d'expériences sur le terrain. Plusieurs de ses éléments existent déjà depuis plusieurs décennies (depuis la première conférence mondiale sur l'eau tenue à Mardel Plata en 1977), mais c'est à partir de l'Agenda 21 et de sommet mondial pour le développement durable, en 1992, à Rio de Janeiro, que l'on s'est véritablement interrogé sur la dimension pratique de ce concept et les grands forums mondiaux sur l'eau qui ont suivi.

### **1 DES MODÈLES À UNE RECONNAISSANCE**

#### **1.1 L'expérience Française dans le domaine de la GIRE**

Paradoxalement, ce concept, qui constitue la base de la politique de l'eau, n'est pas clairement défini dans la réglementation. Les principes de la gestion ont été appliqués en France pendant quarante ans avant l'apparition et l'utilisation du terme "intégré" qui rencontrait des difficultés avant de s'imposer.

En fait, la gestion intégrée des bassins versants de la France a été mise en œuvre dans le cadre de la loi sur l'eau (1964). Cette dernière, à travers la création d'agences de l'eau en France, a été la première tentative d'application des principes d'IWR: la décentralisation au niveau de chaque bassin a coïncidé presque avec les limites géographiques des agences, des négociations entre toutes les parties prenantes de l'eau ayant des intérêts opposés mais rassemblées d'abord autour des questions liées aux ressources en eau, au partage des coûts et aux avantages sont reflétées dans les deux règles élaborées par les agences (pollueur-payeur et base / motif du consommateur).

La notion de gestion intégrée en France est apparue dans les rapports précédant la loi sur l'eau de 1992, en particulier le rapport du groupe de travail créé par le Comité interministériel sur la qualité de la vie en juillet 1986 afin d'identifier les mesures à prendre pour mettre en œuvre une gestion intégrée et innovante des cours d'eau (Vitali, 2003). Ce rapport recommandait en particulier la création d'un document de synthèse ministériel qui donnerait des lignes directrices pour la politique de l'eau et des rivières dans la section Réponse aux principes de gestion intégrée. C'était:

1. préserver le milieu naturel en tant que patrimoine collectif et élément essentiel du cadre de vie,
2. permettre une satisfaction meilleure et équilibrée des besoins de tous les utilisateurs de l'eau et du fleuve,
3. protéger la population des dangers liés à l'eau (en particulier les inondations et les conditions insalubres).

#### **1.2 L'expérience Algérienne dans le domaine de la GIRE**

L'Algérie commémora les vingt années de l'introduction de l'approche intégrée dans la gestion des ressources en eau permet de mieux répondre aux enjeux et constitue un pas important vers le développement durable, il s'agissait :

1. à la protection de la ressource,
2. à la protection de l'environnement,
3. la gestion intégrée est un processus favorisant le développement,

4. la gestion rationnelle et coordonnée des ressources en eau, à l'échelle d'un bassin versant, en incluant le sol et les écosystèmes associés.

La mise en place de cette gestion permet de maximiser les bénéfices économiques et sociaux de façon équitable, sans compromettre la pérennité de cette ressource et des écosystèmes associés. Dont les objectifs correspondent à ceux de Millénaire pour le développement (OMD) il s'agit de :

- Garantir l'accès à l'eau pour tous les citoyens, par la mobilisation des ressources conventionnelles et non conventionnelles, et assurer une équité, par la mise en œuvre d'un programme de grands transferts.
- Garantir l'accès à l'assainissement pour tous.
- Améliorer la qualité des services publics de l'eau et de l'assainissement à travers la réhabilitation et la modernisation de la gestion des systèmes d'AEP et d'assainissement.
- Protéger les écosystèmes hydriques au moyen de la réhabilitation et l'extension des systèmes d'assainissement et d'épuration des eaux usées.
- Soutenir la stratégie de sécurité alimentaire avec la mobilisation de nouvelles ressources hydriques permettant l'extension des zones irriguées.

Il est donc primordial de mettre en place du cadre et des mécanismes de gestion adéquats, en 1996, la création des cinq comités de bassins hydrographiques et les cinq agences de bassins hydrographiques qui constituent le cadre et l'instrument de cette nouvelle approche visant à mieux préserver les ressources en eau.

Dans le cadre de ce contexte le parcours des structures publiques faire une rétrospective et dresser un bilan pour tirer les leçons de cette expérience et tracer une stratégie qui réponde à la nouvelle étape et aux nouveaux défis qu'il impose l'avenir. Il va sans dire que satisfaire les besoins des différentes catégories d'usages, et préserver cette ressource limitée et vulnérable dans sa stratégie environnemental, économique et sociale.

Dès 1993, au regard des insuffisances observées dans le domaine de la gestion de l'eau, une vaste réflexion avait été engagée se traduisant par la Nouvelle Politique de l'Eau. A partir de 1994, plusieurs conférences régionales ont été organisées, regroupant l'ensemble des cadres du secteur, les représentants des administrations, des élus ainsi que l'ensemble des parties concernées par l'usage de l'eau. Ces rencontres avaient pour objectifs de recueillir toutes propositions concrètes visant à économiser l'eau, à la valoriser et à offrir un service de qualité.

En 1995, des assises nationales ont été organisées, sous le haut patronage de Monsieur le Premier Ministre, durant lesquelles la nouvelle politique de l'eau a été approuvée par le conseil du gouvernement.

L'année 1995, a constitué l'année de la préparation des conditions d'installation des agences régionales de l'eau ou il a fallu :

- Finaliser les textes relatifs aux comités de bassin ;
- Négocier et établir une convention de coopération, destinée à un appui technique et institutionnel au agences de bassins ;
- Elaborer un programme de formation avec l'Office International de l'eau ;

- Finaliser les textes relatifs au Fond National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (FNGIRE);
- Elaborer un programme opérationnel des agences.

Une année après, et suite à l'amendement du Code de l'Eau (juin 1996), deux outils ont été créés en Aout 1996 : les cinq agences de bassins Hydrographiques et les cinq Comités de bassins, fondés sur une approche participative, impliquant les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs à tous niveaux.

Pour qu'elles puissent mener à bien les missions qui leur ont été confiées, ces cinq agences ont bénéficié d'une subvention de démarrage d'un montant de 6.000.000 DA leur permettant d'acquérir des équipements. Une subvention jugée par les premiers responsables des agences de bassins à cette époque, compte tenu des lourdes tâches qu'elles devaient accomplir.

Dans le cadre de la coopération technique ont été lancé différents programmes d'actions et plusieurs activités :

1. **La collecte et l'analyse de données** qui étaient parfois inexistantes ou erronées. Or « l'un des principes de la gestion intégrée, est la collecte de données fiables, indispensables pour la planification de projets cohérents ». Désormais et grâce au travail laborieux et minutieux des ABH, les données ont été collectées de façon fiable et sont régulièrement mise à jour.
2. **La collecte des redevances** de prélèvement de l'eau du domaine public hydraulique dans les secteurs des hydrocarbures, de l'industrie, du tourisme et des services. Cette activité a permis de recenser les usages, de mesurer les volumes d'eau prélevés, de facturer et d'affecter trimestriellement le produit de la redevance au budget de l'Etat, au FNGIRE et au Fond National de l'eau potable.
3. **La communication, sensibilisation et information**, une mission qui n'a été dévolue aux ABH, qu'à partir de 1998. Date à partir de laquelle, elles ont bénéficié de subventions ne dépassant pas le seuil de 4.000.000DA, pour concevoir et éditer divers documents de sensibilisation et organiser des campagnes de médiatisation et sensibilisation à l'économie de l'eau.
4. **La coopération internationale**, les ABH algériennes ont eu l'occasion de coopérer et d'échanger leurs expériences avec des agences de l'eau françaises. En effet, de 1998 à 2007, les cadres des ABH ont bénéficié de stages de formations. De plus, un important programme de formation avec l'Office International de l'Eau (OINE) a été mis en place et a permis :
  - L'adhésion des agences de bassins au réseau international des organismes de bassin, en 1998. L'ABH/AHS, étant membre du RIOB (Réseau International des Organismes de Bassin) élu représentant de l'Afrique, a participé à de nombreuses activités liées à l'eau, au niveau national ou international.
  - Dans le cadre du projet TWIN BASIN financé par l'Union Européenne, l'Agence de Bassin Algérois -Hodna- Soummam a conclu un accord de jumelage avec l'Agence Seine Normandie (Paris) étalé sur trois années.
  - Immersion des cadres des cinq agences de bassins au sein de l'agence de l'eau Addour Garonne (Toulouse), ainsi que leur participation à des stages de formation sur la gestion intégrée assurée par des experts de l'office International de l'Eau et des agences de l'eau.

Par ailleurs, dans le cadre de la coopération Algéro-Allemande, les ABH ont bénéficié de l'appui pour l'étude d'un plan directeur d'aménagement des ressources en eau et de la formation des ingénieurs. Tant que la coopération Algéro-Belge a permis de mettre en place le Projet « GIRE », un appui à la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau.



Les Agences de Bassins Hydrographiques sont engagées, depuis 22 ans, au service de la gestion intégrée des ressources en eau, « l'objectif est de prouver la contribution concrète des ABH dans la gestion intégrée des ressources en eau et de participer au développement du secteur »

Après plusieurs années de travail de façon indépendante, il a été décidé de créer un établissement qui serait chargé de réunir les ABH et d'œuvrer en harmonie.

Ainsi, la création de l'Agence National de Gestion Intégrée des ressources en Eau (AGIRE) en 2011 contribuera, de façon équitable à la péréquation de la distribution des ressources financières des cinq agences ».

Leur démarche vise principalement à assurer une bonne collecte des redevances et à collecter des données destinées à la mise en place du système national d'information sur l'eau ». d'ailleurs, durant ces deux dernières années, l'AGIR, a procédé à la normalisation des procédures de gestion de l'Agence, l'élaboration et la mise en œuvre du plan d'action de sensibilisation à l'économie de l'eau, etc. deux années très riche et denses en expérience.

Les responsables actuels des Agences de Bassins Hydrographiques s'accordent que « l'AGIRE est un nouveau souffle pour leurs agences. Leurs activités seront désormais, harmonisées et coordonnées, un bel avenir se présente à eux ».

### 1.2.1 Les instructions techniques

L'ordonnance de 1996 modifiant le code des eaux avait prévu que la planification de la mobilisation et de l'utilisation des ressources en eau sera réalisée à travers :

1. Des schémas directeurs d'aménagement et d'utilisation des eaux qui fixent pour chaque bassin les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et les conditions de sa répartition entre les différents usages.
2. Le plan national de l'eau qui devait retenir :
  - ✓ Les mesures nécessaires pour la coordination des schémas directeurs régionaux d'aménagement et d'utilisation des eaux,
  - ✓ La prévision et les conditions des transferts de ressources hydrauliques dans les cadres territoriaux de différents bassins hydrographiques.

### 1.3 L'expérience et reconnaissance internationale

Alors que les principes de la GIRE sont à la base de la nouvelle réglementation de l'eau, il n'y a pas de texte qui donne une définition claire du concept lui-même. Sur la scène internationale, le concept de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est apparu en tant que tel. L'approche de la GIRE a été formulée pour la première fois lors de la Conférence internationale sur l'eau et le développement à Dublin en 1992. Les Forums mondiaux sur l'eau qui ont suivi ont ensuite abordé cette question.

Lors du Sommet mondial sur le développement durable de 2002, de nombreux pays se sont engagés à élaborer des plans de gestion intégrée des ressources en eau et des plans nationaux d'utilisation rationnelle de l'eau. La GIRE est maintenant reconnue comme l'un des meilleurs moyens de gérer des ressources en eau durables (Global Water Partnership, 2009).

De nombreux pays ont maintenant basé leur législation nationale sur l'eau sur le concept de GIRE, ou la testent dans des bassins nationaux ou transfrontaliers. Si la GIRE est développée

rapidement, en établissant de multiples réseaux internationaux pour promouvoir ses principes en tant que gestion durable des ressources en eau à tous les niveaux. On peut citer plusieurs réseaux:

- Le Réseau International des Organismes de Bassin (RIOB), créé en 1994 à Aix-les-Bains, compte 185 membres ou observateurs dans 68 pays,
- Le Partenariat mondial sur l'eau « Global Water Partnership» (GWP), réseau international créé en 1996, est ouvert à toutes les organisations de gestion des ressources en eau (institutions gouvernementales des pays développés et en développement, agences des Nations Unies, banques de développement, associations de professionnels, instituts de recherche, organisations non gouvernementales ONG » et secteur privé).
- Réseau européen "IWRM.Net" et son travail "Eranet", le réseau d'échange destiné à améliorer la diffusion des résultats de la recherche sur la GIRE, qui compte 17 partenaires de 14 pays et un certain nombre d'observateurs,
- et récemment le réseau "GIRE", qui est l'un des cinq réseaux de recherche thématiques mis en place dans le cadre du Système d'information scientifique et technique (SIST), un projet de coopération du ministère des Affaires étrangères français.
- Cap-net, lancé dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), entre institutions et gestionnaires en partenariat avec Global Water Partenariat et UNESCO pour renforcer les capacités en matière de GIRE,
- Réseaux du Programme hydrologique international de l'UNESCO, notamment HELP, réseau mondial de bassins versants visant à améliorer les liens entre l'hydrologie et les besoins des communautés (Bonnell, 2004).

Les organisations internationales non gouvernementales ont également fourni des définitions spécifiques de la gestion intégrée des ressources en eau dans le cadre de leurs missions de développement international et de partage des connaissances. Pour le Partenariat mondial sur l'eau, la GIRE n'est pas une fin en soi, c'est un «outil pour relever les défis de l'eau et maximiser la contribution de l'eau au développement durable.

Il s'agit de renforcer les cadres de gouvernance de l'eau pour encourager une prise de décision appropriée en réponse à l'évolution des situations et des besoins (Global Water Partnership, 2004).

À travers ces objectifs, la GIRE est présentée comme une approche de gestion particulière qui nécessite l'application d'un environnement spécifique: la définition d'un cadre institutionnel approprié, le renforcement des capacités de gestion et la coordination des actions mises en œuvre à tout moment. Niveaux, développement des connaissances, organisation efficace, participation active de toutes les parties prenantes concernées et essais (Global Water Partnership, 2000).

Cependant, il faut reconnaître que, à ce jour, les conditions ne sont pas réunies pour une application optimale de la GIRE. En conséquence, la boîte à outils (Global Water Partnership, 2007) destinée à changer le contexte de la gestion a fait l'objet de nombreuses recherches et rapports. Ces différentes entreprises seront utilisées pour développer un réseau d'évaluation

du style de management qui répondra à l'une des questions centrales de notre problème sur l'engagement des acteurs dans un système de management intégré à tous les niveaux.

## **2 LA MISE EN OEUVRE DU CONTEXTE DE DE LA GIRE**

### **2.1 Les recherches et portée de l'application de la GIRE**

Il n'existe pas de modèle universel de gestion intégrée devant la compte tenu de la complexité du système de gestion des ressources en eau, qui doit tenir compte des spécificités législatives, socio-économiques et culturelles.

C'est une fonction de la gouvernance de chaque territoire et de la réalisation d'une gestion durable des ressources en eau. La GIRE vise à changer cette disposition, c'est-à-dire tous les systèmes politiques, sociaux, économiques et administratifs mis au point pour gérer les ressources en eau tout en fournissant différents services liés à leur utilisation (Global Water Partnership, 2004).

Ainsi, chaque système de gestion installé est spécifique et présente des forces et des faiblesses pour évoluer vers une gestion intégrée et durable des ressources en eau.

Le travail du système est également étroitement lié à l'impact sur les recommandations. Par exemple, les pays industrialisés trouvent le moyen de "remédier aux situations non durables et d'atténuer les coûts environnementaux de leurs politiques précédentes" (GWP, 2004). Les changements préconisés par le Partenariat mondial pour l'eau sont plus institutionnels que la technologie dans ces pays.

Les réponses institutionnelles reposent sur l'élaboration de règles de gouvernance appropriées et la mise en place de structures de réglementation adaptées à l'échelle du bassin versant (GWP, 2009). L'intérêt de l'agence de bassin est notamment de surmonter les divisions administratives, d'encourager une gestion participative et des actions coordonnées sur la base d'un consensus.

Cependant, la mise en place de telles structures ne garantit pas une approche de la GIRE. Il doit également être soutenu par des politiques, une législation et un renforcement des capacités appropriés (GWP, 2004).

D'autres organisations non gouvernementales (ONG) militent également en faveur de la création d'organismes de bassin, tels que le RIOB, qui "met en œuvre un plan d'action pluriannuel visant à promouvoir la création et le renforcement d'organismes de bassin dans le monde entier.

Par conséquent, les recommandations des ONG internationales se concentrent sur deux paramètres clés du système: le niveau national et le grand bassin de précipitations.

Les sciences humaines sont devenues de plus en plus fondamentales pour la mise en œuvre de la gestion intégrée. Il intègre la logique et les normes de gestion liées à la gestion. Cette dimension était particulièrement apparente lors de la conférence "Water and Land" de 2004 (Ghiotti, 2004). Les bassins versants sont essentiels en tant que cadre territorial pour la gestion de l'eau, mais se chevauchent avec d'autres zones territoriales.

Un large éventail de recherches en sciences humaines et en sciences sociales se concentre sur la recherche sociale et ses perceptions (Point, 1996 ; Bonnal, 2002 ; De Vanssay, 2003). Les problèmes liés à l'eau ne sont pas ressentis de la même manière que les acteurs, les groupes de temps et d'autres facteurs connexes.

Cela permet à la logique, aux enjeux et à l'opposition de se matérialiser et de se définir spatialement et que jusqu'à présent, de nouveaux acteurs se marginalisent. Ainsi, la mise en œuvre de la GIRE se heurte aux rivalités du territoire et à l'émergence de plusieurs territoires, «un territoire de gestion et un territoire décisionnel qui atteste de la multiplicité des dynamiques sociales» (Ghiotti, 2007).

L'Académie de l'eau a étudié les conditions nécessaires à l'évolution des concepts liés à l'eau et les a planifiées sous la forme d'un diagramme appelé «diagramme d'utopie stratégique». L'évolution des perceptions est fonction de l'état des eaux reconnues, mais aussi de l'organisation territoriale.

L'introduction du concept de "partenaires" dans la discussion permet de contourner le droit et d'étendre le potentiel de coopération pour tous ceux qui veulent et peuvent contribuer à une gestion intégrée dans le bassin versant (Lasserre et al. 2003 ; Courtois et al. 2003).

Le problème de la mise en œuvre de la GIRE peut également être étudié à travers la médiation, la négociation et la consultation. La création de la GIRE n'est pas nécessairement synonyme d'une nouvelle institution. Les mécanismes de coordination et de consultation peuvent atteindre les mêmes objectifs parmi de nombreux acteurs dotés de nombreuses compétences.

Dans ce contexte, plusieurs programmes de recherche visaient à étudier des outils d'aide à la gestion coordonnée des ressources en eau: le programme de recherche Pareto (Consultation, Décision et Environnement) selon Barreteau (2003), le programme CEMagref AQUAE et l'INRA pour le développement d'outils de médiation pour négocier les règles de gestion des ressources en eau (Dumontier, 2000 ; Abrami, 2004 ; Paran, 2005).

### **3. LE TERRITOIRE DE MONTAGNE ET L'APPLICATION DE LA GIRE**

Notre problème de recherche fait référence aux deux dimensions souvent confrontées: la gestion intégrée des ressources en eau et le développement socio-économique dans un territoire de montagne. Nous voulons souligner ici que la recherche est encore insuffisante pour mettre en œuvre la GIRE dans un territoire montagneux, malgré les nombreuses études scientifiques sur la montagne en tant que corps.

En raison de leurs particularités, le terrain montagneux a conduit à une production scientifique abondante. Les laboratoires sont devenus vivants en raison de la fragilité de certains équilibres naturels ou sociaux qui leur confèrent un rôle dans la détection des changements globaux, qu'ils soient naturels, tels que le changement climatique, économique ou culturel.

L'approche géographique utilise une approche systématique pour comprendre les étapes clés de profonds changements afin de suivre le démantèlement et la réorganisation du système de montagne (Durand, 1997).

L'évolution du "système de montagne" a été étudiée sous l'angle de l'aménagement du territoire, révélant le passage du mode de vie rural au mode de vie en milieu urbain. L'évolution spatiale reflète le phénomène d'urbanisation dans l'espace montagneux. Certains auteurs le décrivent comme un "espace intégré" dans lequel les zones urbaines et rurales sont de plus en plus imbriquées (David, 1980).

Ce changement a également été étudié à travers le développement de champs politiques de montagne et le rôle de la représentation collective dans la mise en œuvre de la politique de planification (Broggio, 2002 ; Debarbieux, 2001 ; Marcelpoil et al. 2006). En tant qu'objectif politique, le relief montagneux a également conduit à des recherches en sciences politiques.

Cette recherche sur l'évolution du système de montagne alimentera l'analyse historique des utilisations de l'eau. Cependant, elles ne sont pas axées sur la gestion des ressources en eau et doivent être complétées par d'autres actions plus spécifiques concernant l'eau et ses utilisations.

### **3.1 Perception internationale de montagne en tant que réserve**

Les montagnes jouent un rôle vital dans le développement durable au niveau international, notamment pour leur rôle de tours d'eau. L'Agenda 21 a été adopté à la Conférence mondiale pour le développement durable et l'environnement de Rio en 1992. Il préconise déjà une planification et une approche de gestion intégrée afin d'enlever les défaillances qui constituent une barrière devant l'avancement du développement durable.

Pour une gestion efficace des bassins versants au niveau international, des pratiques de gestion intégrée des eaux et des terres au niveau local sont nécessaires dans les montagnes et les hauts plateaux. L'approche par bassin versant rejoint l'approche intégrée en considérant le bassin versant ou l'aquifère comme une unité de gestion (UNESCO, 2006).

D'importantes publications internationales évoluent ainsi que la collaboration entre les organismes des Nations Unies, les gouvernements nationaux, les organisations internationales, les organisations non gouvernementales et les instituts de recherche. Les travaux de référence sont le fruit de telles collaborations, telles que le rapport complet sur les problèmes des zones montagneuses (Messerli et al., 1997) et le document d'orientation sur les grands défis du XXI<sup>e</sup> siècle (Bisazet al., 1997).

Si l'angle d'approche est la montagne et son développement durable, la gestion des ressources en eau est également abordée dans le cadre de ces événements et initiatives internationaux. L'objectif de cette étude est de promouvoir l'échange et la diffusion d'expériences dans la mise en œuvre de projets intégrés de gestion participative des bassins versants (FAO, 2006).

### **3.2 Limites cognitives sur la mise en œuvre territoriale montagnard de la GIRE**

La gestion intégrée des ressources en eau des territoires montagneux figure également dans les réglementations nationales. La promotion de la mise en place d'une gestion intégrée des ressources en eau dans les territoires de montagne est justifiée dans le rapport par le rôle stratégique des territoires de montagne en ce qui concerne les ressources en eau et l'émergence de conflits en matière d'utilisation.

Ainsi, ce stock de connaissances et de besoins dans les domaines de la gestion des ressources en eau et du développement des montagnes souligne la nécessité, voire l'urgence, du

développement de systèmes de gestion intégrés et du développement durable (Meissner, et al. 2005).

Cette intégration manque encore d'un cadre législatif national. Dans l'axe scientifique, la recherche sur les "eaux de montagne" est généralement liée à l'utilisation de l'eau, ou d'un composant naturel du système hydrographique (EDYTEM, 2008 ; Le Guellec, 2007), les régimes hydrologiques (Edouard, 1984 ; Juif, 1991).

Cependant, le cadre réglementaire reste très limité et il existe une fragmentation entre la réglementation de l'eau et le développement de la montagne. Compte tenu des différentes fonctions des territoires de montagne, il est impératif de mettre en place une gestion globale associant des mesures de protection à l'aménagement du territoire et à l'environnement (Meissner et al., 2005).

## **Conclusion**

Malgré la forte demande politique de promouvoir la gestion intégrée des montagnes, les connaissances sur la dynamique du système et des ressources en eau dans les zones de montagne sont restées encore insuffisantes.

En étudiant le système de gestion des ressources en eau dans un territoire montagneux et en prenant en compte ses dimensions dynamiques, ce message vise à apporter une contribution modeste au développement des connaissances dans ce domaine. Cette réflexion dans le cadre théorique et l'état des connaissances nécessite une présentation du système.

## **CHAPITRE 3 : LE TERRITOIRE DE MONTAGNE ET LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU**

### **1. LA GESTION DU SYSTÈME DES RESSOURCES EN EAU**

Comme indiqué ci-dessus, la gestion des ressources en eau est un système complexe, fragmenté et interdépendant, dans lequel ressources en eau, planification spatiale, utilisations différentes et différents acteurs interagissent. Pour ces facteurs internes (sous-systèmes), il est nécessaire d'ajouter des facteurs dits externes qui interfèrent avec les performances et l'évolution du système de GIRE.

Plusieurs paramètres externes interfèrent et a un effet avec le travail de notre objectif de travail.

#### **1.1 Les paramètres environnemental du système**

##### **1.1.1 Les paramètres naturels du sous-système aquatique**

L'un des paramètres à jouer sur les ressources en eau est le climat qui sont dépendent des paramètres topographiques du bassin versant. L'élévation et le relief déterminent le débit du réservoir en interceptant les précipitations.

Ces particularités confirment le caractère changeant des précipitations d'une masse à l'autre, dues à une topographie différente. De plus, cette répartition inégale est mise en évidence par la hausse et par la formation des ressources de la zone supérieure. Le changement climatique ne fait qu'amplifier la variabilité des ressources déjà évoquées, notamment en ce qui concerne l'importance des stocks de rétention de neige.

Les conditions d'écoulement et de stockage dépendent également de la nature du substrat (roches fissurées, poreuses, imperméables, etc.), en particulier sur la pente. Plus cela est évident, plus le ruissellement est important, que les roches soient appliquées ou non.

Dans ce contexte, les capacités de rétention importent peu. Seuls les badlands karstiques ont une fonction de réservoir plus importante et fournissent des sources de flux relativement stables. Le sol affecte également les capacités d'épuration étroitement liées à la qualité de l'eau, ainsi que la rétention de l'eau de météorite.

##### **1.1.2 Paramètres anthropogéniques**

Pour ces normes naturelles, il est nécessaire d'ajouter des facteurs anthropologiques et des moyens d'action des acteurs. Nous nous référons ici au contexte socio-économique, culturel, institutionnel, politique, organisationnel, scientifique et technique.

Le système culturel intégrait la transition d'un mode de vie rural à un mode de vie urbain (Meyzenq et al. 1980). Un système de valeurs plus moderne est apparu, qui appelle une autre relation avec les ressources naturelles, un autre mode de vie, la consommation et la production.

C'est un système de valeurs basé sur l'environnement naturel et sur la durabilité de diverses ressources naturelles et de certaines pratiques de montagne traditionnelles. Ce nouveau système constitue désormais la base de la régulation de l'eau.

Le système organisationnel, politique, administratif et institutionnel fait référence à des textes juridiques qui partagent les responsabilités entre différentes organisations administratives et décrit le rôle et les objectifs de chaque organisation et les limites de son autorité. L'étude des textes juridiques contribue à la définition de la structure formelle du réseau d'acteurs du système de gestion de l'eau, ainsi que de leurs moyens et outils juridiques pour la mise en œuvre des politiques.

Bien que la structure politique administrative soit encadrée par des dispositions légales, les prescriptions émises à différents niveaux de décision laissent une marge de manœuvre au niveau suivant. L'Algérie connaît des disparités importantes dans les systèmes politiques décentralisés, donnant aux communautés plus de compétences.

La contribution culturelle fait référence à des valeurs et à des représentations qui jouent souvent un rôle plus important que les caractéristiques objectives de la situation dans les comportements adoptés par des individus ou des groupes (De Vanssay, 2003).

Ainsi, les dimensions sociales et économiques du système sont étroitement liées. Le développement économique et la croissance démographique sont les principaux facteurs expliquant l'utilisation des terres, l'utilisation de l'eau, la saisonnalité, l'évolution et le niveau de pression sur les ressources qui importent.

L'ordre socio-économique fait référence à la dimension économique et sociale du territoire. Le système économique est compatible avec le niveau et les conditions de développement.

Les facteurs techniques ont joué un rôle important dans la capacité des acteurs à gérer diverses conditions d'eau (ouragans, inondations, sécheresse, etc.). Fortement lié au système social et économique, il identifie à la fois les besoins et les possibilités d'amélioration.

Les obstacles liés aux événements topographiques et climatiques exigent la mise en place de réseaux, de bassins versants et de réservoirs. Ces évolutions posent la question de la prévisibilité des effets des nouveaux équipements. Cela a également conduit à un changement de pratiques et de comportements sociaux.

Après avoir été protégés des besoins, les utilisateurs sont devenus moins responsables de ces problèmes en ouvrant simplement le robinet pour répondre à leurs besoins (Puech, 1996). Le système technique interagit directement avec le système culturel et organisationnel et notre perception des ressources en eau.

Enfin, le dernier paramètre, important pour travailler sur l'eau, concerne les connaissances, le type scientifique, l'expérience ou les connaissances populaires et traditionnelles. Les connaissances soulèvent de nombreuses questions fondamentales dans le système de gestion, compte tenu des incertitudes dans sa complexité systémique. La première difficulté consiste à obtenir des données et à intégrer des connaissances multidisciplinaires issues de différentes disciplines (climatologie, hydrologie, hydrographie etc.).

Les informations scientifiques font souvent défaut à ce que nous imaginons, puisque nous travaillons sur un bassin versant montagneux: manque de données, de mesures, des lacunes de séries sur plusieurs décennies de données ...

Les gestionnaires utilisent souvent l'expérience et doivent remettre en question l'identification des personnes expérimentées et leur utilisation quotidienne des expériences.



L'application des connaissances dans le système de gestion est une deuxième difficulté. Cela dépend de son applicabilité, de son mode de déploiement, de la formation des acteurs, et les perceptions sont souvent fermes et rigides.

Les représentations évoluent en fonction de plusieurs facteurs: connaissances, médias grand public, culture, histoire, expérience, intérêt, but, relation etc.(Aspe et al. 1999). Ainsi, le savoir scientifique a presque une légitimité sociale pour agir sur la représentation.

Cela dépend aussi de la reconnaissance du rôle de la science dans le système des acteurs. Sur un terrain montagneux, qui est devenu un laboratoire vivant en raison de la fragilité des écosystèmes, les scientifiques sont passés de simples observateurs à un acteur experts (Durand, 1997).

## 1.2 Les paramètres temporelle

Les relations entre les quatre sous-systèmes évoluent avec le temps. La dynamique du système est dégradée par une approche système en trois étapes. La première mesure est le temps du processus.

La nouvelle occupation des territoires accroît le facteur de risques dû à la transformation des sols (érosion induite par la déforestation, occupations des zones inondables...) et multiplie les travaux d'endiguement.

A titre d'exemple sur notre zone d'étude de Benichougrane concernant le bassin versant de Fergoug, le 10 mars 1872, une crue exceptionnelle estimée à  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  provoqua la rupture du déversoir en créant une brèche de 55 m de longueur sur 12 m de hauteur. Le débit d'eau sortant de la brèche fut évalué à  $5600 \text{ m}^3/\text{s}$  et plus de  $200\,000 \text{ m}^3$  de déblais furent entraînés (Piesse, 1902).

Le 15 décembre 1881, le barrage cédait à nouveau. Une crue de  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  emporta 125 m du barrage sur la rive droite. Deux cent cinquante personnes furent noyées, ponts, et maisons emportés par les flots déchainés (Piesse, 1902).

Le 25 novembre 1927 une rupture sur la digue a été faite suite à une crue avec a submergé les hectares et des hectares de terrain du périmètre de Habra, emporta des maisons et dégrade la route de Mohammedia- Oran (Laboulbene, 1927).

L'industrialisation et les nouvelles conditions technologiques bouleversent le système traditionnel en défavorisant les territoires de montagne au profit des vallées. Le développement des houilles ne profite qu'aux vallées et contribue par le jeu de la concurrence à détruire l'ancienne métallurgie et l'artisanat montagnard.

Les communes des monts de Bénichougrane sont les plus touchées, elles perdent la moitié de leur population. Seule la commune de Sig qui tire profit de l'industrialisation avec le développement de la cimenterie est épargnée de l'exode rural et connaît une hausse constante de sa population.

Cette nouvelle économie entraîne une réelle rupture du système traditionnel, avec l'abandon des aménagements hydrauliques (moulins, canaux d'irrigation à ciel ouvert...) et une modification des pratiques et usages économiques de la société agro-pastorale (spécialisation de l'agriculture dans l'élevage pour accroître les ventes des produits fermiers au détriment des

cultures oléicole, abandon des travaux collectifs d'endiguement et de curage de lits d'oued...).

Elle soulève également de nouvelles questions de partage des droits d'eau et de salubrité des ressources pour les usages domestiques.

L'accueil d'une population touristique dix fois plus nombreuse que la population permanente (exemple de la station de Bouhanifia) oblige à une extension des réseaux et un surdimensionnement des équipements capables de répondre aux périodes de consommation de pointe.

L'impact du tourisme sur la qualité des ressources en eau devient de plus en plus fort, tant d'un point de vue quantitatif (nouveaux modes et usages de consommation) que qualitatif (gestion des eaux usées issues des stations). La régression de la qualité et des quantités disponibles par usager fait émerger les premiers conflits d'usages, notamment entre les anciennes et les nouvelles formes d'usages.

La rupture du système est provoquée par une montée en puissance d'une logique dite environnementale et d'associations de protection de la nature, paradoxalement essentiellement urbaines, en réaction aux abus du développement considéré comme dévastateur. Cette prise de conscience extérieure de la protection devient un enjeu sur le plan politique et bouleverse le système institutionnel.

Ce sont les prémices d'un nouveau système à la recherche d'un équilibre entre les dynamiques relevant de l'économie et celles relevant de l'écologie, communément appelé par la suite développement durable.

Enfin, la période actuelle dite de « réintégration des ressources » se caractérise notamment par des nouvelles réglementations visant à protéger les ressources en eau qui contribuent fortement à l'évolution des perceptions et du système de « gestion de l'eau ». Le système réglementaire prend en compte progressivement la notion de milieu aquatique.

L'objectif de protection des milieux aquatiques apparaît pour la première fois dans la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, qui considère dans la globalité les différents usages de l'eau et affirme l'existence du milieu naturel dans le droit de l'eau pour satisfaire et concilier les différents usages.

Il faut attendre les années 2001 pour que la notion du milieu apparaisse dans la gestion de l'eau avec la loi du n° 01-11 du 03 juillet 2001 relative à la pêche et à l'aquaculture qui précise dans son article 1 que « de fixer les règles générales relatives à la pêche et à l'aquaculture » les règles générales définit la gestion et le développement de la pêche et de l'aquaculture, en conformité avec les engagements internationaux de l'Etat en matière d'exploitation, de conservation et de préservation des ressources biologiques des eaux sous juridiction nationale.

Les années 2003-2004 ont confirmé que la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

L'eau existe en tant que milieu et la notion d'écosystème figure dans la définition de la notion de gestion équilibrée. Cette loi généralise le statut de patrimoine commun de l'eau en le considérant comme un bien c'est-à-dire un bien ne pouvant être approprié par personne mais

dont seul l'usage pouvant être réparti entre les riverains et autres ayant-droits donc la Propriété publique est un bien de la collectivité nationale (Article 17 constitution du 28/10/1996).

L'Accord d'Association conclu le 22 avril 2002 entre l'Algérie et l'Union Européenne stipule en son Titre V, article 52 « Les parties favorisent la coopération dans le domaine de la lutte contre la dégradation de l'environnement, de la maîtrise de la pollution et de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles en vue d'assurer un développement durable et de garantir la qualité de l'environnement et la protection de la santé des personnes ».

Dans ce contexte réglementaire, l'environnement naturel et le risque sont de plus en plus réintégrés dans les politiques d'aménagement. Les études d'impacts deviennent obligatoires, et des efforts en matière de connaissances des ressources en eau sont faits en amont des projets d'aménagement.

Le milieu aquatique est de plus en plus au cœur des préoccupations sociales et environnementales. Cette période est également un tournant pour l'assainissement de l'eau, constituant généralement la première source de pollution sur un territoire de montagne. Le contexte réglementaire et la décentralisation, incitent les communes à investir dans leur assainissement.

Des efforts sont également réalisés pour améliorer les rendements médiocres des réseaux résultant de l'absence d'entretien de la précédente période. Cette prise en compte progressive du milieu aquatique accompagnée de la décentralisation implique une réorganisation institutionnelle de grande importance.

La décentralisation et la gouvernance réintègrent l'échelon local dans la décision et remet en cause la centralisation historique. L'Etat revient à son rôle régalien en conservant le contrôle de la qualité de l'eau avec l'appui de ses services décentralisés chargés de la police des eaux sur le terrain et laisse les Agences de l'eau assurer la mise en cohérence des plans de bassins locaux. Les autres paramètres de l'environnement évoluent plus ou moins lentement.

Les techniques tentent d'optimiser davantage de la gestion, d'appliquer à moindre coût les réglementations incontournables et répondre aux exigences des consommateurs. Les évolutions technologiques visent à répondre aux nouveaux besoins, tant d'un point de vue quantitatif (avec les retenues d'altitude pour stocker la ressource par exemple) que qualitatif (techniques alternatives).

Quant au système culturel, il évolue incotés stablement plus lentement que les autres systèmes à cause des héritages et d'un manque de sensibilisation.

La question qui se pose est la capacité de réorganisation du système, compte tenu d'un nouvel élément de plus en plus prégnant dans l'évolution environnementale et la gestion des ressources en eau: le changement climatique. Avec des ressources en eau jugées abondantes, le système de gestion de l'eau dans Nord n'a pas encore atteint un état de crise dans le sens où les conflits d'usages actuels sont latents ou occasionnels.

L'évolution des besoins en eau, une urbanisation croissante et les prévisions sur les effets du changement climatique posent concrètement les limites du système et remettent en cause son organisation.

### 1.3 Le paramètre spatiale

Le paramètre spatial du système est étroitement lié à sa dimension temporelle. Il s'exprime à travers les caractéristiques topographiques de l'environnement (sol, pente, altitude, exposition, etc.) et la logique hydrologique amont-aval. Il restreint ou au contraire favorise l'exploitation des ressources en eau et le développement des usages.

La montagne a permis autant qu'espace de ressources de développer des utilisations spécifiques. Le paramètre spatial est donc essentiel au système des utilisations. Dans le sous-système développement, il se traduit de deux manières: la propriété de l'espace, qui joue un rôle important dans la gestion, et d'autre part, un exercice multi-usage du même espace qui conduit à de profondes contradictions dans la logique du même usage d'un même périmètre (Durand, 1997).

Le paramètre spatial du système révèle des mesures qui se chevauchent, qui sont difficiles à concilier en raison d'intérêts différents. Cela souligne également l'importance d'une gestion spatiale efficace de l'eau qui sert le mieux le territoire en préservant les ressources en eau et les environnements aquatiques. La prise en compte des différentes mesures de temps et de lieu a révélé des paramètres dits de premier ordre permettant de comprendre les performances et l'évolution du système.

Enfin, les acteurs du sous-système sont des systèmes de gestion en interaction, issus de la logique d'échelles différentes: bassins versants, bassins de vie et terres administratives etc. Ce chevauchement d'échelles peut entraîner des conflits d'utilisation de l'espace. La région elle-même repose sur la logique politique qui anime des systèmes qui fonctionnent à des niveaux de logique différents et parfois contradictoires (Durand, 1997).

### 2.1 Eau

Le sous-système eau nécessite l'évaluation de toutes les ressources en eau des bassins versants, qui bénéficient d'un bilan hydrique. Les variables sont les précipitations. Les variables de sortie sont les flux de sortie des bassins de surface et des aquifères.

La différenciation quantitative, qualitative et temporelle est associée à de nombreuses fonctions de régulation, à l'évaporation de l'évaporation, à la rétention et à la fonte de la neige et au stockage souterrain. Ceux-ci incorporent des propriétés climatiques, une couverture biologique-pédologique, une élévation, des caractéristiques et des caractéristiques de motifs géométriques.

### 2.2 Aménagement

Le sous-système aménagement définit à la fois les utilisations et la capacité opérationnelle des ressources disponibles. Les paramètres qui définissent les capacités opérationnelles sont liés aux infrastructures et aux réseaux: capacité de stockage pour des réservoirs de stockage élevés, flux de ressources collectées, taux de rendement des réseaux AEP, les stations d'épuration des eaux usées, etc.

Les paramètres ayant une incidence sur l'utilisation de l'eau sont les suivants: l'occupation du sol, développement social et économique du territoire, développement démographique saisonnier et permanent et capacité touristique de la région. Ces paramètres déterminent la concentration des utilisations spatiales et temporelles, leur importance économique et leur développement.

Le bien foncier, qui est également un paramètre du sous-système aménagement, est utilisé dans la gestion des utilisations.

Enfin, le sous-système aménagement a un impact direct sur le sous-système eau car le taux de fuite d'eau doit être calculé au niveau du bassin versant pour évaluer son impact sur l'hydrologie. Cette recherche se limite à des liens qualitatifs pour étudier la performance du système dans son ensemble. L'objectif n'est pas de développer ici un modèle hydraulique permettant d'évaluer les débits de crue en fonction de la planification spatiale.

## 2.3 Usages

L'usage est classé par secteur d'activité. Les secteurs ont été identifiés dans les rapports techniques du secteur de l'eau sont : urbanisation, infrastructures, pâturage agricole, Industrie, Pêche rural, et récréatives liées à l'eau, Activités touristiques et récréatives liées au milieu aquatique, Usages non marchands et Fonctionnalités des milieux en bon état.

Toute utilisation d'une ou plusieurs actions de la ressource: actions prélèvements ou de détournements en eau, actions d'extraction du matériau, rejet direct ou diffus, mesures de progressivité destinées à protéger les utilisations ou Installations de stockage d'eau.

D'autres mesures peuvent avoir un impact indirect par le biais de la modification de l'occupation ou de l'utilisation des sols des bassins versants: modification des pratiques culturelles, imperméabilisation des sols etc.

Le but de l'analyse des sous-systèmes usages est de déterminer les utilisations concurrentielles et le niveau de satisfaction des besoins et la pression exercée sur les ressources en eau.

Les ressources en eau sont considérées comme un soutien aux utilisations économiques et comme un moyen vital pour la biodiversité.

Plusieurs interactions émergent:

- entre utilisations concurrentes pour leur prélèvement par priorité des usages, telles que l'AEP;
- entre usages de pollution dans le sens de sa situation à l'amont des usages préleveurs, comme le pâturage dans les périmètres de protection des sources d'eau potable. En revanche, la réglementation peut restreindre la pratique du pollueur ;
- entre des activités de loisirs concentrées sur un pied d'égalité et parfois en concurrence, telles que la pêche en milieu rural;
- Installations de stockage, d'infusion, de productivité et de libération d'eau.

L'étude des relations d'utilisation entre les usages donne un aperçu des problèmes de gestion de l'eau de montagne.

## 2.4 Acteurs

### 2.4.1 Les acteurs liés à l'eau

Les acteurs du système de gestion sont nombreux. L'identification des acteurs s'inspire du cadre de l'analyse de proximité, utilisé à l'origine par les économistes de l'économie industrielle pour proposer une analyse des processus de coordination en intégrant la dimension spatiale (Torre et al. 2006).

Sur cette base, les acteurs impliqués dans le fonctionnement du système de "gestion de l'eau" peuvent être répertoriés en fonction de leur efficacité ou de leur rôle:

- ✓ **Les acteurs régulateurs** : sont les seuls acteurs à vocation institutionnelle à encadrer la gestion de l'eau : l'Etat, ses services déconcentrés et ses établissements publics (Conseil National Consultatif des Ressources en Eau), chargé d'examiner les options stratégiques, les instruments de mise en œuvre du plan national de l'eau ainsi que sur toutes questions relatives à l'eau pour lesquelles son avis est demandé, et les collectivités territoriales (Département, Région),
- ✓ **Les acteurs réalisateurs** : Avec pouvoir exécutif pour les décisions ayant la compétence d'études ou de gestion de projet,

**Les acteurs sociétaux** : Parmi celles-ci figurent par les regroupements des associations, les usagers, les représentants sociaux professionnels, ainsi que des chercheurs qui jouent également un rôle dans ce domaine par leur rôle dans le domaine de l'expertise.

**Les acteurs décideurs opérateurs** : sont les acteurs appelés à prendre plusieurs types de décisions relatives à la gestion des ressources en eau. Ils ont été nommés en tant que gestionnaires de projet, qu'ils soient généraux (autorités locales) ou privés (opérateurs),

#### 2.4.2 Indicateurs de processus de gestion intégrée

Les indicateurs du sous-système des acteurs visent à évaluer le niveau d'intégration du système de gestion à chaque étape du processus. La proposition et la hiérarchisation des indicateurs reposaient largement sur la recherche en GIRE et son application.

Parmi les indicateurs de processus de gestion sont correspondant au domaine de connaissance figurent ceux liés au niveau de connaissance des ressources et de leur évaluation.

##### a/ L'indicateur de l'état de connaissance

La connaissance des ressources mobilisées pour satisfaire l'utilisation est la condition préalable à tout système de gestion. Le nombre de projets d'outils d'aide à la décision reflète l'importance de la collecte de connaissances.

La gestion intégrée est une exigence particulière lorsqu'il s'agit de concilier les utilisations et de préserver les environnements aquatiques. Elle est exceptionnelle équilibrée et gestion du patrimoine des ressources en eau. Ce qui conduit à la conservation des ressources en tant que support des utilisations et devient un moyen de maintenir l'employabilité et l'évaluation économique à long terme.

Dans les textes réglementaires, la gestion équilibrée des ressources en eau signifie respecter les équilibres naturels afin de garantir que les exigences en matière de santé, de l'hygiène publique, de production d'énergie, de transports, de tourisme, de loisirs, de sports nautiques et de toutes autres activités humaines soient légalement exercées (Loi n ° 05-12 du 28 Jumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 sur l'eau).

Dans ce contexte, la gestion du patrimoine est la préservation des ressources, ce qui en soi vise la valeur patrimoniale. Ainsi, de nombreux textes juridiques soulignent cette dimension du patrimoine en qualifiant cette ressource de patrimoine commun ou même de "bien public est bon pour la société nationale (Code de l'environnement, loi de Article 17 constitution de 28/10/1996 sur l'eau).

L'équilibrage de la gestion vise à comprendre et à faire respecter les équilibres naturels dans le cadre de leurs travaux visant à promouvoir les utilisations économiques. Dans le cas de la gestion du patrimoine, au bénéfice de la société en favorisant la fonction naturelle, si nécessaire au détriment de toutes les autres fonctions, en particulier vis-à-vis des environnements.

Ce type de gestion nécessite une connaissance spécialisée des ressources en eau et de leurs interactions avec l'utilisation et l'aménagement du territoire. Adopter le Plan stratégique national 2015-2019 qui prévoit de soutenir les efforts des ressources en eau de l'État pour couvrir les besoins en eau locaux et industriels et pour participer au développement du secteur agricole.

Outre le suivi continu du projet, une attention particulière sera accordée à l'économie des ressources, à la performance du réseau et à l'augmentation des capacités de production, de stockage et de distribution dans les eaux traditionnelles et non traditionnelles.

Le schéma national d'aménagement du territoire (SNAT 2025), constitue également un instrument stratégique d'aménagement du territoire qui traduit et met en forme pour l'ensemble du territoire, les orientations stratégiques de la politique d'aménagement et de développement durable du territoire. La mise en œuvre du SNAT 2025 s'appuie sur 4 lignes directrices qui s'articulent autour de :

- *« la durabilité des ressources ;*
- *la création des dynamiques du rééquilibrage du territoire ;*
- *le renforcement de l'attractivité et la compétitivité des territoires ;*
- *l'équité sociale ».*

Dans cette logique, le plan national d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAEDD) 2002-2011 prolongé pour la période 2016-2020, se donne comme objectif, la mise en place d'un cadre stratégique nouveau de la politique environnementale du pays à travers notamment les objectifs suivants :

- L'amélioration de la santé et de la qualité de vie du citoyen par l'amélioration de l'accès du citoyen aux services d'alimentation en eau potable en mettant l'accent sur la gestion intégrée de la ressource, l'intégration de technologie qui augmente l'efficacité de son utilisation ;
- La conservation du capital naturel et l'amélioration de sa productivité par l'adoption de technologie de production adaptée, la gestion de manière rationnelle les eaux d'irrigation, le développement des directives opérationnelles pour la réutilisation des eaux épurées dans le domaine agricole ;
- La réduction des pertes économiques et l'amélioration de la compétitivité par la rationalisation de l'utilisation des ressources en eau.

Le Ministère des ressources en eau et de l'environnement a initié également deux mécanismes importants ; le premier, concerne l'adoption du plan national de l'eau (PNE) qui définit les objectifs et les priorités nationales en matière de mobilisation, de gestion intégrée, de transfert et d'affectation des ressources en eau, avec aussi du programmes d'activités en matière de protection quantitative et qualitative des ressources en eau, alors que le deuxième, porte sur le plan directeur d'aménagement des ressources en eau (PDARE).

Le PDARE pour chacun cinq (5) bassins hydrographiques porte sur les capacités hydriques disponibles, ainsi que sur les besoins en eau potable et celles destinées à l'industrie et à l'agriculture à l'horizon 2030 (Gouvernance et GIRE en Algérie, 2016).

Pour intervenir dans tout système, chaque acteur doit savoir, en fonction de ses compétences. Il est donc nécessaire de développer le premier indice de connaissance et de l'appliquer à tous les acteurs impliqués dans le système. L'évaluation de ce premier indicateur prend en compte les dimensions spatiale, temporelle, multidisciplinaire et globale de la connaissance représentative.

### **b/ L'indicateur d'évaluation**

La GIRE nécessite une gestion basée sur l'offre, c'est-à-dire une adaptation des utilisations à la disponibilité des ressources et aux besoins du milieu aquatique. Ils ont besoin de connaissances mais également d'indicateurs pour évaluer et améliorer leur gestion.

Pour certaines utilisations telles que l'eau potable, la réglementation impose aux agriculteurs d'inclure des indicateurs de performance de la gestion intégrée, c'est-à-dire la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (décret du 22 mars 2011).

Les services de l'État surveillent également rigoureusement les ressources en eau dans le contexte de la santé ou de l'environnement. Cette observation ne devient pas générale pour toutes les utilisations.

#### **2.4.2.2 Mesure de gestion**

La dimension territoriale de la gestion intégrée des ressources en eau met en évidence deux territoriales: territoriale du travail et le territoire de réflexion et de solidarité. Ces territoriales peuvent ne pas être identiques.

Le territoire d'action dépend des compétences de l'acteur. Les limites administratives de certains territoires d'actions provoquent leur incohérence. Quant aux territoires de réflexion correspondant à l'échelle de solidarité, ils dépendent des outils d'aide à la décision du manager et de leur impact sur les systèmes d'échange d'informations et de la participation des acteurs du bassin versant concernés par leurs décisions relatif aux ressources en eau. En général, les liens du logique amont aval ne sont pas suffisamment pris en compte dans le cadre de la réflexion et de l'action des acteurs.

#### **2.4.2.3 Assimilation des usages**

La mise en place de la GIRE doit permettre de relever les principaux défis liés à l'eau, de répondre aux nouvelles demandes en eau, de gérer les conflits et les risques potentiels (UNESCO, 2006). Les besoins en eau dans le système représentent les données d'entrée. Ils



varient en fonction de la densité de population, mode de vie et de l'ordre socio-économique (Durand-Dastès, 2005).

Les données sur les besoins identifiés dans l'approche systémique ne sont pas remises en question, les paramètres les affectant, en particulier la démographie et le système socio-économique qui détermine les possibilités des aménagements et les capacités d'action des acteurs.

#### **2.4.2.4 Assimilation des acteurs**

Les différents acteurs, soient scientifiques, gestionnaires, décideurs, législateurs ou utilisateurs, ont besoin d'outils pour travailler ensemble et obtenir une véritable consultation. Le développement de programmes de recherche multidisciplinaires et la mise en place de réseaux internationaux et locaux sont des moyens de réunir des acteurs et de partager les outils de coordination nécessaires.

Le but dans ce travail est d'évaluer l'intégration des acteurs dans la pratique quotidienne. Cette intégration repose principalement sur le concept de ressources en eau. Surtout en cas de relation purement économique de l'acteur dans la gestion de son utilisation et réduit l'utilisation des ressources en eau, il sera plus réticent à développer des partenariats que l'acteur qui absorbe des ressources pour un bien commun qui doit être géré globalement en consultation.

Le nombre de partenariats et d'accords est une mesure de l'intégration existante. C'est le résultat de la perception du bien public et d'une organisation pertinente dans la région. Pour certains acteurs, ces paramètres n'étaient pas remplis. Rappelons les forêts qui sont de plus en plus orientées vers la valorisation des emplois non marchands et où le problème de l'eau est en place, mais l'organisation actuelle limite les échanges entre les acteurs de l'eau et de la forêt.

#### **2.4.2.5 Communication et l'accord**

La condition de base pour une gestion participative est l'échange d'informations. Tous les guides de la GIRE se concentrent sur les mécanismes d'échange, la gestion de l'information et le dialogue (Global Water Partnership, 2004). En fait, l'un des premiers obstacles à l'application de la GIRE est la répartition des connaissances.

La diffusion de l'information entre différents acteurs n'est pas uniformément partagée et n'est pas comprise dans les mêmes conditions. En conséquence, toute Partie devrait s'efforcer de réduire l'asymétrie de l'information grâce à la participation, devrait intervenir à chaque étape du processus de décision, une responsabilisation de chaque usager, une harmonisation des moyens et une application de ce concept avec l'accès à l'information. Ce travail contribue à cet échange d'informations en identifiant le rôle et les données de chaque partie et en les rassemblant sous la forme d'une base de connaissances commune basée sur l'approche systématique.

#### **2.4.2.6 Les moyens économiques et financiers**

Les procédures de gestion intégrée nécessitent un financement approprié et fiable sur le long terme. Le financement reste très sectoriel pour des utilisations économiques et à court terme, Inapproprié à la mise en œuvre de procédures de gestion intégrée.

Ce principe de solidarité n'est pas juste dans la pratique. Quant au principe l'eau paye l'eau pour les communautés, il n'est toujours pas applicable aux communautés rurales à faible densité de population.

Cet indicateur est complété par la valeur économique de l'utilisateur, qui reflète l'importance et la durabilité de l'usage dans le système économique. L'agriculture est l'usage d'une nouvelle régression dans la région.

#### **2.4.2.7 Les moyens règlementaires et institutionnels**

Le premier indicateur concerne la réglementation et son champ d'application, en prenant en compte les utilisations, la complexité, le contrôle et le respect des utilisations. Le deuxième indicateur concerne les systèmes propriétaires et les droits d'utilisation. La cohérence entre les droits de propriété et les droits d'utilisation est vérifiée en termes de propriété des ressources. Sans oublier l'indicateur de planification de La GIRE qui complète cette approche qui nécessite une planification stratégique avec des objectifs à long terme.

Dans certains cas, les droits de propriété peuvent être sévèrement limités, comme c'est souvent le cas pour les zones protégées.

Même dans le domaine de la régulation de la politique, il existe des lacunes en Algérie au niveau des recherches prospectives sur les besoins en eau qui ont été soulevées à la conférence « Eau et Climat 2015 », en comparaison avec les Etats-Unis qui disposent de cartes de demandes futures en eau à l'échelle 20, 50 et 100 ans (De Marsily, 2004).

#### **2.4.2.8 Moyens technologiques**

Une technologie appropriée est importante pour intégrer la composante eau et les autres utilisations affectées dans sa gestion. La technologie n'est pas un obstacle à la GIRE dans les systèmes de gestion avancée des pays. Cependant, le progrès technologique est relatif dans les montagnes où certaines techniques sont inappropriées ou trop coûteuses

#### **2.4.2.9 Capacités et accord de l'arrangement d'actions**

Dans cette méthode, la structure de chaque main est justifiée. Il repose sur plusieurs indicateurs : indicateur mesure la responsabilité et la légitimité de la structure, la structure locale, et l'indicateur qu'est axé sur la modification des pratiques représentatives et du niveau d'intégration.

### **Conclusion**

Plusieurs paramètres affectent les performances d'un système de gestion de l'eau, qu'il soit naturel ou créé par l'homme. Leurs relations avec les éléments du système évoluent également avec le temps. L'étude a rétrospectivement mis en évidence de nombreuses réactions qui ont conduit à la réorganisation du système. Il inclut la prise en compte du système dans sa dynamique pour comprendre son fonctionnement et examiner l'importance du concept de gestion intégrée ainsi que l'ampleur de leur complexité.

Par conséquent, le concept de gestion intégrée repose sur la reconnaissance des multiples dimensions qui se chevauchent et des dimensions spatiales et temporelles du système, la prise en compte de tous les indicateurs qui pousse à la gestion intégrée. Son application nécessite une intégration à toutes les étapes du processus de gestion, tel que la connaissance à la structure en passant par les moyens de consultation et de communication.

## **CONCLUSION DE LA PARTIE I**

Le but de cette première partie était de présenter le contexte conceptuel de la gestion intégrée des ressources en eau et la situation actuelle de la recherche d'une gestion intégrée des ressources en eau.

L'approche globale de ce système qui sous-tend nos travaux répond à sa complexité et aux questions posées par l'application de la gestion intégrée dans un territoire de montagne.

L'introduction des normes du système de gestion de l'eau et de ses quatre sous-systèmes donne au lecteur une idée brève de la nature problématique et des intérêts de la gestion intégrée pour la première fois. La spécificité et les utilisations des ressources en eau de montagne rendent plus difficile l'établissement d'une gestion intégrée et justifient le choix du domaine d'étude.

**PARTIE II :**

**LES RESSOURCES EN EAU DES  
MONTS DE BENICHOUGRANE**

## **PARTIE II : LES RESSOURCES EN EAU DES MONTS DE BENI-CHOUGRANE**

Cette partie vise à diagnostiquer les différentes caractéristiques d'un territoire de montagne nécessitant des ressources en eau (quantité et qualité). Cette section sera axée sur les données des montagnes de Benichougrane, situées dans le nord-ouest de l'Algérie, afin d'évaluer les différentes ressources dans le domaine d'application.

Ce diagnostic comprend deux chapitres: le cadre physique de la zone d'étude et son contexte environnemental. La présentation physique des monts Benichougrane (topographie, hydrologie, géologie et hydrographie) vise à mettre en évidence la disponibilité de l'eau et sa variabilité temporo-temporelle.

Le contexte environnemental des milieux aquatiques permet de relier cette disponibilité aux conditions écologiques qui sont liées tant au cadre physique ainsi qu'aux pratiques anthropiques.

### **CHAPITRE 4 : CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET HYDROLOGIQUES DES MONTS DE BENI CHOUGRANE**

Les analyses relatives aux caractérisations physique, agro-écologique, démographique et socio-économique sont élaborées de telle sorte à mettre en exergue les handicaps, les contraintes et les atouts quand ils existent de chaque zone du massif montagneux.

Cette analyse est scindée en deux grandes parties pour permettre une lecture logique du texte ou de l'espace considéré selon deux niveaux de perception afin d'étudier en détail l'état de la de la gestion intégré des ressources en eaux dans la région de Benichougrane et les contraintes et les handicaps des aménagements en cours :

- Une connaissance de l'entité géophysique appelée « massif des Benichougrane » tant sur le plan de sa situation, de sa délimitation et de ses potentialités physiques dont l'influence sur l'organisation socio spatiale reste le nœud fort de l'analyse géographique de la montagne. Cette partie relate l'organisation générale du relief, sa géologie, le réseau hydrographique qui s'y est imposé ainsi que les conditions climatiques et bioclimatiques caractérisant ce massif.
- Une identification des strates ou zones de montagnes dont la perception est liée à la reconnaissance implicite d'handicaps et de contraintes :
  - Haute montagne
  - Moyenne montagne
  - Zone de piémonts
  - Etc...

Cette partie d'étude a été traitée de façon très détaillée sur le plan de l'analyse du système de pente par catégorie altitudinale, de l'occupation des sols, des conditions de mise en valeur des terres, de l'occupation humaine et des conditions de vie etc..

## 1 CRITERES D'IDENTIFICATION ET DE CARACTERISATION

### 1.1 Critères d'identification

En référence à la loi n ° 04-03 du 23 Juin 2004 relative à la protection des zones de montagnes dans le cadre du développement durable, notamment l'article 3 qui stipule :

Sur la base des réalités géographiques d'altitude et de pente, et des critères d'homogénéité économique, environnementale et d'aménagement du territoire, les zones de montagnes sont classées en quatre catégories:

- ✓ Des zones de haute montagne;
- ✓ Des zones de moyenne montagne;
- ✓ Des zones de piémont;
- ✓ Des zones contiguës.

Alors les critères de délimitation retenus sont essentiellement d'ordre physique (altitude et pente), seuls ou combinés (figure IV.1). Les zones contiguës sont identifiées sur la base des critères physiques socio- économiques et écologiques Tableau IV.1.

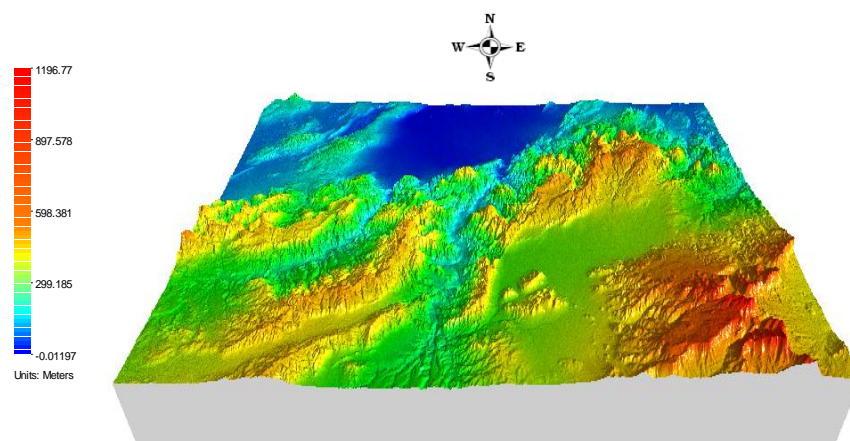


Figure IV. 1 Model Numérique de Terrain (MNT) des Monts de Bénichougrane

Tableau IV.1 Critère altitude et déclivité

Altimétrie	Dénomination	Déclivité (classe des pentes en %)			
		<3	3 -12,5	12,5-25	>25
>1200	Haute Montagne	<3	3 -12,5	12,5-25	>25
400 -1200	Moyenne Montagne				
<400	Piémonts et contiguës				

Source : (TAD, 2010)

### 1.2. Critères de caractérisation

En référence toujours à la loi n ° 04-03 du 23 Juin 2004 relative à la protection des zones de montagnes dans le cadre du développement durable, les zones de montagne sont caractérisées par leur occupation humaine tels que définies dans l'article 4 :

Outre le classement prévu par les dispositions de l'article 3, les zones de montagnes sont caractérisées par la densité des occupations humaines et sont qualifiées de:

- ✓ Zones à très forte densité;
- ✓ Zones à forte densité;
- ✓ Zones à moyenne densité;
- ✓ Zones à faible densité;
- ✓ Zones à très faible densité.

## **2 LE CADRE GÉOGRAPHIQUE ET LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE**

### **2.1 Délimitation et présentation de l'aire d'étude**

#### **2.1.1 Délimitation et situation des Benichougrane**

Les monts des Benichougrane, font partie de la chaîne tellienne oranaise, qui elle-même est partie intégrante de l'ensemble des massifs telliens de l'Algérie du Nord voir Figure I.V.2.

A l'Est, l'oued Mina les sépare des monts de l'Ouarsenis, à l'Ouest, ils sont prolongés par les monts du Tessala. Ils sont bordés au Nord par la plaine de Habra, et au Sud par la plaine de Ghriss. Ces monts présentent un relief constitué d'une série de petits massifs d'aspect collinaire. Contrairement à l'Ouarsenis, cette chaîne se caractérise, dans la plupart des cas, par la présence d'une seule ligne de reliefs d'où l'étroitesse de sa largeur du nord au sud (15 à 20km).

En plus de Oued Mina qui marque la limite Est sur le quel est construit Barrage Taht et oued Mebtouh qui marque la limite ouest sur le quel bâti Barrage Cheurfa, les monts de Benichougrane sont traversés par Oued El Hammam sur lequel sont édifié trois (03) grands barrages –réservoirs : Ouizert, Bouhanifia, et Fergoug.

C'est une chaîne de montagnes très particulière comparée à celle de l'Ouarsenis et même à celles des autres chaînes telliennes, elle ne peut être assimilée à celles-ci que sur le plan des conditions géologiques, à savoir le caractère allochtone des principaux affleurements, et ce, à l'exception des terrains miocènes post-nappes et plio-quaternaires.

Sur le plan des altitudes, elles sont généralement modérées à faibles, elles varient de 600 à 900m et culminent à 910 m dans le Djebel Kallel. La superficie totale du périmètre tracé par le BNEDER en 1981 est de 2860 km<sup>2</sup>. La superficie agricole représente 53 % de cette superficie totale, les forêts et parcours comptent pour 27% et les terres improductives (fortement dégradées) 20%.

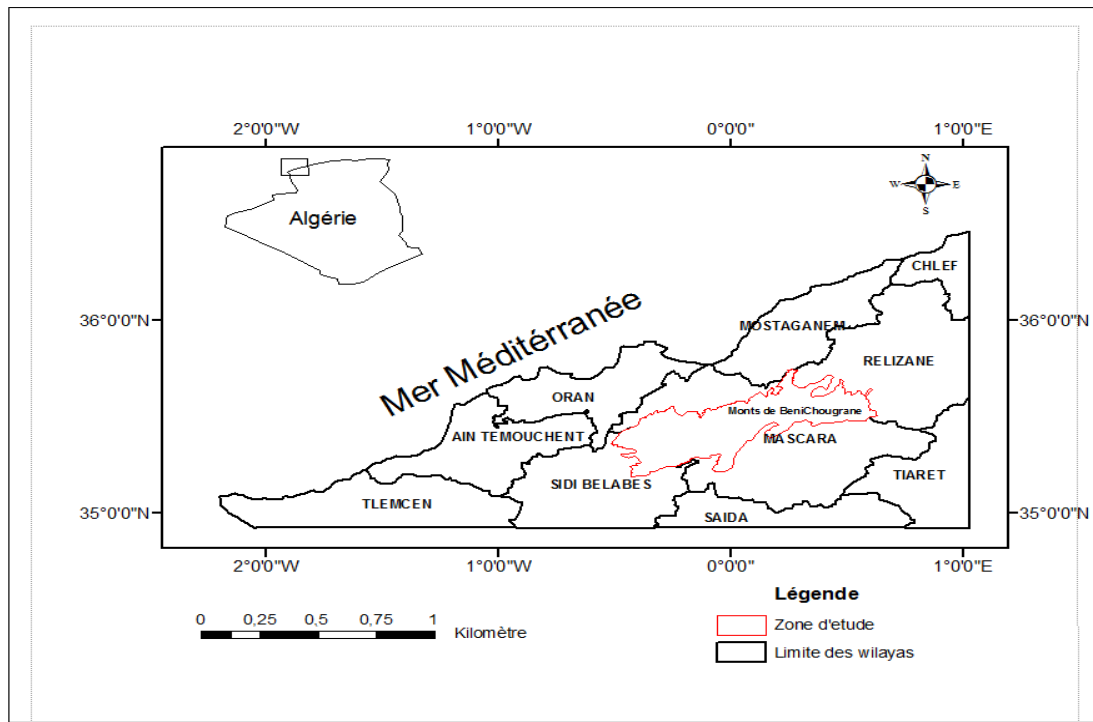


Figure .IV.2 Localisation de la zone d'étude

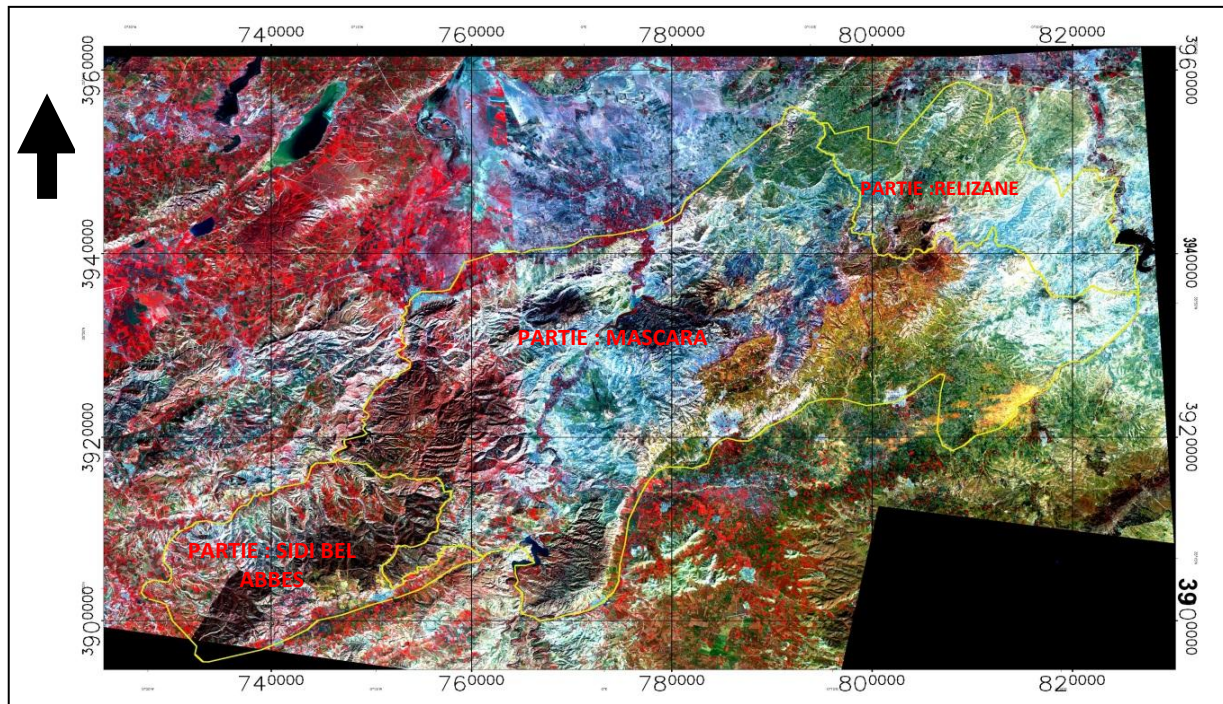
Les coordonnées géographiques des quatre points cardinaux délimitant le massif des BeniChougrane (figure IV.3 et tableau IV.2) sont comme suit :

Tableau IV.2 Coordonnées du massif des Bénichougrane

Zone	longitude géographique	latitude géographique	longitude DMS	latitude DMS	longitude UTM	latitude UTM
Ouest	-0,520°	35,360°	-0°30'50''	35°21'04''	180 126	3918 720
Est	0,627°	35,506°	0°37'40''	35°30'13''	284 711	3931 810
Nord	0,263°	35,742°	0°15'50''	35°44'31''	252 478	3958 851
Sud	-0,071°	35,213°	-0°04'24''	35°12'56''	220 436	3901 048

Source : (TAD, 2010)



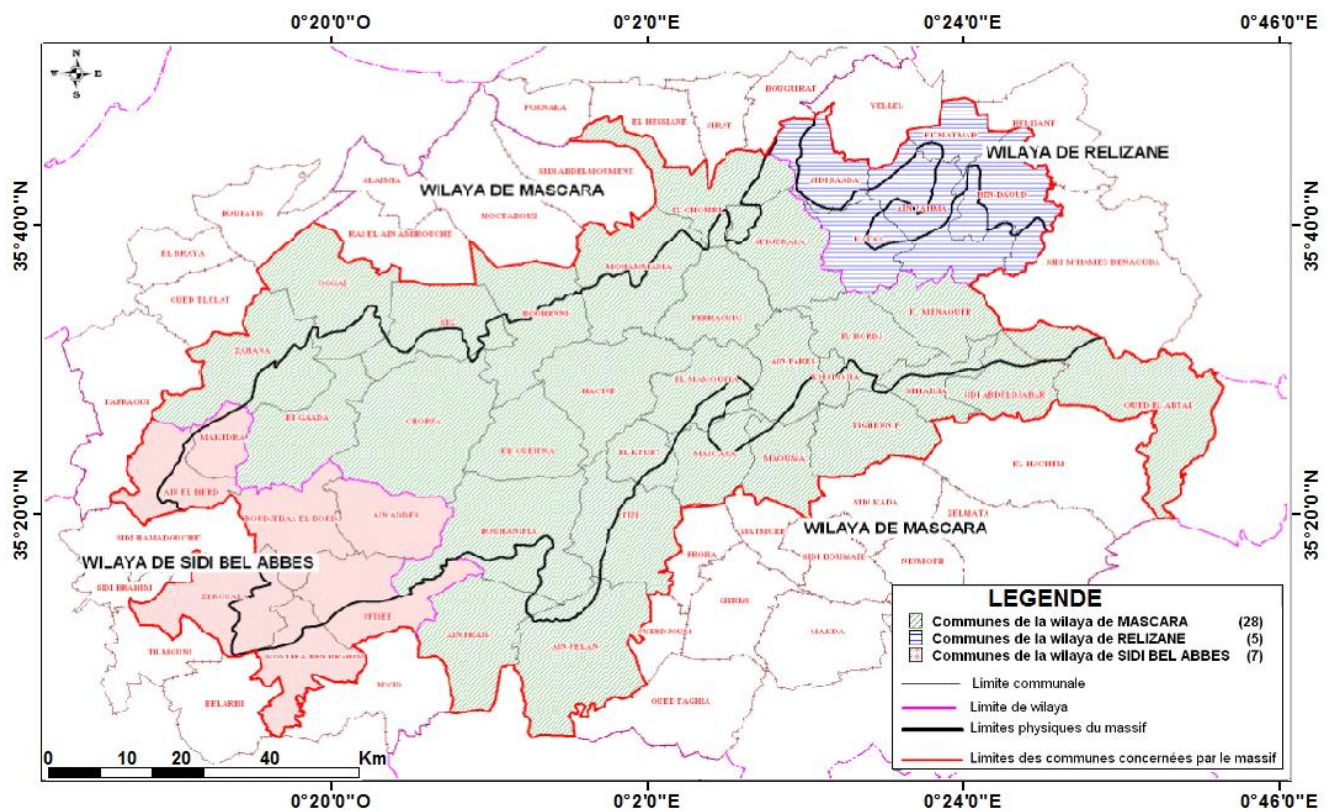


**Figure IV. 3 Carte de délimitation de la zone de Benichougrane**

(Image satellitaire à composition colorée 4, 3,1 du capteur ETM+, mars 2002)

Administrativement les Benichougrane chevauchent sur 3 wilayate (figure IV.4) :

1. Mascara sur 28 communes ;
2. Relizane sur 05 communes ;
3. Sidi Bel Abbas sur 07 communes ;

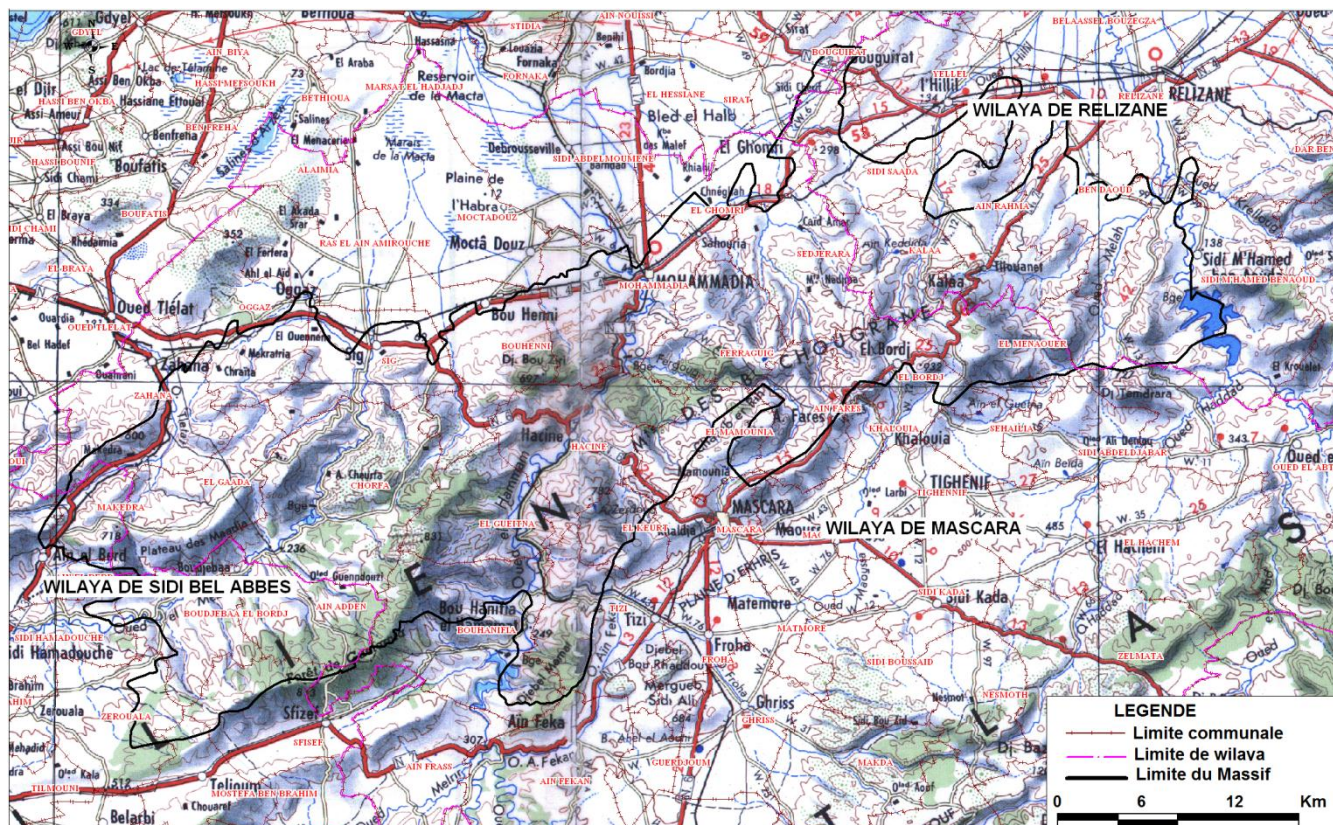


**Figure IV.4 Limite administrative de l'aire d'étude**

(Source : Conservation des forêts de la wilaya de Mascara, 2010)

Les Monts de Benichougrane se caractérisent par une topographie extrêmement confuse où se mêlent les sommets des massifs, en dômes, les hautes surfaces en plateaux et les vallées profondément encaissées (figure IV.5).

L'ensemble montagneux est profondément retouché dans le détail par l'érosion hydrique ; les massifs aux formes molles et les versants aux pentes relativement douces sont marqués par un réseau de ravins aux formes anguleuses et aux versants raides et accidentés à la base par des abrupts généralement découpés en arêtes aiguës. Ils sont découpés dans le sens Nord –Sud par trois vallées étroites celles des Oueds : Mebtouh, Hammam et Melah.

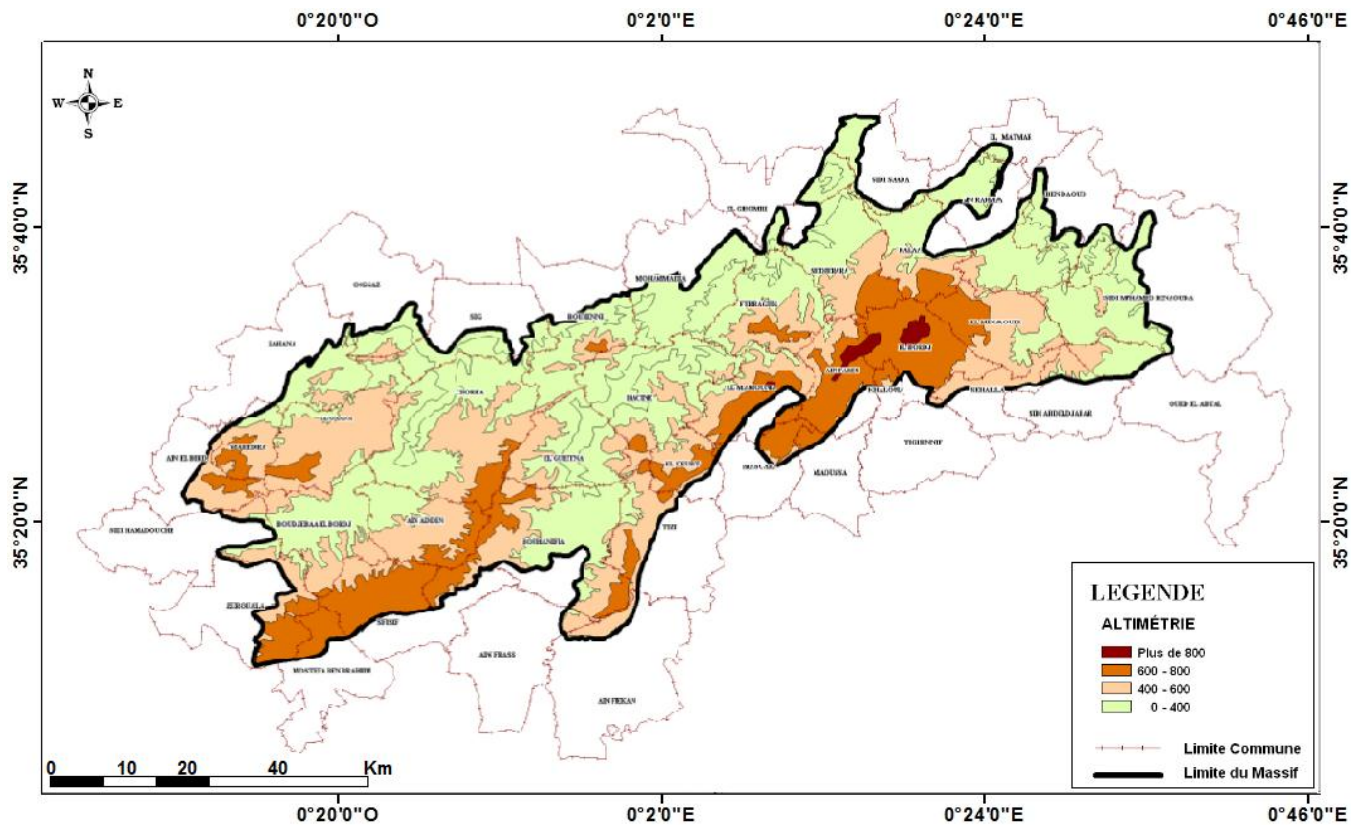


**Figure IV.5 Contexte topographique des Monts de Bénichougrane**  
(Conservation des forêts de la Wilaya de Mascara, 2010)

### 2.1.2 Reliefs

Le massif des Béni Chougrane a pu être divisé en trois grands ensembles dans le sens Est-Ouest. La direction de ce compartimentage a été dictée à la fois par la structuration, la morphologie et la dynamique du réseau hydrographique caractérisant ce massif. Cette chaîne montagneuse se présente en une seule ligne de relief assez étroite d'une largeur comprise entre 15 à 20 km et ayant une disposition spatiale en «fer à cheval» avec une direction générale Sud-Ouest/Nord-Est.

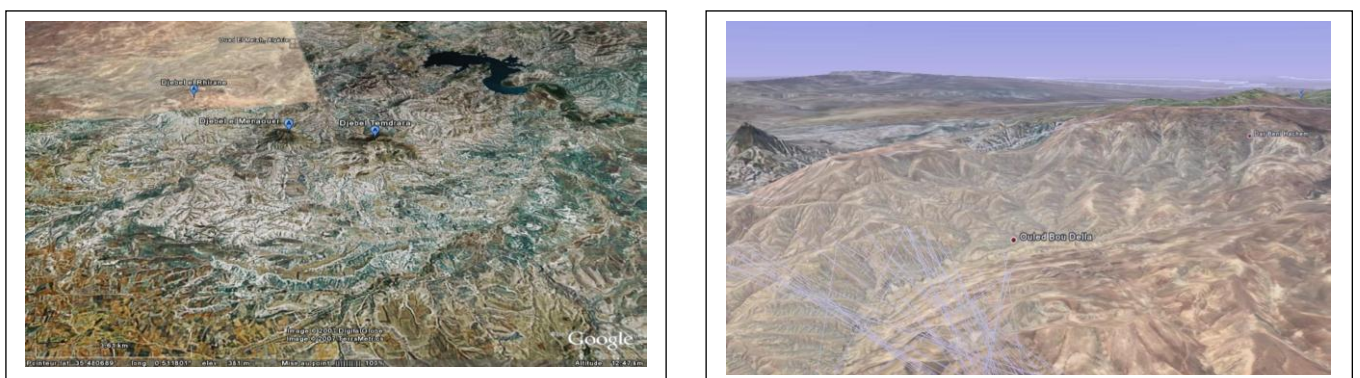
Sur le plan orographique, les altitudes sont généralement modérées à faibles, elles varient de 600 à 900m et culminent à 910 m au Djebel Kallel. Sur le plan de la dynamique et de l'état du milieu et de l'environnement en général et contrairement aux autres chaînes telliennes, cette zone est fortement dégradée où les phénomènes érosifs, particulièrement ceux du ravinement, ont atteint un niveau d'irréversibilité ou de non-retour (figure IV.6).



**Figure IV.6 L'altimétrie des Bénichougrane**  
(Conservation des forêts de la Wilaya de Mascara, 2010)

A partir de l'analyse du réseau hydrographique, trois zones peuvent être identifiées :

- **Zone Est :** Toute la zone comprise entre Tliouanet au Nord, Djebel Nadour au Sud, Djebel. Temdrara au Sud/Sud-est et l'oued Mina à l'Est, se caractérise par un paysage marneux très incisé par le ruissellement concentré (Bad Lands). Aucune couverture végétale naturelle ne subsiste ; les roches en place (marnes) affleurent en surface (figure IV.7). L'Altitude de cette zone oscille entre 400 mètres dans les fonds de vallées très étroites et 808 mètres point culminant est atteint au niveau du djebel Nadour.



**Figure IV.7 Dynamique de ruissellement sur substrat marneux engendrant un paysage de Bad lands**

- **Zone Centrale :** Cette partie centrale de la chaîne des Bénichougrane s'étend à l'Est le long d'un méridien allant de la petite agglomération d'El Kalaa à El Bordj à l'Oued

El Hammam à l'Ouest. Les altitudes de ce secteur fluctuent entre 200 mètres dans le cours de l'Oued El Hammam à 700 mètres. C'est un secteur extrêmement touché par le ruissellement concentré, les sols sur les versants subsistent à l'état de régosols (sols minéraux bruts).

Les seuls sols qui s'y trouvent dans ce secteur sont ceux localisés sur les terrasses alluviales, le long de l'étroite vallée de l'Oued El Hammam (figure IV.8).



**Figure IV.8 Cours d'eau d'Oued El Hammam, paysage de Bad Land ; les sols sont confinés dans le fond de la vallée, sur terrasses alluviales**

- **Zone Ouest :** Concerne toute la zone des massifs montagneux occupée par les forêts de « Guetarnia et de Louza », partie comprise entre la retenue de Bouhanifia et l'extrémité occidentale des Monts des Béni Chougrane.

D'un point de vue topo-morphologique, cette zone se caractérise par des pentes faibles à modérées comprises entre 7 et 10%. Cette classe de pente n'est que très exceptionnellement dépassée suite à des déformations superficielles (masse d'ensemble à grands rayons de courbures).

Les altitudes fluctuent entre 300 et 813 mètres, en revanche la ligne de partage des eaux entre le versant Nord et Sud de cette entité physique est marquée par des élévations oscillant d'Ouest en Est respectivement de 640 mètres à 813 mètres au lieu-dit pointe de Touirsat (figure IV.9).



**Figure IV.9 - Zone Ouest le contexte géologique et les écoulements souterrains**

L'objectif de ce paragraphe est de mettre en avant les influences du contexte géologique sur les ressources en eau en s'appuyant sur des données existantes.

### 3 GEOLOGIE

Les monts de Bénichougrane sont caractérisés par des plis parallèles, orientés Est -Nord Est, Ouest -Sud-Ouest. Les terrains sont caractérisés par une faible extension du trias, l'absence du jurassique, la prédominance du crétacé supérieur et moyen sur le terme inférieur. Celles de l'oligocène sur l'éocène, quant aux formations néogènes, elles sont largement représentées sur les deux versants du massif (Dalloni ,1925 in Chergui, 1992).

#### 3.1 Litho stratigraphie

##### 3.1.1 Le secondaire

###### ➤ Le Trias

On le rencontre dans les Beni Chougrane à la base des nappes du crétacé diapirique, au Sud de la vallée de l'oued Taria, il est toujours gypseux, parfois salifère accompagné de roche verte, aphite et gabbros, de dolomies conglomérat et brèche fétides, et de marne bariolées.

###### ➤ Le crétacé supérieur

D'après Dalloni (1925), il considère qu'il s'agit du cénomaniens. Il est présent dans le massif des Bénichougrane sur la rive droite de l'oued el hammam .Ces marnes sont grises assez dure traversées par de nombreux filaments de calcites. A la base, on trouve des calcaires en plaquettes ou en bancs minces à empreintes de céphalopodes.

### 3.1.2 Le tertiaire

#### ➤ Oligocène

Il affleure dans les Bénichougrane. Cette formation présente les mêmes faciès que la précédente, qu'elle recouvre en discordance. Elle est constituée de couche argilo marneuses avec des bancs de grés, à la base s'intercale un conglomérat, polygénique, peu épais.

#### ➤ Le Miocène supérieur

Il est constitué de grés et poudingues. Les grés alternent avec des bancs argileux et passent graduellement aux sédiments profonds qui succèdent à des dépôts grossièrement détritiques (Dalloni, 1925) les situe dans l'helvétin. Parrondon (1957) place les grés de bas dans le tortenien aux roux de Bouziri et aux grés de Tlellat (Thomas, 1985).

Les marnes bleues d'âge Tortenien sont principalement développées au nord du bassin, la formation est très puissante à l'est de oued el hammam, bleuâtre en profondeur, gris en surface avec lambeaux de grés jaunes intercalés (Dalloni, 1925 ; Massala, 1971 ; Thomas, 1985).

Le miocène marneux comporte deux horizons détritiques :

- Grés et conglomérat de base : Ce sont des grés glauconie jaunâtres, parfois fins et des conglomérats grossiers très fossilifères avec de fréquentes intercalations marneuses. La puissance varie de 20 à 100 m de Sable d'el Bordj.
- Au nord de Mascara, le faciès sableux et superposé aux marnes bleues sous formes de sables fin jaunâtre avec des intercalations de calcaire à lithothamniées.

Cette série aurait une épaisseur de 350 m dont 20 m de grés, 250 m de marnes bleues et 80 m de sable d'El Bordj.

#### ➤ Le pliocène

A la base on trouve des grés marins transgressifs qui ont été déposé par la mer de l'astien, venu du nord, au sommet les grés passent à des sables consolidés l'épaisseur de cette formation varie entre 40 m et 100 m. Ils affleurent à proximités de Khalouia et de Mascara.

### 3.1.3 Quaternaire

On observe des argiles rouges détritiques qui surmontent les calcaires. Au quaternaire moyen, une terrasse alluviale de sables fins accompagnés de quelques petits graviers centimétriques, a envahi la région comprise entre Maoussa et Tighenif.

#### ➤ Les alluvions anciennes :

Il occupe de vastes surfaces à 50-60 m au-dessus du lit de l'oued el Hammam .Se sont des matériaux hétérogènes : sable et argile, galets, limons et lentilles de graviers, tufs, grés grossiers et poudingues.

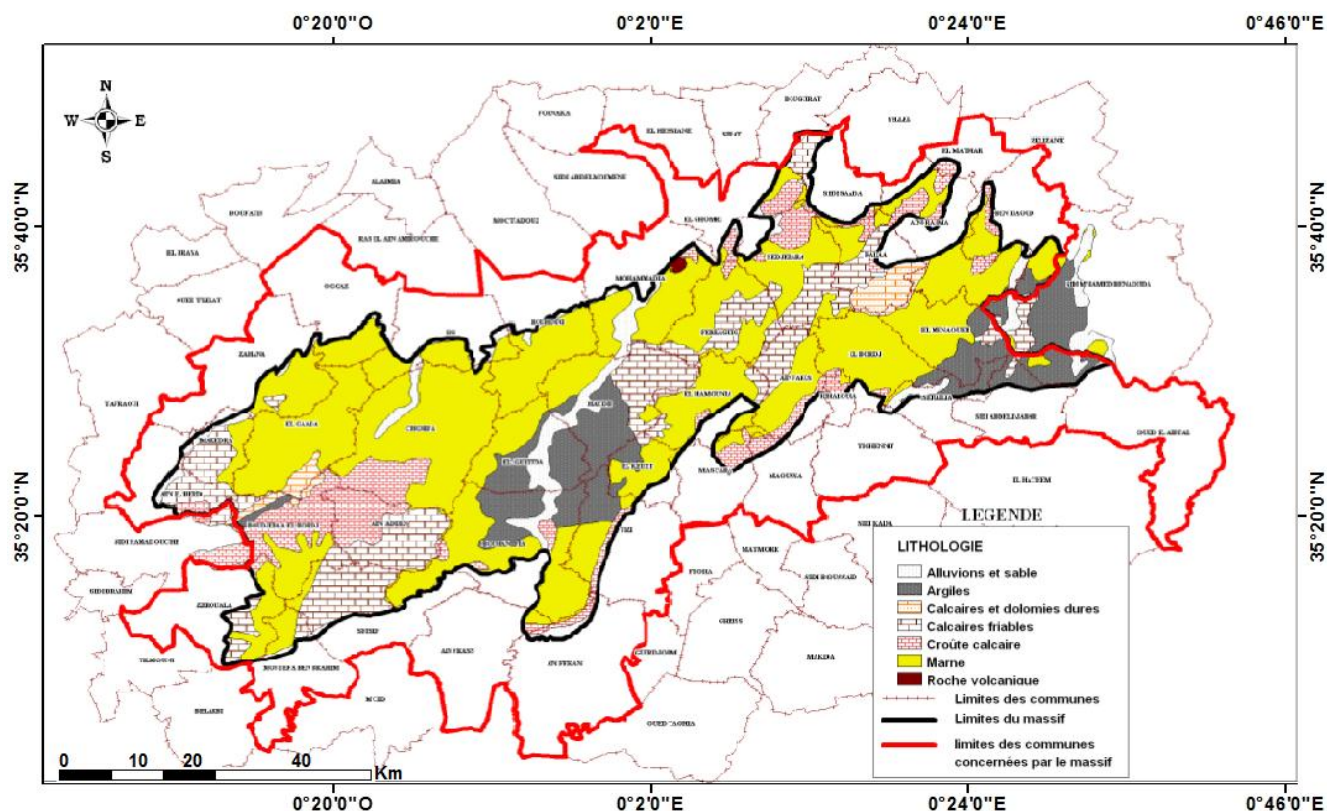
#### ➤ Les alluvions récentes

Elles sont limoneuses, et sont peu importante à l'aval de Bouhanifia

#### ➤ Les alluvions de Bouhanifia

D'important dépôt forment deux grands massifs de part et d'autre d'Oued El hammam. Ces traversins obstruent plus ou moins d'anciens griffons.

C'est ce qui explique l'état de dégradation très poussée du paysage de cette contrée orientale des Monts des Bénichougrane. Par conséquent, la conjugaison d'une lithologie tendre ne présentant aucune résistance aux facteurs climatiques (pluies brutales généralement marquées par de fortes intensités) avec un couvert végétal quasi inexistant concourent inexorablement à l'instauration d'une dynamique évoluant par ruissellement concentré : C'est ce qui explique l'importance de l'étendue des formes de Bad Lands dans cette partie des Bénichougrane (figure IV.10).



**Figure IV.10 Cadre géologique des Bénichougrane**  
(Conservation des forêts de la Wilaya de Mascara, 2010)

### Nature lithologique et les liens entre les ressources en eau captées et le contexte géologique

La lithologie confirme en grande partie la profondeur et la fertilité des sols. Elle peut donc limiter de façon décisive l'utilisation des sols Tableau IV.3.

**Tableau IV.3 Compétence des natures lithologiques**

Nature lithologique	Compétence
Calcaire et croûte calcaire	Roche très compétente
Grès et conglomérat	Roche compétente
Marno-calcaires	Roche de faible compétence
Argiles, gypses et marnes	Roche de très faible compétence

## 4 PEDOLOGIE

A travers le massif des Benichougrane on peut distinguer différents type de sols notamment les vertisols, les sols bruns calcaires, les sols rouges et les sols peu évolués. Il s'agit le plus

souvent de sols jeunes et peu évolué, encore liés à la roche mère et possédant le plus souvent les propriétés de cette dernières.

La topographie joue un rôle important, elle accélère l'érosion des sols. L'observation des profils complets ou des sols évolués est rares. Dans certain secteur, l'érosion est extrêmement forte, allant jusqu'à la dénudation de la roche mère. Les sols les plus fréquents sont :

#### **4.1 Les vertisols**

Ces sols formés sur marnes occupent les bas -fonds. Les replats (vertisols noirs plus riche en matière organique) et les versants (vertisols gris). La texture est fine dans l'ensemble du profil et riche en gonflantes.

#### **4.2 Les sols rouges**

Les sols de cette unité sont caractérisés morphologiquement par une couleur brun rouge à rougeâtre. La texture est généralement moyenne, sauf pour l'horizon de surface qui est légèrement sableux.

#### **4.3 Les sols peu évolués**

Ces sols sont développés généralement sur des grés tendres et friables, ils occupent souvent le haut des versant. Sur grés, l'horizon de surface est limon -sableux, tandis qu'en profondeur, la texture est sableuse et est moins riche en éléments.

### **5 CLIMAT ET BIOCLIMAT DES BENI CHOUGRANE**

Le climat englobe l'ensemble des phénomènes météorologiques (températures, pression atmosphérique, vents, précipitations, ETP....) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Il est aussi déterminé par la situation géographique du milieu, à savoir la latitude, l'altitude et la continentalité et par la circulation atmosphérique.

Le climat est un facteur du milieu naturel qui détermine le potentiel agricole et écologique d'une région, par ces composantes (pluies, températures, vents...) et son action peut être défavorable dans la mesure où il peut être agent de dégradation du milieu.

Pour approcher la climatologie du massif des Benichougrane, nous allons nous baser sur les données des principales stations suivantes : Bel abbés sur le côté Ouest de ce massif, Mohammadia sur leur côté Nord, Mascara sur le versant sud et Relizane sur leur flanc Est. Les données climatiques sont issues des données météorologiques mondiales dans le format de fichier SWAT Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) des Centres nationaux de la prévision environnementale (NCEP), les données utilisées sont des moyennes sur la période 1979 à 2014.

#### **5.1 Pluviométrie**

Les chaînes de montagnes qui existent à l'Ouest et au Nord-Ouest de l'Algérie et dans les pays voisins sont à l'origine des variations de pluviosité d'Ouest en Est. En effet la Sierra Nevada Espagnole et l'Atlas Marocain (Atlas Moyen, Rif) font des obstacles en provoquant la précipitation au vent des masses d'air atlantiques et défavorisent ainsi la partie occidentale de l'Algérie située sous le vent de ces reliefs.



En plus la disposition du relief Algérien en écrans successifs tirés du Sud-Ouest au Nord-Est et presque parallèle à la côte, contrarie l'extension des masses d'air humide vers le Sud ; ces masses d'air perdent une grande partie de leur humidité avant de pénétrer à l'intérieur du pays. Afin de cerner les différents facteurs climatiques et leur influence sur l'espace des Monts des Bénichougrane, nous avons retenu les stations de Mascara sur le versant Sud, Bouhanifia sur le côté Ouest, Mohammadia sur le côté Nord et Ain Fares sur le flanc Est voir Figure IV.11.

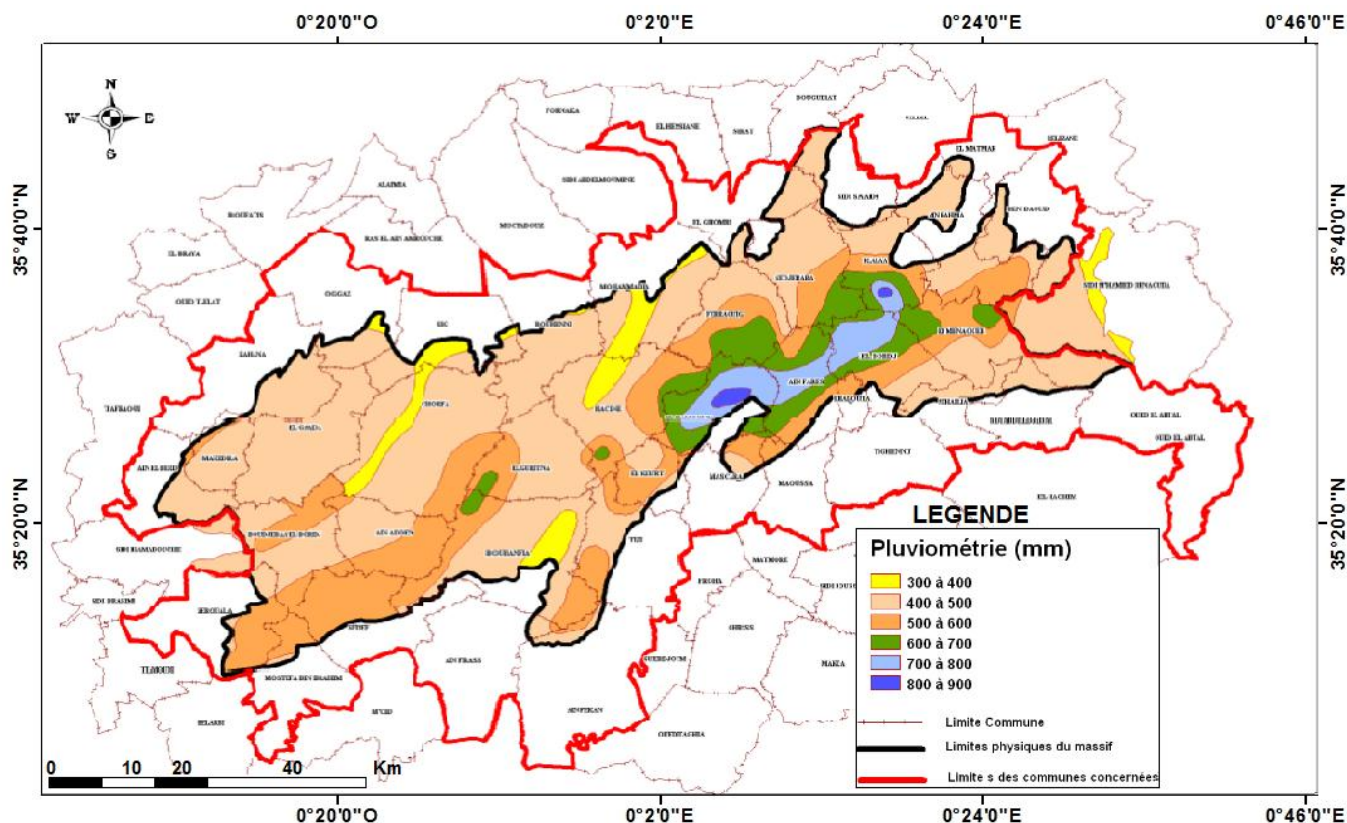


Figure IV.11- Carte pluviométrique des Béni Chougrane

(Source : Etude de classement, TAD, 2010)

Tableau IV.4 Répartition moyennes mensuelles des pluies

Station	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuelle
Mascara	40.5	34.1	29.5	26.9	4.5	1.8	4.2	14.6	30.4	47.7	44.6	40.1	318.9
Mohammadia	35	25	28	30	31	14	0	0	18	25	59	71	336
Relizane	47	35	37	30	32	7	1	1	13	29	45	48	325
Sidi Bellabés	40.4	39.5	32.2	21.2	6.8	2.7	4.2	19.8	21.7	45.6	32.6	43.5	310.2

Source : <http://globalweather.tamu.edu/>

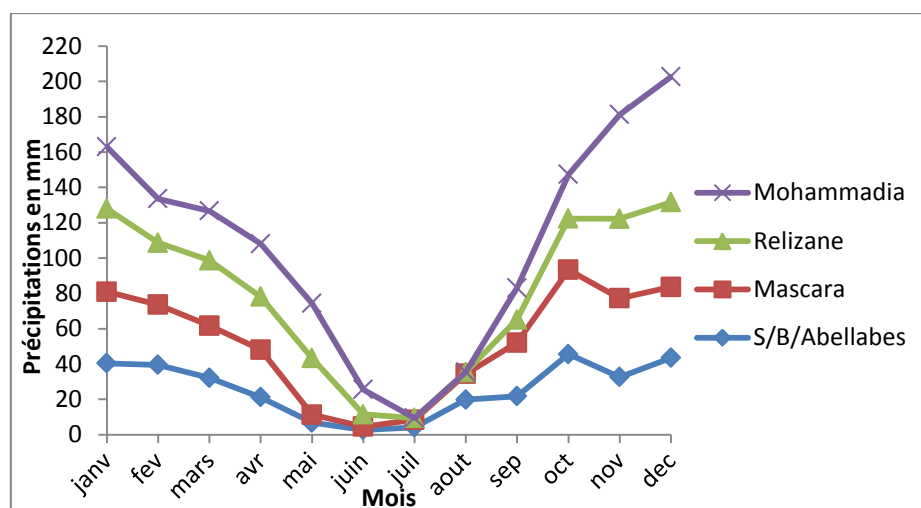


Figure IV.12 Répartition moyennes mensuelles des pluies

En hiver le tableau IV.4 et la figure IV.12 montrent bien que Mohammadia et Relizane sont légèrement plus arrosées en automne que Bel Abbés et Mascara, situées respectivement à l'Ouest et au sud-ouest des Bénichougrane ; l'effet de latitude et l'influence méditerranéenne favorise ces dernières localités depuis la 2<sup>ème</sup> moitié du 20<sup>ème</sup> siècle.

Au début du siècle, Bel Abbés et Mascara était autant sinon plus arrosées, car elles recevaient plus tôt les dépressions pluvieuses venant généralement de l'Atlantique, plus consistantes à cette époque.

Durant la période sèche (mai à septembre), qui inclut l'été, la répartition des quelques pluies est pratiquement la même pour toutes les quatre stations choisies pour caractériser la région (voir courbes de pluie (figure IV.12), avec toutefois une sécheresse plus précoce (en juin) pour Bel Abbés et Mascara (situées plus au Sud) que pour Mohammadia et Relizane (sécheresse en juillet).

Ainsi pour toute la zone la période des pluies significatives vont d'octobre à avril, puis c'est une période relativement sèche, avec une pluviométrie irrégulière et faible de Mai à Septembre.

## 5.2 Températures

Comme on le verra ci-après le climat dans la région des Benichougrane est méditerranéen semi-aride marqué par deux saisons, l'une relativement froide et humide d'octobre à avril et l'autre, très chaude et sèche, de mai à Septembre. Les tableaux IV.5 et IV.6 ci-après retracent la répartition annuelle des températures extrêmes (max et mini).

Tableau IV.5 Répartition des Températures mensuelles maximales

T°MaxM (C°)	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
Mascara	14.7	16.3	19.0	21.3	25.6	31.1	35.4	35.2	30.7	25.5	19.2	15.7	24.2
Mohammadia	14.1	15.7	17.8	20.4	23.9	28.3	32.7	33.3	29.4	23.7	18.0	14.6	15.2
S.Bellabés	15	16.4	19	20.9	25.5	30.6	34.7	35.1	30.3	25.5	19.3	16.0	24
Relizane	15.3	16.9	19.8	23.4	27.8	32.1	37.2	37.7	32.5	26.4	19.9	16.1	25.4

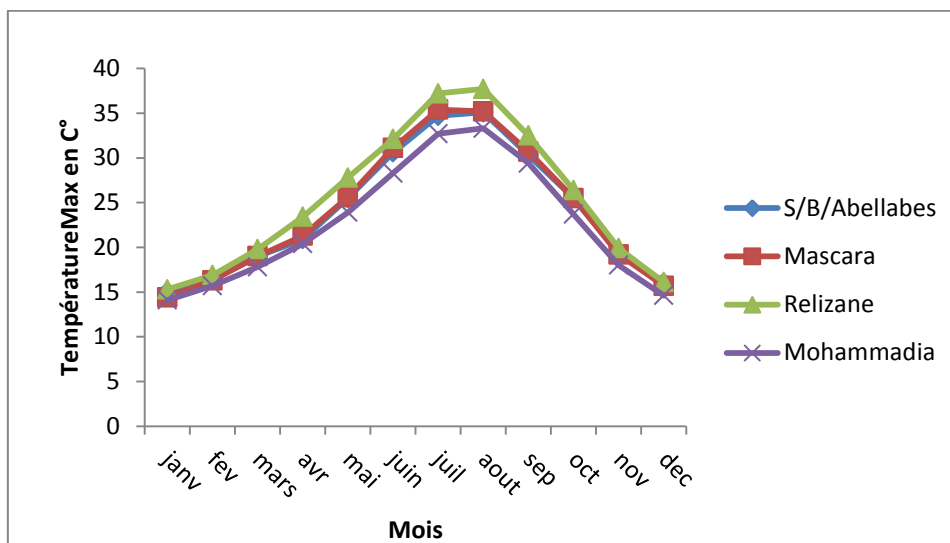


Figure IV.13 - Répartition des Températures mensuelles maximales

Concernant les températures maximales Figure IV.13, on voit que la zone de Relizane est généralement plus chaude que les trois autres zones, lesquelles présentent une similitude du régime thermique chaud.

Tableau IV.6 Répartition des Températures mensuelles minimales

T° Min M (C°)	Jan	Fev	Mar	Av	Ma	Jui	Juil	Ao	Sep	Oct	No	De	Ann
Mascara	2.7	3.7	5.1	7.1	10.5	14.5	17.4	17.9	14.9	11.4	6.9	4.4	9.8
Mohammadia	4.6	5.5	6.7	8.9	11.8	15.6	18.8	19.2	16.6	12.7	8.2	5.7	7.5
Sidi Belabbés	2.7	3.7	5.3	6.9	10.5	14.5	17.6	18.2	15.1	11.6	7.2	4.3	9.8
Relizane	4.5	5.7	7.1	9.1	12.3	15.1	18.6	19.7	17.6	12.8	9.1	5.5	11.4

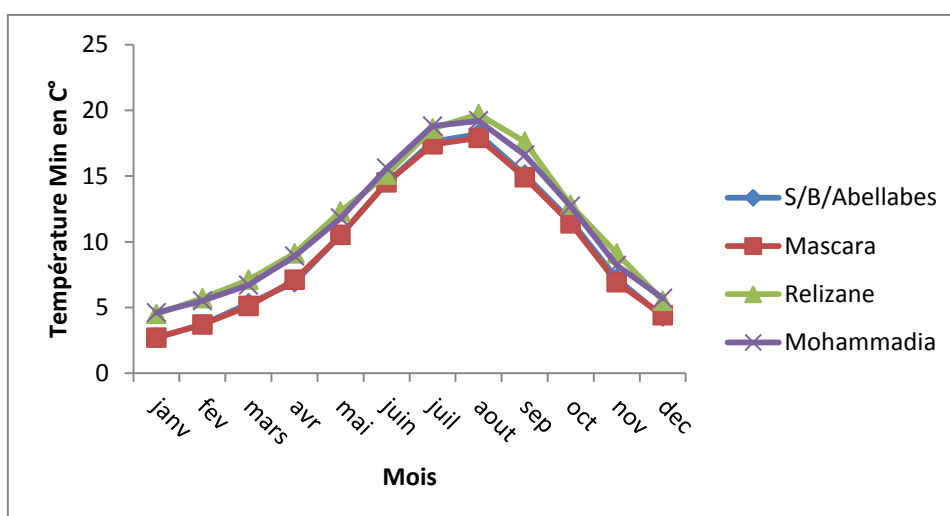


Figure IV.14 Répartition des Températures mensuelles minimales

Concernant les températures minimales Figure IV.14, on voit que la zone de Mascara est généralement plus froide que les trois autres zones, lesquelles présentent une similitude du régime thermique froid, avec les conséquences sur la similitude en matière de biologie végétale (flore, faune) qui y règne.

### 5.3 Phénomènes secondaires

#### 5.3.1 Les vents

Ils constituent un des facteurs reconnus dans la caractérisation du climat méditerranéen. Le vent est caractérisé par sa force, sa direction et sa fréquence. Ainsi, les vents du secteur Ouest sont observés à 7 heures toute l'année et ils sont à 13 heures du secteur Nord entre mai-octobre et Ouest et Nord-Ouest le reste de l'année. Par contre à 18 heures, les vents sont du secteur nord toute l'année (tableau IV.7).

**Tableau IV.7** Fréquence des vents à la station de Mascara

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Fréquences en %	17	5	4	3	6	7	35	23

#### 5.3.2 Le Sirocco

A l'exception du mois de décembre, le sirocco souffle au moins une fois par mois, toutefois entre juillet et septembre il souffle de 3 à 4 jours par mois Tableau IV.8.

**Tableau IV.8** Nombre de jours de sirocco à la station de Mascara

mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Nbre de jours	0	1	1	2	1	2	3	4	3	1	1	0	19

#### 5.3.3 Les Gelées

Les risques de gelées se produisent à partir de novembre et se prolongent jusqu'en mai, mais ceux-ci sont très rares. La période de Juin-Octobre se distingue par l'absence de gel. Cependant, les gelées hivernales observées durant les mois de janvier et février sont en général sans effets notables ; toutefois, si elles coïncident avec une sécheresse précoce, elles provoquent la destruction des plants affectant ainsi la production. Les gelées de fin avril et du début de mai coïncident avec la floraison des céréales et des légumineuses et peuvent être à l'origine de graves dommages sur la production (tableau IV.9).

**Tableau IV.9** Nombre de jours de gelées à la station de Mascara

mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Nbre de jours	3.4	2.4	1.0	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0.2	3.8	11.6

La continentalité offre des fréquences de gelées élevées d'Est en Ouest et du Nord au Sud. On dénombre 11.6 jours de gelées durant l'année, c'est un chiffre modeste.

### 5.4 Conditions bioclimatiques

#### 5.4.1 Classifications bioclimatiques : Quotient d'Emberger

La méthode d'Emberger permet d'analyser le climat à partir d'un quotient dont la formule est:

$$Q_2 = 2000P/M^2 - m^2$$

Son utilisation permet la délimitation des aires occupées par divers ensembles de végétaux.

**Q<sub>2</sub>**= quotient pluvio-thermique d'Emberger

**P** : précipitation moyenne annuelle en mm

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en degré Kelvin

**Tableau IV.10 Température et précipitations pour les quatre stations**

S.B.abbes	Jan	Fev	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	De	An.
Pluvio P (mm)	43,5	40,4	9,5	32,2	21,2	6,8	2,7	4.2	19.8	21.7	45.6	32.6	308.7
T° Max M (°C)	15.0	16.4	19.0	20.9	25.5	30.6	34.7	35.1	30.3	25.5	19.3	16.0	24.0
T° Max M (°K)	288.2	289.6	292.2	294.1	298.7	303.8	307.9	308.3	303.5	298.7	292.5	289.2	297.2
T° min m (°C)	2.7	3.7	5.3	6.9	10.5	14.5	17.6	18.2	15.1	11.6	7.2	4.3	9.8
T° min m (°K)	275.9	276.9	278.5	280.1	283.7	287.7	290.8	291.4	288.3	284.8	280.4	277.5	283
T° moy (°C)	8.85	10.05	12.15	13.9	18	22.55	26.15	26.65	22.7	18.55	13.25	10.15	16.9

**Q<sub>2</sub> = 32,6 ; du début 20° siècle au début 21° siècle, SBA est passé du semi-aride inférieur à l'aride supérieur**

Mascara	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	An.
PluvioP(mm)	40.5	34.1	29.5	26.9	4.5	1.8	4.2	14.6	30.4	47.7	44.6	40.1	314.5
T° Max M (°C)	14.7	16.3	19.0	21.3	25.6	31.1	35.4	35.2	30.7	25.5	19.2	15.7	24.2
T° Max M (°K)	287,9	289,5	292,2	294,5	298,8	304,3	308,6	308,4	303,9	298,7	292,4	288,9	297,4
T° min m (°C)	2.7	3.7	5.1	7.1	10.5	14.5	17.4	17.9	14.9	11.4	6.9	4.4	9.8
T° min m (°K)	275,9	276,9	278,3	280,3	283,7	287,7	290,6	291,1	288,1	284,6	280,1	277,6	283

**Q<sub>2</sub> = 33,13; du début 20° siècle au début 21° siècle, Mascara est passée du semi-aride moyen au semi-aride inférieur**

Relizane	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	An
Pluvio P (mm)	47	35	37	30	32	7	1	1	13	29	45	48	325
T° Max M (°C)	15.3	16.9	19.8	23.4	27.8	32.1	37.2	37.7	32.5	26.4	19.9	16.1	25.4
T° Max M (°K)	288,5	290,1	293,0	296,6	301,0	305,3	310,4	310,9	305,7	299,6	293,1	289,3	298,6
T° min m (°C)	4.5	5.7	7.1	9.1	12.3	15.1	18.6	19.7	17.6	12.8	9.1	5.5	11.4
T° min m (°K)	277,7	278,9	280,3	282,3	285,5	288,3	291,8	292,9	290,8	286,0	282,3	278,7	284,6
T° moy (°C)	9.9	11.3	13.5	16.3	20.1	23.6	27.9	28.7	25.1	29.6	14.5	10.8	18.4

**Q<sub>2</sub> = 33,3 aride supérieur**

Mohammadia	Jan	Fev	Ma	Avr	Ma	Jui	Juil	Ao	Sept	Oct	Nov	De	An
Pluvio P (mm)	35	25	28	30	31	14	0	0	18	25	59	71	336
T° Max M (°C)	14.1	15.7	17.8	20.4	23.9	28.3	32.7	33.3	29.4	23.7	18.0	14.6	15.2
T° Max M (°K)	287,2	288,8	290,9	293,6	297,1	301,5	305,8	306,5	302,5	296,9	291,2	287,8	288,4
T° min m (°C)	4.6	5.5	6.7	8.9	11.8	15.6	18.8	19.2	16.6	12.7	8.2	5.7	7.5
T° min m (°K)	277,8	278,7	279,8	282,0	285,0	288,7	291,9	292,3	289,8	285,9	281,3	278,9	280,6
T° moy (°C)	9.3	10.6	12.2	14.7	17.9	21.9	25.7	26.3	23.0	18.2	13.1	10.2	11.3

**Q<sub>2</sub> = 40,0 aride supérieur**

Source : <http://globalweather.tamu.edu/>

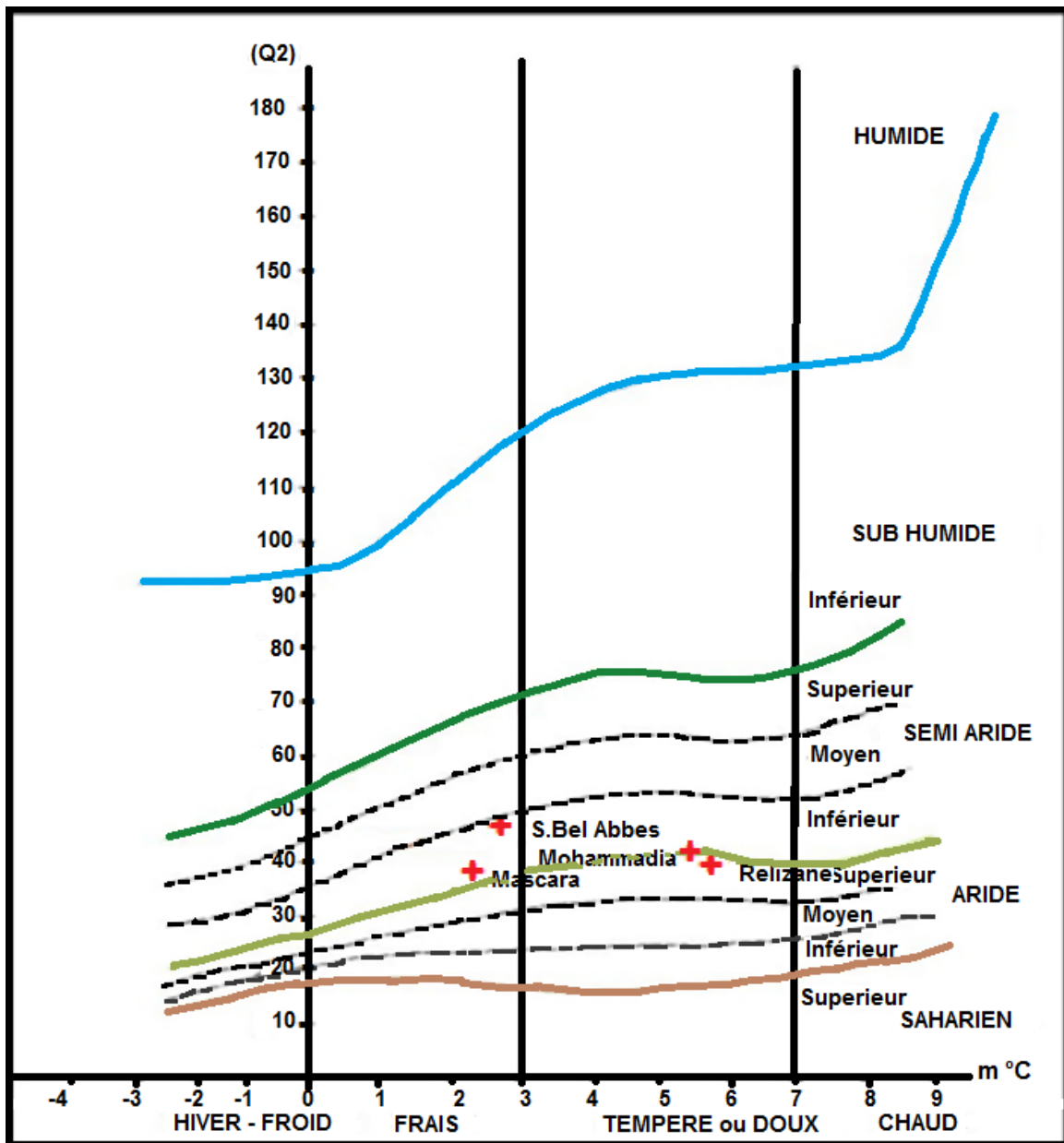


Figure IV.15 Localisation des Station sur le Climagramme d'Emberger 1979-2014

Le climagramme d'Emberger illustre (Figure IV.15) que :

- Mascara, du début du 20<sup>e</sup> siècle au début du 21<sup>e</sup> siècle, est passée du semi-aride moyen ( $Q_2=56,9$ ) au semi-aride inférieur  $Q_2=33,13$  ;
- Sidi Bel Abbes, du début du 20<sup>e</sup> siècle au début du 21<sup>e</sup> siècle, est passé du semi-aride inférieur ( $Q_2=43,4$ ) à l'aride supérieur ( $Q_2=32,6$ ) ;
- Mohammadia appartient à l'étage semi-aride inférieur ;
- Relizane appartient à l'étage aride supérieur ;

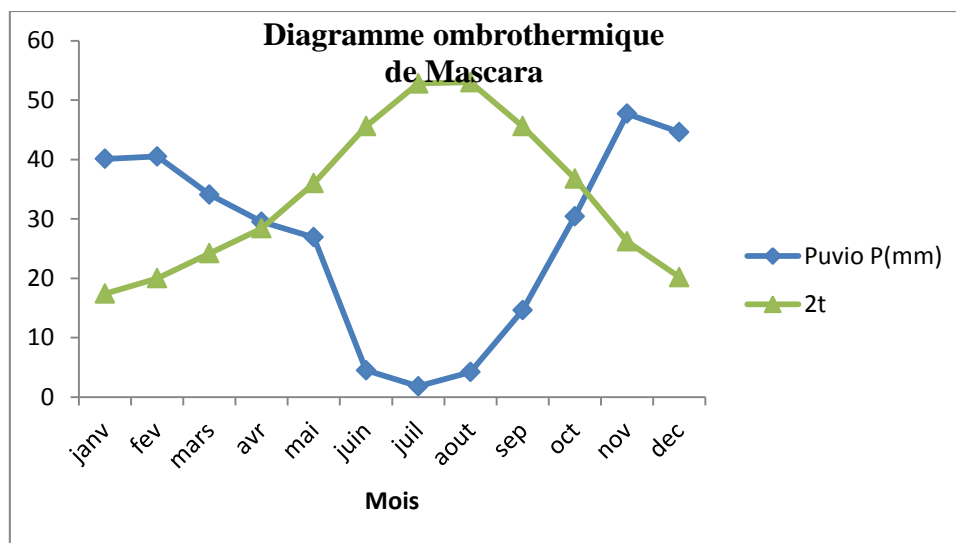
#### 5.4.2 Caractérisation climatiques des saisons:

Le diagramme ombrothermique met en évidence la sécheresse et son intensité pour une région donnée. Un mois est considéré comme étant sec lorsque le total des précipitations moyennes

exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en degré Celsius ( $P/T \leq 2$ ). Sur le graphique la période sèche est matérialisée par la surface de croisement de la courbe thermique avec celle des précipitations.

**Tableau IV.11** Température et précipitation à la station de Mascara

Mascara	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Pluvio P</b>	40.1	40.5	34.1	29.5	26.9	4.5	1.8	4.2	14.6	30.4	47.7	44.6
<b>T° Moy</b>	8.7	10.0	12.1	14.2	18.0	22.8	26.4	26.5	22.8	18.4	13.1	10.1
<b>2t</b>	17.4	20.0	24.2	28.4	36.0	45.6	52.8	53.0	45.6	36.8	26.2	20.2



**Figure IV.16** Diagramme ombrothermique de Mascara

La zone de Mascara, passée en un siècle du semi-aride moyen au semi-aride inférieur, a vu sa saison sèche passer de la période Mai - Septembre à la période d'Avril - Octobre Figure IV.16.

**Tableau IV.12** Température et précipitation à la station de S.B.Abbes

S.B.Abbes	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Pluvio P</b>	43.5	40.4	39.5	32.2	21.2	6.8	2.7	4.2	19.8	27	62	60
<b>T° Moy</b>	8.9	10	12.1	13.9	18	22.6	26.2	26.7	22.7	16.3	11.95	8.85
<b>2t</b>	17.8	20.0	24.2	27.8	36	45.2	52.4	53.4	45.4	32.6	23.9	17.7

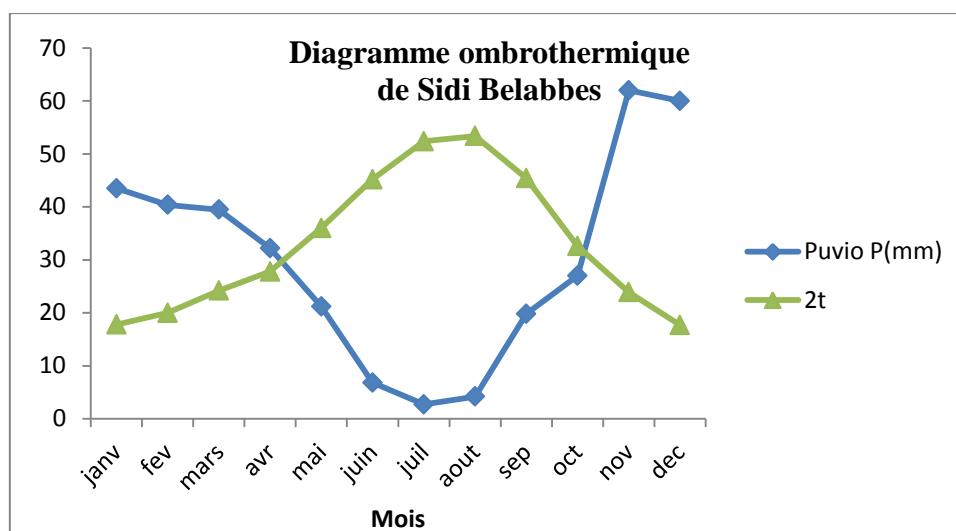


Figure IV.17 Diagramme ombrothermique de Sidi Bel Abess

La zone de Sidi Bel Abbes, passée en un siècle du semi-aride inférieur à l'aride supérieur, a vu sa saison sèche passer de la période Mai - Septembre à la période de Mai - Octobre (figure IV.17).

Tableau IV.13 Température et précipitation à la station de Relizane

Relizane	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Pluvio P	47	35	37	30	32	7	1	1	13	29	45	48
T° Moy	9.9	11.3	13.45	16.25	20.05	23.6	27.9	28.7	25.05	19.6	14.5	10.8
2T	19.8	22.6	26.6	32.5	40.1	47.2	55.8	57.4	50.1	39.2	29	21.6

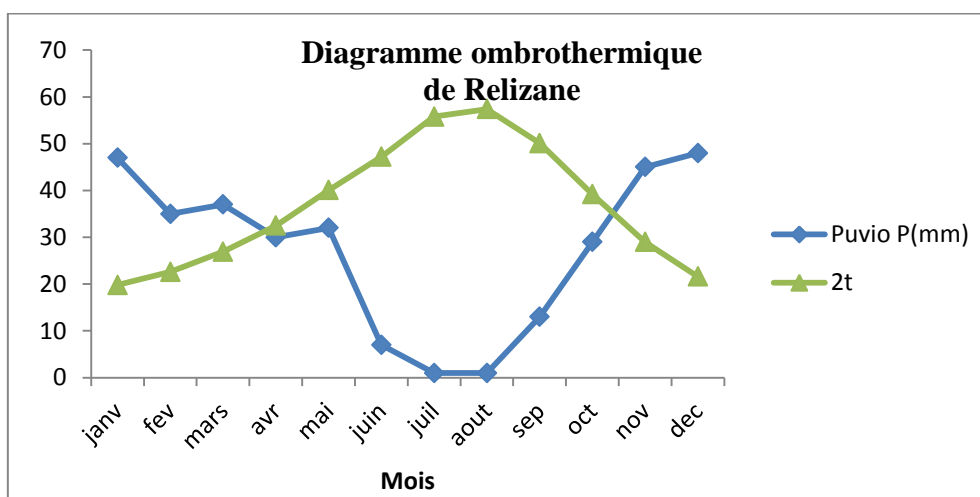


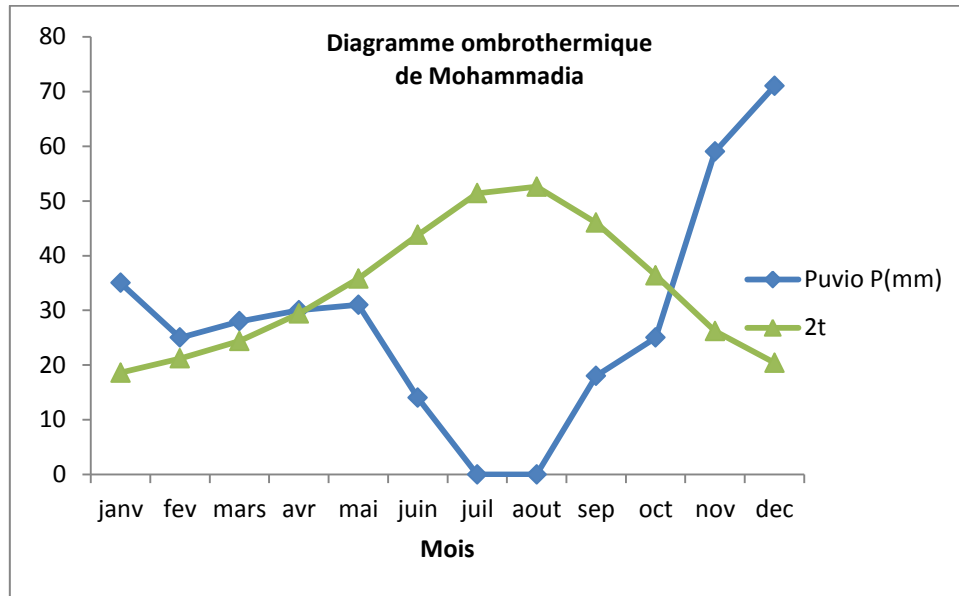
Figure IV.18 - Diagramme ombrothermique de Relizane

La localité de Relizane est située dans une zone aride supérieure, connaît une saison sèche d'Avril à Octobre (figure IV.18).

Tableau IV.14 Température et précipitation à la station de Mohammadia

Mohammadia	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	An
Pluvio P	35.0	25.0	28.0	30.0	31.0	14.0	0.0	0.0	18.0	25.0	59.0	71.0	336.0
T° moy	9.3	10.6	12.2	14.7	17.9	21.9	25.7	26.3	23.0	18.2	13.1	10.2	11.3
2t	18.7	21.2	24.4	29.3	35.8	43.9	51.4	52.5	46.0	36.5	26.2	20.4	22.7





**Figure IV.19- Diagramme ombrothermique de Mohammadia**

La zone de Mohammadia, est située en zone aride supérieure, connaît une saison sèche d'Avril à Octobre (figure IV.19).

## Conclusion

Les Benichougrane font partie de la zone 300 - 600 mm, qui correspond à la zone du semi-aride. Dans cet étage bioclimatique, le régime thermométrique général est de type méditerranéen, relativement tempéré, avec un caractère continental sensible.

Les températures moyennes vont de 10 °C en hiver à 36°C en été. Les pluies sont néanmoins agressives sous forme d'orages intenses lors des changements de saison (à l'automne et en été) et lors des longues pluies volumineuses qui saturent les sols déjà engorgés et les champs peu protégés par une végétation limitée (de décembre à la fin du printemps).

Le ravinement des sols est du reste remarquable sur les flancs des Benichougrane et dépend de l'énergie du ruissellement. Celui-ci est lié à l'intensité des orages tombant sur des sols nus bien préparés pour former un lit de ruissellement en début de saison des pluies (automne).

L'intensité et la fréquence des pluies ont aussi beaucoup d'importance car ces paramètres règlent le déficit de saturation du sol : ainsi en hiver, les sols sont vite engorgés et ruissellent plus rapidement aggravant l'érosion.

## CHAPITRE 5 : RESSOURCES EN EAU DES MONTS DE BENI CHOUGRANE

### 1 L'HYDROGRAPHIE

Ces résultats ont toute leur importance dans l'évaluation des ressources en eau. Ils permettent de prendre en compte la différence entre les pluies dans la zone d'étude topographique et les débits observés. Ils ont également une influence sur le régime hydrologique des oueds. Malheureusement les données sont loin d'être exhaustives pour délimiter le bassin hydrogéologique et son fonctionnement, d'où l'intérêt d'approfondir la prospection de ce type de ressource en eau.

Du fait du dispositif litho-structural, les aquifères présents sur la zone d'étude ne constituent pas de réservoirs souterraines importants. Cela est dû au fait qu'ils sont souvent recouverts par les formations peu perméables du substratum qui représentent près d'un tiers de la surface totale du bassin versant.

### 2 GEOMORPHOLOGIE

Selon Chergui (1992), la géomorphologie partie de la géologie physique a pour objet la description et l'exploitation du relief terrestre actuel. Les Monts de Benichougrane constituent l'un des chaînons du tell, ils ont une forme plissée, et très accidentée. Les flancs du massif sont découpés par de nombreux ravins, du fait de l'absence du couvert végétal dense, et la présence de roches tendres (marnes) sensible à l'érosion. On rencontre au niveau de cette région, un ensemble géomorphologique étroitement lié à la nature du substratum, à la topographie, aux facteurs climatiques et à l'action anthropique.

#### 2.1 La forme géomorphologique

- **Les versants**

Très étendues dans la région, ils sont formés sur des matériaux tendres (marnes et argiles), et souvent dénudés.

Les versants sont caractérisés par des pentes assez fortes (25%) qui sont souvent sillonnées par des ravines. La morphogénèse est intense et l'emporte sur la pédogénèse.

Les versants sont généralement convexes au sommet et concaves à la base, les crêtes sont arrondies, les roches affleurent au sommet, et les sols s'épaississent vers le bas.

- **Les collines**

Les terrains marneux ont une forme entaillés par les torrents qui détendaient des massifs montagneux. Les ravins creusés profondément se sont élargis latéralement sous l'effet de l'érosion donnant ainsi naissance à un relief collinaire plus au moins vallonné à pente douce.

- **Les terrasses**

Ces formations sont très peu rencontrées et très réduites. Elles se limitent seulement au niveau des oueds.

- **Les dépressions**

Les dépressions sont caractérisées par des sols très profonds. Très peu fréquentes dans la zone, elles sont creusées dans les terrains marneux dont l'altération donne un produit

d'altération très fin riche en argile et limon à faible perméabilité donnant quelque fois un caractère d'hydromorphie aux sols qui s'y développent.

### 3 LES EAUX DE SURFACE

#### 3.1 Des données insuffisantes sur les débits des cours d'eau

Le bassin versant de la Macta est contrôlé par quatorze stations hydrométriques, quatre stations sont situées dans le sous bassin d'Oued Mekerra (sous bassin d'oued Mabtough) et dix stations sont situées dans le sous bassin de Oued El Hammam.

Le suivi actuel des débits des cours d'eaux se fait via une station de mesure enregistrant depuis plusieurs décennies les débits. Sur Oued el Hammam, la station se situe à Trois Rivières (à l'amont du barrage Bouhanifia), la station se situe au niveau de la confluence des trois rivières (Melghir, Hounet et Sehouat).

Il existait une autre station qui a été arrêtée pour des raisons que nous ignorons et sur oued Mekerra (sous bassin d'oued Mabtough), les trois stations (Sidi Bel Abbes, Sidi Ali Benyoub et Hacaiba) se situent le long d'oued Mekerra (à l'amont du Barrage Cheurfa).

Il s'agit de moyennes journalières reconstituées à partir des mesures de niveau faites sur un limnigraphe et de l'application d'une courbe de tarage. Les évaluations des eaux de surface ont été possibles grâce au réseau de mesure géré par l'ANRH (tableau V-1).

**Tableau V.1 Stations hydrométriques de la zone d'étude**

Code de station	Nom de station	X (m)	Y (m)
110301	Sidi BelAbbes	198474	219036
110201	Sidi AliBenyoub	186549	192207
110101	Hacaiba	183502	161652
111518	Hacine	254600	243500
111501	TroisRivières	246600	217000

Il est regrettable de constater qu'aucune station limnométrique, avant la mise en place de la nouvelle, ne mesurait le débit naturel du Bassin versant. Au vu du nombre des stations, de leur emplacement (mal répartie), et du nombre d'années d'observation, nous pouvons relever que les écoulements hydrologiques de montagne sont mal connus.

Sur les deux bassins versant des monts de Bénichougrane, le suivi le plus long correspond à des débits « naturels reconstitués ». De ce fait, il est délicat de mesurer les effets du changement climatique sur la ressource en eau. Cette évaluation supposerait de connaître les restitutions des cours d'eau des précipitations.

Elle nécessite des sites instrumentés visant à suivre les données météorologiques (température, précipitation...) et les débits naturels des cours d'eau. Ce manque de données montre également toute l'importance d'associer l'ensemble des acteurs, et notamment les gestionnaires de l'eau qui ont des connaissances précises sur les débits afin d'établir des bilans hydrologiques.

### 3.2 L'hydrographie

#### 3.2.1 Le réseau hydrographique

Les Monts de Benichougrane présentent en général une hydrographie assez importante, constituée par des oueds de régimes permanent et temporaire et quelques sources naturelles. Ils sont parcourus par plusieurs ravines qui sont particulièrement à sec en été et ce n'est qu'après les pluies automnales qu'elles commencent à s'écouler. Les majorités de ses ravins s'éparpillent en toutes directions mais viennent se rattacher aux oueds.

Le réseau hydrographique sont généralement de type arborescent, appartenant au sous bassin primaire du grand bassin de la Macta (figure V.1), abritent des sources dans la partie occidentale à végétation plus ou moins dense dont la qualité de l'eau est jugée très bonne de par la teneur minérale acceptable que favorisent les formations calcaire-gréseuse dans les hauteurs.

La minéralisation globale, en étiage, peut largement répondre aux normes de potabilité requises dans les matrices calcaires où elles affleurent le long des cours d'eau.

En revanche, dans le secteur occidental, les formations sont plutôt à dominance argilo-marneuse, intercalées par des bancs de roches salifères et gypsifères, où les cours d'eau par lessivage renferment des concentrations pouvant dépasser les 10 grammes par litre de résidu sec en période d'étiage, comme en témoignent les oueds de Khelloug et El-Malleh dans le versant ouest de la Mina.

Les principaux affluents de Benichougrane sont : Oued Mebtouh et Oued El Hammam (tableau V.2).

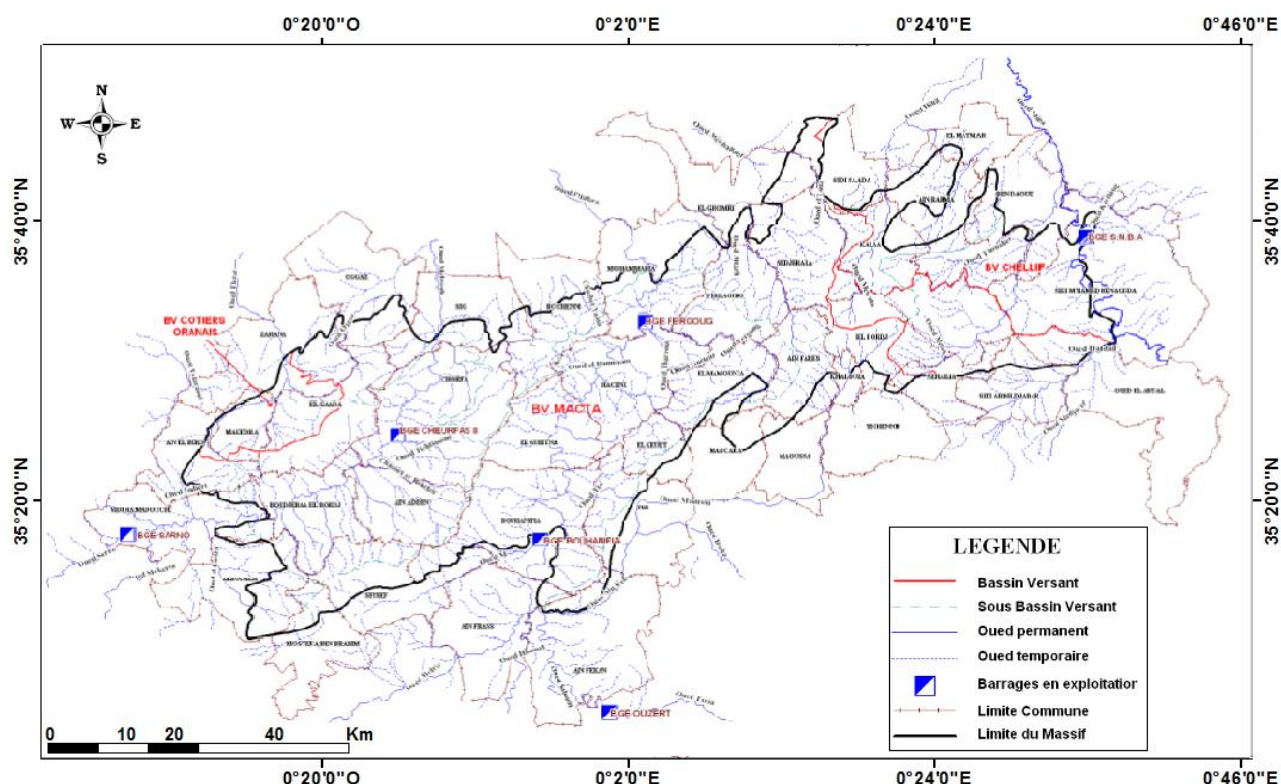


Figure V.1 Bassins versants et réseau hydrographique  
(Source : Etude de classement, TAD, 2010)

**Tableau V.2 Sous bassins versants des Monts de Bénichougrane**

Code-S-BV	Sous Bassins Versants	1010	Total (Ha)	%
		Monts des Béni Chougrane (Ha)		
01-34	Oued Mina Haddad	33602	33602	13.55
01-35	Oued Mina Aval	15277	15277	6.16
04-04	SebkhaD'oran	9442	9442	3.81
11-03	OuedMekerraSarno	8150	8150	3.29
11-04	OuedMebtouh	47055	47055	18.98
11-14	OuedFekane	14122	14122	5.70
11-15	Oued El Hammam	71372	71372	28.79
11-16	Oued Macta Marit'me	48912	48912	19.73
<b>Total</b>		247932	247932	100

Source : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER, 2010)

Ces affluents, en effet, de par leurs caractéristiques hydrogéologiques drainent les flancs nord des Béni Chougrane en prenant leurs sources dans des formations gypsifères par endroits, comme c'est le cas des nappes phréatiques perchées de l'Oued Abtal dans la Mina (Bassin de l'oued Djemaa - Relizane), où la teneur en sel dépasse les 12 g/l en été).

L'artère principale, l'oued El Hammam, coule en aval de façon pérenne, du Sud-Ouest au Nord Est, en collectant par ses affluents secondaires qui naissent successivement de la rive droite, drainant des bassins les plus arrosés de la région. Dans leur ensemble, les Béni Chougrane apportent à l'artère principale la quasi-totalité du tribut des eaux pluviales de la partie de la Macta, qui constitue près de 80% de la superficie totale.

En périodes humides, le haut relief est à l'origine de production des crues à caractère violent, faisant subir un régime torrentiel au réseau hydrographique en aval à tel point que le ruissellement se déverse par laminage dans une grande dépression latérale, écrétant les grands débits de pointe. Généralement, les cours d'eau ne sont pas pérennes et ne coulent, de manière significative, qu'en périodes pluvieuses.

Les ressources en eau superficielles et souterraines constituent un atout de développement socio-économique. Ainsi donc, elles nécessitent une bonne gestion est une bonne surveillance en vue d'éviter, ainsi bien toute, exploitation excessive et pollution, qui peuvent engendrer des conséquences néfastes sur ce capital ressource naturelle.

La région est fortement découpée par le réseau hydrographique. La plupart des cours d'eau atteignent la mer malgré les barrières montagneuses qu'ils franchissent par des gorges étroites. Pour quelques dépressions seulement, l'écoulement vers la mer est difficile.

L'oued El-Hammam est l'artère principale, il s'écoule parallèlement à l'oued Mebtoub, à une quinzaine de kilomètres plus à l'Est. Après avoir drainé, dans son haut cours, les Monts de Saïda et la plaine de Hacine, il franchit le massif des Bénichougrane grâce à un système de fractures transverses, en empruntant de nombreux méandres et suivant une pente très faible de l'ordre de 2 à 3‰.

L'oued El-Hammam a une série de tributaires dont les ramifications s'étendent vers les parties les plus hautes du bassin versant. Parmi ces tributaires, on cite l'oued Fergoug et oued

Tharzout qui se convergent vers le barrage Fergoug. Leur écoulement est temporaire et il dépend directement des précipitations, le débit de l'oued El Hammam est très irrégulier.

Plusieurs barrages (Bouhanifia, Fergoug) récoltent l'eau de ces montagnes qui constituent un vaste impluvium (surfaces de réception des eaux de pluies) pour alimenter les périmètres irrigués aux débouchés de leurs vallées dans les plaines.

### 3.2.2 L'écoulement des eaux

L'écoulement est un facteur important en ce qui concerne l'érosion du sol qui provoque le couvert végétal. La quantité et l'intensité d'une pluie déterminent et influencent l'érosion linéaire et l'érosion en surface du sol.

L'averse d'une intensité donnée agit comme source d'énergie pour la séparation des particules du sol et l'écoulement comme moyen de leur ruissellement. Ainsi les deux facteurs doivent être analysés ensemble et quantifiés selon leur dépendance.

Si on prend comme exemple l'année 1927, on constate que dans les journées du 24, 25 et 26 novembre 1927, après une longue période de sécheresse des quantités énormes de pluies s'abattirent sur la région des Bénichougrane et du bassin versant de l'oued El Hammam.

### 3.2.3 Caractéristiques du réseau hydrographie

La quasi-totalité de l'aire d'étude fait partie du bassin versant de la Macta. Ce bassin hydrographique est drainé par de nombreux cours d'eau dont les plus importants sont : Oued El Hammam.

**A/Morphométrie :** Le bassin versant (N°11) de la Macta a les caractéristiques suivantes :

- Le rectangle équivalent représentatif de ce bassin a une longueur de 270,27, et une largeur de 53,21 Km.
- Superficie atteinte 1481 Km<sup>2</sup>.
- Indice de capacité de Gravelius (1,52), indice de forme (2,92), ils montrent un bassin allongé :
  - L'altitude maximale=1714 m
  - L'altitude minimale=0,0 m
  - L'altitude moyenne=708 m.

Le bassin de la Macta résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : L'Oued El-Hammam et El-Oued-Mkkerba.

- **L'Oued El-Hammam**

Il naît du drainage d'une partie des eaux des monts du Daya. Il prend sa source à 16 Km Sud-Ouest de " Ras El-Ma " à une attitude de 1200 m. Au départ il est désigné sous le nom de l'Oued Messoulane, il devient ensuite Oued Sefioune wilaya de Mascara, il est dénommé, et reçoit en même temps l'apport de l'Oued Melrir, de l'Oued Fekkan, de l'Oued Saida, et de l'Oued Taria.

A partir du Fergoug l'Oued El-Hammam est désigné sous le nom de l'Oued El-Habra, qui l'Oued Sig pour former l'Oued Mecta. Les apports de l'Oued El-Hammam sont régularisés par trois (03) Barrages : Ouizert, Bouhanifia, Fergoug.

- **L'Oued Mabtouh**

L'Oued prend sa source dans les hautes plaines steppique aux environs de Ras-El-Ma. Il reçoit l'apport de l'Oued Tadjmout (il draine la zone steppique de la wilaya de Tlemcen en partie) et de l'Oued Faïd Taga (il draine les monts de Slissen) sur sa rive gauche. Et il reçoit également de l'Oued Lamtar, et l'Oued Aissa sur sa rive droite. En aval de la wilaya de Sidi-Bel Abbès, il reçoit son affluent le plus important : l'Oued Sarno, régularisé par un barrage d'une capacité initiale de 22 Hm<sup>3</sup>/an.

A l'intérieur du territoire de la wilaya de Mascara, L'Oued Mabtouh est actuellement régularisé par le Barrage de Cheurfa (II). La densité de drainage et des affluents sont très faibles (voir tableau suivant) caractéristique ainsi un chevelu lâche ce qui ne permet pas une évacuation rapide d'eau d'écoulement, d'où le temps important de concentration (37 heures).

En conclusion, le Bassin versant de la Macta présente des caractères Morpho métriques propices au ruissellement de surface. Néanmoins cette aptitude est atténuée par des caractéristiques hydrographiques relativement défavorables.

### 3.2.4 Potentialités en eau

L'apport moyen global des ressources superficielles mesuré au niveau des barrages (Fergoug et Cheurfa), est de 200 Hm<sup>3</sup>/an (tableau V.3). En plus de 50,325 Hm<sup>3</sup> mesurés dans la partie Est de la wilaya qui appartient au bassin versant de l'Oued Mina, ce dernier volume participe en partie à l'alimentation du barrage de Sidi-M'hamed Benaouda (Relizane).

Ces apports pourraient être affectés annuellement soit du fait des prise sur Oueds pour irrigations, soit du fait des crues qui pourraient être très importantes comme celle de 1927 qui a détruit le barrage de Fergoug (elle a été estimée à 3000 m<sup>3</sup>/sec).

**Tableau V.3 Apport d'eau annuel mesure au niveau des Barrages de régulation**

Sous bassin versant	Volume	Période	Observation
O.El-Hammam : Apport moyen annuel au niveau du Barrage Fergoug.	141	1934 à 1989	Minimum garantie
O.Mabtouh : Apport moyen annuel au niveau du Barrage Cheurfa	59	1942 à 1982	Minimum garantie
Apport global	200	-	Minimum garantie

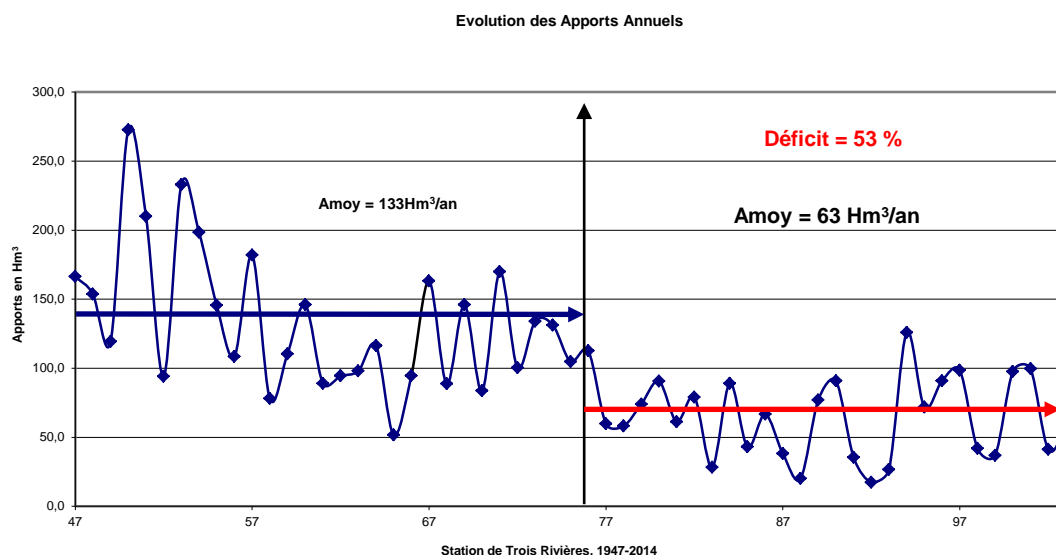
Source : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2010

L'analyse des séries d'observations hydrologiques enregistrées à l'ouest comme au centre du pays, montre aisément ce caractère déficitaire qui a tendance à s'accroître d'avantage dans les prochaines années à venir, compte tenu de la forte exploitation des ressources en eau.

Ainsi, dans les Monts de Bénichougrane à la station de "Trois Rivières" comme dans le bassin de la Macta (Mékerra), il a été enregistré pour la période antérieure à 1975, une succession de longues périodes sèches (10 à 15 années hydrologiques consécutives), intercalées de séquences humides régulières très courtes (2 à 3 années), donnant un apport moyen annuel évalué à près de 133 Hm<sup>3</sup> (figure V.2).

Quant à la période des trois dernières décennies, les apports chronologiques contrôlés en cette station suivent une tendance négative, constituée d'écoulement très réduit sans aucune séquence humide qui soit remarquable.

En nette régression, le déficit ainsi accusé a dépassé les 50% dont la majorité des précipitations tombées dans le bassin ont plutôt servi à recharger les réserves phréatiques à caractère, le plus souvent surexploités par les forages d'alimentation en eau potable et d'irrigation.



**Figure V.2- Evaluation des apports annuels la station de ‘Trois Rivières’**

#### 4 RESSOURCES EN EAU, MOBILISATION ET GESTION

Les ressources hydriques dans les Bénichougrane proviennent d'une pluviométrie mensuelle et annuelle irrégulière variant entre les zones du massif de 300 à 600, mm selon les années.

Ainsi, comme tous les massifs montagneux, le massif des Bénichougrane constitue un château d'eau pour les zones avales, zones de plaines en général, et notamment la zone Nord immédiate au massif correspondant à la plaine de Habra et plus largement pour l'alimentation du bassin versant de la Macta (N°11) et dans une moindre mesure celle du bassin versant côtiers Oranais (N°04)

Quant aux eaux souterraines, elles sont quelques peu mobilisables dans les fonds de vallées quand la lithologie le permet, lithologie (marnes) qui par ailleurs ne permet pas la constitution d'aquifères donc l'existence de sources dans les zones amonts.

##### 4.1 Infrastructures hydrauliques

Les ouvrages de mobilisation des eaux au niveau du massif montagneux des Bénichougrane sont de deux types voir Figure V.3:

- Infrastructures de mobilisations des eaux superficielles ; se matérialisent par des ouvrages de la grande hydraulique (barrages), et la petite et moyenne hydraulique (retenues collinaires).



- Infrastructures de mobilisation des eaux souterraines ; se matérialisent par les forages, les sources et puits.

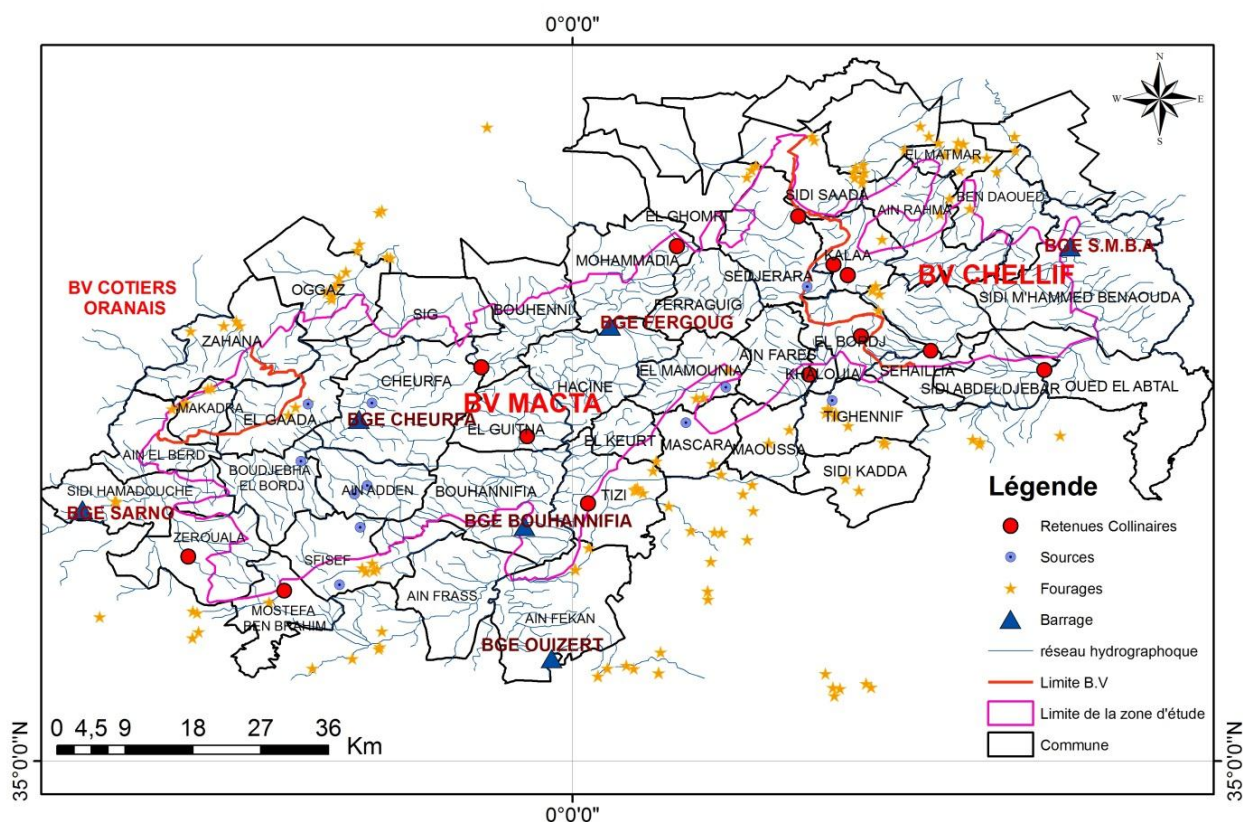


Figure V.3- Carte de localisation des infrastructures hydraulique

#### 4.1.1 Infrastructures de mobilisation des eaux superficielles

La mobilisation des eaux superficielles dans le massif de Beni Chougrane se fait à l'aide de trois barrages de Bouhnifia, Fergoug et celui de Cheurfa ainsi que neuf retenues collinaire. Les caractéristiques techniques des barrages sont données dans le tableau V.4 ci-dessous :

Tableau V.4 Infrastructures hydrauliques de surface (barrages)

Barrages	Capacité initiale en Hm <sup>3</sup>	Capacité actuelle Hm <sup>3</sup>	Volumes en Hm <sup>3</sup>	Taux de remplissage %	Taux d'envasement %
Bouhnifia	72	34.14	18.150	53.16	52.58
Cheurfa	80	70.21	27.042	38.51	12.23
Fergoug	17.0	1.033	1.033	100	93.92
<b>Total</b>	<b>169</b>	<b>105.83</b>	<b>46.225</b>	<b>42.50</b>	<b>37.37</b>

Source : ANBT, 2018

Le volume d'eau mobilisé par les trois barrages est évalué à environ 46.225 Hm<sup>3</sup> avec un taux de remplissage de 42.50 %. Ces trois barrages constituent une source principale d'alimentation en eau des nombreuses communes du massif de Beni Chougrane, et plus particulièrement celles des wilayate de Mascara et de Sidi Bel Abbès (Sfisef, Mustefa Ben Brahim, Ain Adden et Boudjemaa El Bordj).

### a. Barrage de Bouhanifia

Le barrage de Bouhanifia situé sur l'oued El Hammam, à 30 km au nord-Ouest de Mascara, est construit en 1948 en enrochement avec un masque étanche en asphalte. Sa superficie au droit du site est de 7 854 km<sup>2</sup>. La capacité initiale de ce barrage était de 72 hm<sup>3</sup>.

Depuis sa mise en service, cette capacité n'a cessé de diminuer à cause d'une forte érosion, constatée sur le bassin versant. Ainsi la capacité a diminué jusqu'à 34.14 hm<sup>3</sup> et à 38.11 hm<sup>3</sup> d'après le levé bathymétrique (LEM-GEOID, 2003). En effet, ce dernier présente un taux d'envasement de 52.58 %.

La retenue normale est à la coté 291.05 m et la retenue maximale à la coté 300,0 m est de 67.80 hm<sup>3</sup>.

Grâce à une centrale hydraulique installée au barrage de Bouhanifia, la retenue de Fergoug peut recevoir des quantités d'eau nécessaires à la satisfaction des besoins en eau des utilisateurs se trouvant à l'aval cette retenue. Le volume régularisé servant de base aux études de régularisation ultérieure est de 96,9 hm<sup>3</sup>/an.

L'apport d'eau naturel moyen annuel entrant de barrage de Bouhanifia est de 132 hm<sup>3</sup>/an. L'apport d'eau réel moyen annuel est quant à lui de 62 hm<sup>3</sup>/an. Cet apport est constitué du volume régularisé lâché par la retenus de Ouizert et de l'apport naturel de l'oued El Hammam arrivant à la retenue de Bouhanifia.

L'apport annuel des transports solides à la retenue de Bouhanifia, est estimé à 0,5 hm<sup>3</sup>/an. Les précipitations moyennes annuelles sur la retenue sont évaluées à 420 mm/an. Quant à l'évaporation annuelle, elle est de 1 300 mm/an.

Les utilisateurs d'AEP sont les villes de Hacine, Guetna, Mascara et Mohammedia. Leurs besoins respectifs sont de 1 Hm<sup>3</sup>/an. Ceux-ci sont considérées comme constants c'est-à-dire 1/12 du total des besoins annuels. L'autre utilisateur est l'agriculture. Les besoins en eau des périmètres environnants sont de 80 Hm<sup>3</sup>/an.

### b. Barrage de Cheurfa

Le barrage de Cheurfa II est situé sur l'Oued Metbouh en amont de l'ancien barrage Cheurfa I qui est actuellement envasé. La superficie du BV jusqu'au site du barrage est de 4 190 Km<sup>2</sup> dont celle du BV de Sarno est de 282 Km<sup>2</sup>.

Ainsi la capacité a diminué jusqu'à 70.21 hm<sup>3</sup> et aussi d'après le levé bathymétrique de LEM-GEOID effectué en 2003. En effet, ce dernier présente un taux d'envasement de 12.23 %. La retenue normale est à la coté 225.60 m et la retenue maximale à la coté 228,00 m est de 82.80 hm<sup>3</sup>.

La retenue de Cheurfa est à la régularisation des apports de l'Oued Mebtouh, résultat de la jonction de l'affluent Mekerra avec Sarno. Les apports de l'Oued sont régularisés par le barrage de SARNO.

La retenue de Cheurfa est destinée à fournir de l'eau d'irrigation au paramètre de Sig d'une superficie de 5 600 ha. Le volume régularisé est de V<sub>rég</sub>=38 Hm<sup>3</sup>/an. L'apport d'eau moyen annuel au site du barrage est estimé à 59,15 Hm<sup>3</sup>.

Pour déterminer les apports solides de Cheurfa, nous avons utilisé les données d'envasement de l'ancien Cheurfa I. Cet apport est évalué à  $0,36 \text{ Hm}^3/\text{an}$ . Les précipitations moyennes annuelles sur la retenue sont évaluées à  $350 \text{ mm}/\text{an}$ . Quant à l'évaporation annuelle, elle est de  $1248.9 \text{ mm}/\text{an}$ .

Les besoins en eau potable de la région seraient satisfaits par le réservoir de Sarno, en amont de Cheurfa. Pour couvrir les besoins annuels, un volume de  $4 \text{ Hm}^3$  est utilisé. Les besoins du périmètre de Sig s'élèvent à  $32 \text{ Hm}^3/\text{an}$  ce qui correspond à  $38 \text{ Hm}^3/\text{an}$  en considérant les pertes estimées à environ 20%.

### c. Barrage de Fergoug

Situé sur la confluence des Oued El Hammam et Fergoug, à 18 Km au Nord de Mascara, ce barrage de Fergoug est l'un des premières à être construit en Algérie, dont la superficie du B.V au site du barrage est de  $8\,424 \text{ Km}^2$  (y compris Bouhanifia et Ouizert).

Sa première mise en eau a eu lieu en 1866. En 1927, une crue évaluée à  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  l'a complètement détruit. En 1966, il a été surélevé. La contribution du barrage de Fergoug est pratiquement négligeable, du fait de son faible capacité de retenue ( $17 \text{ Hm}^3$ ), et son fort taux d'envasement (94 %). Le premier dévasement a commencé en 1989.

Le volume régularisé joue le rôle de répartiteur d'eau fournie par les barrages amont, entre les différents demandeurs qui sont les villes Mohammadia et Sig (AEP et AEI.) et la plaine agricole de Habra. L'apport moyen annuel au barrage de Fergoug est de  $141 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , à partir de débit régularisé de Bouhanifia et d'un apport supplémentaire provenant du bassin intermédiaire.

Les précipitations moyennes annuelles sur la retenue de Fergoug sont de  $420 \text{ mm}/\text{an}$ . Quant à l'évaporation annuelle, elle est de  $1\,300 \text{ mm}/\text{an}$ . L'apport annuel de vase du barrage est d'environ  $05 \text{ Hm}^3/\text{an}$ . Le volume régularisable prévu pour la retenue dans le cas d'un fonctionnement est de  $1.5 \text{ Hm}^3/\text{an}$ .

En tenant compte de ce qui précède, nous pouvons conclure que malgré la faiblesse de son volume utile, la retenue de Fergoug peut satisfaire les besoins d'AEP et d'irrigations durant la période entière d'exploitation grâce à l'appoint des volumes régularisables d'Ouizert et de Bouhanifia.

### d. Les retenues collinaires

On compte douze retenues collinaires en exploitation à travers les monts de Benichougrane. Ces retenues, dont la capacité totale est évaluée à  $3\,289\,800 \text{ m}^3$ , détaillée dans le Tableau V.5. La gestion est confiée à des associations d'intérêt commun (AIC) à des fins d'irrigation.

**Tableau V.5 Infrastructures hydrauliques de surface**

wilaya	Commune	Nom Retenue Collinaire	Capacité m <sup>3</sup>	année de la mise en service
<b>Mascara</b>	Sig	Khrouf	319400	2013
	Menaouer	Sidi Amar	450686	2012
	Khalouia	Boufane	460000	2012
	Bordj	Medreg	123000	2014
	Sedjerara	Benitimi	272864	2009
	Mohammadia	Shaouria	235454	2012
	S/A/Djebbar	Ftough	108280	2013
	Guitna	Ben chrif	332266	2012
	Tizi	Dra el ouest	106850	2011
<b>S/B/Abess</b>	Zerouala	Louza	235000	2008
	Mosttefa ben brahim	Oued Bouchoucha	85000	2005
<b>Relizane</b>	El Kalaa	Oued Yellel	544000	2008
		Oued Mesrata	17000	2008
<b>Capacité Total m<sup>3</sup></b>			3289800	

Source : (ABH, 2018)

#### 4.1.2 Infrastructures de mobilisation des eaux souterraines

Au niveau du massif montagneux des Béni Chougrane, les eaux souterraines sont les ressources les plus sollicitées pour l'alimentation en eau potable (AEP). Ces dernières sont exploitées comme suit :

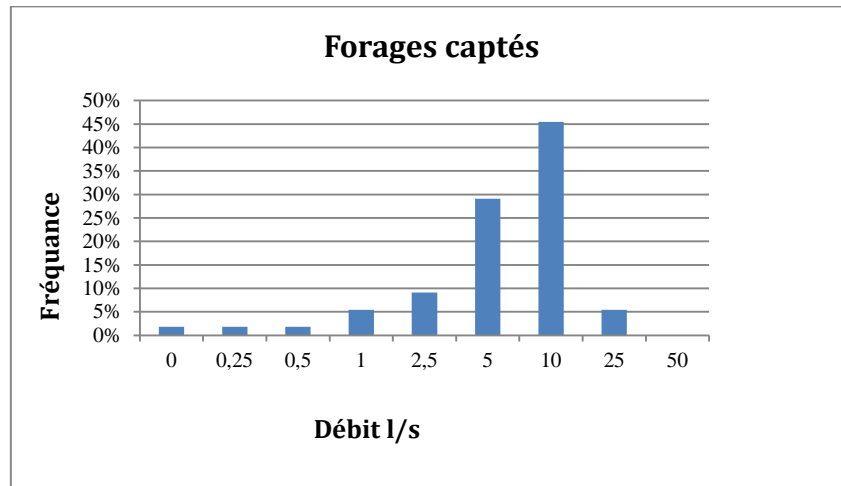
- b. **Les forages** : le mode d'exploitation par forage est le plus répandu pour de nombreuses communes. Les débits sont fonction des conditions hydrogéologiques, ils varient considérablement selon les conditions locales de 170 l/s au niveau de la commune de Tizi, à 6 l/s au niveau de la commune d'El Keurt.
- c. **Les Sources** : Elles contribuent à l'alimentation en eau potable et agricole des zones rurales. Elles sont cependant très limitées, et se localisent notamment au niveau des communes de moyenne montagne, à savoir ; Sfisef, Makkedra, Ain Adden, El Mamounia, Cheurfa et El Gaada. Le débit varie entre 2 l/s à 15 l/s.
- d. **Les Puits** : les nombreux puits domestiques, relèvent surtout de l'initiative privée et par conséquent, ils échappent complètement au contrôle des services techniques de l'hydraulique. Toutefois vu leur nombre, ils contribuent pour une large part à l'irrigation, à l'abreuvement du cheptel et à l'eau de consommation dans les zones éparses. Les communes dotées officiellement de puits sont au nombre de trois (03), il s'agit de la commune d'El Gaada, Tizi et Ferraguig, avec chacune un puits d'un débit de 3 l/s.

## 5 UTILISATION DE L'EAU

### 5.1 L'alimentation en eau potable (AEP)

L'alimentation en eau potable des communes dans la zone d'étude est assurée essentiellement par des captages gravitaires (barrages), aux sources et forages sont captés pour l'alimentation en eau potable qui présente un faible débit d'étiage.

La plus part des sources captées ont un débit d'étiage inférieur ou égal à  $100 \text{ m}^3/\text{jour}$  ( $1,15 \text{ l/s}$ ) comme celle de Sidi Daho (Mamounia), Ouled Ali Bouziane (Cheurfa), Ain Guetarra (El Gaada). Seuls quelques forages ont un débit d'étiage supérieur à  $860 \text{ m}^3/\text{jour}$  (soit  $10 \text{ l/s}$ ) (figure V.3).



**Figure V.4 Répartition des débits d'étiage des Forages de Bénichougrane**

Sur le plan quantitatif, les sources présentent d'importantes variations saisonnières de leur débit, en fonction de l'extension du bassin versant, de la pluviométrie et du type d'aquifère déterminant les infiltrations et les relations avec les eaux de surface (Doerfliger et al., 1997 ; Plasmann, 1998 ; Muet et al., 2006). Sur le plan qualitatif, les sources issues des aquifères karstiques sont généralement de bonne qualité, à cause du faible degré de filtration.

De par, l'étendue de leurs aquifères karstiques, elles sont vulnérables à l'occupation du sol (pollution) et à la diversité des pratiques. L'évaluation de la qualité s'appuie sur les analyses réalisées par l'ADE et/ou APC. Une appréciation est attribuée pour chaque captage en suivant la méthode du facteur limitant. Elle ne tient compte de la pollution ponctuelle qu'à bout de trois analyses, dont l'une d'entre elles n'est pas conforme.

Le choix de deux périodes de référence s'explique par le fait que sur plusieurs captages, une amélioration de la qualité se fait ressentir, correspondant à la mise en place de périmètres de protection sur une partie des sources.

### 5.2 Qualité des eaux souterraines

D'après les résultats de l'ADE, les eaux souterraines destinées pour l'alimentation en eau potable sont en général de bonne qualité physico-chimique. Le chimisme des eaux analysées est caractérisé par 4 faciès : chloruré et sulfaté calcique et magnésien pour la majorité des puits d'eau, le faciès bicarbonaté calcique et magnésien, chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique et bicarbonaté calcique et magnésienne (annexe A1).

Ceci indique que les eaux des nappes locales ne présentent pas un grand risque et sont bonnes pour l'irrigation. Par contre, concernant les classes C3S1 (annexe 2), elles désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées. Cette minéralisation se manifeste en contact avec la plaine de Ghriss. L'adjonction périodique de Gypse peut être bénéfique et contrôle périodique de l'évolution de la salinité

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines se limite aux sources communales captées pour l'alimentation en eau potable et suivies par les services de gestion (ADE) et l'ANRH. Concernant les captages privés autorisés évalués à 1932 depuis 1988, recensés sur les monts de Bénichougrane par la DRE, sont utilisés pour des consommations saisonnières (l'irrigation, l'industrie, bain, douche et station de service).

Quant aux eaux superficielles, jusqu'à présent, la direction du contrôle (ANRH) fait les suivis de la qualité des eaux brutes mensuellement, alors que la nouvelle réglementation impose des analyses plus complètes, et par conséquent moins fréquentes. Elles ne seront pas adaptées aux problématiques des territoires de montagne car elles porteront sur des nouveaux paramètres comme les pesticides.

### **5.3 Une disponibilité inégale de l'approvisionnement en eau potable (AEP)**

La situation générale se caractérise actuellement par un important déficit en eau potable qui touche pratiquement l'ensemble des communes du massif montagneux des Béni Chougrane. Pour illustrer toute l'ampleur de ce déficit, il suffit de rappeler que les besoins en AEP sont estimés à environ 109 803 m<sup>3</sup>/j. Alors que les ressources en eau mobilisées pour l'AEP sont estimées à environ 236378m<sup>3</sup>/j, soit un taux de satisfaction de l'ordre de 71,30 %.

Les prélèvements actuels à partir de production de dessalement sont de 165 770 m<sup>3</sup>/j concernant les communes de la wilaya de Mascara (Mascara, Mohammadia, Sidi Abdelmoumene, Mocta Douz, Ras el Ain Amirouche, Bouhenni, Sig, Oggaz, Alaimia, El Ghoumri et Sedjrrara).

La dotation en eau par habitant est estimée en moyenne à 120 l/j/hab avec toutefois des écarts très importants d'une commune à une autre. Les dotations moyennes journalières en AEP varient entre 70 l/j/hab au niveau de la commune d'Ain Adden et de 149 l/j/hab au niveau de la commune de Boudjebaa El Bordj. Parmi les communes les plus défavorables, on trouve, la commune d'Ain Adden, et Zerouala de la moyenne montagne qui présente respectivement des dotations moyennes de 45 l/j/hab, et de 47 l/j/hab.

Les dotations les plus fortes sont enregistrées au niveau des communes de ; Boudjebaa El Bordj avec 149 l/j/hab, Mostefa Ben Brahem avec 146 l/j/hab, Mascara avec 150 l/hab/jour et les communes d'El Gueitna, Hacine et de Bouhnifia avec une dotation de 120 l/j/hab chacune. De l'analyse de la dotation journalière en AEP des communes du massif montagneux des Beni Chougranes, il apparaît d'une manière générale, que la situation en matière d'alimentation en AEP diffère d'une commune à l'autre.

- Hormis les chefs-lieux qui sont globalement raccordés au réseau AEP, pour beaucoup de communes la situation est très peu réjouissante car les douars sont tributaires de fontaines, de puits et de sources aux débits souvent aléatoires. Il s'agit en particulier des communes de Sfifef, Ain Adden, Ain El Berd et Ain Fares. Les dotations par habitant et par jour sont très faibles.

- Pour la zone de moyenne montagne, de nombreuses communes souffrent du manque d'eau et notamment les douars qui sont en général tributaires des fontaines et de puits aux débits très aléatoires et particulièrement durant la saison estivale.
- Les situations les plus critiques se concentrent au niveau des communes suivantes : Oggaz, Ben Baoud, Kalaa, Ferraguig, Zahana, Sedjara, Sidi Saada, Cheurfa et dans une moindre mesure El Bordj.

Les communes les plus défavorables en matière de raccordement au réseau d'AEP, et dont les taux de raccordement ne dépassent pas les 53 %, sont essentiellement des communes de piémont, il s'agit en fait, de la commune d'Ain Rahma (34.22 %) et de la commune de Kalaa (51.4 %).

Le taux de raccordement de 100 %, a été constaté au niveau de certaines communes faisant partie de la wilaya de Mascara, à savoir, Sehailia, El Gaada, Tighennif, El Menaouer, Sidi Abdeldjebar, Bouhnifia, El Bordj, Tizi, El Keurt et Khalouia qui appartiennent à la moyenne montagne, ainsi que les communes de piémont, d'El Gueitna, Hacine et Oued El Abtal.

#### **5.4 L'alimentation en eau agricole (AEA)**

Sur la base des superficies irriguées qui sont de 18 824,15 ha, les besoins actuels en eau seraient de l'ordre de 516 000 m<sup>3</sup>/j. En l'absence de données concrètes sur la consommation en eau pour l'agriculture, il n'était pas possible d'évaluer le déficit en la matière pour l'ensemble du massif.

#### **5.5. Situation de l'approvisionnement en eau industrielle (AEI)**

Le caractère rural de la majorité des communes du massif montagneux des Béni Chougrane n'a pas favorisé la mise en place d'une industrie grande consommatrice d'eau. Les unités industrielles consommatrices d'eau sont localisées au niveau des communes suivantes :

- La commune de Mascara chef-lieu de wilaya, avec une consommation en AEI de 7800 m<sup>3</sup>/j, soit 2 847 000 m<sup>3</sup>/an ;
- La commune de Zahana (piémont) qui compte deux cimenteries, dont un est à l'arrêt. La consommation en AEI est estimée à 691,20 m<sup>3</sup>/jour, soit, 252 288 m<sup>3</sup>/an ;
- La commune d'Oggaz (piémont) qui compte une cimenterie. La consommation en AEI est estimée à 417.84 m<sup>3</sup>/jour soit 152 514 m<sup>3</sup>/an ;
- Les communes de Tizi (produits laitiers et dérivés, fabrication de file et produit ferreux...etc.), Sig (conserverie fruits et légumes, conserverie d'olives...etc.) et Mohammadia (fabrication carrelage, parpaing...etc.).

## **6 CARACTÉRISTIQUES ENVIRONNEMENTALES DU TERRITOIRE DE BENICHOUGRANE**

Cette partie a pour objectif de présenter les caractéristiques environnementales des milieux aquatiques, en insistant sur la qualité des eaux de surface et le rôle hydrologique des zones humides. L'appréciation de la qualité des eaux de surface s'appuie sur des mesures physico-chimiques, biologiques des retenues d'eau existantes.

## 6.1 LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE

### 6.1.1 Contrôle et surveillance de la qualité de l'eau

Le suivi de la qualité des eaux de surface et souterraines est assuré par les laboratoires de surveillance (mesures physico-chimiques et bactériologiques) de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et les laboratoires d'hygiène de wilaya relevant du Ministère de la Santé (mesures microbiologiques) avec le laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE).

Faute d'un programme national de surveillance et de coordination intersectoriel, le rendement global de ce réseau reste très limité. L'absence de normes de qualité pour les milieux récepteurs, le manque de moyens au niveau des inspections et le retard pris dans le déploiement d'une véritable police des eaux sont des facteurs supplémentaires expliquant le faible exercice de la puissance publique.

### 6.1.2 Qualité générale des cours d'eau

D'une façon générale, eu regard aux enjeux et des directives de l'ANRH, les territoires de montagne ne constituent pas des zones prioritaires pour les eaux de surface et souterraines polluées (pesticides, nitrates). Or ce constat général ne suppose en rien qu'il n'y a pas de pollution des eaux de montagne.

Les cartes de qualité des eaux publiées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques montrent que des tronçons importants de cours d'eau dans le bassin de Macta sont aujourd'hui pollués. Pour certains de ce bassin, des systèmes d'épuration ont été réalisés ou sont en cours de réalisation.

### 6.1.3 Indicateurs de la qualité physico-chimique

L'évaluation de la qualité des eaux de barrages est estimée grâce à la mesure de certains paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution (minérale, organique, azotée et phosphorée). Elle est donnée en comparant les résultats d'analyses aux bornes de la grille de qualité annexe A3.

Au vu des résultats d'analyse, les eaux retenues des barrages Fergoug, Bouhanifia et Cheurfa sont de mauvaise qualité, alors que ils sont destinées à la consommation humaine, nécessite un traitement poussé en raison de leurs fortes teneurs en matières organiques (DBO<sub>5</sub>, DCO, MO), composés azotés (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et composés phosphorés (PO<sub>4</sub>).

Le chimisme des eaux des trois barrages analysées est caractérisé par un seul faciès : chlorurée sodique et potassique ou sulfatée pour les deux périodes hivernale et estivale (annexe A4). Ce faciès est dû à la dégradation des sels des différents types du sol le long des cours d'eau. La dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau est due soit aux apports externes, soit à l'oxydation de la matière organique, soit à la nitrification de l'azote.

L'aptitude des eaux de surface à l'irrigation dans les deux périodes (hivernal, estival) sont évalués par indice croisé SAR/ Conductivité ou on trouve que les eaux du barrage de Bouhanifia sont classées dans la classe C3-S2, eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel, sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage, contrôle périodique de l'évolution de la salinité et la jonction périodique de Gypse peut être bénéfique.



Par contre, pour les deux barrages Fergoug et Cheurfa les eaux sont classées dans la classe C3-S3 ou les espèces doivent être au sel, et les sols doit être très perméable et bien drainé voir annexe A5.

Au niveau de la qualité physico-chimique évaluée au moyen des paramètres des normes de rejet des eaux algérienne extrait du décret exécutif N°36 du journal officiel du 21/06/2009, réglementant les rejets d'effluent liquides regroupés en 17 altérations (température, nitrates, pesticides...).

Les dernières études réalisées pour les eaux des stations d'épurations des Monts Béni Chougrane montre une qualité physico-chimique globalement bonne en été 2015, notamment à l'aval des stations d'épuration de Bouhanifia et Hacine donc les eaux usées épurés sont rejetées dans Oued El Hammam à l'amont du barrage Fergoug.

En période d'étiage où les faibles débits des cours d'eau sont limités, l'autoépuration naturelle diminue, et par conséquent la sensibilité du milieu aquatique à la pollution augmente considérablement. Les impacts anthropiques sont amplifiés sur la même période par les prélèvements et les rejets des effluents dans Oued el Hammam, surtout à l'aval de la station thermale de Bouhanifia du fait de sa grande influence touristique.

La hausse des températures combinées aux faibles débits pénalisent également le milieu, comme c'est le cas sur les bassins versant d'Oued El Hammam à son exutoire au niveau du barrage Fergoug. C'est pour ces raisons que les analyses s'effectuent sur ces périodes critiques, estivales et hivernales sont nécessaires.

Une autre caractéristique des eaux de montagne est leur faible température et l'oxygénation (hormis en fin de période estivale), deux paramètres qui limitent le phénomène d'eutrophisation. La première pollution à l'échelle du bassin versant induite par des rejets reste l'altération des matières azotées, qui apparaît sur le fond des cours d'eau, notamment Oued El Hammam et Oued Mabtouh.

#### **6.1.4 Indicateurs de la qualité biologique**

En ce qui concerne la qualité biologique, les débits de montagne limitent la diversification des grands habitats d'invertébrés en raison de leur écoulement rapide et de leur transport solide. La méthode IBGN est déterminée par deux paramètres: la nature du substrat et le débit. Bien que l'on puisse reprocher à la méthode IBGN de ne pas prendre en compte le facteur thermique, qui peut surestimer la qualité biologique réelle (Insardi, 2007), elle reste la méthode de mesure de la qualité biologique la plus utilisée.

Sur la cinquantaine identifiée par l'ANRH, seuls deux substrats existent dans les tables montagneuses: le granulats grossier et les grands gisements minéraux. Le manque de biodiversité des habitats limite la diversité des espèces. Chaque être vivant est adapté à un habitat particulier. Dans les zones de bassins versants, la qualité biologique est plus difficile que la qualité physique, en particulier pour les barrages. Ce secteur correspond aux parties les plus urbanisées des bassins versants, ce qui signifie un changement de qualité biologique dû à l'exploitation de barrages anti-tempête et à d'autres excès de systèmes d'épuration, notamment en cas de fort taux de pétrole.

## 6.2. SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

### 6.2.1 Délimitation des masses d'eau sur la zone:

La question qui se pose ici concernant les eaux des barrages est-il bonne à la consommation humaine avec les sécrétions et la matière visqueuse des piscicoles qui vivent dans ces eaux ?

La « masse d'eau » est le terme technique introduit par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) pour désigner une partie de cours d'eau, de nappe d'eau souterraine ou de plan d'eau présentant des caractéristiques physiques, biologiques et/ou physico-chimiques homogènes.

Sur la zone de Bénichougrane, deux masses d'eau superficielle sont été délimitées, les deux sont des cours d'eau, un porte un plan d'eau artificielle barrage Cheurfa et le deuxième cours d'eau porte deux barrage Bouhanifia et Fergoug.

La délimitation prend en compte les caractéristiques climatiques, géologiques et topographiques qui définissent les écorégions aquatiques, la taille, appartenant à une pisciculture et l'existence d'activités humaines perturbant fortement l'état de l'eau.

Ces masses d'eau ont été délimitées en tant que sites de référence pour leurs faibles impacts anthropiques. Quant aux eaux souterraines, les sous bassins versant de Beni Chougrane correspond à la masse d'eau des alluvions de Mabtouh et Hammam avec un risque de non atteinte du bon état jugé faible potentialité.

Sur les bassins versant de Béni Chougranne, les masses d'eau des barrages sont destinés pour l'irrigation, à cause des modifications de leurs caractéristiques hydro-morphologiques induites par l'aménagement.

### 6.2.2 Pertinence de la masse d'eau

La question reste de savoir quelle importance revêt l'évaluation des masses d'eau. Cette méthode, qui est transférable au niveau national, fournit-elle des informations sur la qualité environnementale des bassins versants au niveau des bassins versants?

En premier lieu, la délimitation des masses d'eau rend difficile une évaluation globale, tant le contexte géomorphologique et le fonctionnement hydrologique peuvent être hétérogènes à l'échelle d'une masse d'eau. L'exemple de la masse d'eau de la plaine alluviale à l'aval des stations d'épuration de Bouhanifia, Hacine des parties non endiguées correspondant aux zones de tressage où il y a une bonne recharge sédimentaire, à des parties fortement endiguées.

#### 6.2.2.1 Les manques de connaissances écologiques

Des reproches sont faits sur la méthode de calcul du bon état issue de données d'experts. Cette remarque renvoie à un manque de connaissances et de méthodes qui fait l'objet de travaux de recherches associant le CNRDPA et des chercheurs de l'université.

En effet, le bon état global d'une masse d'eau soulève deux champs où les connaissances restent incomplètes. Le bon état chimique nécessite des recherches sur la toxicité de certaines substances d'une part, et d'autre part, sur le lien entre les concentrations de ces substances

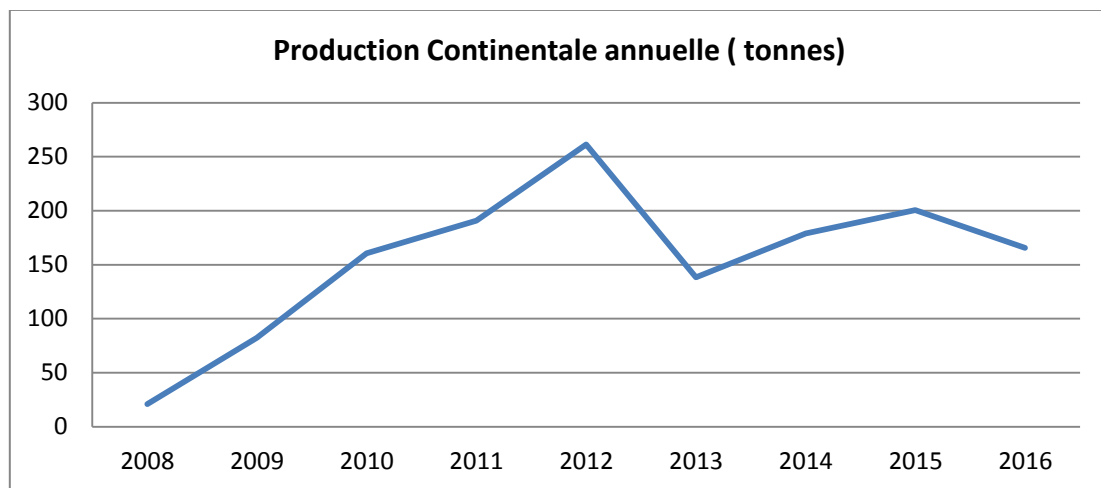
chimiques dans les milieux et les altérations des peuplements qui devrait constituer une validation des normes proposées.

Quant au bon état écologique, il soulève la question de la relation entre la qualité physique, hydro-morphologique et la réponse biologique du système. Le premier obstacle rencontré est l'évaluation de la qualité physique.

A ce jour, il n'existe pas de méthode publiée pour évaluer la qualité physique d'un cours d'eau. Si les typologies de faciès d'écoulement s'appuient sur une méthodologie publiée (Malavoi, 1989), en revanche le passage d'un faciès à une note sur les potentiels biologiques et la qualité physique, fonction des hauteurs d'eau et des débits, reste encore subjectif.

La méthode standard mise au point par l'antenne de la pêche et des ressources halieutique de la wilaya de Mascara (APRHW), a été utilisée avec un aide de l'unité de statistique installé à travers les barrages dans le cadre du recrutement provisoire.

Elle permet d'apprécier la capacité biogène d'un secteur d'étude en se basant sur les principales composantes de la qualité physique : l'hétérogénéité, l'attractivité, la connectivité et la stabilité. Sa principale limite est la subjectivité de son système de quantification de la production annuelle (figure VI.1).



**Figure VI.1 Graphe de la variation de la production continentale de la période 2008-2016**

Il est à remarquer que la qualité physique d'un milieu est un levier incontournable pour atteindre le bon état écologique. L'enjeu est de taille, et plus particulièrement pour les masses d'eau de montagne où la qualité physique est le facteur le plus limitant.

Dans les bassins versant des monts de Benichougrane, la définition de sites de références s'est appuyée sur leur position prendre en compte, l'érosion, les glissements de terrain qui peuvent perturber les apports des matières en suspension, le peuplement aleviné qui fait le rétrécissement du degrés d'envasement des plans d'eau en débarrassant de phyto et zooplancton d'après l'hypothèse des représentants de la pêche.

Un travail d'intégration du degré de réversibilité des modifications imposées reste à faire. Il conviendra de déterminer si la rivière pourra (effets réversibles) ou non (effets irréversibles) retrouver sa morphologie antérieure à l'aménagement dans un temps très court à l'échelle humaine.

L'effet cumulé n'a pas été non plus pris en compte dans l'évaluation des masses d'eau. Un prélèvement isolé peut ne pas se traduire par une modification significative du volume d'eau

moyen écoulé annuellement. Par contre la somme des prélèvements d'amont en aval peut avoir un impact plus que significatif. La méthode actuelle ne prend pas en compte cet effet cumulatif.

Enfin, il faut rester prudent sur les évaluations de la qualité des masses d'eau du fait du manque de connaissances sur l'ensemble des écoulements et leur écologie.

#### **6.2.2.2. Actualisation de l'évaluation de la qualité des masses d'eau**

Faute de grille d'évaluation multicritère plus précise qui intègre des paramètres physicochimique et biologiques, nous proposons d'appliquer la grille du non atteinte au bon état (NABE) aux masses d'eau des bassins versant des monts de Benichougrane. L'objectif est d'affiner les résultats en s'appuyant sur des études sur les rivières qui ont suivi l'évaluation nationale.

La grille NABE est une grille multicritère qui évalue différents types d'impacts sur le milieu dans l'objectif de définir le niveau de perturbation de la masse d'eau actuelle. En sommes, les deux barrages (Bouhanifia et Cheurfa) présentent un bon potentiel biologique et piscicole. Les secteurs de mauvaise qualité physico-chimique des eaux résultent des rejets des stations de lagunage de Bouhanifia et Hacine. Celle des deux communes a entraîné de forts impacts sur le peuplement piscicole surtout dans le barrage de Fergoug.

Les deux masses d'eau à l'aval du barrage il faut déclassées à cause des effets irréversibles sur le milieu, tant sur la modification du régime hydrologique que sur la continuité amont aval et sur la fonctionnalité des milieux connexes : obstacle infranchissable, rétrécissement de la bande active, colmatage des fonds...

Au vu de l'absence d'aménagement contrôlant le transit sédimentaire, barrage Bouhanifia semble être de meilleure qualité physique et s'avère intéressant en termes de production biologique pour carpe grande bouche d'après la direction de la pêche.

Concernant le cours d'eau principale d'oued el Hammam à l'amont des stations de Bouhanifia, les facteurs naturels (gorges, encaissement du lit, fort débit et pente forte) et anthropiques (endiguement) limitent les possibilités de divagation du lit, et par endroit sa recharge sédimentaire. Cela entraîne une incision plus en aval, où des seuils ont dû être installés. Ce secteur reste très hétérogène, d'un point de vue de son fonctionnement hydro morphologique.

### **Conclusion**

Ce chapitre met l'accent sur la forte variabilité des ressources tant spatiale que temporelle à l'intérieur d'un même bassin versant des monts de Benichougrane. Il ressort un décalage important entre les précipitations constantes toute l'année et les débits des sources et des cours d'eau très limités. Il résulte aussi bien des conditions météorologiques que des paramètres physiques du bassin versant (géologie, altitude, pente).

Du point de vue des sources, les territoires d'altitude se caractérisent par de faibles capacités de réservoir des aquifères. Les faibles débits d'étiage et la vulnérabilité des sources de montagne contraignent l'alimentation en eau potable des communes, assurée essentiellement par des captages gravitaires.

Du point de vue hydrologique, le nombre insuffisant de stations limnométriques et les approches imprécises ne permettent pas à ce jour d'évaluer les effets du changement climatique sur les ressources en eau. La sécheresse, qui a touché la région des Béni Chougrane, a influé d'une manière négative sur les apports d'eaux superficielles, estimées à un volume d'eau de 105.83 Hm<sup>3</sup>.

Ainsi de déficit en eau par rapport au volume d'eau régularisable est évalué à 271 Hm<sup>3</sup>/an. Cette situation défavorable à causer des répercussions sur les différents secteurs notamment sur les périmètres irrigués d'El-Habra et Sig.

## CONCLUSION DE LA PARTIE II

L'étude du sous-système « eau » apporte les premiers éléments sur les points faibles du système « gestion de l'eau », contraignant l'organisation actuelle du système. Les conditions d'écoulement et de stockage des ressources en eau sur les bassins versants de Benichougrane sont caractéristiques des territoires d'altitude avec des étiages hivernaux marqués : l'important stockage hivernale dans l'alimentation des écoulements, et des aquifères de petites tailles impliquant l'exploitation de nombreuses sources d'eau potable de faible débit (inférieur ou égal à 1,15 l/s).

Les eaux de surface sont globalement de bonne qualité physico-chimique (excepté à l'aval des stations dépurations de Bouhanifia et Hacine). Leur basse température et le renouvellement permanent sont garants d'une bonne qualité. Des altérations de la qualité biologique sont mesurées dans les tronçons urbanisés de faible débit à cause des rejets.

Elles impactent également le peuplement piscicole qui est perturbé sur l'ensemble du linéaire de Bénichougrane pour différentes raisons : obstacles infranchissables, faiblesse des débits, réchauffement des eaux, absence de caches, rejets urbains, pratiques de pêche.

Les travaux de l'ANRH sur l'évaluation du bon état des masses d'eau de Bénichougrane ne reflètent pas l'ensemble de ces perturbations. Au vu du manque des connaissances sur les écoulements et leur écologie, et des critiques sur le référentiel du bon état, il faut donc rester prudent sur ces résultats.

La faible productivité biologique de Bénichougrane dans les masses d'eau qui devraient atteindre le bon état demain (2030) remet en cause la pertinence de l'échelle d'évaluation. Le patrimoine naturel du Bénichougrane constitue un important support d'activités touristiques (tourisme thermique, pêche) qu'il importe de développer pour l'épanouissement de ce territoire montagneux.

**PARTIE III :**

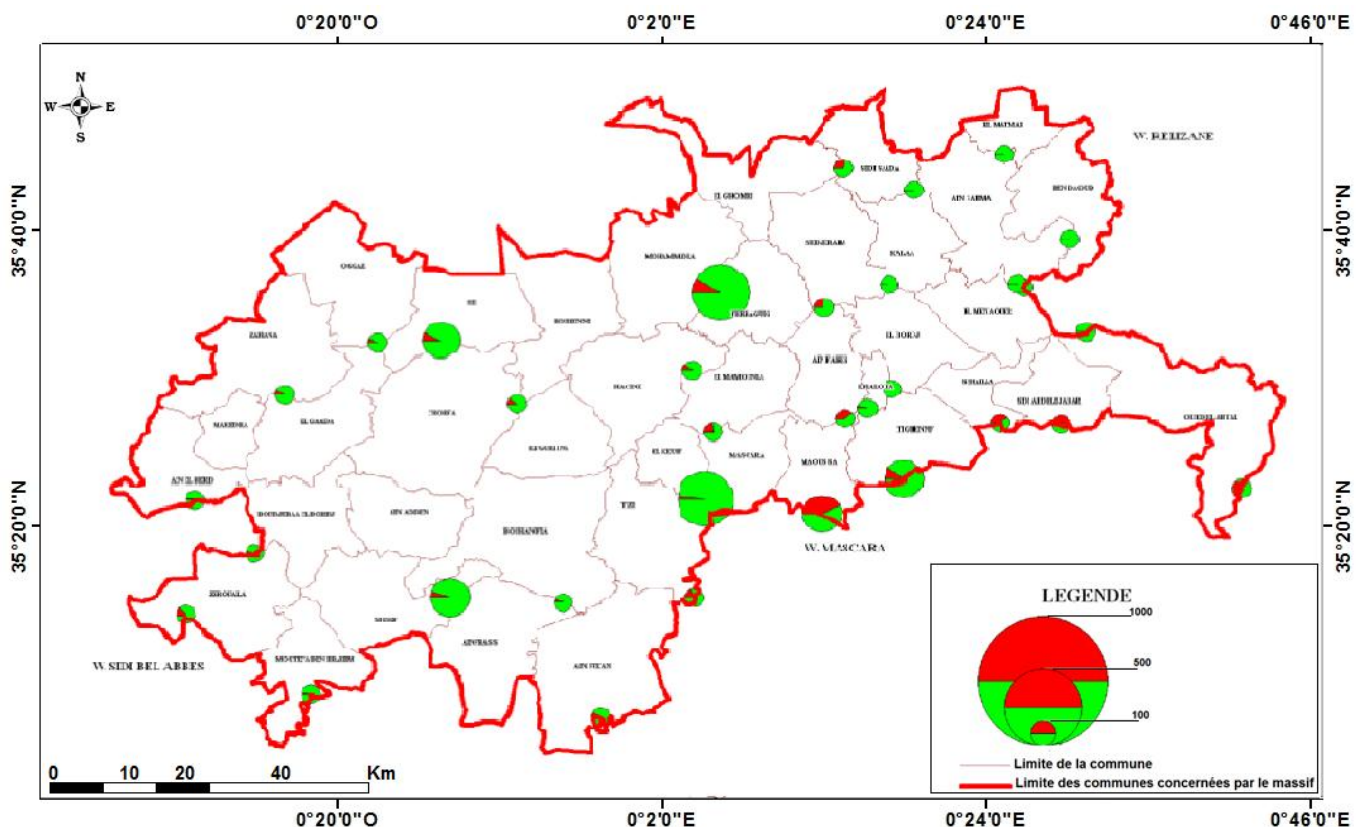
**ACTIVITES ECONOMIQUE ET  
DEFIS LIES AUX RESSOURCES EN  
EAU DANS LES MONTS DE  
BENI CHOUGRANE**



Les données utilisées dans cette présente étude sont celles issues des résultats du dernier RGPH (2008) comme cela a été édicté par le secrétariat technique des études de classement des zones de montagne. La population du massif des Bénichougrane lors du dernier RGPH est estimée à 730 012 habitants répartis sur 40 communes (figure IIV.2).

On remarque qu'il y'a de grandes disparités dans la répartition de la population entre communes puisqu'on retrouve que :

- 15 communes ont une population inférieure à 10 000 habitants et ne détiennent qu'environ 9 % du total de la population totale.
- 21 communes ont une population variant entre 10 173 et 29 696 habitants, abritant ainsi environ 46% de la population totale.
- 04 communes (considérées comme les grands centres du massif) détiennent 45 % de la population du massif.



**Figure VII.2-La répartition de la population rurale dans le massif**  
(Direction des forêts Mascara, 2010)

La densité moyenne des Bénichougrane en 2008 était de l'ordre de 167 hab/km<sup>2</sup>. Les disparités sont très importantes avec un minimum de 10 hab/km<sup>2</sup> au niveau de la commune d'Ain Frass et un maximum de 1422 hab/km<sup>2</sup> au niveau de la commune de Mascara qui est chef-lieu de wilaya.

La région de Béni Chougrane renferme une source thermale d'importance régionale, qui jaillissent à des températures variant de 20° à 70° attirent toujours de nombreux curistes. En effet, le thermalisme occupe la première place de par les indications thérapeutiques de ses eaux. Concentrées dans la région de Bouhanifia, les eaux thermales constituent l'élément moteur qui attire des curistes.

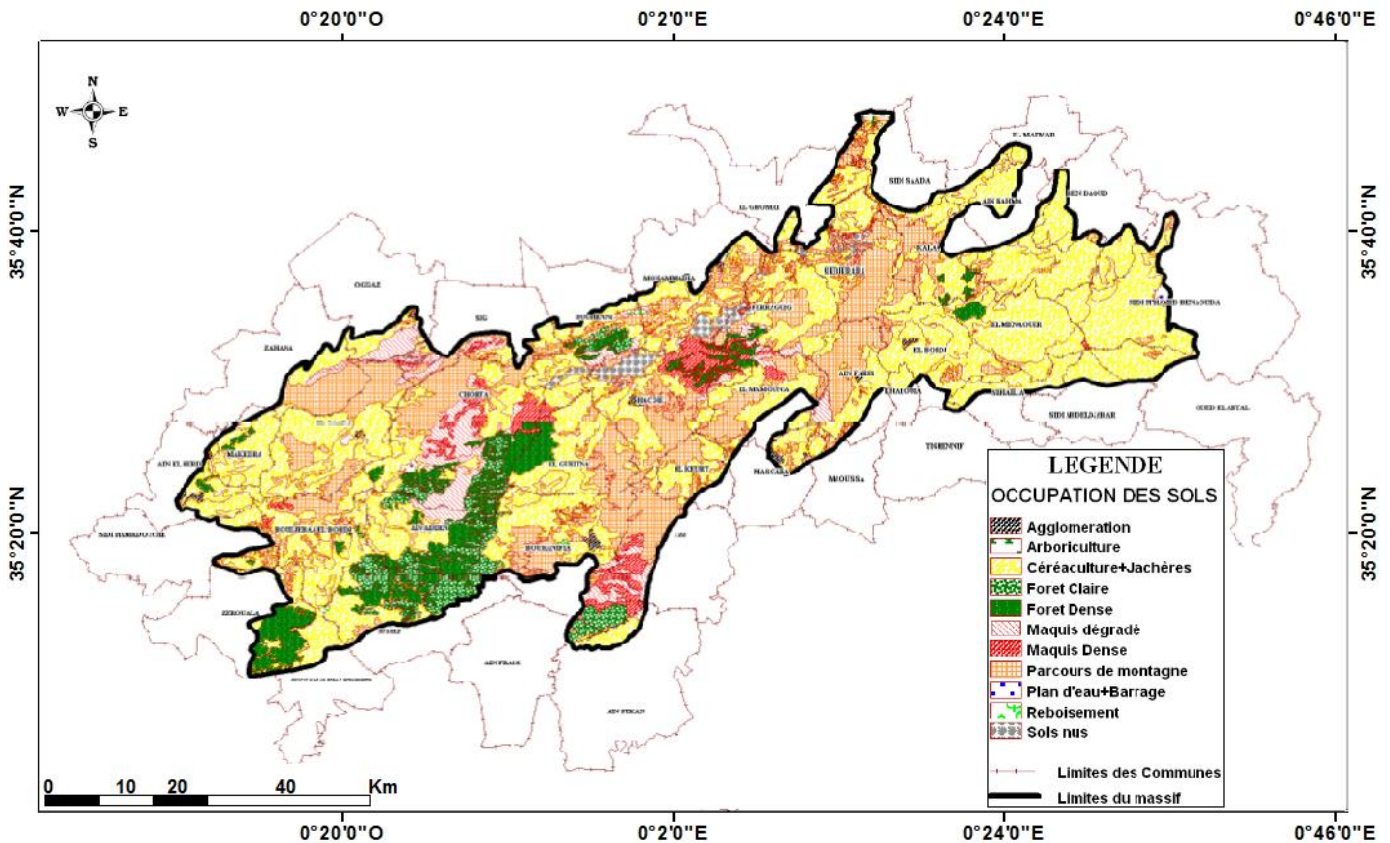
L'essentiel du potentiel en infrastructures touristiques est consenti au niveau de Bouhanifia, une soixantaine d'hôtels de différents standings qui englobent plus de 1056 chambres dont plus de 2236



lits. En dépit de toutes ses capacités d'accueil, la demande s'avère supérieure à l'offre, notamment en périodes de grande affluence.

### Une urbanité dominée par le caractère rural

La plupart des territoires traversés par les Béni Chougrane ont un caractère encore rural. Le bassin versant est composé à 92% de territoires « naturels », dominés par la forêt et végétations arbustives sur les 3/4 du bassin versant (figure VII.3).



**Figure VII.3** Carte d'occupation des sols  
(Direction des forêts Mascara, 2010)

L'occupation du sol aux échelles communales diffère selon les communes. Guetna, Hacine et Cheurfa sont les communes les plus retardataires du bassin versant avec 98% de son territoire recouvert de forêts et milieux naturels. A l'opposé, Mascara est la commune la plus urbanisée.

L'occupation du sol issue d'une activité agro-pastorale traditionnelle est aujourd'hui grandement influencée par les activités traditionnelles. La pression foncière sur les espaces agricoles est très forte sur les terres les plus faciles d'accès et mécanisables. En revanche les terres les moins bien situées sont abandonnées et sont soumises à défrichage et à la fermeture des paysages.

L'occupation du sol a des impacts quantitatifs et qualitatifs sur les ressources en eau. Par exemple le boisement des versants se traduit par une accentuation de l'évapotranspiration en période de végétation ainsi que par une plus forte régulation des écoulements superficiels. En conséquence le ruissellement de surface accentue la dégradation des sols peu insuffisamment protégés.

## 2. LES USAGES DE L'EAU DES BASSINS VERSANTS

Les données sur les prélèvements d'eau proviennent essentiellement de l'étude sur la gestion quantitative des ressources en eau réalisée dans le cadre du contrat d'élaboration du PAWT de Mascara (plan d'aménagement du territoire de la Wilaya) vise principalement la concrétisation de l'objectif de développement durable, en se basant sur un programme d'actions à mettre en œuvre pour assurer un aménagement coordonné et intégré du territoire de la wilaya.

Cette partie s'articule autour de quatre points focaux. Dans un premier temps, un état des lieux-diagnostic prospectif annuel des usages consommateurs des ressources en eau qui nous renvoie à l'activité économique du bassin versant et permet de relativiser certains usages en termes de prélèvements.

Dans un second temps, les perspectives de développement et scénarios d'aménagement pour compléter le bilan annuel des prélèvements d'eau. Un éclairage est fait sur les prélèvements saisonniers en période hivernale des activités touristiques concentrées sur les têtes de bassin versant. L'exemple de l'usage de l'eau pour les curistes à son égard illustrent les tensions exercées sur les ressources à cette période d'étiage.

Dans la troisième et la quatrième phase, le scénario retenu et le programme de mise en œuvre, sous forme d'un tableau de bord, organisé par aire d'aménagement et par échéance.

Dans le diagnostic, le terme « prélèvement » est préféré au terme « consommation » qui diffère d'un point de vue sémantique. Le terme prélèvement signifie le volume d'eau capté dans les eaux superficielles et souterraines alors que le terme consommation représente le volume prélevé qui n'est pas restitué au cycle de l'eau continentale.

Il est évalué forfaitairement par l'entreprise Algérienne Des Eaux (ADE) à partir des volumes prélevés dans les ressources par le biais de coefficients de consommation définis pour chaque usage de l'eau. Les limites de ces coefficients ne biaisent pas l'analyse quantitative des usages de l'eau qui se base sur des volumes prélevés, mesurés par des compteurs pour la majorité aux réservoirs.

### 2.1 Bilan annuel des prélèvements

#### 2.1.1 A l'échelle du bassin versant

Sur l'ensemble des bassins versant, on peut distinguer quatre usages de prélèvements spécifiques de la ressource en eau : (i) l'adduction en eau potable, (ii) l'industrie, (iii) l'agriculture et (iv) l'élevage. Les volumes agricoles sont le résultat d'une estimation dont une partie non quantifiable est également issue du réseau AEP.

Les volumes industriels proviennent de la base de données de l'agence des bassins hydrographiques Oranie- Chott Chergui (ABH-OCC) ou de l'entreprise ADE. Plusieurs installations sont présentes dans le bassin versant mais leur fonctionnement au fil de l'eau non inventorié n'a pas d'impact sur les ressources en eau.

Disponibles à l'échelle du bassin versant, ces données, ont été collectées dans le cadre de l'élaboration du PATW de Mascara (2015). Elles sont comparées au fichier de déclaration des prélèvements de L'ADE et l'ABH qui recense l'ensemble des prélèvements déclarés à plus grande échelle et sur un historique plus long (20 ans).

Plusieurs observations ressortent :

- les valeurs relatives à la distribution publique incluent la totalité d'une commune sans distinction de bassin versant;
- les prélèvements agricoles sont estimés dans le cadre de l'étude du contrat et ne ressortent pas des données de l'algérienne des eaux mais c'est un quota faisant partie du domaine de gestion de l'office nationale d'irrigation et de drainage (ONID).

Indépendamment de ces nuances qui ne modifient pas les ordres de grandeur, l'utilisation du fichier des déclarations redevances présente un double intérêt. Elle permet d'évaluer la répartition par usage et par ressource (eaux superficielles ou souterraines) des prélèvements annuels dans le bassin versant de Bénichougrane estimé à 35.92 Hm<sup>3</sup> pour l'année 2015 (tableau VII-1).

Le caractère rural de la majorité des communes du massif montagneux n'a pas favorisé la mise en place d'une industrie grande consommatrice d'eau.

**Tableau VII-1 : Répartition des prélèvements d'eaux superficielles et souterraines entre usages**

	<b>Eaux superficielles</b>	<b>Eaux souterraines</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Distribution public Hm<sup>3</sup></b>	22.58	11.88	34.46	95.93
<b>Industrie Hm<sup>3</sup></b>	0.17	1.29	1.46	4.07
<b>Total</b>	22.75	13.17	35.92	100
<b>%</b>	63.33	36.67	100	

*Fichier des déclarations prélèvements (ABH / ADE, 2015).*

Ainsi, plus de 95.93% des prélèvements correspondent aux volumes annuels de la distribution publique et utilisent des ressources superficielles, à l'exception de la prise d'eau des trois barrages Cheurfa, Bouhanifia et Fergoug qui alimente la station de Cheufa, Bouhanifia, et Mohamadia.

Les deux autres usages (industries et l'agriculture) utilisent essentiellement des eaux de surface, provenant soit des dérivations de cours d'eau, soit des retenues d'altitude et des eaux souterraines issus du réseau AEP. L'agriculture n'apparaît pas dans le fichier des déclarations.

Sur les territoires de montagne, l'agriculture spécialisée dans l'élevage laitier et la fabrication de fromages en petit unité semble essentiellement alimentée par des eaux souterraines en hiver (captages privés ou raccordement au réseau d'eau potable), alors qu'en été l'alimentation sur les pâturages est plus diffus et utilise également des eaux de surface.

Les données des trois gestionnaires (ADE, ABH et ONID) sont issues des modes de calcul des redevances et des prélèvements, définis par la réglementation pouvant induire certains biais dans les données. L'actuel mode de calcul de la redevance prélèvement n'a été mis en place qu'en 2001.

Malgré la croissance démographique de Beni Chougrane, les volumes d'eau déclarés par les communes pour leur distribution publique tendent à baisser à partir de 2003. Cette tendance se généralise à l'échelle nationale et traduit des comportements des consommateurs de plus en plus économes en eau. Elle peut également être engendrée par des améliorations notoires du rendement des réseaux qui restent à l'échelle du bassin versant du massif.

### 2.1.2 A l'échelle communale

Si les volumes prélevés à l'échelle du bassin versant pour la distribution publique ont tendance à omettre les autres usages, la répartition des prélèvements sur le bassin versant affinés à l'échelle communale montre certaines nuances :

- Les prélèvements les plus importants de distribution publique ont localisés dans les chefs-lieux des communes.
- L'usage industriel en termes de prélèvement sur les ressources apparaît significativement (Sig) où il représente 35.93% des prélèvements en eau de la commune. Il est également présent sur les communes de Tizi et de Zahana.
- Le bassin versant de Béni Chougrane a une activité industrielle réduite avec un total de 165 entreprises (publics, privées).
- Ces industries étant raccordées dans l'ensemble au réseau d'eau potable, leurs volumes prélevés ont ainsi été pris en compte dans la distribution publique. Un autre secteur s'est développé en marge du secteur industriel (PME) et touristique, le commerce et l'artisanat, comptant plus de 500 entreprises.
- La consommation en eau industrielle est répercutée sur les volumes de l'eau potable ou des prélèvements à partir des puits illicites.

Quant aux prélèvements liés à l'activité agricole, ils sont localisés essentiellement sur toutes communes. L'activité présente sur le bassin s'oriente vers un système d'élevage bovin laitier, en raison de la possibilité de valorisation en fromage. Au total, 14 664 UGB (unités gros bovins), dont 90% de bovins laitiers, sont regroupés dans une centaine d'exploitations d'après le recensement des services agricoles de 2016.

L'étude agricole affirme la pérennité des deux tiers des exploitations, et permet d'appréhender leurs besoins futurs en eau, sur les mêmes bases que la situation actuelle. La part des prélèvements de l'agriculture dans les bassins versant restera donc faible.

L'évaluation de la consommation en eau de l'agriculture est basée sur une estimation des ressources nécessaires à la production de lait et à sa valorisation, soit environ 133 809 m<sup>3</sup>/an au total. La production regroupe les eaux de boisson des bovins sans prendre en compte les eaux de lavage des exploitations, et représente 75% de la consommation en eau de l'agriculture (20016 m<sup>3</sup>/an).

La valorisation correspond aux eaux utilisées pour la fabrication du fromage par l'unité de la production laitière de Tizi, (67746 m<sup>3</sup>). Elle est basée sur les ratios unitaires de consommation validés par les professionnels agricoles et sur les données du recensement agricole de 2016.

Ces prélèvements sont extrêmement diffus, en comparaison à ceux de l'hiver où les bêtes sont concentrées dans les bâtiments d'exploitation de la vallée et la consommation d'eau des bovins diminuent ou les éleveurs sont recourus aux aliments verts.

La première difficulté pour appréhender les prélèvements d'origine agricole reste l'absence d'actualisation des effectifs sur lesquels se basent les évaluations théoriques de prélèvement. De plus, le manque d'information sur les sources d'approvisionnement ne permet pas de soulever des problématiques liées à cet usage.

En effet, les sources d'approvisionnement sont variables et difficilement quantifiables, aussi bien pour les exploitations des vallées que celles situées sur les pacages. On peut supposer que l'eau pour les bovins en étable est d'origine multiple, à savoir réseau public, captages de sources, collecte d'eau

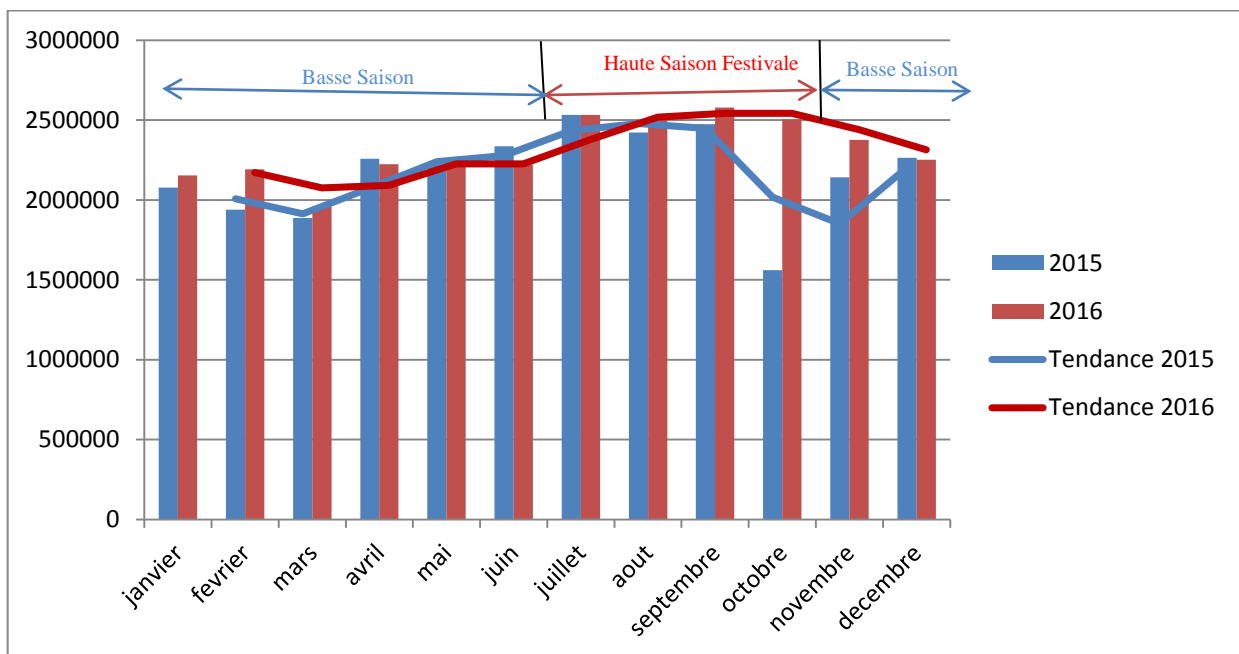
pluviale ou pompage privé dans la nappe phréatique, le retenue collinaire et que l'abreuvement en extérieur provient de l'eau superficielle soit par dérivation ou prélèvement direct par les animaux. L'eau utilisée pour la confection de fromage provient essentiellement du réseau de distribution d'eau potable, déjà comptabilisée dans la rubrique "eau potable". Seulement quelques autorisations de prélèvement ont été recensées dans le cadre de l'étude.

Compte tenu des données disponibles, il n'est pas possible de distinguer précisément les différentes origines des eaux utilisées pour l'activité agricole. Les volumes dérivés annuels restent néanmoins peu significatifs en comparaison des volumes distribués par le réseau d'eau potable (2%).

## 2.2 Bilan saisonnier des prélèvements

### 2.2.1 A l'échelle de bassin versant

La courbe des prélèvements mensuels pour la distribution publique sur le bassin versant de Béni Chougrane (figure VII.4) varie en fonction des saisons, entre saison touristique (hivernale et estivale) et basse saison.



**Figure VII.4 Evolution des prélèvements mensuels en eau potable sur le bassin versant des communes gérées par ADE**

La variation inter-saisonnière est davantage significative sur la station touristique (figure VII.5) avec des pics de consommations plus marqués en période hivernale et estivale, relatifs aux flux migratoires et traduisant la haute saison touristique.

Sur les autres communes, les prélèvements mensuels sont plus constants au cours de l'année. La présence d'un pic des prélèvements pendant la saison festival d'été peut s'expliquer par l'influence de la commune touristique contiguë aux autres communes de Bénichougrane.

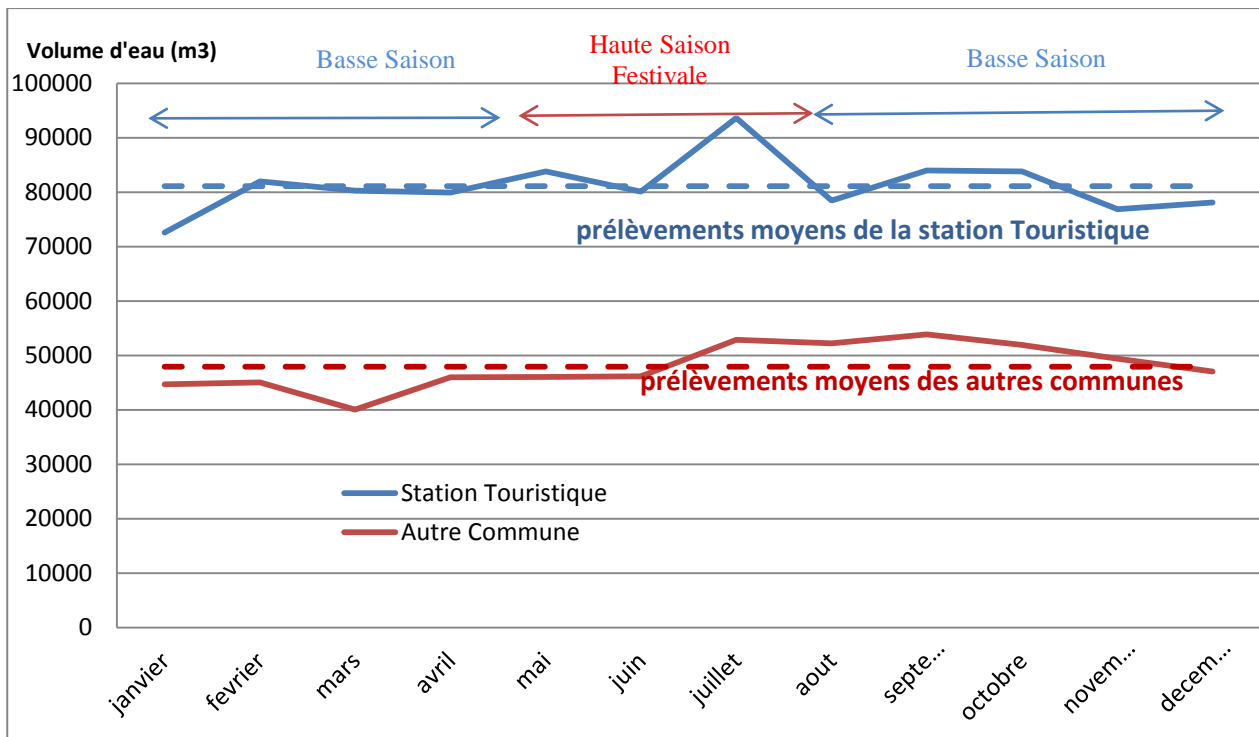


Figure IIV.5 - Prélèvements moyens mensuels sur 2015 et 2016 en eau potable de station de Bouhanifia et autres communes de Béni Chougrane (ADE, 2016)

Pour le calcul de la demande en eau touristique, un coefficient de majoration de 15%, est appliqué pour la ville thermale de Bouhanifia (PDARE, 2013). Les pénuries d'eau recensées par le service public de l'eau des ressources en eau touchent environ 90% des usagers dans la commune touristique. En dehors des installations de mesures (situées généralement à la sortie des réservoirs), les volumes d'eau pour la distribution publique en période touristique sont sous-estimés car ils ne tiennent pas compte des prélèvements provenant des captages privés.

Loin d'être négligeables et situés en tête de bassin versant, ces captages privés ne sont pas soumis à la redevance prélèvement soit par ce que illicite n'est pas inventer soit destiner à l'irrigation et vente d'eau pas citerne au noir ou il ne y a pas encore une loi claire pour ces cas.

### 2.2.2 A l'échelle des stations

Pour conclure ce diagnostic saisonnier, un éclairage est fait sur les prélèvements en eau en période hivernale correspondant à l'étiage des ressources en eau dans la commune touristique. La comparaison entre les volumes pour l'alimentation en eau potable, prélevés durant les mois de l'hiver surtout (de décembre à mars) permet de relativiser ce dernier usage par rapport à la gestion quantitative des ressources en eau et de minimiser certaines controverses.

Les besoins touristiques qui couvrent les consommations spécifiques saisonnières liées à une activité touristique. En pratique on considère que les besoins en eau caractérisant l'activité touristique reviennent à augmenter la population résidente d'un surplus annuel ou saisonnier. Selon les chiffres de la monographie des communes touristiques, la population supplémentaire enregistrée par l'activité touristique a atteint en 2014, le nombre 105 427 arrivées.

Considérant une dotation moyenne unitaire de 200 l/j, les besoins en eau induits par le surplus de la population touristique sont de 0,021 Hm<sup>3</sup>/j. Une majoration de 15%, est appliquée pour les villes

thermales où 99% de l'eau proviennent des barrages. En revanche, la proportion du volume distribué en hiver est la plus forte sur le barrage de Bouhanifia, soit 99%.

Le partage des ressources entre les deux usages privilégie toujours l'eau potable au détriment du second, soit techniquement lorsque c'est un trop plein de réservoir d'eau potable qui alimente la population locale, soit arbitrairement dans le cas où la retenue est utilisée pour les deux usages et un volume d'eau est fixé pour le tourisme par l'exploitant du réseau d'eau potable.

En période d'étiage, la priorité reste la satisfaction des demandes en eau potable. La preuve en est, sur la commune de Hacine et El Guetna pour chaque saison, suite à un automne exceptionnellement sec, un conflit a éclaté où la commune important prend la cota de l'autre.

Quelle que soit l'origine des prélèvements en eau pour le tourisme, et même l'autre usage le facteur le plus limitant pour la production d'eau reste une culture est la disponibilité en eau. L'enjeu premier lié à l'alimentation en eau potable et les perturbations sur les monts de Béni Chougrane est de réduire, une fois le dessalement rentrera en service.

Ces enjeux soulevés posent d'une part la question de la durabilité de ces usages consommateurs, concentrés spatialement et temporellement en période d'étiage, et d'autre part des impacts engendrés sur les milieux naturels.

## Conclusion

A l'échelle du bassin versant, les deux usages de l'eau les plus importants en termes de prélèvement annuel sont l'agriculture et l'alimentation en eau potable, où 95.93% de ces prélèvements proviennent des réseaux publics de l'eau potable.

Quant à l'agriculture, les volumes dérivés sans restitution aux bassins versants de Béni Chougrane sont estimés à deux fois les volumes d'eau potable. Le caractère saisonnier des prélèvements (hors l'agriculture) nécessitent d'affiner l'échelle spatiale et temporelle pour comparer les usages et faire ressortir les incohérences.

A l'échelle communale, les communes touristiques se démarquent des autres communes, concentrant les prélèvements en eau les plus importants du bassin versant. Si la part des prélèvements destinée à la distribution d'eau potable est majoritaire sur l'ensemble des communes, d'autres usages apparaissent plus ou moins significatifs.

En période d'étiage, la gestion de l'eau en montagne est caractérisée par des pénuries pour certaines communes, notamment Hacine et Guethna. Ces pénuries résultent de la dynamique touristique par rapport aux ressources disponibles.

Ce constat basé sur les volumes d'eau prélevés a permis de hiérarchiser les usages de l'eau selon leur importance et de mettre en exergue les principales problématiques de gestion du point de vue quantitatif.

Une analyse qualitative complète cette approche dans le prochain chapitre. Elle vise à faire ressortir les usages les plus polluants sur le bassin versant de Béni Chougrane.

## CHAPITRE 7 : L'ANALYSE DE LA POLLUTION

L'étude des pollutions des usages se focalise dans un premier temps sur les têtes de bassin versant, avant de prendre en compte les usages de l'eau situés dans les fonds de vallée. Ce découpage géographique est lié d'une part au caractère saisonnier des activités en altitude, et d'autre part, aux caractéristiques des territoires eux-mêmes, du point de vue de l'occupation du sol et des ressources en eau.

Les pollutions sont généralement mesurées en équivalent-habitant par jour (EH/j). Cette unité de mesure a été définie à l'origine pour dimensionner les stations d'épuration et procéder à des comparaisons entre pollueurs.

La liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées sont régies par les textes règlementaires relatifs aux normes de rejet des eaux usées, tels que :

- Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 ;
- Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 ;
- Décret exécutif n° 36 du 21 juin 2009, règlement les rejets d'effluents liquide ;
- Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 ;
- Arrêté interministériel du 2 janvier 2012).

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée comme suit :

- de 70 à 90 grammes de matières en suspension ;
- de 60 à 70 grammes de matières organiques ;
- de 15 à 17 grammes de matières azotées ;
- 4 grammes de phosphore ;
- Plusieurs milliards de germes pour 100 ml).

### 1 LES ACTIVITÉS POLLUANTES A L'AMONT DES RESEAUX

La concentration d'usages sur ces territoires d'altitude correspondant aux zones d'infiltration des eaux engendre des risques de pollutions qui sont généralement difficilement mesurables. En fonction de la disponibilité des données, des méthodes sont proposées pour appréhender les risques de pollution des deux principales activités économiques localisées en tête des bassins versants :

Le diagnostic met l'accent sur l'agro-pastoralisme, pour ses importants rejets et contaminations des eaux brutes des captages d'eau potable mesurées par les services de l'Etat. Un volume important d'eaux usées est rejeté dans la nature avec une qualité susceptible de polluer et de nuire aux ressources en eau.

Cette pollution est surtout engendrée par les produits laiteries, les unités de production de peinture, de colle, de matériaux de construction et de produits gras.

#### 1.1 L'agro-pastoralisme

Par la même occasion, on constate que la forêt, dans les sens horizontal et vertical constitue une composante fondamentale dans la gestion globale du système de production locale : le système



agropastoral peut être apprécié par le pourcentage de l'effectif de chaque catégorie du cheptel qui exploite un espace donné : espace agricole, espace pastoral et espace forestier.

L'agro-pastoralisme est une activité encore très présente sur les sous bassins versant de Béni Chougrane, estimé à 53 980 ha soit 21% de la superficie totale (TAD Consult, 2010).

L'activité pastorale est une activité également contrainte par d'autres occupations du sol. Elle est la principale activité contrainte par la protection des captages d'eau potable dans les périmètres de protection immédiate et rapproché : perte de terrain dans le périmètre de protection immédiat, diminution des surfaces épandables.

Du point de vue des risques de pollution, l'activité agricole génère différents types d'effluents. Les pollutions engendrées sont de deux types (tableau VIII.1):

- les pollutions dites « ponctuelles » : il s'agit des fuites directes dans le milieu (ex : une fosse septique qui s'infiltré) comme celle de source Ain Bent Soltan chef-lieu de la commune de Mascara ou le taux de nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) atteignant 81.15 mg/l (ANRH, 2018). Par contre, les normes admises sont de 50 mg/l (JORADP n° 13 du 09/03/2014) ;
- les pollutions dites « diffuses » : il s'agit des rejets sur toute la surface d'un territoire et transmis de façon indirecte, par ou à travers le sol (ex : un épandage sur sol de Oued El Kouier, commune de Mascara).

Les polluants émis sont variables (matières organiques, azote, phosphore, produits phytosanitaires, bactéries...) et leur transfert vers le milieu dépend de la nature des apports au sol, pratiques d'épandage, capacité de stockage des effluents, pentes des parcelles, pluviométrie, nature des sols...

**Tableau VIII.1 Risques de pollution en fonction des produits de l'activité agricole**

Types de produits concernés	Risques de pollution ponctuelle	Risques de pollution diffuse
Les déjections animales (fumier, lisier, purin)	Risques liés à la récupération ou non de ces déjections (exploitations non aux normes) Ouvrages de stockage non étanches et/ou insuffisants Risques de fuites directes dans le milieu. Absence de traitements.	Risques liés aux pratiques d'épandage (doses, périodes, localisation, conditions météo, type de sol ...)
Les eaux usées et souillées (eaux de lavage, eaux souillées par des déjections)		
Les effluents de fromagerie (lactosérum, eaux blanches de lavage)		
Utilisation de produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, pesticides, ...)	Risques liés au stockage des produits, à la manipulation, au rinçage des outils.	Risques liés aux pratiques (doses, ...)

(Source : Baptendier et al., 2006)

Les rejets fécaux des troupeaux constituent la première source de pollution sur les pâturages. Cette contamination d'origine fécale s'ajoute aux troupeaux de vaches laitières, pollution liée aux eaux vives et aux eaux vertes. Ils comprennent les eaux résiduelles restantes (lavage, rinçage, détergents et résidus perdus lors de la fabrication).

Un litre d'eau blanche par litre de lait transformé est produit. Une autre charge polluante est ajoutée au processus de fabrication des produits laitiers (contamination organique): le lactosérum. Pour 100 litres de lait produit et transformé en fromage, 90 litres de lactosérum sont produits, un fardeau quotidien contaminé par 80 habitants.

Le lactosérum est le principal polluant équivalent à un litre de lactosérum rejeté dans la nature pour la contamination quotidienne de 0,6 à 1 personne de la population. Valeur nutritionnelle élevée, souvent appréciée par les bovins (Amiotte et al, 2001).

## **1.2 Autres sources de pollutions :**

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'autoépuration. Celle-ci a pour effet de consommer de l'oxygène ; ce qui n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance d'un rejet excède cette capacité, la détérioration de l'environnement peut être durable. Il est donc indispensable d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel.

En effet, les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables, empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation ; c'est-à-dire, la prolifération d'algues qui nuit à la faune aquatique, peut rendre la baignade dangereuse et perturbe la production d'eau potable.

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. Elles englobent également les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations (Bliefert et al. 2001).

### **1.2.1 Origine et composition des Pollutions**

Un état des lieux sur les activités anthropiques situées à l'aval des territoires d'altitude met en avant trois principales sources de pollution : l'urbanisation via le réseau d'assainissement des eaux, ou par l'utilisation des produits phyto-sanitaires, soit par des rejets d'eaux usées industriels et les exploitations agricoles. Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue plusieurs types de polluants (tableau VIII.2).

#### **1.2.1.1 Les polluants d'origine domestiques**

Ils proviennent des différents usages domestiques de l'eau, essentiellement porteurs de pollution organique. Ils se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques. Les eaux vannes sont des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Gomella et al, 1978).

La principale source responsable de la pollution de l'eau est le réseau d'assainissement des eaux domestique. D'après la direction des ressources en eau, le taux de raccordement en 2017 de la population urbaine est de 81.46 %,

Notons, que pour la population rurale le taux de raccordement ne dépasse pas 16.49 %. A ce problème s'ajoute le sous-dimensionnement des stations d'épuration, du fait de la croissance démographique des villes.

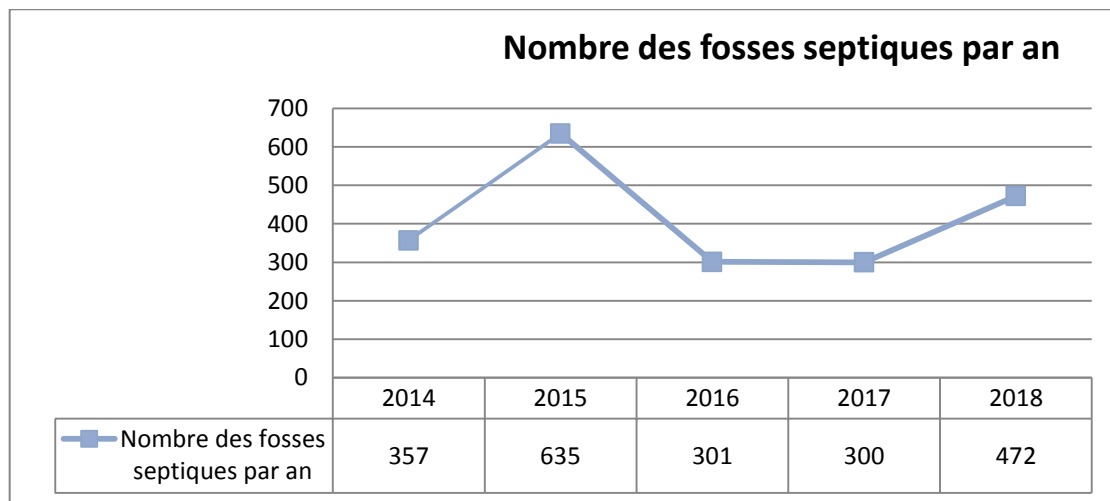
La taille d'une station d'épuration est exprimée en Equivalent/Habitant (Eq/hab). Le nombre des stations dans la zone d'étude sont 20 stations dont une (01) est à l'arrêt. La STEP de Mascara, dont le soit un volume rejeté de  $35\,026\text{ m}^3/\text{j}$ , alors que la capacité actuellement installée est de  $15\,963\text{ m}^3/\text{jour}$  qui se déverse en dehors à l'air libre vers Oued El Koueir.

Globalement, pour la zone d'étude de Béni Chougrane, la capacité cumulée des STEP du bassin versant, soit 443936 eq/hab dans le volume d'eau épuré de 54573 m<sup>3</sup>/j. D'après sa population, la charge polluante inférieure serait inférieure à 5 555,305 Eq/hab.

### 2.1.2 Assainissement non collectif des eaux domestiques

Quant à l'assainissement non collectif (les fosses septiques), caractéristique de l'habitat diffus en milieu rural, son efficacité relève des mises aux normes des installations de chaque foyer (moyen d'installations autonomes).

Ces installations non collectif ne sont jamais contrôlées par un service public d'assainissement (agrées et contrôlées par l'administration chargée des ressources en eau) donc aucun suivi sur terrain au cours la réalisation, malgré l'obligation imposée par la loi portant code des eaux n°05/12 du 04 aout 2005 (article 121).



**Figure VIII.1** Le nombre annuel des fosses septiques sur 2014 au 2018 (DRE, 2018)

Le nombre des fosses septiques entre l'année 2014-2018 ont été recensées à 2065. Ce nombre a connu une augmentation notable durant la période 2014-2015, suite aux programmes de développement d'habitat rural (figure VIII.1).

Du fait de l'évolution des réglementations et des techniques des installations, l'indicateur utilisé pour qualifier le système d'assainissement ne peut pas se rapporter à la conformité réglementaire des installations. Un critère d'acceptabilité a été défini prenant en compte le fonctionnement de l'installation et son environnement : capacité du sol, qualité de l'exutoire (ruisseau, fossé, eau stagnante ou pas, pérennité du ruisseau et débit) et proximité des enjeux liés au voisinage.

La conception de ce type d'installation est contrainte par des paramètres physiques et d'occupation du sol. En premier lieu, la nature du sol, à dominante argileuse peu perméable, lui confère une faible capacité de filtration des eaux domestiques. En comptant les zones karstiques caractérisées par une absence de sols et une forte perméabilité donc il ya un grand risque de pollution.

L'autre contrainte de l'assainissement non collectif réside dans les périmètres de protection des sources d'eau potable. Une distance réglementaire de 50 mètres doit être respectée pour les sources privées sans périmètre de protection. L'habitat situé sur des champs potentiels d'épandage des rejets limite également les installations de l'ANC (assainissement non collectif).

### 1.2.2.2 Pollution industrielles

L'impact des rejets sur le milieu est fonction de plusieurs paramètres : la pollution contenue dans les rejets, l'efficacité des installations de prétraitement et/ou de traitement ainsi que la vulnérabilité du milieu récepteur, en particulier la capacité de dilution liée au débit des cours d'eau. Les sites industriels non raccordés qui semblent être une source potentielle de pollution.

Ce type de pollution est très différente des eaux usées domestiques. Ses caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, en plus de matières organiques, azotées ou phosphorées (Gaujous, 1995). L'activité industrielle peut être source de pollution dans les secteurs urbanisés ; elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

Dans les bassins versants de Béni Chougrane, seuls cinquante-huit (58) d'unités industrielles ont été recensées par l'ABH, avec une charge polluante inférieure à 19 784 315 Eq/hab. Il a été constaté également, qu'un nombre important d'unités industrielles n'est pas doté d'un système d'évacuation des eaux usées. Par conséquent, des rejets souvent toxiques sont évacués vers la nature sans traitement préalable.

Les émissions atmosphériques ont un effet néfaste sur la santé des populations environnantes, et sur les eaux souterraines par infiltration des eaux de pluie. L'impact de ces rejets sur le milieu est fonction de plusieurs paramètres : la pollution contenue dans les rejets, l'efficacité des installations de prétraitement et/ou de traitement ainsi que la vulnérabilité du milieu récepteur, en particulier la capacité de dilution liée au débit des cours d'eau.

### 1.2.2.3 Les polluants phyto-sanitaires

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable, car elle apporte les engrais et les pesticides, qui par leurs pollutions diffuses causent des effets néfastes sur la santé publique (Bontoux, 1993).

Les épandages d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes superficielles et des cours d'eau. Parmi les polluants agricole, il faut tenir compte des détergents présents lors des labours (Gomella et al., 1978).

L'activité agricole présente sur le bassin versant de Béni Chougrane se résume à des épandages d'engrais nitrates et phosphates non contrôlés. La charge polluante atteint les 41 803 137 Eq/hab. Les exploitations sont classées en fonction du risque potentiel de pollution de leur activité (Baptendier et al., 2006).

L'utilisation abusive et excessive des engrais et des pesticides, les abattages, les rejets des activités de soin et des produits radioactifs aboutissant aux décharges publiques ; tous ces facteurs représentent et constituent une menace et un véritable fléau, pour les ressources en eau.

Les rejets domestiques associés à des savons et des poudres de lavage, les engrais mal utilisés et les rejets industriels classiques (agroalimentaire) ou toxiques (chimie) sont responsable de 70% de la pollution des ressources souterraines (Talbi et al., 2016).

D'autres sources de pollution sont confirmées telles que les rejets des abattoirs et des stations de lavage. Le non-respect des procédures de protection de l'environnement augmente le risque de pollution et fait apparaître de multiples zones sensibles surtout que l'organisme concerné de la gestion des stations de traitement (ONA) empêche l'entrée des eaux charriées par les huiles usées.

A travers la Wilaya de Mascara, un volume important d'eaux usées est rejeté dans la nature avec une qualité susceptible de polluer et de nuire aux ressources en eau, cette pollution est surtout engendrée par les laiteries, les unités de production de peinture, de colle, de matériaux de construction et de produits gras.

L'enquête menée a permis de détecter les différentes activités pouvant faire l'objet de source de pollution des ressources en eau (superficielles et souterraines), les sources de pollution connues sont d'origine industrielle, domestique et agricole, cependant ce suivi, a permis de confirmer d'autres pollutions de diverses origines.

Un phénomène a attiré notre attention lors des enquêtes sur terrain, le transport par citerne des lixiviats du centre d'enfouissement technique (CET) de la commune d'El Keurt vers le collecteur principal à l'amont de la STEP de Mascara. Une partie s'écoule le long de l'oued El Kouier affluent d'oued Maoussa et à l'amont du barrage Bouhanifia.

L'évaluation de charge polluante par type pour la wilaya de Mascara indique une charge polluante agricole atteignant 41 803 137 Eq/hab.

**Tableau VIII.2 La charge polluante par type de pollution**

Type de pollution	Charge polluante (Eq/hab)
Pollution agricole	41 803 137,5
Pollution domestique	>5 555,305
Pollution industriel	> 19 784 315,94
Abattoirs	>159 889,1
Huileries	>16 609,63
Stations de service – lavage et graissage	7 614
Etablissements de sante	2 833,86

Source: (DMI/DPME/ABH/ADE, 2016)

### 1.3 Les normes algériennes de rejet d'effluents

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (oued, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

Le décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, réglementant les rejets d'effluents liquides (article 2), définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel et fixe, les valeurs limitantes de ce rejet. Ces valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire, en l'occurrence le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006 (article 3).

### Conclusion de la partie III

Cette partie a présenté en premier lieu les principales sources de dysfonctionnement du sous-système « acteurs » pour la gestion de l'eau. Elle a montré en particulier que la multiplicité d'intervenants et d'échelles d'action, ainsi que l'éclatement de leurs compétences, ne facilitent pas de fait la cohérence du dispositif de gestion de l'eau.

L'étude détaillée des systèmes de gestion de chaque catégorie d'acteurs et un éclairage sur les relations permettant de nuancer ces limites. Par exemple, la complexité liée à l'emboîtement des niveaux de responsabilité des acteurs régulateurs de la politique de l'eau semble être atténuée par les efforts d'intégration, de coordination et de transparence de leurs systèmes de décision.

A l'opposé, les points faibles des systèmes de gestion des acteurs économiques locaux sont amplifiés par les insuffisances en termes de relations et de partage de l'information avec les acteurs régulateurs et les acteurs du milieu aquatique. Citons l'absence de portage de la compétence à l'échelle locale. Elle ne pourrait être compensée que par une reconnaissance partagée de la ressource en tant que milieu, dans un contexte de partenariats entre tous les acteurs.

Les relations et le partage de l'information s'avèrent essentiels dans la construction d'un système de gestion intégrée. Le cadre institutionnel actuel est insuffisant pour assurer des relations partenariales durables entre tous les acteurs. Il n'accorde pas non plus suffisamment de place aux acteurs sociétaux dans les systèmes de décision.

Or, l'intégration des scientifiques, au même titre que les autres énergies, peut amplifier ou réduire un forçage existant. Le recours actuel aux connaissances scientifiques accentue les écarts entre les acteurs qui tendent vers une gestion intégrée et ceux dont la gestion en est éloignée.

Du point de vue de pollution, la première source de contamination des eaux à Bénichougrane est la défaillance des stations d'épuration, totalement sous-dimensionnées. En effet, les STEP ne traitent que les deux tiers des rejets entrants.

La concentration répétée des rejets urbains (eaux domestiques et pluviales) engendre également de réels problèmes de pollution des milieux, dans des secteurs fragilisés par le faible débit réservé dû aux installations hydroélectriques.

Quant à l'assainissement non collectif (fosses septiques) qui concerne 40% de l'habitat apparaît fortement contraint sur la faible capacité de filtration du sol.

Après avoir étudié les quatre sous-systèmes et leurs limites, la question qui se pose à ce niveau de réflexion est la suivante. Quels sont les impacts de ces points faibles sur le fonctionnement global du système gestion de l'eau ? Sont-ils déterminants dans les relations du système ? La quatrième partie suivante vise à proposer des méthodes et des indicateurs pour apprécier les interactions et l'évolution du fonctionnement du système « gestion de l'eau ».

**PARTIE IV :**

**AMEMAGEMENT DES  
RESSOURCES EN EAU SUR LES  
BASSINS VERSANTS DE BENI  
CHOUGRANE**

## **PARTIE IV: AMENAGEMENT DES RESSOURCES EN EAU SUR LES BASSINS VERSANTS DE BENI CHOUGRANE**

Cette partie est composée de quatre chapitres qui visent à présenter les différents usages des ressources en eau.

Le premier chapitre s'articule sur une nouvelle forme d'organisation de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant, en l'occurrence les associations d'intérêt commun (AIC), instituée par le code des eaux. Il consiste à l'évaluation de cette nouvelle expérience de la gestion de l'eau, mise en place depuis une décennie en vue de l'identification des contraintes liées au mode de gestion des ressources en eau.

Le site expérimental retenu a été porté sur un échantillon de neuf (9) retenues collinaires. Les résultats de ces investigations montrent que cette forme d'organisation reste loin de répondre aux objectifs attendus par les pouvoirs publics, ce qui conduit à des dégradations des hydro-systèmes, voir à des conflits d'usage à conséquences multiples.

Le second chapitre consiste à l'évaluation d'une nouvelle expérience de la gestion de l'eau à l'échelle de la parcelle, en vue de l'identification des contraintes liées au mode de gestion des ressources en eau. Le site expérimental retenu a été porté sur un périmètre irrigué en aval des monts de Bénichougrane (Habra), en se basant sur un modèle d'organisation du tour d'eau.

Il s'agit de résoudre le problème lié à l'usage de l'eau en présence des conflits amont/aval et de minimiser les pertes d'eau ainsi que la durée minimale d'arrosage. Le modèle sera un outil d'aide à l'exploitation et de gestion de systèmes hydrauliques en simulant le stockage disponible et l'utilisation de la ressource en eau depuis les ouvrages de mobilisation jusqu'à la desserte.

Dans le chapitre 11 consiste à une approche de la gestion des eaux usées domestiques, traitement et recyclage des eaux traitées à des fins agricoles. Il s'agit du lagunage en tant que procédé d'épuration. La question est de savoir s'il répond aux exigences environnementales et sanitaires.

Enfin, dans le dernier chapitre on aborde une approche WEAP, un outil d'aide à la décision pour le choix des scénarios futurs les plus performantes. Ce logiciel permet d'établir la planification de l'usage de l'eau, par anticipation des variations des débits dans un hydro-système à divers horizons.

### **CHAPITRE 8 : PROBLEMATIQUE D'AMENAGEMENT ET CONFLIT D'USAGE DE L'EAU DANS LES MONTS DE BENI CHOUGRANE**

#### **1 Introduction**

Les organismes internationaux reconnaissent à l'unanimité que les ressources en eau deviennent rares, et devront être exploitées à bon escient. En Algérie, comme dans les pays du pourtour méditerranéen, l'eau joue un rôle crucial dans le développement socio-économique et la survie des écosystèmes naturels.



En effet la diversité de son usage (sociétal, économique et écologique) ajouté à un mode de gestion peu performant, influent dangereusement sur sa disponibilité dans un proche avenir, tant du point de vue quantitatif que qualitatif (Cheylan, 1952).

Paradoxalement, la stratégie de l'eau mise en place consiste à priorisé l'aspect de « l'offre » par le développement des infrastructures de mobilisation de nouvelles ressources, sans se soucier de la gestion de la demande et son utilisation efficiente à l'échelle de l'utilisateur.

Cela est confirmé par la part prépondérante accordée dans les budgets d'investissements à l'augmentation des capacités de stockage et des grandes infrastructures, face à la faiblesse des financements consacrés à l'amélioration des performances des systèmes de distribution d'eau et d'irrigation (Benslimane et al., 2013).

En effet, l'absence de structure de gestion appropriée de ces petits ouvrages, destinée à l'entretien et la maintenance des équipements, la protection et la végétalisation des versants impliquant la participation des agriculteurs-usagers, sous forme d'association et/collectifs organisés, ont conduit à une telle situation, caractérisée par des aménagements peu efficaces.

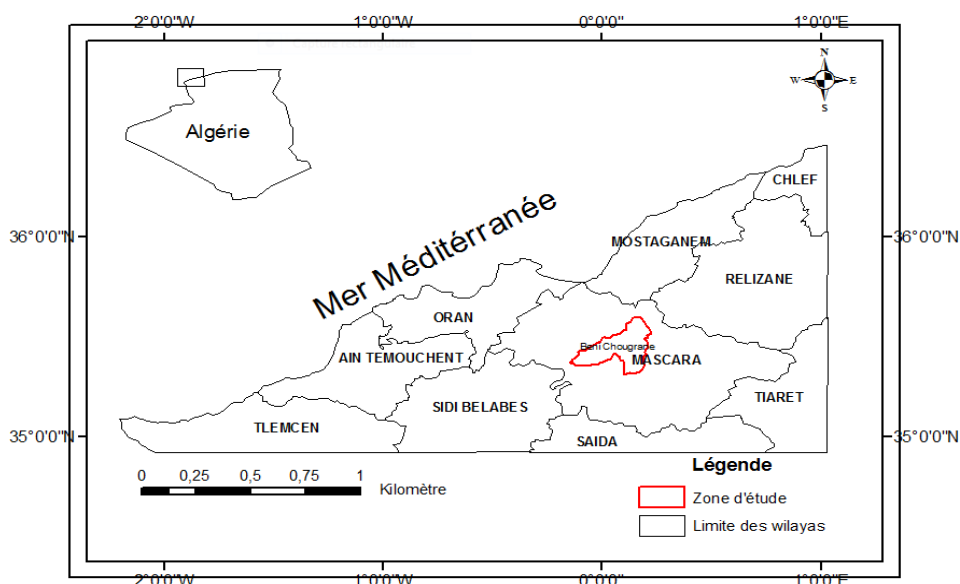
Cette problématique de l'eau relative à la gestion des ouvrages hydraulique à usages multiples (irrigation, abreuvement, écologie) en se basant sur une zone pilote (monts de Bénichougrane), ayant bénéficié de neuf (9) retenues collinaires, dont un (1) petit barrage (Kchrout).

Un diagnostic suivi d'enquêtes sur terrain nous permettent de mettre en évidence la nécessité d'une nouvelle approche de cette stratégie de l'eau conformément aux principes du développement durable de nos régions méditerranéennes.

## 2 Aire d'étude

### ▪ Localisation géographique de l'aire d'étude

La présente expérience a été menée dans les piémonts centraux des Bénichougrane, une zone de montagne du nord-ouest algérien, limitée par la plaine de Habra (Mascara) au nord et celle de Ghriss-Mascara au sud. Son relief collinaire est marqué par une morpho-dynamique très active et une forte érosion du milieu naturel, d'où sa vulnérabilité face aux aléas pédoclimatiques (figure IX.1).



### ▪ Composantes naturelles et humaines

Les formations géologiques dominantes sont essentiellement les marnes et grès tendres du Néogène, transgressives sur les marnes et calcaires marneux du paléogène et du crétacé. A l'origine de ces formations, une activité tectonique compliquée et apparente.

Ainsi, le paysage de l'aire d'étude est à caractère montagneux, profondément retouché par l'érosion hydrique. Les versants aux pentes relativement douces sont marqués par un réseau de ravins aux formes anguleuses et raides, découpés à la base par des arêtes aiguës.

Ils sont découpés dans le sens Nord-Sud par trois vallées étroites celles des Oueds (Mebtouh, Hammam et Melah), où plus de 70 % des surfaces sont situées à une altitude faible à moyenne et 30 % uniquement à des altitudes supérieures à 600 m (Hamimed et al., 2014).

Le climat est soumis au régime méditerranéen semi-aride, avec un apport une pluviométrie enregistrée oscille entre 350 et 550 mm par an, selon l'exposition du massif. Le mois le plus pluvieux reste le mois de Février (42,57 mm) par contre le mois qui enregistre la faible quantité de pluie c'est bien le mois de Juillet (2,93 mm).

Les températures soulignent l'existence de deux saisons bien distinctes : une saison froide qui s'échelonne sur six mois allant du mois de Novembre au mois d'Avril, enregistrant les minima les plus bas allant de 2°C à 6°C. Une saison chaude qui s'étale sur six mois allant du mois de Mai jusqu'au mois de d'Octobre et pendant lesquelles les moyennes mensuelles dépassant les 17°C.

Du point de vue pédologique, les monts de Béni-Chougrane, se distinguent par différents types de sols, notamment les sols limono-argilo-sableux et argilo-sableux et des sols peu évolués (MATE, 2013). Leur caractère devient de plus en plus accentué à mesures qu'on progresse vers les zones les moins drainées. Par conséquent, l'érosion est assez forte sur l'ensemble du massif montagneux.

Les propriétés mécaniques des marnes sont telles que la dégradation des sols de la zone d'étude par les différentes formes de l'érosion ont conduit à la formation de « bad lands ». Les sols sont donc d'autant plus fragiles, que la topographie et leur mise en cultures les exposent gravement aux effets des processus d'érosion.

Les cultures pratiquées sont dominées par les ensembles : céréales –jachères ; les cultures pérenne (arboriculture) et l'arboriculture rustique, arboriculture noyaux-pépins, agrumiculture et viticulture. Les cultures maraîchères dominées surtout par la pomme de terre conduite en irrigué. Les superficies respectives des 03 classes sont représentées dans la figure IX.2.

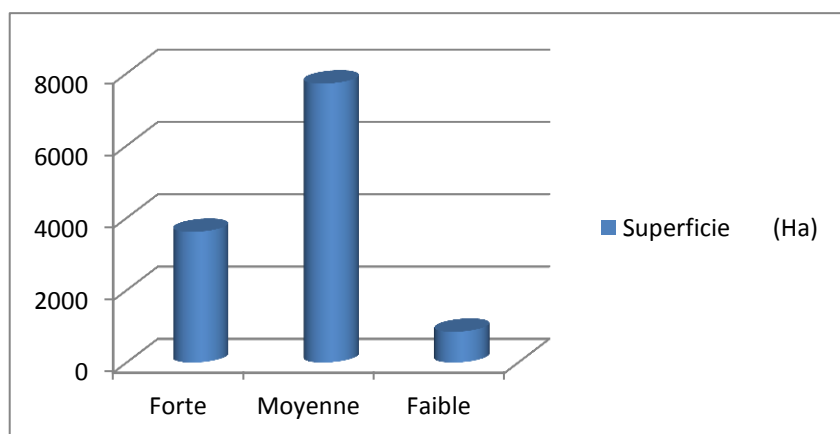


Figure IX.2 Classes de sensibilité à l'érosion à partir des données recueillies

La zone d'étude est peuplée de 230 000 habitants au RGPH (recensement général de la population et de l'habitat) de 2008 répartis entre 40 communes. La densité moyenne est de l'ordre de 167 Hab/Km<sup>2</sup>, avec des disparités très importantes d'une commune à l'autre.

#### ▪ Potentiel et mobilisation hydrique

De par ses caractéristiques hydrologiques, les oueds drainant les flancs nord et sud et collectant les affluents secondaires, naissent spontanément. Toutefois, l'artère principale, constitué par Oued el Hammam, draine 80% des eaux du massif montagneux et se jette dans la zone humide de la Macta.

L'apport interannuel des ressources superficielles est évalué à 271 Hm<sup>3</sup>/an. Le volume régularisable annuellement par les grands barrages-réservoirs est de 91.47 hm<sup>3</sup>. Toutefois, la sécheresse qui a sévit dans la région d'étude depuis plus d'une décennie, a réduit le volume exploité à 32.40 hm<sup>3</sup>, soit un déficit de 64% (ANRH, 2010).

Quant à l'infrastructure de la petite et moyenne hydraulique (PMH), mobilisant les ruissellements superficiels, elle est composée de neuf (9) retenues collinaires d'une capacité comprise entre 109630 m<sup>3</sup> et 460000 m<sup>3</sup> (figure IX.3). Le choix de l'implantation des retenues ne répondent qu'aux critères techniques, notamment le rapport digue/volume de la retenue. L'implication des agriculteurs, mission confiée aux collectivités locales, ne vient qu'en dernier lieu (DREW, 2015).



**Figure IX.3 Quelques modèles d'ouvrages hydrauliques, réalisés à travers la zone d'étude**

Cette situation paradoxale explique, à elle seule, le retard accusé dans l'utilisation de l'eau stockée, ce qui à l'origine de l'inefficacité de ces aménagements à l'échelle du bassin versant. Le constat établi sur cette zone pilote nous renseigne sur ces faiblesses et permet de rectifier le procédé d'approche sectorielle de la gestion de l'eau.

#### • La gestion de l'eau par les AIC

La récente mise en place de l'organisation de la gestion des retenues collinaires et petits barrages à usage agricole, se réfère à la circulaire ministérielle N°421/04 du 13/07/2004, ayant pour objet la prise en charge des préoccupations liées au développement et à la gestion de l'agriculture irriguée soulevées par la profession agricole (Circulaire, 2004).

A cet effet, un cahier des charges retraçant les termes de références relatifs à la concession de la gestion, de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages et des infrastructures de petite et moyenne hydraulique (PMH) en matière d'eaux de surface. Dans le même sens, des circulaires ministérielles ont suivi, ayant pour objet d'inciter les agriculteurs irrigants à s'organiser en association d'intérêt commun

(AIC), destinées à prendre en charge la gestion et l'entretien des aménagements des retenues collinaires.

Dans ce contexte, au niveau de la wilaya territorialement compétente, des arrêtés ont été pris pour asseoir cette nouvelle forme de gestion collective et permettant une utilisation efficiente des ouvrages de la petite et moyenne hydraulique (Arrêté, 2005).

L'un des principaux objectifs de cette contribution étant d'évaluer l'arsenal juridique mis en place pour l'adhésion des agriculteurs irrigants à la gestion de ces barrages collinaires.

A travers cette évaluation, c'est le bilan de d'adhésion des acteurs locaux à cette politique hydraulique à l'échelle du bassin qui fait défaut dans le milieu rural algérien, en vue de prendre en charge la gestion des points d'eau et des équipements collectifs mis en place par l'injection des investissements colossaux.

### 3. Méthodologie d'approche

La méthode d'approche se base sur des investigations sur terrain, en procédant à des enquêtes au cas par cas des ouvrages hydrauliques, dont la gestion est confiée à des associations d'intérêt commun (AIC).

L'enquête porte sur neuf (09) retenues collinaires réparties à travers les monts de Bénichougrane, à savoir, Shaouria, Benitimi, Ftouh, Grara, Khrouf, Dra El Oueste, Boufane, Medreg et Sidi Amar.

Il est attendu de ces investigations de s'acquérir sur les pratiques de la gestion de l'eau mobilisée par les infrastructures de PMH (petite et moyenne hydraulique), notamment en eau en termes de captage et des volumes extraits, de l'entretien des retenues et leur préservation contre l'envasement rapide par le charriage des matériaux solides.

Outre, le constat sur les lieux (bassin versant, l'état de la retenue, couvert végétale, sol,...), la finalité d'une telle approche consiste donc à mesurer le niveau d'implication des usagers dans la durée de vie des ouvrages réalisés par les pouvoirs publics.

A cet effet, les investigations par le biais d'enquêtes ont été élaborées pour l'approche de deux niveaux d'information :

- les enquêtes de niveau 1, ont été conçues pour l'évaluation du fonctionnement des ouvrages de mobilisation, en terme de travaux collectifs pour l'entretien et la durabilité de cet investissement public ;
- les enquêtes de niveau 2, concernent le rôle individuel des usagers, à l'échelle de la parcelle en vue d'évaluer le mode de conduite d'irrigation ainsi que l'application des mesures d'économie de l'eau.

Plus globalement, il attendu de ces investigations une évaluation des systèmes d'irrigation pratiqués et l'organisation de cette activité à proximité des retenues collinaires (superficie irriguée, nombre d'irrigants, types de cultures, emplois créés, contraintes rencontrées et plus particulièrement le rôle des AIC dans la gestion durable des ouvrages hydrauliques (Figure IX.4).

Enfin, la comparaison de ce mode de gestion de l'eau agricole par rapport à d'autres modèles, notamment à travers certain pays du Maghreb, nous permettent d'évaluer les enjeux d'une telle

pratique dans l'optimisation de l'usage de l'eau en agriculture, du fait qu'il s'agit d'une région semi-aride où l'agriculture en est le plus grand consommateur de l'eau (Faysse, 2001).

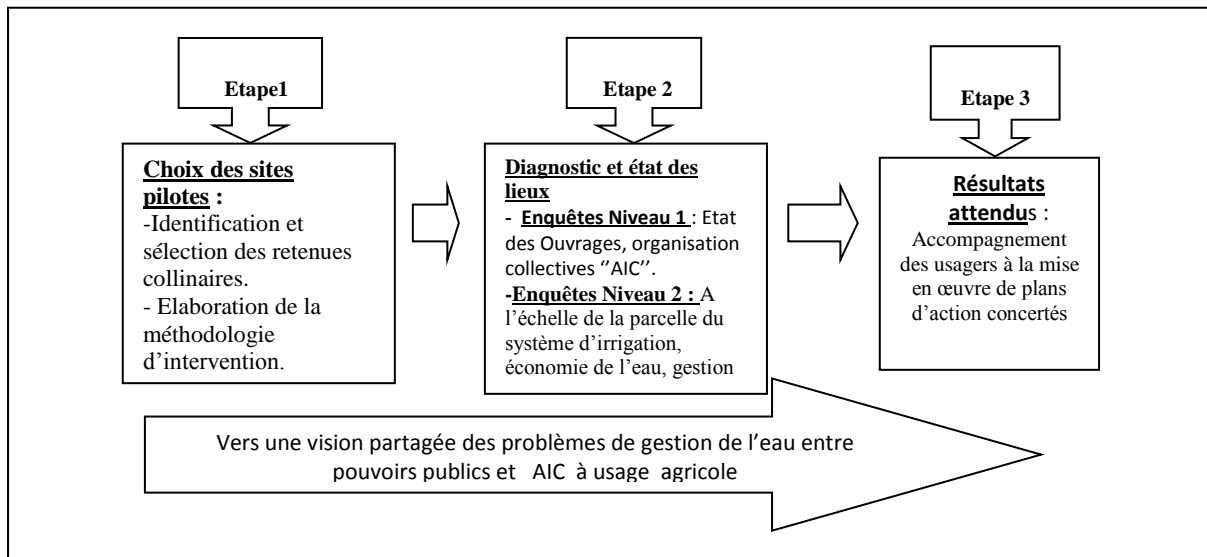


Figure IX.4 Schéma synoptique de la méthodologie d'approche

## 4 Résultats et discussion

### • Adhésion et conflits d'usage

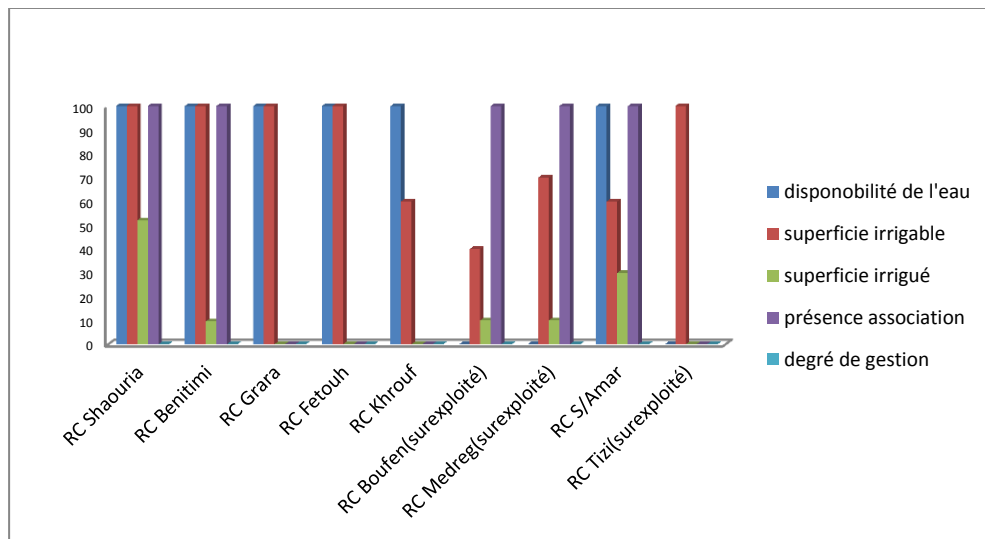
L'exploitation des données recueillies par enquêtes des irrigants nous renseignent que trois sur neuf retenue (Grara, Dra El Oueste et Fetouh), soit 33% des irrigants n'adhèrent pas cette forme de gestion collective des AIC pour motifs d'un désaccord interne. Cela suppose l'absence d'un arbitrage, rôle des collectivités locales qui doivent mener des négociations en vue d'aplanir les différends entre les uns et les autres.

Les 67%, soit les deux tiers des irrigants s'engageant pour la création des associations d'intérêts communs(AIC), mais pour le simple intérêt de prélèvement d'une part de la ressource, sans y contribuer pour l'entretien et les travaux de maintenance des ouvrages. Ce comportement traduit fidèlement le système d'appropriation féodal du patrimoine public, qui consiste à un engagement de Tous (pour le profit) et de Personne (pour les dépenses).

Face à cette implication partielle, les motifs énoncés sont d'ordre technique parfois très fondés, tels que la défaillance des vannes de prise d'eau inutilisables, le colmatage, obstruction et sous dimensionnement des conduites de vidange de fond, ce qui suppose la mise à contribution par les pouvoirs publics soit des études inappropriés et non conformes, soit des aménagements inachevés n'intégrant pas l'aspect de dévasement amont/aval. Il s'en suit que sur les six retenues en exploitation, 50% sont envasées (Dra El Oueste, Boufane, Medreg).

Les conséquences de cette réaction de refus à l'adhésion au AIC, tout à fait légitime par les irrigants, se répercutent sur une gestion aléatoires, voir conflictuelle de l'eau, à travers le mode des prélèvements d'eau observés pour les six retenues collinaire mises en exploitation collective : pompage non organisé, tour d'eau non respecté, recours au transport par citerne, vente des parts d'eau aux personnes tiers non adhérents, abrèvement de cheptel directement sur la retenue occasionnant des nuisances qualitatives, etc.

Autant de problèmes qui s'accumulent et conduisent à l'apparition des conflits tant sur le plan interne entre usagers que sur la relation usagers-pouvoir. Les ouvrages hydrauliques dont la localisation chevauche sur des limites administratives (cas de Beni Timi) remettent en surface un troisième type de conflit entre les pouvoirs publics intercommunaux (figure IX.5).



**Figure IX.5- Bilan de la gestion par les AIC**

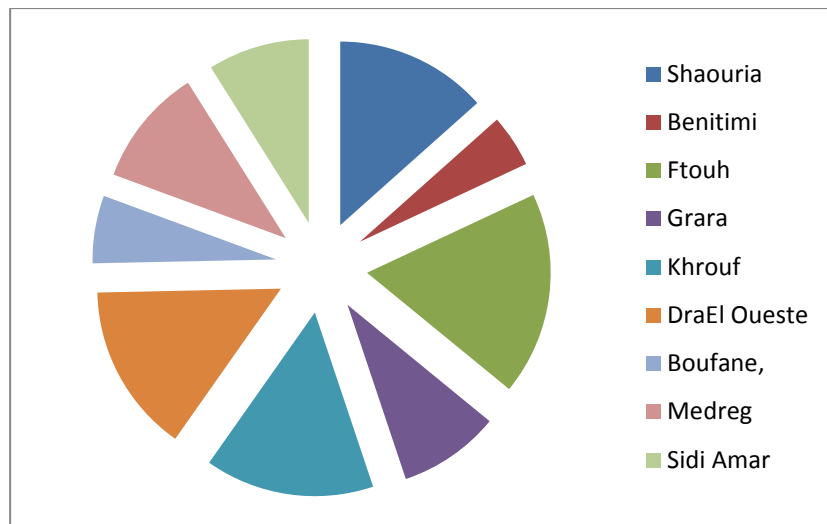
Ainsi, il s'avère que la gestion par le biais des associations d'intérêt collectif n'a pas atteint les objectifs attendus tout au moins dans notre zone d'étude. L'explication majeure en est l'absence de l'esprit collégial et l'impuissance des irrigants face à un cahier des charges jugé financièrement très lourd, nécessitant des moyennes considérables telles que le curage, la maintenance et l'entretien de ces ouvrages hydrauliques.

Certes, l'association reste le seul moyen et un modèle très réussi de par monde pour ce type de gestion intégrée des ressources en eau, à l'échelle locale, mais il y'a lieu de se pencher d'avantage sur la nécessité d'octroyer des subventions pour ce type d'actions d'autant plus les défaillances reviennent en partie au choix du site confié aux commissions techniques et des collectivités locales.

### • Impacts socio-économiques

Au plan économique et à l'échelle des unités hydrographiques pilotes des monts de Béni Chougrane, une relance de l'activité agricole spéculative se confirme par la présence des cultures sous serres produisant divers maraichers (48%) avec essentiellement les piments, courgettes, concombre et laitue ; suivi par l'olivier (48%) de par l'importance de son revenu actuel.

Le reste des spéculations culturelles sont relativement timides, tels que les agrumes (5%), vignes (3 %). Globalement, on enregistre une superficie nouvellement mise en valeur à l'irriguée s'étalant entre 31 et 120 ha par barrage collinaire, soit une superficie totale de 671 ha (figure IX.6).



**Figure IX.6 - Consistance des superficies irriguées par barrage collinaire**

En moyenne, la main d'œuvre permanente employée est 37 travailleurs permanents concernant les chefs d'exploitation et la main d'œuvre saisonnière. Pour les travaux saisonniers, principalement le désherbage, la récolte et l'irrigation, 85% des agriculteurs préfèrent le recours aux emplois au sein de la famille élargie.

Globalement, le nombre d'emplois créé varie entre 74 à 111 postes offerts. L'irrigation actuellement des terres agricole a partir des retenue collinaire se fait par deux type de système d'irrigation le gravitaire traditionnel qui présente 53% qui pose une source de dégradation de la couche arable, par l'accumulation des dépôts solides, notamment au niveau des sols accidenté à forte pente.

- **Impacts écologiques**

Comme cela a été noté, en dehors de l'intérêt spéculatif des irrigants qui se limite dans la rentabilité de leur investissement et l'accroissement du profil tiré de cette ressource mobilisée par les pouvoirs publics, aucune action à caractère curatif ou préventif n'est prise en considération. De même, pour les travaux de protection des terres contre la dégradation et le lessivage des éléments nutritifs du sol, ils sont ignorés en souhaitant une assistance et un soutien de l'état.

Les terres agricoles situées à l'amont de la cuvette de l'ouvrage sont dans leur majorité couvertes d'une végétation saisonnière, ce qui les expose à une forte vulnérabilité à l'érosion. Les bassins versants des retenues se caractérisent donc par un déclenchement du phénomène érosif par l'effet de l'irrigation gravitaire, causant la formation des griffes qui se transforment rapidement en rigoles par l'effet des ruissèlements en direction de la retenue (figure IX.7). Il en résulte un charriage des matériaux vers la cuvette et des risques d'un envasement accéléré par les mauvaises pratiques d'irrigation.



**Figure IX.7 - Effet des pratiques culturales sur le phénomène érosif**

## Conclusion

Malgré le cadre institutionnel et législatif assez bien outillé, la gestion de l'eau des retenues collinaires dans la zone montagneuse est encore honteuse du fait que les associations d'intérêt collectif restent défailtantes sur le terrain, ce qui conduit à l'absence d'une politique tranchante sur la gestion de l'eau agricole.

L'émergence des conflits d'usage du aux partages inéquitables de l'eau s'ajoute à la non maîtrise des systèmes d'irrigation technico-économiques et rationnels ce qui engendre un mode de gestion de l'eau complexe non adapté aux principes de la durabilité de la ressource.

L'alternative serait de prévoir un organisme pour s'occuper du volet de la gestion des retenues collinaires, indépendamment des irrigants qui s'occuperont que de l'activité productrice. A cet effet, le rôle dévoué à cet organisme serait le contrôle et la gestion des ouvrages de mobilisation et les aménagements nécessaires à leur préservation contre le fléau de l'envasement.

Autrement dit, il s'agit de mettre en place la durabilité des aménagements hydraulique par l'intégration des systèmes de protection à la parcelle, associés les agriculteurs aux aménagements préconisés, plantation arboricoles en forme des banquettes pour briser la vitesse et le charriage de l'eau au cours d'irrigation.

Ainsi, de par leur fragilité, la gestion de l'eau en zone de montagne à l'avenir doit passer par :

- Une meilleure maîtrise des connaissances sur les ressources/les besoins du projet de l'aire d'irrigation.
- Veillant à une meilleure intégration des projets dans son environnement.
- Economiser, préserver et protéger les ressources par le développement des techniques d'irrigation de la goutte à goutte et la lutte contre les différentes formes d'érosion et/ou de pollution.
- La mise en œuvre d'un programme de communication et de sensibilisation à l'économie de l'eau.
- Assurer une bonne gouvernance de l'eau par la gestion concertée à l'échelle du bassin.



## CHAPITRE 9 : ADAPTATION DU SYSTEME D'IRRIGATION DANS LES PERIMETRES AGRICOLES PAR MODELISATION DU TOUR D'EAU

L'effet conjugué de la sécheresse et de l'affectation prioritaire des eaux du triplex à l'eau potable d'Oran se sont traduits par une réduction importante des irrigations ; les sols agrumicoles et oléicoles irrigués se sont réduits considérablement. L'objet de cette contribution consiste à l'évaluation de cette nouvelle expérience de la gestion de l'eau à l'échelle de la parcelle, en vue de l'identification des contraintes liées au mode de gestion des ressources en eau.

Le site expérimental retenu a été porté sur le périmètre irrigué Habra, surtout à l'organisation générale de l'irrigation ONID des outils d'aide à l'exploitation et de gestion de systèmes hydrauliques en simulant le stockage disponible et l'utilisation de la ressource en eau depuis les ouvrages de mobilisation jusqu'à la desserte .

La méthodologie adoptée dans ce travail est basée sur la création un modèle qui servira à réduire la période et l'effort d'organisation des tours d'eau, résoudre le problème lié à l'usage de l'eau en présence des incidences, conflit amont aval du vol d'eau, minimisé les pertes d'eau et une durée minimale d'arrosage.

### 1. Introduction

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. A l'instar des pays en voie de développement, la politique algérienne en matière de gestion de l'eau, entamée depuis une dizaine d'années, a été axée d'avantage sur la mobilisation de nouvelles ressources que sur la recherche d'un meilleur usage des disponibles hydriques (Benblidia, 2011).

Face à la montée de la demande en eau, la priorité a été en faveur du développement de l'offre, comme le témoignage la part prépondérante accordée aux budgets d'investissements de la grande hydraulique (barrages, exploitation de nappes profondes, dessalement, grands transferts d'eau (Mozas et Ghosn, 2013).

Autrement dit, on assiste à un faible financement consacrés à l'entretien et à la maintenance des installations existantes, ou encore l'amélioration des performances des systèmes de distribution d'irrigation. Par voie de conséquence, les décideurs sont appelés à mener une politique active, en mettant en œuvre différents types d'aménagement, ainsi qu'à une gestion raisonnée et durable de l'eau (Blinda, 2012).

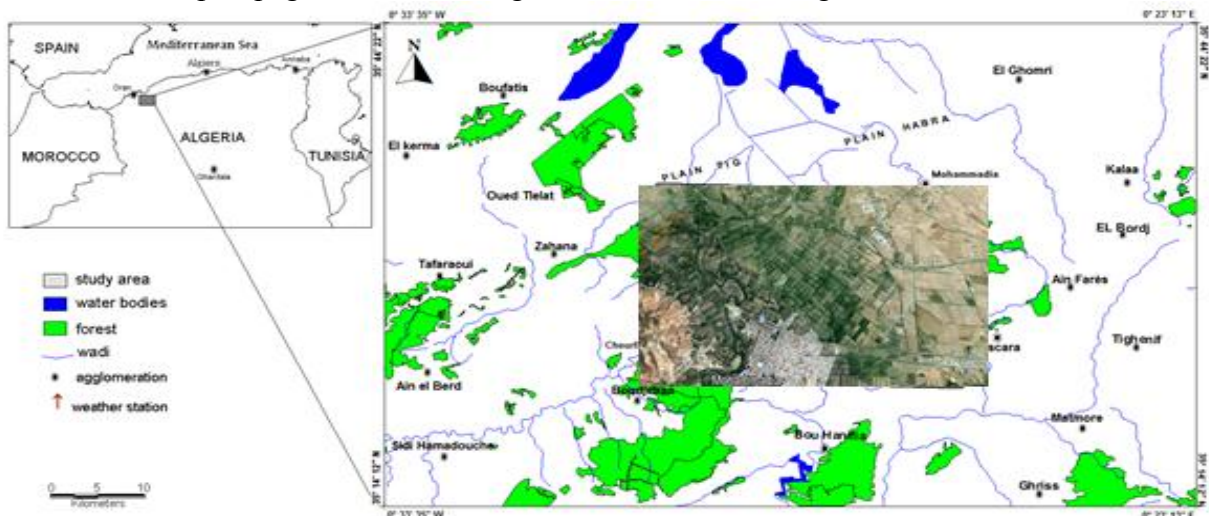
Ainsi, la maîtrise et la préservation des ressources en eau constituent donc un enjeu majeur pour le XXI<sup>e</sup> siècle auquel les scientifiques doivent répondre. Un tel objectif doit permettre d'asseoir une gestion intégrée de l'eau, à travers l'approche de la "demande", en s'attaquant, notamment, au gaspillage de l'eau dans toutes ses formes, y compris le changement des habitudes chez les usagers s'avère impératif à nos jours (Roignant, 2007).

La présente contribution consiste à étudier cet aspect de la nouvelle dynamique de la gestion intégrée des ressources en eau agricole à travers un site pilote connaissant une crise d'eau chronique (périmètre irrigué de Habra). La démarche adoptée est basée sur la conception d'un modèle d'aide de décision pour la gestion de l'eau à l'échelle de la parcelle.

Ce dernier traite un certain nombre de variables liées au déroulement de l'irrigation, telles que, le tour d'eau, l'état du réseau, le type de culture, le mode d'arrosage, conflits amont/aval des irrigants ainsi que les problèmes de gaspillage d'eau. Les résultats attendus convergent vers l'introduction des alternatives technico-économiques adaptées aux contextes hydro-climatiques qui sévissent à travers la région d'étude depuis une vingtaine d'années.

## 2. L'aire d'étude

S'étendant sur une superficie équipée de 19600 ha, le périmètre irrigué de Habra est situé dans les plaines intérieures septentrionales du bassin versant de la Mactaa, rattachées à la région nord-ouest algérienne. L'eau d'irrigation est acheminée par gravité, à partir du triplex de trois barrages (Ouzert, Bouhanifia et Fergoug), fonctionnant en cascade et connaissant des pertes considérables lors du transfert, dues à des pompes illicites le long du cours d'eau voir Figure X.1.



**Figure X.1 Situation géographique du périmètre irrigué de Habra**

Les sols du périmètre sont formés sur des alluvions et des colluvions arrachées par l'érosion de la zone montagneuse du bassin versant, renfermant dans ses couches géologiques des faciès salés. Par conséquent, les couches superficielles conservent les traces d'une salinité qualifiée de primaire à secondaire, aggravée par l'insuffisance pluviométrique des lessivages et des infrastructures de drainage peu performants.

La zone d'étude subit l'influence du climat méditerranéen sec, favorable à toutes les cultures, et particulièrement maraichères et arboricoles. Cependant, il est à noter que la présence du vent dominant sec, en particulier le sirocco, constitue une contrainte à la mise en valeur. De ce fait, sans irrigation, seules les cultures résistantes au stress hydrique, de période végétative assez courte et à forte densité d'enracinement subsistent.

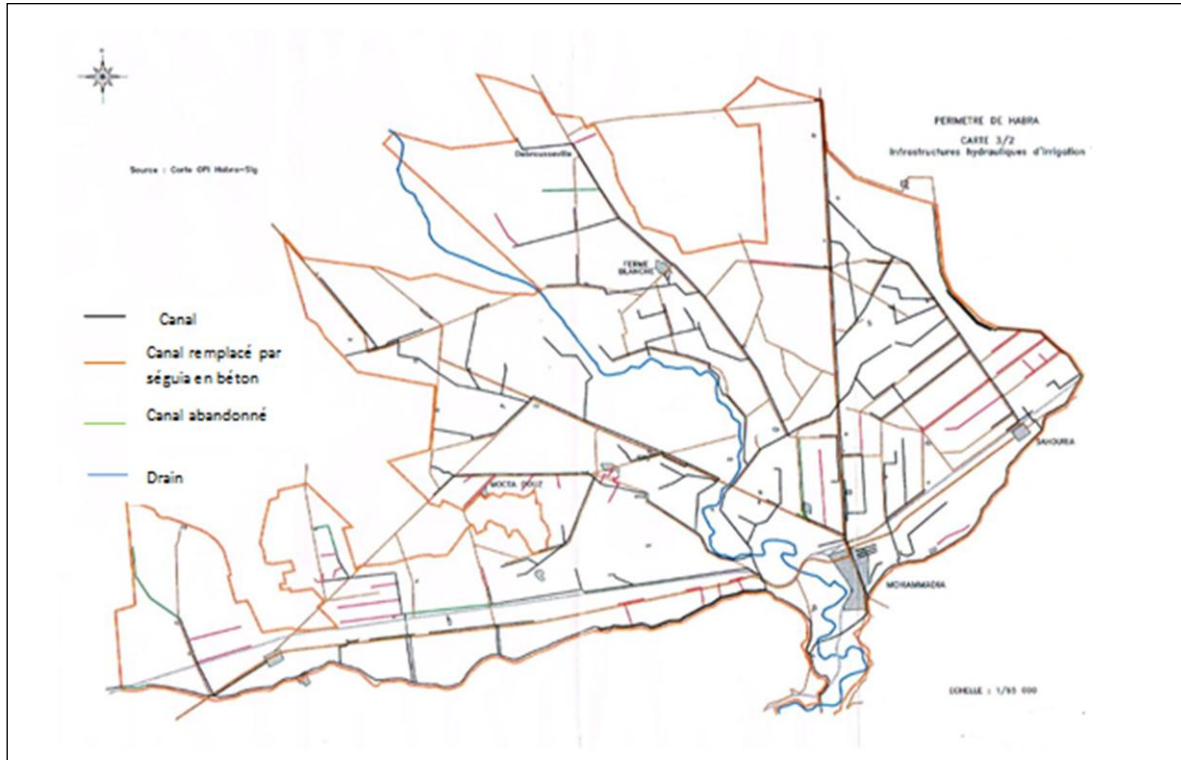
Morphologiquement, la dépression du périmètre de Habra est comprise entre les cônes de déjections des oueds de Khrouf et Habra. La différenciation géochimique verticale résiste mieux à l'homogénéisation en raison de la faible transmissivité verticale : les nappes superposées sont géochimiquement distinctes (Zerkaoui et Benslimane, 2015).

Du point de vue fonctionnel, le périmètre est structuré en deux unités : l'une chargée d'exploitation et l'autre des travaux d'entretien, dont les missions sont comme suit :

- ✓ préparation des tours d'eau : arrêté en fonction des cultures irriguées.
- ✓ la tarification : sous l'angle de l'incitation aux économies d'eau.

- ✓ l'organisation de l'exploitation et de la maintenance du réseau.

Quant au réseau d'irrigation, proprement dit, il est de type gravitaire, disposé de canaux à ciel ouvert, de forme trapézoïdale, totalisant un linéaire de 256km, tous types confondus (primaires, secondaires et tertiaires) Figure X.2. Ce réseau datant des années 1940 génère un taux de déperdition avoisinant les 50 % (BRLI/ENHYD, 2007).



**Figure X.2 Configuration du réseau d'irrigation du périmètre irrigué de Habra**

### 3. Matériel et moyens utilisés

#### 3.1 Objectifs et choix des variables du modèle

Face au constat dans la distribution de l'eau au collectif des irrigants du périmètre Habra, on se retrouve confronter aux problèmes de dysfonctionnement du tour d'eau et la nécessité de compensation du déficit d'eau aux usagers.

Ces calculs du tour d'eau, qui se faisaient par des méthodes traditionnelles, sur la base des données de chaque irrigant (module, débit, temps d'arrosage, début et fin d'irrigation, etc.), ayant pour effets une durée d'arrosage plus longue, des pertes d'eau conséquentes à travers le réseau, ainsi que de multiples infractions de détournement de l'eau, ce qui génère l'apparition des conflits d'usage entre irrigants.

Face à de tels problèmes nous avons développé un logiciel informatique, facilitant l'exploitation et la gestion de tour d'eau, en prenant en compte les variables suivantes :

- le temps de parcours,
- le temps d'arrosage réel,
- le temps du module,
- le temps de ressuage,
- le temps de mouillage,
- le débit du module,

- le type de culture,
- la superficie irriguée,
- le nombre des irrigants dans la même prise,
- les inscriptions réelles (souscription) de chaque agriculteur.

L’outil de gestion mis en œuvre été testé à l’échelle des sept secteurs irrigués du périmètre de Habra. A la base, il s’agit d’une modélisation multidimensionnelle, dédiée à l’évaluation des problèmes spécifiques de l’usage de l’eau agricole. Ainsi, il est possible de calculer les besoins et les consommations des cultures, l’état financière et les créances des irrigants, identification des réseaux vétustes, ou encore les conflits entre usages.

Les objectifs attendus de ce logiciel sont, entre autre :

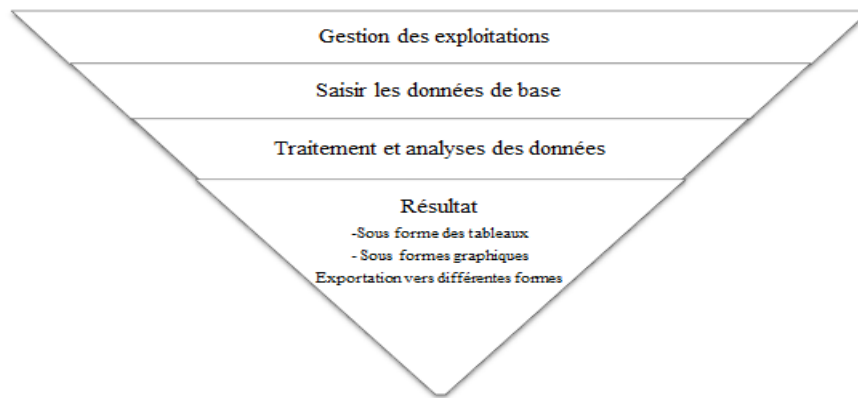
- incorporer les données et les paramètres dans un outil pratique pour la gestion de l’eau ;
- fournir un système de base de données des irrigants et leur parcelles irriguée sur la base des déclarations, type de culture et les informations de maintien d’approvisionnement ;
- calcul du tour d’eau ;
- création des scénarios depuis le réservoir jusqu’à son arrivée à la parcelle.

Le traitement des données porte sur des tabulations concernant le parcellaire, le plan de culture, la souscription, la programmation du tour d’eau, plus en détail. La représentation graphique, affichage des données et les résultats du modèle se fond sous forme de tableaux et graphes, affichés et présentés par des icônes (barre d’affichage). En cliquant sur l’une des icônes, la présentation souhaitée est affichée (figure X.3).

Type	Code_Client	Code_Culture	Culture	Dose_consomme	Volume_consomme	Debit	Debut	Fin	Temps_arrosage	Prise
R	010110001	101	oranger	1.43	864.00	50.00	06/03/2015 11:22...	06/03/2015 17:22...	360.00	FT6
R	010110001	101	oranger	2.86	1 728.00	50.00	29/03/2015 07:00...	29/03/2015 19:00...	720.00	FT6
R	010110001	101	oranger	1.43	864.00	50.00	09/06/2015 02:15...	09/06/2015 08:15...	360.00	FT6
R	010110001	101	oranger	1.43	864.00	40.00	16/08/2015 15:52...	16/08/2015 21:52...	360.00	FT6
R	010110003	101	oranger	2.14	1 296.00	20.00	14/05/2015 12:35...	15/05/2015 00:35...	720.00	FS11.3.BIS
R	010110003	101	oranger	1.07	648.00	20.00	01/06/2015 05:00...	01/06/2015 12:00...	360.00	FS11.3.BIS
R	010110003	101	oranger	2.14	1 296.00	30.00	05/08/2015 10:00...	05/08/2015 22:00...	720.00	FS11.3.BIS
R	010110005	212	olivier	1.43	864.00	50.00	12/04/2015 08:00...	12/04/2015 14:00...	360.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	212	olivier	1.43	864.00	50.00	04/06/2015 17:12...	04/06/2015 23:12...	360.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	214	JP(Olivier)	0.71	432.00	50.00	04/06/2015 23:12...	05/06/2015 02:12...	180.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	212	olivier	1.43	864.00	40.00	06/08/2015 14:42...	06/08/2015 20:42...	360.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	214	JP(Olivier)	0.71	432.00	40.00	06/08/2015 20:42...	06/08/2015 23:42...	180.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	212	olivier	1.43	864.00	40.00	05/10/2015 13:30...	05/10/2015 19:30...	360.00	FT17.TUYAUX
R	010110005	214	JP(Olivier)	0.71	432.00	40.00	05/10/2015 19:30...	05/10/2015 22:30...	180.00	FT17.TUYAUX
R	010110007	101	oranger	1.43	864.00	50.00	12/04/2015 07:00...	12/04/2015 13:00...	360.00	FT17.TUYAUX
R	010110007	101	oranger	1.79	1 080.00	50.00	03/06/2015 15:42...	03/06/2015 23:12...	450.00	FT17.TUYAUX
R	010110007	101	oranger	1.79	1 080.00	40.00	05/08/2015 13:12...	05/08/2015 20:42...	450.00	FT17.TUYAUX
R	010110007	101	oranger	1.79	1 080.00	40.00	04/10/2015 12:00...	04/10/2015 19:30...	450.00	FT17.TUYAUX

Figure X.3 Fenêtre basse de la table des consommations

Le fonctionnement du modèle peut être représenté par l’organigramme cité dans la figure ci-dessous (figure X.4). L’un des problèmes à résoudre par ce modèle est le jumelage des sections, en vue de créer un scénario d’irrigation, déterminant le cheminement de l’eau du barrage-répartiteur (Fergoug) jusqu’à son arrivée à la parcelle.



**Figure X.4 Organigramme de fonctionnement du logiciel**

### 3.2 Le fonctionnement du logiciel

Afin d'asseoir le programme du tour d'eau entre usagers-irrigants, les données relatives aux souscriptions sont identifiées et stockées, conformément aux déclarations des clients du périmètre, notamment :

- Le numéro de la prise de l'usage ou la propriété ;
- L'utilisateur en question ;
- La superficie à irriguer par l'usage ;
- Le temps de parcours « TP » par des essais faits de module jusqu'à la tête de la parcelle ;
- Le temps de passage de l'eau du barrage jusqu'au module considéré

Le logiciel établit les calculs selon le temps de mouillage « TM » exprimant le temps que fait l'eau pour mouiller le canal à partir du module jusqu'à la parcelle du premier usager, ensuite jusqu'au deuxième et ainsi de suite. Ainsi, TM du premier usager est égal à son temps de parcours TP :

$$TM_1 = TP_1$$

Le TM du deuxième usager est égal à son temps de parcours moins le temps de parcours du premier usager

$$TM_2 = TP_2 - TP_1$$

Le temps de ressuyage (TR) exprime le temps que fait l'eau dans le cas de croisement d'un canal à autre canal ou pour le dernier usager:

$$TR = \frac{(TP_{\text{du croisement}} - TP_{\text{de l'usage avant le croisement}}) \times 7}{10}$$

Le temps d'arrosage réel ( $TA_r$ ) exprime le temps que fait l'eau pour l'arrosage de toute la parcelle considérée. Il est calculé en fonction du débit du canal, le débit demandé par l'utilisateur et la durée de la semaine exprimée en minutes :

$$TA_r = \frac{\text{Nb de minutes de la semaine} \times \frac{L}{s} \text{ demandes}}{\text{le débit du canal}}$$

Le temps module exprime la différence entre la fin réelle et début réel.

Le début réel pour le premier usager est le temps de passage de l'eau au module ; c'est le temps que fait l'eau du barrage au module en question. Le début réel du deuxième usager est égal à la fin réelle du premier usager. Enfin, la fin réelle est évaluée au début réel du premier usager plus le temps d'arrosage et le temps de mouillage.

Pour le cubage nous prenons pour chaque hectare un débit unitaire de 1 l/s (fourni par le gestionnaire du périmètre), équivalente à une semaine d'arrosage, estimée à 610 m<sup>3</sup>/ha. A partir de ces données, le logiciel pourra calculer la plage d'horaire d'arrosage pour chaque usager-irrigant, puis établir des cumuls par secteur et par types de culture, tenant compte des contraintes du réseau.

### 3.3 Test d'application du modèle

Pour la programmation d'un tour d'eau (fenêtre campagne d'irrigation), on doit disposer du plan de culture en lui ajoutant (+) le numéro d'un tour de la première inscription, exprimant la date du départ et la fin avec le volume destiné à l'irrigation fixé par le gestionnaire à 864 m<sup>3</sup>. Les codes dans le modèle se font automatiquement d'après la première inscription (figure X.5).

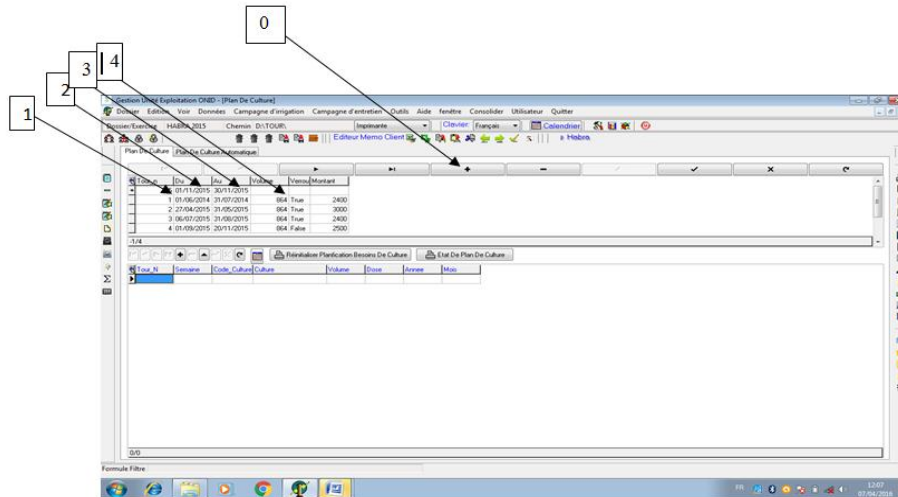


Figure X.5 Fenêtre montrant la première et deuxième étape d'un tour d'eau

Puis on détermine le nombre de semaine de tour d'eau, numéro de tour d'eau, et le volume destiné à l'irrigation pour une section. L'étape suivante est de fixer le numéro du tour d'eau selon le choix et l'expression souhaitée par l'utilisateur-irrigant (figure X.6).

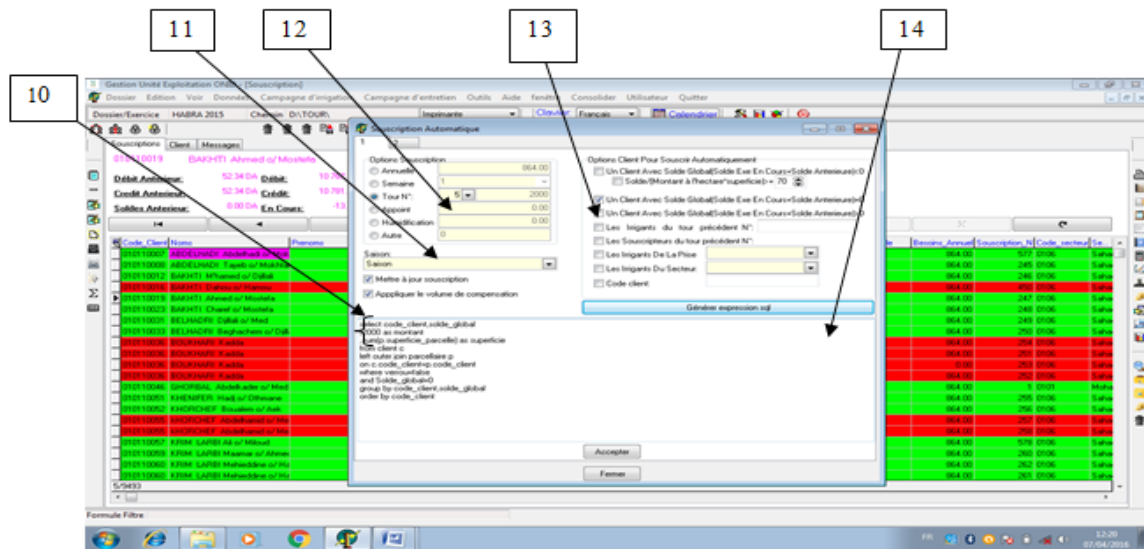


Figure X.6 Fenêtre montrant la troisième étape d'un tour d'eau

Le retour à la fenêtre « campagne d'irrigation », permet de programmer un tour d'eau et sélectionne les prises d'eau (ex. AS11), faire entrer le débit (ex : 40l/s) et le paramétrage de la date et l'heure d'ouverture des prises en tête de la parcelle à irriguer. On procède au lancement de la programmation définitive amont/aval ou dans le sens inverse, selon la topographie et l'état du réseau. Enfin, les prises sélectionnées sont obtenues sur les cartes d'arrosages pour chaque usage. Cette méthode est appliquée pour chaque section et chaque secteur du périmètre irrigué (figure X.7).

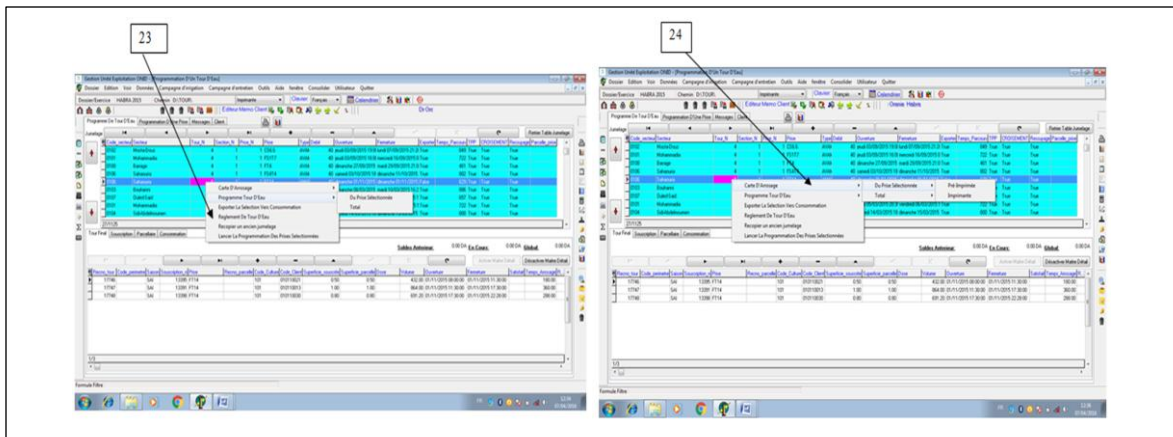


Figure X.7 Fenêtre montre la huitième étape d'un tour d'eau

### 4 Résultats et discussions

Les résultats obtenus montrent une grande variété de diagrammes et de tables de calcul, couvrant les différents aspects du système : consommation, client, jumelage des sections, cultures pratiquées, les lâchées d'eau, approvisionnement, charges environnementales, carte d'arrosage des usagers ainsi que le bilan des tours d'eau par secteur, tels que illustrés successivement dans les figures X.8 et X.9.

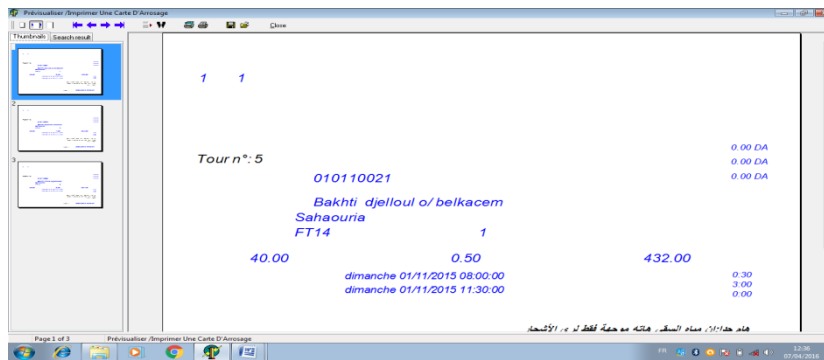


Figure X.8 Carte d'arrosage pour chaque usager-irrigant



Figure X.9 Récapitulation des usages irrigants d'une même prise d'eau

Cette représentation graphique est employée en vue de regrouper l'ensemble des diagrammes "favoris", où l'on peut examiner simultanément les différents aspects importants du système, tels que les demandes et le niveau des stocks (figure X.10).

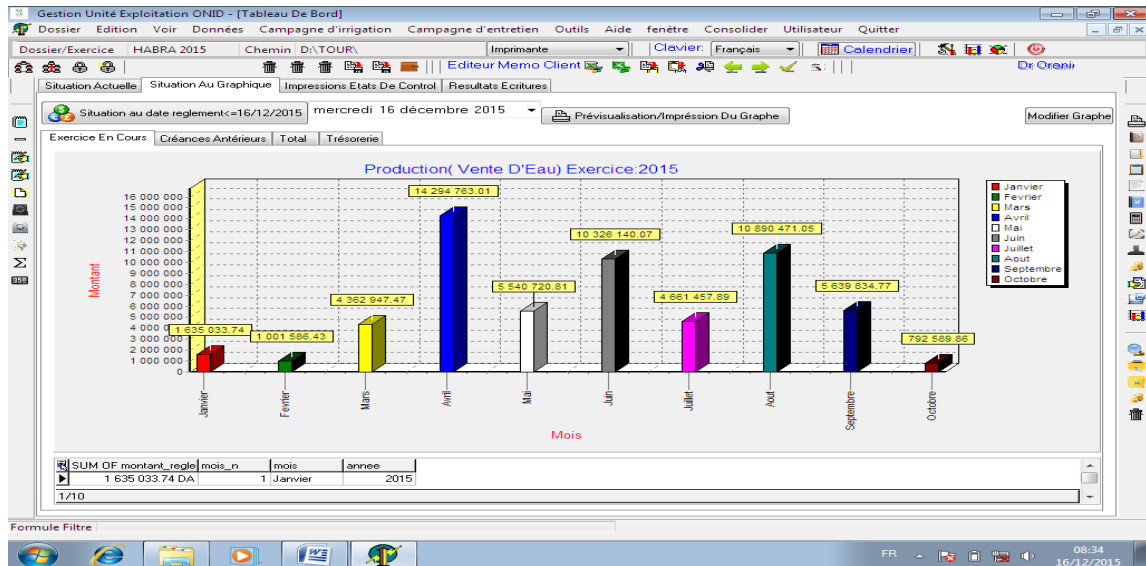


Figure X.10 Fenêtre des résultats graphiques

Ainsi, la planification du tour d'eau comporte plusieurs prises de démarrage et d'aboutissement, installées en parallèle, de façon à prendre en charge toutes les contraintes topographiques du terrain et l'adhésion des usagers. Deux cas se présentent : si l'on distribue l'eau de l'amont à l'aval, par ordre de prise des irrigants avec l'état vétuste des canaux, les irrigants en aval ne reçoivent pas leur part d'eau par dans sa totalité.

Si on ne fait le jumelage au préalable des sections, il y'a risque de perte de grande quantité d'eau, avec un prolongement de la durée d'irrigation. Par conséquent, le modèle crée un nouveau scénario avant le lâcher d'eau selon la souscription des irrigants (figure X.11).

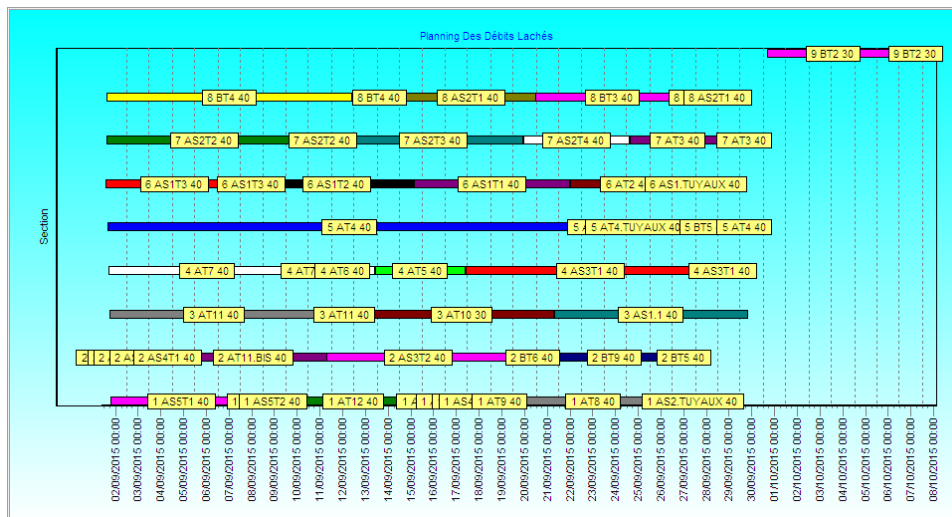
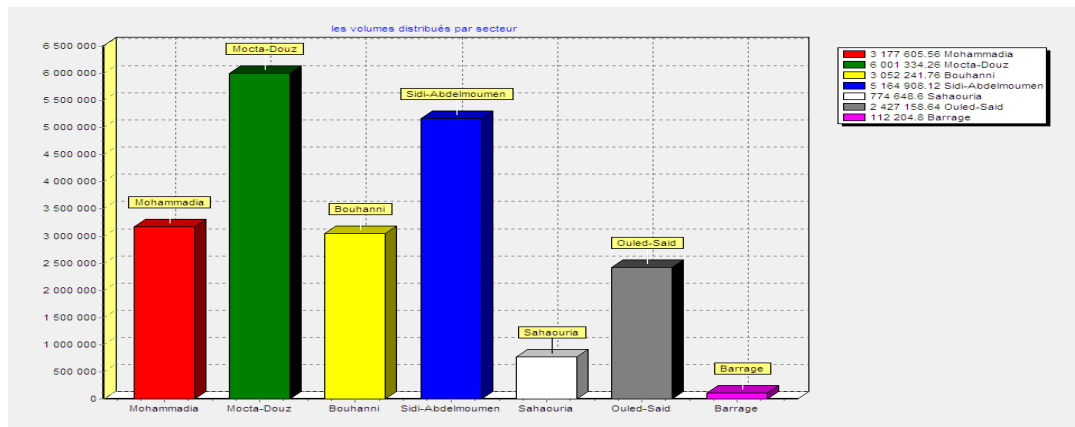


Figure X.11 Planning du tour d'eau dans le secteur de Bouhanni

A titre indicatif, on peut remarquer que le secteur de Macta Douz, classé le premier secteur (amont du périmètre), consomme de grande quantité d'eau, qui peut atteindre  $6001334\text{m}^3$ ; par contre le secteur barrage, classé secteur le moins consommateur d'eau ( $112\ 205\ \text{m}^3$ ), ce qui déduit que la superficie est réduite et le réseau est dans un état de dégradation avancé (figure X.12).





**Figure X.12 Volume distribué par secteur 2015**

## Conclusion

Cette étude sur la mise en place d'un système d'aide de distribution des ressources en eau agricole par le recours d'un modèle adaptée au contexte organisationnel et fonctionnel du projet pilote, nous offre un outil d'évaluation des contraintes rapide et une opportunité certaine pour l'amélioration des décisions aux gestionnaires du périmètre de Habra.

Le logiciel permet d'établir une programmation en l'espace d'une durée très limitée du tour d'eau entre usagers-irrigants sur la base de l'introduction des paramètres concrets du terrain, tenant compte de la contrainte de la pénurie d'eau. Les calculs se font sur une base d'un bilan de gestion (offre/demande), de la tarification et redevances d'eau appliqué sur aux usages-irrigants ce qui lui confère un intérêt technico-économique dans la gestion de la ressource hydrique.

Les résultats obtenus, à travers l'application de ce modèle au niveau du périmètre irrigué de Habra, ont permis d'optimiser l'usage de l'eau agricole, notamment :

- la prévision de la demande en eau des usagers par section et par secteur irrigué ;
- offrir rapidement des cartes d'arrosage aux irrigants selon leurs souscriptions ;
- l'économie de l'eau par le jumelage des sections de distribution d'eau permettant d'assurer le démarrage et la fin des sections dans la même durée ;
- la mise en place d'un outil d'aide de discision aux gestionnaires du périmètre irrigué.

En perspectives, des applications de ce logiciel de prise de décision dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau sont envisageables sur d'autres sites caractérisés par de fortes tensions sur la demande en eau, afin de prévoir une bonne gouvernance de ce secteur vital.

## CHAPITRE 10 : LES PERFORMANCES EPURATOIRES DU PROCEDE DE LAGUNAGE, CAS DE LA REGION DE BENI CHOUGRANE A MASCARA

Dans le but de pallier à la pénurie de l'eau constatée dans les zones rurales, l'Algérie a recours à l'utilisation des eaux usées épurées des stations de lagunage. L'approche de la gestion des eaux usées domestiques est d'autant plus intéressante qu'elle s'intègre dans un contexte environnemental de collecte, traitement et recyclage des eaux traitées à des fins agricoles.

Il s'agit du lagunage en tant que procédé d'épuration. La question est de savoir s'il répond aux exigences environnementales et sanitaires.

Le présent travail a pour objectif d'effectuer un suivi et une analyse des performances épuratoires de six stations de lagunage traitant les eaux usées, situées dans la région de Mascara (Ouest Algérie) à savoir : Ghriiss, Bouhannifia, Hacine, Mohammadia, Tizi et Froha, en vue d'examiner la fiabilité de cette filière d'épuration en conformité aux normes universelles.

Les rendements épuratoires observés pour l'ensemble des stations d'épuration varient de 49 à 87% comme abattement pour la demande biochimique en oxygène (DBO5). Ce rendement moyen varie entre 44 et 89% pour la demande chimique en oxygène(DCO), et entre 53 et 87% pour les Matières en suspension (MES).

Les performances épuratoires sont faibles et variables et demeurent dépendants de la saison pour nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), ammonium( $\text{NH}_4^+$ ) et le phosphore pour lesquels les abattements moyens observés varient entre 44 et 57% pour l' ammonium, entre 40 et 56% pour les nitrates et entre 25 et 40% pour le phosphore.

### 1 Introduction

Depuis la fin des années 90, l'Algérie a adopté pour le traitement des eaux usées des centres ruraux et urbains le lagunage comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique.

La réutilisation des eaux usées épurées est intégrée dans la planification et de développement des ressources en eau. A la mauvaise répartition des précipitations, il faut ajouter le problème de pollution des ressources en eau (Chachoua M., 2013).

Le système d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel demeure parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi arides (Boutayeb M. et al, 2013), car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables (FAO, 2003). C'est une pratique très répandue partout dans le monde particulièrement dans les pays en voie de développement.

Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion, c'est la réutilisation des eaux usées en agriculture (Hannachi et al. 2014).

Une attention particulière est portée sur l'aspect sanitaire dans ce domaine (Alouinm Z., 1993). Le manque de la gestion des eaux usées affecte aussi bien la santé des résidents que celle de ceux qui sont chargés de leur évacuation (Gaye et Niang ,2002).

Dans le domaine de l'épuration des eaux en Algérie, la capacité varie de 1000 à 750 000 équivalent-habitants pour une capacité totale de près 3,5 millions Equivalent-habitants. La situation de l'épuration des eaux usées est dramatique sachant que le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m<sup>3</sup>, dont 550 lagunes pour les seules agglomérations du Nord. Il semblerait que ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020 (Cherrared M. et al, 2007). Les principaux facteurs pouvant avoir un effet sur l'environnement sont représentés par les facteurs chimiques, physiques, biologiques et climatiques (Dahmani B., 2002).

L'utilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles s'appuyait jusqu'à maintenant sur la législation sur l'eau et sur l'environnement. La récente réglementation spécifique à l'utilisation des eaux usées prises en application des dispositions de la loi relative à l'eau nécessite un cadre réglementaire dans ce domaine.

La norme de qualité en vigueur fixe les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, et notamment en ce qui concerne la norme physico-chimiques indiquée dans le Tableau XI.1, qui fixe un nombre moyen arithmétique de la concentration maximale admissible d'eau usée traitée.

**Tableau XI.1 Normes algériennes pour la réutilisation des eaux usées en irrigation: paramètres physico-chimiques**

Parameters	Unit	Maximum allowable concentration
Physical	pH	6.5<pH<8.5
	Total Suspended Solid	ml/l 30
	Electrical Conductivity	ds/m 3
Chemical	BOD <sub>5</sub>	mg/l 30
	COD	mg/l 90
	Nitrogen (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l 30
Toxic elements for type of	Aluminum	mg/l 20
fine-textured soils, neutral or alkaline	Arsenic	mg/l 2.0
	Beryllium	mg/l 0.5

Boron	mg/l	2.0
Cadmium	mg/l	0.05
Chrome	mg/l	1.0
Cobalt	mg/l	5.0
Copper	mg/l	5.0
Cyanides	mg/l	0.5
Fluorine	mg/l	15
Iron	mg/l	20
Phenols	mg/l	0.002
Lead	mg/l	10.0
Lithium		2.5
Manganese		10.0
Mercury		0.01
Molybdenum		0.05
Nickel		2.0
Seleniym		0.02
Vanadium		1.0
Zinc		10.0

*Source: journal officiel de la république Algériennes n° 41 du 15 juillet 2012*

L'objectif de ce travail est une approche d'un suivi de trois ans (2015, 2016, 2017), une analyse comparative des performances épuratoires de six stations d'épuration par lagunage traitent les eaux usées domestiques, situées dans la région de Mascara (Ouest Algérie) à savoir : Ghriss, Bouhannifia, Hacine, Mohammadia, Tizi et Froha, en vue d'examiner la fiabilité et les performances de cette filière d'épuration avec les normes algérienne.

## **2 Matériel et méthodes**

### **2.1 Présentation de la zone d'étude :**

Les six stations d'épuration, objet de la présente étude, sont situées dans la région de Mascara au Nord du territoire Algérien (figure XI.1). Elle comprend 47 communes, s'étend sur une superficie d'environ 600 000 ha dont 53 % sont à vocation agricole (Bouchetata, 2006).

Les six (6) stations de lagunage (Ghriss, Bouhannifia, Hacine, Mohammadia, Tizi, Froha) sont opérationnelles sur l'ensemble de dix-sept (17) lagunes. Les sites sont influencés par les mêmes conditions climatiques, les caractéristiques des lagunes sont présentées dans le tableau XI.2.

**Tableau XI.2 de Caractéristiques des lagunages étudiés**

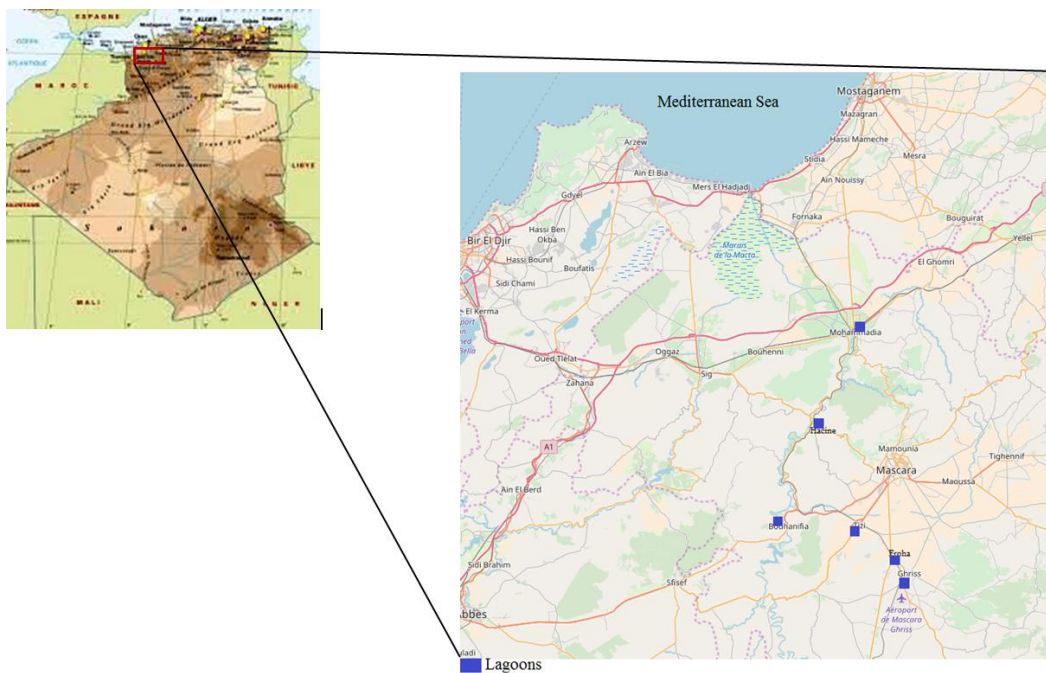
Lagune	Hacine	Bouhanifia	Froha	Ghriss	Tizi	Mohammadia
Niveau de traitement	Tertiaire 2BA+2BF	Tertiaire 2BA+2BF	Tertiaire 2BN+2BF+2M	Tertiaire 3 BA+3BF	Secondaire 2BF+BM	Tertiaire 2BN+2BF+BM

BA : Bassin Aérobie, BF : Bassin Facultatif, BM : Bassin Maturation

La zone d'étude est soumise aux influences climatiques méditerranéennes et sahariennes à la fois, elle souffre d'un sérieux déficit hydrique, marqué par des irrégularités très nettes des précipitations. La pluviométrie enregistrée oscille entre 350 et 550 mm par an, selon l'exposition de la région.

Le mois le plus pluvieux reste le mois de février (42,57 mm) par contre le mois qui enregistre la faible quantité de pluie c'est bien le mois de juillet (2,93 mm). Les températures soulignent l'existence de deux saisons bien distinctes : une saison froide qui s'échelonne sur six mois allant du mois de novembre au mois d'avril.

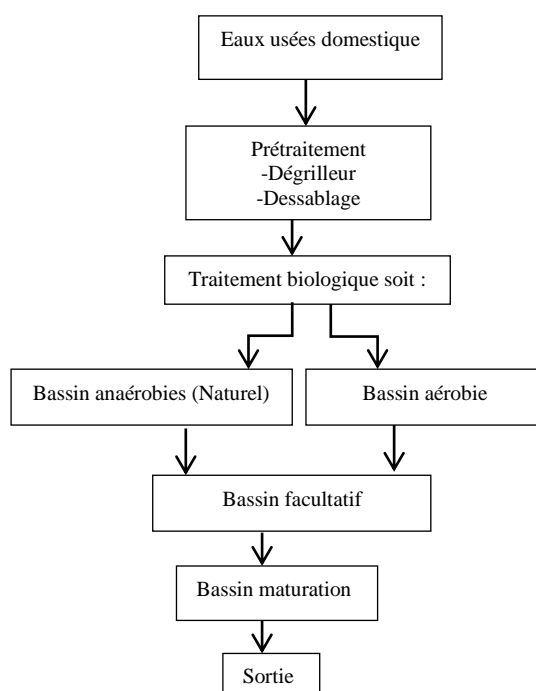
Ceci a conduit aux recours à l'utilisation des eaux usées épurées pour satisfaire une partie des besoins en eau agricole. Actuellement, le débit moyen journalier des eaux épurées des dix-sept stations à travers la région atteindre les 19147,4 m<sup>3</sup>/j.



**Figure XI.1 Situation géographique et localisation des lagunages étudiés**

## 2.2 Procédé de traitement

Les lagunages de traitement des eaux domestiques sont composés d'un prétraitement et un traitement biologique soit anaérobie ou en aérobie, équipée par des aérateurs figure XI.2.



**Figure XI.2 Schéma de fonctionnement d'une station de lagunage**

### 2.3 Echantillonnage et mode de prélèvement

Un suivi des paramètres physicochimiques des eaux usées a été effectué, ou nous avons procédé à la réalisation des prélèvements pendant les périodes continues mensuellement au cours de trois ans (2015, 2016 et 2017). La conservation des échantillons d'eaux usées a été réalisée conformément au guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons ISO 5667/3.

La réalisation des prélèvements a été faite au niveau du collecteur principal de l'eau brute à l'entrée de chaque station de lagunage des eaux usées ont été réalisées sur la base d'un échantillon composite proportionnel au débit mesuré sur 24 heures à l'entrée (à l'état brut et avant traitement), et à la sortie (après traitement).

L'échantillonnage physico-chimie a nécessité le prélèvement d'un (1) litre par mois. Les paramètres analysés sont : le potentiel hydraulique (pH) est mesuré in-situ, Les paramètres tels que la matière en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), phosphate total (PT) et la demande chimique en oxygène (DCO) sont analysés au laboratoire.

Le protocole d'analyse des paramètres physico-chimiques est effectué selon les méthodes mentionnées par Rodier et al. (1996) (Tableau XI.3).

**Tableau XI.3 Méthodologie des paramètres physico-chimiques**

Paramètres	Méthodes de mesures
pH	pH mètre
DBO <sub>5</sub>	DBO mètre (Oxi Top WTW)
MES	Méthode de centrifugation (Hettick Zentrifugen)
DCO, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PT	Dosage colorimétrique par spectrophotomètre (HACH DR/2000)

### 3 Résultats et discussions

Les Tableaux XI. (4,5 et 6) présentent les valeurs maximale et minimale des analyses pour chaque station a l'entrée et à la sortie en comparatif avec les normes, et les rendements épuratoires moyens observés pour les différentes stations d'épuration de la zone d'étude.

**Tableau XI.4 Résultats comparatif obtenus par rapport aux normes algériennes**

			2015				2016				2017			
			p H	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	p H	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	p H	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)
Lagune de Ghriss	Entré	Max	8	395	1488	593	8.1	741	4360	1998	7.9	528	1637	1400
		Min	7.7	82.5	712	370	7.4	102	815	266	7.3	190	1199	423
	Sortie	Max	8.6	57.5	211	111.5	8,9	21	198	454	8,6	55	214	157
		Min	8	16	105	34	8.2	82	146	10	7,6	24	50	20
Lagune de Bouhanifia	Entré	Max	8.2	292	1260	720	8.7	420	1005	470	8.4	123	1356	1085
		Min	6.8	51.5	319.5	84	7.6	52	154	65	6.9	23	233	103
	Sortie	Max	8.7	101	344	164	9.2	42	655	380	9.5	81	208	190
		Min	8.1	4	77	1	7.7	4	78	10	6.9	15	72	20
Lagune de Hacine	Entré	Max	8	570	2270	963	8.6	1317	3610	1003	8.8	1158	6746	1650
		Min	7.6	66.5	681	16	7	228	472	164	7.2	82	480	150
	Sortie	Max	8.8	65	264	117	9.4	132	324	280	9,7	185	352	553
		Min	7.7	12	133.5	4	8.4	13	166	13	8,1	30	58	28
Lagune de Tizi	Entré	Max	8	1472.5	3067	950	7.9	1756	3940	1098	8.1	785	1465	1250
		Min	7.2	78	308	148	6.8	72	645	319	7.1	56	1465	254
	Sortie	Max	8.5	160	230	201	9	100	2410	724	8,5	59	307	200
		Min	7.6	4	41	34	8,1	15	192	53	7,2	30	158	84
Lagune de Mohamadia	Entré	Max	8.2	570	760	241	8.4	220	576	263	8.2	56	388	591
		Min	7.5	24	104	64	7.3	16	124	37	7.3	8	78	51
	Sortie	Max	8.8	45	238	106	8.9	73	422	209	8.3	69	236	127
		Min	7.3	3	13	12	7.3	4	73	21	7,7	21	48	33
Lagune de Froha	Entré	Max	8.1	290	2389	767	8.4	1900	4020	724	8	517	6461	2500
		Min	8.3	152	740	302	7.3	40	666	335	7.4	173	662	302
	Sortie	Max	9.1	350	226	137	9	583	510	596	8,9	280	521	205
		Min	7.9	15	117	60	7.9	13	164	60	7.3	42	150	85
Norme			6.5-8.5	30	90	30	6.5-8.5	30	90	30	6.5-8.5	30	90	30

**Tableau XI.5 Les valeurs critiques des nitrates, ammonium et phosphate**

	Lagune de Ghriss				Lagune de Bouhanifia				Lagune de Hacine			
	Entré		Sortie		Entré		Sortie		Entré		Sortie	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2.098	1.003	0.98	0.0451	3	1.003	0.897	0.465	3.42	1.008	0.989	0.435
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	140	45	77	24	151	42	84	20	155	45	86	25
PT (mg/l)	11.2	1.1	9.1	3.2	6.4	4.1	5.2	2.7	18.5	8.1	9.1	4.1
	Lagune de Tizi				Lagune de Mohammadia				Lagune de Froha			
	Entré		Sortie		Entré		Sortie		Entré		Sortie	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	3.07	1.24	1.352	0.657	2.26	1.007	0.985	0.578	3.02	0.98	1.078	0.687
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	172	56	80	26	78	39	35	17	187	67	76	45
PT (mg/l)	9.8	6.8	7.8	4.2	5.6	4.1	4.1	2.8	10.2	8.1	7.4	4.9

**Tableau XI.6 Rendements épuratoires des matières organiques**

Paramètres	Rendement d'épuration(%)						Rendement moyen (%)
	Ghriss	Bouhanifia	Hacine	Tizi	Mohammadia	Froha	
MES	87	70	84	86	54	53	72
DBO5	87	67	82	67	49	73	71
DCO	88	69	89	53	44	83	71
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	56	54	55	54	40	47	51
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	46	50	44	54	55	57	51
PT	40	31	40	35	25	35	34

Les figures ci-dessous montrent les valeurs critiques à l'entrée et à la sortie de chaque lagune. Les valeurs de la température de l'eau des lagunes varient en fonction d'un rythme saisonnier, avec une valeur maximale de 25.4 °C au mois d'Août et une valeur minimale de 17,5°C au mois d'Avril et une moyenne de 21.45°C.

D'après Potelon et Zysman (1998), la température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été. L'augmentation de la température aux mois de Juillet et Août favoriserait selon Moumouni-Djermakoye (2005) le phénomène de l'autoépuration et accroîtrait la vitesse de sédimentation de la matière en suspension.

### 3.1 Le potentiel hydrométrique (pH)

Pour les six lagunes, le pH est situé entre les valeurs limitées par les normes à l'entrée des lagunes (légèrement alcalines). Comme on peut le voir sur la figure XI.3, il y a une légère augmentation du pH de l'eau à la sortie des lagunes surtout pour les trois lagunes de Bouhanifia, Froha et Hacinepar rapport à l'eau entrée (figure XI.4), ce qui confère la non-conformité aux normes.

Nous pouvons justifier cette augmentation du pH par les ions H générés lors de l'opération de nitrification. Les pH compris entre 5 et 9 permettent un développement normal de la faune et de la flore.



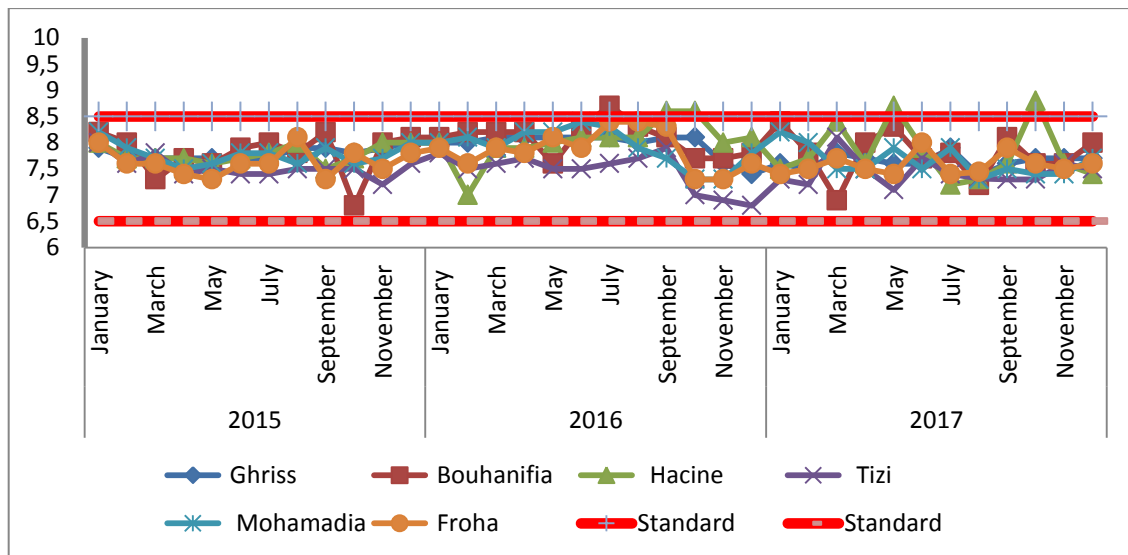


Figure IX. 3 Variation du pH à l'entrée des lagunes

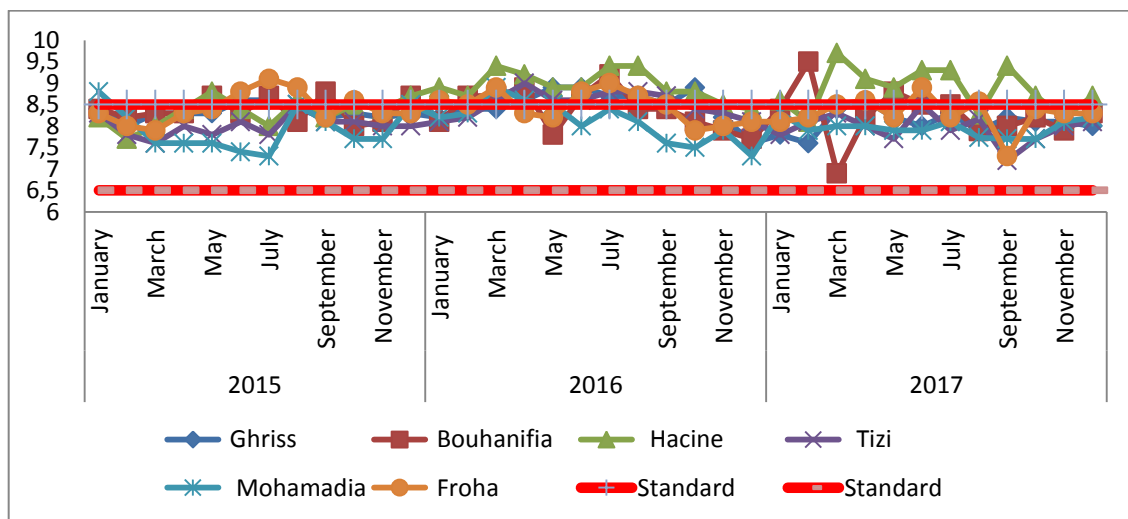


Figure IX.4 Variation du pH à la sortie des lagunes

### 3.2 Matières en suspension (MES)

La présence des matières en suspension à l'entrée est très remarquable dans les six lagunes surtout au niveau de la station de Froha, Tizi et Hacine.

Les rendements épuratoires moyens en terme de MES varient entre 53 et 87%. Les MES sont réduites par sédimentation dans le système de lagunage principalement dans le bassin anaérobie. Le rendement moyen le plus important est observé pour la Station de Ghriss avec un abattement de 87%.

La concentration en MES fluctuent dans les eaux a diminué, à l'entrée, par apport à la sortie (figure XI. 5 et 6). Donc il y a une dégradation moyenne de la matière organique dans toutes les lagunes, sauf dans celle de Ghriss ou la dégradation est significative par rapport aux autres.

Les concentrations moyennes dans les eaux traitées sont supérieures à la valeur limitée selon les normes. On remarque également que les rendements de dégradation et les concentrations en eau

purifiée sont proches les uns des autres, sauf ceux de Froha qui ont un rendement n'est pas important et la plus élevée concentration sortante.

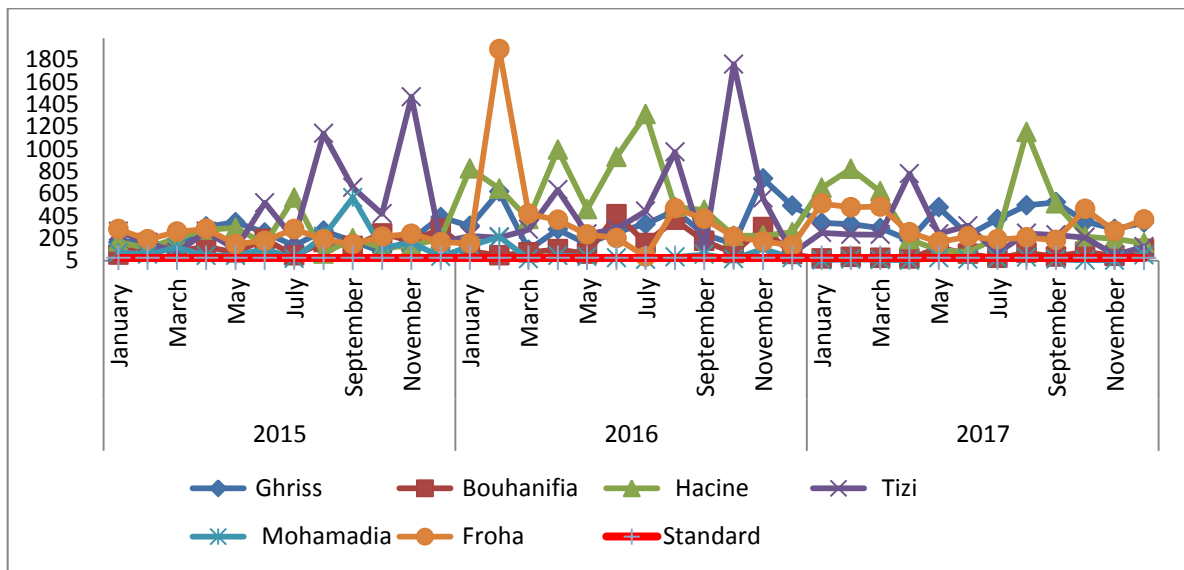


Figure IX.5 Variation de MES à l'entrée des lagunes

Ceci peut s'expliquer par l'augmentation du taux des matières en suspension autrement dite que le nombre de jour de dégradation est insuffisant par rapport au taux de la concentration de la matière organique dans la station de lagunage de Froha. Les lagunes étudiées ne sont pas suffisantes pour l'élimination des solides en suspension.

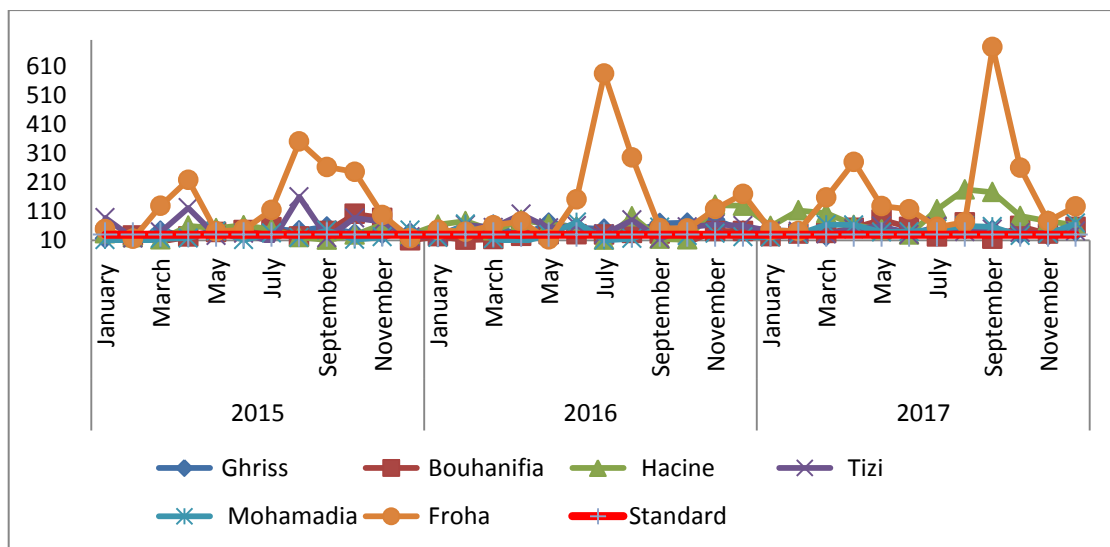


Figure IX.6 Variation de MES à la sortie des lagunes

### 3.3 Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Les rendements épuratoires observés atteignent 71% en termes de DBO<sub>5</sub> pour l'ensemble des stations d'épuration. Le rendement moyen le plus élevé est celui de la Station de Ghriss avec 87% qui dispose de trois bassins (aérobie) et trois bassins facultatifs qui poussent davantage le traitement.

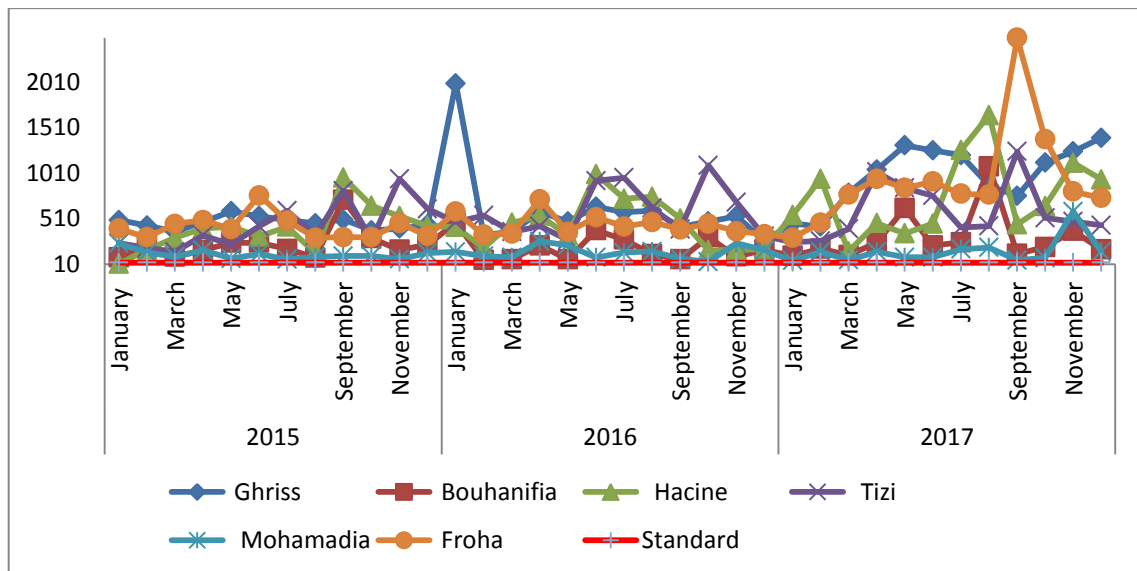


Figure IX.7 Variation de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée des lagunes

La plus faible valeur est celle notée pour la station de Mohammadia avec 49%. Le taux d'abattement moyen de la zone d'étude est resté un rendement épuratoire satisfaisant. Le rendement épuratoire en termes de DBO<sub>5</sub> est plus important pour les stations de niveau de traitement tertiaire.

Ces résultats sont comparables avec les rendements observés par Mara et Pearson (1998) qui ont observé une réduction de la DBO<sub>5</sub> variant entre 73 et 85% dans les pays méditerranéens, de même Maiga et al. (2007) ont observé des rendements qui atteignent 85% sous climat Sahélien. Le même constat a été observé par Papadopoulos et al. (2001) en Grèce où les rendements ont dépassé 90%.

Les valeurs de la concentration de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée par rapport à la sortie (figure XI 7 & 8) sont supérieures aux normes, cela signifie que les eaux usées épurées ont un potentiel de pollution élevé, autrement dit, la demande biochimique en oxygène est très élevée surtout dans les lagunes de Froha, Tizi et Hacine.

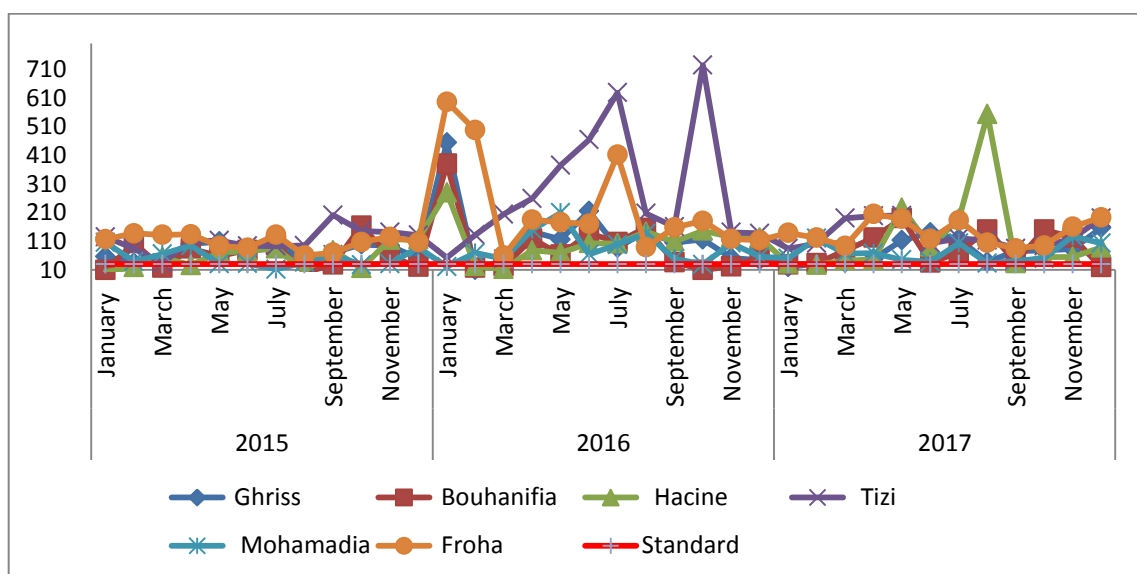


Figure IX.10 Variation de la DBO<sub>5</sub> à la sortie des lagunes

Ceci s'explique que les valeurs élevées de ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables. On devrait donc être prudent avant de les rejeter dans l'environnement.

### 3.4 Demande chimique en oxygène (DCO)

Le rendement épuratoire moyen en termes de DCO varie entre 44 et 89%. Le rendement moyen le plus important est observé pour la station de Hacine avec un abattement de 89%.

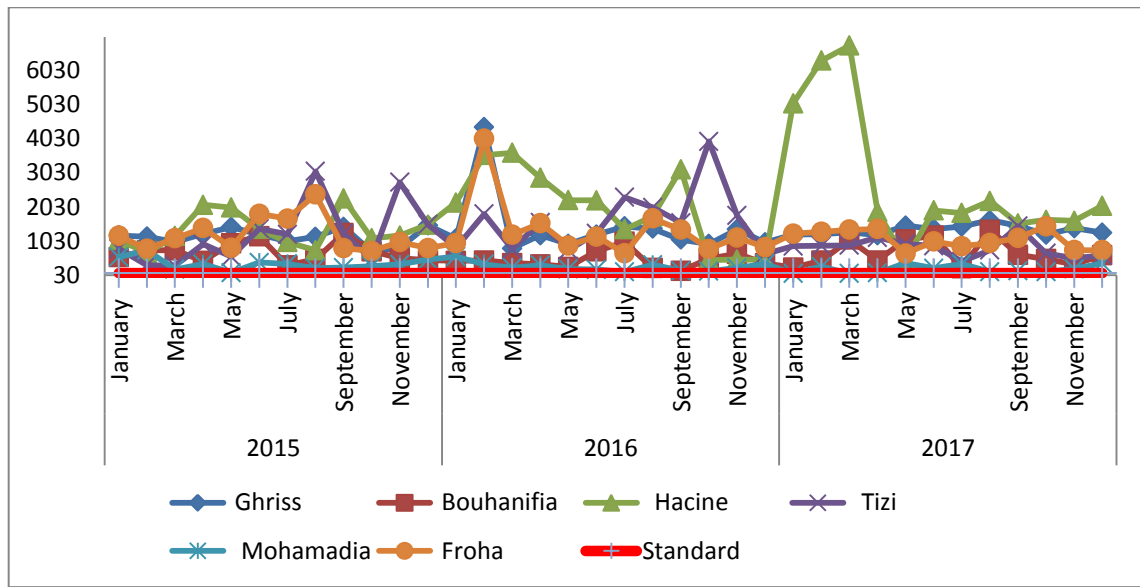


Figure IX.9 Variation de DCO à l'entrée des lagunes

La concentration de la demande chimique en oxygène (DCO) a diminué dans les six lagunes en comparaisant les valeurs à l'entrée par celle de la sortie (figures XI 9 et 10). Les valeurs de DCO des lagunes de Hacine, Tizi et Froha sont très levées par rapport aux autres, mais toutes les valeurs des lagunes sont supérieures aux normes.

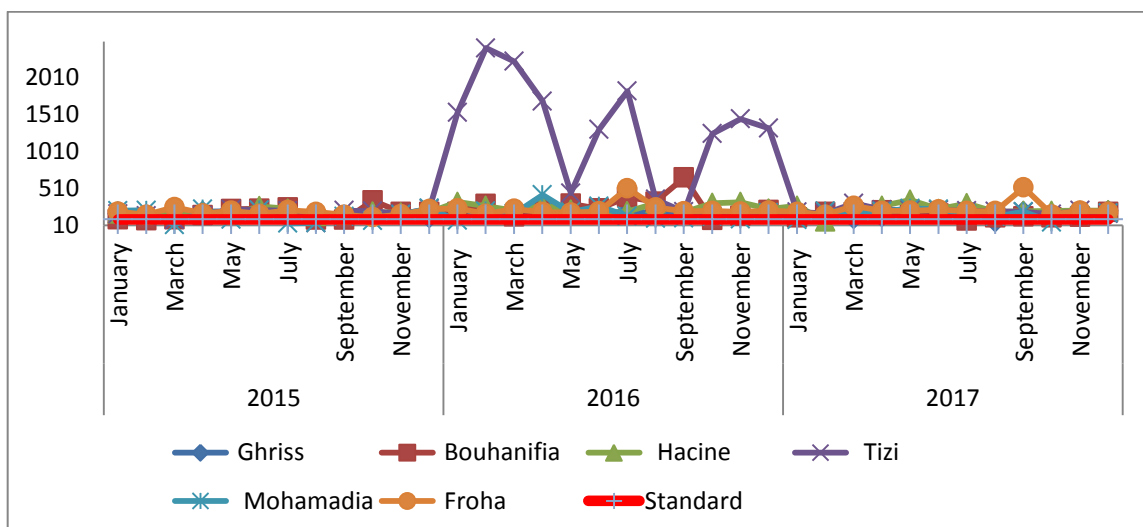


Figure IX.10- Variation de DCO à la sortie des lagunes

D'après Igbinosa et Okoh (2009), l'augmentation des concentrations de la DCO pendant la saison d'été pourrait être attribuée à une augmentation des substances organiques et inorganiques dans le milieu récepteur. Donc cela signifie que les eaux usées épurées des six lagunes ont un potentiel de pollution élevé et on devrait donc être prudent avant les rejeter dans l'environnement.

### 3.5 Abatement de la pollution d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et phosphate (P)

Pour l'azote, les performances épuratoires s'avèrent très instables et dépendent de la saison. Les valeurs enregistrées d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les échantillons sont comprises entre 17 mg/l et 86 mg/l à la sortie des lagunes.

Les abattements moyens de  $\text{NH}_4^+$  observés varient entre 44 et 57%, le rendement moyen le plus important est observé celle de lagune de Froha avec un abatement de 57% et le rendement moyen de la zone d'étude est de 51%.

En effet, au stade final de traitement notamment dans les bassins de maturation, c'est la forme nitrate qui est la prédomine et les teneurs en azote change faiblement. De même pour le phosphore, le niveau d'élimination est faible et instable.

Les valeurs enregistrées de PT dans les échantillons sont comprises entre 2.7 mg/l et 9.1 mg/l à la sortie des lagunes, le rendement moyen d'élimination qui varie entre 25% et 40% avec un rendement moyen de la zone d'étude de 34%.

Les valeurs enregistrées des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) dans les échantillons sont comprises entre 0.045 mg/l et 1,35 mg/l à la sortie des lagunes avec un abatement moyen observé varient entre 40 et 56%, le rendement moyen le plus important observé est celle de lagune de Ghriss avec un abatement de 56% et le rendement moyen de la zone d'étude est de 51%.

Slim et al. (2005) ont constaté qu'une quantité infinie des nitrates dans les eaux de surface est liée soit à la croissance algale accrue dans ces sites, soit au phénomène conjoint de dénitrification qui transforme le nitrate  $\text{NO}_3^-$  en azote  $\text{N}_2$  grâce à la présence de la matière organique.

En effet, le phosphore dissous n'est pas absorbé par les micro-organismes vivants et sa teneur reste plus au moins inchangée dans les milieux faiblement oxygénés. Par contre, au stade final de traitement une production supplémentaire du phosphore peut être observée suite à la transformation de la matière organique et le largage des micro-organismes.

Les phosphates proviennent des lessivages. Ils participent en première ligne au processus d'eutrophisation, phénomène aux conséquences environnementales (développements algaux) et sanitaires (libération de toxines algales).

## Conclusion

Les résultats obtenus indiquent que la qualité physico-chimique des eaux usées épurées n'est pas toujours conforme aux critères en vigueur.

En ce qui concerne les pH, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PT, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> les performances de traitement des bassins des lagunes ont une relation très forte avec l'afflux d'eaux usées et selon les concentrations dans les eaux usées traitées par les lagunes étudiées.

Les rendements épuratoires observés pour l'ensemble des lagunes varient de 49 à 87% comme abattement pour la DBO<sub>5</sub>. Ce rendement moyen varie entre 44 et 89% pour la DCO, et entre 53 et 87% pour les Matières en suspension (MES).

Pour les paramètres d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (51% d'abattement en moyenne), des nitrates(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (51% d'abattement en moyenne) et du phosphore (34% d'abattement en moyenne), où les niveaux d'abattement restent faibles.

Les concentrations résiduelles de ces effluents en termes d'ammonium, les nitrates et du phosphore, restent intéressantes pour une réutilisation en agriculture.

La classification de ces six lagunes selon le système d'évaluation de la qualité de l'eau épurée, a permis de conclure que les eaux usées traitées par ces stations de lagunage ne répond pas aux normes Algériennes des rejets d'effluents.

Donc il est clair que Les lagunes étudiées n'est pas suffisante pour avoir de l'eau purifiée conforme à la qualité requise pour le rejet dans un milieu naturel.

En perspectives, il est envisagé de procéder aux analyses microbiologiques, qui sont nécessaires pour évaluer la conformité de des eaux épurées aux normes algériennes de réutilisation des eaux usées.

## CHAPITRE 11 : PLANIFICATION ET GESTION SYSTEMIQUE DES RESSOURCES EN EAU PAR LE MODELE WEAP, CAS DU BASSIN VERSANT DE MABTOUH

La gestion de l'eau demeure une tâche complexe du fait de la multiplicité des usagers-utilisateurs, ce qui nécessite impérativement le recours à des outils de planification et d'aide à la décision d'une manière rigoureuse.

L'objectif de la présente étude est de dégager une solution alternative au conflit d'usage de l'eau, appliqué à un l'échelle d'une unité hydrographique.

Notre choix a porté sur le bassin versant d'Oued Mebtouh (1306 Km<sup>2</sup>), où l'on assiste à une pénurie d'eau chronique.

Renfermant un périmètre irrigué de 8200 ha et un espace urbain à dimension régionale, le système hydraulique se base sur un barrage (Cheurfa) d'une capacité de 83 hm<sup>3</sup> et des dérivations par pompage au fil de l'Oued.

La méthodologie adoptée consiste à l'application du logiciel WEAP, en vue de construire un modèle d'allocation de la ressource en eau à l'horizon 2050.

Le jeu des données est constitué des paramètres physiques de la zone d'étude, des relevés hydro-climatiques pour l'année de référence (2015) ainsi que l'estimation des sites de demande en eau urbaine et agricole.

Les résultats obtenus par le modèle WEAP appliqué à notre zone d'étude, confirment la validation des données utilisées. Par conséquent, il s'avère opportun l'élaboration d'un outil d'aide à la gestion des ressources en eau en vue de réduire les tensions entre les usagers-consommateurs à l'échéance de planification envisagée.

### 1 Introduction

En Algérie, comme partout dans le monde, d'importants investissements ont été alloués pour sécuriser l'alimentation en eau potable des populations et l'approvisionnement des périmètres irrigués. C'est l'un des défis de la gestion d'eau, où de nombreuses régions vivent dans un stress hydrique chronique.

Face à une telle situation, les décideurs locaux consacrent d'importants moyens liés à la mise en œuvre d'une stratégie de plus en plus pressante pour l'utilisation durable de la ressource en eau (Rakotondrabe, 2007).

Cela suppose la nécessité de développer des modèles d'affectation basés sur un ensemble d'indicateurs relatifs aux usagers de l'eau, de leurs exigences qualitative et des techniques d'allocation de plus en plus efficaces.

Ceci conduit nécessairement à la mise en place d'un modèle gestion de l'eau durable, alliant l'offre et la demande ainsi qu'aux mesures de compensation qui s'imposent (Paloma et al., 2015).

L'introduction des outils pour la prise de décision dans le domaine de l'eau s'avère impérative où de nouvelles approches sont abordées en termes d'exploitation et de bonne pratique à l'échelle du bassin versant (Heddad et al., 2013).

Au cours de la dernière décennie de nombreuses approches modèles ont émergé, ayant pour finalité la maîtrise de demande en eau.

Il convient de rappeler que dans de nombreuses régions de la planète, où les déficits en eau sont considérables, la prise de décision en matière de bonne gouvernance des ressources en eau est facilitée par la mise en place des modèles de collecte et d'allocation des eaux (Sanches et al. 2015 ; Terêncio et al. 2017).

La présente contribution a pour objectif de traiter la modélisation de l'affectation des ressources hydriques du point de vue tant spatial que temporaire, à l'échelle d'un bassin.

Le choix du site d'étude porte sur la région nord-ouest algérienne qui présente un important déficit hydrique, face des besoins socio-économiques en eau sans cesse croissants (Messahel, 2005).

La démarche adoptée consiste à modéliser les apports du barrage Cheurfa, en employant deux alternatives, à savoir, le scénario hydro-climatique et celui de la demande à long terme.

L'objectif attendu de cette étude est de formuler une réponse à la pénurie croissante d'eau, résultante du conflit d'usage entre le périmètre irrigué de Sig et l'approvisionnement d'eau potable des villes environnantes.

Dans cette optique, il est privilégié d'utiliser le modèle WEAP (*Water Evaluation and Planning System*), en tant qu'outil de prospecter des potentialités globales en eau et d'envisager une utilisation rationnelle des scénarios d'allocation en eau (SEI, 2008).

Ce logiciel a montré ses performances dans de nombreux cas d'étude pour la simulation des scénarios d'aménagement et de gestion de la ressource hydrique à long terme.

Ce logiciel s'est imposé comme étant un outil performant d'aide à la décision (Le Page, 2012). De par le monde, il est à la fois robuste et flexible dans la gestion futuriste des ressources en eau (Nouiri, 2015).

L'innovation attendue de cette contribution consiste dans son approche interdisciplinaire et son contexte participatif, dans la mesure où elle intègre les aspects techniques, sociologiques, économiques et écologiques.

## **2 Aire d'étude**

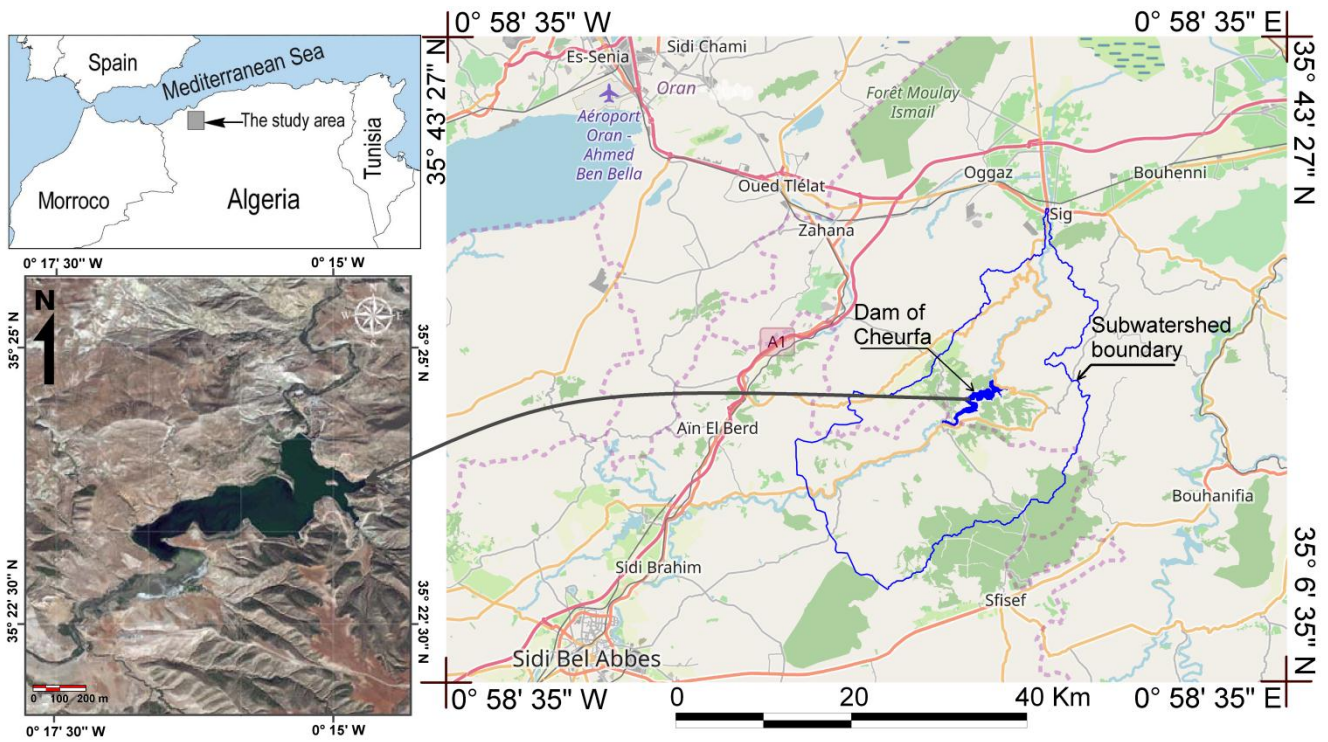
### **2.1 Localisation géographique**

Le site d'application correspond au bassin versant d'Oued Mabtouh dans le nord-ouest de l'Algérie. Il s'agit d'un cours d'eau qui se jette dans le marais de la Macta (zone humide) avant de rejoindre la mer méditerranée.

Au plan administratif, il relève de la wilaya de Mascara, drainant sa partie occidentale. Géographiquement, l'aire d'étude est située dans les monts des Béni Chougrane, couvrant une superficie d'environ 637,86 km<sup>2</sup>.

L'exutoire, au point du barrage Cheurfa, est localisé aux coordonnées décimales : X= 0,253 ; Y= 35.399 (figure XII.1).





**Figure XII.1 Localisation du Bassin Versant d'Oued Mabtouh**

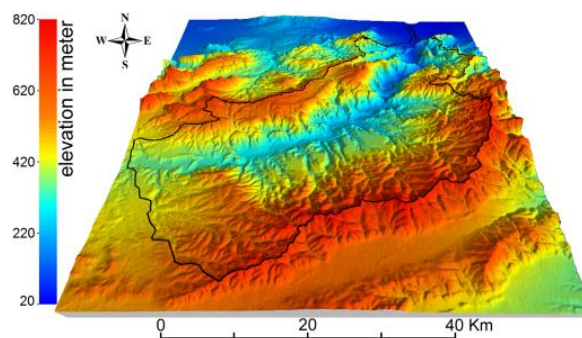
## 2.2 Caractérisation climatiques et morpho-métriques

La structure géologique est très monotone avec une plaine alluviale, délimitée par les grès argileux du pliocène supérieur, les gypses et les argiles de miocène supérieur.

Les formations des aquifères le long d'Oued Mebtouh sont discontinues avec une tendance à se vidanger après les précipitations.

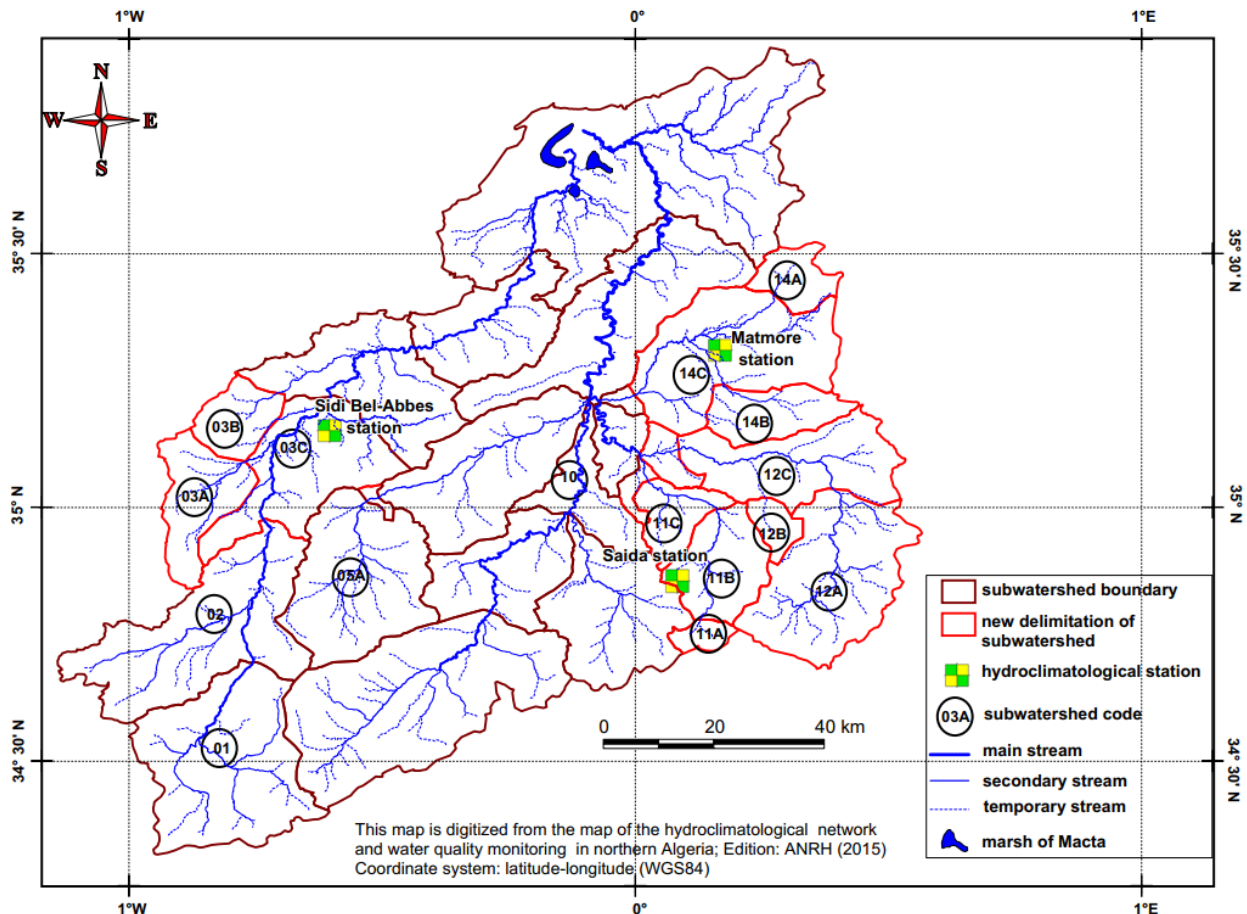
Les aquifères libre ont une transmissivité (T) comprise entre  $-10^{-3}$  à  $-10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s(ANRH, 2009).Le relief présente une déclivité régulière et accidentée.

Le cours d'eau principal prend naissance au Sud dans le plateau de Sidi Bel Abbès pour ensuite prendre une direction N.N.O, en traversant le massif montagneux des Bénichougrane (figure XII.2).



**Figure XII.2Modèle numérique de terrain (MNT) du bassin versant (image Landsat, sep. 2016)**

Au plan climatique, la région d'étude se caractérise par un régime semi-aride à aride tempéré avec des précipitations annuelles moyennes enregistrées aux niveaux des trois stations météorologiques environnantes, variant entre 259 mm de septembre 2002 à août 2007, contre 292 mm de septembre 1980 à août 2002 (figure XII.3).



**Figure XII.3 Localisation des stations climatologiques environnantes (Meddi et al., 2009)**

Les pentes sont peu sensibles au processus d'érosion en aval, tandis que les reliefs escarpés en amont révèlent une sensibilité plus importante aux processus érosifs. Ce constat est expliqué par la faible topographie du bassin versant, dont les valeurs extrêmes (minimales et maximales) s'étalant entre 6 % et 41 % (ANBT, 2004). Quant aux valeurs obtenues à partir du MNT sont légèrement plus importantes, ce qui peut être imputé au lissage des surfaces et à la disparition des microreliefs (figure XII.4).

La structure lithologique est caractérisée par la prédominance d'une structure de sol tourmentée et peu résistante ou franchement tendre, de nature argilo-marneuse. L'observation de la texture des sols a permis de mettre en évidence les sols les plus érodables du bassin versant. Le facteur K est évalué à 0.34 pour la quasi-totalité du bassin versant, ce qui est considéré comme sols sensibles (Beddal, 2015). Les sols les plus vulnérables à l'érosion correspondent aux lithosols et aux sols ferrugineux (figure XII.5).

La dynamique de l'érosion est également associée à l'étendue et l'intensité des formations végétales ligneuses. L'exploitation du recensement général de l'agriculture (RGA, 2001) indique, pour la zone d'étude, un taux de boisement de 15%. Le reste est réservé à la céréaliculture et les maraichages. Les sols nus correspondent au type d'occupation du sol le plus vulnérable à l'érosion (figure XII.6).

L'application de ces équations des pertes de sol et la comparaison à ceux obtenus par le levé bathymétrique à l'exutoire du barrage Cheurfa (ANBT, 2003), montre que la quantité d'envasement est estimée à  $9.79 \text{ hm}^3$  pour une période de dix (10) ans. Autrement dit, le volume charrié du bassin versant est de l'ordre de 1 566 400 tonne/an, soit un taux d'érodabilité de 34.64 % (figure XII.7).

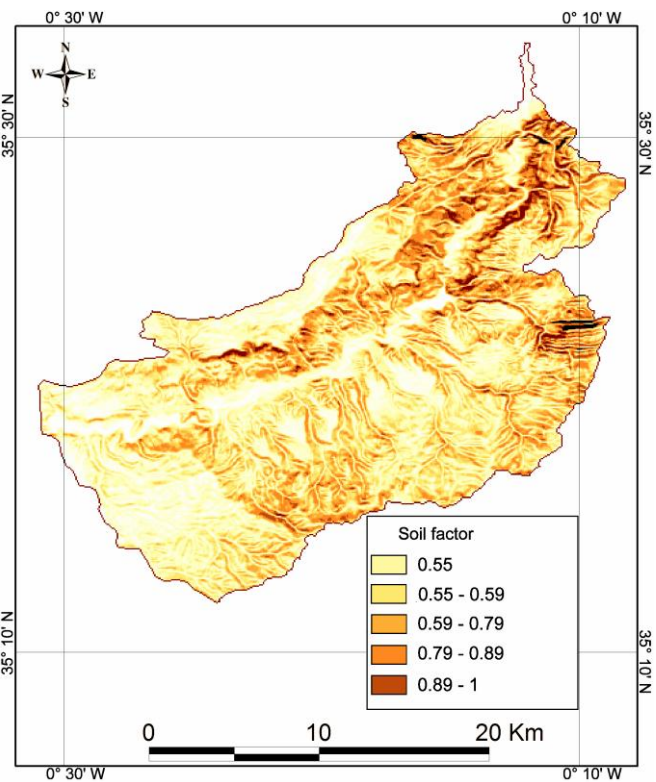
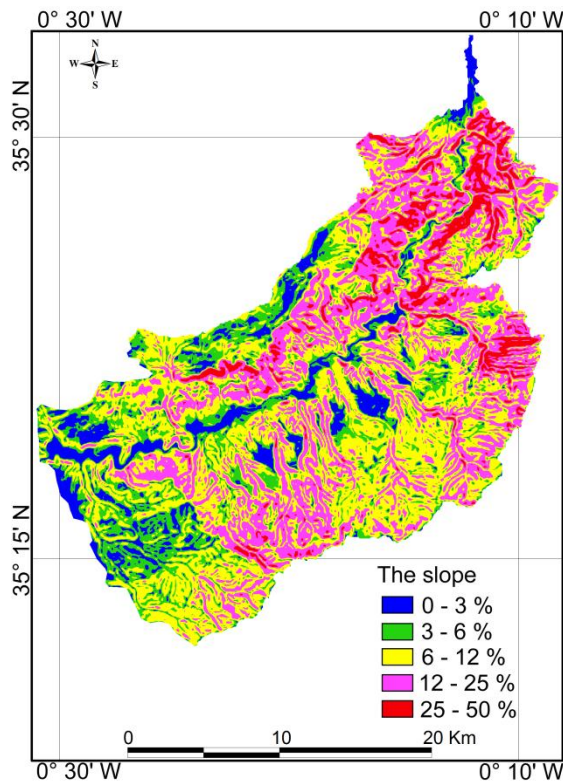


Figure XII.4 Facteur des pentes du BV Figure XII.5 Facteur Sols du BV

Outre, cette énorme quantité de matériaux déposés au niveau de la retenue du barrage les pertes de sols combinant la pente, la nature lithologie et un couvert végétal dégradé, il est constaté une pression anthropique croissante du fait de l'absence d'une sensibilisation relative aux bonnes pratiques culturales antiérosives à l'échelle du bassin versant.

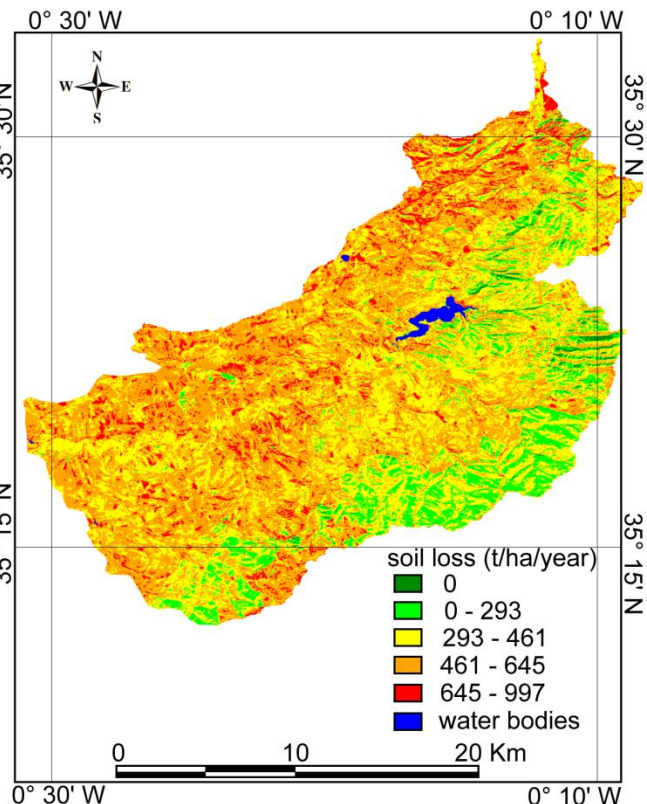
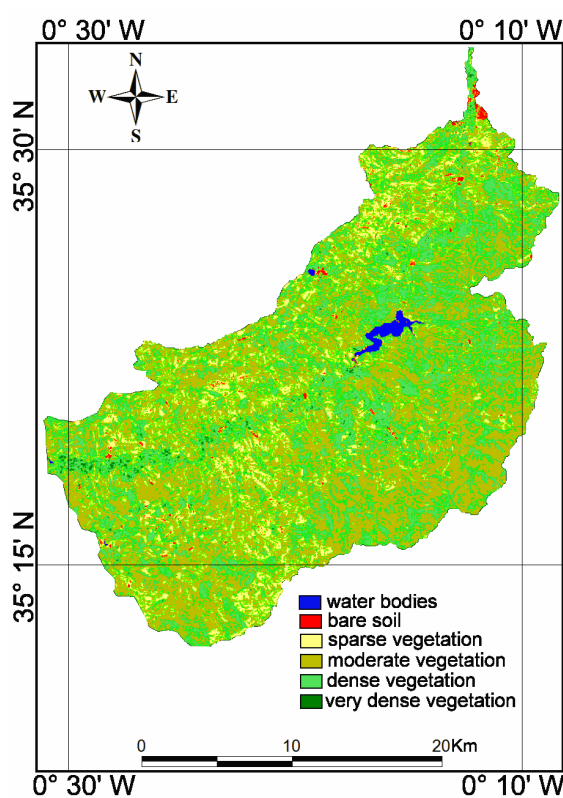


Figure XII.6 Occupation du sol Figure XII.7 Estimation des pertes de sols

## 2.3 Usage de l'eau du barrage Cheurfa

L'utilisation des ressources en eau du barrage Cheurfa, d'une capacité de 83 hm<sup>3</sup>, est affectée en priorité pour la consommation en eau potable et industrielle de la ville Saint Denis de Sig. La population résidente est estimée à 72 500 habitants, alors que la zone d'activité est composée de 20 unités industrielles (RGPH, 2008). La part du volume alloué à l'agriculture est de 24 hm<sup>3</sup>, couvrant les besoins en eau de 3500 ha sur un total (8 200 Ha) du périmètre, soit 42% (PAW, 2013).

La cause principale de ce déficit hydrique réside dans une sécheresse récurrente et persistante, depuis l'année 1979 (Meddi et al., 2009). La gestion du périmètre est confiée à l'ONID (office national d'irrigation et de Drainage) avec des îlots d'irrigation rarement desservies et par conséquent des agriculteurs peu satisfaits (Messahel, 2005). A cela s'ajoute l'accroissement démographique et l'expansion industrielle sur l'espace périphérique. Notons, qu'un petit barrage d'une capacité de 0,2 hm<sup>3</sup>, situé à mi-distance entre le barrage Cheurfa et le périmètre irrigué de Sig, assure la fonction de dérivation.

## 2.4 La contrainte du stress hydrique

Les effets cumulés du déficit pluviométrique, imposé par des changements climatiques planétaires et l'activité anthropique non adaptée, expliquent, à elles seules, la pénurie d'eau chronique dans cette région (PAW, 2013). Les conquêtes agraires spéculatives et le non-respect des bonnes pratiques culturelles ont considérablement influencé les aspects négatifs des paysages et de l'environnement local.

Cela s'est traduit par un envasement accéléré du barrage Cheurfa et par conséquent à de fortes restrictions des volumes d'eau alloués. Face à cette problématique multidisciplinaire, le recours à une approche intégrée de la gestion de l'eau s'avère impératif et urgent. Elle doit s'inscrire dans une vision stratégique, utilisant des outils de planification performants, tel que le logiciel WEAP appliqué pour une gestion unitaire de l'eau à l'échelle des bassins versants.

## 3 Méthodologie adoptée

La méthodologie adoptée repose sur l'élaboration d'un modèle conceptuel du système de mobilisation des eaux de surface utilisant le logiciel WEAP (Yates et al., 2005). Ce logiciel d'évaluation et de planification de l'eau a été utilisé dans cette étude, pour anticiper les évolutions futures des débits dans un hydro système sur divers horizons temporels. Le modèle rend un grand service à l'humanité de par son utilisation pour la simulation du climat, l'usage du sol agricole et les croûts démographiques des populations (Joyce et al., 2006).

### 3.1 Description du WEAP

Il s'agit d'un modèle de l'hydrologique opérationnelle, couramment utilisé du fait de son couplage aux prévisions d'eau, notamment pour les régions souffrant d'un stress hydrique récurrent (Zakari et al., 2011). L'application d'un tel modèle exige un jeu de données important, ayant pour but principal l'évaluation des ressources exploitables en eaux, destinées pour les usages domestique, et agricole (Barreteau et al., 2008).

Le choix de ce logiciel s'explique par sa capacité de simuler une large gamme de composants naturels et techniques, tels que le ruissellement des précipitations, le flux des eaux souterraines, l'analyse sectorielle de la demande en eau et la priorité d'allocation. Son utilisation préférentielle est avantagée également pour la flexibilité et la convivialité des paramètres qui le composent, ce qui rend son exploitation aisée.

Les hypothèses de base sont élaborées sur la base des différents aspects affectant l'hydrologie du site, la demande de l'eau par usagers, ainsi que les facteurs climatiques et anthropiques de grande influence sur le site d'étude.

Quant aux scénarios, ils se réfèrent principalement à l'analyse de l'état des lieux pour la date de référence du projet envisagé. Ces scénarios ont pour objectif d'explorer les probabilités d'allocation de la ressource en eau dans le futur en tenant compte des disponibilités en eau et des politiques d'usage actuelles.

Par ailleurs, ces scénarios sont évalués à l'égard des volumes d'eau alloués, des coûts de mobilisation, des objectifs environnementaux fixés et de la sensibilité à l'incertitude quant à l'estimation des variables (SEI, 2008). Les manipulations exécutées par le logiciel WEAP permettent d'élaborer une analyse exhaustive pour appréhender au mieux les différentes facettes de l'offre et la demande en eau à l'échelle d'un bassin versant donné.

Ainsi, l'avantage du WEAP en tant que modèle analytique et physique, permet de mieux saisir certaines caractéristiques saillantes du cycle hydrologique, notamment l'interaction eau de surface/eaux souterraines. En outre, il intègre l'ensemble des valeurs dans un outil de planification pour prédire les stratégies, répondant aux schémas spatio-temporaire d'allocation des ressources en eau.

### 3.2 Données de base

Les données de base aussi bien cartographiques que statistiques proviennent des services gestionnaires du périmètre irrigué de Sig et du barrage Cheurfa (ANBT, 2003), des organismes chargés de la distribution de l'eau potable, ainsi que des études élaborées dans le cadre des différents projets de développement local.

Sur la base des connaissances acquises, il est dressé un modèle conceptuel du système, dont la démarche consiste dans une première étape à élaborer un état actualisé du système hydraulique. Le système offre se compose d'un barrage opérationnel, régularisant un volume de 83 hm<sup>3</sup> par an.

Dans une étape, il s'agit de l'identification de la demande en eau, qui se résume à deux sites:

- le secteur de l'agriculture, représenté par le périmètre irrigué de Sig (8200 ha), nécessitant un volume de 38 hm<sup>3</sup>/an ;
- le secteur d'eau potable des agglomérations urbaines de Sig et Cheurfa, dont les volumes alloués sont évalués à 5,5 hm<sup>3</sup>/an.

L'étape consacrée à la modélisation, consiste à une description des relations entre les variables, exprimées en sous forme de scénario. Il s'agit des probabilités comportant, certes, des risques d'erreurs, mais elles restent très utiles à l'explicitation des systèmes d'eau et l'identification des futurs possibles (Skoulikaris, 2008).

Compte tenu du caractère agricole prédominant, il a été incorporé au logiciel WEAP, la méthode MABIA/FAO (Dimova et al. 2017; Jabloun et al. 2012), basée sur le calcul des besoins en eau des

cultures. Par cette méthode, il est possible de déterminer le coefficient cultural ( $K_c$ ), l'estimation de l'évapotranspiration ainsi que de la réserve utile du sol.

### 3.3 Formulation de scénarios

Chaque scénario est identifié par les fluctuations hydrologiques tels que, le ruissellement, l'infiltration, les besoins en eau des cultures, l'approvisionnement en eau potable, les débits et le volume de stockage (Ould Zaoui et al., 2010).

Une programmation linéaire est utilisée pour l'allocation de la ressource en eau vers les différents sites de demande. L'objectif étant de maximiser la satisfaction en eau des sites sous les contraintes des priorités de la demande et des équilibres de la ressource. A cet effet, cinq scénarios sont identifiés :

**a. Scénario de référence (S1):** établi pour la situation actuelle (2015) et étendu à l'échéance (2050), où sont introduites les données acquises, en vue de simuler l'évolution du système, sans changement majeur sur l'augmentation de la demande domestique, agricole et industrielle.

**b. Scénario de l'accroissement démographique (S2):** correspondant à une croissance de 5% par an de la population des villes de Sig et Cheurfa. Ce dernier servira à l'estimation des besoins en eau urbaine durant la période 2015-2050.

**c. Scénario de changement climatique (S3):** il est préconisé d'introduire dans le modèle des paramètres météorologiques correspondant au scénario de référence (1979-2014). Ces données climatiques sont étalées durant la période du projet (2015-2050), tout en maintenant une croissance des besoins en eau potable. Le régime climatique est subdivisé en étages (très sec, sec, humide, très humide), avec des coefficients de correction variant entre 0,7 à 1,45.

**d. Scénario d'augmentation de la superficie irriguée (S4):** il correspond à une augmentation de la superficie irriguée, passant de 4784 à 8200 ha, soit la totalité du périmètre existant. Le choix de cette croissance volontariste suppose une dose d'irrigation de 5000 m<sup>3</sup>/ha/an (ANRH, 2009).

**e. Scénario de diminution de la dose d'irrigation (S5):** conditionné par la généralisation de l'irrigation utilisant le système du goutte-à-goutte sur l'ensemble du périmètre. Cela correspond à une réduction de la dose d'irrigation à 2000 m<sup>3</sup>/ha/an, conformément aux estimations de l'office de gestion du périmètre (ANRH, 2009). Ainsi, le déroulement des travaux de modélisation, utilisant le WEAP se résume ainsi (figure XII.8) :

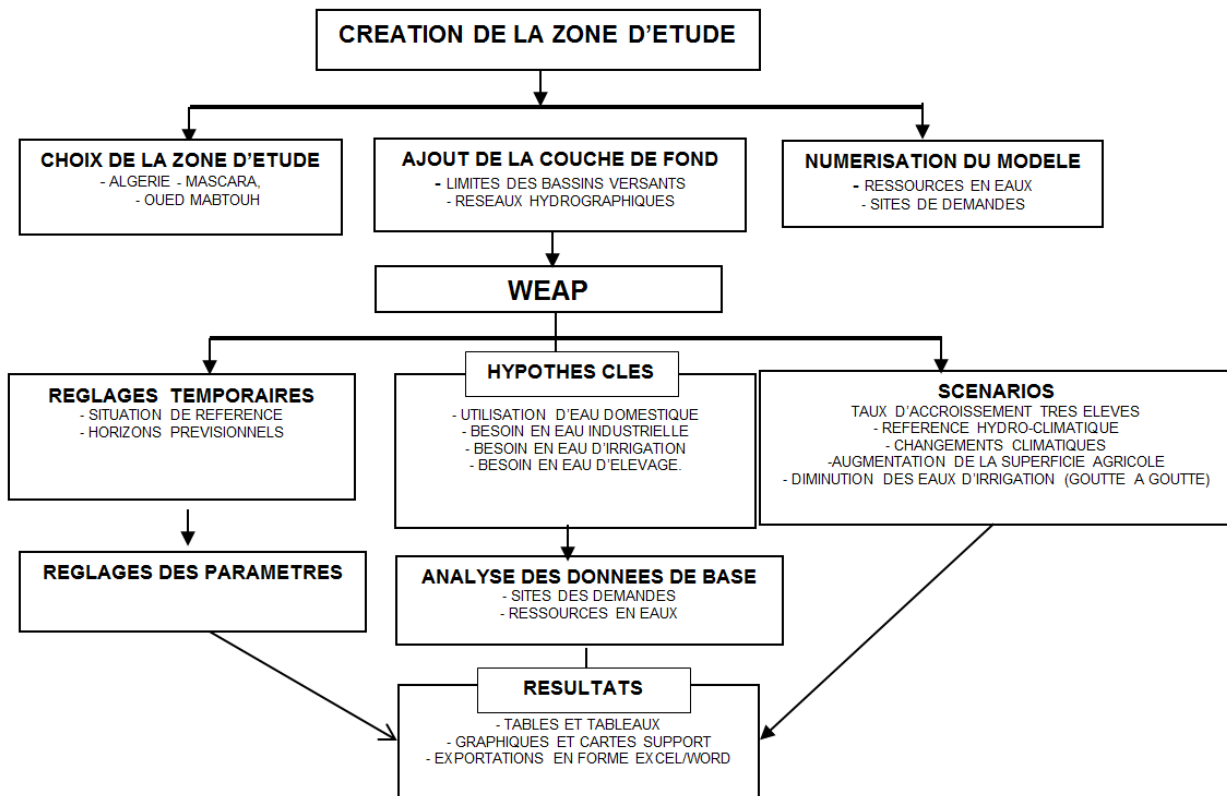


Figure XII.8- Schéma synoptique de la démarche du modèle WEAP adoptée

### 3.4 Etapes de modélisation

- La première opération consiste au réglage des paramètres temps, notamment la création de l'année **de référence** choisi pour le projet et l'introduction du jeu de données dans le système, sans intervention (sites de demande, approvisionnement, consommation, liaison et transmission, etc.).
- Le scénario de référence couvre la période (2015 – 2050). Les dotations journalières introduites dans le logiciel pour ce scénario émanent des institutions de gestion de la Wilaya de Mascara.
- Les prévisions futuristes sont établies au premier scénario de même durée que le scénario de référence. Pour que la demande soit satisfaite, il est supposé une évolution continue et sans contrainte de l'offre du barrage Cheurfa.
- Le scénario de consommation est appliqué aux normes de consommation spécifique en Algérie, soit une dotation de 150 litres/jour/habitant. S'agissant d'un étage bioclimatique semi-aride et d'un réseau d'irrigation neuf, récemment modernisé, utilisant le système du goutte-à-goutte, les besoins en eau d'irrigation sont basés sur une dose minimale de 2000 m<sup>3</sup>/ha/an, conformément aux orientations de l'ONID (office de gestion du périmètre).
- Débit de retour : les eaux résiduaires de la ville de Sig et sa zone industrielle, les rejets se font vers une station d'épuration. Quant aux eaux utilisées d'un site de demande en eau agricole sont drainées naturellement vers Oued Mebtouh, pour se jeter dans la zone humide de la Macta. Ainsi, le débit de retour global est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{rs} = Q_{es} - C_{sd} - Q_{\text{épur}} \text{ (Arthur et al., 1993)}$$

Avec :

- $Q_r$  : Débit de retour d'un site de demande.
- $Q_e$  : Débit entrant dans un site de demande.
- $C_{sd}$  : Le volume d'eau consommé pour chaque site de demande.

- Qépur : Débit entrant dans les stations d'épuration.

Introduites dans le modèle WEAP, ces valeurs sont exprimées en pourcentage. Les calculs sont effectués sous Excel, utilisant des valeurs numériques représentatives du système. Les résultats attendus sont disposés dans les feuilles de calculs.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'établissement du bilan hydrique a nécessité la connaissance des paramètres de fonctionnement du système hydraulique, en s'appuyant sur le contexte d'offre et de demande en eau ainsi que des enquêtes auprès des usagers-consommateurs.

Des valeurs moyennes pour une période de 34 ans ont été utilisées, notamment pour les données climatiques à partir des stations représentatives du site, en s'appuyant sur les critères jugés les plus fiables pour le cas de cette étude.

### 4.1 Modélisation du bassin versant

L'application du WEAP pour le bassin versant d'Oued Mabtouh est établie sous forme cartographique, en considérant le compte actuel. L'horizon de projection future considéré est fixé à 2050. Comme sites d'offre/demande, on distingue trois points :

- le prélèvement en eau existantes à travers le bassin versant ;
- les sites des utilisateurs domestiques, de l'irrigation, l'élevage et l'industrie ;
- les adductions d'eau potable, les prélèvements d'alimentation et la liaison de transmission sont reliés par une flèche verte tandis que le débit de retours et les rejets reliées par des flèches rouges.

Les principales ressources d'eau considérées par cette étude sont identifiées comme suit :

- Barrage de Cheurfa ;
- Cours d'eau d'Oued Mabtouh ;
- Eau souterraine (champ de captage d'Oggaz);
- Station de pompage de Cheurfa - Sig- Bouhenni.

Le schéma conceptuel du bassin versant d'Oued Mabtouh, matérialisé par le modèle WEAP se présente comme suit (figure XII.9) :



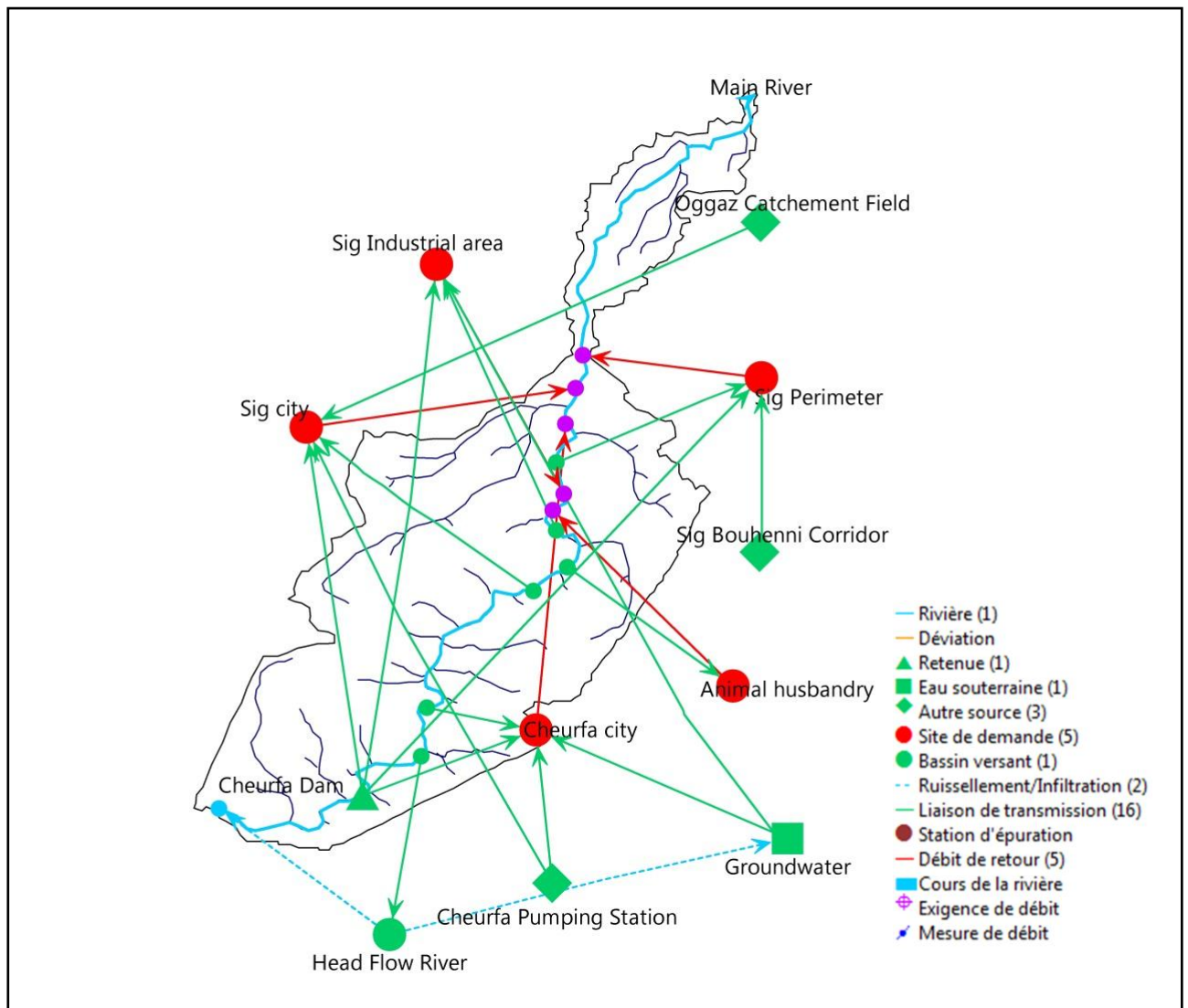


Figure XII.9 -Schéma conceptuel du projet WEAP pour le bassin versant d'Oued Mabtouh

#### 4.2 Disponibilité en ressources hydriques

La ressource en eau existante est affichée par les résultats du modèle, selon l'option « demande et distributions des ressources » au niveau du bassin versant.

#### 4.3 Evaluation du besoin pour le scénario de référence

Le graphe ci-dessous (figure XII.10) illustre la demande en eau domestique, du périmètre irrigué, de l'élevage et de la zone industrielle et ce, pour chaque site d'étude. Le scénario de référence montre une augmentation particulière pour l'usage AEP, passant de 5,38 hm<sup>3</sup> à 12,62 hm<sup>3</sup> respectivement pour les échéances de 2015 et 2050. Cette augmentation de la demande en eau s'explique par le rythme de croissance démographique des communes (2,48%).

Inversement, l'irrigation connaîtra une diminution passant de 23,92 hm<sup>3</sup> à 9,57 hm<sup>3</sup> pour les mêmes échéances, du fait de la généralisation du système d'arrosage du goutte-à-goutte, réduisant les pertes en eau par infiltration et par évaporation. Les résultats du modèle WEAP pour le scénario de référence, renseigne également sur la quantité d'eau distribuée pour chaque site de demande, tel mentionné par le graphe ci-dessous (figure XII.11).

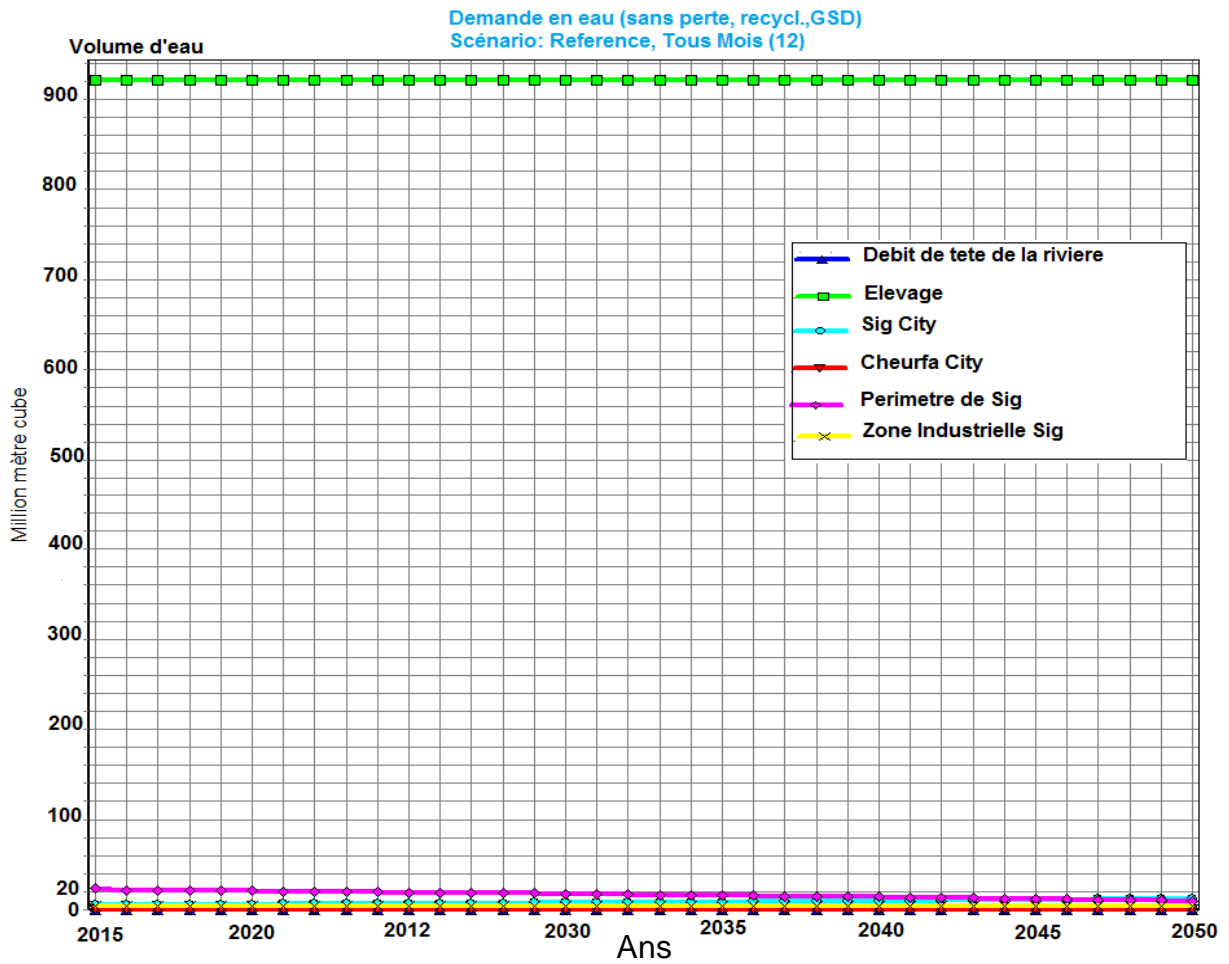
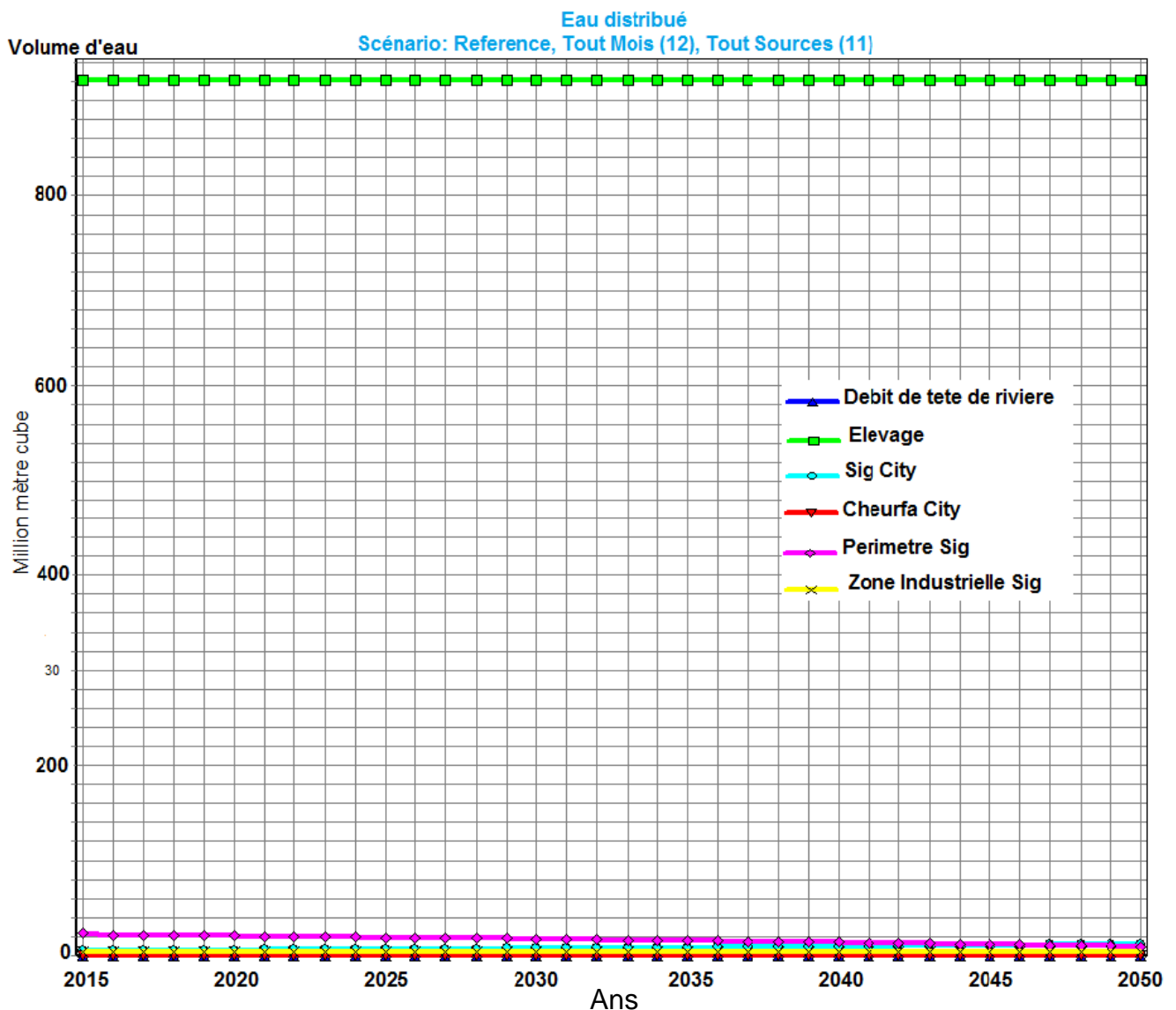


Figure XII.10 La demande en eau sans perte du scénario de référence



**Figure XII.11 Évaluation des eaux distribuée du scénario de référence**

La distribution en eau connaîtra une variation remarquable, particulièrement pour l'usage domestique (AEP) avec une nette amélioration. Quant au secteur agricole, il connaîtra une déperdition de son potentiel irrigué.

#### 4.4 Simulation de la gestion active des ressources en eau du bassin versant

La gestion active des ressources en eau permet une économie de l'eau. Autrement dit, cette pratique contribue à réduire le déficit hydrique (réduction de la perte du réseau, sensibilisation des irrigants, etc.). Le débit de retour est en nette augmentation passant de 54,95 hm<sup>3</sup> pour l'année de référence (2015) à 59,68 hm<sup>3</sup> en 2050. Il s'agit essentiellement du volume d'eau usée non recyclé (figure XII.12).

Ce débit de retour est justifié par la récupération de cette ressource non conventionnelle, estimée à 74,16 hm<sup>3</sup> recyclable. Toutefois, ce gain de volume est conditionné par la réalisation impérative d'une station d'épuration à l'aval des agglomérations.

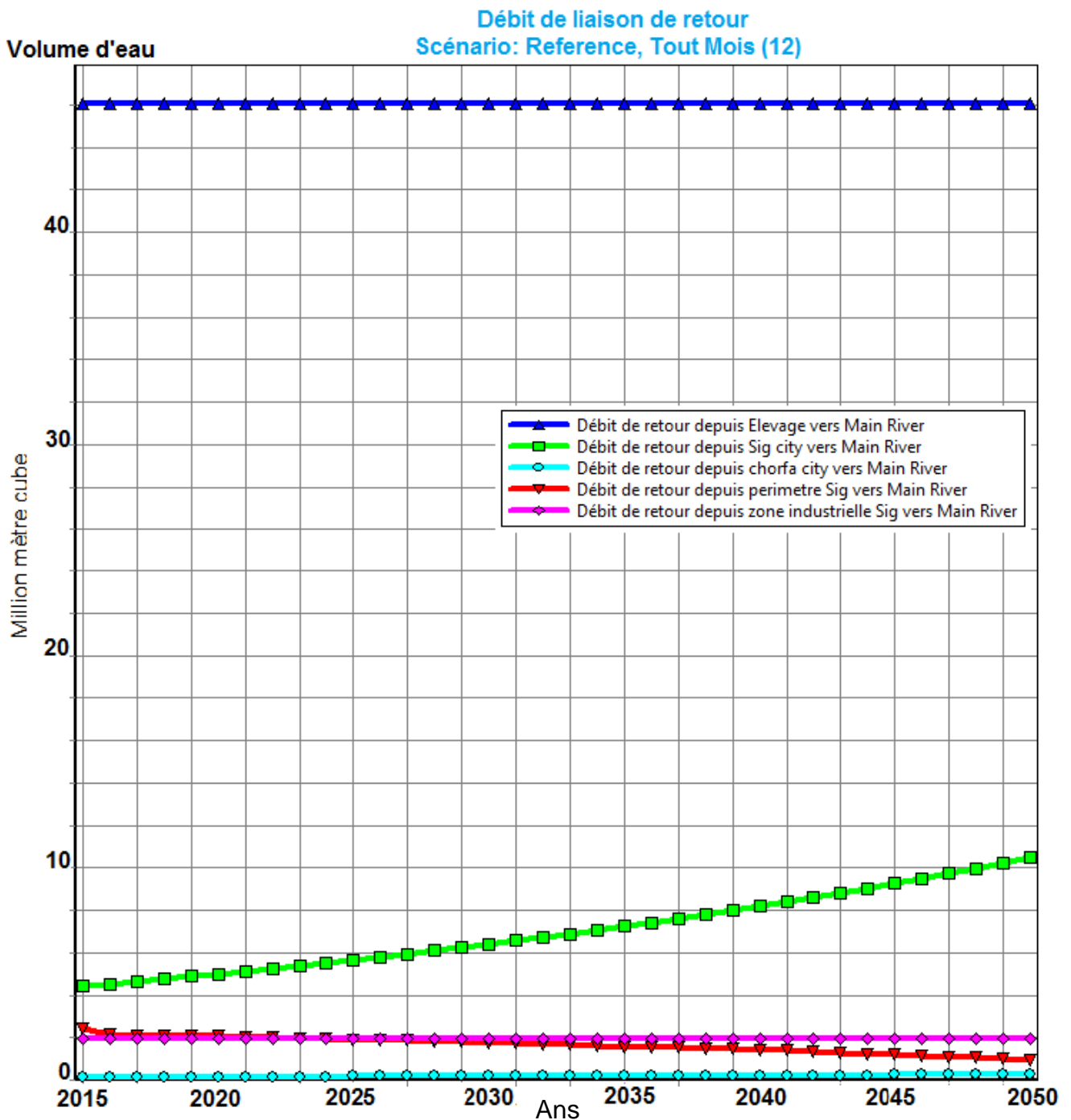


Figure XII.12 Évaluation débit de liaison de retour du scénario de référence

#### 4.5 Vulnérabilité de la demande en eau vis-à-vis des changements

L'influence des changements climatiques est à l'origine d'une demande en eau, en légère augmentation, à partir de l'année 2016, passant de  $951,52 \text{ hm}^3$  à  $951,65 \text{ hm}^3$ . Pour l'échéance 2050, cette augmentation est encore plus visible, passant de  $946,86$  à  $963,90 \text{ hm}^3$  par an. L'importance de cette influence climatique apparaît plus nettement au niveau du scénario de référence.

Par contre, l'augmentation de la superficie irriguée, passant de 4784 ha à 8200 ha, n'a aucune influence sur la demande par rapport au scénario de référence, du fait de l'amélioration du système d'irrigation (figure XII.13).

#### 4.6 Débit des sites de demande pour l'horizon 2015-2050

Le modèle ne prend pas en considération le débit entrant venant de champ de captage d'Oggaz et de l'inféro-flux du barrage de Cheurfa, du fait que le débit de prélèvement est faible (figure XII.14). En 2015 les débits du site de demande venant de toutes les sources ainsi que les consommations ont atteint un déficit de  $-26,32 \text{ hm}^3$ ; par contre en 2050, le déficit s'est aggravé ( $-37,78 \text{ hm}^3$ ) du fait que le débit sortant est largement supérieur au débit entrant.

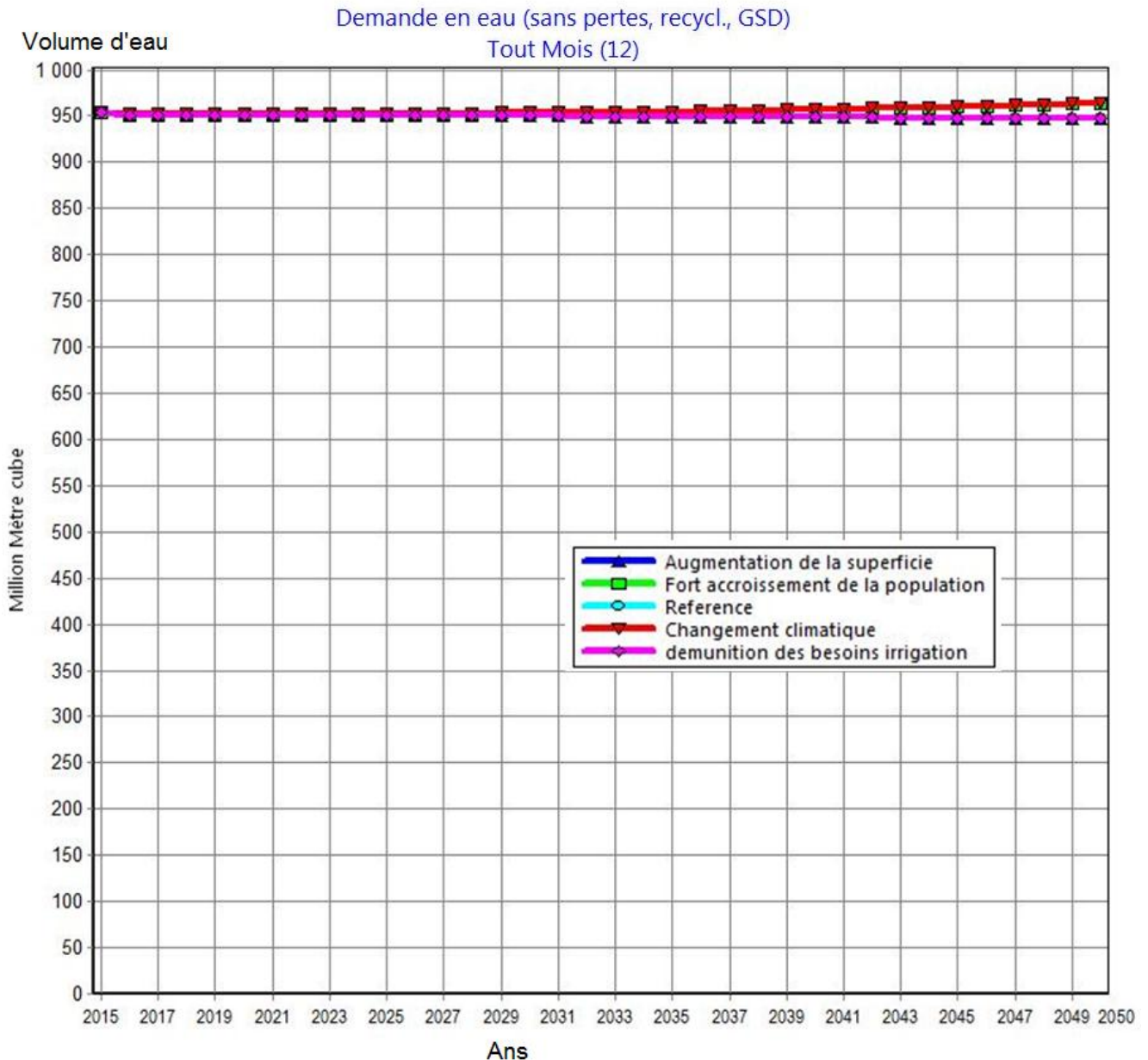


Figure XII.13 La demande en eau selon le scénario référence /changement climatique

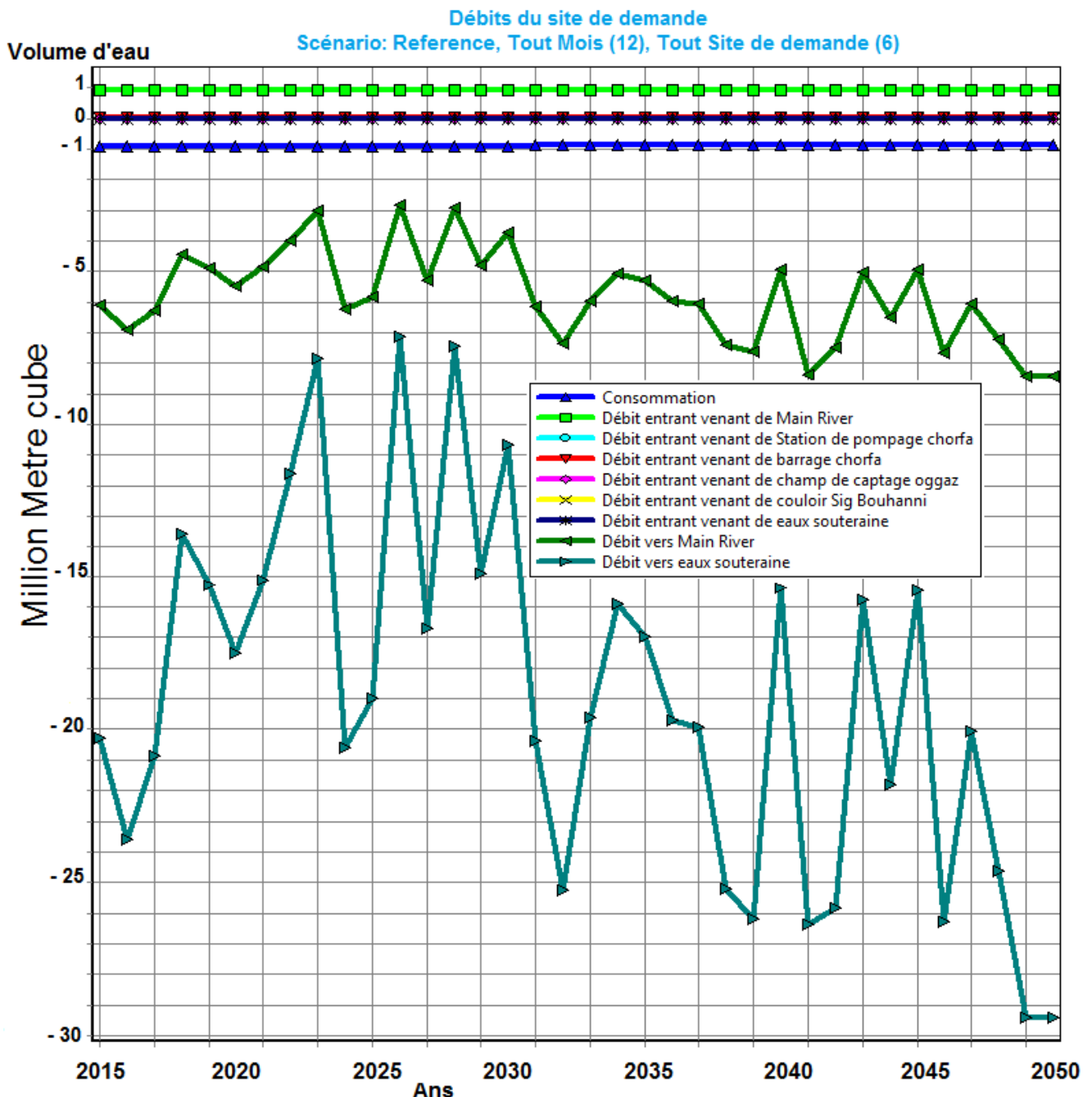


Figure XII.14 Débits du site des demandes en eau / scénario de référence

#### 4.7 Bilan de gestion des ressources en eau

L'évaluation du bilan hydrique du scénario de référence par le modèle "pluie-ruissellement" selon le modèle FAO 56 (Zakari et al., 2011), détermine à la fois les besoins en eau et l'offre requise. Ce modèle fonctionne sur la base de l'évapotranspiration de référence et des coefficients culturaux.

A partir des précipitations effectives, le modèle détermine ensuite les besoins en eau cultures. A noter que le modèle WEAP ne prend pas en considération la réserve d'eau dans le sol, pour le scénario de référence 2015-2050, du fait des faibles apports d'irrigation et d'infiltration (figure XII.15).

En tenant compte des changements climatiques, le débit sortant du bassin est de 899,4 hm<sup>3</sup> pour l'horizon 2050. Ce dernier s'écoule vers l'exutoire, correspondant à la Macta (zone humide).

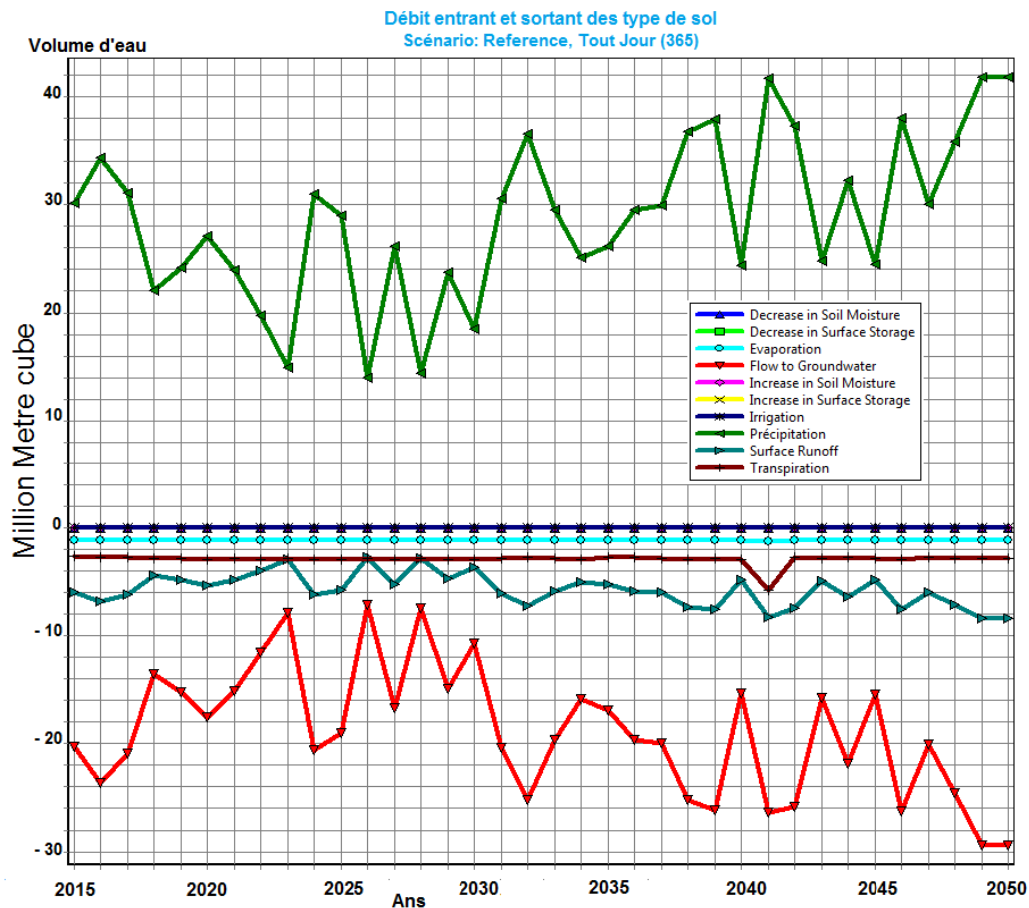


Figure XII.15 Débits entrant et sortant des types de sol / Scénario de référence

#### 4.8 Le débit infiltration, de ruissellement et vulnérabilité

L'observation du graphe ci-dessous durant la période d'étude (2015-2050), laisse dégager un débit d'infiltration/ ruissellement de 207,65 hm<sup>3</sup>.

Quant au débit piégé au niveau des nappes souterraines, il est estimé à 681,72 hm<sup>3</sup>.

Cette variation s'explique par le faible potentiel pluviométrique sur le bassin versant d'Oued Mebtouh (figure XII.16).

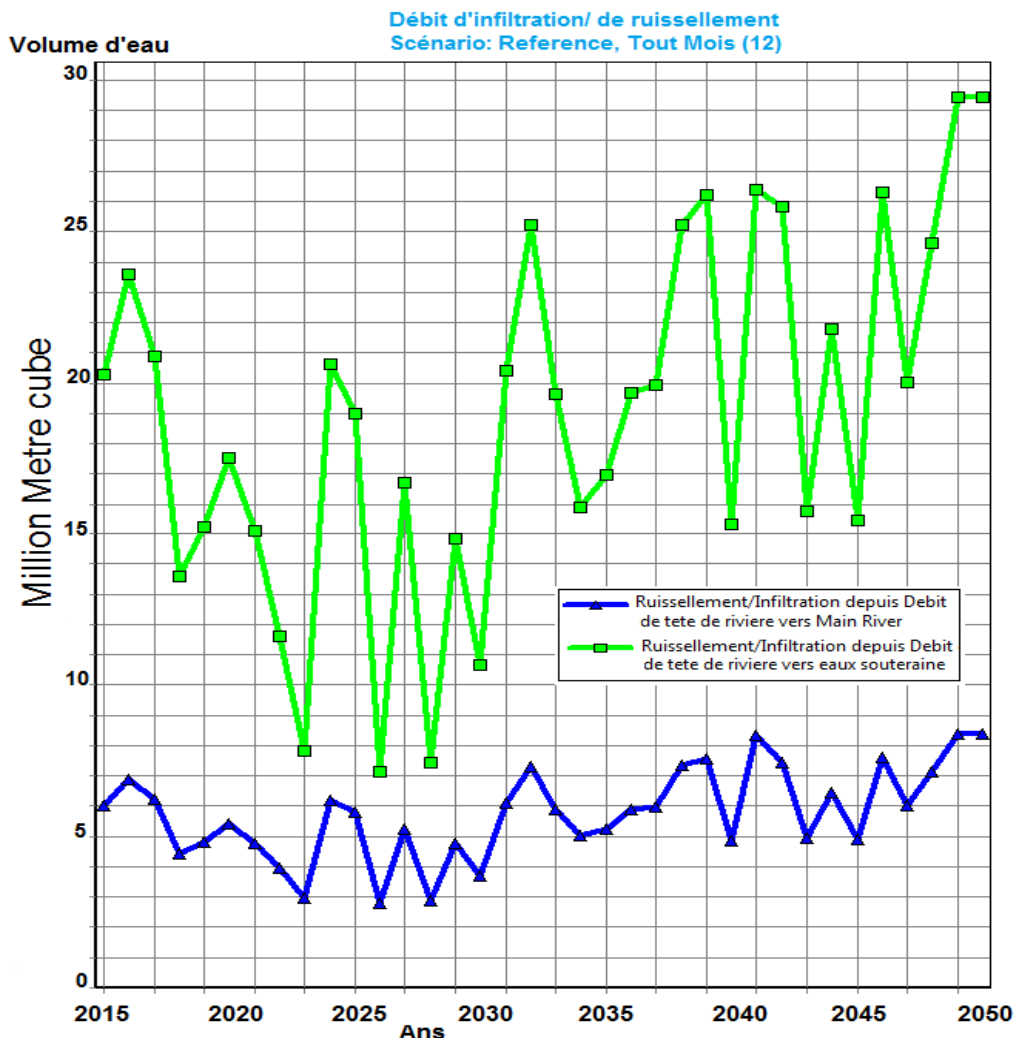


Figure XII.16 Débits d'infiltration/ruissellement

## Conclusion

La présente expérience a révélé que le logiciel WEAP convient parfaitement à la planification de l'eau à long terme et par conséquent confirme sa position d'outil d'aide à la décision pour le choix des scénarios futurs les plus performantes.

Dans notre cas, l'estimation des besoins en eau sites de demande (domestique, industrie, agriculture) du bassin versant de Oued Mabtouh a été effectuée par une simulation de cinq scénarios alternatifs: scénario de référence, accroissement de population, changement climatique, augmentation de l'irrigation et diminution de la dose d'arrosage.

Les résultats révèlent que le scénario du changement climatique répond favorablement à l'objectif recherché par cette étude. Ce dernier évalue les besoins en eau de l'ensemble des sites de demande à 963,90 hm<sup>3</sup> pour l'horizon 2050. Quant aux autres scénarios, ils sont approximativement similaires avec des résultats relativement moins probables.

D'autre part, le recours impératif à la valorisation des eaux usées traitées et leur recyclage au profit de l'agriculture est sollicité à travers la combinaison entre les procédés extensifs à boues activées et la technique rustique du lagunage en cours d'expansion. Ces eaux résiduelles parfaitement traitées peuvent servir également à la recharge artificielle des nappes phréatiques.



## CONCLUSION DE LA PARTIE IV

Malgré le cadre institutionnel et législatif assez bien outillé, la gestion de l'eau dans la zone montagneuse est encore honteuse du fait que les associations d'intérêt collectif restent défailtantes sur le terrain et la qualité physico-chimique des eaux usées épurées n'est pas toujours conforme aux critères en vigueur ce qui conduit à l'absence d'une politique tranchante sur la gestion de l'eau agricole.

L'apparition des conflits d'usage du aux partages inéquitables de l'eau s'ajoute à la non maîtrise des systèmes d'irrigation technico-économiques et rationnels ce qui engendre un mode de gestion de l'eau complexe non adapté aux principes de la durabilité de la ressource.

Evaluation système de la qualité de l'eau épurée de six station, a permis de conclure que les eaux usées traitées par ces stations de lagunage ne répond pas aux normes Algériennes des rejets d'effluents. Donc il est clair que Les lagunes étudiées n'est pas suffisante pour avoir de l'eau purifiée conforme à la qualité requise pour le rejet dans un milieu naturel.

La mise en place d'un système permet d'établir une programmation en l'espace d'une durée très limitée du tour d'eau entre usagers-irrigants sur la base de l'introduction des paramètres concrets du terrain, tenant compte de la contrainte de la pénurie d'eau.

Les calculs se font sur une base d'un bilan de gestion (offre/demande), de la tarification et redevances d'eau appliqué sur aux usages-irrigants ce qui lui confère un intérêt technico-économique dans la gestion de la ressource hydrique. L'application de ce modèle au niveau du périmètre irrigué de Habra, ont permis d'optimiser l'usage de l'eau agricole, résoudre les problèmes d'eau à long terme.

La complexité de la gestion de l'eau du fait de la multiplicité des usagers-utilisateurs, ce qui nécessite impérativement au recours à des outils d'aide à la décision, tente de tester le modèle WEAP dans le bassin versant de Mabtough, en vue de dégager un scénario de gestion intégrée des ressources en eau, appliqué à une zone agricole par excellence, accueillant des infrastructures hydro-agricoles ainsi que des agglomérations rurales.

Basé sur un jeu de données de l'année de référence (2014), ce modèle tente d'envisager l'affectation de l'eau à l'horizon 2050, selon deux scénarios impliquant la contrainte climatique face à l'enjeu de développement socio-économique.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La gestion intégrée est devenue une approche essentielle de la gestion durable des ressources en eau et est donc essentielle pour toute politique de l'eau raisonnable. Et son application concrète au niveau local n'a pas encore été mise en œuvre, avec toutes les difficultés associées à la complexité du problème de l'eau en montagne.

Dans le cadre de la demande politique de gestion intégrée, peu d'études ont été consacrées à l'application concrète de terrains montagneux. Souligner la fragilité de ces terres et le rôle des réserves d'eau en montagne est une obsession pour la conservation des ressources en eau.

Notre recherche vise à remettre en question l'importance de la gestion intégrée et de son application aux spécificités des terrains montagneux, confrontés aux deux dimensions d'un point de vue à long terme, souvent opposées, la conservation des ressources et le développement social et économique.

La méthodologie proposée et appliquée reposait sur une analyse systématique permettant de comprendre la performance globale du système de gestion de l'eau, afin d'identifier et de hiérarchiser les éléments structurels et leurs interactions, en tenant compte de la dimension temporelle du système pour obtenir un retour d'information qui limite l'exploitation des ressources en eau et provoque des dysfonctionnements.

La construction du système vise également à donner la priorité à une politique de l'eau intégrée et durable. Étant donné les biais et les lacunes dans les données, il était difficile de déterminer l'impact précis de chaque composante interdépendante. Le manque de données est également une limitation de ce travail.

Les obstacles à la mise en œuvre de la gestion intégrée sont les suivants: institutionnel, juridique des droits de propriété, l'utilisateur, politiques axées sur la demande et non-intégration de l'eau et des territoires dans le cadre des dispositions réglementaires.

À ces faiblesses s'ajoutent d'autres obstacles spécifiques aux territoires des montagnes, tels que le manque de connaissances sur l'hydrologie des rivières, la pollution résultant du rejet d'effluents liquides et le contexte naturel protégé contre l'érosion hydrique et d'autres facteurs.

Les montagnes de Benichougrane constituent un cadre idéal pour traiter toutes les questions liées à la mise en œuvre de la gestion intégrée dans un territoire en utilisant l'approche systématique et spécialisée, en particulier parce qu'il s'agit d'un paysage important d'érosion qui nécessite l'intégration de l'eau et le territoire.

La méthode d'évaluation peut être appliquée à d'autres bassins versants de portée et d'environnement différents (cadre institutionnel, contexte socio-économique et culturel, niveau de développement, etc.). En l'appliquant à un pays en cours de développement, il introduirait de nouvelles contraintes et recommandations, par exemple de nature technique, pour compenser le manque de ressources.

Cette approche convient également à chaque acteur du système de gestion de l'eau et de l'aménagement du territoire. Il permet de compiler tous les paramètres à prendre en compte

dans le processus décisionnel de chaque partie, quels que soient ses intérêts, ses responsabilités ou son étendue de travail.

Il est important que les régulateurs, en tant qu'outil de prise de décision, définissent les tendances et financent les politiques relatives à la conservation de l'eau et des sols par des aménagements.

La principale contrainte pour trouver une méthode pour comprendre ce système est la disponibilité des données. En fait, cela nécessite la construction du système et des indicateurs de données pour chaque paramètre du système et de son environnement afin de voir le monde et de comprendre ses performances.

Afin d'appliquer l'approche sur Mont de Benichougrane, nous avons utilisé des données de sources officielles sur l'échelle et les bases de données couvertes par l'enquête sur le terrain, ainsi que des données provenant d'études techniques plus ciblées. Celles-ci ont permis d'affiner certains des indicateurs. La précision des données disponibles détermine le niveau régional du système de gestion analysé.

Cependant, le modèle et ses indicateurs ont été construits sur de nombreuses études. En outre, les connaissances sur l'environnement et les utilisations évoluent rapidement dans le cadre des travaux du gouvernement visant à améliorer la bonne situation environnementale et à identifier les facteurs à atteindre. L'acquisition de nouvelles connaissances soulèvera inévitablement des questions sur certains résultats.

Les méthodes d'évaluation développées dans la thèse sur la relation entre l'aménagement du territoire et les ressources en eau ne sont pas concluantes. Elle soulève des problèmes de paramètres incertains et de lacunes dans les données, en particulier dans le domaine de l'hydrologie et des flux biologiques.

L'application de la gestion intégrée soulève également de nombreux domaines de recherche qui ont été brièvement abordés dans nos travaux. Nous avons choisi de nous concentrer sur les différentes phases du système de gestion afin d'évaluer la contribution de chaque participant à la création d'un système de gestion intégré. Il sera intéressant de travailler davantage sur les processus participatifs et les différentes formes qui constituent les fondements de la gestion intégrée.

La pondération des résultats pour obtenir un score global dans la zone d'étude est précise et nécessite une interprétation prudente. D'autre part, les effets quantitatifs de l'utilisation de l'eau et environnementale de bassin versant de Benichougrane.

Les faiblesses relevées soulignent la complexité du fonctionnement de l'écosystème montagnard. Le manque de connaissances sur les paramètres physiques et morphologiques interroge la compréhension de la performance globale d'un système de gestion de l'eau.

La vérification de la méthode peut donc être une perspective intéressante, prenant en compte plusieurs sites d'application et le développement des connaissances. L'index de l'indicateur est une autre limite à l'état actuel des connaissances.

Sur la base des recherches en cours et de l'expérience internationale en matière de gestion coordonnée, il serait intéressant de remettre en question et d'institutionnaliser les outils de gestion de l'eau existants en Algérie et de représenter des représentants dans des organes

consultatifs. Cela pourrait être basé sur l'analyse des systèmes de gestion des parties prenantes à Benichougrane, en vue d'identifier différentes formes de gouvernance adaptative pour améliorer la mise en œuvre et l'efficacité de la gestion intégrée au niveau local.

Malgré le cadre institutionnel et législatif bien équipé, la gestion de l'eau dans la région montagnaise demeure honteuse, car les liens d'intérêt collectif sont toujours défaillants sur le terrain et la qualité physico-chimique des eaux usées traitées n'est pas toujours conforme aux normes en vigueur, Sur la gestion de l'eau agricole.

L'émergence de conflits d'utilisation dus à une répartition inégale de l'eau ajoute au manque de contrôle sur les systèmes d'irrigation techniques, économiques et rationnels, en créant un mode de gestion complexe de l'eau incompatible avec les principes de gestion de l'eau et de durabilité de la ressource.

Le dernier chemin suggéré ici pour une recherche optimale basée sur le diagnostic est décrit dans une nouvelle forme de réglementation de la gestion de l'eau au niveau des bassins versants, dans laquelle la Loi sur la législation de l'eau en l'occurrence les associations d'intérêt commun (AIC) établit des liens importants permettant d'évaluer cette nouvelle expérience en matière de gestion de l'eau, ce qui était en place depuis une décennie pour déterminer les limites de la gestion de l'eau et nous avons examiné les perspectives de légitimité de la réalité.

Outre on a préconisé un développement d'outils informatique pour la gestion de la ressource en eau dans un grand périmètre irrigué tel que Habra, reposant sur l'introduction de paramètres concrets du terrain, tenant compte de la rareté de l'eau. Les calculs sont effectués sur la base d'un bilan de gestion (offre / demande), de la tarification et des redevances sur l'eau appliquées aux usages-irrigants, ce qui lui confère un intérêt technique et économique pour la gestion des ressources en eau.

Les résultats obtenus, à travers l'application de ce modèle au niveau de l'environnement du périmètre irrigué de Habra, ont permis d'optimiser l'usage de l'eau agricole pour résoudre les problèmes d'eau à long terme, notamment :

- La prévision de la demande en eau des usagers par section et par secteur irrigué ;
- Offrir rapidement des cartes d'arrosage aux irrigants selon leurs souscriptions ;
- L'économie de l'eau par le jumelage des sections de distribution d'eau permettant d'assurer le démarrage et la fin des sections dans la même durée ;
- La mise en place d'un outil d'aide de décision aux gestionnaires du périmètre irrigué.

L'utilisation des eaux non conventionnelles (E.U) est une préoccupation nationale. Toutefois, la qualité des eaux traitées n'est pas souvent conforme aux normes requises pour la santé publique et la préservation de l'environnement.

L'étude du cas des STEP à lagunage des monts de Béni Chougrane, confirme cette insuffisance et incite à des solutions épuratoires d'appui. L'évaluation des performances de la qualité de l'eau épurée de six stations a permis de conclure que les eaux usées traitées par ces stations de lagunage ne répondent pas aux normes Algériennes en matière de rejet d'effluents et sont insuffisants pour purifier une eau de la qualité requise pour la sécrétion dans un environnement naturel.

La complexité de la gestion de l'eau en raison de ses multiples usages, qui implique l'utilisation d'outils d'aide à la décision, tente de tester le modèle WEAP dans les bassins versants de Mabtouh afin d'élaborer un scénario de gestion intégrée des ressources en eau, de l'appliquer à une zone agricole d'excellence, d'accueillir des infrastructures d'approvisionnement en eau et des communautés rurales. Dans le cas de notre site d'étude, le WEAP se présente comme un outil multi-paramètres pour la gestion des ressources en eau, économie, démographie et réservoirs hydrauliques.

Basé sur un jeu de données pour l'année de référence 2014, ce modèle tente de prendre en compte l'allocation de l'eau à l'horizon 2050, selon des scénarios impliquant une contrainte climatique sur la question du développement socio-économique. Un développement du WEAP nous permet de modéliser également l'évapotranspiration et les écoulements qui feront l'objet d'une contribution future.

Pour assurer la bonne gouvernance de l'eau à l'échelle du bassin : l'alternative serait de prévoir un organisme étatique, dont le rôle serait la maintenance des ouvrages de mobilisation et la protection des versants en vue de réduire le fléau de l'envasement de grands barrages, réduire la pénurie de l'eau à l'avenir et il est envisagé de procéder aux analyses microbiologiques, envisagé d'affiner les analyses biologiques des eaux usées, nécessaires pour la conformité des eaux épurées aux normes de réutilisation de ces eaux traitées en agriculture.

L'application de ces logiciels de prise de décision dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau sont envisageables sur d'autres sites caractérisés par de fortes tensions sur la demande en eau, afin de prévoir une bonne gouvernance de ce secteur vital.

En termes de recommandations, ceci nous incite dans l'avenir à une modification profonde de notre mode de vie, notamment, par le choix d'activités moins exigeantes en eau.

Ces travaux ont également permis de dégager des pistes de recherche intéressantes pour mieux cerner la sensibilité du système de gestion de l'eau au développement perçu de ses paramètres sociaux, économiques et environnementaux afin de réconcilier le développement économique des zones de montagne avec la conservation des ressources en eau.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abrami G., 2004. Niveaux d'organisation dans la modélisation multi-agent pour la gestion des ressources renouvelables. Application à la mise en œuvre de règles collectives de gestion de l'eau agricole dans la basse-vallée de la Drôme. Thèse de doctorat en sciences de l'eau, ENGREF, Montpellier, 423 p.
2. ALOUINM Z., 1993. Fate of parasites in five wastewater treatment plants in Tunisia. *Revue des sciences de l'eau*. URI: [id.erudit.org/iderudit/705185ar](http://id.erudit.org/iderudit/705185ar). DOI: 10.7202/705185ar.vol.6,Nber 4.1993.453-462.
3. Amiotte L., Lefur R., 2001. Les effluents des ateliers fromagers fermiers de Haute-Savoie. Alliance Conseil 74, Chambre d'Agriculture de Haute-Savoie, 3 p
4. ANRH (agence nationale des ressources hydriques), 2009. Carte des ressources en eau des eaux souterraine –Présentation des unités hydrogéologiques région Ouest, pp. 38.
5. ANRH (agence nationale des ressources hydriques), 2010 : Evaluation de l'impact de la sécheresse sur les ressources en eau de l'Algérie. Rapport de synthèse. Décembre 2014. 56 pp.
6. ANBT (agence nationale des barrages et des transferts), 2004. Etude de la protection des bassins versants de l'ensemble des barrages en avant-projet et en exploitation. Rapport définitif. Tecslut International / MRE/ RADP. pp. 178.
7. Arthur J. et Mara M.G., 1993. Etude du schéma d'aménagement directeur de la zone littoral de la Wilaya de Tlemcen. 4 T.
8. Arrêté du 04/01/2005, déterminant le cahier des charges type relatif à la concession de la gestion, de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages et des infrastructures de petite et moyenne hydraulique agricole PMH.
9. Aspe C., Point P., 1999. L'eau en représentations : gestion des milieux aquatiques et représentations sociales. Anthony, Cemagref, 101 p.
10. BADFAD (banque africaine de développement fonds africain de développement), 2000. Politique de gestion intégrée des ressources en eau (OCOD).
11. Baptendier E. et Lecuret C., 2006. Etude des pollutions d'origine agricole. Contrat de rivière du Giffre, volet A.SIVM du Haut-Giffre, 15 février 2006, 53.p.
12. Barreteau O., 2003. The joint use of role playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of artificial societies and social simulation*, vol 6, n° 2, p 20.
13. Barreteau O., Richard-Ferroudji A., Garin P., 2008. Des outils et méthodes en appui à la gestion de l'eau par bassin versant. *La Houille Blanche*, Vol 6, pp 48-55, décembre 2008.
14. Beddal D., 2015. Analyse statistique des apports liquides en climat semi-aride, cas du bassin versant de la Macta. Thèse Magister. Univ. H.B Chlef. pp 158.
15. Benblidia M., 2011. L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique : étude nationale Algérie. Plan Bleu, Centre d'activités Régionales PNUE/PAM, version finale, Sophia Antipolis, Juin 2011, 24p.
16. Benslimane M, Hamimed A., Khaldi A. et Elzeray W., 2013. Approche méthodologique d'évaluation de la politique de gestion de l'eau des zones humides,

- cas du chott chergui (sud-ouest algérien). Larhyss Journal, n°22, June 2015, pp. 167-181.
17. Bisaz A., Escher F., Grosjean M., Ives J. D., Messerli B., Price M. F., 1997. Mountains of the world: challenges for the twenty-first century. A contribution to Chapter 13, Agenda 21. Berne, 32 p.
  18. Bliefert C. et PERRAUD R., 2001. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Edition de Boeck, 477 p.
  19. Blinda M, 2012. Eau Efficience : Vers une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau en Méditerranée. Plan Bleu. Centre d'activités régionales du PNUE/PAM. Cahier 14, Novembre 2012, 44p.
  20. BNEDER (bureau national d'études pour le développement rural), 2010. Schéma directeur d'aménagement des zones de montagne - Monts de Béni Chougrane. Rapport 135 p.
  21. Bonnal J., 2002. Aspect sociologique des comportements humains en montagne. Colloque international sur la gestion intégrée des hauts bassins versants. Megève, septembre 2002.
  22. Bonnel M., 2004. How do we move from ideas to action? The role of the HELP. Programme International Journal of Water Resources Development, Vol 20, n° 3, pp 283-296, septembre 2004.
  23. Bontoux J. 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles eaux usées, eaux de boisson. Cebedoced., Liège, 169 p.
  24. Boualalem S., 2013. Eau et l'assainissement pour un développement durable. Master. Université Abou-Baker Belkaïd de Tlemcen.
  25. Bouchetata T. B., 2006. Analyse des agro-systèmes en zone tellienne et conception d'une base de données Mascara – Algérie. Thèse de Master of Science-n° 80, Institut agronomique méditerranéen de Montpellier ; 162 p.
  26. Boutayeb M. et Bouzidi A, 2013. Epuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc. Revue Nature & Technologie. C- Sciences de l'Environnement, n° 08/Janvier 2013 ; pp 49-53.
  27. BRLI/ENHYD, 2007. Etude de réaménagement hydro agricole des périmètres irrigués Habra et Sig. Rapport de synthèse. Direction des ressources en eau de Mascara. Mai 2007, 156p.
  28. Broggio C., 2002. La politique de la montagne en France : représentations, discours et montagne. Hérodote, n° 107, pp 147-158, 4ème trimestre 2002.
  29. Brüsweiler S., 2003. Gestion Intégrée des Ressources en Eau - La voie du développement durable. Info Ressources Focus, Vol 1, p 16, 2003.
  30. Chachoua M et Seddini A, 2013. Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie. Afrique Science 09 (3), ISSN 1813-548X. 2013; pp. 113 121.<http://www.afriquescience.info>
  31. Cherrared M, Chocat B, Benzerra A., 2007. Problematic and feasibility of sustainable development of urban sewerage in Algeria. Novatech. Session 2.1.295-302, pp. 297
  32. Chergui B., 1992. Bilan et perspective de l'arboriculture fruitière dans les monts de Bénichougrane. Thèse d'ingénieur d'état. Institut d'agronomie. Mascara.

33. Cheylan G., 1952. Eléments de Techno géologie des Barrages Algériens et de quelques ouvrages annexes-le projet de barrage sur l'oued El Taht- XIX. Congrès géologique international.
34. Courtois N., Giraud F., Guimares P.A., Petit V., Renda O., Rinaudo J. D., 2003. Un outil multimédia pour faciliter la concertation sur l'eau, appliqué à la moyenne vallée de l'Hérault (France). 20ième Conférence Régionale Européenne de la CIID : Irrigation et gestion concertée des conflits dans la région euro-méditerranéenne. Montpellier, 17 au 19 septembre 2003, AFEID, p 7.
35. David J., 1980. La montagne nord-alpine : espace rural, espace urbanisé ? La revue de géographie alpine, Vol 68, n° 4, 1980.
36. Dahmani, B. ; Hadjib F. ; Farouk Allal F. ; Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafina (N-W Algeria). Desalination 152, 2002, 113-124. [www.elsevier.com/locate/desal/desal](http://www.elsevier.com/locate/desal/desal).
37. De Marsily G., 2004. Quelques suggestions sur le thème « Gestion intégrée ». Colloque « Eau et Territoire ». ENGREF Paris, 14 octobre 2004.
38. De Vanssay B., 2003. Les représentations de l'eau. Colloque international sur l'Éthique et l'éducation des populations. Cogolin, juin 2003.
39. Debarbieux B., 2001. La montagne : un objet géographique ? In Veyret, Y. (Ed.) Les montagnes. Discours et enjeux géographiques. Paris, SEDES. pp 11-34.
40. Moumouni - Djermakoye M-H., 2005. Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat, université de Bamako, pp. 135
41. Dimova R, Olabimtan A., 2017. Does Access to Formal Finance Matter for Welfare and Inequality. Micro Level Evidence from Nigeria. Journal of Development Studies, pp.17.
42. Doerfliger N., Zwahlen F., Meylan B., 1997. Vulnérabilité des captages en milieu karstique. Nouvelle méthode de délimitation des zones de protection : la méthode multicritère EPIK. Gas, Wasser, Abwasser, Vol 77, n° 5, pp 295-302.
43. Donnadiou G., Durand D., Neel D., Nunez E., Saint-Paul L., 2003. L'approche systémique : de quoi s'agit-il ? Synthèse des travaux du Groupe AFSCET " Diffusion de la pensée systémique", pp 1-11
44. DREW (direction des ressources en eau de la wilaya), 2015. Etat de situation des études des ouvrages hydrauliques de mobilisation des eaux superficielles. Rapport périodique, décembre 2015.
45. Dumontier A., 2000. Processus de négociation pour la gestion de l'eau. Série Irrigation, Vol 6, p 30.
46. Durand M.-G., 1997. Un « système montagnard » réinventé. le développement durable dans les Alpes françaises ou la nouvelle gestion globale des territoires. Revue de la Géographie Alpine, Vol 85, n° 2, pp 157-172, juin 1997.
47. Durand Dastès F., 2005. A propos de la géographie de l'eau : temporalités et échelles spatiales. L'information géographique, Vol 69, n° 3, pp 66-84, septembre 2005.
48. Edouard J. - L., Vivian H., 1984. Une hydrologie naturelle dans les Alpes du Nord ? Les nouveaux paramètres de l'hydrologie alpine : les aménagements hydro-électriques. Revue de la Géographie Alpine, Vol 72, n° 2-4, pp 165-188, 1984.



49. EURL- T.A.D – CONSULT, 2010. Etude du plan d'aménagement du territoire wilaya de Mascara, Phase I : « Etat Des Lieux-Diagnostic Prospectif », Version finale.
50. EDYTEM, 2008. Karsts de montagne. Géomorphologie, patrimoine et ressources. Actes du colloque organisé à Sion le 15 septembre 2006. Collection EDYTEM, n° 7, 2008, 168 p.
51. FAO, 2006. The new generation of water management programmes and projects. Rome, FAO, 2006, 128 p.
52. FAO, 2003. Irrigation avec des eaux usées traitées, Manuel d'utilisation, FAO. 2003, 73p.
53. Faysse N., 2001. L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur le choix stratégique des agriculteurs, des petits périmètres irrigués tunisiens aux prélèvements en rivières dans le bassin de l'Adour. Thèse doctorat. Paris V. 265 pp.
54. Ghiotti S., Haghe J. P., 2004. Bassin versant et politique de décentralisation : une instrumentalisation? Cybergéo, p 5.
55. Gomella C., Guerree H., 1978. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : la collecte. Edition Arolles, Paris.
56. Ghiotti S., 2007. Les territoires de l'eau. Gestion et développement en France. CNRS Editions, Paris, Espaces et Milieux, 246 p.
57. Gaujous, D (1995). La pollution des milieux aquatiques, 2eme édition
58. Global Water Partnership, 2000. Integrated Water Management. Comité technique consultatif, Tac Background Paper n°4, Stockholm, 80 p.
59. Global Water Partnership, 2004. Catalyzing Change: a handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies. Stockholm, Elanders, 52 p.
60. Global Water Partnership, 2007. Tool Box: Institutionnal Setting of Water Institutions in Development, Enforcement and Implementation of Future Water Management Plans. 73 p.
61. Global Water Partnership, 2009. Betterwater resources management. Greater resilience today, more effective adaptation tomorrow.5thWorld Water Forum: perspectives on water and climate change adaptation. Istambul.
62. Gaye M et Niang S, 2002. Epuration extensive des eaux usées pour leur réutilisation dans l'agriculture urbaine : des technologies appropriées en zone sahélienne pour la lutte contre la pauvreté. ISSN 0850-8526. Etudes et recherches ; 2002.
63. Hamimed et al., 2014. Utilisation du modèle USLE pour la quantification spatialisée des pertes en sol par érosion hydrique dans le bassin versant d'oued Fergoug, Algérie. Coll. Dynamique hydrologique et géomorphologique des cours d'eau, At Université Aix-en Provence, Marseille, France.
64. Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli T., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie, Larhyss Journal. ISSN 1112-3680, n°19, pp. 51-62.
65. Heddad R., Nouriri I., Alshihabi O., Mabmann J., Huber M., Laghouane A., Yahiaoui H., Tarhouni J., 2013. A Decision Support System to Manage the Groundwater of the ZeussKoutine Aquifer Using the WEAP-Modflow Framework. Water Resources Management, Volume 27, Issue 7, pp 1981-2000.

66. Igbinsosa E. - O. ; Okoh A. - I., 2014. Impact of discharge wastewater effluents on the physicochemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6(2): 175-182.
67. Juif L., 1991. Hydrogéologie de la Haute Montagne. Approche du fonctionnement hydrodynamique des aquifères de Vanoise. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, Université de Franche Comté, Besançon, 258 p.
68. Joyce B., Vicuna S., Dale L., Dracup J., Hanemann M., Purkey D., Yates D., 2006. Climate Change Impacts on Water for Agriculture in California: A Case Study in the Sacramento Valley, California. Climate Change Center, Report CEC-500- 2005-194-SF.
69. Jabloun M., Sahli A., 2012. WEAP-MABIA tutorial: a collection of stand-alone chapters to aid in learning the WEAP-MABIA module. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany.
70. Laboulbene J.-M., 1927. Perrégaux le barrage de l'oued Fergoug, l'illustration N° 4423 du 10 décembre 1927, p 35-44.
71. Lasserre F., Descroix L., 2003. La gestion intégrée des ressources en eau par bassin : au-delà de la rhétorique. In *Eaux et territoires : tensions, coopérations et géopolitique de l'eau*. Paris, Harmattan. pp 221-239.
72. Le Guellec G., 2007. Caractérisation des hydrosystèmes Alpes internes et préalpes du Sud. In *Outils de gestion de l'eau en territoire de montagne*. Interreg IIIA Alcotra, ONEMA, PNR du Queyras. pp 84-92.
73. Le Page M., Berjamy B., Fakir Y., Bourgin F., Jarlan L., Abourida A., Benrhanem M., Jacob G., Hube M., Sghrer F., Simonneaux V., Chehbouni G., 2012. An Integrated SAD for Groundwater Management Based on Remote Sensing. The Case of a Semi-arid Aquifer in Morocco. *Water Resources Management*, Volume 26, Issue 11, pp 3209-3230.
74. Lévy J., Lussault M., 2003. Dictionnaire de lagéographie et de l'espace des sociétés. Belin, Paris, 1034 p.
75. Le projet financé par le Programme d'appui à la mise en œuvre de l'Accord d'association Algérie-Union-européenne : P3A-III, Référence jumelage DZ 13 ENPI EN 01 16 (DZ/29). Intitulé du jumelage Gouvernance et gestion intégrée des ressources en eau en Algérie, Secteur Environnement.
76. Malavoi J. R., 1989. Typologie des faciès d'écoulement ou unités morpho-dynamiques des cours d'eau à haute énergie. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, Vol 315, pp 189-210, 1989.
77. MATE (ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement), 2013. Etude relative à la caractérisation et à la délimitation de la zone de montagne –massif des Béni Chougrane. Rapport de la première phase. 210 pp.
78. Mara D., Pearson H. W. 1998. Design Manual for Waste stabilization ponds in Mediterranean countries. Lagoon Technology International Leeds. England. First published in 1998 by Lagoon Technology International Ltd. Newton House; Newton Road, Leeds LS7 4DN, England.
79. Maiga A. H, Konate Y, Wethe J, Denyigba K, Zoungrana D, 2007. Epuration des eaux usées domestiques par lagunage : performance d'une filière à trois bassins à

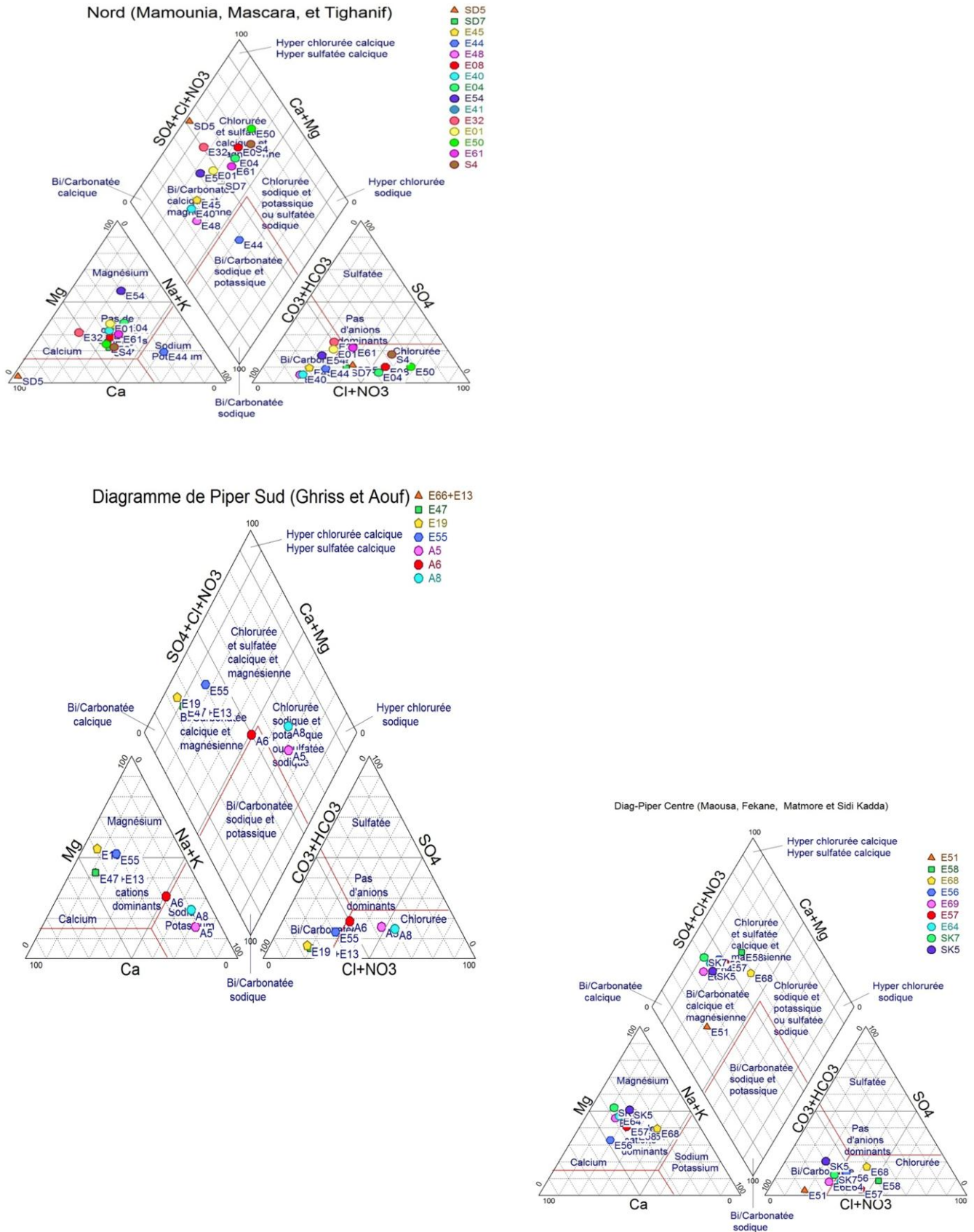
- microphytes en série étudié à Ouagadougou. Laboratoire de contrôle des pollutions et des procédés de traitement des eaux. LCP-Eau, 2iE ; 2007.
80. INSARDI M., 2007. Mesures de qualité en milieux montagnards méditerranéens. Préconisations et pratiques d'investigations. In Outils de gestion de l'eau en territoire de montagne. Interreg IIIA Alcotra, ONEMA, PNR du Queyras. pp 184-191.
  81. Mozas M. et Ghosn A., 2013. État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. Rapport Etude et Analyse - Institut de prospective économique du monde méditerranéen (Ipemed), 25 Octobre 2013, 27p.
  82. Marcelpoil E., Boudieres V., 2006. Gouvernance touristique des grandes stations et durabilité. Une lecture en termes de proximité. Développement Durable et Territoires. Dossier « proximité et environnement », p 20.
  83. Meissner S., Reller A., 2005. Pour une gestion durable des ressources en eau dans les Alpes. La revue de géographie alpine, Vol 93, n° 3, pp 5-29, septembre 2005.
  84. Mermet L., 1992. Stratégies pour la gestion de l'environnement. La nature comme jeu de société ? L'Harmattan, Coll. Environnement, Paris, 205 p.
  85. Messerli B., Ives J. D., 1997. Mountains of the World. A global priority. Parthenon Publishing, New-York, 496 p.
  86. Meyzenq C., Vivian R., 1980. Peut-on aménager en montagne sans connaître les contraintes dumilieu naturel ? La revue de géographie alpine, Vol 68, n° 1, pp 263-269, 1980.
  87. Muet P., Vier E., Cadilhac L., Marchet P., 2006. Procédures de protection des captages AEP en milieu karstique en France : bilan et préconisations. Cahiers de l'association scientifique européenne pour l'eau et la santé, Vol 11, n° 1, pp 41-47.
  88. Meddi M., Talia A., Martin C., 2009. Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (nord-ouest de l'Algérie). Physio-Géo.Vol.12.
  89. Messahel M., 2005. Efficiency of irrigation systems in Algeria: Communication as part of the 5th Social Science Research Day at Agro Sup Dijon.8-9 December 2011.France.
  90. Nouri I., 2015. Modélisation par WEAP de la gestion des ressources en eau et des usages du système Nebhana en Tunisie. Conférence Paper. Actes du colloque Eau Climat. Nov. 2015-Constantine. <https://www.researchgate.net/publication/286252692>.
  91. Ould Zaoui S., Snani S., Djebbar Y., 2010. Management of water resourcesat Souk-Ahras region (Algeria). Centre Universitaire de Souk-Ahras Algeria. Four teenth International Water Technology Conference. IWTC 14 2010. Cairo. Egypt. 599-608
  92. Paran F., 2005. Représentations territoriales pour la gestion équilibrée d'un patrimoine écologique et anthropique dans le domaine de l'eau. Thèse de doctorat en sciences et génie de l'environnement, Ecole Nationale Supérieure des Mines et Université Jean Monnet, Saint-Etienne, 190 p.
  93. Paloma E., Irene V., Consuelo B., Thomas E., 2015. A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. Science direct. Open access Elsevier. Ecological Economicspp 49–58.
  94. PAW (plan d'aménagement de la wilaya de Mascara), 2013. Etat des besoins socio-économiques. Phase IV, DPAT/ TAD-Consult. Rapport final, pp.156.

95. Potelon J L, Zysman, K.,1998. Le guide des analyses de l'eau potable. Édition naturelle.1998. p.249.
96. Plasmann G., 1998. Développement et gestion durables en milieu alpin. Le cas d'une ressource naturelle particulièrement sensible : l'eau karstique. Thèse de doctorat en géographie, Université de Joseph Fourier Grenoble, 371 p.
97. PNAE-DD (Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable) 2002. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
98. PNUD, 2009. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. Rapport national eau adaptation.
99. Point P., 1996. Les représentations sociales des milieux aquatiques : vers une approche opérationnelle pour la gestion et l'aménagement ? In L'eau en représentations : gestion des milieux aquatiques et représentations sociales. Anthony, Cemagref. pp 95-101.
100. Puech D., 1996. La prise de conscience du caractère patrimonial de l'eau, origine de nouvelles perspectives de gestion de cet élément naturel? In L'eau en représentations : gestion des milieux aquatiques et représentations sociales. Anthony : Cemagref. pp 73-94.
101. PDARE, 2013. Actualisation des outils des plans directeurs d'aménagement des ressources en eau (PDARE). 2013, rapport de synthèse, pp 129.
102. Piesse L., 1902. Guide JOANNE- itinéraire de l'Algérie : 1878 Site et monuments de de l'Algérie .
103. Rakotondrabe F., 2007. Study of the vulnerability of water resources to climate change, modeling by WEAP 21.Case of the Morondava watershed (south-west of Madagascar).Memory in hydrogeology. University of Antananarivo (Madagascar), pp 87.
104. RGA (recensement générale de l'agriculture), 2001. Rapport général des résultats définitifs. Publié par la DSASI/MADRP, juin 2003. Website : <http://www.fineprint.com>
105. RGPH (recensement général de la population et de l'habitat), 2008. Répartition de la population résidente des ménages ordinaires et collectifs. Rapport ONS/RADP, pp. 10.
106. Rodier J, Bazin C, Broutin J P Et Chambon L., 1996. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 8ème édition, Paris ; 1996. pp. 1384.
107. Roignant F., 2007. l'Eau en Méditerranée : usages et enjeux, synthèse technique. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), Centre de Montpellier, Février 2007, 16p.
108. Slim K, Saad Z, El-Samad O, Kazpard V, 2005. Caractérisation chimique et algologique des eaux superficielles de la rivière Oronte (Liban) dans un climat semi-aride. Revue Sécheresse. 2005. 16: 31-35.
109. Skoulikaris C., 2008. Mathematical modeling applied to the sustainable management of water resources projects at a river basin scale the case of the Mesta-Nestos'. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
110. SEI (Stockholm Environment Institute), 2008. WEAP (Water Evaluation and Planning).User Guide for WEAP21.Boston USA. Available from: [www.seib.org/weap](http://www.seib.org/weap).

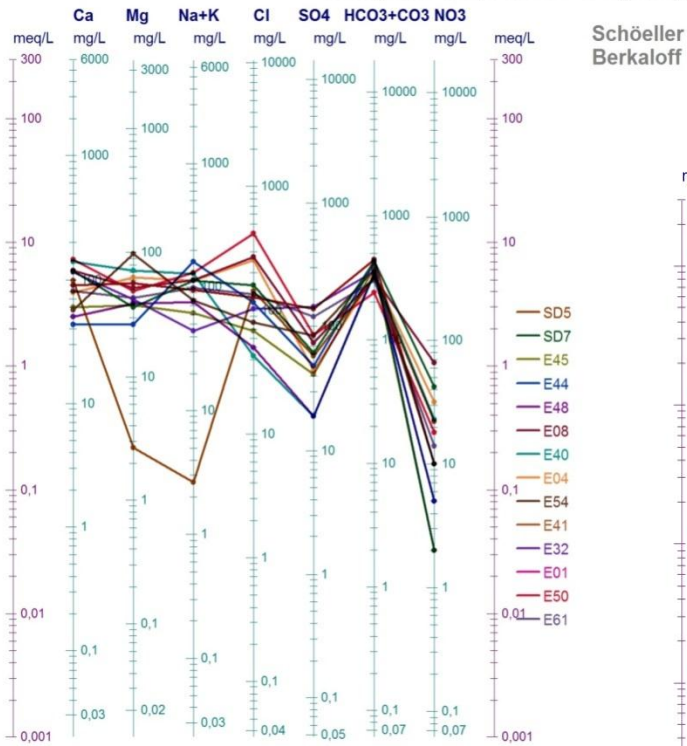
111. Sanches Fernandes, L.F., Terêncio, D.P.S., Pacheco, F.A. L., 2015. Rainwater harvesting systems for low demanding applications. *Science of the Total Environment*, v. 529, p. 91-100.
112. Talbi B., Souak F. - Z., 2016. Le management intégré des ressources en eau en Algérie : enjeux et contraintes. *International Journal of Economics & Strategic Management of Business Process (ESMB)* pp. 67-72. Copyright IPCO-2016.
113. T.A.D - CONSULT – Territoire. Aménagement. Développement, 2010. Etude relative à la caractérisation et à la délimitation des zones de montagne et du massif montagneux massif des Beni chougrane. Phase III : Avant-projet de qualification et de classement des zones.
114. Terêncio, D.P.S., Sanches Fernandes, L.F., Cortes, R.M.V., Pacheco, F.A. L., 2017. Improved framework model to allocate optimal rainwater harvesting sites in small watersheds for agro-forestry uses. *Journal of Hydrology* 550, 318-330.
115. Torre A., Zuindeau B., 2006. Proximité et environnement. *Développement Durable et Territoires*, Vol 7, [En ligne], 18 mai 2006.
116. UNESCO, 2006. L'eau, une responsabilité partagée. 2ème Rapport mondial des Nations Unies sur l'état des ressources en eau. 52 p.
117. Veyret Y., Bart F., Cassé-Castells M.- C., Debarbieux B., 2001. Les Montagnes, discours et enjeux géographiques. Sedes, Paris, Coll. « Dossiers des images économiques du Monde » n°28, 135 p.
118. Vitali D., 2003. Le bassin versant comme territoire des possibles. *Revue Méditerranée*, Vol 100, n° 1-2, pp 29-34.
119. Weber J., Betsch J. M., Cury P., 1990. A l'interface Hommes-Nature : les ressources renouvelables. Colloque « Recherche et Environnement ». Strasbourg, 24-25 septembre 1990, p 14.
120. Yates DN, Sieber J, Purkey DR, Huber-Lee A., 2005. WEAP 21: A demand, priority and preference-driven water planning model. *Model Characteristics. Water Int.* 30 487–500.
121. Zakari M., Chuan M., Issoufou A., 2011. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP). A Model to Assess Future Water Demands in the Niger River (Niger). *Applied Science. Center of Science and Education. Canada* Vol. 5. pp. 38-49
122. Zerkaoui L. et Benslimane M., 2015. Approche pour une gestion concertée et performante de la PMH en zone de montagne, cas de Béni Chougrane (Mascara). Com. colloque international : « Eau et Climat : Regards croisés Nord-Sud ». Constantine, 2015.

## ANNEXE

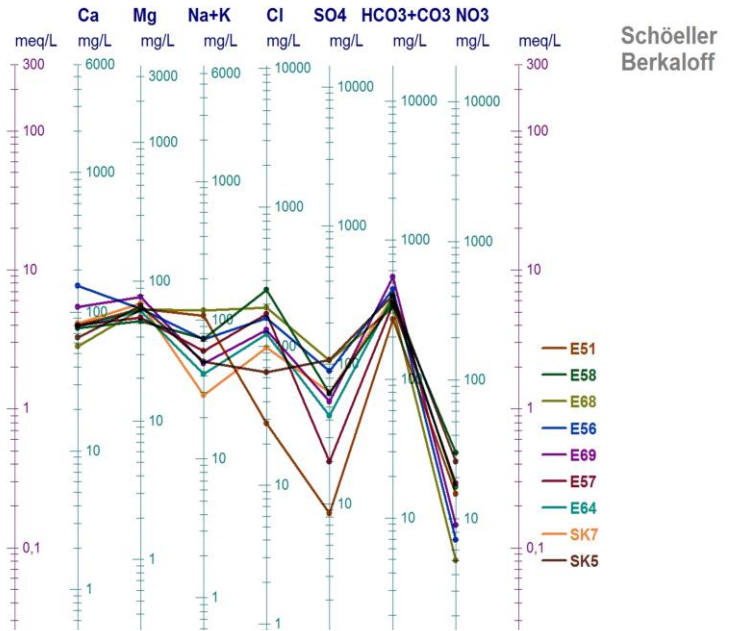
Figure A1 Qualité des eaux des Forages



Nord (Mamounia, Mascara et Tighanif)



Centre (Maousa, Ain Fekan, Matmore et Sidi Kadda)



Sud (Ghriss, Aouf)

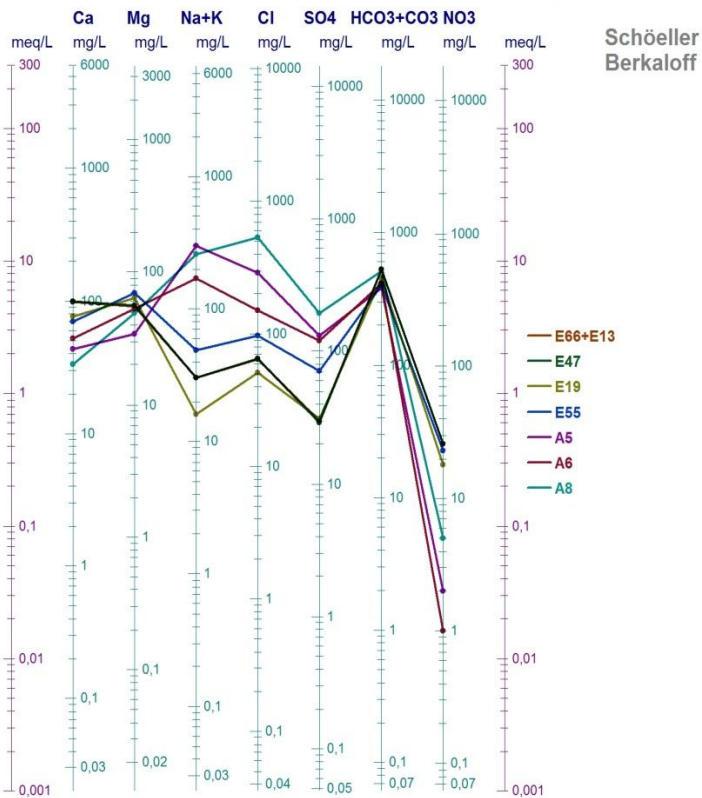


Figure A2 Classifications des eaux d'irrigation des Forages

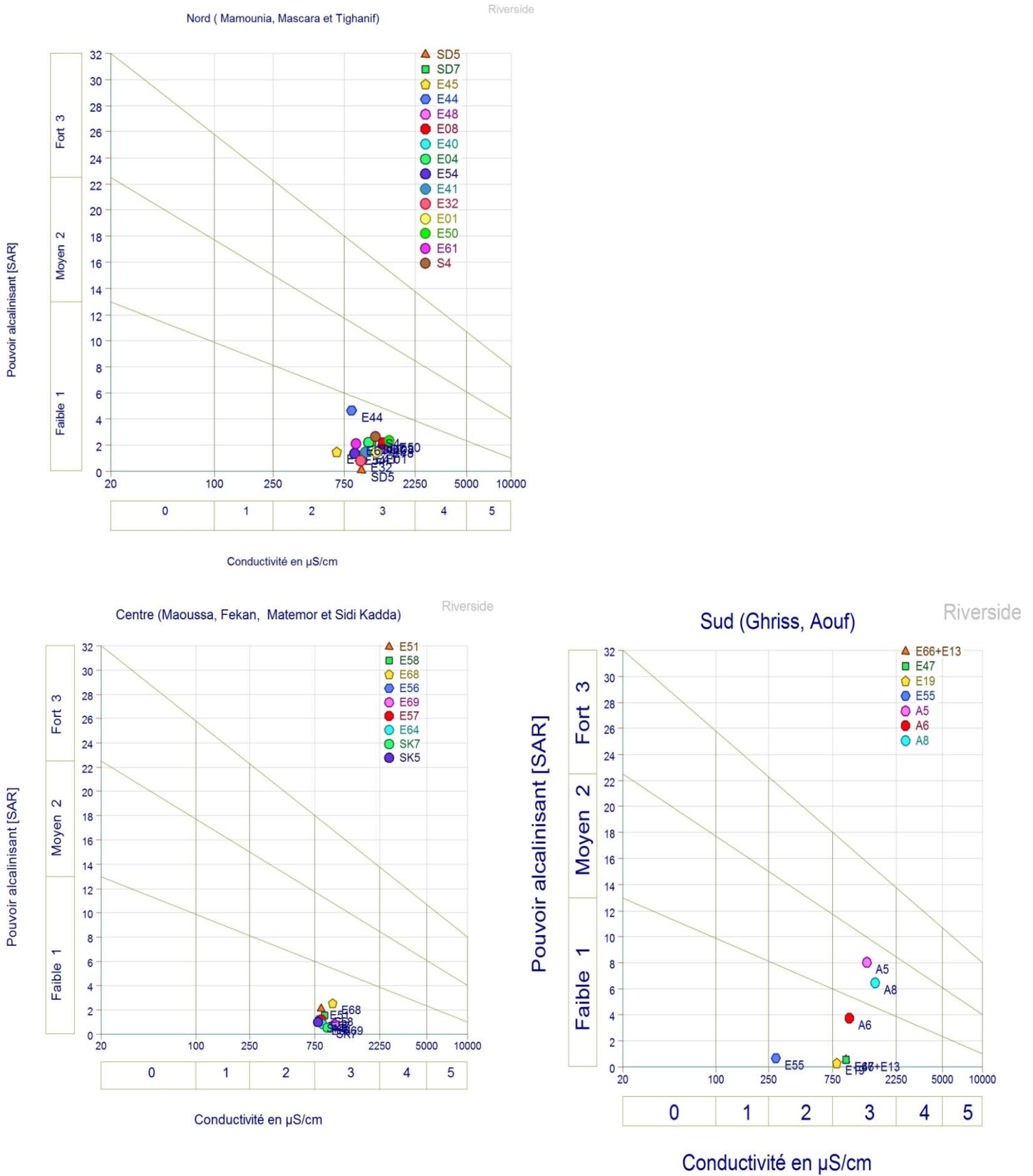




Tableau A3 des Grille de qualité de l'eau

Paramètres Classe	Classification			
	C <sub>1</sub> - Bonne	C <sub>2</sub> - Acceptable	C <sub>3</sub> - Mauvaise	C <sub>4</sub> -Très Mauvaise
Ph	6.5-8.5	6.5-8.5	8.5-9.0	>9.0 et <6.5
O <sub>2</sub> diss %	100-90	90-50	50-30	<30
NH <sub>4</sub>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO <sub>3</sub>	0-10	10-20	20-40	>40
NO <sub>2</sub>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
PO <sub>4</sub>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
DBO <sub>5</sub>	5	5-10	10-15	>15
DCO	20	20-40	40-50	>50
MO	5	5-10	10-15	>15
RS	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

## Différentes classes de qualité :

- C<sub>1</sub> : Bonne qualité, utilisable sans exigence particulière.
- C<sub>2</sub> : Qualité moyenne, nécessite un traitement simple.
- C<sub>3</sub> : Mauvaise qualité, nécessite un traitement poussé.
- C<sub>4</sub> : Trèsmauvaise qualité, nécessite un traitement très poussé.

Figure A4 Qualité des eaux des barrages (Bouhanifia, Fergoug, Cheurfas).

Diagramme de Piper des Barrages période hivernale

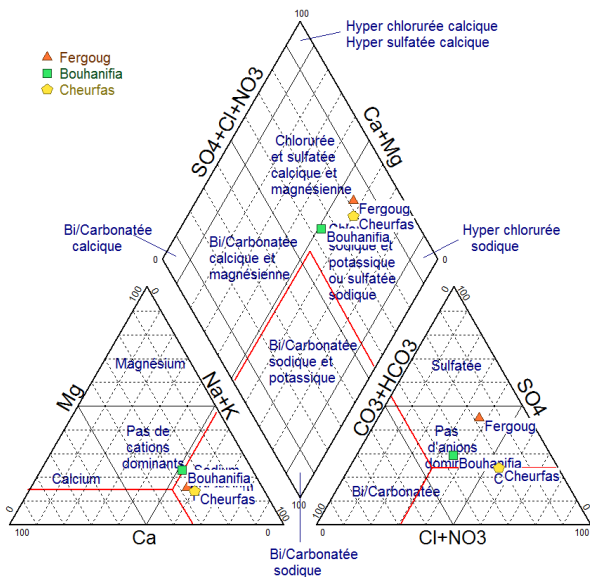
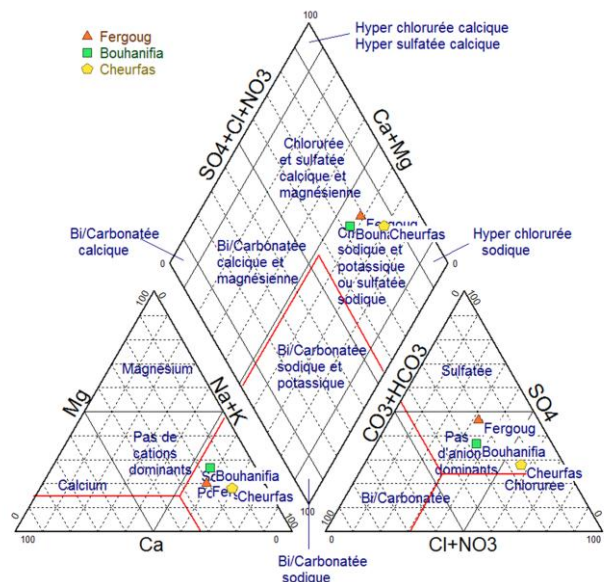


Diagramme de Piper des barrages période estivale



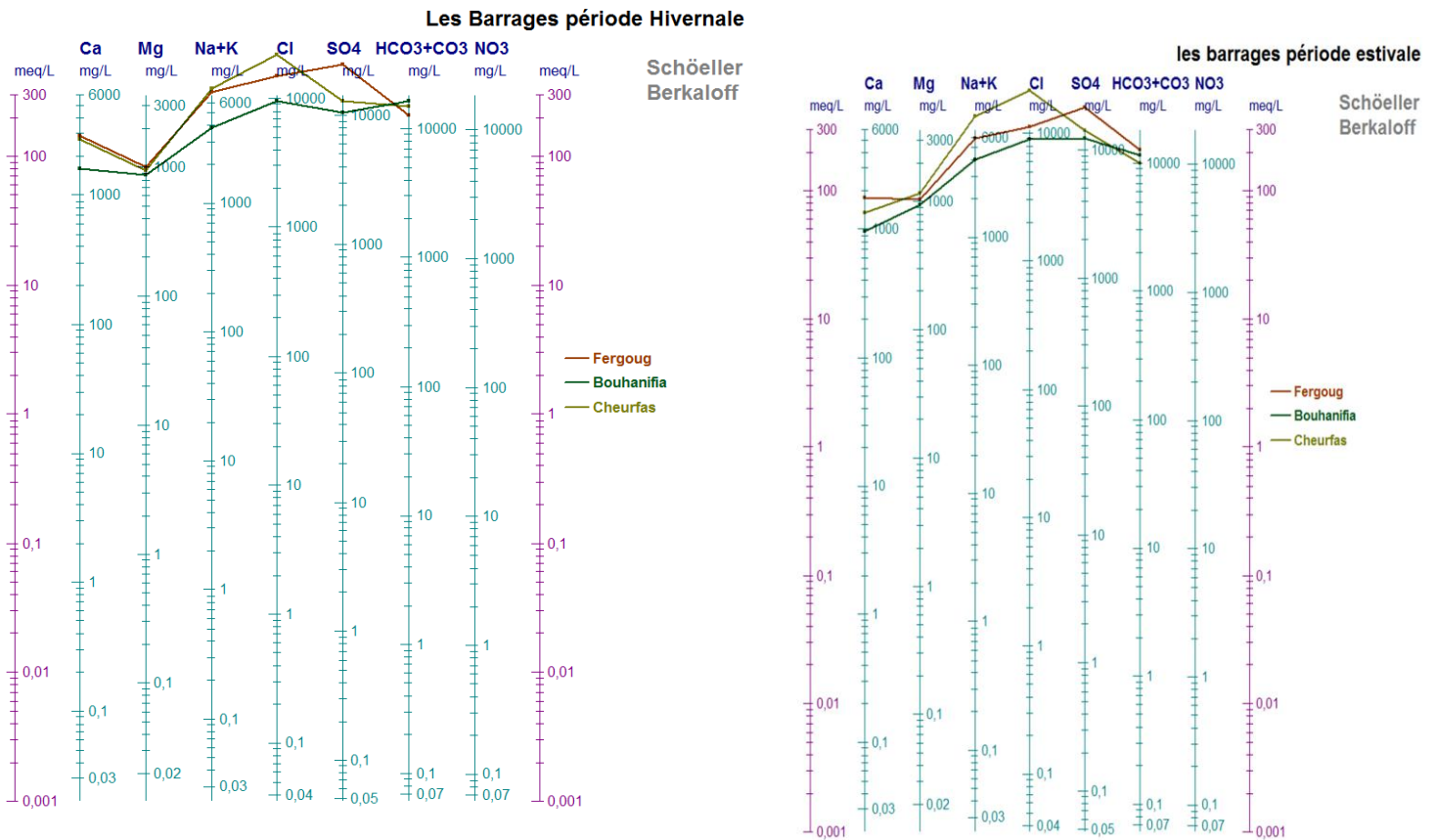
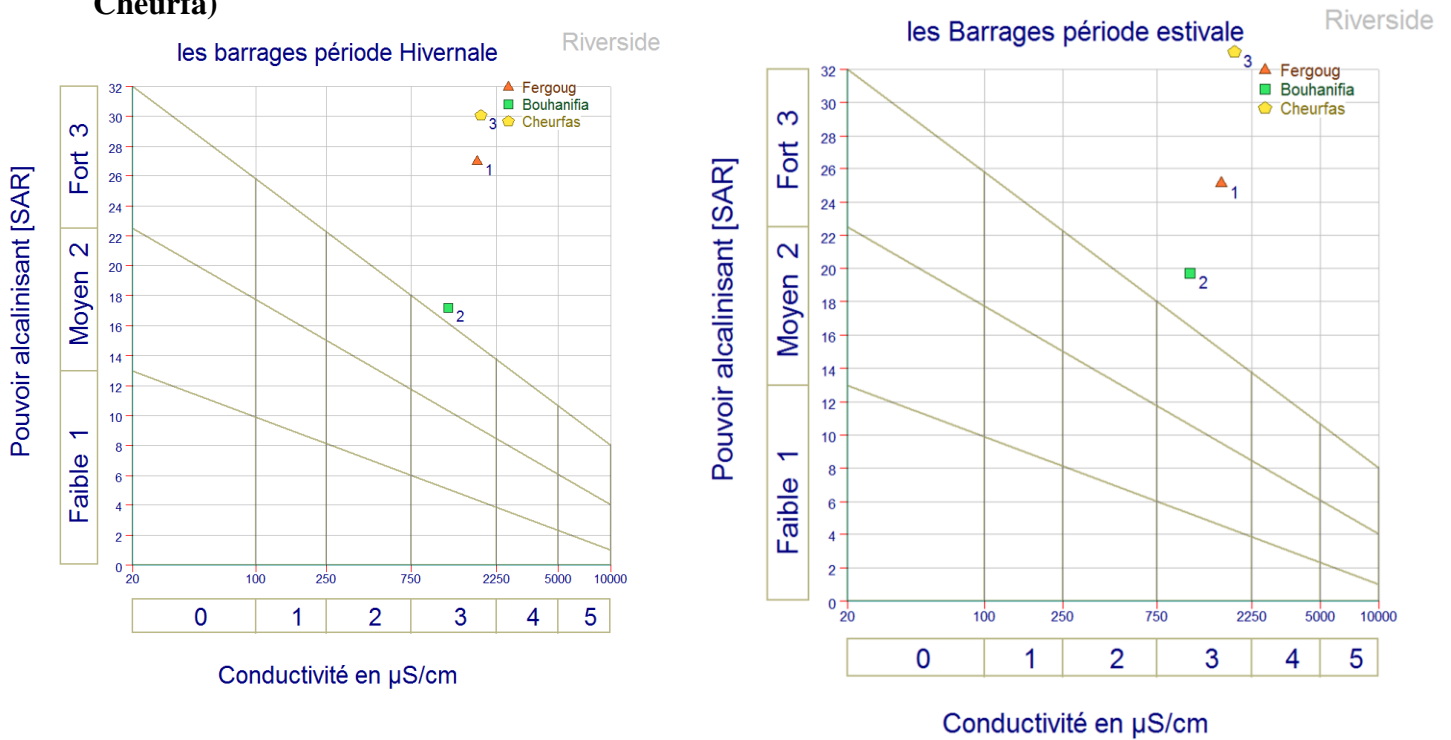


Figure A5 Classifications des eaux d'irrigation des barrages (Bouhanifia, Fergoug, Cheurfa)



**Tableau A6 Questionnaire d'enquête**

<b>Localisation :</b> ..... <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commune : .....</li> <li>• Bassin versant : .....</li> <li>• Sous-bassin : .....</li> <li>• Oued : .....</li> </ul> Date de réception provisoire : ..... Début d'exploitation : .....		<b>Caractéristiques du bassin versant</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie ..... Km<sup>2</sup></li> <li>• Pluviométrie ..... mm/an</li> <li>• Couvert végétal : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Abondant</li> <li><input type="checkbox"/> Moyen</li> <li><input type="checkbox"/> Absent</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Etat actuel de la retenue :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Bon</li> <li><input type="checkbox"/> Moyen</li> <li><input type="checkbox"/> Mauvais</li> </ul>		<b>Capacité de la retenue :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• .....m<sup>3</sup></li> </ul>	
<b>Utilisation actuelle de la retenue :</b> Irrigation Abrèvements des cheptels Autres usages			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie irrigable : .....Ha <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>• Superficie irriguée : .....Ha</li> <li>• Cultures pratiquées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maraichère ..... ha</li> <li>- Arboriculture .....ha</li> <li>- Céréaliculture .....ha</li> </ul> </li> <li>• Position du périmètre par rapport à la retenue : Amont Aval</li> <li>• Etat actuel du périmètre : Bon Moyen Mauvais <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>• Nombre d'irrigants-utilisateurs de cet ouvrage : ..... irrigants <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>			
<b>Gestion de la retenue :</b> préciser le mode de gestion			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Association des irrigants <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> on actif <input type="checkbox"/></li> <li>• Coopérative des irrigants <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> non actif <input type="checkbox"/></li> <li>• Autres (à préciser) <input type="checkbox"/></li> <li>• Actif non actif <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>			
<b>Mode d'irrigation :</b>			
Collectif <input type="checkbox"/> individuel <input type="checkbox"/>			
<b>Entretien de la retenue de la retenue :</b>			
Entretien périodique <input type="checkbox"/> Aucun entretien Si elle nécessite une réhabilitation Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>			
<b>-L'emplacement de la retenue est-il dans un bon endroit ?</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
<b>- La retenue participe-t-elle au développement rural ?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Création d'emplois</li> <li><input type="checkbox"/> Développement agricole par l'irrigation</li> <li><input type="checkbox"/> Développement richesse animal</li> <li><input type="checkbox"/> Néant</li> <li><input type="checkbox"/> Autres</li> </ul>			
<b>-La réalisation de la retenue fait-elle une dynamique dans la zone montagne ?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Production agricole</li> <li><input type="checkbox"/> Production animal</li> <li><input type="checkbox"/> Autres usages</li> </ul>			
<b>-L'origine des terres agricoles</b>			
EAC.....ha EAI.....ha Privé.....ha			

**-Le nombre des irrigants?** Nbre.....**-Quel est le nombre d'emploi crée?**

- aucun  
 1-2 ouvriers  
 3-5 ouvriers  
 >5 ouvriers

**- Qu'elle est le mode de gestion de la retenue ?**

- Association des irrigants  
 Coopérative des irrigants  
 Autres (à préciser)

**- Quels sont les contraintes techniques et fonctionnalité des ouvrages hydrauliques**

- Entretien des ouvrages (vanne, vidange de fond, digue, ouvrage de prise)  
 Dévasement et Curage de la cuvette  
 autres

**- Les parcelles à irriguer sont-elles équipées?**

- Equipé  
 Equipé partiellement  
 Non équipé

**- Si non comment vous irriguez?**

- Par pompage collectif  
 Par pompage individuel  
 Par citerne  
 Autres (à préciser)

**- Quelle est le système d'irrigation pratiqué ?**

- Gravitaire  
 Aspersion  
 Goutte à goutte  
 Autres (à préciser)

**- localisation des parcelles par rapport à la retenue collinaire :**

à l'amont       à l'aval       à l'amont et à l'aval

**- laMéthode d'irrigation est-elle basée sur un programme de tour d'eau ?**

Oui       non

**Si non comment font-ils l'irrigation ou le prélèvement ?**

.....

**-Quantité de l'eau prélevée est-elle la même pour tous les irrigants ? expliquer ?**

.....

**Si non pourquoi ?**

- Problème de pauvreté  
 Problème des moyens  
 Problème pouvoir

**-Quelles sont les cultures pratiquées dans la zone?**

- Culture maraichère.....HA  
 Arboriculture .....HA  
 Céréaliculture.....HA

**- Quelles sont les cultures irriguées par la retenue collinaire?**

- Culture maraichère.....HA  
 Arboriculture .....HA  
 Céréaliculture.....HA

**- Quels sont les problèmes rencontrés ?**

- La pente  
 Nature du sol  
 Culture pratiqué  
 Couvert végétal

Autres.....

**- Quel est l'origine ou la provenance des apports solides de la retenue ?**

- Terres agricoles à l'amont de l'ouvrage  
 Les apports solides par les ravinements du bassin versant  
 Autres

**-La dégradation des terres agricoles est dû aux:**

- Dégradation de couvert végétal dans le bassin versant,  
 Pratique agricole du sol,  
 Travail mécanique du sol,  
 Surpâturage,  
 Exploitation excessive et anarchique de ressources forestières dans bassin versant,  
 Manque de la protection contre l'érosion hydrique,  
 Autres,

**-Quelles sont les conséquences de la dégradation du sol à l'amont de l'ouvrage**

- l'envasement de l'ouvrage  
 Dégradation de la couche arable des terres agricoles  
 lessivage des éléments nutritifs du sol  
 Contamination d'eau par les éléments dissous dans l'eau  
 Déperdition de la ressource  
 Autres

**-Ya-t-il des aménagements nécessaires de lutte contre l'érosion ?**

- Reboisement  
 Réalisation des gabionnages et banquettes  
 Investissement par des agriculteurs pour la protection des terres arables  
 Autres

**- Identification des problèmes et proposition de solution de remède dans l'immédiat.**

1.....

**Solution**.....

2.....

**Solution**.....

3.....

**Solution**.....