

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
وزارة التعلیم العالی والبحث العلمی  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -  
Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En** : Hydraulique

**Spécialité** : Hydraulique Urbaine

Par :

**BADRAOUI Abderrahim**

**TIAR Sidi Mohamed**

**Sujet**

**Apport du modèle WEAP dans l'étude prospective de la balance offre/demande en eau dans le bassin versant de la Tafna**

Soutenu publiquement, le 29 / 06 / 2019 devant le jury composé de :

Mme. BENSAOULA FOUZIA

Présidente

Mr. BOUANANI ABDERRAZEK

Examineur

Mr. BOUCHELKIA HAMID

Examineur

Mr. BESSEDIK MADANI

Encadreur

Mme. BOUKLI HACENE CHERIFA

Co-encadreur

Promotion : 2018 - 2019

*« S'il y a la soif, c'est qu'il y a de l'eau »*

***Bhagavad-Gîtā***

## *Dédicace*

*À*

*La mémoire de ma mère.*

*Et en signe de respect et de reconnaissance, je dédie  
ce modeste travail*

*À*

*Ma famille : cher père, mes chers frères et sœurs et  
mon cher petit neveu Islam ;*

*Mes amis qui me soutiennent toujours.*

*Abderrahim. B*

## *Dédicace*

*En signe de respect et de reconnaissance, je dédie ce  
modeste travail*

*À*

*Mes parents : ma très chère mère, mon très cher  
père ;*

*A ma chère sœur Wafaâ, mes deux chers frères  
Bachir et Abdelhak et mon cher petit neveu adorable  
Abderrahmane*

*A toute la famille TIAR et HASSANI.*

*Mes derniers remerciements, et ce ne sont pas les  
moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près  
ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

*Sidi Mohamed. T*

## *Remerciements*

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nous remercions nos parents qui nous ont soutenus et encouragés  
dans nos vies

Nous exprimons toutes nos reconnaissances et gratitudee à nos encadreurs Monsieur *BESSEDIK MADANI* et Madame *BOUKLI HACEN CHERIFA* pour l'aide compétente qu'ils nous ont apporté, pour leurs patiences et leurs encouragements.

Nous remercions nos examinateurs Madame *BENSAOULA FOUZIA*, Monsieur *BOUANANI ABDERRAZAK* et Monsieur *BOUCHELKIA HAMID*, aussi tous nos enseignants du département d'Hydraulique et tous les enseignants qui ont participé à notre formation depuis la première année primaire.

Tous nos remerciements vont également aux cadres et personnels des services *ADE, DRE, ABH, ONA, ANRH* et *DSA*.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

## *Résumé*

Notre travail a trait à l'étude prospective de l'offre et de la demande en eau dans le bassin versant de la Tafna. Ce dernier, situé dans le Nord-Ouest algérien, a une superficie de 7250 km<sup>2</sup> et bénéficie d'un climat semi-aride avec des potentialités en eau annuelles de l'ordre de 355 Hm<sup>3</sup>. Néanmoins, la situation hydrique dans ce bassin est face à des contraintes liées à la croissance démographique et la concurrence accrue entre les usagers et les changements climatiques. Ce qui impose de prédire l'état futur de la mobilisation et de l'utilisation de la ressource en eau de plus en plus contraignant.

A ce titre, une confrontation Offre/Demande en eau future à l'aide du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System) est adoptée pour tenter de remédier aux problèmes d'approvisionnement et de demande en eau à des horizons de planification à long terme (2050) dans le bassin de la Tafna, selon les projections de gestion de la demande et fournir un modèle intégré de l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau.

Les résultats obtenus sont très intéressants et peuvent constituer un système d'aide à la décision pour une gestion efficace de la ressource en eau dans ledit bassin.

**Mots Clés :**

Gestion intégrée, bassin de la Tafna, ressources en eau, gestion de la demande, Offre, demande, modélisation, modèle WEAP.

### ***Abstract***

Our work relates to the prospective study of water supply and demand in the Tafna catchment area. The latter, located in north-western of Algeria, has an area of 7250 km<sup>2</sup> and enjoys a semi-arid climate with annual water potential of around 355 Hm<sup>3</sup>. Nevertheless, the water situation in this basin is facing constraints related to population growth and increased competition between users and climate change. This requires predicting the future state of mobilization and use of the increasingly constraining water resource.

As such, a future water supply/demand confrontation using the WEAP model (Water Evaluation and Planning System) is adopted to try to address water supply and demand issues at long-term planning horizons (2050) in the Tafna basin, based on demand management projections and provide an integrated model for optimising water resource use.

The results obtained are very interesting and can constitute a decision support system for the efficient management of water resources in the said basin.

#### **Keywords:**

Integrated management, Tafna basin, water resources, demand management, supply, demand, modelling, WEAP model.

### ملخص

يتعلق عملنا بدراسة تنبؤية لإمدادات المياه والطلب عليها في حوض تافنة. يقع هذا الأخير في شمال غرب الجزائر، وتبلغ مساحته 7250 كيلومتراً مربعاً، ويتمتع بمناخ شبه جاف مع إمكانيات مائية سنوية تبلغ حوالي 355 مليون متر مكعب.

ومع ذلك، تواجه حالة المياه في هذا الحوض قيوداً تتعلق بالنمو السكاني وزيادة التنافس بين المستخدمين وتغير المناخ وهذا يتطلب التنبؤ بالحالة المستقبلية لتعبئة الموارد المائية واستخدامها بشكل متزايد.

على هذا النحو، تم تبني مواجهة مستقبلية لتأمين الطلب على المياه باستخدام نموذج WEAP (نظام تقييم وتخطيط المياه) في محاولة لمعالجة مشكلات العرض والطلب على المياه عبر آفاق التخطيط على المدى الطويل (2050) في حوض تافنة، وفقاً لتوقعات إدارة الطلب وتوفير نموذج متكامل لتحسين استخدام الموارد المائية.

تعتبر النتائج التي تم الحصول عليها نتائج جد مهمة والتي يمكن أن تشكل دعماً لاتخاذ القرارات من أجل تحقيق إدارة فعالة للموارد المائية في الحوض المذكور..

#### الكلمات المفتاحية:

الإدارة المتكاملة، حوض تافنة، موارد المياه، تسيير الطلب، العرض، الطلب، نموذج WEAP.

**TABLE DES MATIERES**

**Liste des Figures ..... vii**

**Liste des Tableaux .....xii**

**Liste des abréviations .....xiv**

**INTRODUCTION GÉNÉRALE..... 1**

**Chapitre I Présentation de la zone d'étude**

I.1 Introduction ..... 4

I.2 Contexte géographique..... 4

I.2.1 Position géographique ..... 4

I.2.1 Plan administratif..... 5

- La haute Tafna..... 6
- La moyenne Tafna..... 7
- la basse Tafna ..... 7

I.3 Morphologie ..... 7

I.3.1 Paramètres de forme ..... 8

- I.3.1.1 Coefficient de compacité..... 8
- I.3.1.2 Rectangle équivalent ..... 8
- I.3.1.3 L'altitude ..... 9
- I.3.1.4 La pente ..... 9

CARACTÉRISTIQUES DU RELIEF ..... 11

I.4 Géologie du bassin..... 12

- a) Le primaire ..... 14

## *Table des Matières*

---

b) Le secondaire.....	14
c) Le tertiaire.....	14
d) Le plio-quaternaire .....	15
I.5 Hydro-climatologie du bassin .....	16
I.5.1 Pluviométrie du bassin.....	16
I.5.1.1 Précipitations annuelles .....	16
I.5.1.2 Précipitations mensuelles .....	18
I.5.1.3 Précipitations saisonnières .....	19
I.5.2 Températures .....	19
I.5.3 Etude hydrométrique .....	21
I.5.3.1 Débits annuels .....	22
I.5.3.2 Débits moyens mensuels .....	23
I.5.4 Evaporation potentielle et bilan hydrologique.....	23
I.5.5 Indice d'aridité annuel de De Martonne .....	25
I.6 Hydrographie.....	25
I.6.1 Réseau hydrographique .....	25
I.6.2 Sous-bassins.....	26
I.7 Sol et végétation .....	27
I.8 Ressources en eau dans la Tafna .....	29
I.8.1 Ressources conventionnelles .....	29
I.8.1.1 Ressources souterraines.....	29
I.8.1.2 Ressources superficielles.....	31
I.8.2 Ressources non conventionnelles .....	32
I.8.2.1 Dessalement de l'eau de mer .....	32
I.8.2.2 Epuration des eaux usées.....	33

## *Table des Matières*

---

I.8.3 Bilan hydrique .....	34
I.8.4 Transferts entrants et sortants dans le bassin de la Tafna .....	34
I.9 Calcul des besoins en eau .....	35
I.9.1 Besoins domestique .....	36
I.9.1.1 Aperçu sur la population.....	36
I.9.1.2 Calcul des besoins .....	36
I.9.2 Besoins agricole.....	38
I.9.3 Besoins industriels .....	40
I.10 Conclusion.....	42

## **Chapitre II La modélisation et la gestion des ressources en eau**

II.1. Introduction.....	44
II.2. Les outils numériques d'aide à la prise de décision .....	44
II.2.1. Modèles mathématiques .....	44
II.2.2. Systèmes d'informations géographiques (SIG) .....	45
II.2.3. Systèmes experts (SE).....	46
II.2.4. Systèmes d'aide à la prise de décision (SAD) .....	46
II.3. Utilisation opérationnelle des technologies numériques.....	47
II.3.1. Contraintes technologiques .....	48
II.3.2. Contraintes liées aux données .....	48
II.3.3. Contraintes organisationnelles et humaines .....	49
II.4. Démarche souhaitée pour faciliter l'utilisation des technologies numériques dans la prise de décision .....	49
II.5. Exemples des différentes modèles hydrologiques et de la gestion des ressources en eau	

## Table des Matières

---

.....	51
II.5.1. Le modèle SWAT.....	51
II.5.1.1. Présentation du Modèle.....	51
II.5.1.1. Application du modèle.....	52
II.5.2. Mike Basin.....	53
II.5.2.1. Description.....	53
II.5.2.2. Applications de ce logiciel :.....	53
II.5.2.3. Avantages de Mike Basin.....	54
II.5.3. MULINO.....	55
II.5.4. HyD2002.....	57
II.5.4.1 Caractéristiques techniques.....	57
II.5.5 STRATEAU.....	58
II.5.5.1 Description.....	58
II.5.5.2 Principales fonctionnalités.....	60
II.5.5.3 L'exception de STRATEAU.....	60
II.5.6 DSS pour la planification des ressources en eau basée sur l'équilibre environnemental .....	61
II.5.6.1 Description.....	61
II.5.6.2 Structure du modèle DSS.....	62
II.5.7 Le Système d'évaluation et de planification des ressources en eau (WEAP).....	62
II.5.7.1 Description du logiciel.....	63
II.5.7.2 Principaux objectifs du logiciel.....	63
II.5.7.3 Acquisition du logiciel.....	64
II.5.7.4 L'approche WEAP.....	65
II.5.7.5 Structure du Logiciel.....	66

## Table des Matières

---

II.5.7.6 Fonctionnement du modèle WEAP .....	72
II.5.7.7 Données nécessaires.....	75
II.5 Choix du modèle .....	76
II.6 Conclusion .....	77

## **Chapitre III Implémentation du modèle WEAP dan le bassin de la Tafna**

III.1 Introduction .....	79
III.2 Acquisition de la licence du logiciel WEAP 21 .....	79
III.3 Collecte des données .....	80
III.4 Configuration du modèle WEAP .....	81
III.4.1 Cartographie de la zone d'étude .....	81
III.4.2 Réglage des paramètres généraux.....	83
III.4.3 Création des hypothèses clés et références .....	85
III.5 Création des sites de demande .....	85
III.5.1 Offre domestiques.....	86
III.5.2 Offre Agricole.....	89
III.5.3 Offre Industrielle .....	91
III.5.4 Variation mensuelle de la consommation de l'eau .....	92
III.6 Distribution des ressources .....	92
III.7 Priorités d'approvisionnement .....	93
III.8 Calibrage du modèle .....	93
III.9 Création et analyse des scénarios .....	95
III.9.1 Création de scénario de référence.....	95

## *Table des Matières*

---

III.9.2 Les résultats du scenario de référence .....	96
III.9.3 Scénarios alternatifs proposés.....	103
III.9.4 Combinaison des scénarios.....	112
III.10 Conclusion .....	115
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>116</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>118</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>128</b>

# *Liste des Figures*

## **Chapitre I Présentation de la zone d'étude**

Figure I. 1 : La Tafna Dans L'ensemble De L'oranie Chott-Chergui .....	5
Figure I. 2 : La Tafna Parmi Les Bassins De L'algerie .....	5
Figure I. 3 : Geographie De La Zone D'etude Et Les Communes Drainees. ....	6
Figure I. 4 : Carte Des Pentes Du Bassin Versant De La Tafna (Extrait Du Paw Tlemcen, 2000) .....	10
Figure I. 5 : Colonne Litho-Stratigraphique Des Monts De Tlemcen Et De Daïa .....	13
Figure I. 6 : Carte Geologique Du Bassin Versant De La Tafna .....	15
Figure I. 7 : Precipitations Annuelles Moyennes 1982 A 2012. ....	17
Figure I. 8 : Carte Des Pluies Moyennes Interannuelles (mm) Du Bassin De La Tafna. ....	17
Figure I. 9 : Precipitations Moyennes Mensuelles 1982 à 2012. ....	18
Figure I. 10 : Precipitations Moyennes Saisonnières 1982 à 2012. ....	19
Figure I. 11 : Temperatures Moyennes Annuelles Des 7 Stations Représentatives Du Bassin Et Temperatures Moyennes Mensuelles De L'ensemble Du Bassin.. ....	20
Figure I. 12 : Variation De La Temperature Moyenne Mensuelle Pour Les 12 Stations.....	20
Figure I. 13 : Les Principales Stations Hydrometriques Du Bassin .. ....	22
Figure I. 14 : Variations Des Debits Annuels Pour Les Differentes Stations (1987-2012). ....	22
Figure I. 15 : Variation Du Debit Mensuel Par Station.....	23
Figure I. 16 : Evaporation Potentielle Moyenne Mensuelle (mm).....	24
Figure I. 17 : Le Reseau Hydrographique Du Bassin De La Tafna . ....	26
Figure I. 18 : Sous-Bassins De La Tafna . ....	27
Figure I. 19 : Carte Des Types De Sols Dans La Tafna . ....	28
Figure I. 20 : Carte D'occupation Du Sol De La Zone D'etude Extraite De La Carte De L'algerie. ....	29
Figure I. 21 : Systeme Aquifere De La Tafna .....	30
Figure I. 22 : Situation Geographique Des Barrages De La Tafna. ....	31
Figure I. 23 : Bilan Hydrique Des Ressources En Eau Dans La Tafna.....	34
Figure I. 24 : Transferts Entrants Et Sortants Dans Le Bassin De La Tafna. ....	35

## **Chapitre II La Modélisation et la gestion des ressources en eau**

Figure II. 1 : Etapes De L'établissement D'un SAD.....	47
Figure II. 2 : Aperçus Du Modele Arcview SWAT .....	51
Figure II. 3 : Representation Simplifiee Du Modele SWAT. Les Fleches Indiquent Les Mouvements D'eau. Les Caracteres En Italique Sont Quelques Parametres Du Modele .....	52
Figure II. 4 : Interface MikeBasin - Exemple De Vue Schematique ..	54
Figure II. 5 : Processus De Prise De Decision Au Sein Du Systeme Mulino-DSS .....	56
Figure II. 6 : Interface Hyd 2002 - Exemple De Vue Schematique ..	57
Figure II. 7 : Le Processus De Gestion Des Ressources En Eau Par Le Hyd2002 ..	58
Figure II. 8 : Exemple De Vue Schematique De L'outil STRATEAU.....	59
Figure II. 9 : Schema Methodologique Global De STRATEAU ..	60
Figure II. 10 : Exemple De Vue Schematique Du DSS ..	61
Figure II. 11 : Le Logo Officiel Du Logiciel WEAP .....	63
Figure II. 12 : Organigramme Pluie-Debit Dans Le Modele WEAP .....	66
Figure II. 13 : Les Cinq Affichages Du Modele WEAP .....	67
Figure II. 14 : Fenetre Cartographie WEAP .....	67
Figure II. 15 : Fenetre Basse De Donnees.....	69
Figure II. 16 : Fenetre Schema Synoptique Dans WEAP ..	71
Figure II. 17 : Fenetre Notes Dans WEAP.....	72
Figure II. 18 : Organigramme Du Fonctionnement Du Logiciel..	74

## **Chapitre III Implémentation du modèle WEAP dan le bassin de la Tafna**

Figure III. 1: License WEAP acquise pour l'étude. ....	80
Figure III. 2: Carte du monde et choix de la zone d'étude dans le WEAP. ....	82

## *Liste des Figures*

---

Figure III. 3: Création de nouveau projet dans le WEAP. ....	82
Figure III. 4: Paramétrage des années et pas du temps. ....	83
Figure III. 5: Carte du bassin du de la Tafna avec le système étudié sous le WEAP.....	84
Figure III. 6: les hypothèses clés utilisées.....	85
Figure III. 7: évolution du nombre d'habitant pour les sites de demande dans la Tafna - scenario de référence (2017-2050) -.....	86
Figure III. 8: Les dotations réelles domestiques dans le compte actuel 2017.....	89
Figure III. 9: les dotations moyennes agricoles (2017).....	90
Figure III. 10: l'évolution des aires irriguées -scenario de référence (2017-2050).....	91
Figure III. 11: dotation moyenne industrielle (2017).....	91
Figure III. 12: Variation mensuelle de la consommation.....	92
Figure III. 13: Débits entrants à partir des sources dans le bassin du de la Tafna(2017).....	93
Figure III. 14: Flux entrant et sortant des ressources en eau de la Tafna.....	94
Figure III. 15: Création de scenario de référence.....	95
Figure III. 16: Demande en eau annuelle des sites de demande (domestique + équipements) dans le scenario de référence (2017-2050).....	96
Figure III. 17: Demande en eau annuelle du site de demande industriel dans le scenario de référence (2017-2050). ....	97
Figure III. 18: Demande en eau annuelle des sites de demande agricole dans le scenario de référence (2017-2050). ....	97
Figure III. 19: Demande en eau annuelle global pour des années différentes dans le scenario de référence (2017-2050). ....	98
Figure III. 20: Demande en eau annuelle globale dans le scenario de référence (2017-2050).	98

## Liste des Figures

---

Figure III. 21: Demande en eau pour tous les sites de demande et le taux de d'évolution en 2017 et 2050. ....	99
Figure III. 22: Demande en eau moyenne mensuelle globale à l'horizon 2050 dans le scenario de référence (2017-2050). ....	100
Figure III. 23: Demande non satisfaite dans le bassin -scenario de référence (2017-2050) ..	101
Figure III. 24: taux de satisfaction par secteur pour les trois sites choisi, scenario de référence (2017-2050). ....	102
Figure III. 25 : Evolution de la population pour le taux d'accroissement 3% dans les sites de demandes domestiques, scenario « forte croissance démographique » (2018-2050) .....	104
Figure III. 26: Projection de la demande en eau des 6 sites domestique 2018-2050 dans les deux scenarios : référence et forte croissance démographique. ....	104
Figure III. 27: la demande non satisfaite en eau des 6 sites domestique 2018-2050 dans les deux scenarios : référence et forte croissance démographique. ....	105
Figure III. 28: Projection de la demande en eau dans le secteur agricole pour les deux scenarios : référence et amélioration de l'activité agricole. (2018-2050). ....	106
Figure III. 29: taux de recouvrement du GPI Maghnia dans les deux scenarios : référence/amélioration de l'activité agricole (2018-2050). ....	107
Figure III. 30: Taux de recouvrement moyen mensuel du GPI Hennaya dans les deux scenarios : référence/amélioration de l'activité agricole .....	107
Figure III. 31: Demande non satisfaite - scenario renforcement de la ressource – .....	108
Figure III. 32: eau distribuée dans le bassin pour les sites domestiques - scenario renforcement de la ressource - .....	109
Figure III. 33: Recouvrement du site de demande (exemple le GUT) - scenario renforcement de la ressource - .....	110
Figure III. 34: Evolution de l'eau distribue pour le scenario de référence et le scenario de la diminution de la dotation. ....	110

## *Liste des Figures*

---

Figure III. 35: Evolution de l'eau distribue pour le scenario de référence et le scenario de la diminution de la dotation.....	111
Figure III. 36: comparaison des scenarios « forte croissance démographique/diminution de la dotation ».....	112
Figure III. 37: comparaison des scenarios « forte croissance démographique / renforcement de la ressource ».....	113
Figure III. 38: comparaison de tous les scenarios .....	113

## *Liste des Tableaux*

### **Chapitre I Présentation de la zone d'étude**

Tableau I. 1 : Tableau Recapitulatif Des Differentes Valeurs Caracteristiques Des Sous Bassins Versants De La Tafna.....	11
Tableau I. 2 : Caracteristiques Des Stations Pluviometriques.....	16
Tableau I. 3 : Bilan Hydrologique De Quelques Stations De La Tafna .....	24
Tableau I. 4 : Quelques Caracteristiques Des Sous-Bassins De La Tafna. ....	26
Tableau I. 5 : Caracteristiques Des Nappes De La Tafna.....	30
Tableau I. 6 : Situation Des Barrages De La Tafna.....	31
Tableau I. 7 : Situation Petits Barrages Et Retenues Collinaires De La Tafna .....	32
Tableau I. 8 : Production Mensuelle Et Annuelle Des Sdem En 2017.....	32
Tableau I. 9 : Capacites De Production Des Stations D'epuration Dans Le Bassin De La Tafna.....	33
Tableau I. 10 : Flux Des Ressources En Eau De La Tafna .....	35
Tableau I. 11 : Evolution De La Population De La Tafna Pour Differents Horizons. ....	37
Tableau I. 12 : Evolution Des Besoins Domestiques De La Tafna Pour Differents Horizons Et Pour Plusieurs Dotations.....	38
Tableau I. 13 : Variation De La Demande En Eau D'irrigation Dans La Tafna. ....	38
Tableau I. 14 : Nombre Et Systemes Et Superficies D'irrigation En 2017 .....	39
Tableau I. 15 : Les Industries Et Leurs Besoins En Eau Dans Le Groupement Urbain De Tlemcen En 2011 .....	40
Tableau I. 16 : Variation De La Demande En Eau Industrielle Dans La Tafna. ....	41

### **Chapitre II La Modélisation et la gestion**

Tableau II. 1 : Sorties Du Modele WEAP.....	70
---	----

## **Chapitre III Implémentation du modèle WEAP dan le bassin de la Tafna**

Tableau III. 1: Offre domestique pour les sites demande en 2017 (compte actuel). .....	88
Tableau III. 2 : Caractéristiques des aires irriguées en 2017 .....	91
Tableau III. 2: Offre annuelle pour les industries .....	92
Tableau III. 3: Toutes sources et destinations, scenario : compte actuel, débits d'approvisionnement (m <sup>3</sup> ). .....	95
Tableau III. 4 : Préférence entre les scenarios.....	114

## *Liste des abréviations*

**ABHOCC** : l'Agence des bassins hydrographiques de de l'Oranie Chott Chergui.

**ADE** : Algérienne des Eaux

**AEP** : approvisionnement en eau potable

**ANRH** : l'Agence nationale des ressources hydrauliques.

**APC** : Assemblée populaire communale.

**BV** : Bassin versant.

**CEMAGREF** : L'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

**Dd** : Densité de drainage.

**DHI** : Danish Hydraulic Institute.

**DIVHA** : Dynamiques, impacts et valorisation des hydro-aménagements.

**DRE** : Direction des ressources en eau

**DSA** : la Direction des services agricoles).

**ECOLAB** : laboratoire écologie fonctionnelle et environnement.

**ETP** : Evapotranspiration potentielle.

**ETR** : Evapotranspiration potentielle réelle.

**FAO**: Food and Agriculture Organisation.

**FE** : Flux entrants.

**FS** : Flux sortants

**GIRE** : Gestion intégrée des ressources en eau.

## *Liste des Abréviations*

---

**GPI** : Grand périmètre irrigué

**GRE** : Gestion des ressources en eau.

**GUT** : groupement urbain de Tlemcen.

**Ha** : hectare.

**Hm<sup>3</sup>** : Hectomètres cubes.

**Ig** : Indice de pente global.

**Ip** : Indice de pente.

**K<sub>c</sub>** : coefficient de compacité ou de Gravelius.

**Km<sup>2</sup>** : Kilomètre carré.

**l/j/hab** : Litre par jour par habitant.

**LCSU** : Unité de coordination logique et de planification.

**l<sub>RE</sub>** : largeur du rectangle équivalent.

**L<sub>RE</sub>** : longueur du rectangle équivalent.

**m<sup>3</sup>/s** : mètres cubes par seconde.

**mm** : millimètre.

**ONA** : Office nationale de l'assainissement.

**ONEMA** : l'Office National de l'Eau et Milieux Aquatiques.

**PMH** ; Petite et moyenne hydraulique.

**P<sub>moy</sub>** : Précipitation moyenne

**SAD** : les systèmes d'aide à la décision.

**SDEM** : station de dessalement d'eau de mer.

**SE** : les systèmes experts.

## *Liste des Abréviations*

---

**SEI** : Stockholm Environment Institute.

**SGBD** : système de gestion de base de données.

**SIG** : les systèmes d'information géographique.

**STEP**: Station d'épuration.

**SUM** : Somme

**SWAT**: Soil and Water Assessment Tool.

**T (°C)** : Température (degré Celsius)

**WEAP**: Water Evaluation and Planification.

### **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Dans le bassin versant de la Tafna la question de l'eau, que ce soit dans les domaines de la mobilisation et/ou de l'utilisation, a constitué l'objet d'un nombre très considérable de travaux scientifiques. De ces travaux, il en sort, en général, que la région en question – il n'en demeure pas moins pour l'ensemble de notre pays, avec une dotation annuelle de 430 m<sup>3</sup>/habitant en 2020- souffre et souffrira plus d'un stress hydrique aigu. Il faut reconnaître que les limites des ressources en eau ont été, à plusieurs reprises atteintes mais ceci, n'exclut pas l'idée, qu'il reste des progrès à faire au niveau des différentes étapes de la gestion, pour garantir au système de production et de distribution de l'eau une fiabilité et une sécurité renforcée.

Devant une telle conjoncture, nous nous interrogeons sur les mesures qui seront examinées par l'ensemble des acteurs afin de trouver des solutions durables et efficaces, à court, à moyen et à long terme (Bessedik M., 2011).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude de la question de l'offre et de la demande en eau dans le bassin versant de la Tafna, dans un objectif de garantir un approvisionnement équitable pour les différents usagers.

Cette situation de stress hydrique est liée à la faiblesse de la ressource, aggravée par la sécheresse, impliquera ipso facto des conflits sérieux entre les différents utilisateurs qui nécessiteront inmanquablement des arbitrages malaisés par les pouvoirs publics, et ce d'autant que les besoins en eau potable (AEP) seront multipliés par 2,5 environ en vingt-cinq ans et qu'ils représenteront pratiquement 40 % des ressources mobilisables vers l'an 2025. Le 21<sup>ème</sup> siècle s'annonce sous le signe d'une aggravation des pénuries d'eau, particulièrement dans notre région d'étude, en dépit du recours à d'autres formes de mobilisation de l'eau (Daifallah T., 2017).

L'enjeu consiste ainsi, aujourd'hui, à accélérer d'introduire la gestion intégrée des ressources en eau dans les politiques de l'eau, de l'environnement et améliorer les stratégies de développement durable et « plans d'efficience » (ou plans d'utilisation rationnelle des ressources en eau) dont le principe a été retenu au Sommet de Johannesburg (2002) (Thivet G., & Blinda M., 2008).

C'est pour cette raison, qu'il nous ait apparait important de développer une vision prospective d'utilisation de la ressource en eau en proposant des scénarios d'optimisation de l'utilisation

## *Introduction générale*

---

des ressources disponibles et de comblement des déficits futurs, qui affecteront le bassin versant de la Tafna.

Pour ceci, une modélisation hydrologique des changements de structures et de paramètres des systèmes hydrauliques est adoptée par le biais du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System) pour remédier aux problèmes d'approvisionnement et de demande en eau sur des horizons de planification à long terme dans le bassin de la Tafna, selon les projections de l'augmentation des besoins et fournir un modèle intégré de la planification des ressources hydrauliques (Khelfaoui F., 2014).

Nous avons traité plusieurs volets pour pouvoir élaborer des scénarios rationnels dans le but de remédier à la problématique de l'eau et les usagers dans le bassin de la Tafna dans le futur.

Le plan que nous avons adopté fait ressortir trois chapitres, qui sont structurés comme suit :

Le premier chapitre présente une vue générale sur la zone d'étude en présentant ces caractéristiques géographiques, climatiques ainsi que les potentialités et les besoins en eau.

Le deuxième chapitre est consacré à un aperçu sur les concepts de modélisation dans la gestion des ressources en eau et les différents modèles appliqués pour cet objet.

Le troisième chapitre a pour but d'évaluer les des besoins futurs en eau en proposant des scénarios qui reposent sur le comblement des déficits et la mise en place d'une gestion de la demande par le modèle WEAP.

En fin, Ce travail sera achevé par une conclusion générale et une série de recommandations proposées à la lumière de l'étude réalisée ainsi qu'aux problèmes rencontrés.

**Chapitre I**

# **Présentation de la zone d'étude**

## I.1 Introduction

Historiquement, la rivière a donné son nom au traité de la Tafna signé le 30 mai 1837 entre l'émir Abdelkader et Bugeaud. Au XI<sup>e</sup> siècle, Al-Bakri affirmait que la Tafna était navigable, elle recevait de petits navires qui la remontent jusqu'à la ville de l'ancienne Siga, capitale du roi berbère Syphax située à 4 km de l'embouchure de la Tafna. De même, le géographe, Mac Carthy, mentionne qu'en 1850 des pêcheurs espagnols remontaient la rivière. La Tafna aurait pu être une rivière comme tant d'autres (Zenasni M., 2008).

Le bassin de la Tafna a fait l'objet de nombreux travaux qui ont porté sur sa géologie (Benest, 1987) sur son contexte climatologique (Dekkiche, 2004 ; Khaldi, 2005) et sur son contexte hydrologique de ses cours d'eau (Bouanani, 2004).

La Tafna surnommé jadis "le château d'eau de l'Ouest Algérien" est considérée comme l'un des bassins les plus importants dans le territoire algérien. C'est un pourvoyeur important de ressources hydriques pour la région Ouest, il alimente non seulement les régions du bassin versant mais aussi d'autres régions par le biais d'aménagement comme le transport inter bassin. Il appartient au bassin hydrographique Oranie Chott Chergui selon la structuration des unités hydrologiques en Algérie (Mami A. et Yebdri D., 2015).

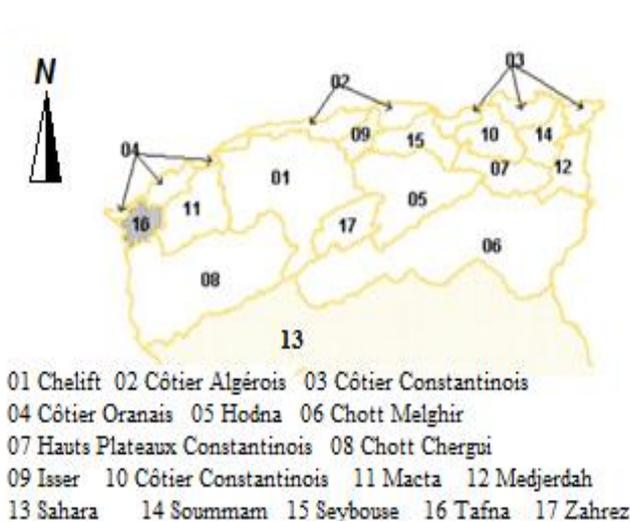
Le bassin versant de la Tafna subvenait aux besoins en eau pour les diverses utilisations de plus de 2 millions de personnes. Ce bassin, doté de 5 barrages d'une capacité globale de 385 Hm<sup>3</sup>, et cumule depuis le milieu des années soixante-dix un déficit pluviométrique estimé à environ 25 %. Cette diminution de la pluviosité a engendré une baisse sans cesse croissante des ressources en eau superficielles et souterraines de la région en question (Ghenim A. et Megnounif A, 2013).

## I.2 Contexte géographique

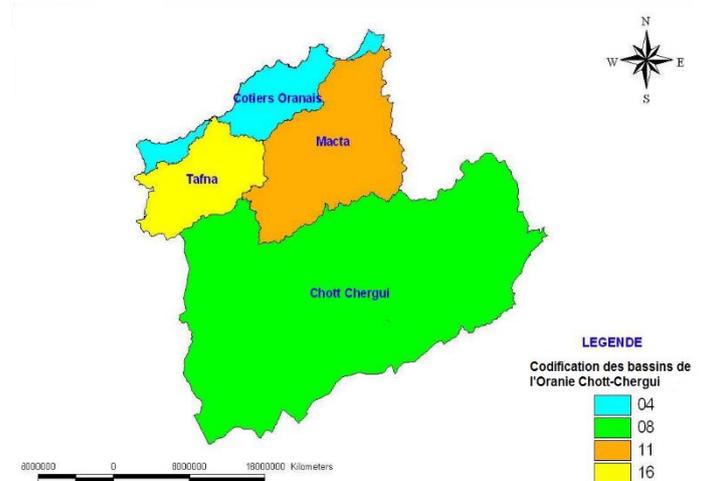
### I.2.1 Position géographique

Le bassin versant de la Tafna situé au nord-ouest du territoire algérien. La superficie de la partie de ce bassin se trouvant dans le territoire algérien est de 5 340 km<sup>2</sup>. Y compris la surface située à l'intérieur du territoire marocain (1905 km<sup>2</sup>), donc la superficie totale est de 7 245 km<sup>2</sup>. Il figure parmi les bassins de l'Oranie-Chott-Chergui et s'étend entre la latitude 34°47 et 35°10 et

la longitude 2°14 Ouest et 0°50 Est. Il porte le code 16 parmi les 17 bassins de l'Algérie (Bemoussat A., 2012) et (Bakreti A., 2014).



**Figure I. 1 :** La Tafna Parmi Les Bassins De L'algerie (Babale Mallam Sani I., 2017).



**Figure I. 2 :** La Tafna Dans L'ensemble De L'oranie Chott-Chergui (Araf A., 2012).

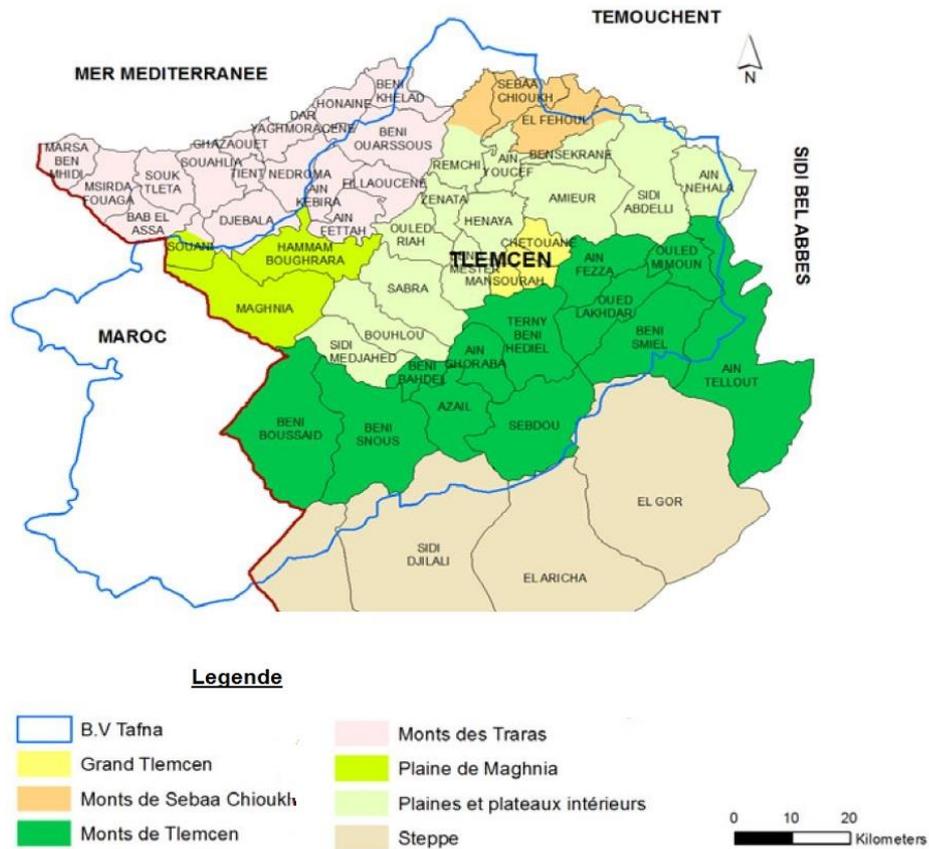
### I.2.1 Plan administratif

Le bassin versant de la Tafna occupe 65% de la wilaya de Tlemcen (Babalé Mallam Sani I., 2017) (36 communes sur un total de 53 communes que compte la wilaya) ; une partie de la wilaya d'Ain Témouchent (3/28 communes de la wilaya) (Morsli S., 2018), une partie se trouve dans le territoire Marocain, englobant une superficie de 1950 km<sup>2</sup> (Saci D., 2008).

Globalement, le bassin versant peut-être subdiviser en trois grandes parties (Ouici F Z., 2018) :

- Partie orientale avec comme principaux affluents l'oued Isser et l'oued Sikkak),
- Partie occidentale comprenant la Haute Tafna (oued Sebdou et oued Khemis) et l'oued Mouilah,
- Partie septentrionale : qui débute pratiquement du village Tafna et s'étend jusqu'à la plage de Rachgoune, embouchure de la Tafna sur la mer. Les oueds Boukiou, Boumessaoud et Zitoun sont les principaux affluents de cette partie.

Les plaines du bassin de la Tafna s'étendent aux pieds des monts de Tlemcen en avant des massifs de Traras et du Tessala, elles sont entourées de massifs aux reliefs élevés dessinant un édifice régulier formé essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques (Adjim H, 2003).



**Figure I. 3 :** Géographie De La Zone D'etude Et Les Communes Drainees (Bemoussat A., 2012).

Les monts des Traras au Nord-Ouest dressent une barrière entre le bassin et la mer, ils correspondent à une série de crêtes de direction NE – SW culminant à 1136 m au djebel Fillaoucène.

L'oued Tafna est un cours d'eau de 170 Km de long, il prend sa source dans les Monts de Tlemcen. Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties (Bensafi H., 2016) : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna.

- **La haute Tafna :** l'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descendent de crêtes atteignant 1500m. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdou à une altitude d'environ 900m. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khemis (rive

droite) et l'oued Sebdou (rive gauche).

- **La moyenne Tafna** : à partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels certains sont importants (Bouanani A., 2004) :
  - ❖ Sur la rive gauche : les affluents sont moins importants que sur la rive droite, seul l'oued Mouilah qui prend naissance au Maroc est remarquable par son parcours et son débit. L'oued Boukiou, moins important, prend naissance dans les monts des Traras pour rejoindre le cours de la Tafna dans la plaine des Ghossel.
  - ❖ Sur la rive droite : la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important par son long parcours que par son fort débit. L'oued Isser prend naissance dans les terrains jurassiques, des monts de Tlemcen et s'étend ainsi vers l'Est de la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin tertiaire, il est grossi au Nord d'Ouled Mimoun par l'oued Lakhdar (Ex : Chouly) (rive gauche) et l'oued Ain Tellout (rive droite).
  - ❖ Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important l'oued Sikkak, descendant du plateau de Terny.
- **la basse Tafna** : le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de Pierre Chat jusqu'à la plage de Rachgoune en mer Méditerranée, sur une distance de 20 Km.

### I.3 Morphologie

La réponse d'un bassin versant à des précipitations dépend d'un nombre important de paramètres. Parmi lesquels, certains sont difficilement quantifiables comme ceux se rapportant, à la couverture végétale, etc. Par contre, d'autres paramètres ont l'avantage de se prêter à une analyse quantifiée. Ce sont les paramètres morphométriques (forme, altitude, pente du relief, etc.) qui influencent fortement la réponse hydrologique d'un bassin versant et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Il est donc intéressant de quantifier ces paramètres par des termes simples qui permettront la schématisation du bassin versant. Dans ce qui suit, on expose sommairement les principaux paramètres d'ordre morphométrique, de relief et hydrographique qui permettent de caractériser le bassin versant de la Tafna. Rappelons que ce dernier s'étend sur la wilaya de Tlemcen en se prolongeant vers le royaume du Maroc (Zenasni S., 2013).

### I.3.1 Paramètres de forme

Le diagnostic physico-géographique, première étape de la connaissance des bassins versants, permet de caractériser les principaux facteurs naturels intervenant dans les processus de l'écoulement superficiel : facteurs orographiques, morphologiques, lithologiques, climatiques et biogéographiques (Baba Hamed K. et Bouanani A., 2016).

Le bassin versant de la Tafna s'étend sur la wilaya de Tlemcen et se prolonge vers le royaume du Maroc (Babalé Mallam Sani I., 2017) avec :

- Une superficie (A) de 7245 Km<sup>2</sup>
- Un périmètre (P) s'étend sur 354,8 Km

#### I.3.1.1 Coefficient de compacité

Le coefficient de compacité est le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant même surface.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{I.1})$$

Pour le bassin de la Tafna est égal à  $K_c = 1,16$  donc on peut dire que notre bassin est compact (Babalé Mallam Sani I., 2017).

#### I.3.1.2 Rectangle équivalent

$$I_{RE} = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (\text{I.2})$$

$$L_{RE} = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (\text{I.3})$$

Où :

$I_{RE}$  : largeur du rectangle équivalent ;

$L_{RE}$  : longueur du rectangle équivalent ;

A : superficie du bassin versant ;

$K_c$  : coefficient de compacité ou de Gravelius, déterminé par l'équation (I.3) ;

Les dimensions du rectangle équivalent pour le bassin de la Tafna donnent :

L= 113,7 Km et l = 63,7 Km (Babalé Mallam Sani I., 2017).

### **I.3.1.3 L'altitude**

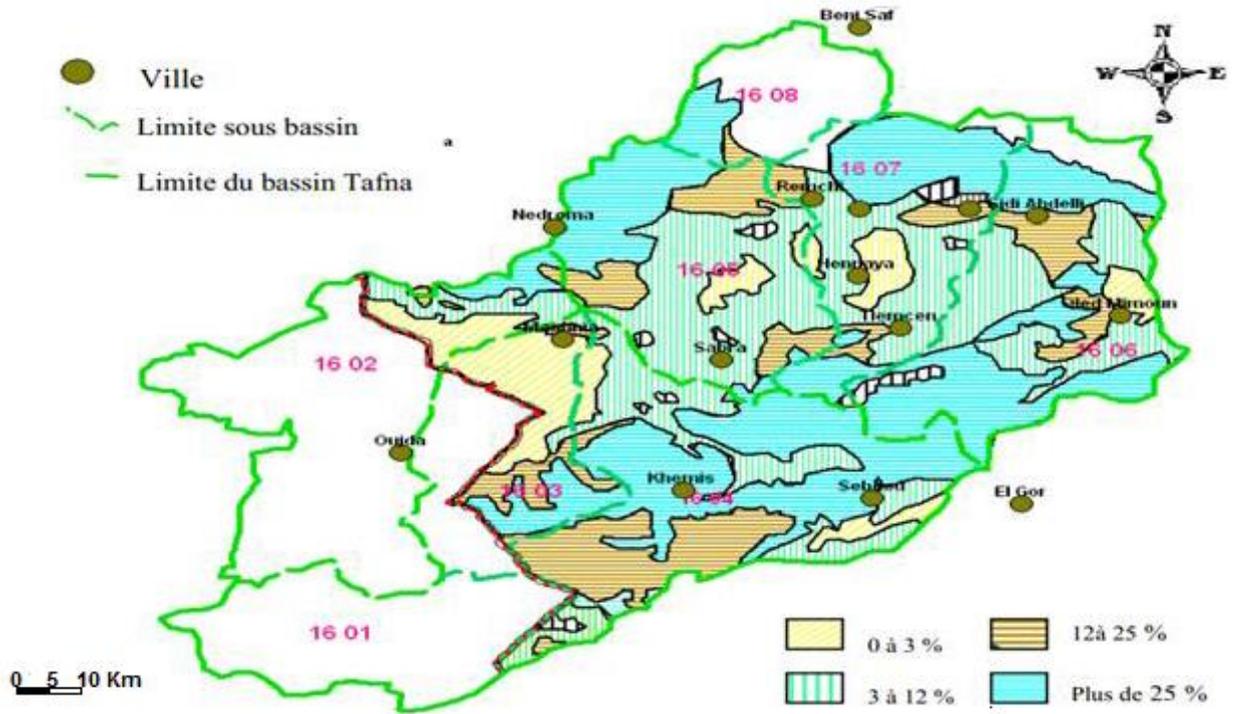
Dans le bassin versant de la Tafna, l'altitude présente aussi des variations de l'amont à l'aval, elle est maximale au niveau de la source (Ghar Boumaaza) ou elle est de 1090 m et de 1020 m en amont d'oued Khemis. Elle est entre 350 m et 600 m au niveau de barrage de Beni Bahdel et oued Mouilah. Elle décroît jusqu'à 245m à l'oued de Sikkak et 80m à l'oued de Isser. La valeur de l'altitude continue à diminuer jusqu'à ce qu'elle atteigne 1m au niveau de l'estuaire de Rachgoun (Rahmi A., 2014).

### **I.3.1.4 La pente**

Les plaines sont caractérisées par des pentes faibles de l'ordre de 0 à 3% par contre les zones montagneuses ont des pentes fortes (> 25%).

Dans le bassin versant de la Tafna, la pente est variable de l'amont à l'aval. Elle est faible au niveau de la source puisque c'est un plateau (Ghar Boumaaza), puis elle devient importante à partir de la ville de Sebdou, la haute Tafna, jusqu'au barrage de Beni Bahdel ou la pente est supérieur à 25%.

En aval la moyenne Tafna continue de présenter une pente moyenne qui devient de plus en plus faible. La pente diminue au fur et à mesure jusqu'à l'embouchure au niveau de Rachgoun ou elle devient très faible voire nulle (Rahmi A., 2014).



**Figure I. 4 :** Carte Des Pentes Du Bassin Versant De La Tafna (Extrait Du Paw Tlemcen, 2000) (Rahmi A., 2014).

Le tableau suivant résume les paramètres physiographiques et de relief des sous bassin de la Tafna

**Tableau I. 1 :** Tableau récapitulatif des différentes valeurs caractéristiques des sous bassins versants de la Tafna (Baba Hamed K. et Bouanani a., 2016).

Bassins	CARACTÉRISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES					CARACTÉRISTIQUES DU RELIEF						
	Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (Km)	Coefficient de compacité K <sub>c</sub>	Rectangle équivalent		Dd (km/km <sup>2</sup> )	Altitude moyenne (m)	Etat du bassin	Indice de pente		Classification du relief	Temps de concentration T <sub>C</sub> (Giandotti)
				L (Km)	l (Km)				Ip	Ig		
<b>Oued Khemis</b>	350	93	1.39	37,23	9,4	3.22	1010	Jeune	2,89	0,019	Relief modéré	06 h 00
<b>Oued Sebdou</b>	255.5	78	1.37	30,7	8,32	2.88	666	Equilibre	1,46	0,016	Relief modéré	07 h 00
<b>Oued Mouilah</b>	2650	230	1.25	82,96	31,94	0.16	430	Vieux	1,16	0,011	Relief modéré	20 h 30 mn
<b>Oued Zitoun</b>	140	65	1.54	24	5,83	2.42	429	Vieux	2,09	0,039	Relief assez fort	05 h 30 mn
<b>Oued Boumessaoud</b>	118	59	1.52	24,53	4,81	2.51	623	< vieux	1,96	0,035	Relief assez fort	04 h 30 mn
<b>Oued Sikkak</b>	463	116	1.50	48,49	9,55	1.51	1110	< vieux	1,52	0,021	Relief assez fort	09 h 30 mn
<b>Oued Chouly</b>	288.9	115	1.28	21,7	13,31	0.61	700	Equilibre	0,19	0,037	Relief assez fort	05 h 15 mn
<b>Oued Isser</b>	1139.74	180	1.49	85,26	13,37	1.08	745	Equilibre	0,1	0,011	Relief modéré	14 h 30 mn
<b>Oued Boukiou</b>	117.3	58	1.50	23,91	4,9	2.97	134	Vieux		0,02	Relief modéré	06 h 00

**Dd** : Densité de drainage ; **Ip** : Indice de pente ; **Ig** : Indice de pente global.

#### **I.4 Géologie du bassin**

La connaissance de la géologie d'un bassin versant s'avère importante pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques. La géologie du substratum influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement de surface. Dans ce dernier cas, les caractères géologiques principaux à considérer sont la lithologie (nature de la roche mère) et la structure tectonique du substratum (Araf A., 2012).

Les matériaux géologiques se composent de formations meubles (sables, argiles, marnes) ou de formations consolidées (grés, calcaires, dolomies...) (Araf A., 2012).

La géologie du bassin de la Tafna a été étudiée dans une série de travaux qui ont débuté par les travaux de Gentil (1903) et ont continué avec Elmi (1972), Benest (1986), Collignon (1986 et 1993),... Ces travaux ont contribué à l'identification des grands ensembles stratigraphiques avec lesquels il a été possible de retracer l'histoire géologique de la région ainsi que sa structure. Le bassin de la Tafna est caractérisé par l'abondance de deux faciès, le premier carbonaté d'âge secondaire dominant le secteur d'étude et le second marneux du Miocène moins abondant (Benest, 1986).

La série stratigraphique du bassin de la Tafna a été étudiée par plusieurs auteurs et reprise dans plusieurs travaux : Elmi (1972), Mekahli (1988) (Bakreti A., 2014),... Dans les paragraphes suivants nous allons présenter un résumé non exhaustif des principaux affleurements qui caractérisent la géologie de la Tafna.

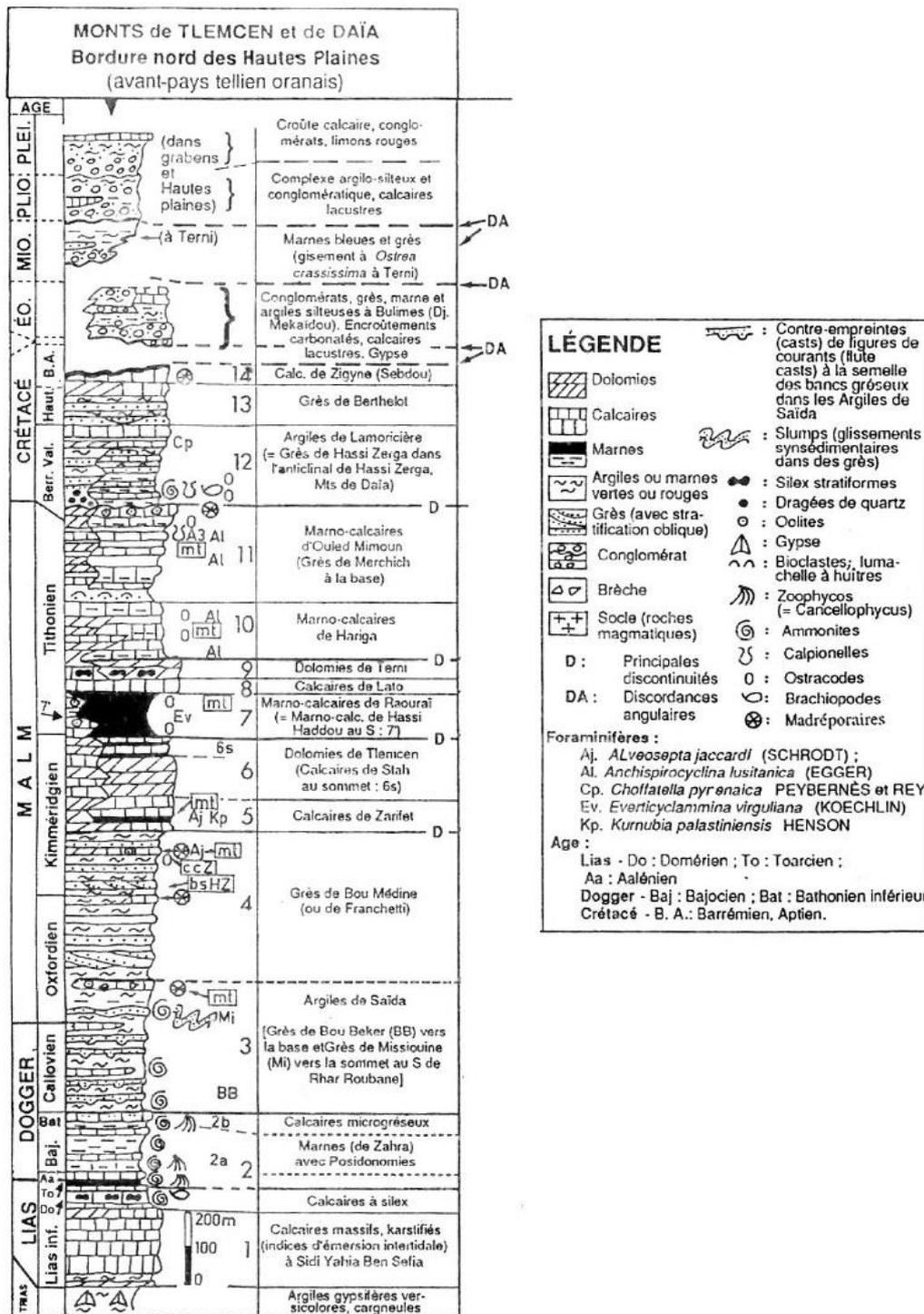


Figure I. 5 : Colonne Litho-Stratigraphique Des Monts De Tlemcen Et De Daïa (Saim S. Et Zoubir S., 2015).

Le grand bassin de la Tafna est caractérisé par une géologie très complexe et qualifiée de grande tectonique. L'évolution des terrains rencontrés va du Primaire au Plio-Quaternaire (Bouanani A., 2004).

**a) Le primaire :**

Il affleure dans le bassin de l'Oued Mouilah au niveau des Monts de Ghar-Roubane à l'Ouest et les monts de Fellaoucène à l'Est. Il est caractérisé par la présence d'une formation schisto-quartzite d'âge silurien à dévonien. Il s'agit de formations fortement plissées recouvrant une grande surface (Dehni A. et al., 2015).

**b) Le secondaire :**

Il forme l'essentiel des monts de Tlemcen. La série litho stratigraphique est représentée par (Araf A., 2012):

- Le trias : Localisé essentiellement au Nord d'Ain Tellout et au niveau de Béni- Bahdel et à l'Est dans le bassin d'Oued Mouilah ;
- Le jurassique : Composé du jurassique inférieur et moyen et qui apparaissent au niveau de Ghar-Roubane. On le trouve aussi au niveau des argiles de Saïda. Le jurassique supérieur est représenté par les calcaires de Zarifet, de lato, les dolomies de Tlemcen, de Terny et finalement les marno-calcaires d'Ouled Mimoun, Raourai et Hariga ;
- Le crétacé : Représenté par la série du crétacé inférieur formant les argiles d'Ouled Mimoun et Sebdou, les argiles de Lamoricière et les grès de Berthelot.

**c) Le tertiaire :** Il comporte (Araf A., 2012) :

- L'éocène : une formation affleurant dans la vallée de l'Oued Isser, près de la confluence avec l'Oued Tafna au niveau du massif de Sebâa Chioukh. Elle est constituée de grès siliceux, jaune à rougeâtre avec des marnes argileuses verdâtres ;
- Le miocène inférieur : formé d'éléments calcaires dolomitiques à ciment calcaire-gréseux, très résistants. Le Miocène inférieur affleure surtout de part et d'autre de la Tafna, essentiellement, entre la vallée de l'Oued Zitoune et le Djebel Fellaoucène ;
- Miocène moyen : Il est constitué essentiellement par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées, bien représenté à 4 Km à l'Est de Hammam Boughrara ;
- Miocène supérieur : formé par des dépôts de grès durs, jaunes d'or ou citron. Il affleure entre Tlemcen et Remchi, dans Sikkak, directement sur le Jurassique ; comme c'est le cas au Nord et au Sud de la plaine de Maghnia dans le bassin du Mouilah.

**d) Le plio-quaternaire :** Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes. Les faciès suivants sont rencontrés (Araf A., 2012) :

- Les travertins villafranchiens situés en bordure des monts de Tlemcen ;
- Les limons, sables et graviers récents qui s'étendent entre Oued Mehaguène et Chaâbet El Arneb au Nord Est de la frontière algéro-marocaine ;
- Des marnes avec peu ou pas de galets, plus ou moins tufeuses, parfois très épaisses surtout au niveau du bassin de l'Oued Mouilah ;
- Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers au niveau des oueds principaux du bassin.

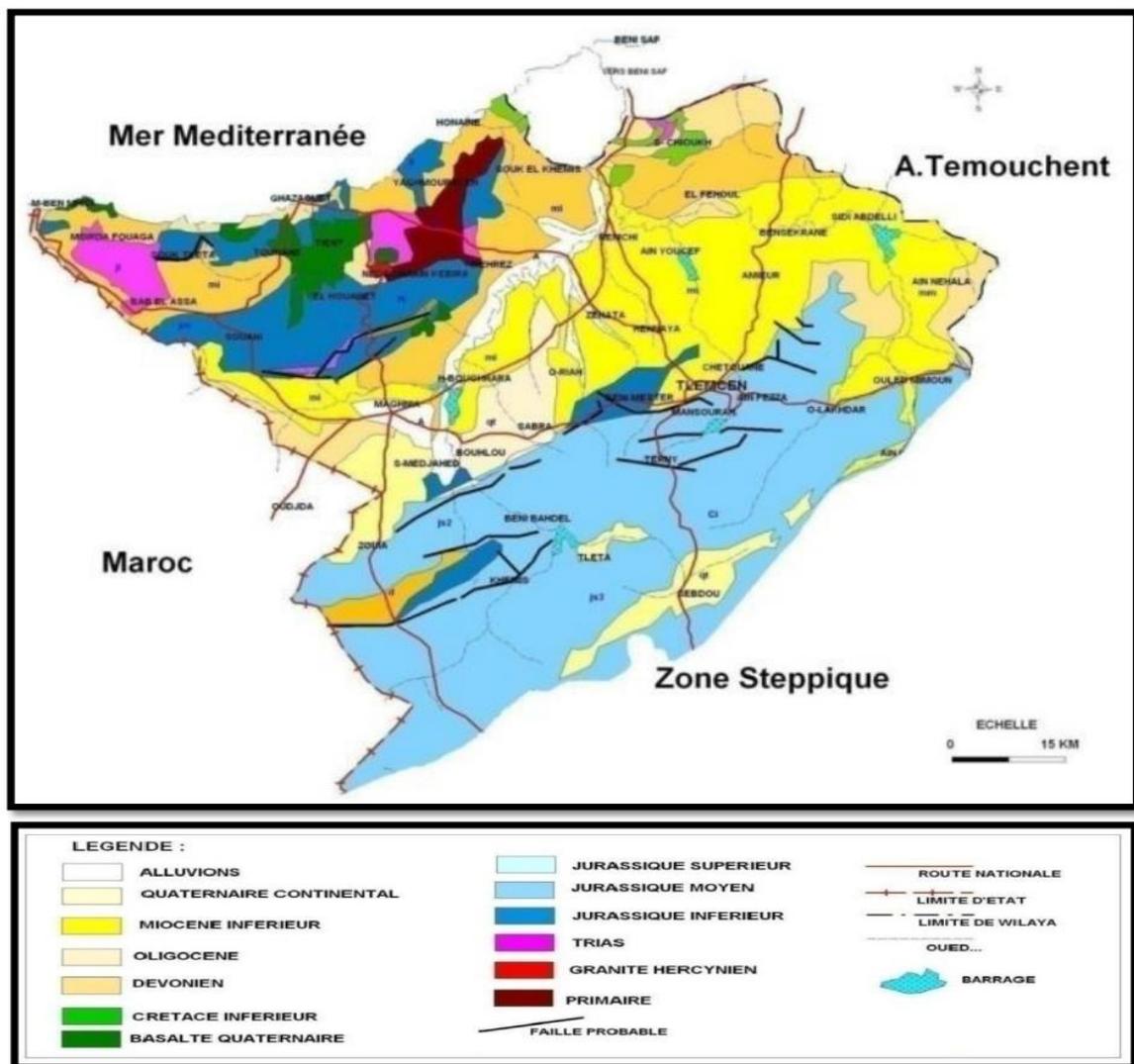


Figure I. 6 : Carte Géologique Du Bassin Versant De La Tafna (Rahmi A., 2014).

## I.5 Hydro-climatologie du bassin

Les conditions climatiques du bassin jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les facteurs qui déterminent le climat sont :

La précipitation avec sa distribution dans le temps et dans l'espace, l'humidité, la température le vent qui a une influence sur l'évaporation et la transpiration.

Le climat de l'Atlas Tellien présentera donc tous les degrés intermédiaires entre un climat de montagne pluvieux, froid à amplitude thermique relativement faible avec chutes de neige et un climat de plaines plus sec relativement chaud et à forts écarts thermiques (Iratni N., 2014).

### I.5.1 Pluviométrie du bassin

#### I.5.1.1 Précipitations moyennes annuelles

La détermination des précipitations moyennes annuelles est essentielle suite à la résurgence de leur variabilité temporelle. Elles permettent de discerner les périodes vis-à-vis du stress hydrique en les comparant à un certain seuil jugé normal ou moyen et d'inventorier les bilans moyens annuels de l'écoulement (Bensafi H., 2016).

**Tableau I. 2** : Caracteristiques Des Stations Pluviometriques (Messatfa K., 2015).

Nom Station	Code Station	Coordonnés		P <sub>moy</sub> annuel (mm) (1982-2012)	Nom Station	Code Station	Coordonnés		P <sub>moy</sub> annuel (mm) (1982-2012)
		X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)	
B-Ouassine	160303	90,8	180,7	<b>245,1</b>	Hennaya	160516	126,7	188,2	<b>376,5</b>
Maghnia	160302	90,6	174,6	<b>269,9</b>	Dchouachi	160518	118,9	202,9	<b>273,6</b>
Sebdou	160401	131,2	158,5	<b>356,1</b>	Chouly	160601	151,8	181,2	<b>404,1</b>
B-Bahdel	160403	115	164,6	<b>395,7</b>	Izdihar Bge	160613	152,5	205,4	<b>376,9</b>
Khemis	160406	109,3	157,1	<b>397,2</b>	Mefrouch	160701	135,5	180,2	<b>552,3</b>
S/Medjahed	160407	102,8	173,1	<b>278</b>	Lalla Setti	160705	133,9	181,8	<b>494,1</b>
Hbghrara	160501	103,7	185,8	<b>240,6</b>	Tlemcen	160724	132,2	182,7	<b>519,5</b>
Sabra	160502	115,1	178,7	<b>367,6</b>	P du Chat	160802	122,4	213,2	<b>301,5</b>

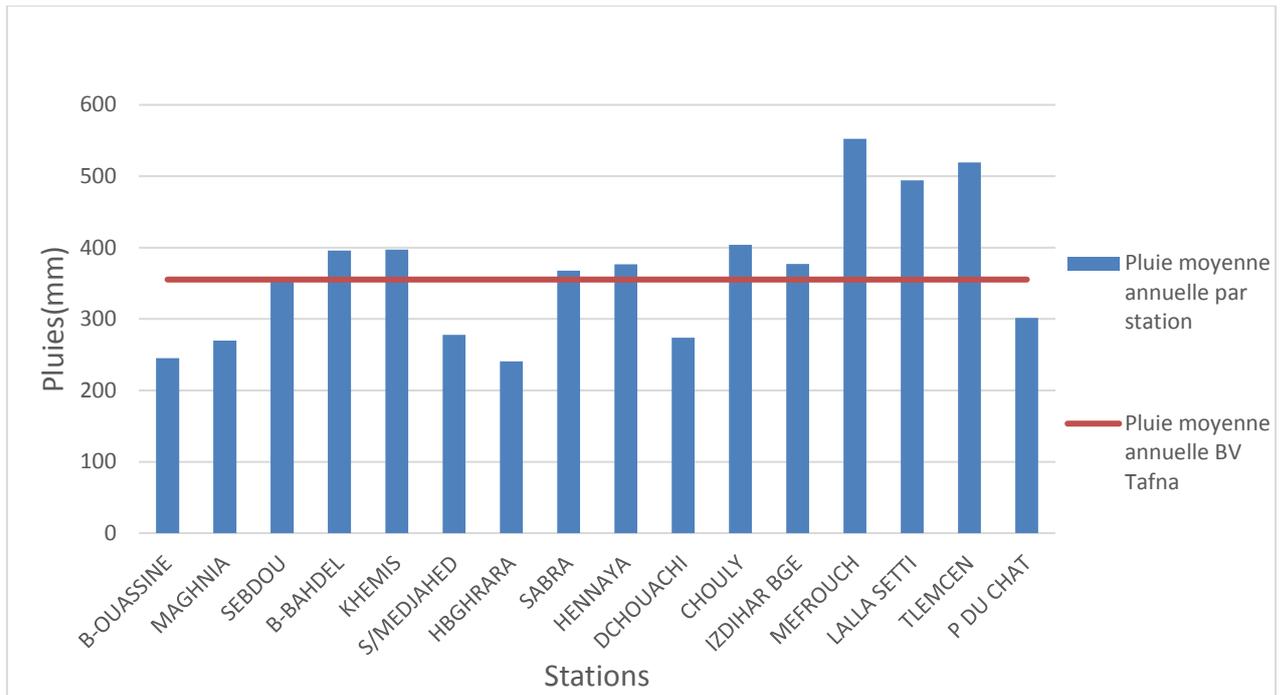


Figure I. 7 : Précipitations Annuelles Moyennes 1982 A 2012.

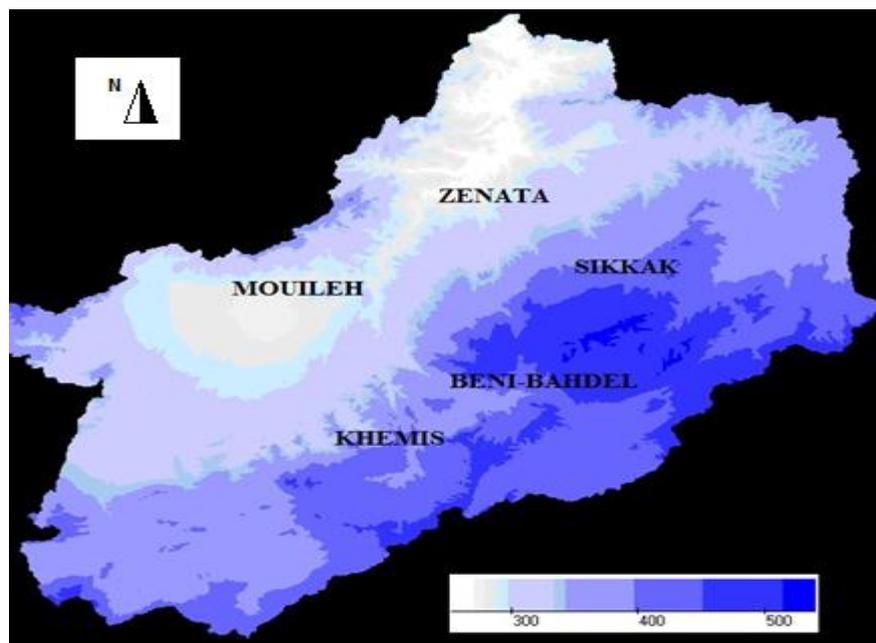


Figure I. 8 : Carte Des Pluies Moyennes Interannuelles (Mm) Du Bassin De La Tafna (Bakreti A., 2014).

Nous remarquons une variabilité importante des précipitations, allant d'une situation sèche vers une situation humide avec une pluie annuelle moyenne de 365.5 mm

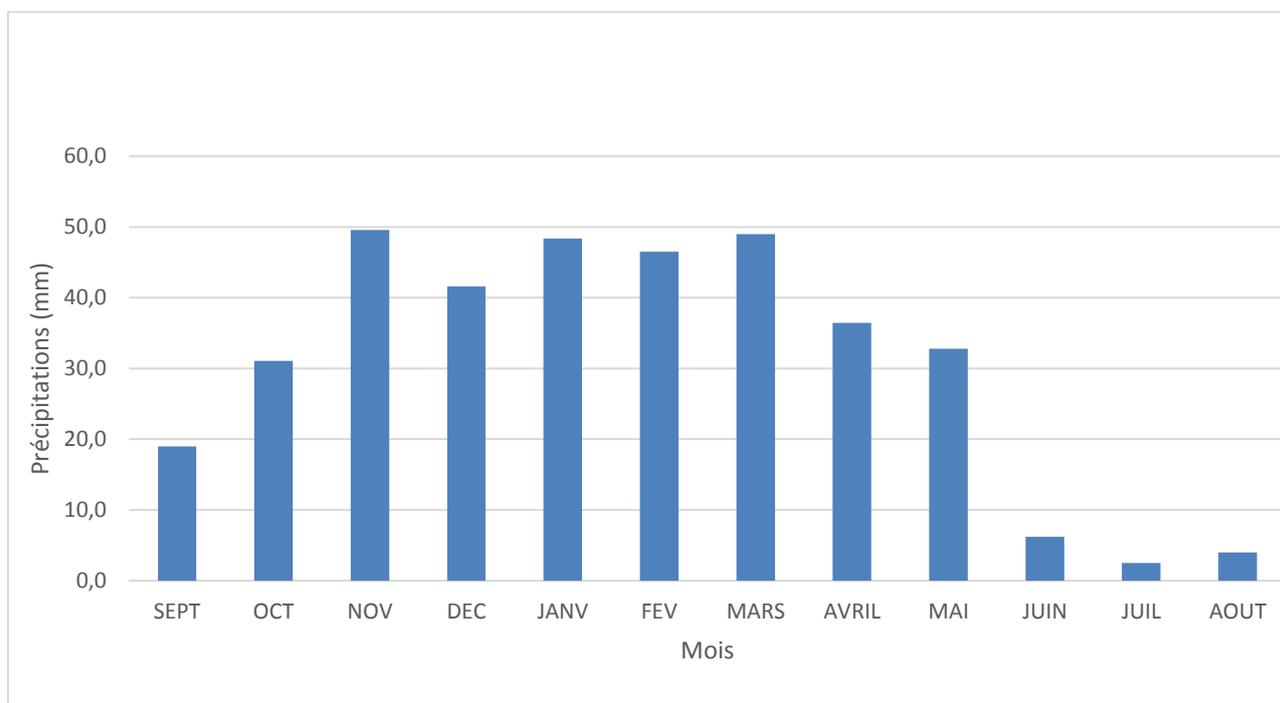
A partir de l'analyse des précipitations, certaines tendances peuvent être tirées :

- Une légère augmentation de la pluviométrie de l'ouest vers l'est du bassin ;
- Une légère augmentation des précipitations avec l'altitude des stations de l'ouest vers l'est du bassin ;
- Plus les stations sont distantes de la mer plus on constate une diminution des précipitations au niveau des plaines.

### I.5.1.2 Précipitations mensuelles

La répartition des précipitations mensuelles régit directement l'écoulement du cours d'eau au cours de l'année. Les précipitations mensuelles entre 1982 et 2012 représentées sur la Figure (I.9) ci-dessous permettent de dégager deux périodes distinctes :

- Une période humide allant de Septembre à Mai, le pic étant enregistré en mois de Novembre ;
- Une période sèche, source du déficit hydrique allant de Juin à Août.



**Figure I. 9 :** Précipitations Moyennes Mensuelles (1982 A 2012).

D'après les données représentées dans la figure I.9, le mois le plus pluvieux est celui de Novembre avec 49.6 mm, alors que le mois le plus sec est celui de Juillet avec moins de 2.5

mm. Ceci donne une moyenne mensuelle de l'ensemble du bassin de la Tafna de l'ordre de 30.6 mm.

### I.5.1.3 Précipitations saisonnières

Comme l'indique la figure ci-dessous, la répartition saisonnière de la pluie de la même période d'étude montre que les valeurs maximales sont en hiver et le printemps, par contre, les valeurs minimales sont en été, avec un synchronisme dans l'évolution de la pluviométrie entre les stations.

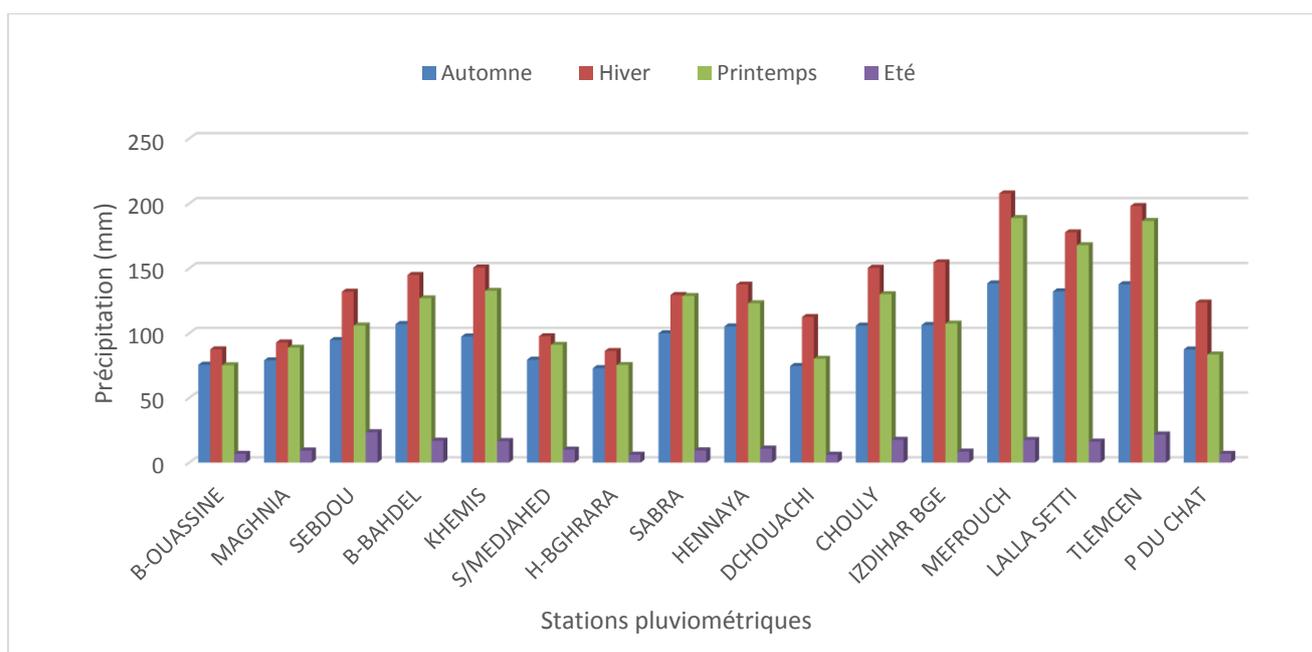
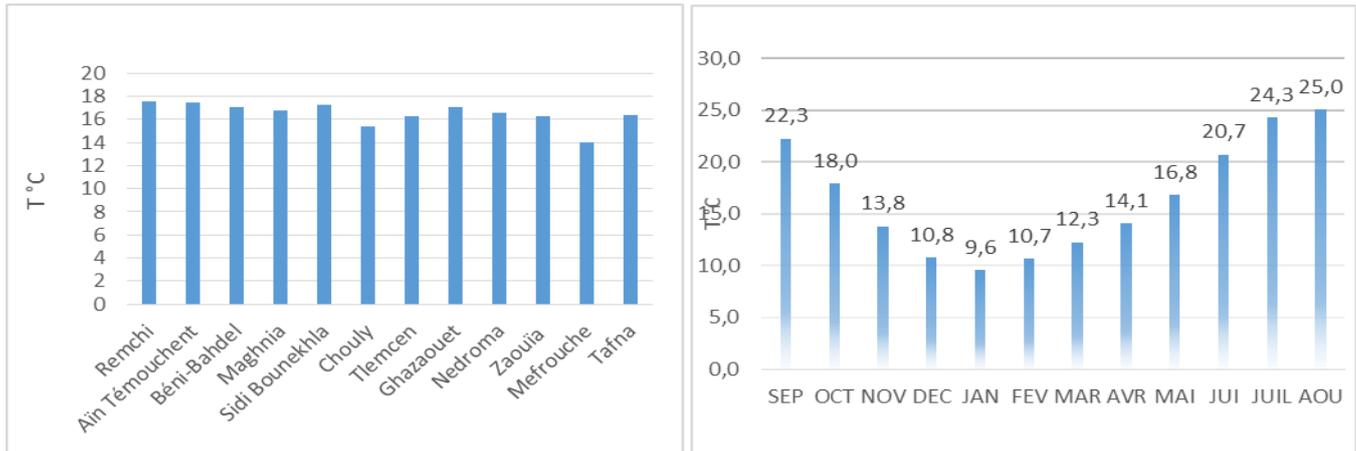


Figure I. 10 : Précipitations Moyennes Saisonnières 1982 A 2012.

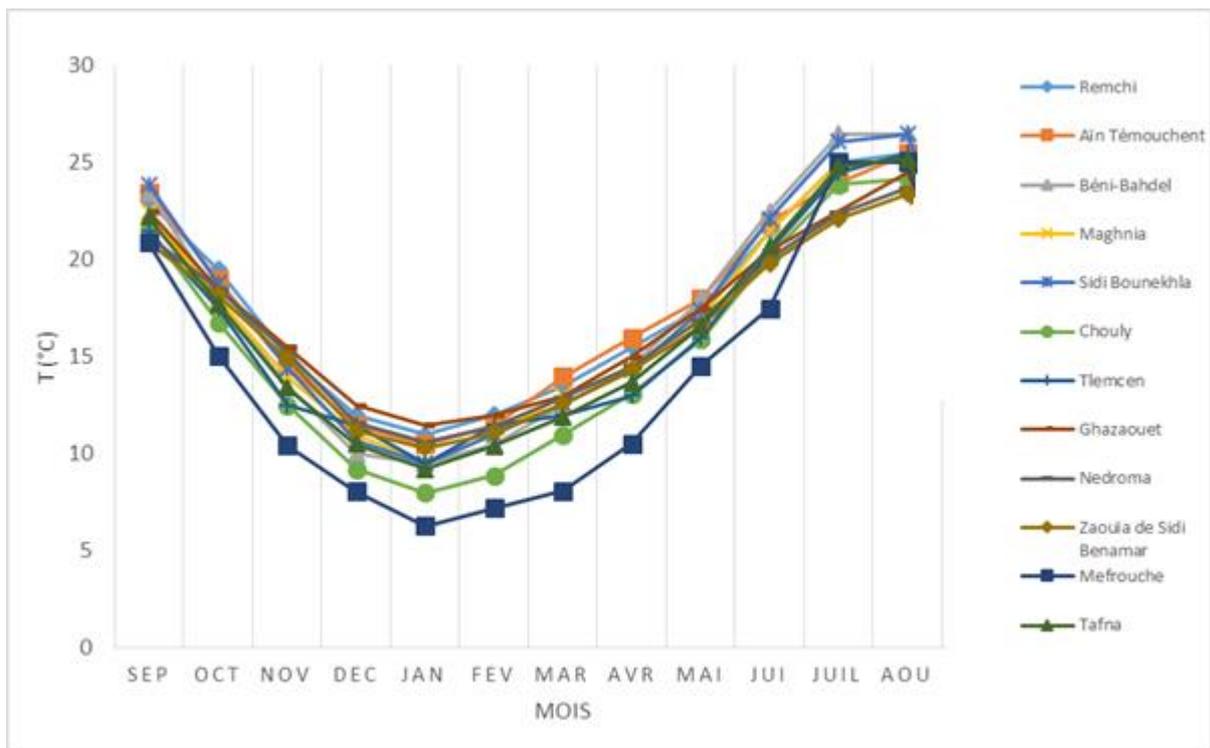
### I.5.2 Températures

Les températures moyennes annuelles et mensuelles sont des éléments moteurs du cycle de l'eau influençant directement d'autres facteurs météorologiques tels que l'insolation, la vitesse du vent, turbulence du vent, précipitations et évaporation (Saim S. et Zoubir S., 2015).

Nous disposons des données de températures moyennes mensuelles et annuelles des 12 stations représentatives du bassin, avec les minima et les maxima, qui sont représentées dans la figure I.13.



**Figure I. 11 :** Temperatures Moyennes Annuelles Des 7 Stations Représentatives Du Bassin Et Temperatures Moyennes Mensuelles De L'ensemble Du Bassin.



**Figure I. 12 :** Variation De La Temperature Moyenne Mensuelle Pour Les 12 Stations.

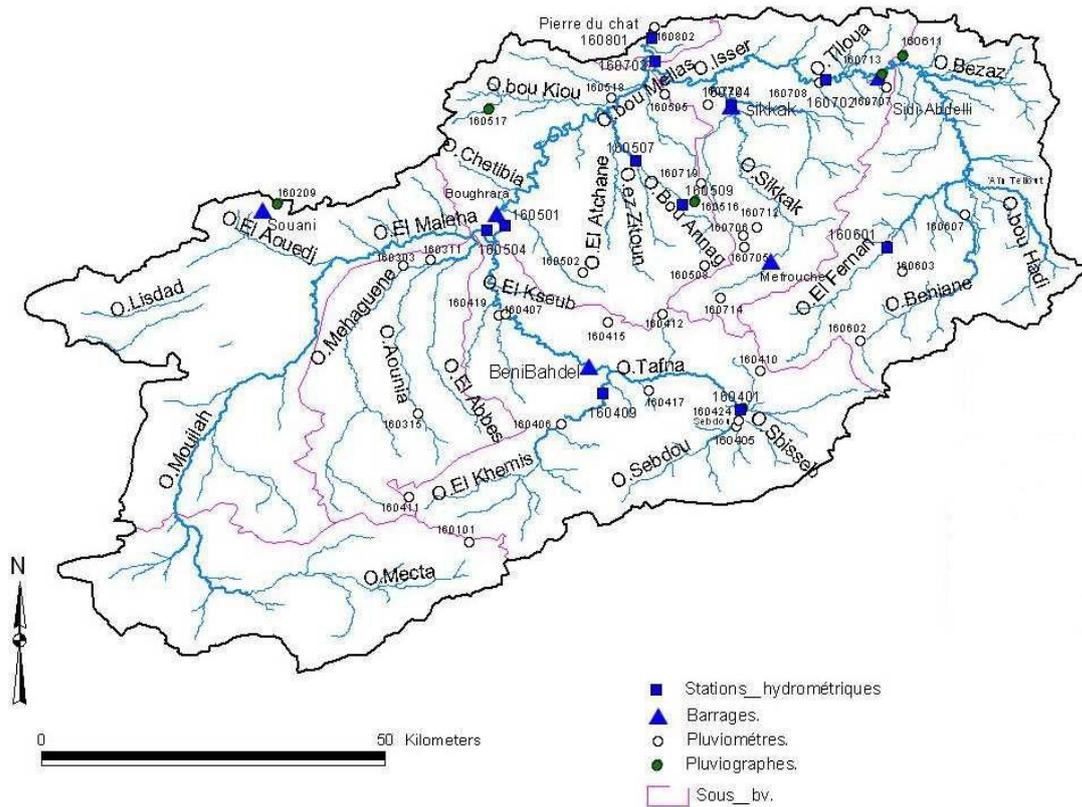
Les figures (I.11, I.12 et I.13), nous montrent que :

- La période chaude s'étale de Juin à Septembre avec comme pic le mois d'Août (25°C).
- La période la plus froide s'étale de Décembre à Février, avec comme mois le plus froid celui de janvier avec une moyenne de 9°C ;
- La moyenne annuelle la plus faible est de 14,06 °C enregistrée au niveau de la station de Mefrouche, alors que la moyenne annuelle la plus forte est de 17,6 °C enregistrée au niveau de la station de Remchi.

### **I.5.3 Etude hydrométrique**

Cette étude a été faite par Messatfa Kheira (2015) dans le cadre de sa thèse de magister, les 9 stations hydrométriques utilisées sont :

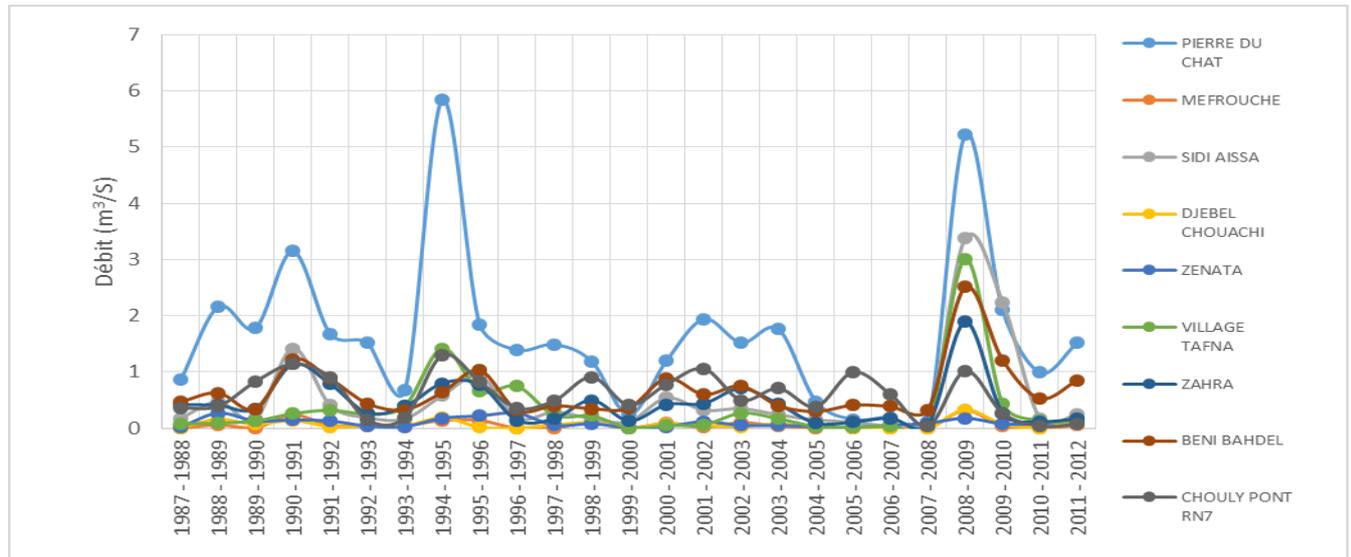
- ✓ Station de Pierre du chat ;
- ✓ Station de Mefrouche ;
- ✓ Station de Sidi Aissa ;
- ✓ Station de Djebel Chouachi ;
- ✓ Station de Zenata ;
- ✓ Station de Village Tafna ;
- ✓ Station de Zahra ;
- ✓ Station de Beni Bahdel ;
- ✓ Station de Chouly.



**Figure I. 13 :** Les Principales Stations Hydrométriques Du Bassin (Hafied Y. Et Al., 2017).

A noter que la période d'étude est la même pour toutes les stations, de 1987 à 2012.

**I.5.3.1 Débits annuels**



**Figure I. 14 :** Variations Des Debits Annuels Pour Les Differentes Stations (1987-2012).

Selon la série des débits qu'on dispose, pour la période allant de 1987 à 2012, nous constatons que les débits les plus importants sont ceux enregistrés au niveau de Pierre du Chat et les valeurs

les plus faibles sont enregistrées au niveau des stations de Djebel Chouachi et Zenata, comme il est montré dans la figure I.15.

D'autre part, l'évolution des débits au fil du temps suit une tendance pareille dans la plus part des stations mais à des gammes différents.

### I.5.3.2 Débits moyens mensuels

L'analyse des débits moyens mensuels permet de mettre en évidence les régimes des cours d'eau. Pour notre cas d'étude, cette analyse montre l'existence d'un écoulement irrégulier : une forte variabilité avec un écoulement maximal au mois de mars et très faible de mois Juin – Septembre.

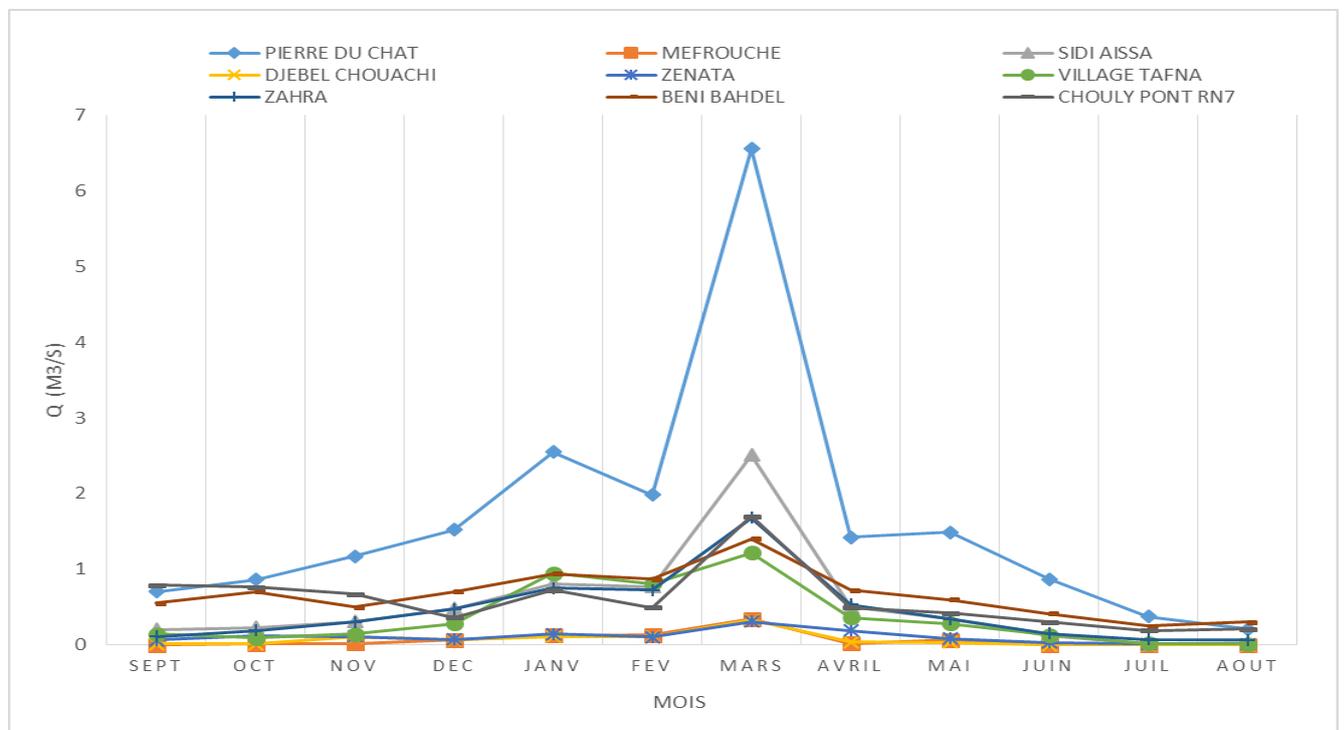
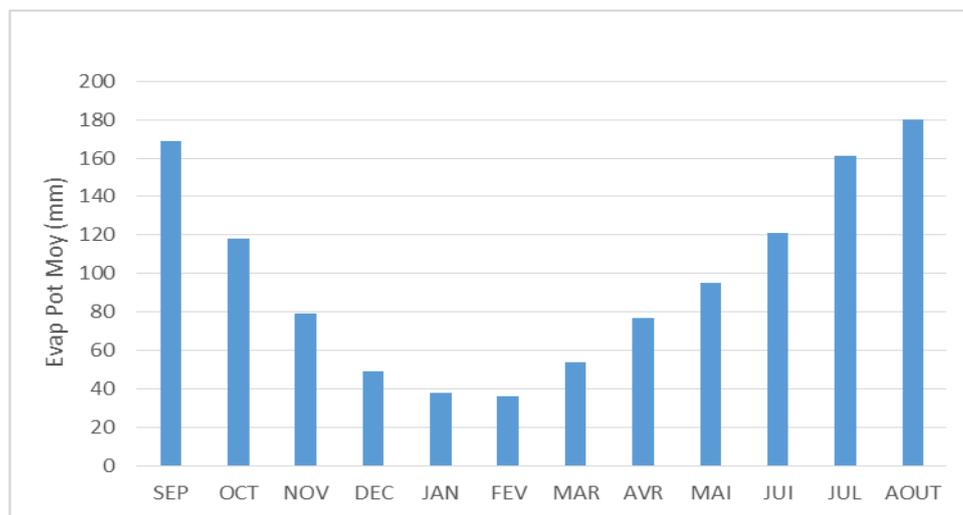


Figure I. 15 : Variation Du Debit Mensuel Par Station.

### I.5.4 Evaporation potentielle et bilan hydrologique

Le bassin orienté face au Nord, subit l'influence des perturbations complexes du régime méditerranéen. Les précipitations y sont irrégulières avec une moyenne mensuelle maximale en novembre 49,6 mm et le minimum étant situé en juillet avec 2.5 mm. Quant à la pluie moyenne inter-annuelle du bassin est estimée à 442 mm (Saci D., 2008).



**Figure I. 16 :** Evaporation Potentielle Moyenne Mensuelle (Mm) (Saci D., 2008).

Le tableau I.3 est basé sur l'étude réalisée par Bouanani (2004), qui traite de l'évapotranspiration réelle pour quelques stations de la Tafna à partir de différentes méthodes et le ruissellement par la méthode de Tixeront Berkaloff. Le bilan donne la valeur de l'infiltration pour chaque méthode.

**Tableau I. 3 :** Bilan Hydrologique De Quelques Stations De La Tafna (Bouanani A., 2004).

Stations	R (mm)	Turc		Coutagne		Wundt		Verdeil		Thorntwaite	
		Er	I	Er	I	Er	I	Er	I+R	Er	I
<b>Béni Bahdel</b>	35.5	415	-	376.3	23.1	420	-	390	9.4	376.3	23.1
<b>Maghnia</b>	20.1	351.5	-	317.8	19.5	350	-	320	17.3	331.8	5.5
<b>Chouly</b>	45.5	409.3	-	374.5	20.4	420	-	400	38.5	314.9	80
<b>Tlemcen</b>	58.7	445.9	-	482	-	450	-	460	23.3		

Le bilan calculé à partir des méthodes de Turc et Wundt n'est pas équilibré, il faut voir là une surestimation du ruissellement et/ou de l'évaporation réelle calculée. Toutefois on peut estimer l'infiltration moyenne à 18.5 mm à la station de Béni Bahdel, 14.1 mm à la station de Maghnia et 50.2 mm à la station de Chouly.

### I.5.5 Indice d'aridité annuel de De Martonne

Pour déterminer le type climatique dominant dans la région d'étude, De. Martonne (1923) a défini un indice appelé indice d'aridité annuel « i » (Anonyme) donné par (Ameziane A. & Bensaad M S., 2016) :

$$i = \frac{P}{T+10} \quad (\text{I.4})$$

Où :

P : Précipitations moyennes annuelles = 365.5 mm

T : Température moyenne annuelle = 16, 68°C

Donc :  $i = 13,7$

De. Martonne propose la classification suivante :

Climat hyperaride	Climat désertique	Climat semi-aride	Climat humide
$i < 5$	$5 < i < 10$	$10 < i < 20$	$i > 20$

Le calcul du coefficient d'aridité annuel de De Martonne pour le bassin de la Tafna montre que la région jouit d'un climat semi-aride.

## I.6 Hydrographie

### I.6.1 Réseau hydrographique

L'hydrographie du bassin de la Tafna couvre la totalité de sa superficie (voir figure I.18) et peut-être subdivisée en trois grandes parties (Babalé Mallam Sani I., 2017) :

- partie orientale avec comme principaux affluents l'oued Isser et l'oued Sikkak),
- partie occidentale comprenant la Haute Tafna (oued Sebdou et oued Khemis) et l'oued Mouilah,
- partie septentrionale : qui débute pratiquement du village Tafna et s'étend jusqu'à la plage de Rachgoune, embouchure de la Tafna sur la mer. Les oueds Boukiou, Boumessaoud et Zitoun sont les principaux affluents de cette partie.

I.6.2 Sous-bassins

Le bassin hydrographique d'une superficie de 7 245 km<sup>2</sup> est constitué de 8 sous bassins dont deux se trouvent en amont dans le territoire Marocain.

Tableau I. 4 : Quelques Caracteristiques Des Sous-Bassins De La Tafna (Morsli S., 2018).

Code sous bassin	Nom du sous-bassin	Cours d'eau	Surface (Km <sup>2</sup> )	Précipitations Moyennes (mm)	Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /s)
1601	Mouilah Amont	S. Belkhir	745	299	0,382
1602	Mouilah Aval	Mouilah	1228	341	-
1603	Bouhrara	Mehaguène	665	339	-
1604	Tafna Amont	Tafna	1294	389	0,025
1605	Tafna Boukiou	Tafna Boukiou	978	398	0,0167
1606	Isser Cedra	Isser Cedra	1118	421	0,150
1607	Isser Sikkak	Isser Sikkak	825	432	-
1608	Tafna Maritime	Tafna	392	362	0,484
<b>TOTAL</b>	<b>08</b>	<b>-</b>	<b>7 245</b>	<b>372,625</b>	<b>-</b>

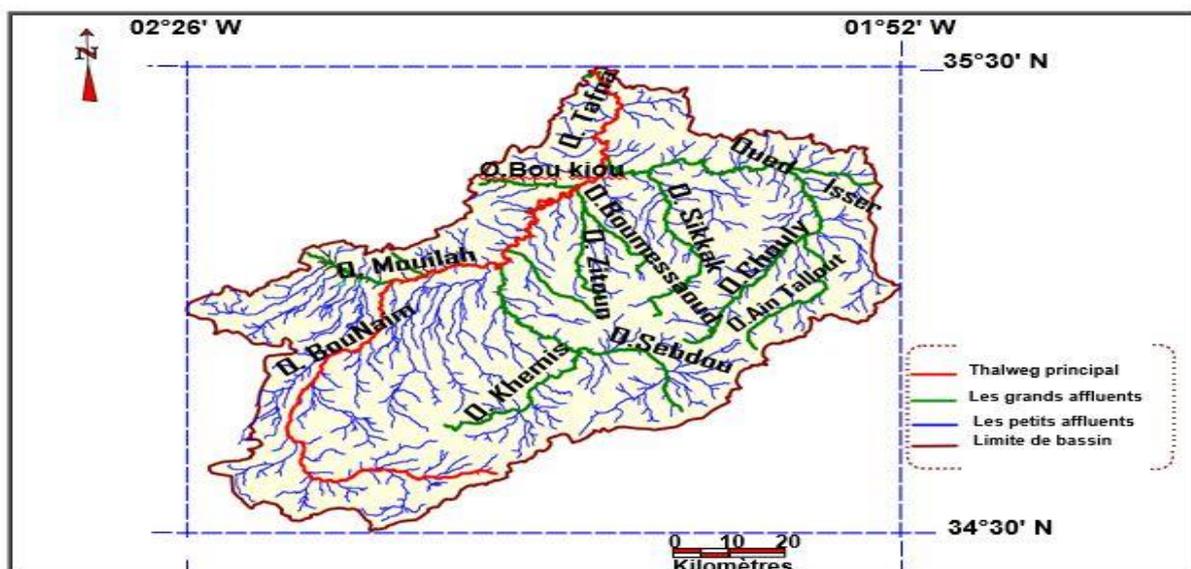


Figure I. 17 : Le Reseau Hydrographique Du Bassin De La Tafna (Ketrouci K., 2014).

La figure ci-dessous indique la position des sous bassins de la Tafna et le réseau hydrographique correspondant avec la répartition des altitudes.

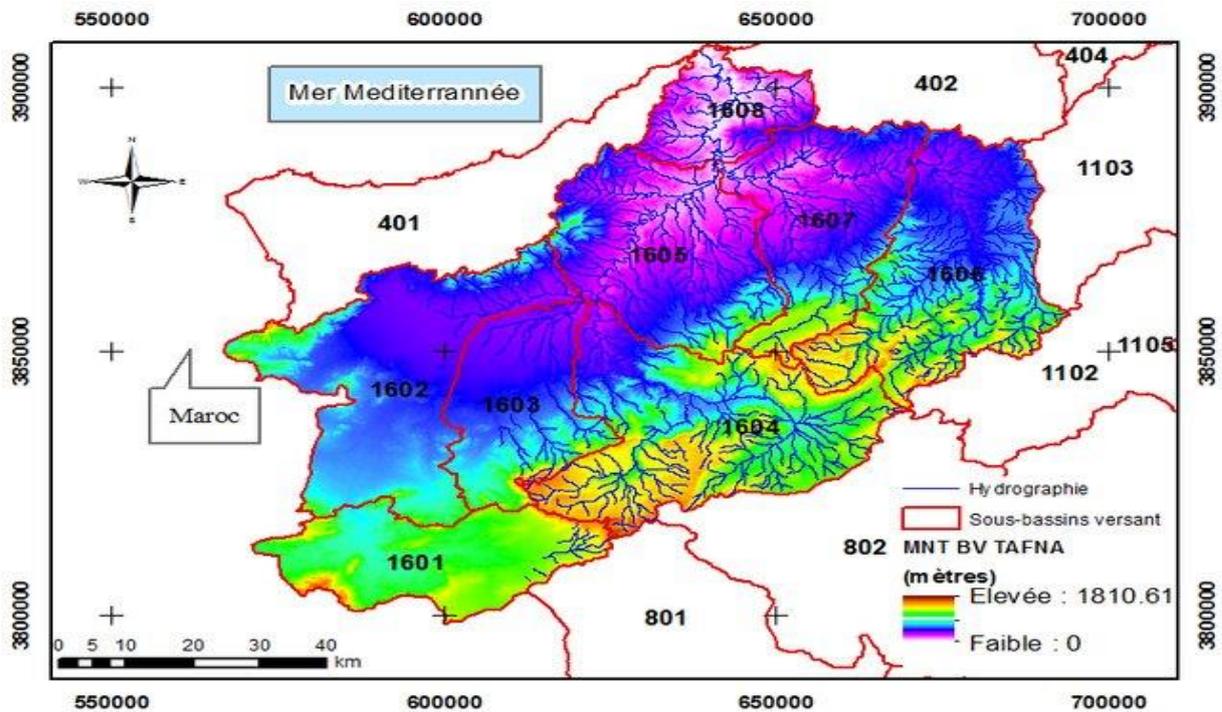


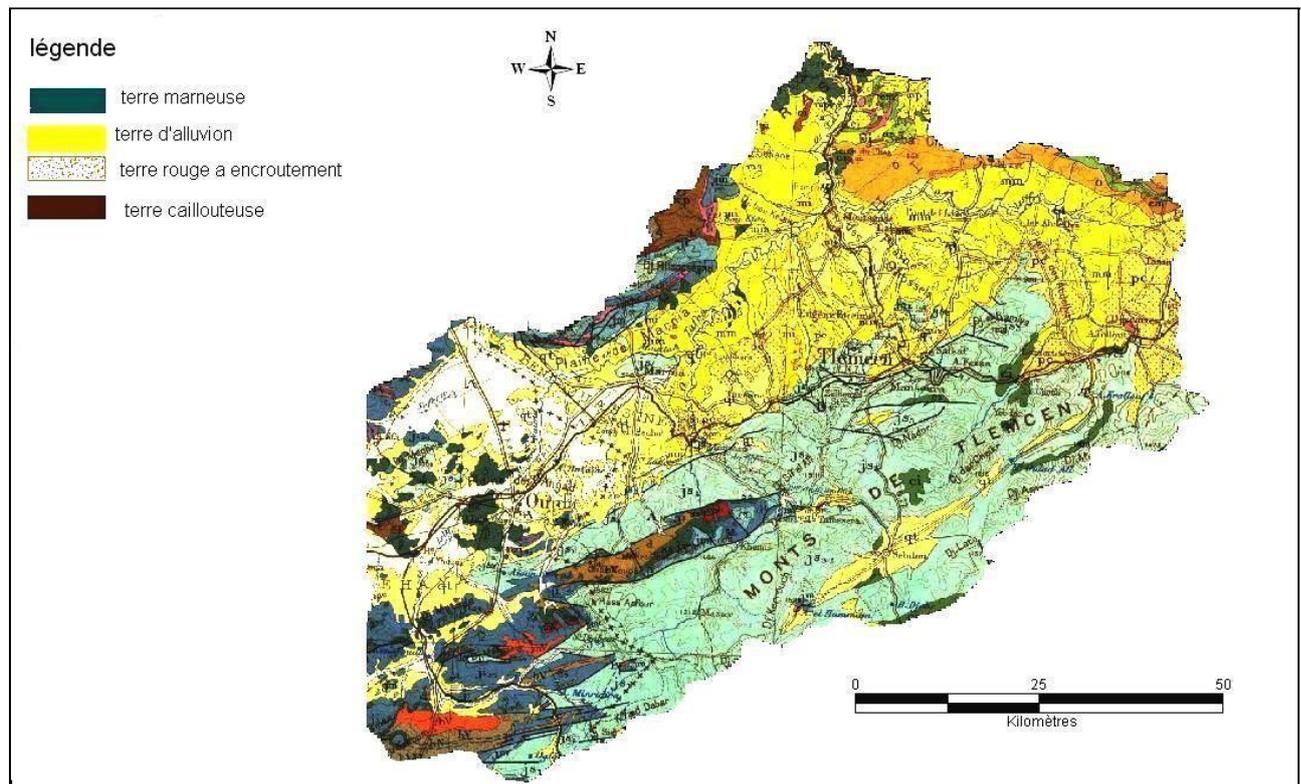
Figure I. 18 : Sous-Bassins De La Tafna (Dehni A. Et Al., 2015).

## I.7 Sol et végétation

Les sols du bassin de la Tafna sont composés de quatre grands ensembles (Beneddine L., 2012) :

- Les terres d'alluvions qui recouvrent les basses terrasses. Mouilah et les lits majeurs des oueds,
- Les terres caillouteuses aux piémonts des monts de Tlemcen et des Traras,
- Les terres rouges à encroûtement, localisées dans les plaines de Maghnia et Ouled Riah,
- Les terres marneuses, couvrant une grande partie de la région de Tlemcen.

On remarque que les marnes et les alluvions sont dominantes, elles représentent plus de 80% du bassin.



**Figure I. 19 :** Carte Des Types De Sols Dans La Tafna (Beneddine L., 2012).

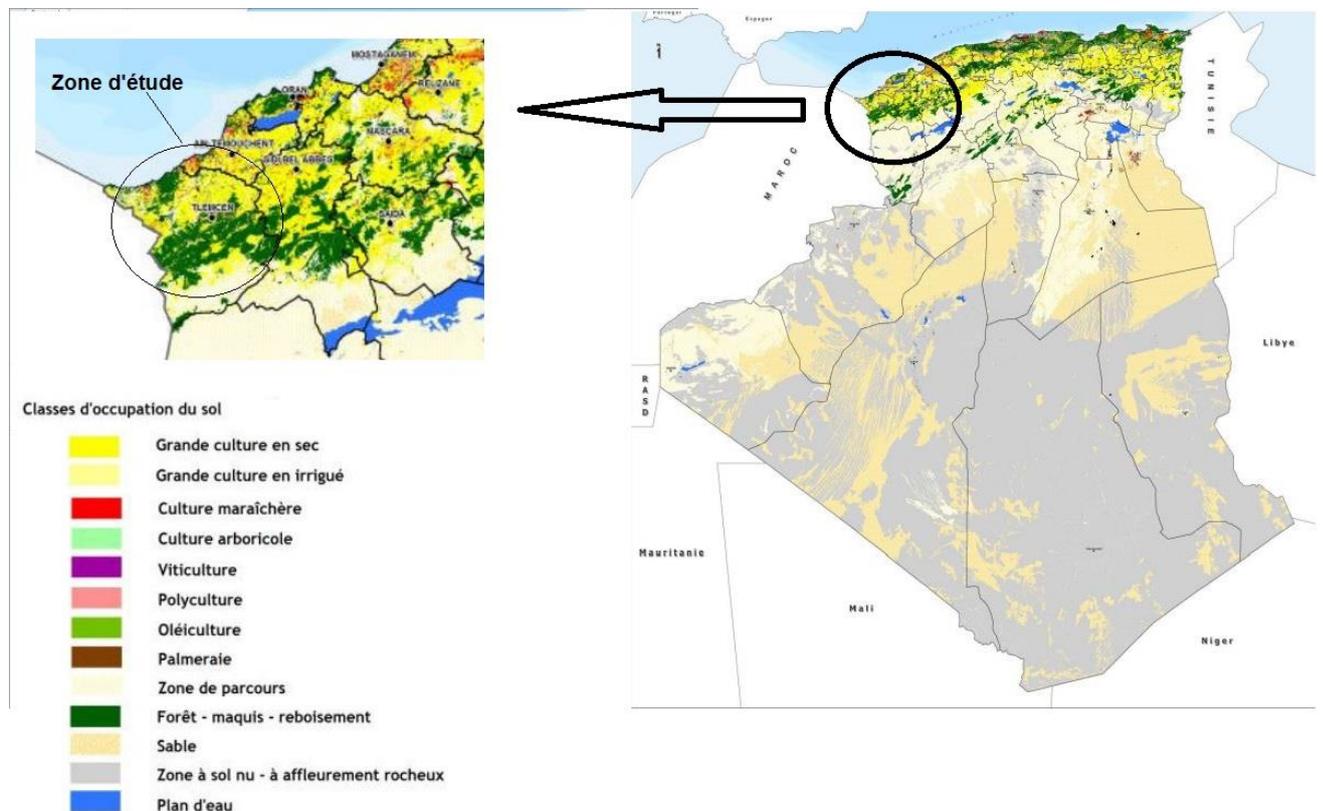
La végétation et le type de sol sont intimement liés et leurs actions combinées influencent singulièrement l'écoulement en surface. Le couvert végétal retient, selon sa densité, sa nature et l'importance des précipitations, une proportion variable de l'eau atmosphérique. Cette eau d'interception est en partie soustraite à l'écoulement (Beneddine L., 2012).

Les sols du bassin de la Tafna sont composés de quatre grands ensembles (Araf A., 2012) :

- les terres d'alluvions qui recouvrent les basses terrasses et les lits majeurs des oueds
- les terres caillouteuses aux piémonts des monts de Tlemcen et des Traras ;
- les terres rouges à encroûtement, localisées dans les plaines de Maghnia et Ouled Riah
- les terres marneuses, couvrant une grande partie de la région de Tlemcen.

Sur le plan spatial, 61% du potentiel forestier couvre les massifs montagneux : monts de Tlemcen (52%) et monts des Traras (9%). La steppe abrite 33% de la couverture forestière, le reste (6%) est réparti entre les plaines agricoles de la wilaya. Nous remarquons clairement en observant ces chiffres que les forêts ou plutôt les formations forestières se trouvent en grande partie montagneuse du bassin de la Tafna et en particulier sur le Monts de Tlemcen, ceci semble

être en liaison avec l'abondance des précipitations dans ces zones (Babalé Mallam Sani I., 2017).



**Figure I. 20 :** Carte D'occupation Du Sol De La Zone D'étude Extraite De La Carte De L'algerie (Bulletin D'information Mensuel, Juin 2013, Bmi N°15 Carte De L'occupation Du Sol De L'algerie A L'echelle Du 1/ 50 000° Et Du 1/200 000°).

## I.8 Ressources en eau dans la Tafna

### I.8.1 Ressources conventionnelles

#### I.8.1.1 Ressources souterraines

Le milieu aquifère dans la Tafna est diversifié vue la géologie complexe du bassin (voire la figure I.21). D'autre part, les potentialités hydriques varient d'une nappe à une autre, et cette variation est fonction de l'étendu de la nappe, la géologie et la recharge (la pluviométrie).

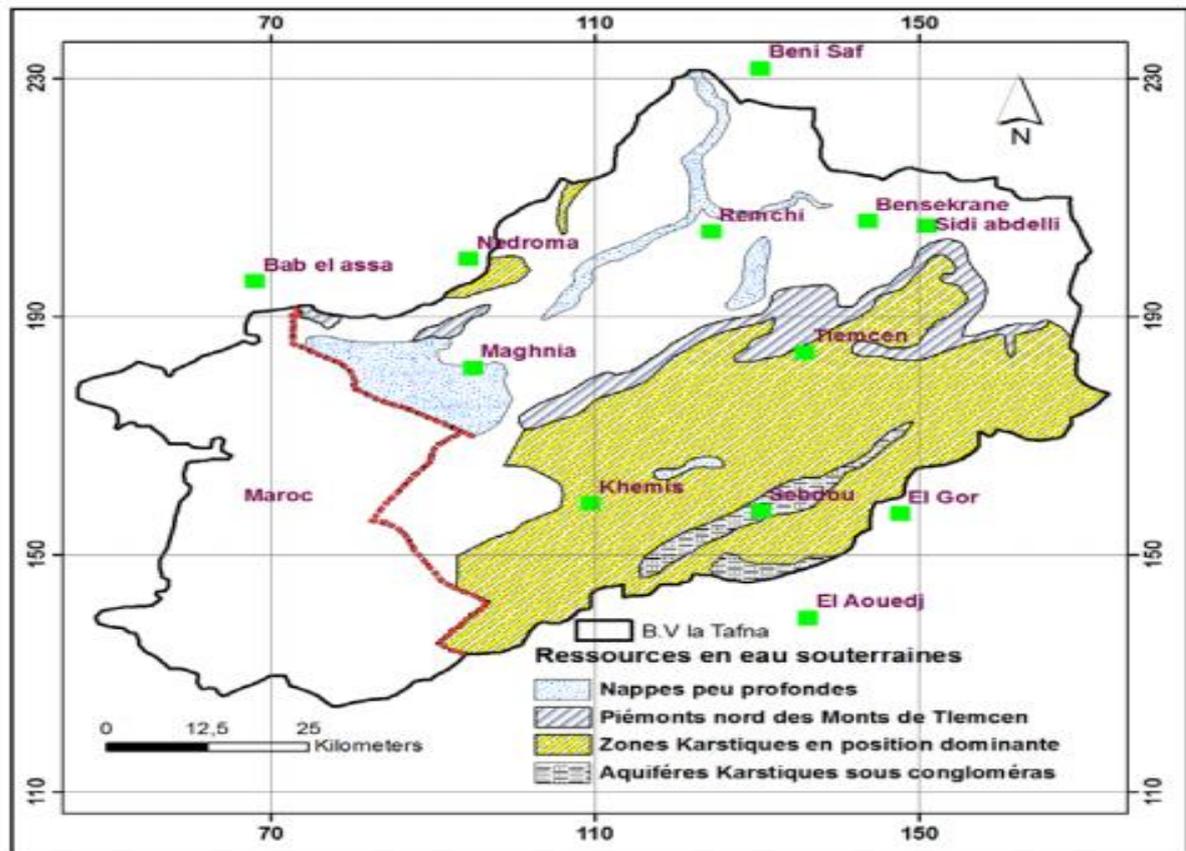


Figure I. 21 : Système Aquifère De La Tafna (Rouissat B., 2016).

L'exploitation de ces nappes est destinée en premier lieu pour l'approvisionnement de l'eau potable et puis pour quelques aires agricoles.

Tableau I. 5 : Caractéristiques Des Nappes De La Tafna (ABHOCC).

Nom l'Unité Hydrogéologique	Etendu (km <sup>2</sup> )	Les ressources renouvelables (Hm <sup>3</sup> /an)			Les ressources renouvelables utilisables (Hm <sup>3</sup> /an)		
		V Moy /An	V Humide / An	V Sèche /An	V Moy / An	V Humide /An	V Sèche / An
PLAINE DE MAGHНИЯ	231.27	3.55	10.58	0.75	5.68	16.93	1.21
REGION DE BENI BOU SAID	116.12	4.51	10.58	1.14	8.57	20.10	2.16
MONTS DE TLEMCEN	2838.78	190.79	357.71	45.39	53.17	99.68	5
PLAINE DE M'SIOUEN – SIDI AISSA	131.60	4.69	13.63	1.09	4.78	13.90	1.12
REGION D'OU LHACA	74.57	19.13	32.76	9.57	2.87	4.91	1.43
VALLEE DE LA TAFNA	77.64	13.17	20.75	6.18	1.71	2.70	0.80
PLAINE DE HENNAYA	260.48	6.83	22.99	2.09	1.37	4.60	0.42
<b>Total</b>	<b>3730,46</b>	<b>242,67</b>	<b>469</b>	<b>66,21</b>	<b>78,15</b>	<b>162,82</b>	<b>12,14</b>

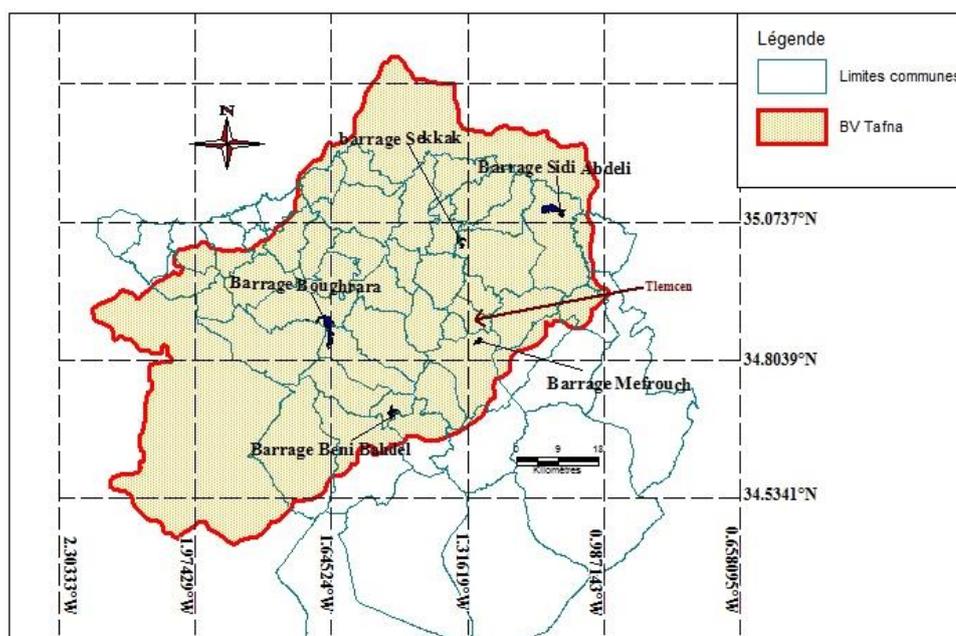
**I.8.1.2 Ressources superficielles**

**I.8.1.2.1 Grands Barrages**

Les ressources superficielles dans le bassin de la Tafna sont mobilisées par 5 grands barrages en services avec une capacité totale de 385 Hm<sup>3</sup> (voir figure I.22), sachant qu'un sixième barrage est hors service qui est celui de Souani (13 Hm<sup>3</sup>). Ce dernier était dédié à contenir le sur plus de barrage de Beni, mais il n'a jamais reçu d'affluents. Les cinq barrages servent l'approvisionnement en eau potable des certains centres urbains et ruraux – dudit bassin et même d'autres (comme le cas du transfert d'eau de Beni Bahdel vers Oran) - et l'irrigation de quelques périmètres et parcelles agricoles.

**Tableau I. 6 : Situation Des Barrages De La Tafna (DRE, 2017).**

Nom de communes	Nom du barrage	Capacité de la retenue (Hm <sup>3</sup> )	Volume régularisable (Hm <sup>3</sup> )	Volume au 03/2018 Hm <sup>3</sup>
Terny-Béni Hdiel	Meffrouche	15	15	2.828
Béni Bahdel	Béni Bahdel	56	56	13.123
Sidi Abdelli	Sidi Abdelli	110	57	69.946
Hammam Boughrara	H;Boughrara	177	59	158.892
Ain Youcef	Sekkak	27	22	25.5
Souani	Souani	14	-	-
<b>T O T A L</b>		<b>399</b>	<b>209</b>	<b>270.289</b>



**Figure I. 22 : Situation Géographique Des Barrages De La Tafna.**

### I.8.1.2.2 Petits Barrages et Retenues collinaires

Généralement, ces ouvrages sont destinés pour l'irrigation de près de 600 Ha et une capacité globale de 7 590 000 m<sup>3</sup>, avec une hauteur qui ne dépasse pas les 25 m.

**Tableau I. 7 :** Situation Petits Barrages Et Retenues Collinaires De La Tafna (DRE, 2017).

Commune	Année de réalisation	Nom de l'ouvrage	Hauteur (m)	Capacité actuelle (m <sup>3</sup> )	superficie irriguée (Ha)
Ouled Riah	1990	OUED Atchane	18	500 000	89
Sidi Abdelli	1990	OUED Tiloua	18,5	350 000	60
Sidi Abdelli	1984	Sidi Snouci	13	400 000	25
Sidi Abdelli	1980	Chaâbet Alia	14	400 000	20
Amieur	1990	Guettara	14,5	300 000	66
Ouled Mimoun	2004	OUED Khalfoun	16	1 000 000	125
Zouia	2008	OUED Zouia	23,6	2 000 000	30
Ain Tellout	2013	Bahloula	14,9	1 200 000	50
Béni Snous	2010	OUED Mazer	4,25	140 000	3
Zouia	1991	OUED Aich	18	750 000	50
Bouihi	1988	Magoura	8,3	300 000	60
Bouihi	2010	El Abed	9,3	250 000	10
<b>TOTAL</b>				<b>7 590 000</b>	<b>588</b>

## I.8.2 Ressources non conventionnelles

### I.8.2.1 Dessalement de l'eau de mer

En effet, l'approvisionnement en eau d'un nombre assez conséquent de centres urbains, situés dans le bassin de la Tafna, est assuré depuis 2012 par deux stations de dessalement (qui sont pratiquement identiques) d'une capacité journalière de 200 000 m<sup>3</sup>/j chacune, à savoir la SDEM (Société de Dessalement d'Eau de Mer) de Souk Tlata et la SDEM de Honaine. Sauf que ces deux stations sont en dehors dudit bassin, géographiquement parlant. Le tableau I.8 donne :

**Tableau I. 8 :** Production Mensuelle Et Annuelle Des SDEM En 2017 (DRE, 2017).

Mois	Production SDEM Souk Tleta (m <sup>3</sup> )	Production SDEM Honaine (m <sup>3</sup> )
Janvier	928 171	5 177 093
Février	1 099 644	5 355 140
Mars	1 226 160	5 607 690

Avril	1 974 000	4 865 460
Mai	2 183 330	5 165 902
Juin	2 298 000	5 082 240
Juillet	2 228 900	5 772 944
Août	2 517 200	5 770 340
Septembre	2 114 700	4 545 270
Octobre	2 286 870	5 158 648
<b>Total (m3)</b>	<b>18 856 975</b>	<b>52 500 727</b>

### I.8.2.2 Epuration des eaux usées

Au niveau du bassin de la Tafna, 09 stations d'épuration seront exploitées dans l'avenir. 05 stations seulement sont fonctionnelles dont 03 stations de grande capacité, il s'agit des stations d'épuration de Maghnia, du groupement urbain de Tlemcen (GUT) et de Sidi Snoussi. Le tableau suivant récapitule une synthèse sur le programme des stations d'épuration en exploitation et programmées.

**Tableau I. 9** : Capacités De Production Des Stations D'épuration Dans Le Bassin De La Tafna (DRE, 2018).

STEP	Type	Volume épuré (m <sup>3</sup> /j)	Volume épuré (Hm <sup>3</sup> /An)	Etat
Ain El Houtz	Boues activées	14577	5,320605	En exploitation
Maghnia	Boues activées	22000	8,03	En exploitation
Sidi Snoussi	Lagunage	1300	0,4745	En exploitation
GUT Tlemcen	Boues activées	52800	19,272	En étude
Hennaya	Boues activées	35700	13,0305	En projet
Remchi	Boues activées	21600	7,884	En projet
Sebdou	Boues activées	6000	2,19	En projet
Ghazaouet	Boues activées	4800	1,752	En étude
Marsat Ben M'hidi	Boues activées	15000	5,475	En projet
Nedroma	Boues activées	4800	1,752	En étude
Honaine	Boues activées	3000	1,095	En étude
Ouled Mimoun	Boues activées	3600	1,314	En étude
Terny	Bassin de décantation	750	0,27375	En exploitation
Sidi Djillali	Bassin de décantation	850	0,31025	En exploitation
Ain Tallout	Lagunage	6500	2,3725	En étude
<b>Total</b>		<b>193277</b>	<b>70,546105</b>	

### I.8.3 Bilan hydrique

La figure I.23 résume en termes de volumes mobilisés et potentialités des ressources en eau dans le bassin de la Tafna pour l'année 2017. On remarque que les ressources venues de la réutilisation des eaux sont exploitées en pleine capacité au contraire des ressources conventionnelles et le dessalement où l'exploitation ne dépasse pas les 35%.

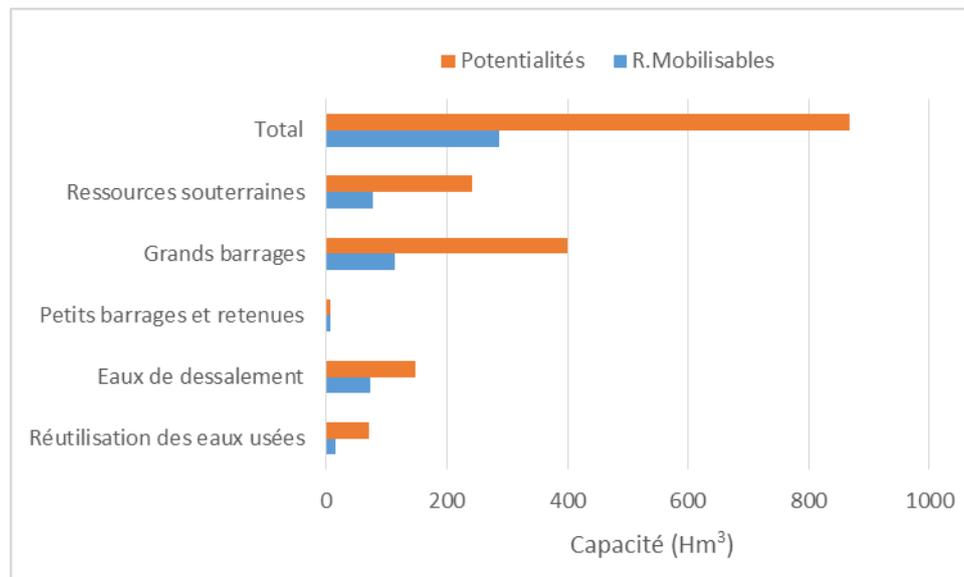
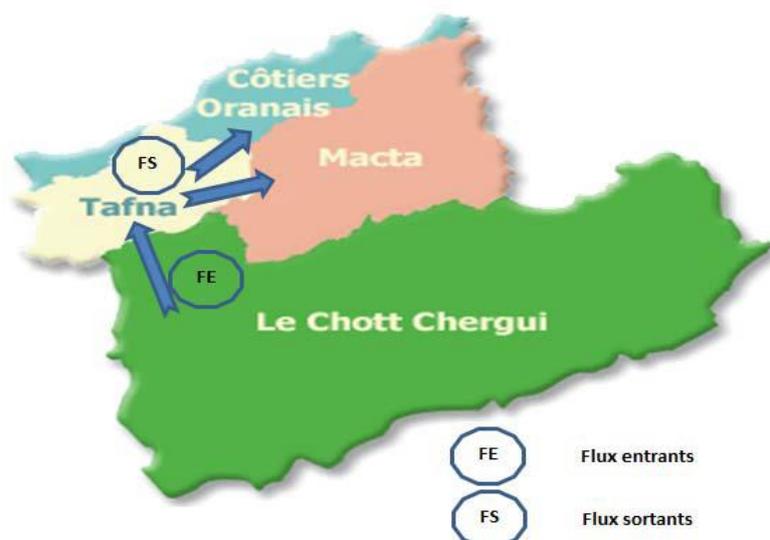


Figure I. 23 : Bilan Hydrique Des Ressources En Eau Dans La Tafna.

### I.8.4 Transferts entrants et sortants dans le bassin de la Tafna

Une partie des ressources hydriques de la Tafna est transférée vers d'autres bassins. Il s'agit des transferts vers la Wilaya de Sidi bel Abbés et Oran. Dans le cadre du transfert des eaux du champ de captage Chott el Gherbi, certaines agglomérations du bassin de la Tafna sont desservies par ce transfert. La figure suivante et Tableau I.10 illustrent les transferts associés avec la Tafna (Rouissat B., 2016).



**Figure I. 24 :** Transferts Entrants Et Sortants Dans Le Bassin De La Tafna (Rouissat B., 2016).

Le tableau suivant résume quantitativement ces transferts.

**Tableau I. 10 :** Flux Des Ressources En Eau De La Tafna (Rouissat B., 2016).

	Transferts	Capacités (Hm <sup>3</sup> /An)	Destinations
<b>Flux de ressources sortants (FS)</b>	<b>Barrage Beni Bahdel</b>	7,3	Oran
	<b>Barrage Sidi Abdeli</b>	14,6	Sidi Bèl Abbès
	<b>Prise Tafna</b>	10	Oran
	<b>SDEM</b>	14,6	Sidi Bèl Abbès
	<b>Total flux ressources sortants</b>	<b>31,9</b>	
<b>Flux de ressources entrants (FE)</b>	<b>Chott El Gherbi</b>	18,2	Localités sud (El Aricha, Sebdou, El gor, Sidi djillali et El Bouihi)
	<b>Total flux ressources entrants</b>	<b>18,2</b>	

## I.9 Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau du bassin versant de la Tafna incluent :

- les besoins en eau domestique ;
- les besoins en eau industriels et en équipements ;
- les besoins en eau d'irrigation

## I.9.1 Besoins domestique

### I.9.1.1 Aperçu sur la population

Historiquement, Tlemcen est reconnue comme étant une ville traditionnelle très animées et vivante, surtout en terme de l'artisanat (Bouisri A. & Pradel De Lamaze F., 1971).

D'autre part, le bassin de la Tafna est situé dans le Nord-Ouest du pays sur "la bande littorale" qui borde la Méditerranée où la structure spatiale de la population est polarisée. Cette zone contient les terres agricoles les plus fertiles, les infrastructures de transport, de communication (routes, voies ferrées, ports, aéroports), ainsi que toutes les commodités nécessaires à l'activité industrielle (eau, électricité, téléphone), la densité de population tend vers une moyenne de (245 hab/km<sup>2</sup>) (ONS, 2011).

La partie nommée "Tell et steppe", se situe entre les chaînes de montagnes de l'atlas tellien au nord et de l'atlas saharien au sud, Ces zones steppiques ont une densité moyenne de 70,6 hab/km<sup>2</sup>. Traditionnellement, c'est une zone d'élevage ovin et de céréaliculture, mais elle a bénéficié depuis l'indépendance, d'investissements industriels élevés alors que le développement des infrastructures routières et ferroviaires a été bloqué par la crise économique et financière de ces quinze dernières années (Kateb K., 2003).

Le groupement urbain de Tlemcen et Maghnia sont les grands centres urbains avec une population au-dessus de 100000 habitants, ces deux sites sont le moteur de l'activité socio-économique dans le bassin, cette activité est remarquée à des échelles différentes pour des villes comme Remchi, Hennaya et Sebdou ou la population dépasse les 40000 habitants pour chacune.

### I.9.1.2 Calcul des besoins

Afin de connaître les besoins en eau domestique actuels de la Tafna, nous devons prendre en compte l'évaluation de la population actuelle (2018) ainsi que la consommation d'eau (Morsli S., 2018).

L'évolution de la population peut être calculée par la formule suivante :

$$P_n = P_0(1 + \alpha)^a \quad (\text{I.5})$$

Où :

$P_n$  : population du futur horizon

$P_0$  : Population de l'année recensée ou l'année de référence

$\alpha$  : Taux d'accroissement

$a$  : nombre d'année entre le futur horizon et l'année de référence.

Les besoins domestiques en eau potable sont déterminés selon les formules suivantes :

$$\text{Besoins domestiques} = N \times D \quad (\text{I.6})$$

$D$  : dotation.

$N$  : nombre d'habitants.

Les besoins en eau pour les équipements sont estimés à 11% des besoins domestiques.

$$\text{Besoins d'équipements} = 11\% \times \text{Besoins domestiques} \quad (\text{I.7})$$

**Tableau I. 11** : Evolution De La Population De La Tafna Pour Différents Horizons (Morsli S., 2018).

Région	Taux d'accroissement (%)	Population 2018	Horizon 2025	Horizon 2040	Horizon 2050
Tlemcen	2,20%	286829	334026	462960	575509
Plaines inférieures	2,16%	245926	285608	393535	487295
Monts de Traras	1,29%	192090	210122	254666	289492
Monts de Tlemcen	1,30%	162558	177941	215981	245760
Plaines de Maghnia	1,17%	153961	167021	198860	223391
Zone Steppique	2,30%	37904	44444	62510	78471
Monts de Sebaa chioukh	0,90%	12784	13611	15569	17029
<b>Total</b>	-	<b>1092052</b>	<b>1232773</b>	<b>1604082</b>	<b>1916946</b>

**Tableau I. 12 :** Evolution Des Besoins Domestiques De La Tafna Pour Différents Horizons Et Pour Plusieurs Dotations.

Horizon	Dotation l/j/hab	Population	Besoin domestique	Besoin d'équipements	Besoins Total
			Hm <sup>3</sup> /An	Hm <sup>3</sup> /An	Hm <sup>3</sup> /An
2018	150	1 092 052	59,79	6,58	66,37
	200		79,72	8,77	88,49
	250		99,65	10,96	110,61
2025	150	1 232 773	67,49	7,42	74,92
	200		89,99	9,90	99,89
	250		112,49	12,37	124,86
2040	150	1 604 082	87,82	9,66	97,48
	200		117,10	12,88	129,98
	250		146,37	16,10	162,47
2050	150	1 916 946	104,95	11,54	116,50
	200		139,94	15,39	155,33
	250		174,92	19,24	194,16

Les besoins domestiques évoluent de 13% en 2025, de 47% en 2040 et 76% en 2050 par rapport au 2018.

### I.9.2 Besoins agricole

Durant la période 1998-2007, le volume des ressources en eau affecté au secteur agricole est passé de 34,10 Hm<sup>3</sup>/An à 50,10 Hm<sup>3</sup>/An alors que la demande était de 120 Hm<sup>3</sup>/An. Le tableau suivant résume la demande en eau du secteur agricole à différentes échéances (Rouissat B., 2016).

**Tableau I. 13 :** Variation De La Demande En Eau D'irrigation Dans La Tafna (Rouissat B., 2016).

Echéances	2010	2015	2025
Demande irrigation (Hm <sup>3</sup> /An)	120	154	196

La wilaya de Tlemcen dispose d'une superficie agricole totale de **537 274 ha** composée comme suit (DRE, 2017) :

- Superficie Totale de la wilaya (S.T) 901 769 ha
- Superficie Agricole Totale (S.A.T) 537 274 ha (60% par rapport à la ST wilaya)
- Superficie Agricole Utile (S.A.U) 350 285 ha (65% par rapport à la SAT)

Cette superficie est répartie sur 04 grandes zones de la wilaya :

- Les Monts de Tlemcen, Béni Snous, et Haute Tafna.
- Les Monts des Traras et le littoral.
- La Moyenne, basse Tafna, plaines et plateaux.
- La zone steppique.

La superficie irriguée à la fin de 2017 est de **29 605 Ha** détaillée suivant le tableau I.13:

**Tableau I. 14** : Nombre Et Systemes Et Superficies D'irrigation En 2017 (DRE, 2017).

Système D'irrigation	Nom bre	Superficie Irrigee (ha)	Dotation (m <sup>3</sup> /an/ha)	Besoins (Mm <sup>3</sup> /an)
Irrigation à partir du barrage de Béni Bahdel (périmètre Maghnia)	1	1 350	6000	8,1
Irrigation à partir des petits barrages	12	588	6000	3,528
Irrigation à partir de la STEP D'Ain Houtz	1	735	6000	4,41
Irrigation à partir des forages	1723	10 843	6000	65,058
Irrigation à partir des puits	1460	4 250	6000	25,5
Irrigation au fil de l'eau	1603	10 242	6000	61,452
Irrigation par les sources	222	1 597	6000	9,582
<b>TOTAL</b>		<b>29 605</b>		<b>177,63</b>

D'après le tableau, le secteur agricole est le plus gros consommateur d'eau avec une capacité de 177,63 Hm<sup>3</sup> / an. La participation de l'eau recyclée à travers l'épuration permet de couvrir plus de 3% des besoins agricoles.

## I.9.3 Besoins industriels

Le tableau suivant montre la majorité des unités industrielles dans la wilaya de Tlemcen et leurs besoins annuels en eau.

**Tableau I. 15 :** Les Industries Et Leurs Besoins En Eau Dans la wilaya De Tlemcen En 2011 (DRE).

Usine	Besoin Hm <sup>3</sup> /an	Usine	Besoin Hm <sup>3</sup> /an
Sarl Premier Papier	0,000073	SOITEX SPA	1 ,50
Sarl CAVIR – Remchi	0,000182	Sarl Cosa Plast ique	0,0000072
Sarl BMF Benabou Med Fouzi	0,0000036	Sarl garvure PUB	0,0000028
Sarl ECOPACK	0,000035	SNC Fatex	0,0025
Sarl SOFATAY	0,00000365	ENAJUC	0,6
ETB Rahmoun et ses Frères	2,1	Sarl BEL – Plast ique	0,000073
AGRO Industrie SNC	0,00000365	Limonaderie Belkaid	0,08
Nafli Abdelmajid	0,00001	UPA Ain Fezza (ALF)	0,00000365
Benkandil Nouria ve Lechlech	0,00001	Trapact	0,000073
Rachedi Benamar	0,0000182	SARL FTEF	0,02
Rachedi Rachid	0,00001	Sarl FABI Plast ique (Bensfia Houari)	0,02
Aoumallal	0,000036	AFRIC DENTAL	0,00001825
ETICO	0,7	AFIF AHMED	0,004
SARL LAITERIE RIO	0,0000179	Coopé Oléicole	0,001
SARL MINOTERIE SIDI BOUMEDIEN	0,00002644	Aouint i Mohammed TCA	0,005
SPA SOTRAR	0,03	FABI Lachachi Hebri	0,01
TER Nair (imprimerie)	0,00000199	EURL Alurux Mr Saidi Abderrezak	0,003
SARL MAF	0,00001094	SARL MTA Mazari et fils	0,0000032
SOMACTT	0,00126	SARL Bachir	0,0000012
SPA Samac	0,01	SARL MOULINS MAGHREB	0,01
Sarl FAMAP	0,00000158	GUELLIL Abdelkrim	0,0000011
SPA VIM	0,000044	SOREMER SPA	0,00048
Dib Mustapha	0,03	Sarl PROCHIMA	0,0025
ENTC SONELEC	0,000073	Matelas At las	0,00002
ETS Benyahia Mokhtar	0,0000115	SARL Rahmoun «	0,0007

		L'exquise »	
Filiale EL MANSOURA Giplait	0,00087	EURL SAFEC	0,0000109
Eurl Fadjitex	0,001	Hydro Irrigation	0,005
LTPO	0,01428	SARL FABI Plast ic	0,000005
EURL AMP	0,01	Tissage Le Rouet	0,0000182
GDS Koudia Naftal	0,0000073	SNC Briki Frère	0,0000132
SARL AFRICAFE	0,0000109	EURL AMP	0,01
BATIWIT	0,00016	Sarl Lachatex	0,015
Salah Bachir Station Feth	0,0000073	SARL Biscuiterie El Feth	0,0000036
STARR SPA	0,2	SARL LIT MAG	0,001
SARL TLE – FA	0,005	Equipements de commutation	0,02
Briqueterie	0,032	Réales Métalloplastique	0,045
Céramiques	0,328	Laiterie Mensourah	0,1092
Emis Mensourah	0,0000365		
<b>Total</b>		<b>5,927</b>	

Jusqu'à maintenant le secteur industriel ne dispose pas d'une dotation pour promouvoir et développer ses activités à travers les espaces. Le tableau suivant résume la demande en eau du secteur industriel à différentes échéances (Rouissat B., 2016).

**Tableau I. 16 :** Variation De La Demande En Eau Industrielle Dans La Tafna (Rouissat B., 2016).

Echéances	2010	2015	2025
<b>Demande industrielle  (Hm3/An)</b>	<b>6,5</b>	<b>8,2</b>	<b>17,2</b>

## **I.10 Conclusion**

Ce chapitre montre que le bassin versant de la Tafna est un pourvoyeur important de ressources hydrique pour la région Ouest, il alimente non seulement les régions du bassin versant mais aussi d'autres régions par le biais d'aménagement comme le transport inter bassin.

Après avoir caractérisé la région d'étude, une optique de gestion des ressources en eau de ce bassin versant fait l'objet d'une application de modélisation dans le futur chapitre, par laquelle nous allons essayer de voir les scénarios d'une répartition optimale de la ressource en eau pour différents horizons.

## **Chapitre II**

# **La modélisation et la gestion des ressources en eau**

## **II.1. Introduction**

La modélisation dans la gestion des ressources en eau s'intéresse à la représentation des variations spatiales et temporelles des flux d'eaux à l'échelle du bassin versant à l'aide de bilans de masse, de quantité de mouvements et d'énergie thermique (Villeneuve J.P et al., 1998). C'est une discipline récente par rapport aux autres disciplines et sciences, cette discipline est émergée face à la complexité du système Eau dans sa gestion primitive, même à l'échelle d'une unité hydrologique réduite (Laurent F., 1996). En plus, la ressource en eau est limitée et distribuée inégalement dans l'espace et dans le temps et qu'elle interagit avec tout son environnement (Hamlat A.E.K., 2014). Il faut ajouter à cela, le problème de la demande de la ressource en eau qui est accroit sans cesse, et la vulnérabilité de cette ressource vis-à-vis la pollution et le gaspillage.

La modélisation ou bien les outils numériques d'aide à la décision ce sont les outils et méthodes grâce auxquels les décideurs sont en mesure de choisir, de manière rationnelle et avisée, entre différentes actions envisageables. Ces choix doivent être fondés sur des politiques reconnues, sur les ressources disponibles, l'impact sur l'environnement et les conséquences sociales et économiques (TAC, 2012).

## **II.2. Les outils numériques d'aide à la prise de décision**

Les outils numériques d'aide à la prise de décision sont très variés et peuvent être utilisés seuls ou en combinaison, ils sont très conviviales d'utilisation tout en étant très performants et probants (Little J.D.C, 1970). Il y a d'un côté les modèles mathématiques, les systèmes d'information géographique (SIG) et les systèmes experts (SE) qui peuvent être utilisés pour traiter l'information et simuler des scénarios particuliers. De l'autre côté, on retrouve les systèmes d'aide à la décision (SAD) (de l'anglais Décision Support Systems) qui peuvent intégrer un ou plusieurs de ces outils numériques. Ces derniers sont plus spécifiquement orientés que les premiers pour aider le décideur dans la gestion des ressources en eau (Dupont J et al., 2016).

### **II.2.1. Modèles mathématiques**

Les modèles mathématiques en sciences environnementales existent depuis plusieurs décennies et peuvent être utilisés pour simuler divers phénomènes et scénarios liés à l'hydrologie, la qualité des eaux, l'impact des pratiques agricoles, les fonctions de coûts, les risques pour la santé humaine, etc. Ils viennent sous différentes formes allant du modèle très simple au modèle très complexe et du modèle empirique au modèle mécaniste. Les modèles peuvent être utilisés

pour simuler des phénomènes observés, pour prévoir ou prédire un état futur ou simuler des scénarios de planification ou d'intervention. Ces outils numériques sont souvent bien adaptés pour la gestion opérationnelle des interventions, la compréhension des processus à l'œuvre et prévoir divers impacts environnementaux et socio-économiques (Dupont J et al., 2016).

### **II.2.2. Systèmes d'informations géographiques (SIG)**

Les SIG permettent d'intégrer la variabilité spatiale des données en gérant à la fois leur nature thématique et géo-référencée. Plus que de simples outils de stockage et d'affichage, ils offrent des possibilités d'analyse spatiale importante et permettent ainsi d'extraire les relations spatiales qui lient les phénomènes à l'échelle d'une unité hydrologique (Laurent F, 1996).

SIG présente un outil d'aide à la décision qui permet de connaître à chaque site géographique la valeur du bilan global ressources hydriques pour chaque année. Les résultats fournis peuvent contribuer à l'actualisation et à l'extension des zones qui possèdent des potentialités en eau et d'identifier les zones qui présentent un risque de déficit hydrique dans le futur. En plus, il permet avoir la possibilité d'optimiser des dimensions des zones de protection de ces ressources (Aharik et El Garouani A, 2016).

Dans la matière de la gestion des ressources, les Systèmes d'Information Géographiques se présentent comme des technologies efficaces. Ayant un large domaine d'application, ils ont montré une grande efficacité dans la matière de la gestion des ressources grâce à leur performance dans le géo-référencement. Ils offrent des outils appropriés pour la combinaison de données spatiales ainsi que des modèles sur un même support graphiques. Ceci permettra une communication des informations entre les intervenants afin d'assurer une bonne coordination des activités (Trabelsi N et al, 2006).

L'aménagement et la gestion intégrée d'un bassin versant ou d'une nappe souterraine ne peuvent plus être envisagés sans un SIG. Non seulement la connaissance des phénomènes et des enjeux le nécessite, mais de plus la pérennité des données (qui représentent un coût et des efforts importants pour les collecter) ne peut être assurée que par cette structure de gestion de données. Une analyse prospective et tendancielle des grands systèmes aquifères notamment, avec des temps de renouvellement de plusieurs années, imposeront de plus en plus cette notion de pérennité des données et de mises-à-jour (Laurent F, 1996).

Mais le SIG ne constitue pas une solution unique, il bute sur la simulation temporelle lorsque le nombre d'incrémentations est élevé. D'autres outils ont pour but de représenter la variabilité

temporelle et parfois spatiale des phénomènes hydrologiques et doivent être utilisés dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau : les modèles hydrologiques (Laurent F, 1996).

### **II.2.3. Systèmes experts (SE)**

Dans la gestion des eaux pour la prise de décisions, on utilise les SE qui sont un domaine de l'intelligence artificielle. Les SE utilisent des règles du pouce et d'autres connaissances pour aider à faire des inférences sur la manière de traiter le problème de la gestion des eaux à l'étude. Les systèmes experts diffèrent considérablement des programmes informatiques classiques en ce que les buts qu'ils poursuivent n'ont aucune solution mathématique et leurs inférences doivent être basées sur des renseignements incomplets ou incertains. Ils traitent des problèmes pour lesquels on devait habituellement recourir à des spécialistes humains pour trouver une solution c'est pour cela on les appelle systèmes experts. Leur succès réside dans leur capacité à analyser de grandes quantités d'information conformément à des règles préétablies qui ressemblent au raisonnement d'un spécialiste humain ou d'un groupe d'experts (Saoudi A, 2016).

### **II.2.4. Systèmes d'aide à la prise de décision (SAD)**

Les systèmes d'aide à la décision (SAD) constituent une évolution récente des outils numériques. Ces SAD peuvent combiner plusieurs et parfois toutes les catégories d'outils numériques présentés précédemment (Dupont J. et al., 2016), Les systèmes l'aide à la décision sont le domaine du développement des approches pour mettre en application la technologie des systèmes d'information afin d'accroître l'efficacité des preneurs de décision dans des situations où l'ordinateur peut soutenir et rehausser le jugement humain dans la réalisation de tâches qui comportent des éléments ne pouvant être spécifiés à l'avance (Noyer M-L, 2000). En outre de l'analyse spatiale assurée par les SIG, les environnements du SAD offre la possibilité de visualisation des scénarios, ils sont adaptés aux thématiques du concept de la gestion intégrée ainsi que la simulation de l'ensemble des processus physiques, chimiques et parfois socioéconomiques de la zone d'étude. Dans la plupart des cas, ces systèmes intègrent des fonctions d'un SGBD (système de gestion de base de données) (Benseddik, B et El Mansouri, B, 2012). Ils peuvent être très complexes au plan de l'utilisation, mais s'avèrent néanmoins très utiles au décideur. Les SAD sont très bien adaptés aux thématiques faisant intervenir le concept de gestion intégrée par bassin où des facteurs environnementaux et humains très variés peuvent

avoir de multiples incidences sur la ressource en eau. Il existe encore peu de ce genre d'outils numériques, mais leur développement est en pleine effervescence (Dupont J. et al., 2016).

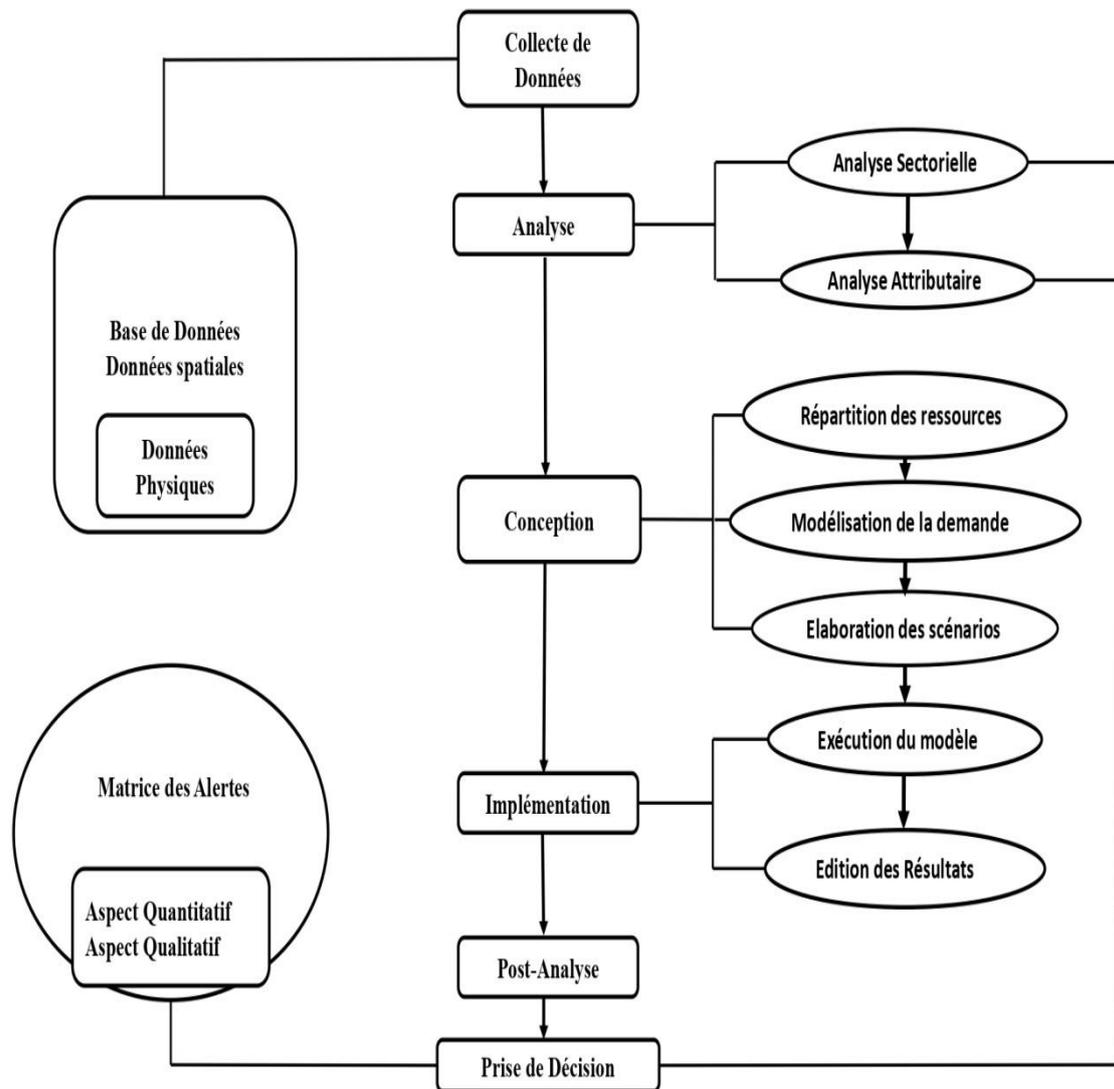


Figure II. 1 : Etapes De L'établissement D'un Sad (Benseddik, B Et El Mansouri, B, 2012).

### II.3. Utilisation opérationnelle des technologies numériques

Deux questions se posent lorsqu'il est question d'évaluer le recours aux technologies de l'information :

- Question (1) Ces technologies de pointe sont-elles indispensables pour assister le gestionnaire dans sa prise de décision ? Et si oui,
- Question (2) quelles sont les raisons expliquant la faible percée de ces outils pour la prise de décision dans les organismes publics ?

En ce qui concerne la première question, Lovejoy (1997) note que le développement ou le recours aux technologies de pointe pour la prise de décision ne doit pas être fait aveuglément en raison des coûts et des ressources en jeu. Ce recours doit donc être décidé en fonction du contexte de gestion. Ainsi, dans des situations à très court terme, pour des situations d'urgence, pour des besoins d'intervention au plan local ou encore pour des thématiques très ciblées, l'utilisation de nouveaux outils numériques peut ne pas être justifiée. Les méthodes conventionnelles de prise de décision ou l'utilisation d'outils existants permettant une réponse rapide peuvent être adéquates pour ces situations. Par contre, le recours aux technologies numériques devient intéressant lorsque les besoins de gestion englobent des concepts de prédiction, de simulation de scénarios, d'analyses et de diagnostic, ou lorsqu'un ou plusieurs des facteurs suivants priment : objectifs à moyen et long termes, enjeux multiples, objectifs visés de planification des interventions, zone étudiée de grande étendue et diversité très complexe des usages (Dupont J. et al., 2016).

Malgré l'existence d'une multitude de modèles, SIG et SAD, le recours aux outils d'aide à la décision par la majorité des organismes gouvernementaux reste encore très limité. Plusieurs raisons expliquent cette hésitation, les principales se situant au plan du transfert technologique et du manque d'expertise nécessaire à l'utilisation rentable des outils numériques (Dupont J. et al., 2016).

Les contraintes qui peuvent nuire à l'utilisation des outils numériques d'aide à la prise de décision sont :

### **II.3.1. Contraintes technologiques**

Ce sont les contraintes liées à l'accessibilité aux matériels et méthodes numériques (technologiques), et parfois liées au manque des cadres spécialisés dans la direction des projets associés aux outils numériques d'aide à la décision.

### **II.3.2. Contraintes liées aux données**

L'utilisation des outils numériques d'aide à la prise de décision dépend des données, la contrainte ici revient à l'acquisition, coût et qualité des données, donc la décision à prendre dépend de l'état et la disponibilité de ces données.

### **II.3.3. Contraintes organisationnelles et humaines**

C'est la contrainte qui est souvent rencontrée face à l'application des systèmes numériques, King (1996) a donné une description de ces contraintes comme suit (Dupont J. et al., 2016) :

- Perception de la complexité du système par le décideur
- Exposition limitée du décideur aux technologies de l'information
- Mauvaise allocation des ressources (trop sur la quincaillerie et pas assez sur les ressources humaines)
- Impossibilité de développer une expertise interne en raison de la charge de travail courante
- Manque d'expertise des utilisateurs potentiels
- Implication trop tardive dans le développement de l'outil d'aide à la décision
- Espoirs irréalistes de l'utilisateur et des décideurs.

### **II.4. Démarche souhaitée pour faciliter l'utilisation des technologies numériques dans la prise de décision**

Cette démarche s'appuie sur quatre (04) étapes, qui sont comme suit (Dupont J. et al., 2016) :

#### **Étape 1 : Orientations et cadre décisionnel**

La première étape concerne surtout le décideur. Cette première étape de l'implantation de toute technologie numérique devrait être de définir clairement la portée du projet, les budgets alloués, les attentes, etc. Le décideur doit agir comme maître d'œuvre à cette étape et doit déjà prévoir les ajustements nécessaires pour intégrer l'outil d'aide à la prise de décision qui sera bientôt mis à sa disposition. Une fois le projet défini, le décideur doit évaluer, en collaboration avec ses spécialistes, si le projet doit être effectué à l'intérieur d'un cadre de gestion intégrée tel que décrit précédemment ou bien à l'intérieur d'une démarche d'intervention sectorielle requérant l'expertise d'un nombre limité de gens. Cet aspect est particulièrement important puisqu'il aura une incidence majeure sur l'acquisition de données et le processus de prise de décision. Les étapes qui suivent sont particulièrement importantes dans le cadre d'une gestion intégrée de l'eau par bassin.

### **Étape 2 : Phase d'analyse des besoins**

La deuxième étape doit servir à établir un pont entre le décideur et les scientifiques. Cette phase cruciale doit servir à établir le rôle de l'outil numérique à l'intérieur du cadre décisionnel. Elle correspond en grande partie à l'analyse de besoins du projet et cible les préoccupations méthodologiques et technologiques du développement. Cette étape doit aussi servir à réaliser l'inventaire des ressources disponibles (personnel, outils déjà utilisés, lacunes à combler, expertise requise ou disponible), la structuration et la géolocalisation des données à référence spatiale, la formation du personnel et la sélection du type d'outil approprié pour répondre aux besoins des décideurs.

Little, 1970, montre qu'un outil d'aide à la prise de décision soit très convivial d'utilisation tout en étant très performant et probant.

### **Étape 3 : Phase technologique**

Cette étape correspond à la phase d'implantation de l'outil. L'adaptation d'outils existants ou le développement de nouveaux outils spécifiquement adaptés aux besoins du gestionnaire peut avoir lieu à cette étape. Mais, dans ces cas bien spécifiques, l'adaptation se doit d'être accomplie par une équipe de développement familière avec l'outil. Cette étape requiert qu'un lien demeure entre le gestionnaire et les scientifiques et qu'une rétroaction soit possible entre ces instances, comme elle exige de plus qu'une préparation de l'organisme décideur à recevoir un nouvel outil numérique ait été réalisée dans la phase 2 de façon à pouvoir intégrer sa contribution aux processus décisionnels.

### **Étape 4 : Phase opérationnelle**

Finalement, une phase pilote permettant de roder l'outil numérique à l'intérieur de la structure opérationnelle est aussi de mise. Dans le cas d'outils plus complexes, cette phase opérationnelle devrait intégrer un suivi technologique permettant d'assister l'utilisateur dans la résolution de problèmes d'application particuliers. Un développement dynamique permettant de bonifier l'outil existant peut aussi être considéré à cette étape-ci. Seulement après réalisation de l'ensemble de ces étapes il est possible de procéder à une utilisation opérationnelle, rationnelle et optimale des outils numériques d'aide à la décision (Dupont J. et al., 2016).

## II.5. Exemples des différents modèles hydrologiques et de la gestion des ressources en eau

### II.5.1. Le modèle SWAT

#### II.5.1.1. Présentation du Modèle

Développé par Jeff Arnold pour l'USDA Agriculture Research Service en 1999, SWAT (Soil and Water Assessment Tool) est un modèle distribué, disponible en accès libre sur internet (Moreau E, 2008), permettant de manipuler et d'analyser de nombreuses données hydrologiques et agronomiques en vue de prédire les effets de la gestion des terres sur la ressource hydrique. Il permet de simuler les transferts de nutriments, de sédiments et pesticides vers le réseau de drainage et vers les aquifères. SWAT simule également les rendements des cultures en présence, en fonction des conditions environnementales et des techniques de culture (BEI ERE, 2012).

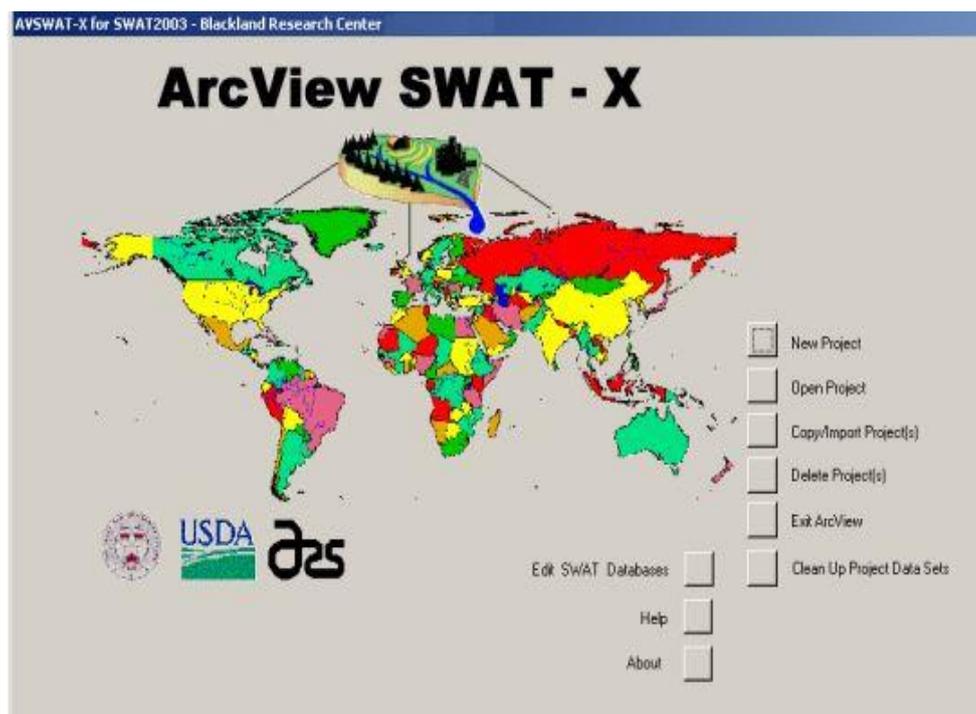
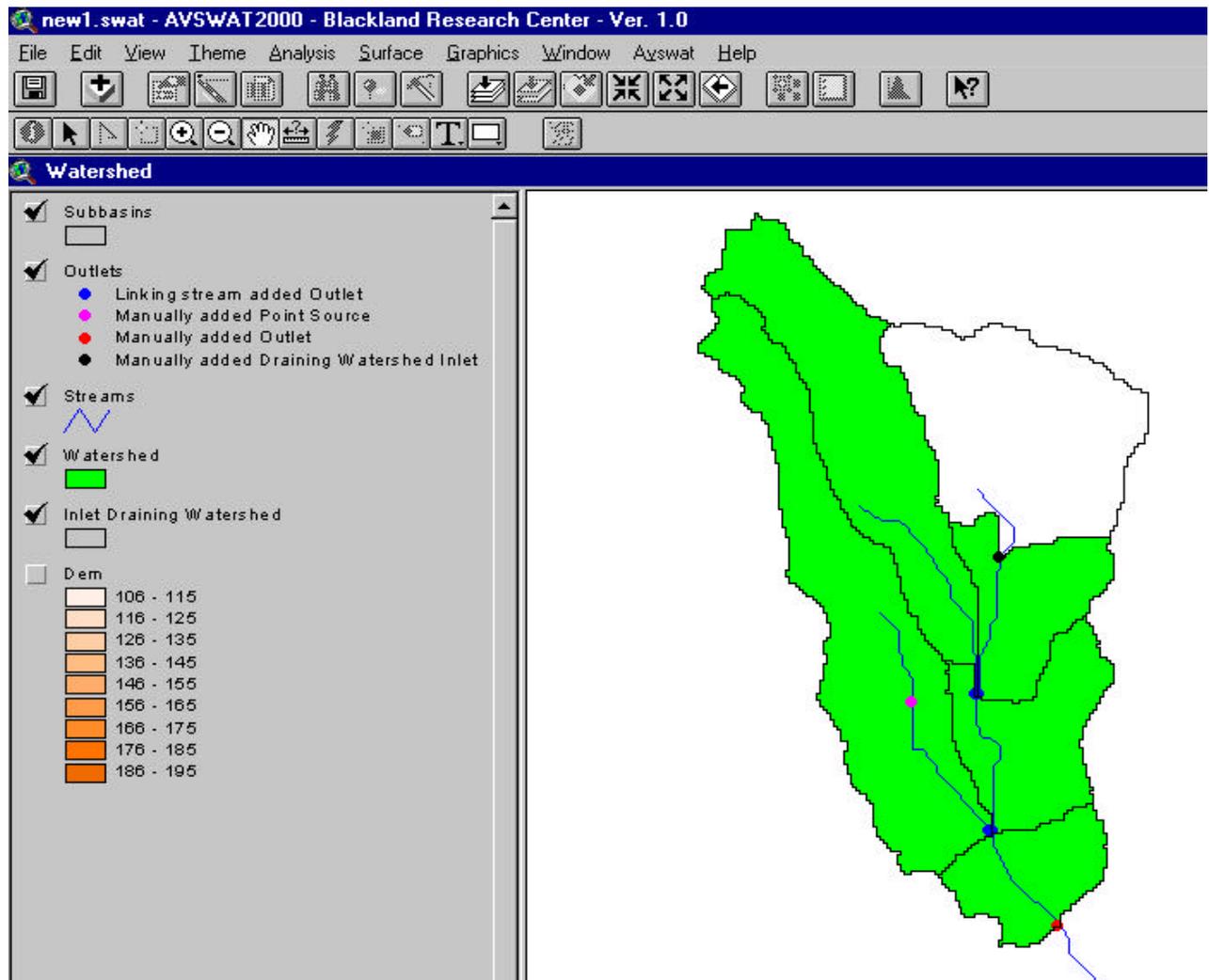


Figure II. 2 : Aperçus Du Modele Arcview Swat (Arnold J Et Al, 2005).

Il permet de modéliser les flux d'eau et de solutés à l'échelle du bassin versant. Il a été conçu pour de grands bassins versants allant de quelques centaines de km<sup>2</sup> à plusieurs milliers de km<sup>2</sup>. Il est largement utilisé aux Etats-Unis et dans certains pays européens. Le couplage avec le SIG permet de gérer des données de type raster, vecteur et alphanumériques. Il facilite et automatise

la préparation des données d'entrées, il rend plus convivial la phase d'intégration, de manipulation et le paramétrage des données liées à la simulation. Plus d'une centaine de fichiers sont requis pour le bon fonctionnement du modèle : modèle numérique de terrain, pédologie, réseau hydrographique, données climatiques de températures et précipitations, occupation du sol, pratiques agricoles, etc.... La partie paramétrage du bassin versant est assez longue, au vu du nombre conséquent de données d'entrées nécessaires. La visualisation des résultats se fait sous forme graphique à partir de bases de données (Moreau E, 2008).



**Figure II. 3 :** Representation Simplifiée Du Modèle Swat. Les Fleches Indiquent Les Mouvements D'eau. Les Caracteres En Italique Sont Quelques Parametres Du Modele (Beaufils M, 2012).

### II.5.1.1. Application du modèle

Le modèle est surtout utilisé en Amérique du Nord et en Europe dans la production de flux diffus de sédiments, de nutriments et de pesticides. Il est utilisé en France, par exemple, par le CEMAGREF (L'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement

et l'agriculture) pour évaluer les risques de pollution diffuse par l'azote d'origine agricole dans deux bassins versants des pays de la Loire. A Toulouse, ECOLAB (laboratoire écologie fonctionnelle et environnement) s'en sert dans une partie de ses thèmes de recherche (BEI ERE, 2012).

### **II.5.2. Mike Basin**

#### **II.5.2.1. Description**

Développé par l'Institut d'Hydraulique Danois (Danish Hydraulic Institute : DHI), se positionne comme un outil qui vise à étudier la répartition de l'eau dans un bassin versant. Il peut étudier également la qualité de l'eau et permet de modéliser les aquifères. Ce logiciel est riche de modèles hydrologiques pour l'estimation des ruissellements dues aux précipitations. Parmi les limitations de « MIKE BASIN » c'est qu'il ne considère pas les aspects socio-économiques de la GRE (Gestion des ressources en eau) (Mike Basin, 2003).

#### **II.5.2.2. Applications de ce logiciel :**

Le Mike Basin est utilisable pour plusieurs applications, tel que (Hamlat A.E.K., 2014) :

- Analyse du fonctionnement hydraulique global
- Analyse du fonctionnement hydrologique global
- Analyse de demandes multisectorielles
- Optimisation de la gestion de la ressource en eau
- Gestion de manœuvres journalières (barrages...)
- Gestion des étiages (périodes de basses eaux)
- Etude de qualité des eaux
- Management environnemental
- Planification des actions sur un bassin versant
- Elaboration de supports de communication

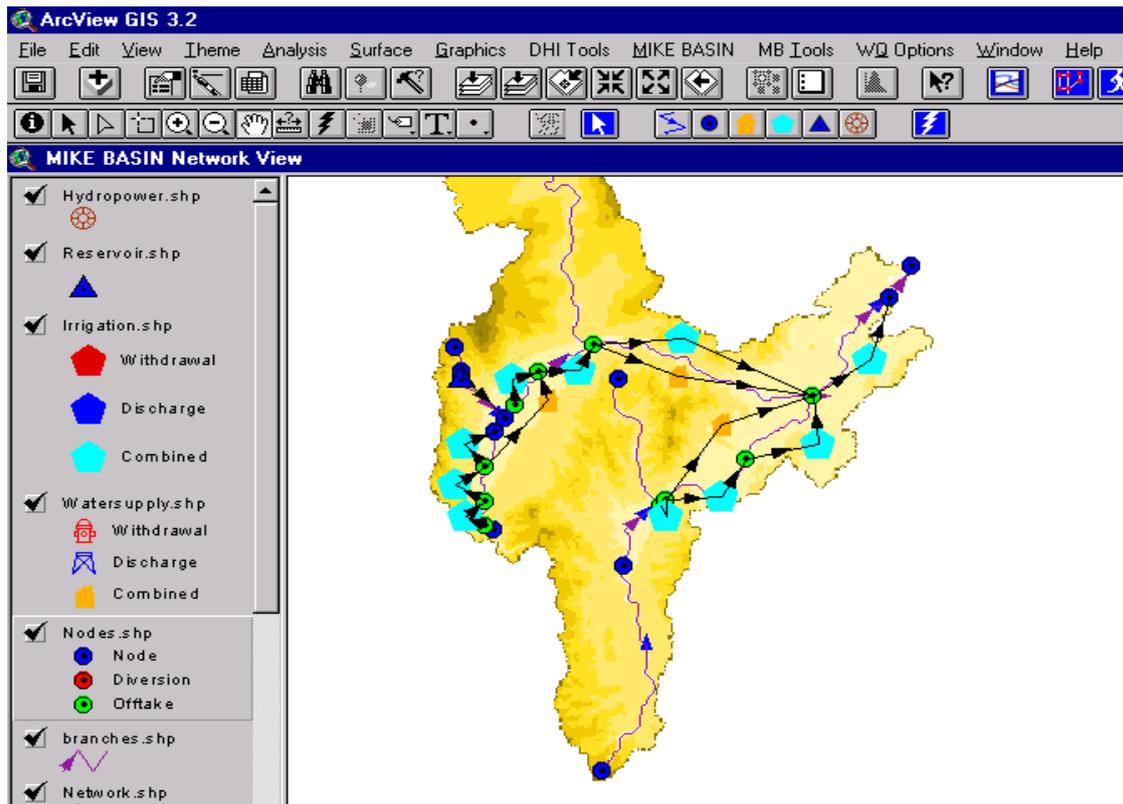


Figure II. 4 : Interface Mikebasin - Exemple De Vue Schematique (Mike Basin, 2003).

### II.5.2.3. Avantages de Mike Basin

Ce logiciel présente les avantages suivants (<http://www.mikepoweredbydhi.com>) :

- Le logiciel Mike Basin fournit un cadre de modélisation facile à utiliser et basé sur des cartes pour la gestion et la planification des ressources en eau dans les bassins hydrographiques.
- Il inclut toutes les fonctionnalités de modèle requises dans la plupart des projets pour une modélisation efficace et précise des ressources en eau.
- Mises en page de modèles de conception utilisant des fonctionnalités et des fonctionnalités SIG intégrées.
- Moteur de simulation rapide et flexible avec des options de script.
- Une capacité de simulation de bassin hydrographique mature et fiable obtenue à partir de plus de dix ans d'exemples d'applications de projets.
- Les résultats détaillés des caractéristiques du modèle fournissent un aperçu simple des résultats du scénario, tels que l'utilisation de l'eau, le déficit d'allocation de l'eau, l'énergie générée, les rejets de réservoirs, les pertes d'eau et le bilan massique.
- Composants de modèle complets et efficaces pour les applications de GIRE et les

systèmes d'aide à la décision.

- Options d'implication des parties prenantes par le jeu sérieux.

### **II.5.3. MULINO**

L'acronyme MULINO signifie «Système d'aide à la décision multisectoriel, intégré et opérationnel pour l'utilisation durable des ressources en eau à l'échelle du bassin». C'est l'objectif principal du "projet Mulino", financé dans le cadre du cinquième programme-cadre européen pour la recherche et le développement et la démonstration technologiques. Le projet a débuté en janvier 2001 et a une durée de trois ans. Jusqu'au 2003, le premier des trois projets intermédiaires prévus des versions de l'outil ont été présentées et la seconde est en cours de développement (Progea S, 2003), elle incorpore une interface avec les modèles hydrologiques complexes externes qui sont couplés de manière lâche avec le système DSS (Decision Support Systems) (Giupponi C et al, 2004).

Le consortium Mulino est composé de spécialistes de la modélisation hydrologique, du développement de logiciels, de l'économie, de la géographie, de la sociologie, de l'agronomie et des SIG issus de divers pays européens et coordonnés par la Fondazione ENI Enrico Mattei à Venise en Italie (Progea S, 2003).

Ce DSS intègre des techniques de modélisation sociale, économique et environnementale aux capacités SIG, une base de données géo-référencée et une approche multicritère des résultats de la simulation. De plus, la structure de base de l'outil est basée sur le pilote Cadre pression-état-impact-réponse proposé et utilisé par l'Agence Européenne pour l'Environnement (Progea S, 2003)

Le système a été conçu comme un outil opérationnel visant à accompagner et guider les décideurs tout au long du processus de décision, de la conception du problème au choix de la meilleure politique pour le résoudre. En tant qu'expression de cette philosophie, une série d'étapes de décision a été proposée dans le Mulino.

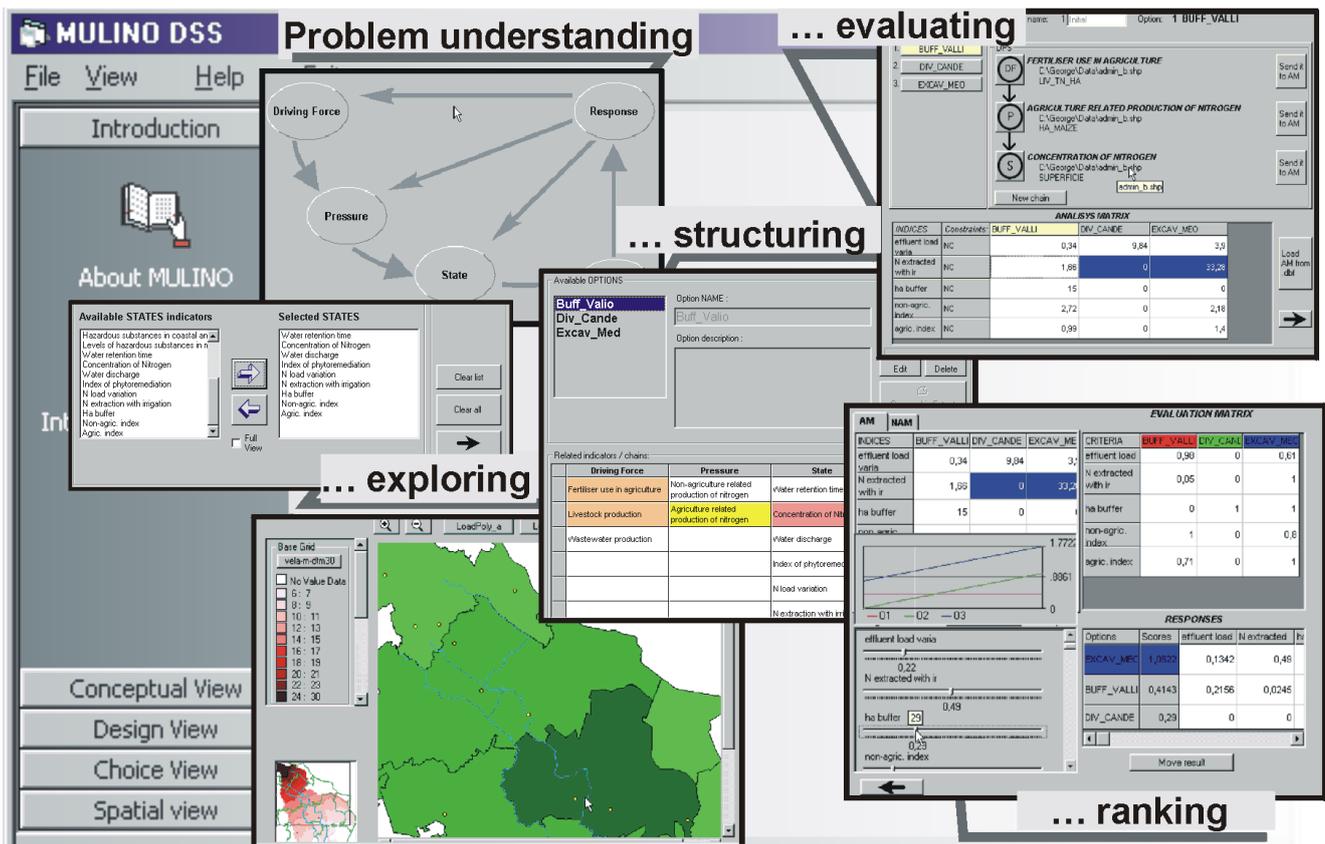


Figure II. 5 : Processus De Prise De Decision Au Sein Du Systeme Mulino-Dss (Mysiak J. Et Al, 2002).

Ce DSS, lui-même, est défini au niveau de l'interface utilisateur par les trois vues conceptuelle, conception et choix (Progea S., 2003) :

- Dans la vue conceptuelle, le décideur est directement impliqué ; il lui est demandé de définir le problème des ressources en eau et de choisir les critères décisionnels qui seront utilisés pour mesurer et évaluer le statut du bassin hydrographique et l'efficacité des actions conceptualisées pour l'améliorer ;
- Dans la vue Conception, le rôle du technicien est prépondérant en ce qu'il doit mettre en œuvre le problème formulé par le décideur et trouver les solutions pratiques qui constitueront l'ensemble des options possibles à étudier.
- Dans la vue Choix, le décideur conjointement avec le technicien attribue des pondérations aux options afin de sélectionner celle préférée.

## II.5.4. HyD2002

L'environnement de modélisation HyD2002 a été développé au sein de l'unité DIVHA (Dynamiques, impacts et valorisation des hydro-aménagements) afin de représenter différents types d'aménagements et de tester divers modes d'allocation (Pouget J-C. et al., 2003).

HyD2002 est un environnement de modélisation pour l'aide à la gestion des ressources en eau, de la planification à long terme des aménagements jusqu'à l'optimisation de la gestion opérationnelle de systèmes d'eau (HyD2002).

### II.5.4.1 Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques de ce modèle sont comme suit (HyD2002) :

- Typage d'information, gestion de la précision, des unités, du temps
- Disponibilité multiplateformes : Windows, Linux, Unix...
- Prise en charge des principaux standards vectoriels du marché
- Technologies : UML (Unified Modeling Language), XML (eXtensible Meta Language), Java.

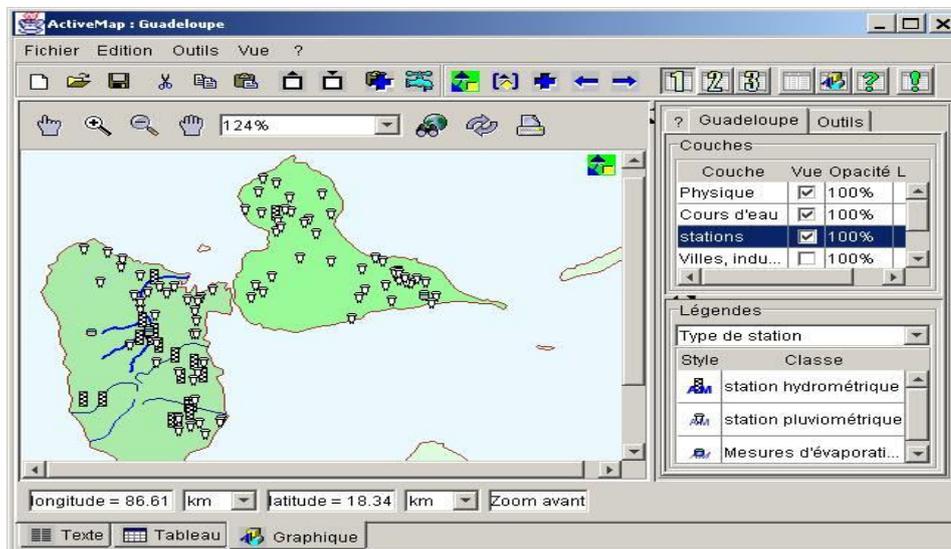
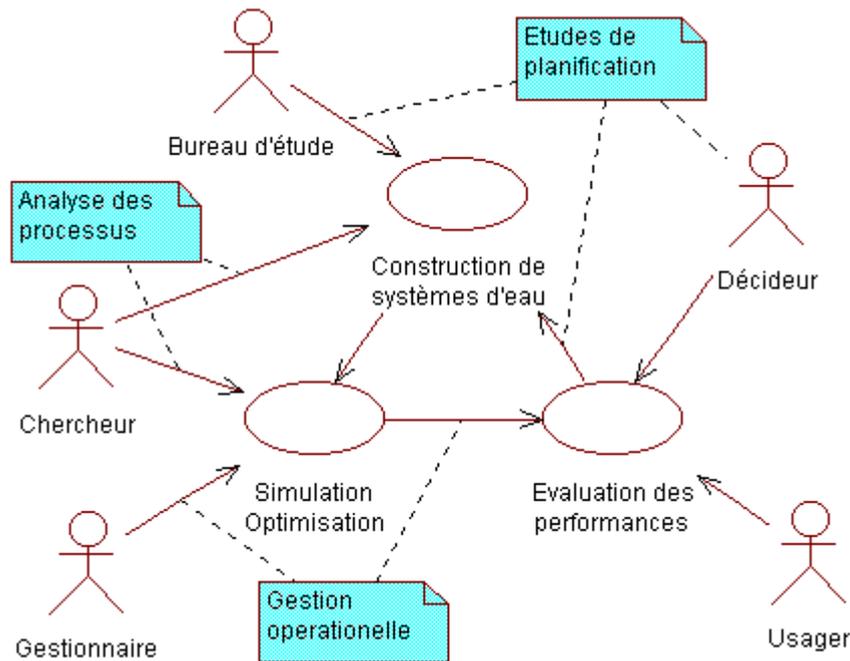


Figure II. 6 : Interface Hyd 2002 - Exemple De Vue Schematique (Umr Gestion De L'eau).

Ce modèle fait appel à des degrés divers aux trois grandes fonctionnalités de l'environnement, présentées sur la figure II.7, ci-dessous (UMR Gestion de l'Eau) :

- la construction de systèmes d'eau ;

- la simulation et/ou l'optimisation de la gestion opérationnelle ;
- l'évaluation des performances.



**Figure II. 7 :** Le Processus De Gestion Des Ressources En Eau Par Le Hyd2002 (Umr Gestion De L'eau).

### II.5.5 STRATEAU

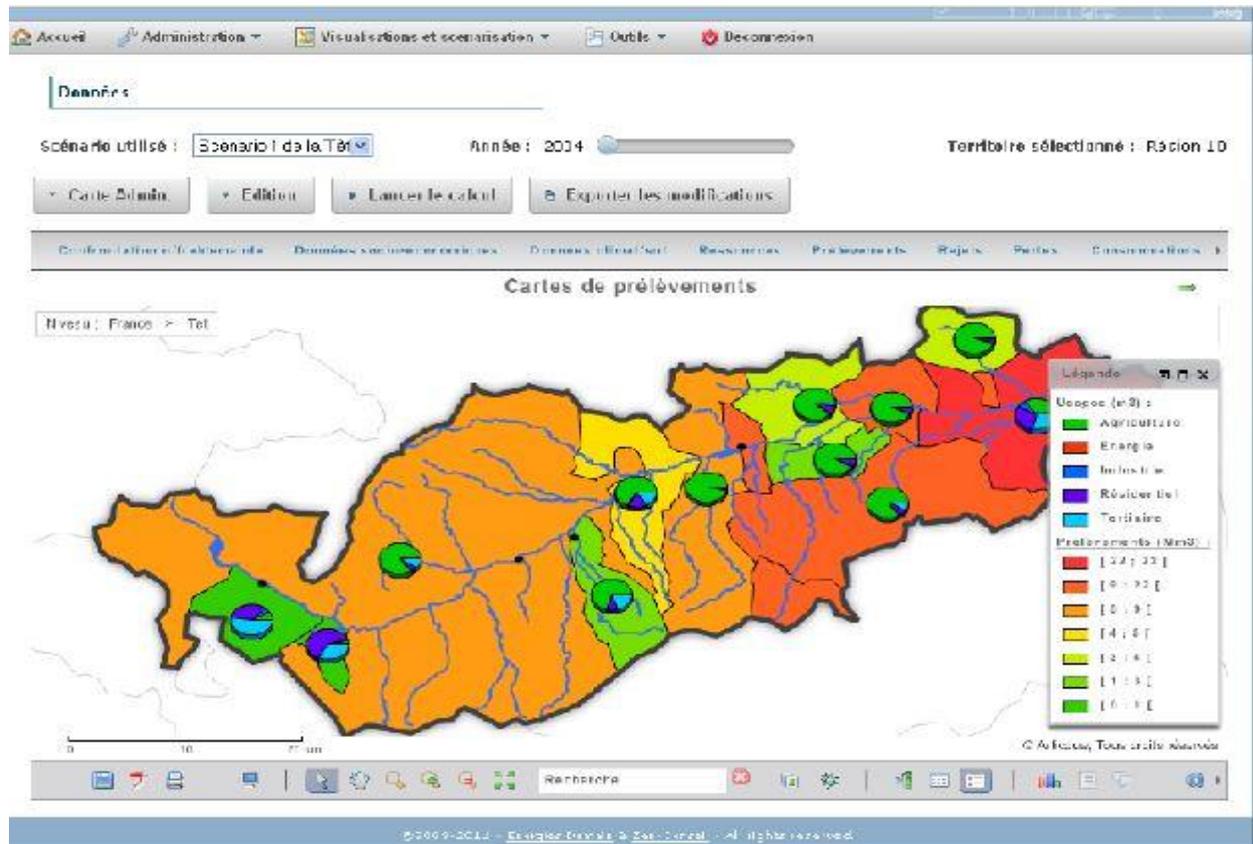
#### II.5.5.1 Description

STRATEAU est un outil d'aide à la décision réalisé par le bureau d'études des Energies de Demain suite à une commande en octobre 2009 de l'Ambassade de l'Eau, une association de type loi 1901 qui s'intéresse aux problématiques de gestion de l'eau dans les pays émergents du bassin méditerranéen.

Le projet était également soutenu par l'Office National de l'Eau et Milieux Aquatiques (ONEMA), les états français, italiens, libanais et marocains, ainsi que l'Union pour la Méditerranée, une organisation intergouvernementale visant à traiter diverses problématiques environnementales et socioéconomiques affectant le bassin méditerranéen.

L'outil est mis gratuitement à disposition des pays méditerranéens. Une première version a été publiée au printemps 2010. Il est présenté comme étant destiné aux décideurs intervenant

à des échelles différentes : de la commune au pays. Toutefois il est précisé qu'il s'adresse plus particulièrement aux «spécialistes de l'eau» (Beaufils M, 2012).



**Figure II. 8 :** Exemple De Vue Schematique De L'outil Strateau (Guide D'utilisation De Strateau).

STRATEAU se distingue des outils existants (Herrouin L, 2011) :

- Outil simple d'utilisation : accessible par un non technicien
- Agrégation et désagrégation à toutes les échelles territoriales : reconstitution de la demande en eau « Bottom-up », outil intégrateur d'informations
- Exploitation des données socio-économiques
- Rapidité d'implémentation
- Module de scénarisation conviviale accessible aux décideurs
- Basé sur des logiciels libres.

### II.5.5.2 Principales fonctionnalités

- Réaliser un état des lieux des équilibres Offre/Demande en eau sur un territoire.
- Développer des politiques de l'eau partagées entre tous les acteurs et à diverses échelles territoriales.
- Un outil prospectif permettant l'amélioration de la gestion quantitative (Herrouin L, 2011).

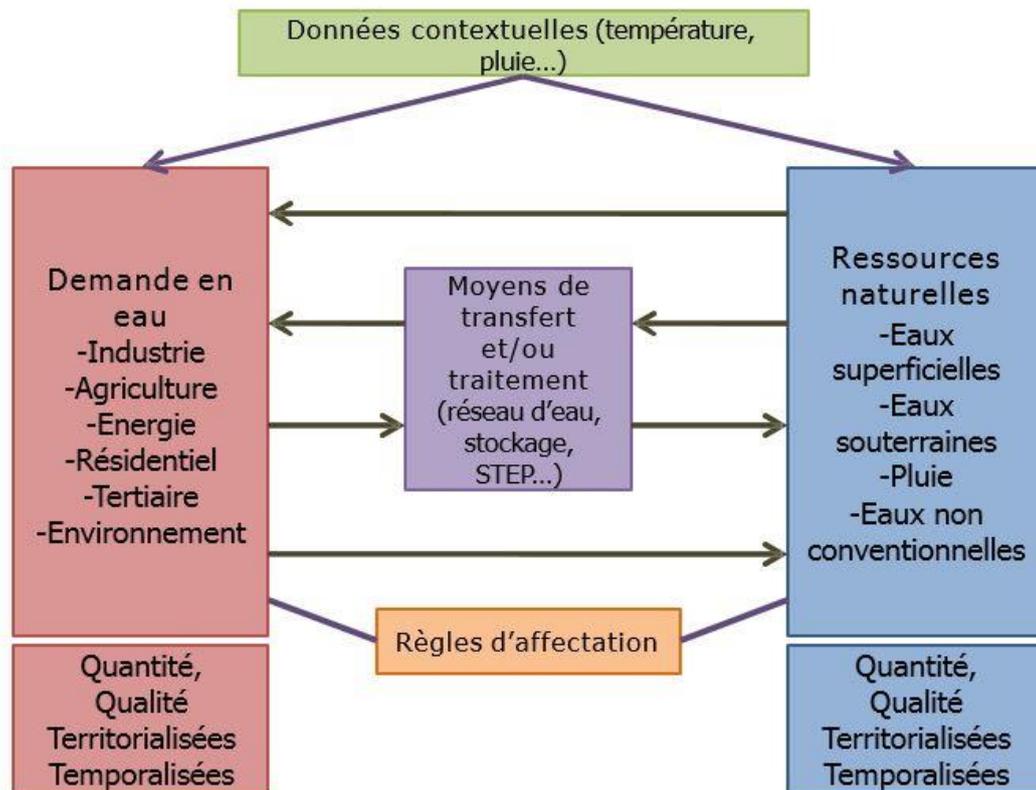


Figure II. 9 : Schéma Methodologique Global De Strateau (Guide D'utilisation De Strateau)

### II.5.5.3 L'exception de STRATEAU

Le modèle d'aide à la décision STRATEAU ne se contente pas de donner une solution à un problème immédiat. Il est essentiellement malléable, capable de projeter ses réponses dans l'espace et dans le temps.

A un moment donné, par exemple, une décision sera prise de construire un équipement pour répondre aux besoins d'une petite ville en milieu rural. STRATEAU va non seulement définir les conditions d'une solution adaptée, les impacts sur les territoires voisins, mais en plus, il va en dessiner l'évolution : Quels seront les besoins en eau dans cinq, dix, quinze ans, compte tenu

de l'essor démographique, de l'urbanisation, du réchauffement climatique, de l'augmentation du tourisme, etc... Tous les cas de figure sont envisagés, chacun alimente la stratégie présente : de sa pertinence dépendra le bien-être des générations futures (Ambassade de l'Eau).

### II.5.6 DSS pour la planification des ressources en eau basée sur l'équilibre environnemental

#### II.5.6.1 Description

En début des années 2000, un projet «Système d'aide à la décision pour la planification des ressources en eau basé sur l'équilibre environnemental» financé par la coopération italienne, a vu le jour et vise à développer une approche méthodologique de la planification durable des ressources en eau. Le projet a débuté au début de 1998 avec une phase initiale d'un an, tandis que la mise en œuvre phase du projet a pris fin en août 2001 (Progea S, 2003).

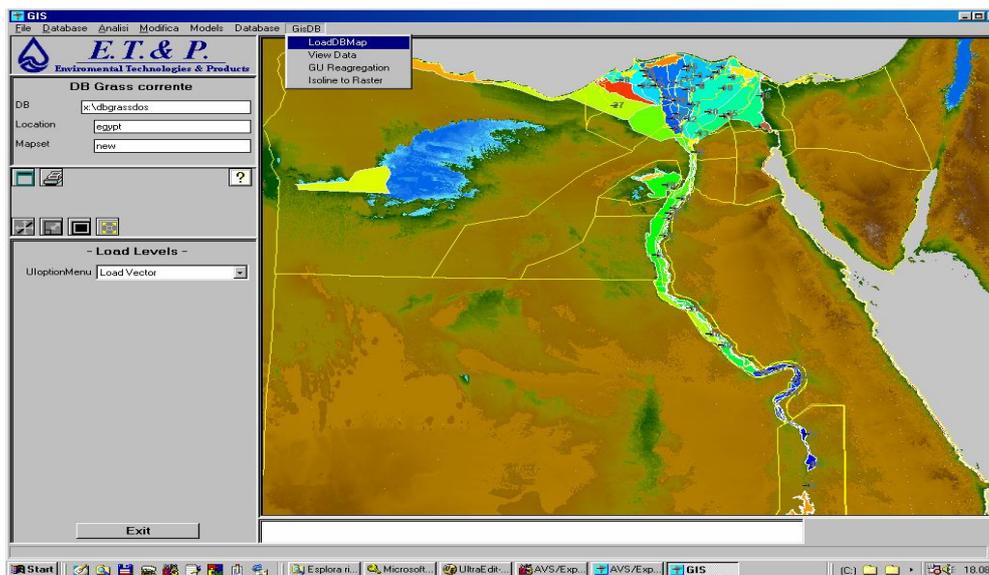


Figure II. 10 : Exemple De Vue Schematique Du Dss (Progea S, 2003).

Le projet constitue une amélioration notable par rapport au nombre très limité de systèmes de gestion des ressources en eau précédents.

Le projet est développé autour de cinq fonctions de base (Progea S, 2003) :

- la description du système d'eau, y compris le circuit hydraulique et les caractéristiques environnementales à travers un certain nombre d'indicateurs.
- l'évaluation de l'état du système en termes de sources, d'utilisation, de cycles de l'eau (chemins), de qualité de l'environnement (eau, sol, faune, flore,... Différence entre les cycles d'eau naturels et artificiels,...)
- la prévision de l'évolution du système hydrique et de l'environnement sur la base de scénarios supposés ou envisagés, alternatives techniques et politiques de gestion (actions décrites en termes de variables de décision) ;
- l'évaluation des effets des actions, en observant les résultats sur la prévision système sur la base des différents scénarios, alternatives et politiques.
- la prise en compte des contraintes légales locales, nationales ou internationales et directives à cartographier et liées aux domaines géographique et administratif limites.

### **II.5.6.2 Structure du modèle DSS**

Le lien entre la fonction d'évaluation, de prévision et d'évaluation doit être réalisé grâce à l'intégration de plusieurs modules de traitement de données et de mathématiques. Par conséquent, une architecture ouverte et conviviale a été étudiée et adoptée pour intégrer des modèles mathématiques de différents niveaux d'agrégation et de complexité.

Les modèles sont activés par l'utilisateur via l'interface graphique, qui interagit avec l'unité de coordination logique et de planification (en anglais l'Unité de coordination logique et de planification LCSU). À l'aide d'un ensemble de préprocesseurs (filtres), la LCSU est en mesure de préparer les entrées des modèles en collectant les données de base de données, en prenant avantage du géo-référencement basé sur le SIG. La même architecture est utilisée à l'envers pour stocker et visualiser les résultats. Le stockage dans la base de données est effectué à l'aide de filtres de post-traitement, tandis que l'interface graphique aide l'utilisateur à sélectionner, visualiser et comparer les résultats. Enfin, la structure ouverte du système permet également l'utilisation de données externes et de résultats de modèles externes (Progea S, 2003).

### **II.5.7 Le Système d'évaluation et de planification des ressources en eau (WEAP)**

Durant les dernières décennies, une approche intégrée de développement de l'eau avec une vision globale tenant compte de la demande, de la qualité et de la préservation des écosystèmes

est apparue. Sur la base de cette approche, un modèle baptisé WEAP (Water Evaluation and Planning System) intégrant ces valeurs dans une approche intégrée de gestion a été développé (Droogers P et al, 2011).

### II.5.7.1 Description du logiciel

Le logiciel WEAP est basé sur une représentation du système hydraulique sous forme de réseau où les différents sites représentent des nœuds, ceux-ci étant reliés par des liaisons de transmissions ou des liaisons de retour (Bouklia-Hassane R, 2011). Le WEAP a été mis au point par le Stockholm Environment Institute (SEI) par les chercheurs : Jack Seiber, Modélisateur de systèmes hydriques ; Chris Swartz, associé de recherche et Annette Huber - Lee, directrice du programme des ressources en eau du SEI (Rakotondrabe F, 2007). Ce modèle permet l'évaluation de la planification et de la gestion questions liées au développement des ressources en eau pour microordinateurs. Il fournit une structure compréhensive, flexible et d'utilisation facile pour les analyses des politiques (Arranz R, 2006) et (Tutorial, 2008). Il se base sur une

approche cohérente à l'échelle du bassin (Aichouri I, 2016). WEAP peut être appliqué à la fois aux systèmes municipaux et agricoles et peut traiter un large éventail de questions, notamment : analyses de la demande sectorielle, conservation de l'eau, droits sur les ressources en eau et priorités en matière d'allocation, simulation du débit, exploitation du réservoir, exigences de l'écosystème et coût du projet (Arranz R, 2006).

Un nombre croissant de professionnels de l'eau ont trouvé WEAP comme étant un ajout utile à leur boîte à outil de modèles, bases de données, feuilles de calculs et autres logiciels. Le WEAP est déjà utilisé dans divers pays, des quatre coins de la planète (Tutorial, 2008).

### II.5.7.2 Principaux objectifs du logiciel



Figure II. 11 : Le Logo Officiel Du Logiciel Weap

(<https://www.weap21.org/>).

WEAP place l'évaluation des problèmes spécifiques de l'eau dans un cadre global. Il intègre plusieurs dimensions : entre les besoins et l'approvisionnement, entre la quantité et la qualité de l'eau, et entre les objectifs de développement économique et les contraintes environnementales (Tutorial, 2008).

Il a pour mission (Hamlat A.E.K., 2014) :

- d'incorporer ces dimensions dans un outil pratique pour des ressources d'eau avec la projection future.
- d'examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau.
- de fournir un système de base de données pour la demande ou besoin en eau et les informations de maintien d'approvisionnement.
- de prévoir certaines situations des ressources en eau en simulant la demande, les ressources exploitables, les écoulements et stockage, et les sources de pollutions, les traitements et décharges.
- d'analyser le développement socio-économique en évaluant une gamme complète des options de développement et de gestion de l'eau, et en tenant compte des utilisations multiples et concurrentes des systèmes aquatiques.

### **II.5.7.3 Acquisition du logiciel**

Le logiciel WEAP est téléchargeable sur site : <http://www.weap21.org>. Il est fonctionnel excepté que le dispositif « économiser données » est handicapé. Une version Démo du logiciel est accessible à tout le monde. Par contre, pour le fonctionnel, il faut obtenir un permis ou licence d'utilisation pour les types d'utilisateurs. Pour l'obtention, il faut remplir et envoyer un formulaire (Khelfaoui F, 2014).

Le SEI (Stockholm Environment Institute) envoie par e-mail le nom d'utilisateur et un code d'enregistrement, les instructions pour activer le logiciel WEAP et pour permettre le dispositif "économiser données" fonctionnel. Il est préférable que l'ordinateur soit relié à l'Internet car le WEAP a un forum d'utilisateur sur le site <http://forums.seib.org/weap>. Il faut un pseudo et un mot de passe pour entrer dans ce forum. Le forum peut aider l'utilisateur pendant la mise en marche du logiciel, le traitement de données et la mise à jour du logiciel. Le permis d'utilisation est valide pour une durée déterminée (Messatpha K, 2015).

A noter que le SEI peut publier des travaux de modélisation sous WEAP et souhaite avoir une version de la présente modélisation.

### **II.5.7.4 L'approche WEAP**

Le système d'évaluation et de planification de l'eau (WEAP) se distingue par son approche intégrée de la simulation des systèmes d'approvisionnement en eau et par son orientation politique. Il place le côté de la demande de l'équation - les modes d'utilisation de l'eau, l'efficacité des équipements, la réutilisation, les prix et la répartition - sur un pied d'égalité avec l'offre - l'écoulement des cours d'eau, eaux souterraines, réservoirs et transferts d'eau. WEAP est un laboratoire d'examen de stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau (Savoskul O.S et al, 2003).

Opérant avec les principes de base de la balance d'eau, WEAP est applicable aux systèmes municipaux et agricoles, à des zones de planification uniques ou pour des systèmes complexes de rivières à limites étendues. La structure des données et le niveau de détail peuvent être facilement personnalisés pour atteindre les exigences d'une analyse particulière et pour refléter les limites imposées par des données restreintes (Tutorial, 2008).

Les applications de WEAP incluent généralement plusieurs étapes. La définition de l'étude qui identifie la période de simulation, les limites spatiales, les composantes du système et la configuration du problème. L'Etat Actuel, qui peut être considéré comme une étape de calage dans l'élaboration d'une application, fournit une vue instantanée de la demande en eau actuelle, de la charge de pollution, des ressources et des fournitures pour le système. Les hypothèses de base doivent être construites dans cet Etat Actuel pour représenter les politiques, les coûts et les facteurs qui affectent la demande, la pollution, la fourniture et l'hydrologie. Les Scénarios sont construits sur la base de l'Etat Actuel. Ils permettent d'explorer les impacts d'hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité et l'usage de l'eau dans le futur. Finalement les Scénarios sont évalués à l'égard de la suffisance de l'eau, des coûts et des bénéfices, de la compatibilité avec les objectifs environnementaux et à l'égard de la sensibilité à l'incertitude dans l'estimation des variables clés (Tutorial, 2008).

WEAP intègre non seulement la répartition de l'eau, mais aussi sa qualité et la préservation des écosystèmes. Ce qui lui permet de simuler une panoplie de problèmes complexes.

Avec la version actuelle de WEAP, il est possible de choisir parmi quatre méthodes pour simuler des processus de bassins versants tels que l'évapotranspiration, le ruissellement, l'infiltration et les demandes en eau de cultures (Rakotondrabe F, 2007).

On distingue (1) la méthode pluie ruissellement de la FAO (Food and Agriculture Organisation) ; (2) la méthode FAO limitée au calcul des demandes d'irrigation ; (3) la méthode dite humidité de sol, qui propose une structure de modèle à 2 réservoirs représentant une couche superficielle et une couche profonde ; (4) La méthode Mabilia, une nouvelle méthode basée sur la formulation de Cropwater (Hamlat A.E.K., 2014).

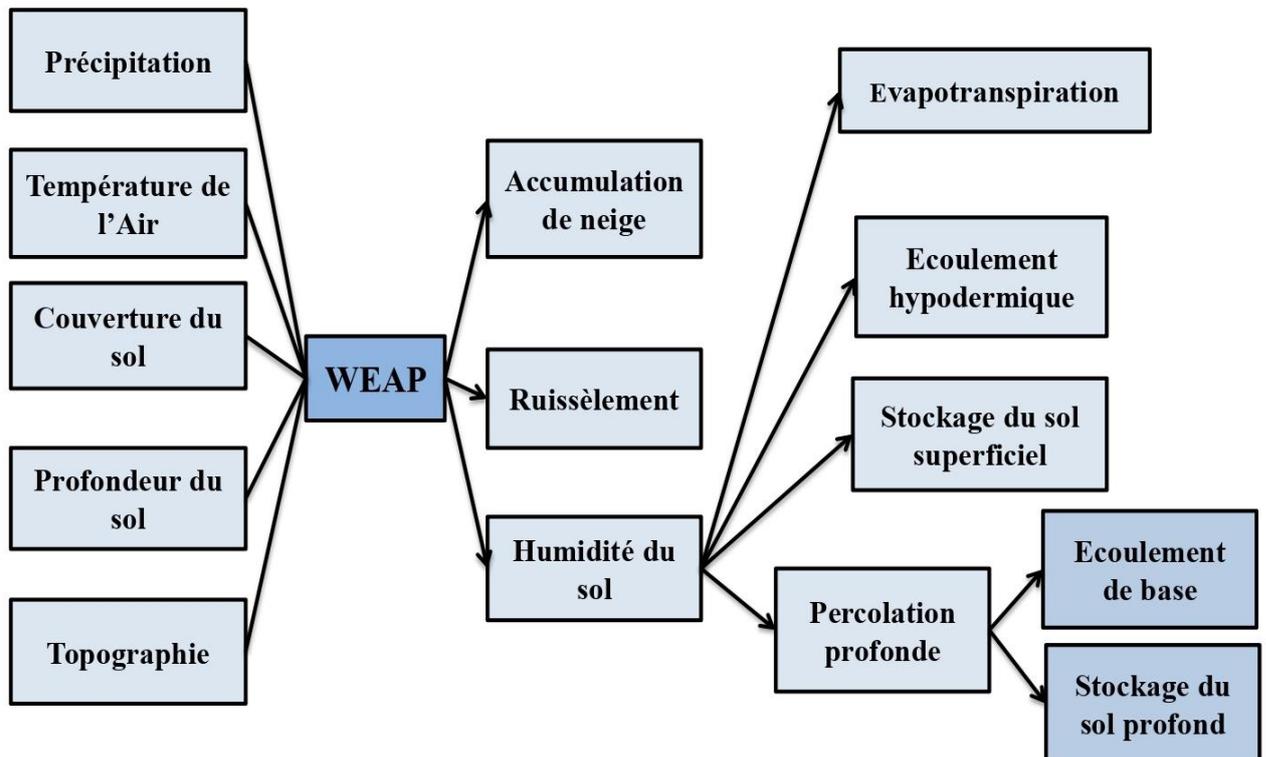


Figure II. 12 : Organigramme Pluie-Debit Dans Le Modele Weap (Hamlat A.E.K., 2014).

### II.5.7.5 Structure du Logiciel

WEAP se possède cinq présentations principales : représentation cartographique et graphique, affichage des données et des résultats, présentation des notes et observations. Ces affichages sont présentés par des icônes graphiques sur la "barre d'affichage" située à côté gauche de l'écran. En cliquant sur l'une de ces icônes, une présentation voulue est affichée. Ces cinq affichages sont présentés dans la figure suivante :

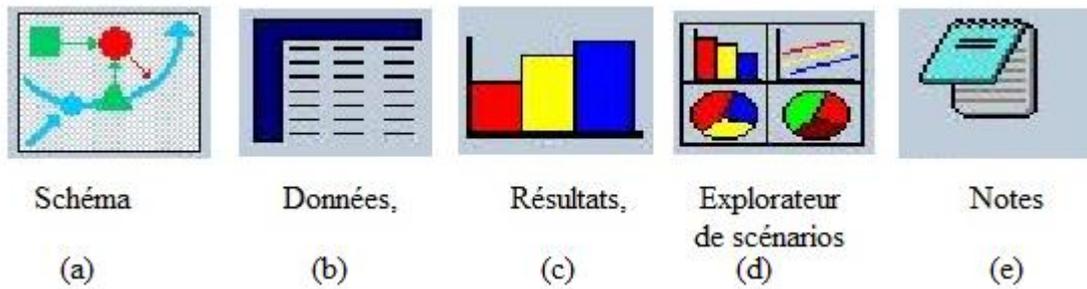


Figure II. 13 : Les Cinq Affichages Du Model Weap (Rakotondrabe F, 2007).

### II.5.7.5.1 Cartographie

C'est le point de commencement pour toutes les activités dans WEAP (Figure II.13.a). Elle sert à créer, éditer ou aussi ajouter des couches ArcView ou d'autres SIG standard de la zone d'étude comme couche de fond. Ainsi, on peut accéder rapidement à l'analyse des données et à l'affichage des résultats pour n'importe quel nœud en cliquant sur l'objet qui nous intéresse. Les objets sont montrés dans la 2<sup>ème</sup> fenêtr gauche avec les signes conventionnels utilisés comme il est montré dans la figure II.14 (Messatpha K, 2015).

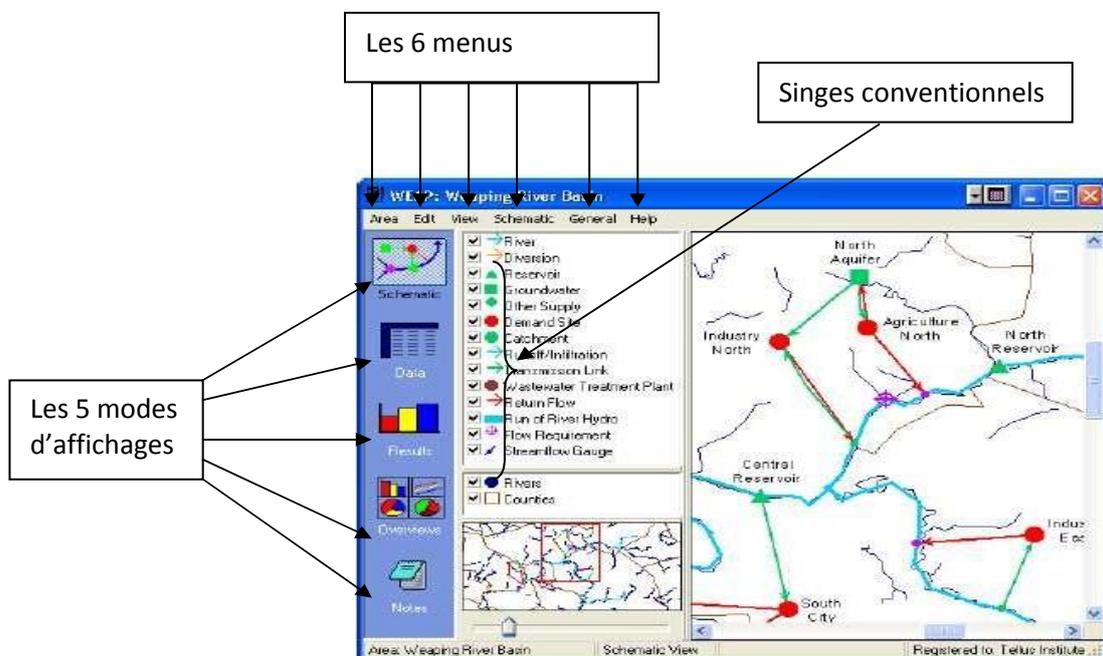


Figure II. 14 : Fenêtre Cartographie WEAP (Rakotondrabe F, 2007).

### **II.5.7.5.2 Base de données**

C'est l'endroit pour la création des structures, du modèle et des suppositions de données (Figure II.13.b). Pour l'affichage des données, l'écran est divisé en quatre carreaux (Figure II.15) (Rakotondrabe F, 2007) :

**i. Sur la partie supérieure**, un lien hiérarchique (menu lien) est employé pour créer et organiser des structures de données dans six suppositions principales : principale clé, sites de demandes, hydrologie, approvisionnement et ressources, qualité de l'eau et d'autres suppositions.

Par exemple, cliquer sur « site de demande » la branche lien du côté gauche de l'écran, les données pour tous les emplacements de demande apparaissent sur le côté droit de l'écran.

**ii. Sur la gauche inférieure**, un schéma du secteur apparaît. En cliquant sur l'élément qui apparaît sur le schéma, il sera accentué dans le lien et des données seront montrées dans les tables de saisie de données vers la droite. Quand on clique sur une branche dans le lien, l'élément associé clignotera brièvement.

**iii. Sur la partie droite supérieure**, une table de saisie de données apparaisse. Cette table sert à écrire les expressions qui définissent les comptes courants, pour éditer des données et pour créer le modèle des rapports.

Au-dessus de ce tableau de saisie de données, il y a un ensemble de boutons donnant l'accès aux différentes catégories de variables liées à chaque branche.

**iv. Au-dessus tableau de saisie de données**, un cadre de résultats apparaît, il représente graphiquement les données saisies dans la table de saisie de données.

Sur le côté droit, il y a une barre d'outils pour changer la forme du diagramme (couleurs, effets 3D, grilles, nombre de positions décimales, etc...)

Les données numériques peuvent être transférées directement dans Microsoft Excel.

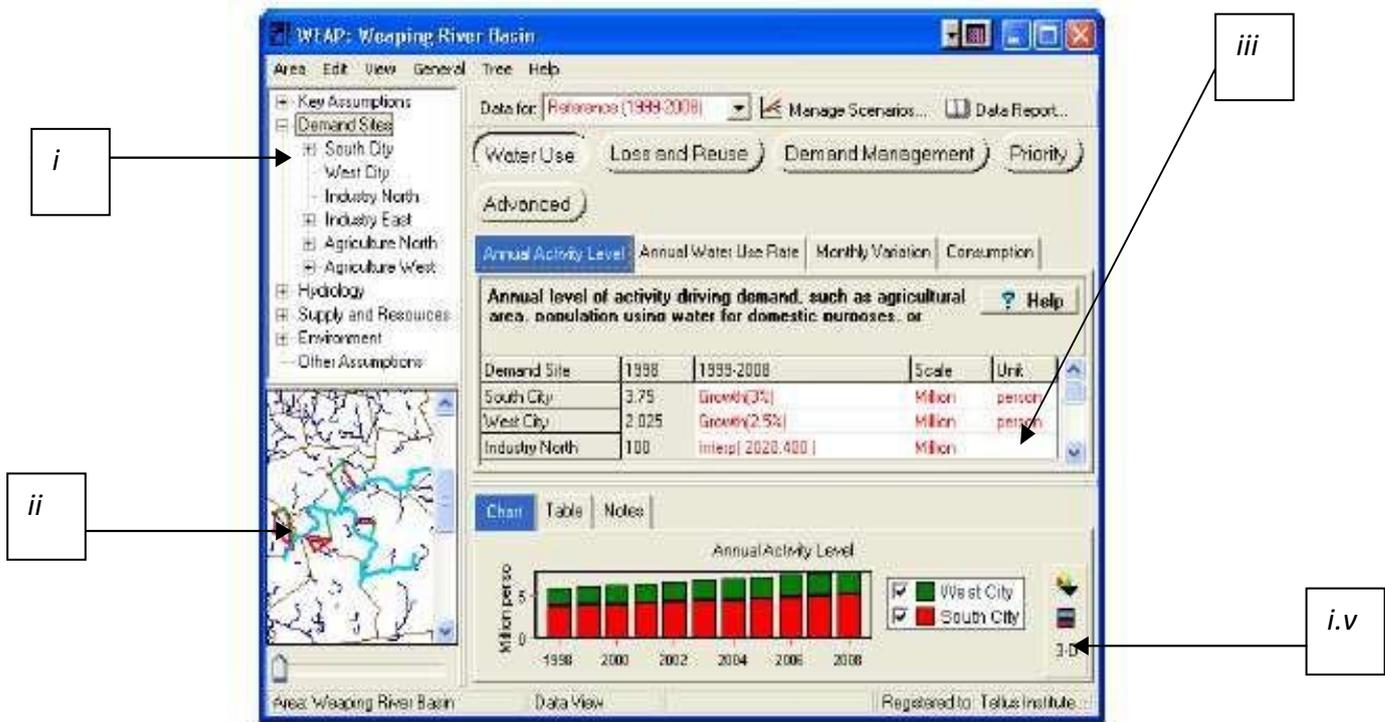


Figure II. 15 : Fenetre Basse De Donnees.

### II.5.7.5.3 Présentation des résultats

C'est le menu qui permet d'afficher de façon détaillé et flexible toutes les sortes de modèles (Figure II.13.c), dans les diagrammes, les tables et le menu schéma. Cette présentation peut montrer une grande variété de diagrammes et de tables couvrant chaque aspect du système : demandes, approvisionnement et chargements environnementaux. Les résultats peuvent être exportés dans l'Excel

Tableau II. 1 : Sorties Du Modele Weap (Droogers P Et Al, 2011).

<p><b>Résultats approvisionnement et les ressources</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entrée dans le bassin</b></li> <li>• <b>Sortie du bassin</b></li> <li>• Rivière <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débit</li> <li>○ Débit jaugé (absolue, %)</li> <li>○ Stade</li> <li>○ Vitesse</li> <li>○ Porté (longueur)</li> </ul> </li> <li>• <b>Eaux souterraines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stockage</li> <li>○ Entrée et sortie</li> <li>○ Débordement</li> <li>○ Hauteur dessus de la rivière</li> <li>○ Sorties à la rivière</li> </ul> </li> <li>• <b>Réservoir</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Volume de stockage</li> <li>○ Altitude de stockage</li> <li>○ Entrées et sorties</li> <li>○ L'hydroélectricité</li> </ul> </li> <li>• <b>Liaison de transmission</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débit (Entrées et sorties)</li> </ul> </li> <li>• <b>Autres alimentations</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Entrées et sorties</li> </ul> </li> <li>• <b>Lien retour</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débit (Entrées et sorties)</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Résultats de captage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Résultats (méthode FAO)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les eaux de ruissellement par rapport aux précipitations</li> <li>○ Précipitations observées</li> <li>○ L'infiltration / ruissellement de débit</li> <li>○ ET Potentiel</li> <li>○ ET Actuel (y compris l'irrigation)</li> <li>○ HE Déficit</li> <li>○ Rendement total</li> <li>○ Valeur marchande totale</li> </ul> </li> <li>• <b>Résultats (méthode de l'humidité des sols)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Classes de sols (entrée-sortie)</li> <li>○ Précipitations observées</li> <li>○ Accumulation de neige</li> <li>○ Infiltration / ruissellement</li> <li>○ Précipitations efficaces mensuelles pour HE (y compris la fonte des neiges)</li> <li>○ Aire, Température, Rayonnement solaire net</li> <li>○ Référence PET mensuel</li> <li>○ ET Potentiel, ET Actuel (y compris l'irrigation)</li> <li>○ L'humidité relative du sol (%)</li> <li>○ Débit des rivières sans et avec irrigation</li> <li>○ Débit GW sans et avec irrigation</li> <li>○ Irrigation avec retour fraction d'écoulement d'eaux de surface</li> <li>○ Irrigation avec retour fraction d'écoulement pour les eaux souterraines</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Résultats de la qualité d'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Génération de la pollution</li> <li>• Charge de pollution</li> <li>• Apport en pollution aux stations d'épuration</li> <li>• Entrées et sorties de stations d'épuration</li> <li>• Qualité des eaux de surfaces</li> </ul> <p><b>Résultats financiers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport coût net</li> <li>• Rapport Valeur actualisée nette</li> <li>Coût moyen de Rapport sur l'eau</li> </ul> <p><b>Résultats de la demande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La demande en eau</li> <li>• Exigence d'alimentation</li> <li>• Alimentation délivrée</li> <li>• Demande non satisfaite</li> <li>• Couverture</li> <li>• Apports (demande et sorties)</li> <li>• Débit minimal</li> <li>• Débit minimal Livré</li> <li>• Besoin non comblé de débit minimal</li> <li>• Couverture de flux</li> </ul>
---	--	---

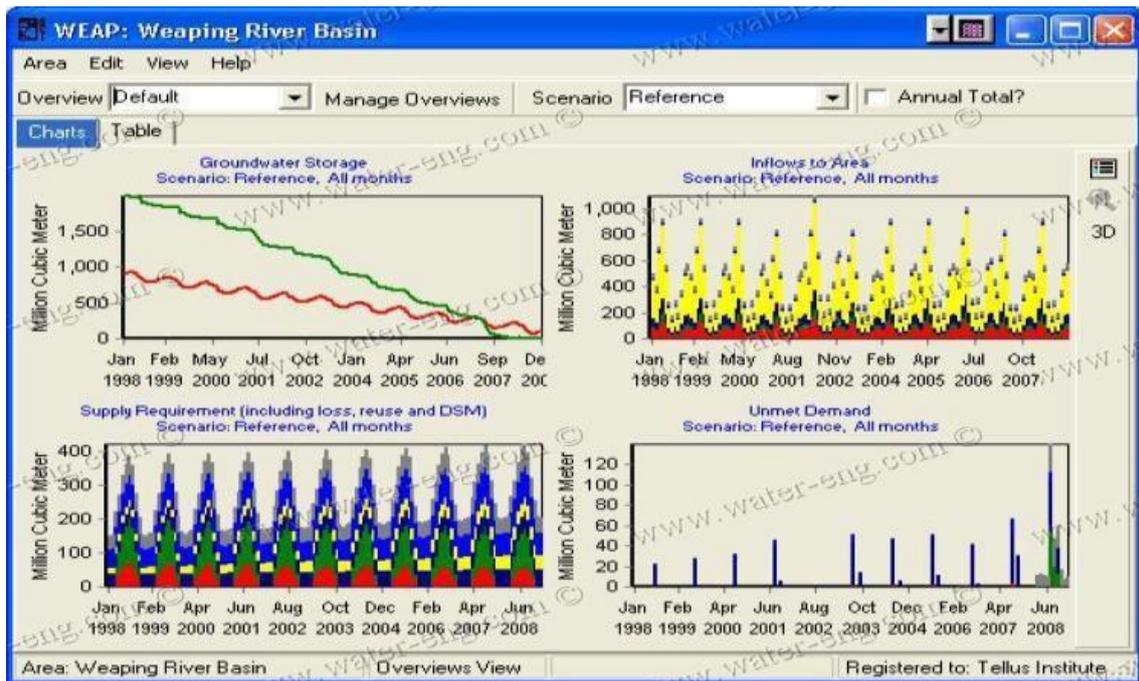


Figure II. 16 : Fenetre Schema Synoptique Dans Weap (Droogers P Et Al, 2011).

#### II.5.7.5.4 Représentation graphique

La représentation graphique (Figure II.13.d) est employée pour grouper l'ensemble des diagrammes "Favoris" et les tables (créés dans le menu résultat). Avec cette représentation, on peut examiner simultanément les différents aspects importants du système, tels que les demandes, le niveau de stockage, .... Les graphes peuvent être copiés dans Word.

#### II.5.7.5.5 Bloc-Notes :

L'écran de notes est un outil simple de traitement de texte (Figure II.13.e) avec lequel on peut écrire des informations documentaires et des références pour chaque branche du lien. On peut importer les notes vers le texte (Microsoft Word) (Rakotondrabe F, 2007), (Messatpha K, 2015).

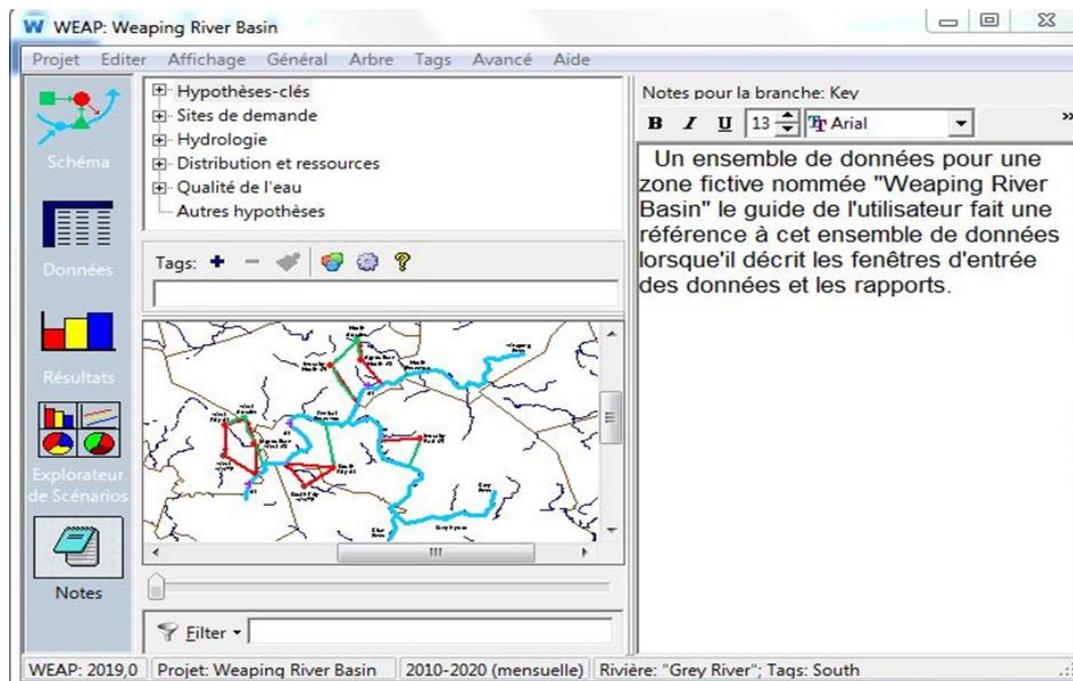


Figure II. 17 : Fenêtre Notes Dans WEAP

## II.5.7.6 Fonctionnement du modèle WEAP

### II.5.7.5.1 Créer une zone d'étude

Dans cette partie, il s'agit de créer une carte de la zone d'étude. On peut utiliser des cartes traitées avec des logiciels de traitement cartographique (SIG) en particulier ArcWiev. Cette carte va servir comme fond des dessins des éléments nécessaires pour pouvoir faire la simulation tels que : les emplacements urbains, les rivières, les sources d'eaux souterraines, les réservoirs, les barrages les industries, les sites agricoles et les autres types d'emplacement selon l'étude (Rakotondrabe F, 2007).

### II.5.7.5.2 Créer les hypothèses clés et références

Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur le calcul de la demande et l'approvisionnement en eau, l'écoulement, l'infiltration, le stockage, et le traitement général de pollution, la qualité de l'eau, etc.... Il est donc primordial de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarios (Messatpha K, 2015).

### **II.5.7.5.2.1 Hypothèses clés**

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse. Dans notre étude, nous avons quatre hypothèses clés servant comme données de base pour le logiciel utilisation d'eau domestique, besoins en eau pour l'irrigation, pourcentage mensuel d'utilisation d'eau domestique, taux de croissance de la population pour l'année du scénario futur (Rakotondrabe F, 2007)..

### **II.5.7.5.2.2 Références**

Il est nécessaire d'avoir une année ou une période de référence pour servir de modèle. Toutes les données à utiliser doivent être comprises entre cette année ou période de référence (Messatpha K, 2015).

### **II.5.7.5.3 Proposer des Scénarios**

Dans WEAP, le scénario typique est composé de trois étapes une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle dont on ajoute les données ou une période, un scénario de référence établi à partir du compte courant et sert pour simuler l'évolution, probable du système sans interposition, des autres scénarii pour évaluer les effets des changements socioéconomiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur.

Ces scénarios sont utilisés pour explorer le modèle avec une large série de préoccupations, telles que (Messatpha K, 2015) :

- Qu'arrive-t-il si la croissance de population et le développement économique suivant un certain changement ?
- Qu'arrive-t-il si des règles d'exploitation de réservoir sont changées ?
- Qu'arrive-t-il si des eaux souterraines sont exploitées d'une façon optimale ?
- Qu'arrive-t-il si la préservation de l'eau est imposée ?
- Qu'arrive-t-il si des conditions d'écosystème sont strictes ?
- Qu'arrive-t-il si de nouvelles sources de pollution de l'eau sont ajoutées ?
- Qu'arrive-t-il si un programme conjonctif d'utilisation est établi pour stocker l'eau de surface excédentaire dans les couches aquifères souterraines ?
- Qu'arrive-t-il si le changement de climat change la demande et la ressource ?

#### II.5.7.5.4 Saisir les données

Pour saisir les données deux façons très simples sont à appliquer :

- ✓ En faisant un clic par la droite après avoir créé les éléments dans la zone d'étude (placer les emplacements urbains, industriels, élevages,.....) ;
- ✓ En passant dans le menu d'affichage de la base de données.

#### II.5.7.5.5 Présenter les résultats

Les résultats se présentent sous forme de graphe et (ou) de tableau. On aura deux résultats comparés : les résultats de l'année de référence et de l'année du scénario (Benbouziane Z, 2016).

Le fonctionnement du logiciel peut être représenté par le diagramme ci-dessous Le fonctionnement du logiciel peut être représenté par le diagramme suivant :

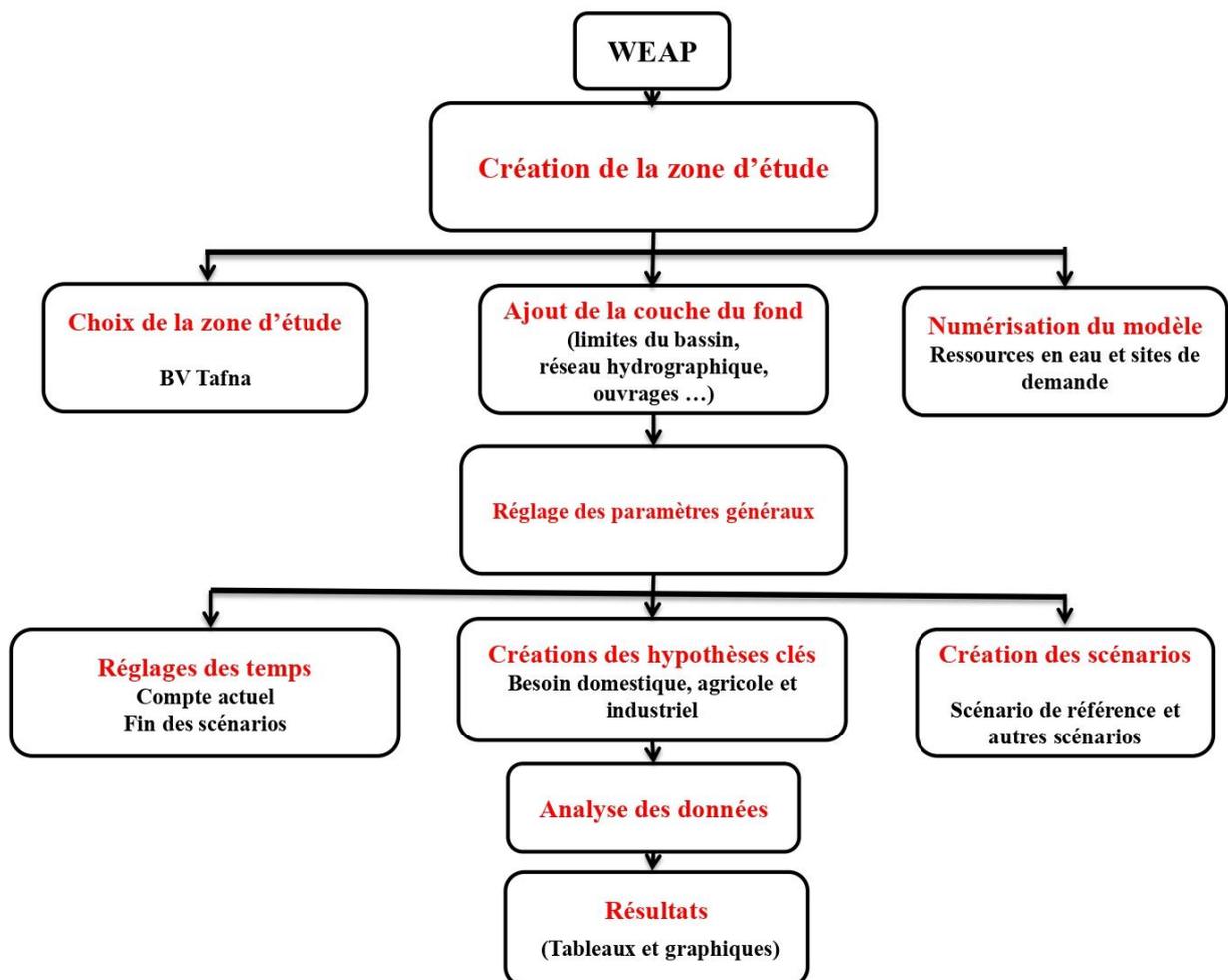


Figure II. 18 : Organigramme Du Fonctionnement Du Logiciel (Benbouziane Z, 2016).

### **II.5.7.7 Données nécessaires**

Les données sont différentes suivant l'étude que l'on veut réaliser :

#### **II.5.7.6.1 Etude de l'offre et de la demande en eau**

Pour l'étude de l'offre et de la demande ou l'étude de l'approvisionnement en eau, les principales données nécessaires sont la quantité d'eau domestique utilisée, la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation, la quantité d'eau utilisée pour l'élevage, les nombres ou effectifs d'utilisateurs (population...), la surface cultivée, les précipitations, l'évapotranspiration, les débits.

Ces données supposées englobant d'une part, les ressources en eau et d'autre part, les principaux usagers de l'eau, nous permettent de faire une modélisation simple de la gestion de l'eau, l'établissement des priorités à l'attribution de demande. La prise en compte des données sur les autres utilisateurs comme l'industrie, l'exploitation minière, le tourisme et autres rend la modélisation plus proche de la réalité (Benbouziane Z, 2016).

#### **II.5.7.6.2 Etude de la qualité de l'eau**

Dans cette étude, on peut modéliser les polluants en les classant en deux types : polluants conservateurs et polluants non conservateurs. Un polluant est dit conservateur s'il n'y a aucun affaiblissement de ses constituants. Par contre, il est non conservateur si ses constituants se délabrent selon une fonction d'affaiblissement exponentielle. Quand on fait la modélisation de ce polluant, on saisit aussi les données sur le taux quotidien d'affaiblissement de l'élément polluant à modéliser. Les polluants conservateurs sont modélisés par un bilan de matières simples ou constituantes chimiques de l'eau. Par contre, plusieurs modèles peuvent être offerts pour les polluants non conservateurs (Messatpha K, 2015).

Le modèle nécessite des données entrantes sur la qualité de l'eau (de surface et souterraine), des données sur la pollution pour l'emplacement de la demande (eaux usées domestiques), des données sur les eaux usées par des usines et eaux résiduaires.

#### **II.5.7.6.3 Etude hydrologique**

Dans ce module, WEAP permet de faire (Rakotondrabe F, 2007) :

- La modélisation de captage par le modèle d'écoulement et de précipitations ou par le modèle d'humidité du sol ;

- La simulation sur l'interaction d'eau de surface - eaux souterraines Les données nécessaires sont surtout des données climatiques comme l'évapotranspiration potentielle ou réelle (ETP/ETR), précipitations (P), écoulement (R) ou débit (Q), humidité (H), infiltration (I).

A noter que dans le logiciel, il existe déjà un modèle nommé « Méthode de l'année hydrologique » qui permet de faire une simulation de l'effet du changement climatique sur les ressources en eau.

### **II.5.7.6.4 Etudes hydro-électriques**

WEAP peut modeler aussi la production d'énergie mais dans la zone d'étude nous n'avons pas recensé aucun usage hydro-électrique (Bentahar K, 2014).

## **II.5 Choix du modèle**

Le choix de tel ou tel modèle reste toujours une étape sensible même si certains mécanismes et processus ont été mis en évidence par l'analyse des phases hydrologiques notamment. En effet, d'après la communauté hydrologique le « meilleur » modèle n'existe pas, tout dépend en fait des objectifs et du contexte de l'étude, d'autre part, le choix d'un modèle doit prendre en considération les points suivant (Abdelghani Q, 2015) :

- il doit être fondé sur les besoins
- quel résultat veut-on obtenir ?
- à quelle précision
- avec quelle fiabilité ?
- mais aussi sur la disponibilité des données, parce que les bassins versants instrumentés sont rares.

Parmi plusieurs modèles pour la gestion des ressources en eau : Le modèle WEAP a été choisi pour l'élaboration de notre étude, pour les raisons suivante (Benbouziane Z, 2016) (Yerima M, 2017) :

- La mise en œuvre simple pour la planification de la gestion des ressources en eau.
- L'intégration transparente des processus hydrologiques des bassins d'alimentation à la gestion des ressources en eau, qui prend en compte les changements climatiques et également la démarche participative.
- La possibilité, à partir d'une interface graphique intuitive de SIG-base, de fournir des

outils simples mais puissants pour construire, visualiser et modifier la configuration.

- La flexibilité en termes des données, où pour n'importe quel composant, elles peuvent être éditées directement en cliquant sur le schéma.
- L'utilisateur peut consulter le dispositif d'aide n'importe où dans WEAP.
- L'assistant, les messages de sollicitation et les messages d'erreur fournissent le conseil dans tout le programme.
- Avec WEAP, le système de rapport fortement flexible et complet, l'utilisateur peut adapter des rapports aux besoins de l'opérateur en choisissant les unités de l'eau, les années et le format métriques ou anglais (par exemple niveaux, parts de pour cent ou taux de croissance absolus).
- Des configurations spécifiques de rapport peuvent être sauvegardées en tant que " favoris, " qui peuvent être combinés dans des vues panoramiques " vues d'ensemble " des indicateurs principaux de système. Toutes les tables peuvent être exportées directement dans « Excel ». Les calculs du modèle se font en minutes.

Un autre avantage, qui n'est pas des moindres, c'est que le WEAP est sous licence gratuite pour les organisations à but non lucratif, gouvernementale ou universitaire basée dans un pays en voie de développement comme l'Algérie, cette licence est supportée avec des mises à jour qui améliorent les fonctionnalités du modèle.

### **II.6 Conclusion**

L'intérêt pour les outils numériques comme support à la décision dans la gestion de la ressource en eau connaît actuellement un essor prodigieux chez les décideurs et scientifiques de nombreux organismes gouvernementaux et centres de recherche de par le monde. Cet essor coïncide avec le passage d'un mode de gestion traditionnel axé sur l'intervention à un mode de gestion intégrée des ressources axé sur la planification et le développement durable des ressources (Dupont J. et al., 2016).

La gestion de l'eau implique le développement, le contrôle, la protection, la régulation, et l'utilisation efficiente des ressources d'eau en répondant de manière efficace aux demandes en eau. Avec la concurrence croissante pour l'utilisation de l'eau entre les secteurs et les régions, un bassin hydrographique a été reconnu comme l'unité d'analyse appropriée pour relever les défis de la gestion des ressources en eau (Zahidul I, 2011). A ce stade, nous allons entamer l'étude du bilan hydrique de l'utilisation de la ressource en eau dans le bassin de la Tafna à travers l'approche WEAP.

## **Chapitre III**

# **Implémentation du modèle WEAP dans le bassin versant de la Tafna**

### III.1 Introduction

La gestion intégrée et durable des ressources en eau recourt à une modélisation qui vise à planifier et évaluer ces ressources pour des différents horizons et sous plusieurs circonstances d'approvisionnement d'eau, en prenant en compte le développement socioéconomiques dans l'unité d'étude.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la situation actuelle des ressources en eau dans le bassin de la Tafna en déterminant les différentes utilisations de l'eau et leur impact sur l'offre et la demande en eau disponibles et en proposant différents scénarios en fonction de systèmes d'aide à la décision Afin de mettre en place une stratégie appropriée visant à sécuriser la demande future en eau et à assurer la répartition optimale de ces ressources entre différents secteurs. À cet objectif, le programme d'évaluation et de planification de l'eau, WEAP, a été utilisé (Abbas A., 2015).

Les résultats de cette application sont basés sur la simulation d'un ensemble d'hypothèses de planification, en mettant en œuvre plusieurs variantes ou scénarios.

- Equilibre avec la planification actuelle ;
- Equilibre avec des planifications projetées.

WEAP Le modèle de gestion intégrée des ressources en eau tente de combler le fossé entre la gestion de l'eau et l'hydrologie des bassins versants et les exigences voulant qu'un GIRE efficace soit utile, facile à utiliser, abordable et facilement disponible pour la communauté des ressources en eau au sens large (Yates D. & al., 2005), donc le WEAP est un instrument de planification efficace pour la maîtrise de l'offre et la demande en eau. C'est ainsi que la maîtrise des ressources et des besoins en eau visent à assurer (Bentahar K., 2014) :

- Une affectation optimale ;
- Une meilleure intégration des aménagements hydrauliques ;
- Une bonne coordination des différents acteurs de l'eau.

### III.2 Acquisition de la licence du logiciel WEAP 21

Comme il était mentionné, le logiciel WEAP (Water Evaluation And planning) est téléchargeable gratuitement sur le site web : <http://www.weap21.org>. L'activation du modèle nécessite une licence valide avec un nom d'utilisateur et un code d'enregistrement. Deux

licences gratuites nous ont été octroyées dont les informations sont représenté dans les figures suivantes :



### Licensing

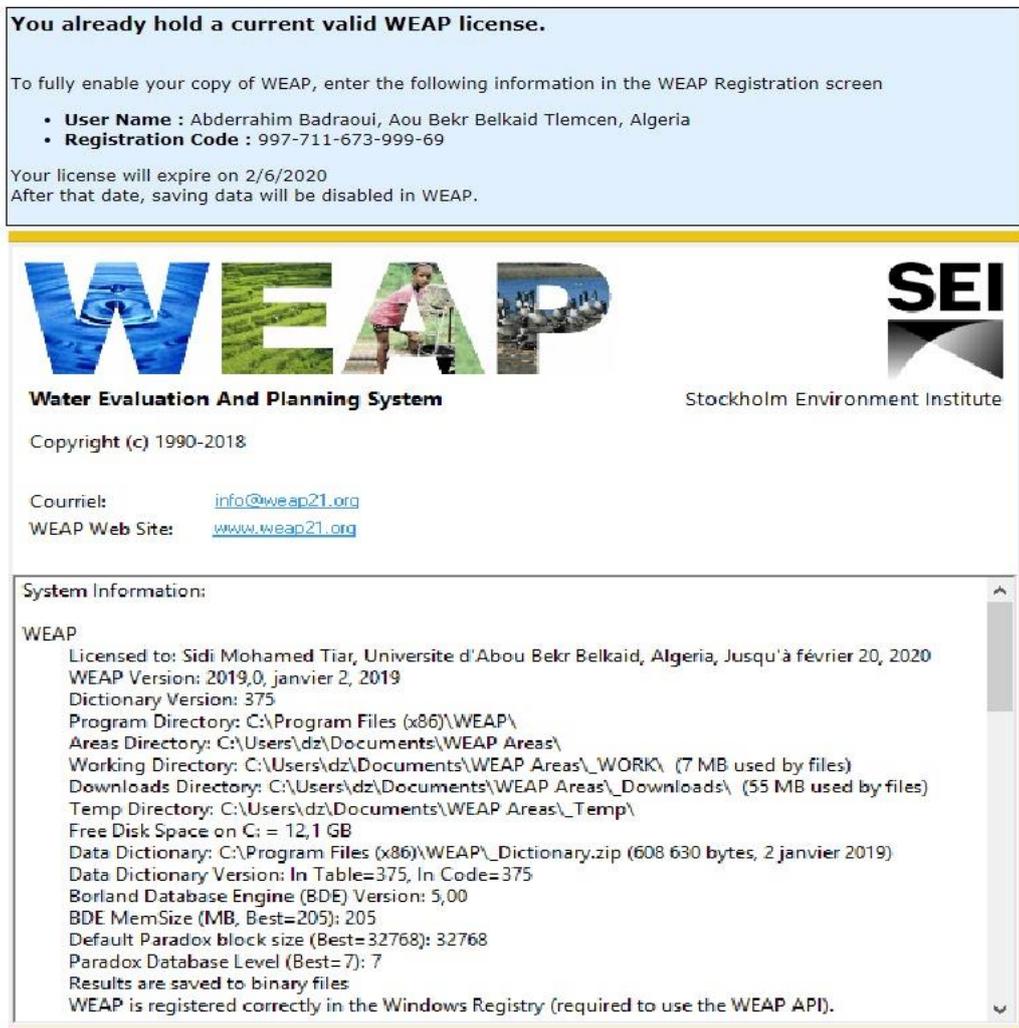


Figure III. 1: License WEAP acquise pour l'étude.

### III.3 Collecte des données

Les bases de données nécessaires au calibrage du modèle ont été obtenues auprès de différentes institutions, telles que la DRE (Direction des ressources en eau de la wilaya de

Tlemcen), l'ANRH, (l'Agence nationale des ressources hydrauliques, bureau régionale d'Oran), la DSA (la Direction des services agricoles), et l'ADE (Algérienne des Eaux), l'ONA (Office nationale de l'assainissement), l'ABHOCC (l'Agence des bassins hydrographiques de de l'Oranie Chott Chergui).

Etant donné le manque d'informations sur la région située en territoire marocain, notre travail n'a été axé que sur la partie algérienne (Ketrouti K & Meddi, 2013).

Les cartes SIG de la délimitation du bassin versant et le réseau hydrographique sont obtenues à partir d'une base de données en ligne sur le site web : <https://www.hydrosheds.org> (Lehner, Bet al., 2008), on fait l'extraction de la zone d'étude de la base de données qui comporte tous les bassins hydrographiques du continent Africain par l'intermédiaire de l'outil SIG MapInfo (Version 8.0).

Pour les emplacements des ressources (barrages, SDEM, STEP), nous avons procédé à tirer leurs coordonnées à partir de Google Earth Pro (Version 7.3.2).

L'absence d'une description quantitative sur les aires irriguées (ou bien les petites et moyennes hydrauliques), nous a obligé de caler la carte qui inclue ces terrains (format JPG) dans un outil SIG (Mapinfo) pour calculer leurs superficies.

### **III.4 Configuration du modèle WEAP**

L'application du modèle WEAP de planification intégrée de la ressource en eau, inclut, les étapes de base ci-après :

#### **III.4.1 Cartographie de la zone d'étude**

Nous avons introduit notre fond SIG du bassin avec son réseau hydrographique dans l'interface « schéma » de WEAP en format « Shapefile » pour construire notre système et raffiner les limites du projet voire figure III.2). Ce fichier peut être créé par la majorité des logiciels SIG (Arc view, Arc Gis, MapInfo ...etc).

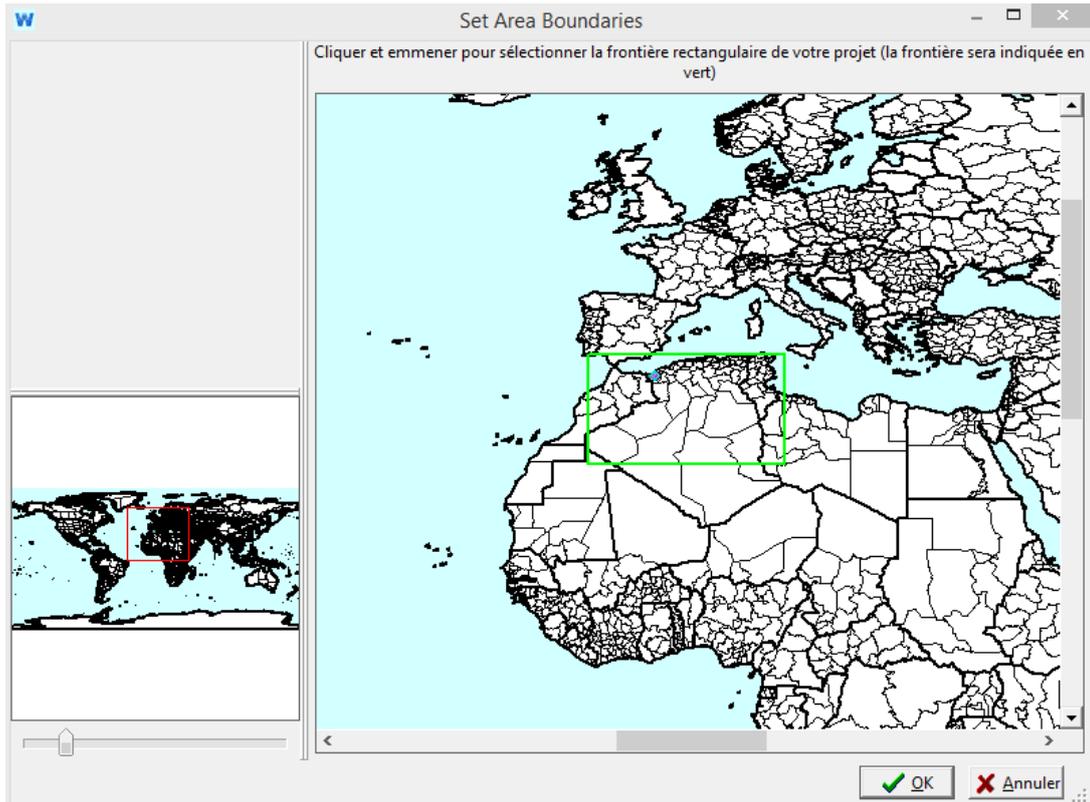


Figure III. 2: Carte du monde et choix de la zone d'étude dans le WEAP.

En sélectionnant la zone d'étude, nous créons un nouveau projet nommé "Etude prospective de l'offre et la demande en eau dans BV Tafna". (Figure III.3).

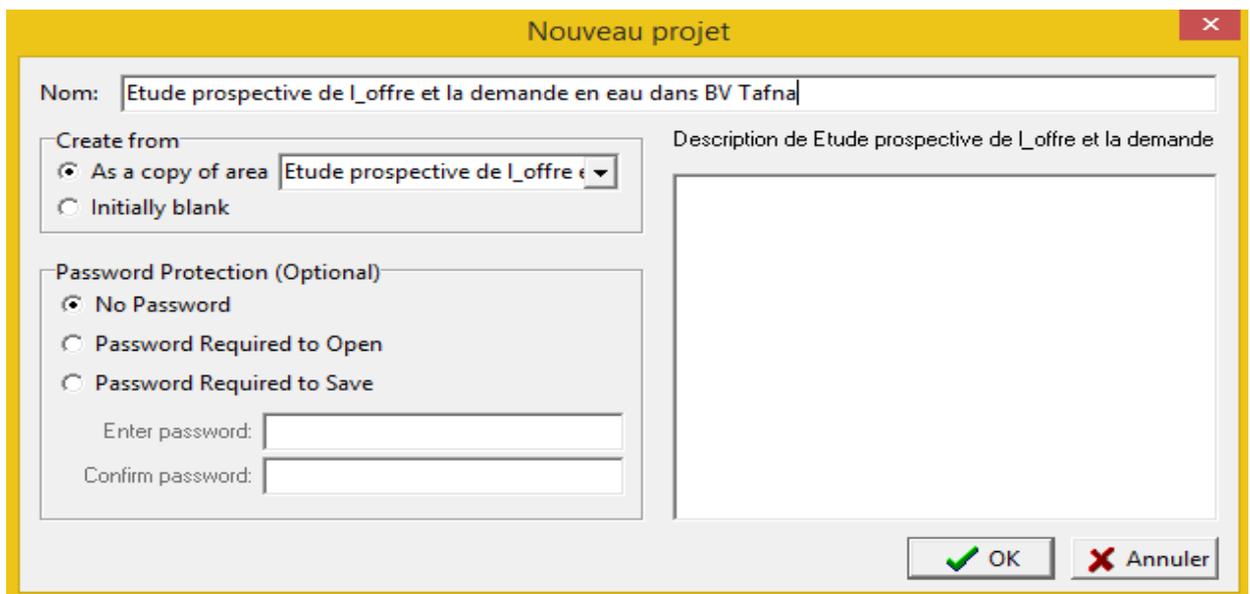
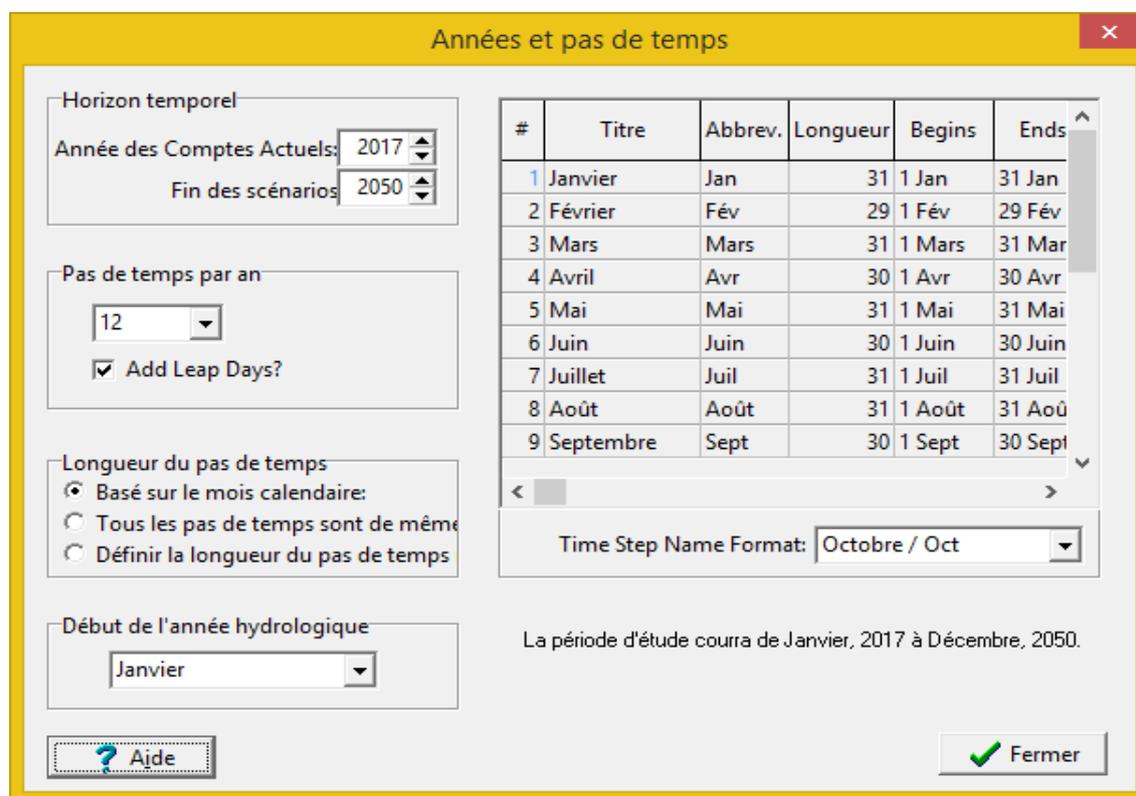


Figure III. 3: Création de nouveau projet dans le WEAP.

### III.4.2 Réglage des paramètres généraux

Dans cette partie, les paramètres temps devraient être réglés. Créer une année de comptes courants pour le projet. Dans cette étude, comme le montre la figure III.4, nous nous sommes limités entre 2017-2050 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement, etc. L'année 2017 a été choisie du fait la disponibilité de l'ensemble des données nécessaires. Tandis que l'année 2050, représente, pour nous, un horizon que nous pouvons qualifier de long terme pour développer des scénarios pour des affectations optimales de la ressource en eau.



**Figure III. 4:** Paramétrage des années et pas du temps.

Les données collectées et portées dans WEAP concernent :

- les sites de demandes avec leur emplacement : domestiques, agricoles et industriels.
- les ressources et les lieux de captage (site de l'offre) : eaux souterraines exploitées, eaux superficielles, SDEM et STEP avec leurs données caractéristiques.

Les sites et les ressources sont répartis selon le schéma présenté dans la figure III.5 :

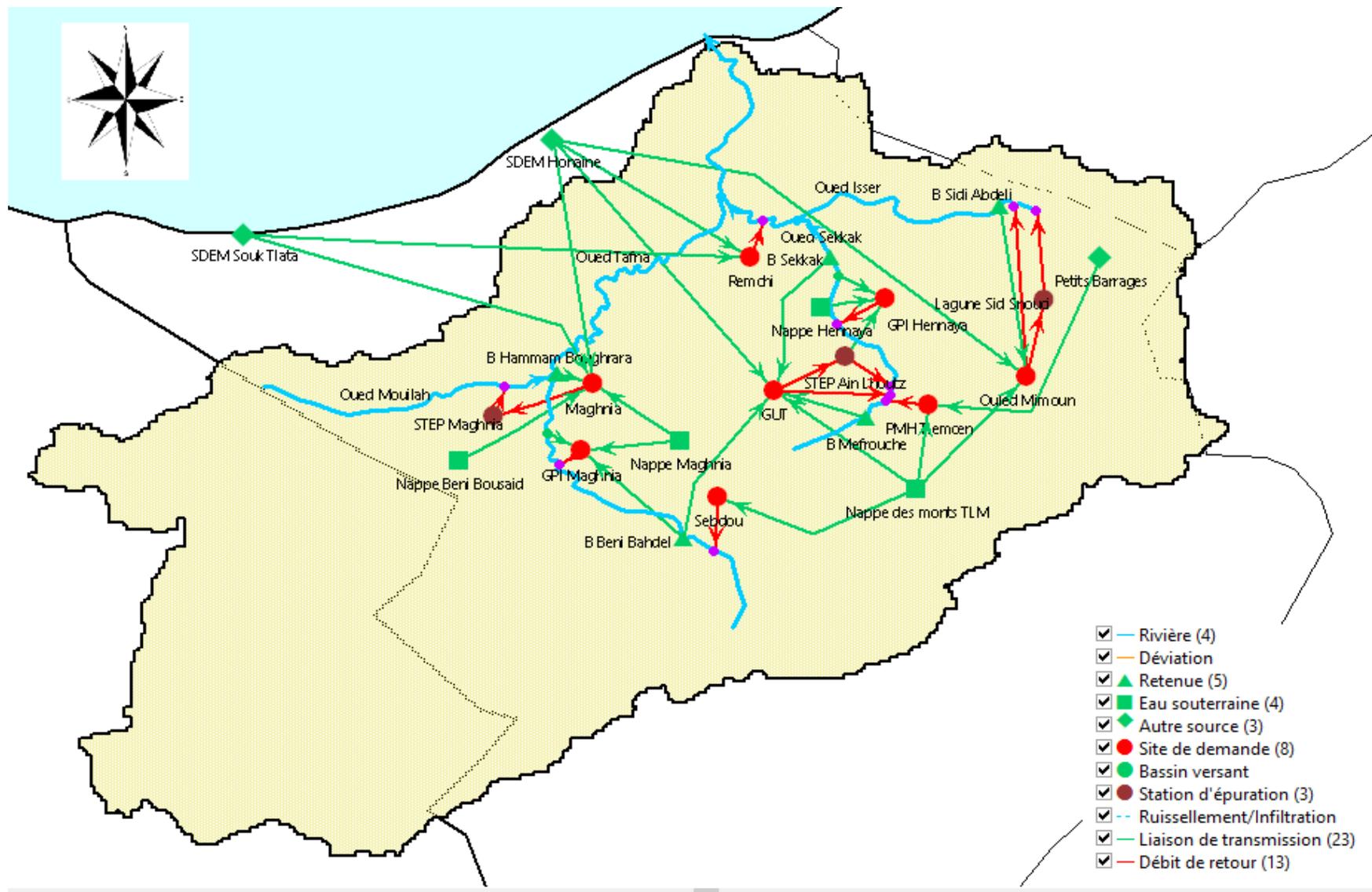


Figure III. 5: Carte du bassin du de la Tafna avec le système étudié sous le WEAP.

### III.4.3 Création des hypothèses clés et références

Les hypothèses clés sont créées en allant à la vue « Données » et en cliquant sur le bouton droit de la souris lorsqu'elle est positionnée au niveau de la branche des hypothèses clés de l'arborescence des données. Sélectionner « Ajouter » - Ceci va créer une nouvelle variable hypothèse, en dessous de la branche des hypothèses (Tutorial, 2008).

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse (Khelfaoui F., 2014). Dans notre étude, nous avons trois (3) hypothèses principales créées comme il est mentionné dans les figures III.6 et servant comme données de base pour le logiciel.

On a utilisé une dotation minimale de 110 L/jour/hab et une dotation industrielle de 0.079 Mm<sup>3</sup>/unité/an calculé à partir des besoins industriels des unités de la wilaya de Tlemcen en 2006.

Hypotheses-clé	2017	Echelle	Unité
Dotation minimale	40,15		m <sup>3</sup>
Dotation Industriel	0,079	Million	m <sup>3</sup>
Dotation Equipement	62,74		m <sup>3</sup>
variation mensuelle	SubYearlyValues( ; 7; 2; 7; 3; 7; 4; 8; 5; 9; 6; 11; 7; 12; 8; 10; 9; 8; 10; 7; 11; 7; 12; 7)		
dotation après réduction de pertes	0,15		Pourcent
SDEM pleine capacité	2,31		m <sup>3</sup>
dotation agricole economique	40		Pourcent

Figure III. 6: Les hypothèses clés utilisées.

### III.5 Création des sites de demande

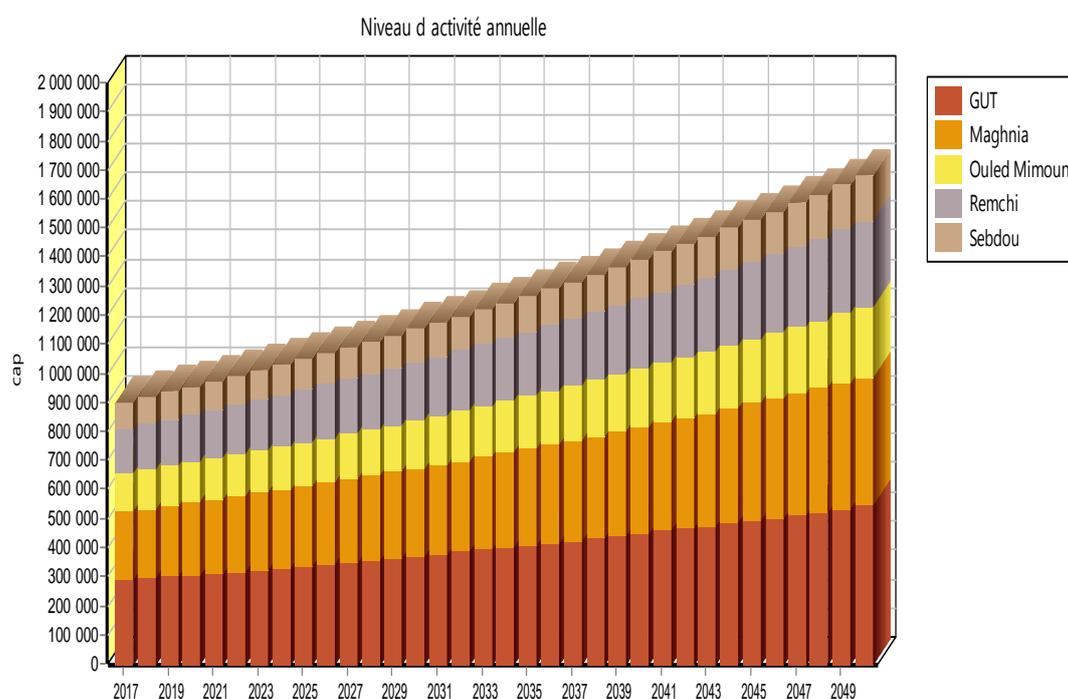
Dans notre étude, nous définissons cinq (5) sites de demande domestique suivant l'emplacement géographique des communes du bassin de la Tafna. Nous avons estimé les besoins des équipements globaux par 20% des besoins domestiques intégrés dans un seul site de demande (le besoin unitaire des équipements est introduit dans le modèle avec une dotation de 62,74 m<sup>3</sup>/An/hab). Pour les besoins agricoles, le système possède deux périmètres d'irrigation GPI (Hennaya et Maghnia) et un autre pour l'ensemble des petites et moyennes hydrauliques (PMH). Un site de demande industriel s'apparaît avec 75 unités de

production (Mesatpha K., 2015). Il est à noter que nous avons eus un manque de données concernant les volumes d'eau alloués pour la totalité des unités industrielles dans le bassin.

### III.5.1 Offre domestiques

La population est déterminée pour l'année d'étude par le programme générateur d'expression par la fonction « GrowthFrom » utilisant le taux d'accroissement, et l'année du compte actuel de la population correspondante.

La démarche adoptée consiste à supposer que le bassin de la Tafna s'inscrit dans la tendance de la wilaya de Tlemcen, la population de l'année du compte actuel est calculée sur la base de recensement de 2008. Le taux d'accroissement démographique global moyen et les habitants pour chaque site de demande sont mentionnés dans le tableau III.1.



**Figure III. 7:** évolution du nombre d'habitant pour les sites de demande dans la Tafna - scenario de référence (2017-2050) -

De cette figure, il en résulte que l'évolution de la population est en croissance permanente. En suivant la démarche du modèle WEAP, la population du système étudié sera de l'ordre de 1680000 habitants en 2050.

**Tableau III. 1:** Offre domestique pour les sites demande en 2017 (Compte actuel).

Site de demande	Commune	Taux accroissement	Population 2017	Sources d'approvisionnement (m <sup>3</sup> /An)				
				Mefrouche	Sekkak	SDEM Honaine	Eau concédé*	Eau souterraine
GUT	Tlemcen	1,39%	158711	7773840	218460	12607110	6348840	5949480
	Chetouane	1,83%	56054					
	Mansourah	1,77%	57574					
	Beni Mester	1,83%	21967					
		<b>1,71%</b>	<b>294305</b>					
Sebdou	Sebdou	1,84%	46918	-	-	-	-	4229790
	Beni Snous	1,96%	13479					
	Azails	1,63%	8706					
	Terny Beni Hdiel	1,81%	6816					
	Beni Bahdel	1,66%	3247					
	Aïn Ghoraba	1,52%	5807					
		<b>1,74%</b>	<b>84973</b>					
Remchi	Remchi	1,85%	55406	-	-	18868630	3316710	-
	El Fehoul	2,05%	8458					
	Aïn Youcef	1,82%	15564					
	Zenata	2,16%	4717					
	Sebaa Chioukh	1,67%	5378					
	Hennaya	1,82%	39246					
	Beni Ouarsous	1,93%	14378					

### Chapitre III Implémentation du modèle WEAP dans le bassin de la Tafna

	Ouled Riyah	2,14%	5236										
	Beni Khellad	1,72%	8083										
		<b>1,91%</b>	<b>156466</b>	<b>22185340</b>									
Ouled Mimoun	Bensekrane	1,81%	16270	-	-	641790	2256390	5675760					
	Aïn Tallout	1,89%	12176										
	Ouled Mimoun	1,77%	30915										
	Beni Semiel	2,10%	5670										
	Sidi Abdelli	1,91%	21600										
	Oued Lakhdar	2,02%	6301										
	Aïn Fezza	2,07%	13292										
	Amieur	1,93%	15623										
	Aïn Nehala	1,86%	7911										
		<b>1,93%</b>	<b>129759</b>						<b>8573940</b>				
	Maghnia	Aïn Fetah	1,91%						8714	-	-	1203930	21108970
Fellaoucene		1,96%	10461										
Aïn Kebira		1,98%	4373										
Maghnia		1,66%	132928										
Sabra		1,89%	33783										
Beni Boussaid		1,81%	15492										
Bouhlou		2,17%	7700										
Hammam Boughrara		1,91%	13567										
Sidi Medjahed		2,19%	8708										
		<b>1,94%</b>	<b>235727</b>	<b>23841365</b>									
<b>Besoins domestique Totales</b>				<b>91728165</b>									

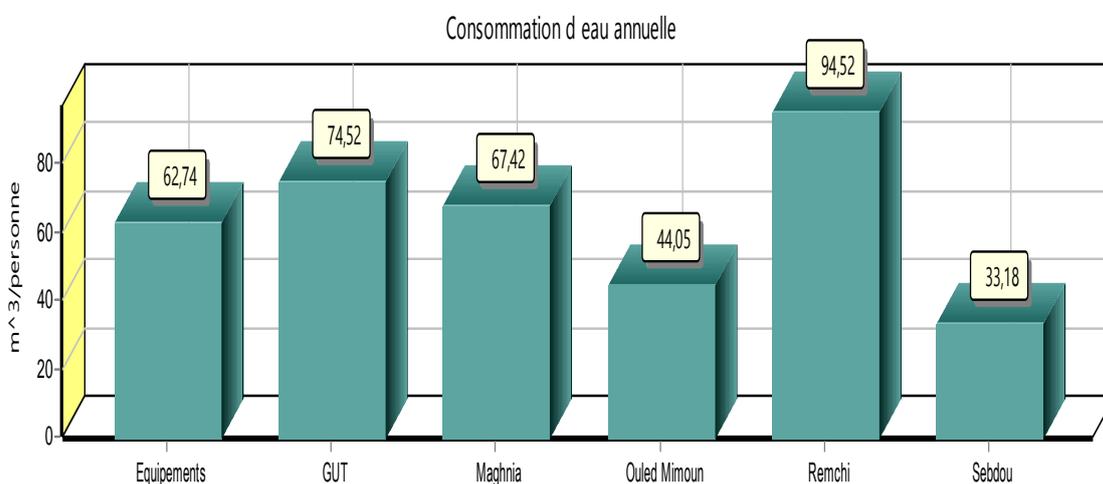
\*Eau concédé : les ressources délivrées par l'ADE de la SDEM Souk Tlata et les barrages (Béni Bahdel, Sekkak, Hammam Boughrara et Sidi Abdeli)

Ces données sont fournies à partir des BRQ (bulletins de renseignement quotidien) enregistrés par l'ADE, sauf les communes présentées par une trame de fond grise (Tableau III.1) où l'information est fournie par les APC ou la DRE.

Les sites de demande ont reçu un volume de 91,7 Hm<sup>3</sup> en 2017.

La figure suivante montre les dotations domestiques réelles pour les sites de demande domestiques obtenues par le tableau III.1 et en utilisant les critères suivants :

- Taux de raccordement de la population avec le réseau d'AEP : 98%.
- Les pertes d'eau lors de la distribution : 20%<sup>1</sup>.
- Proportion des équipements : 20%.



**Figure III. 8:** Les dotations réelles domestiques dans le compte actuel 2017.

### III.5.2 Offre Agricole

L'offre annuelle pour le secteur agricole a été estimée à 53 Mm<sup>3</sup> en 2017. Tout en ayant à noter que les PMH prennent 70 % de l'aire irriguée totale alors qu'elles sont fournies par 20% de

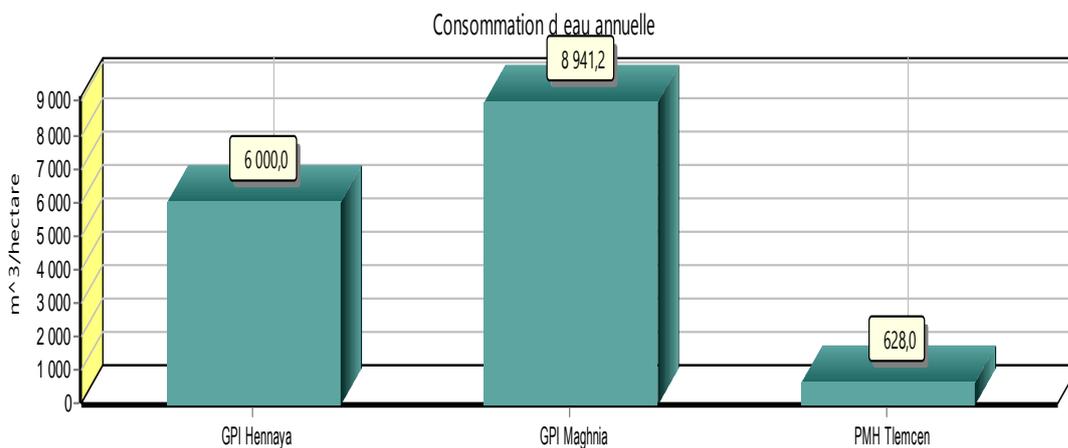
<sup>1</sup> Le taux de pertes d'eau lors de la distribution a été considéré à 20%. Tout en tenant en compte que les services de l'eau vont prendre l'ensemble des mesures et des dispositions nécessaires pour remédier aux problèmes des déperditions d'eau au niveau des réseaux de distribution, qui sont actuellement de l'ordre de 50% selon les données communiquées par l'ADE de l'Unité de Tlemcen. En plus, selon la littérature spécialisée, le taux admissible des pertes d'eau au niveau d'un réseau de distribution est de l'ordre de 15 à 25%.

l'offre globale agricole. Ceci revient à la faible densité des cultures qu'elles possèdent, comparativement aux grands périmètres d'irrigation.

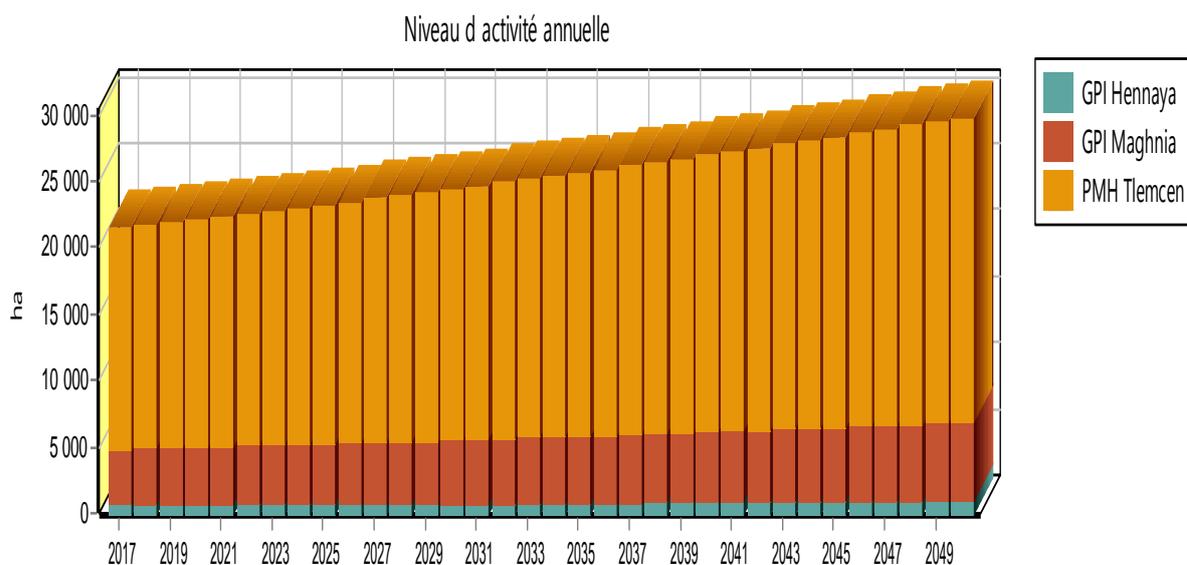
**Tableau III. 2 :** Caractéristiques des aires irriguées en 2017 (DRE, 2017).

	Offre (Mm <sup>3</sup> /an)	Surface (ha)	Surface Projetée (ha)	Taux d'extension annuel
GPI Maghnia	38	4250	1500	1%
GPI Hennaya	4,5	750	450	1%
PMH Tlemcen	10,33	16450	-	1%
<b>Total</b>	<b>52,83</b>	<b>21450</b>		

La figure III.9 présente la répartition des dotations agricoles utilisées par chaque aire irriguée :



**Figure III. 9:** Les dotations moyennes agricoles (2017).



**Figure III. 10:** L'évolution des aires irriguées -scenario de référence (2017-2050)

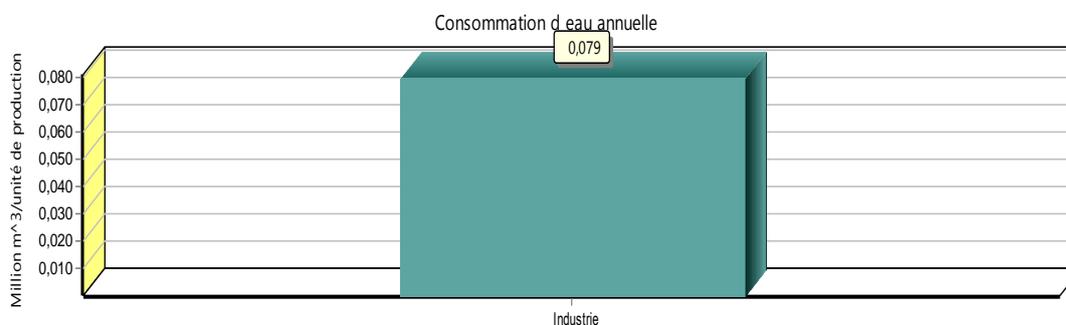
### III.5.3 Offre Industrielle

En ce qui concerne le secteur industriel, il faut reconnaître que les informations sont très maigres en termes de quantité. Néanmoins les données qui sont en notre possession, sont présentées dans le tableau III.3.

**Tableau III. 2:** Offre annuelle pour les industries (DRE, 2011).

	Offre (Hm <sup>3</sup> /an)	Nombre des unités
Total	<b>5,92</b>	<b>75</b>

La dotation industrielle est calculée à partir de nombre des unités et le quota d'eau alloué pour l'ensemble des unités.



**Figure III. 11:** Dotation moyenne industrielle (2017).

### III.5.4 Variation mensuelle de la consommation de l'eau

La consommation d'eau durant une année s'influence principalement par la période estivale où la demande domestique et agricole accroît en raison de la multitude d'activités (tourisme, irrigation très fréquente...etc.), le secteur industriel n'est pas concerné réellement par cette variation.

Nous avons choisi le modèle de variation mensuelle montré par la figure III.12 pour les trois secteurs :

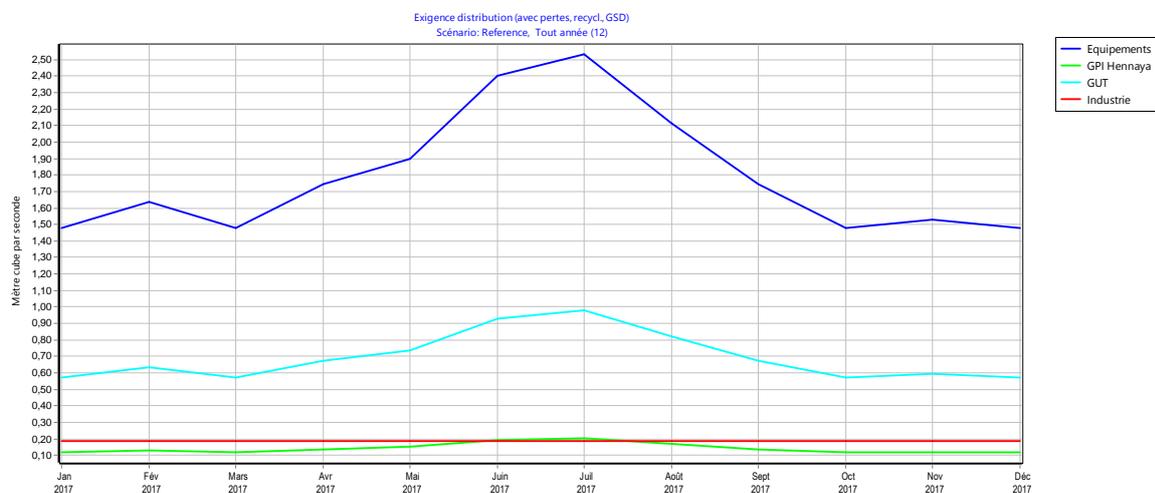


Figure III. 12: Variation mensuelle de la consommation.

### III.6 Distribution des ressources

Les SDEM et les barrages couvrent la majorité des besoins des sites de demandes en particulier les besoins domestiques. Néanmoins, le barrage de Béni Bahdel était destiné en premier lieu pour l'irrigation du GPI de Maghnia avec volume de 26 Hm<sup>3</sup>/an. Concernant les eaux souterraines, il y a à noter que les eaux de la nappe des monts de Tlemcen assurent avec des quantités assez remarquables d'eau de l'ordre de 53 Hm<sup>3</sup>/an, pour approvisionner tous les secteurs vu ses grandes potentialités (chiffre communiqué par l'Agence du Bassin Hydrographique Oranie – Chott Chergui).

Pour la source dite « eau concédé » elle regroupe les volumes de la SDEM Souk Tlata et les barrages, destinés à abreuver le secteur domestique.<sup>2</sup>

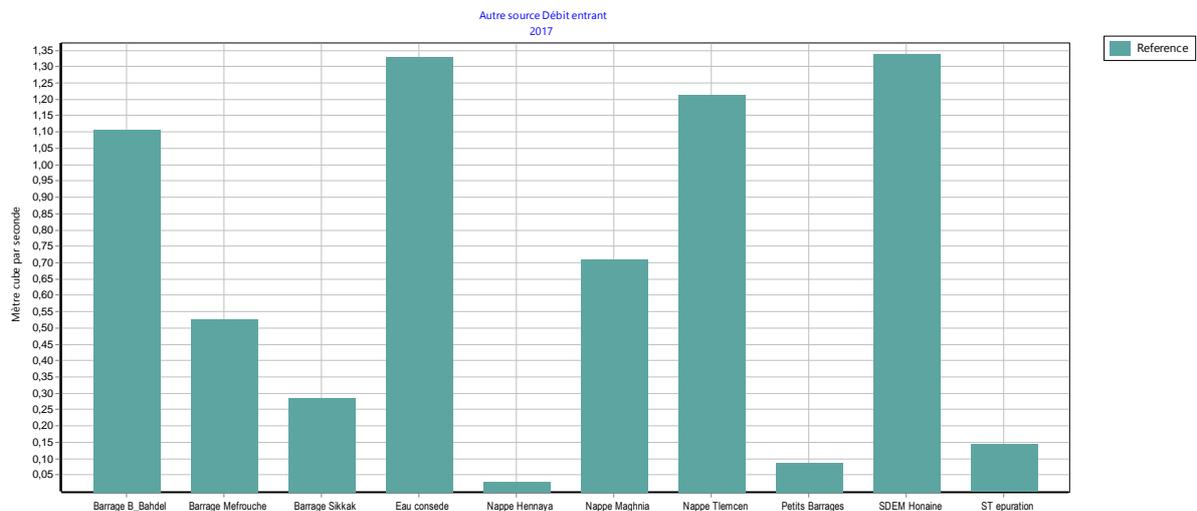


Figure III. 13: Débits entrants à partir des sources dans le bassin du de la Tafna(2017).

### III.7 Priorités d’approvisionnement

Il existe des liaisons entre les ressources et les sites de demande suivant la priorité d’approvisionnement. De ce fait, l’approvisionnement des sites de demandes suit l’ordre de priorité suivant : Les besoins domestiques en première priorité, et les besoins industriels et agricoles en deuxième position.

On parle de débit de retour. Certaines d’entre elles devraient être créées suivant la priorité d’approvisionnement (Khelfaoui F., 2014) :

- Une liaison de transmission à partir de l’emplacement urbain jusqu’à l’emplacement agricole pour un modèle conceptuel de réutilisation d’eau usée urbaine dans l’agriculture.
- Des liens de débits de retour (eaux usées) avec les emplacements des utilisations
- (Urbain, industrie, élevage, agriculture) vers la rivière si on veut étudier la charge et la propagation des pollutions.

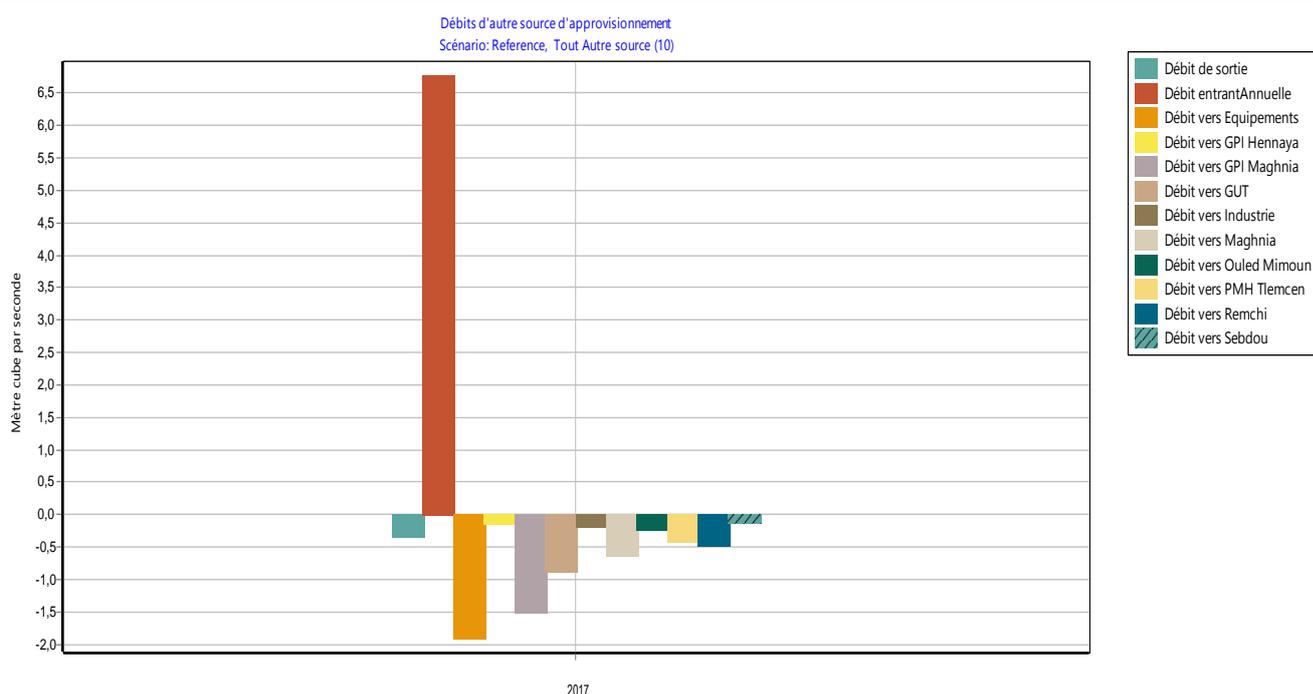
### III.8 Calibrage du modèle

Le calibrage ou calage du modèle consiste à déterminer les paramètres non observés du modèle (la consommation unitaire domestique agricole et industrielle, les pertes du réseau de

<sup>2</sup> C’est l’ADE qui nous a fournis cette information.

distribution...). Le modèle sera correctement calibré lorsque ces paramètres sont bien déterminés et calculés à la base d'une étude quantitative. Il reproduit exactement la situation hydrique observée durant l'année de base 2017 (Figure III.13).

Dans le tableau III.4, le modèle WEAP calcule la somme des débits entrants et des débits sortants de notre système. Nous remarquons que **Sum** tend vers 0, ce qui confirme le bon calage de notre modèle.



**Figure III. 14:** Flux entrant et sortant des ressources en eau de la Tafna

**Tableau III. 3:** Toutes sources et destinations, scénario : compte actuel, débits d'approvisionnement (m<sup>3</sup>).

Débit de sortie	-10244616,67
Débit entrant Annuelle	213561540
Débit vers Equipements	-59735679,33
Débit vers GPI Hennaya	-4500000
Débit vers GPI Maghnia	-47500125
Débit vers GUT	-27414510,75
Débit vers Industrie	-5929684,451
Débit vers Maghnia	-19865892,93
Débit vers Ouled Mimoun	-7144359,375

Débit vers PMH Tlemcen	-12913250
Débit vers Remchi	-14789166,32
Débit vers Sebdou	-3524255,175
<b>Sum</b>	<b>3,95239E-08</b>

### III.9 Création et analyse des scénarios

Le calibrage du modèle permet de définir le Compte de l'année de base (*Current Account*) qui reproduit la situation de 2017. Une fois le modèle calibré, la modélisation des scénarios s'effectue en deux étapes. Dans la première, un scénario de référence est établi à partir du compte de base pour simuler l'évolution du système sans aucun changement. Dans la seconde étape, nous avons créé des scénarios de type '*que se passe-t-il si ?*' pour modifier le scénario de référence et évaluer les effets des changements dans la demande, la production ou le management des ressources en eau.

#### III.9.1 Création de scénario de référence

Le scénario de référence est un scénario hérité du compte courant. Il faut changer sa description pour refléter son rôle réel. Pour cela, quelques valeurs déjà activées dans le compte courant devraient être changées (Figure III.14).

Il décrit la situation et l'évolution tendancielle des ressources et de la demande en eau à partir de l'année des comptes (année 2017) jusqu'en 2050, et ceci sans aucune influence.

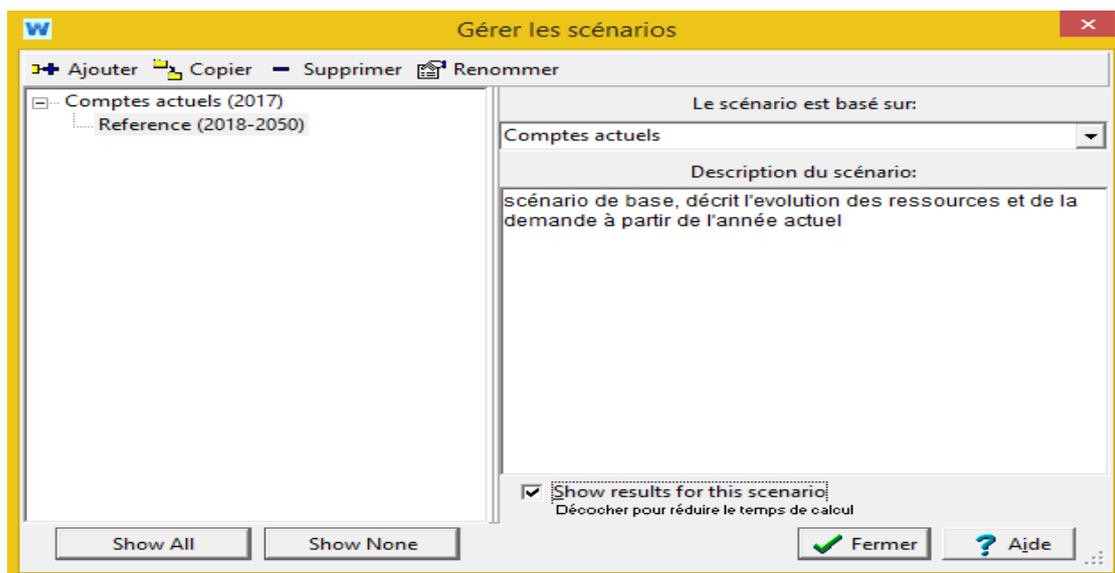


Figure III. 15: Création de scénario de référence

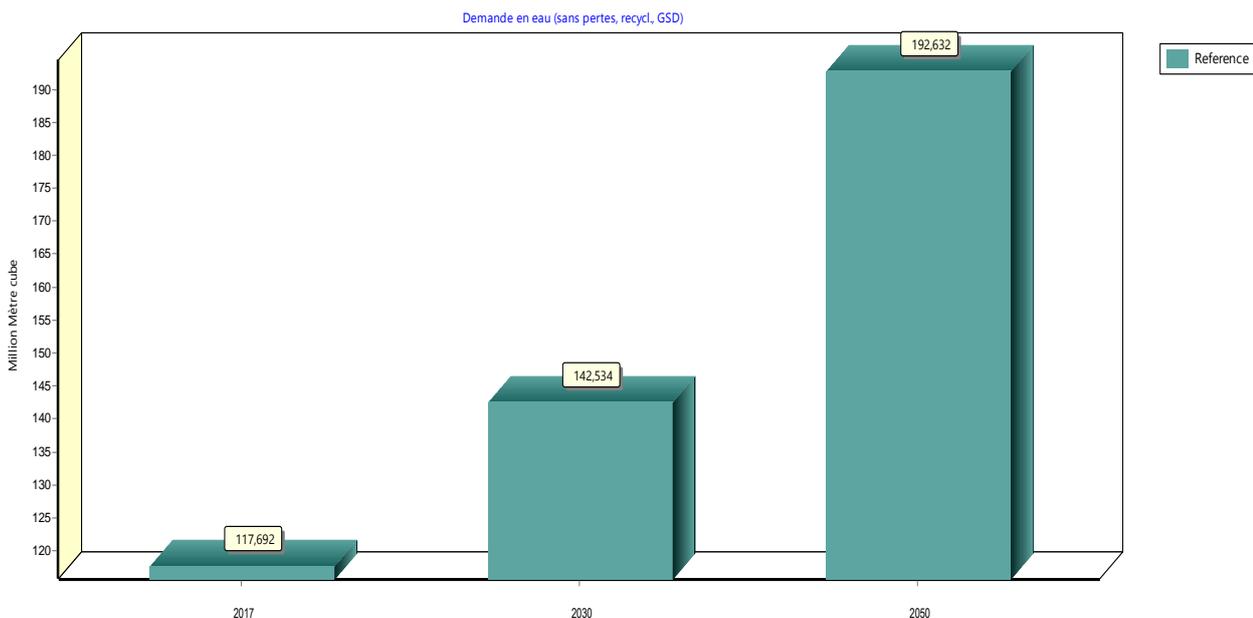
### III.9.2 Les résultats du scénario de référence

Dans ce scénario de référence, le schéma hydraulique du bassin distingue la production des stations de dessalement, les transferts des barrages, et prélèvement à partir des nappes.

#### III.9.2.1 La demande en eau

L'évolution de la demande en eau dépend de la taille des nœuds consommateurs d'eau (population, industrie, irrigation, etc.), de leur taux de croissance ou de développement et de leur dotation. Les figures (III.15, III.16 et III.17), ci-après, montrent l'évolution de la demande en eau des différents secteurs (domestique, industriel et agricole) à différents horizons (2017-2030-2050).

La figure III.18, montre l'évolution de la demande en eau global dans l'ensemble du bassin de la Tafna (tous les sites s'intègrent) en gardant les mêmes horizons précédents.



**Figure III. 16:** Demande en eau annuelle des sites de demande (domestique + équipements) dans le scénario de référence (2017-2050).

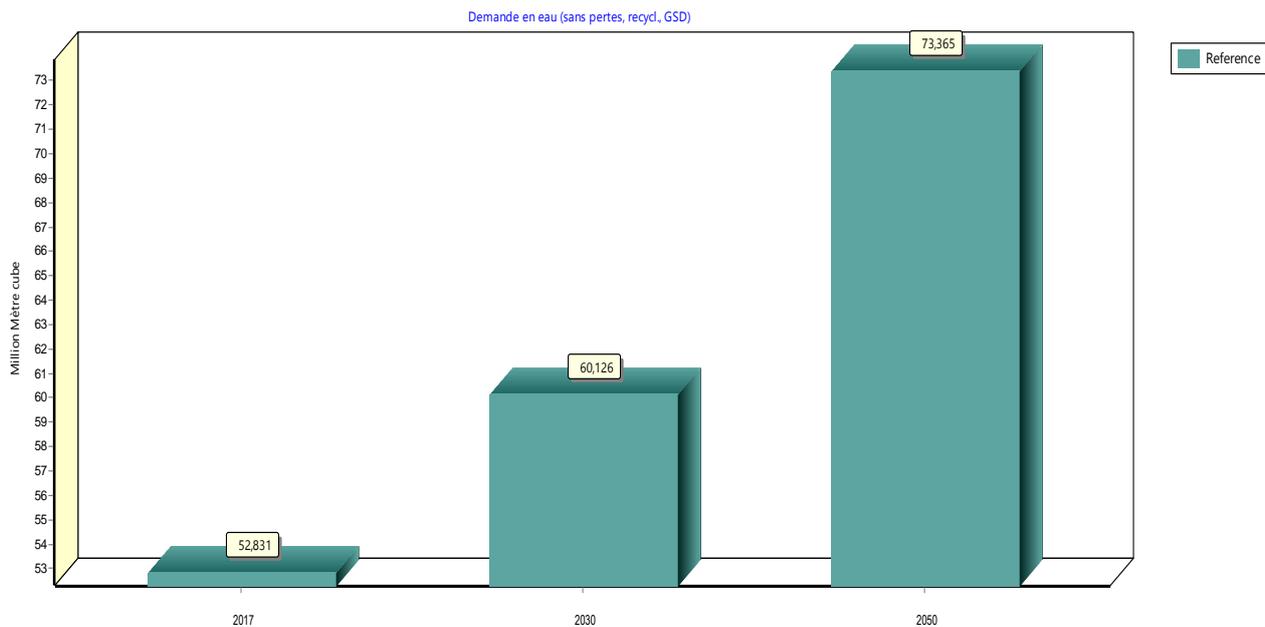


Figure III. 18: Demande en eau annuelle des sites de demande agricole dans le scenario de référence (2017-2050).

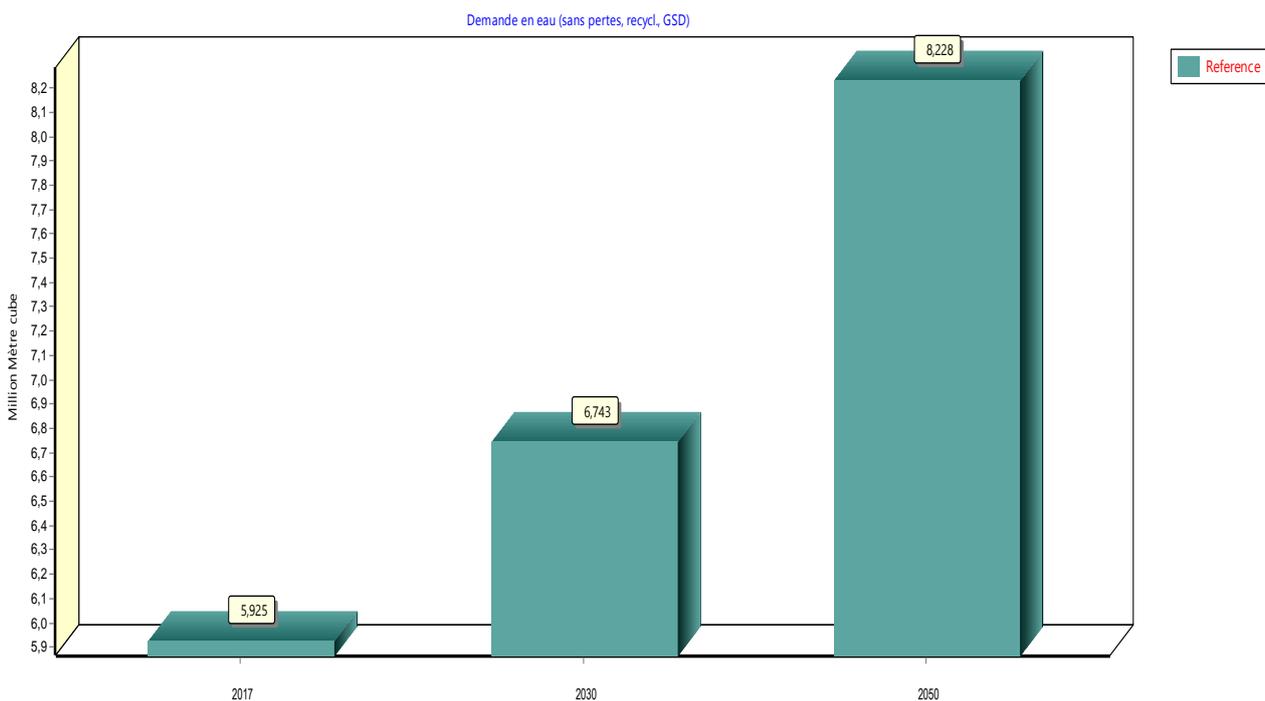
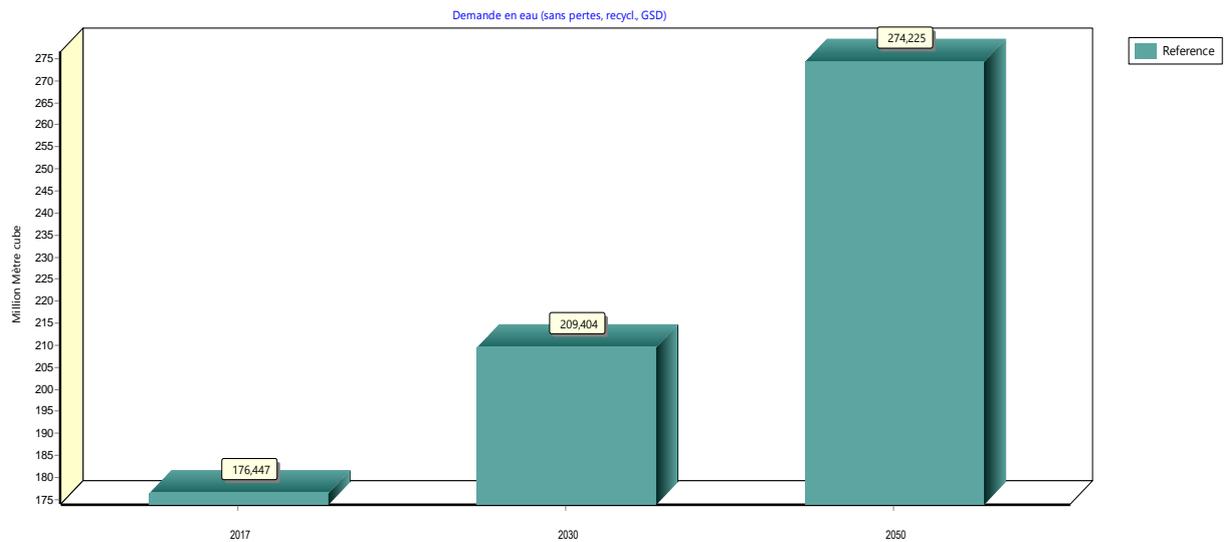
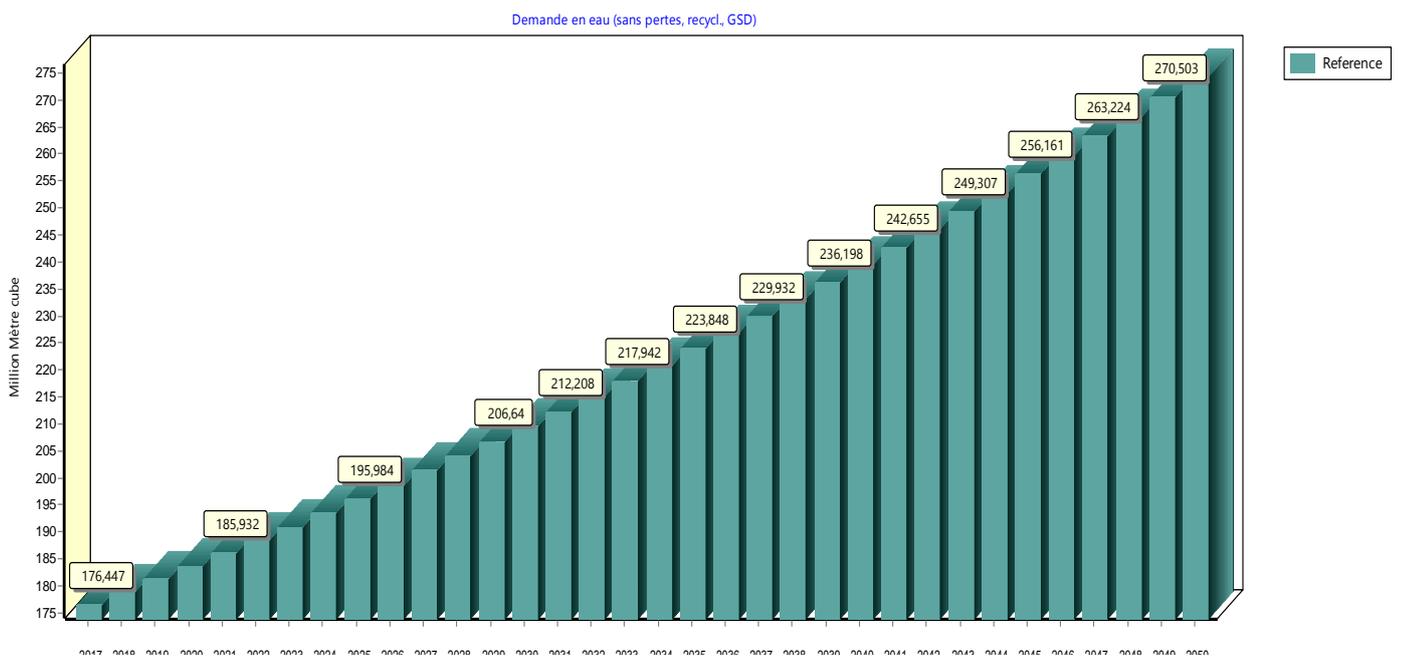


Figure III. 17: Demande en eau annuelle du site de demande industriel dans le scenario de référence (2017-2050).



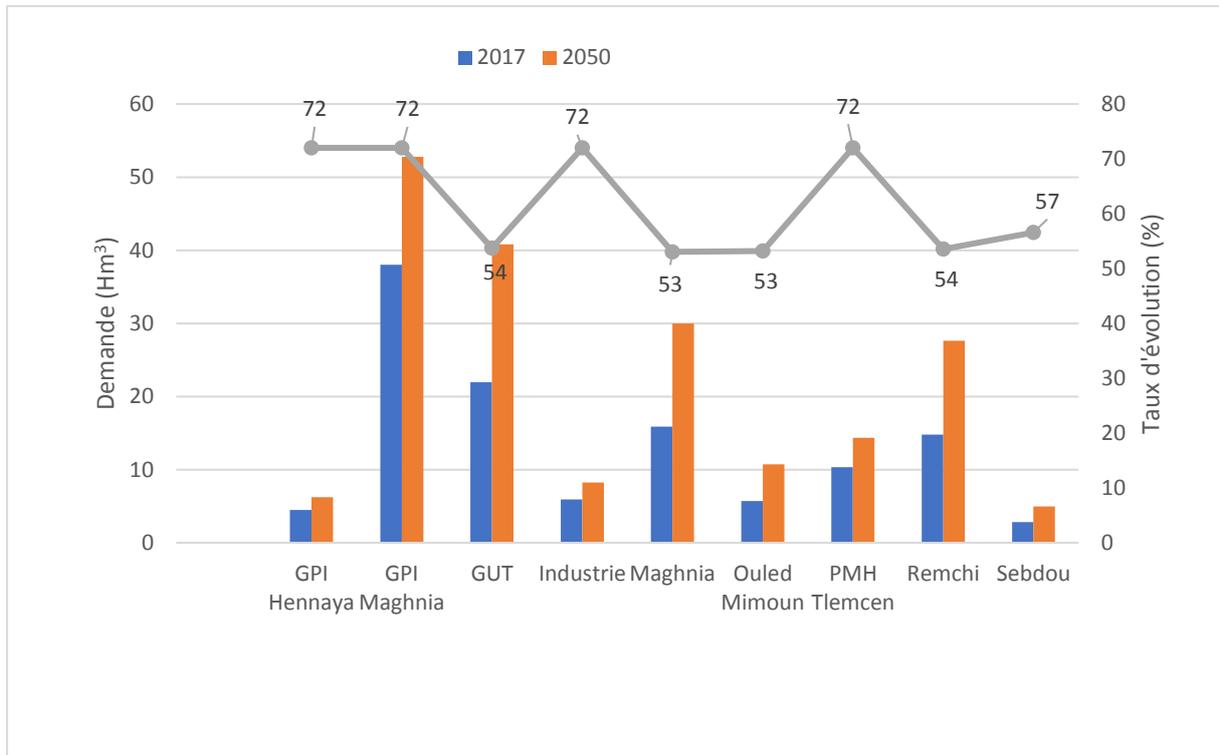
**Figure III. 19:** Demande en eau annuelle globale pour des années différentes dans le scénario de référence (2017-2050).

La figure III.19 montre l'évolution de la demande annuelle en eau globale à chaque année du scénario de référence dans le bassin de la Tafna. Elle est de près de 176.4 millions de m<sup>3</sup> en 2017, dont 70.06 % sont des besoins domestiques et industriels. Selon les projections du WEAP, les besoins globaux s'élèveront à moyen terme (2030) à plus de 209.404 millions de m<sup>3</sup> par an. A l'horizon 2050, ces besoins atteindront les 274.225 millions de m<sup>3</sup> par an, dont



**Figure III. 20:** Demande en eau annuelle globale dans le scénario de référence (2017-2050).

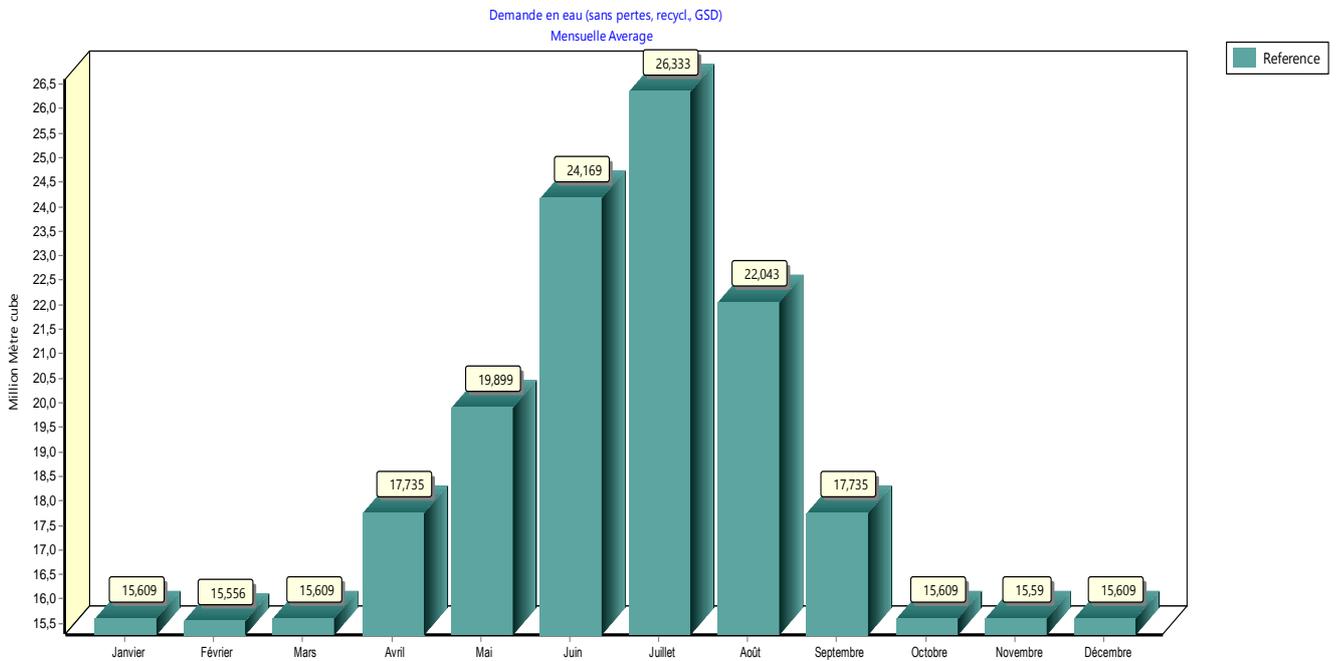
plus de 26.75 % sont proprement des besoins en eau d'irrigation.



**Figure III. 21:** Demande en eau pour tous les sites de demande et le taux de d'évolution en 2017 et 2050.

La demande en eau pour les sites de augmente de façon différente entre les trois secteur consommateurs de l'eau, pour la demande agricole a passé de 53 Hm<sup>3</sup> en 2017 pour atteindre les 78 Hm<sup>3</sup> en 2050, pour les sites domestiques, la demande a évoluée avec une moyenne de 55 % et celle de l'industrie avec 72%.

La répartition mensuelle de la demande en eau à l’horizon 2050 montre qu’elle est maximale au mois de juillet « 26.33 Hm<sup>3</sup> », dont plus de 69.22% sont destinés à la consommation domestique selon l’estimation du logiciel ce qui est logique vue la période étudiée (saison estivale), 28.5% sont des besoins agricoles (Figure III.21).

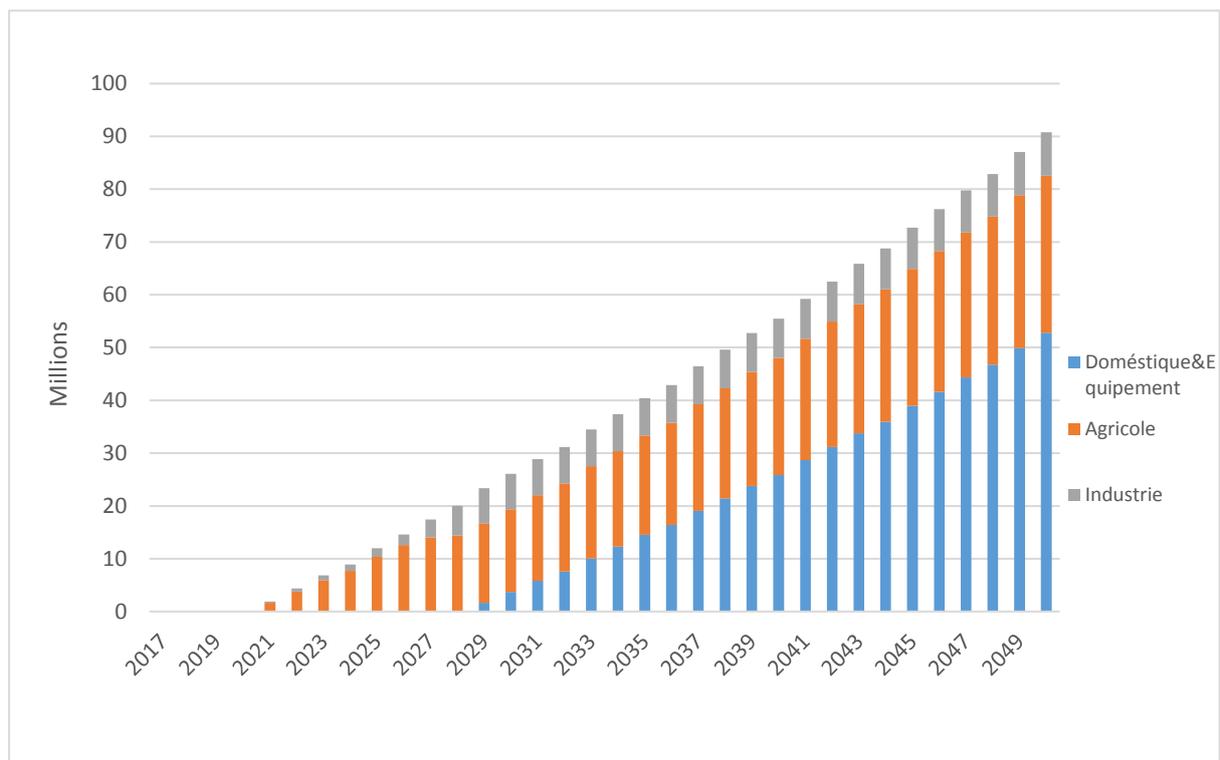


**Figure III. 22:** Demande en eau moyenne mensuelle globale à l’horizon 2050 dans le scenario de référence (2017-2050).

### III.9.2.2 La demande non satisfaite

Compte tenu des taux d’accroissements des sites de demandes domestiques ; de l’agriculture ; de l’industrie et de l’équipement, le volume d’eau requis pour satisfaire les besoins des secteurs doit être supérieur à la demande. Et donc, une absence d’intervention entraînera un déficit ou une demande non satisfaite en eau.

En l’an 2030, le déséquilibre hydrique sera d’un écart de 26.1 millions de m<sup>3</sup> dont 15.6 millions sont pour les besoins agricoles, 6.7 millions m<sup>3</sup> pour l’industrie et 3.7 millions pour les agglomérations et l’équipement, ce qui met gravement en danger le développement de la région de notre bassin (figure III.23), surtout en termes de production agricole.

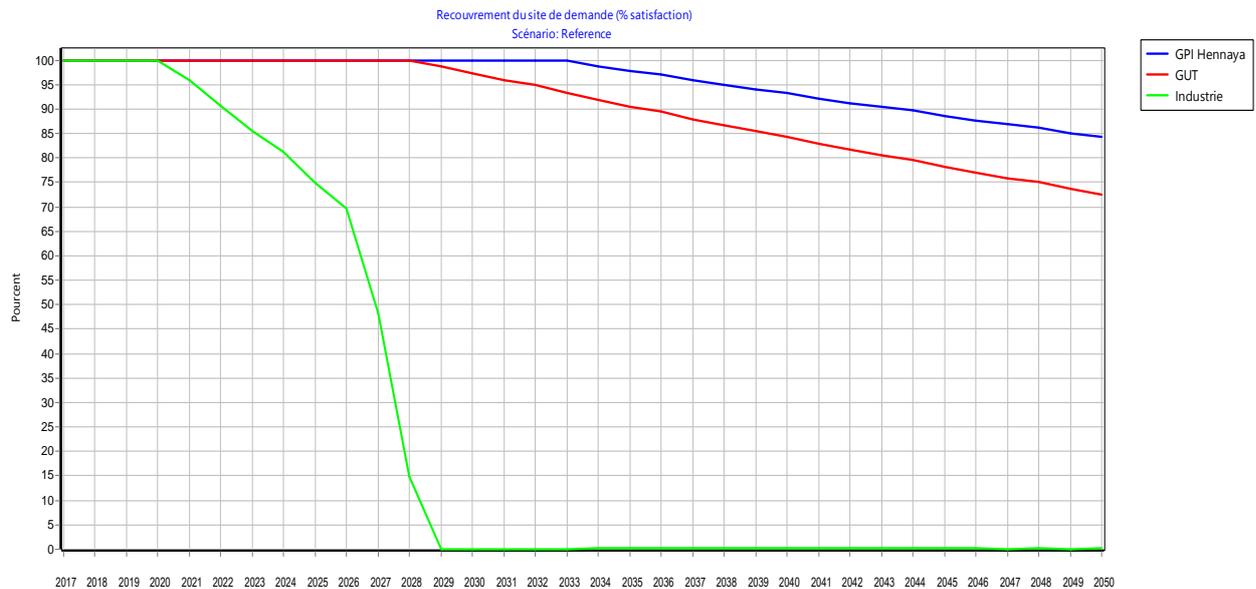


**Figure III. 23:** Demande non satisfaite dans le bassin -scenario de référence (2017-2050)

### III .9.2.3 Recouvrement en eau

Dans cette partie nous allons étudier le taux de satisfaction pour les différents secteurs et pour les trois sites suivants : « GUT (domestique), GPI Hennaya (agricole) et la seule zone industrielle »

En termes de taux de recouvrement par secteurs (demande satisfaite/besoins en eau), celui-ci diminue rapidement pour l'industrie. Ceci tient à la priorité accordée à l'alimentation domestiques et agricoles qui fait que le secteur industriel est le premier touché par les pénuries d'eau. Ainsi, l'approvisionnement du secteur industriel s'annule en 2029 (figure III.24).



**Figure III. 24:** Taux de satisfaction par secteur pour les trois sites choisis, scenario de référence (2017-2050).

Sans autre action sur le volume des ressources en eau produites, le GUT comme site de demande domestique et le grand périmètre irrigué de Hennaya commenceront à leur tour à connaître des pénuries à partir de 2033. En 2050, seulement 72.6% des besoins en eau seront satisfaits pour le GUT et 84.3% pour le GPI Hennaya.

Les résultats des autres sites de demande ont les mêmes allures de la figure III.24, suivant la priorité de la distribution.

Le scénario de référence, et selon la simulation des données, est pratiquement un scénario passif, il ne reflète pas la réalité, du fait que le scénario suppose que les besoins unitaires en eau sont constants tout au long de la période de simulation alors que la demande des 3 secteurs définit précédemment accroit. Pour cela allons procéder à la simulation de scénarios alternatifs.

### III.9.3 Scénarios alternatifs proposés

L'évaluation de l'impact des différents facteurs, en vue d'aboutir à une approche intégrée du développement, de l'approvisionnement et l'allocation en eau pour les différents sites de demandes ainsi la préservation des écosystèmes, est entrevue à travers la création de scénarios ou variantes dans le modèle WEAP. Ces scénarios sont élaborés par l'introduction d'expressions mathématiques sous formes d'hypothèses clés traduisant les différents cas de figures à examiner.

Rappelons que l'année « Compte actuel ou initial » 2017 sert d'année de base pour le programme. La variante de « Référence » représente une évolution simulée sans aucune influence à partir de l'année « Comptes actuels ».

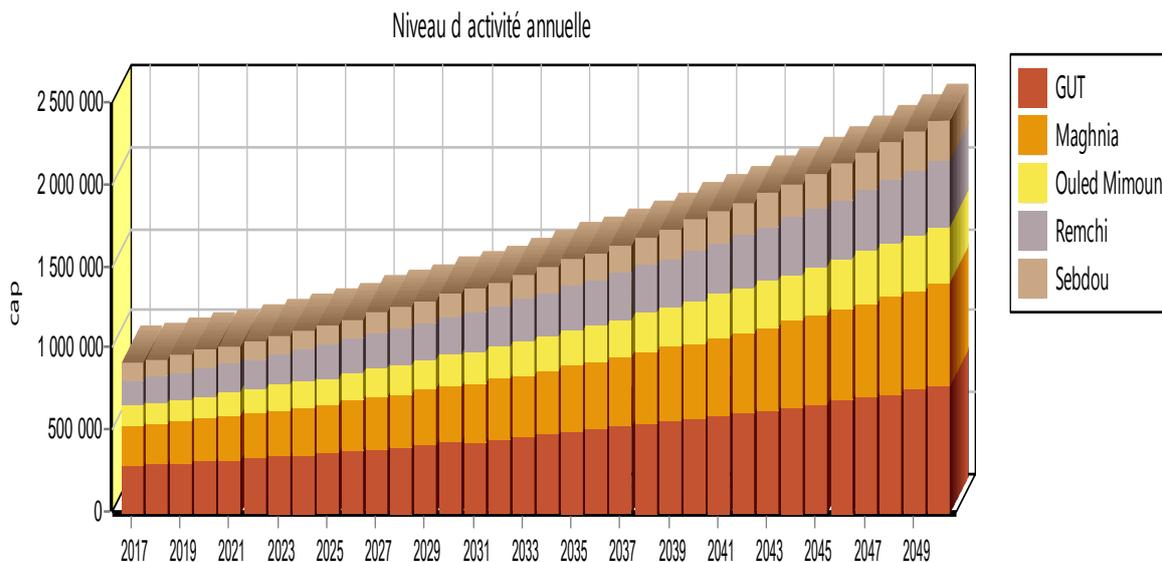
Notons que de nombreuses variantes peuvent être créées et simulées par l'introduction des modifications sur la variante de « Référence » pour évaluer les effets dus aux changements des règles et technologies de gestion.

#### III.9.3.1 Analyse du scénario « la forte croissance démographique »

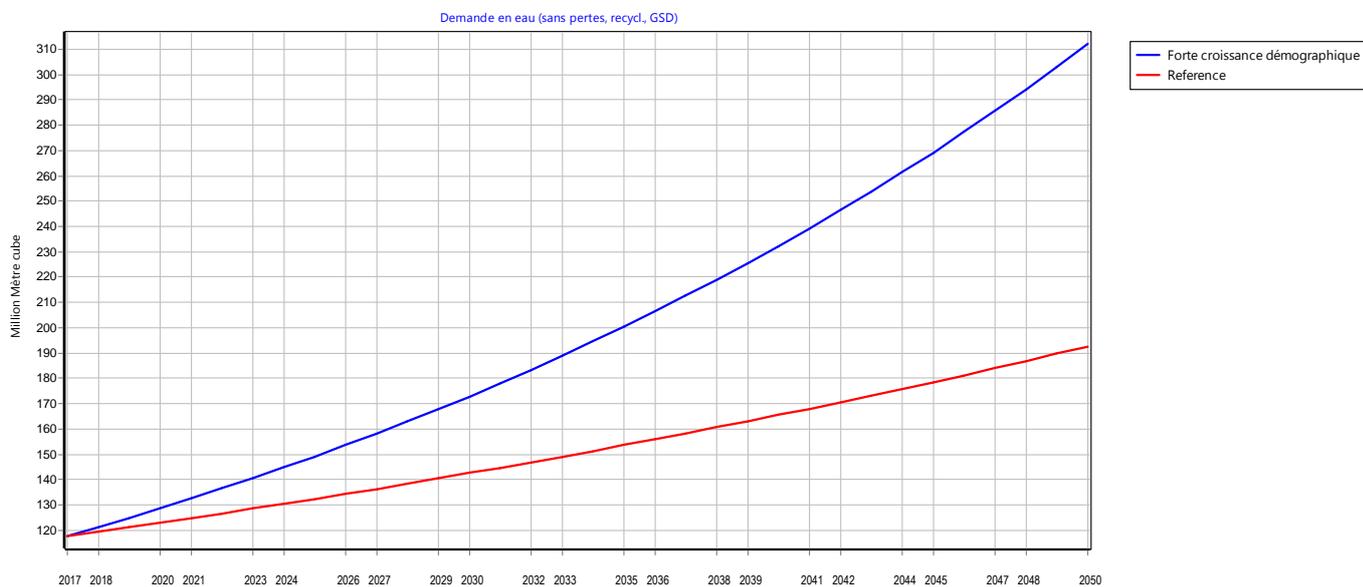
Un nouveau scénario devrait être créé pour évaluer l'impact d'un taux de croissance plus élevé pour la période 2017-2050. Pour évaluer et comparer le taux de croissance de la population si le taux de croissance augmente. Le modèle WEAP nous donne un scénario « forte croissance démographique » qui représenté par la figure III.25.

La figure III.26 présente la demande en eau dans le scénario à forte accroissement de population et celui de référence. Quant à la figure III.27 montre le déficit dans ce scénario. A cet effet nous supposons, dans ce scénario, un taux d'accroissement de la population de 3% pour toutes les agglomérations du notre zone d'étude

Notons que la demande en eau croit substantiellement. Ceci est due à l'augmentation du taux d'accroissement de la population, elle atteint en l'an 2050 : 312.2 Hm<sup>3</sup> pour les 6 sites de demandes sélectionnés au lieu de 192.6 Hm<sup>3</sup> pour le scénario de référence.

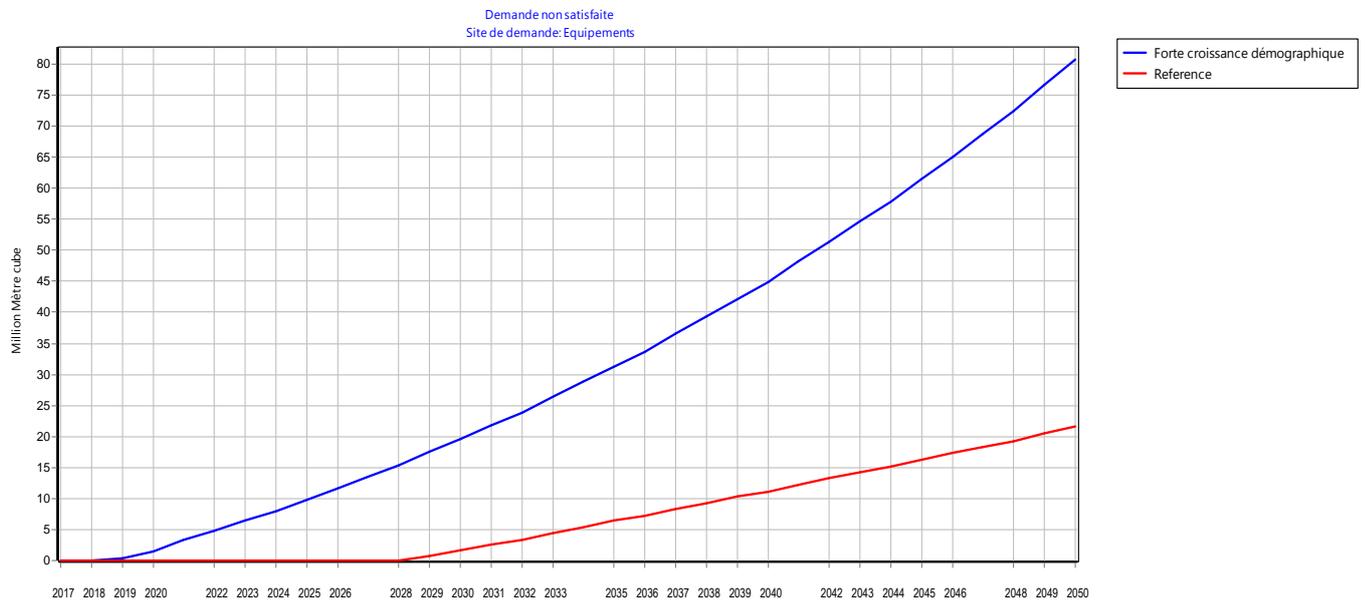


**Figure III. 25 :** Evolution de la population pour le taux d'accroissement 3% dans les sites de demandes domestiques, scénario « forte croissance démographique » (2018-2050)



**Figure III. 26:** Projection de la demande en eau des 6 sites domestique 2018-2050 dans les deux scenarios : référence et forte croissance démographique.

Le déficit, représenté par la demande non satisfaite, atteint les 167.6 Hm<sup>3</sup> pour l'ensemble des sites contre 53.8 Hm<sup>3</sup> pour le scénario de référence.



**Figure III. 27:** La demande non satisfaite en eau des 6 sites domestique 2018-2050 dans les deux scénarios : référence et forte croissance démographique.

### III.9.3.2 Analyse du scénario « Amélioration de l'activité agricole » :

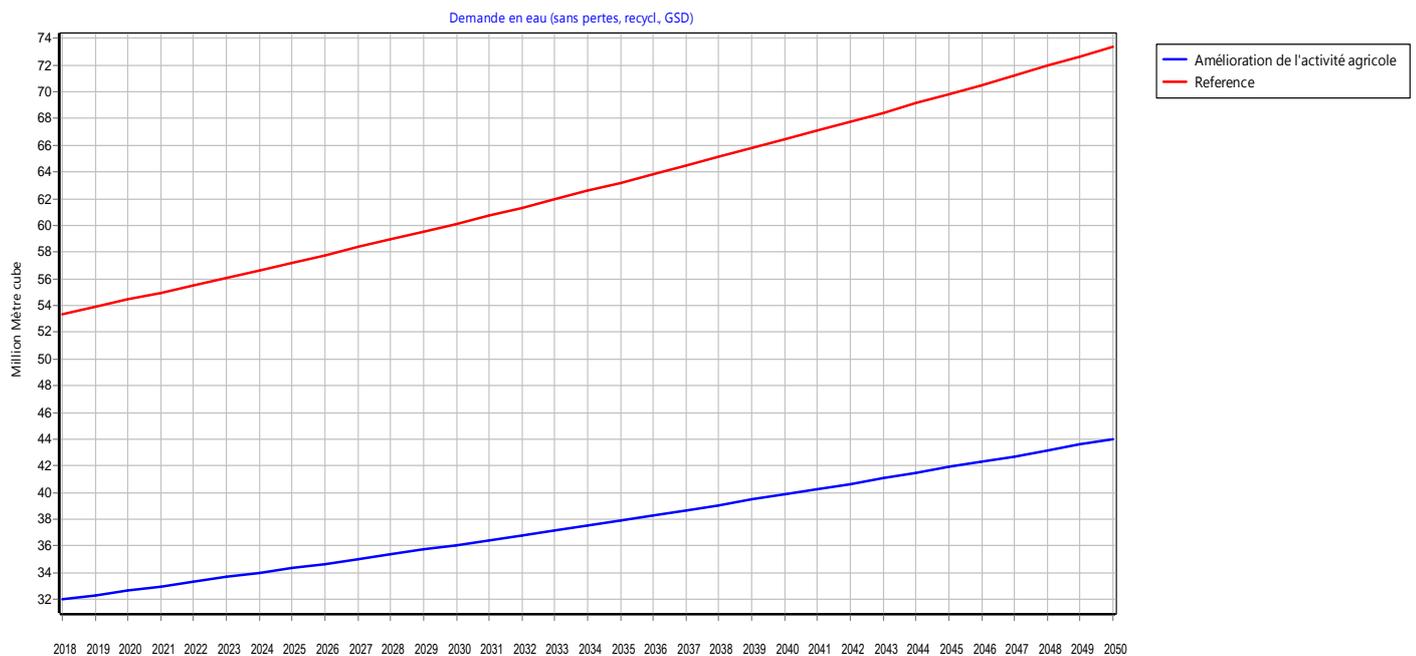
Le but est de réduire la dotation agricole qui est à la base du déficit dans ce secteur. Notre vision pour cette amélioration est partagée en 2 hypothèses :

- Utilisation des systèmes économes d'eau (les nouvelles techniques d'irrigation).
- Cultiver les plantes les moins gourmandes en eau.

Pour cela, nous avons supposé que 40% de la consommation unitaire agricole du scénario de référence est préservé, ce qui veut dire que notre système « sources » qui alimente les périmètres d'irrigation transmettra 60% de la dotation initiale (scénario de référence) vers les activités agricoles.

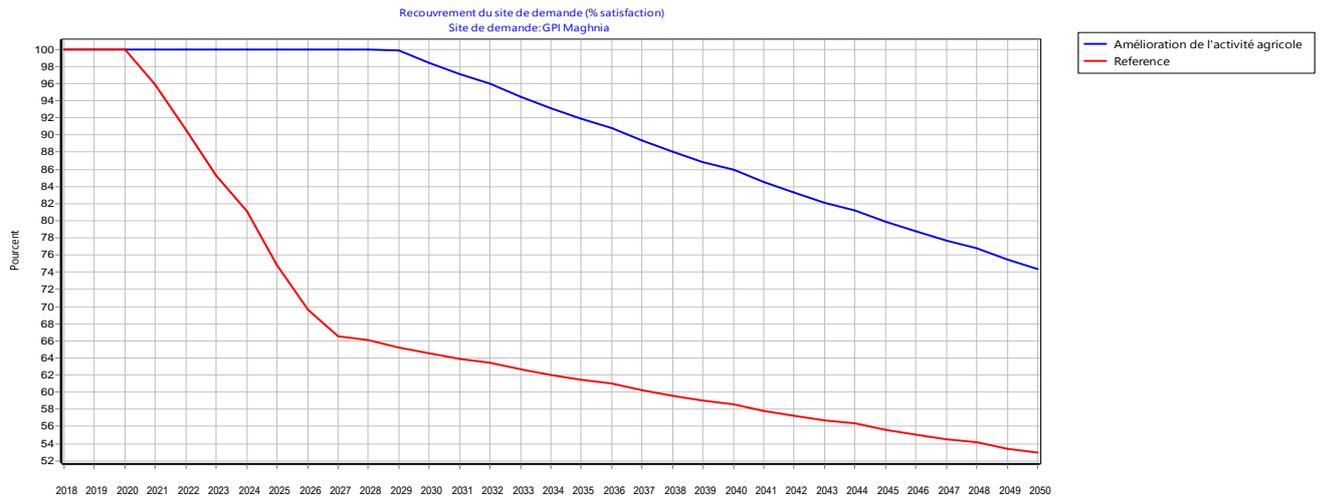
La figure III.28 présente la demande en eau dans le scénario Amélioration de l'activité agricole et celui de référence.

Dans ce scénario, nous remarquons que la demande en eau décroît d'une façon très remarquable à cause de la nouvelle dotation agricole. Le modèle WEAP estime une demande de 44 Hm<sup>3</sup> en l'an 2050 au lieu de 73.4 Hm<sup>3</sup> pour le scénario de référence. Une telle différence de capacité peut être utilisée d'une manière avantageuse pour combler le déficit des autres secteurs.



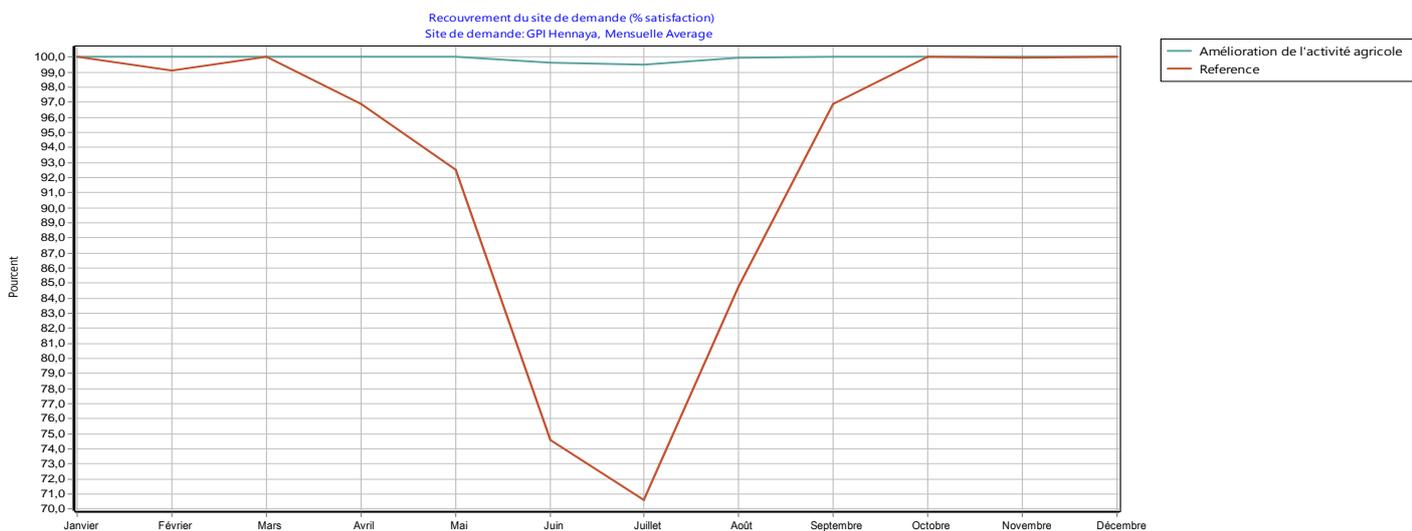
**Figure III. 28:** Projection de la demande en eau dans le secteur agricole pour les deux scénarios : référence et amélioration de l'activité agricole. (2018-2050).

La figure III.29 montre que le recouvrement du site de demande GPI Maghnia en eau est satisfaisant par rapport au scénario de référence. La satisfaction s'est étendue de plus de 8 ans par rapport au scénario de référence comme le montre la figure au-dessous. Le déficit prévu en l'an 2050 dans le scénario de référencé s'est rétréci de 21.5 % dans ce scénario.



**Figure III. 29:** Taux de recouvrement du GPI Maghnia dans les deux scenarios : référence/amélioration de l'activité agricole (2018-2050).

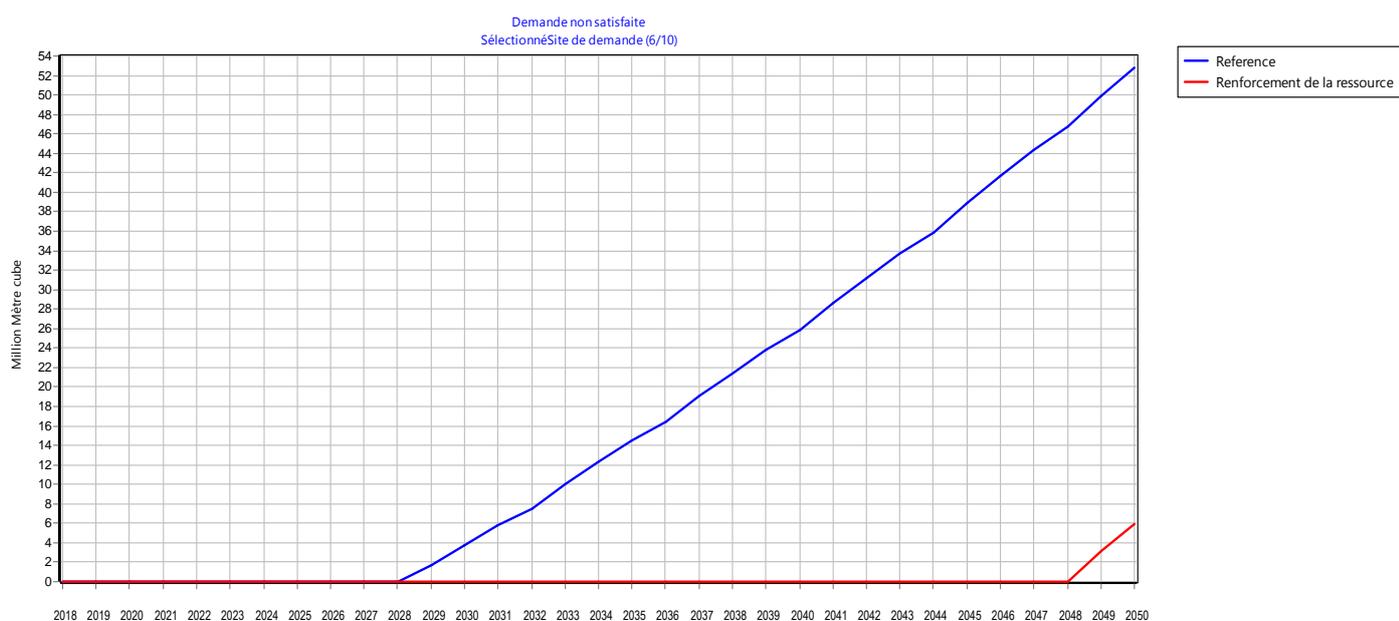
La figure III.30, ci-après, montre que le recouvrement moyen mensuel du site GPI Hennaya pour la période étudiée, est satisfait dans le scénario « Amélioration de l'activité agricole », le scénario de référence a vécu en période estivale un déficit de 30% en mois de juillet, ce qui a été totalement compensé dans le nouveau scénario.



**Figure III. 30:** Taux de recouvrement moyen mensuel du GPI Hennaya dans les deux scenarios : référence/amélioration de l'activité agricole

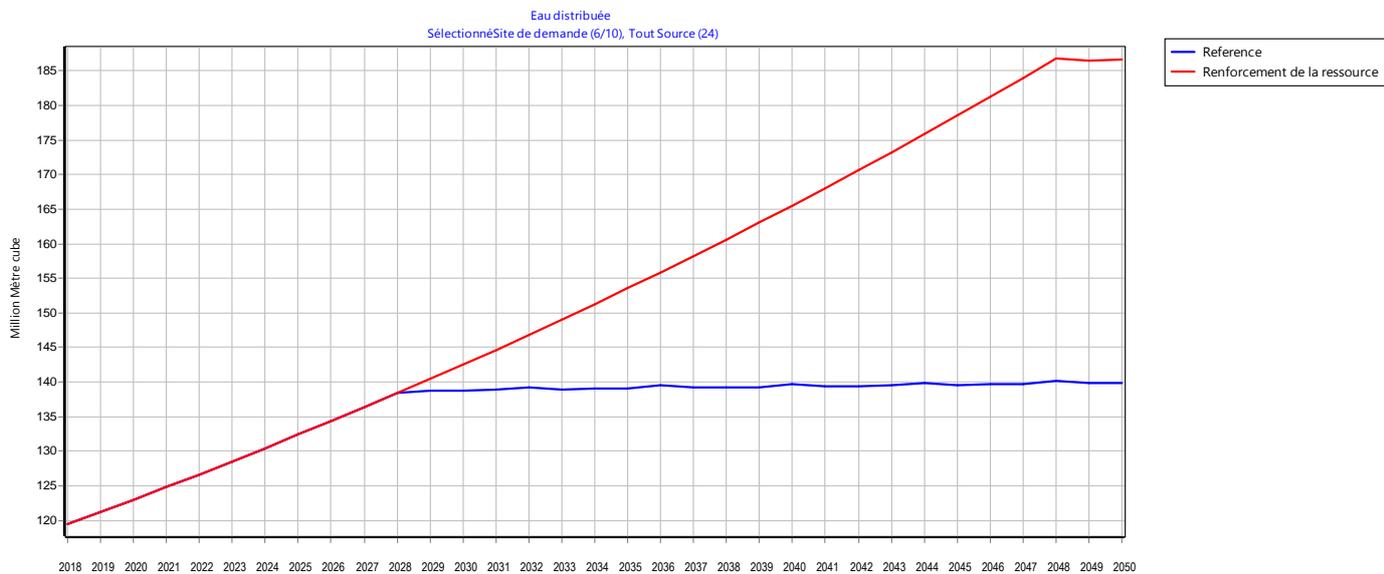
**III.9.3.3 Analyse du scénario « renforcement de la ressource »**

En raison de la balance déficitaire qui caractérise les besoin domestiques, il est nécessaire de chercher à les satisfaire, les SDEM de la Tafna restent jusqu’aujourd’hui en dessous de leurs capacités de production à cause de l’état de dégradation (SDEM Souk Tlata produit une moyenne de 63000 m<sup>3</sup>/jour en 2017). De l’autre côté, les prélèvements de la SDEM de Honaine restent inférieurs à sa capacité (174000 m<sup>3</sup>/jour en 2017) par exigence de l’ADE. Ce scénario prend en compte la capacité complète des stations de dessalement, cette procédure a permis de prolonger la satisfaction globale en eau pour les sites domestique de 2028 jusqu’à 2048 comme il est montré dans la figure III.29 (la satisfaction des autres secteurs n’est pas touchée parce que la demande agricole est indépendante des SDEM et l’industrie s’appuie sur les prélèvements des nappes). Les sites de demande concernés (GUT, Maghnia, Remchi, Sebdu, Ouled Mimoune).



**Figure III. 31:** Demande non satisfaite - scenario renforcement de la ressource –

Comme le montre la figure, aux horizons de 2028 ; la demande accrue en eau va entraîner un déséquilibre en termes de distribution de l'eau des SDEM, ce qui a été corrigé par le scénario « renforcement de la ressource », les SDEM en pleine capacité de production font augmenter le taux de distribution des ressources à environ 50 Hm<sup>3</sup> à l'horizon 2050 par rapport au scénario de référence (figure III.32), ils atteignent leurs capacités maximales en l'an 2048.



**Figure III. 32:** eau distribuée dans le bassin pour les sites domestiques - scénario renforcement de la ressource -

Nous remarquons dans la figure (III-31) que le renforcement des SDEM peut satisfaire les besoins en eau mensuelle des premières années ce qui intéressant vue la demande importante en eau pour les périodes estivales. En l'an 2030, le taux de recouvrement en mois de juillet avait un déficit de 31.1% pour le scénario de référence, après la création du scénario « Renforcement de la ressource », WEAP a l'estimé (le taux de recouvrement) à 7.4% ce qui indique le bon recouvrement des besoins a cet horizon.

Selon la figure III.33, on observe une non satisfaction continue pendant la période estivale des besoins dans le scénario de référence, elle atteint les 48% en l'an 2050, cependant le scénario alternatif « renforcement de la ressource » recouvre les besoins totales mensuels jusqu'arrivant en l'an 2030, d'ici jusqu'à la fin de la période de simulation, la demande estivale sera touchée par un déficit(2050→31%) qui est inférieur de celui du scénario de référence (2050 → 49%).

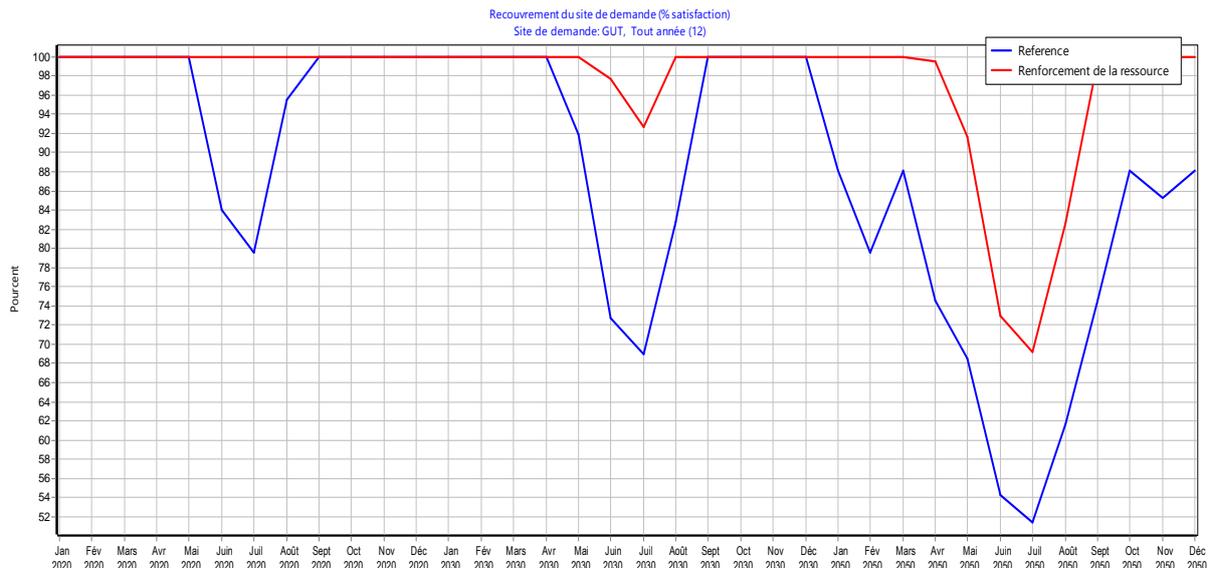


Figure III. 33: Recouvrement du site de demande (exemple le GUT) - scénario renforcement de la ressource -

### III.9.3.4 Scénario « la diminution de la dotation »

Ce scénario consiste à dériquer les consommateurs d'eau à veiller sur l'utilisation rationnelle de la ressource,

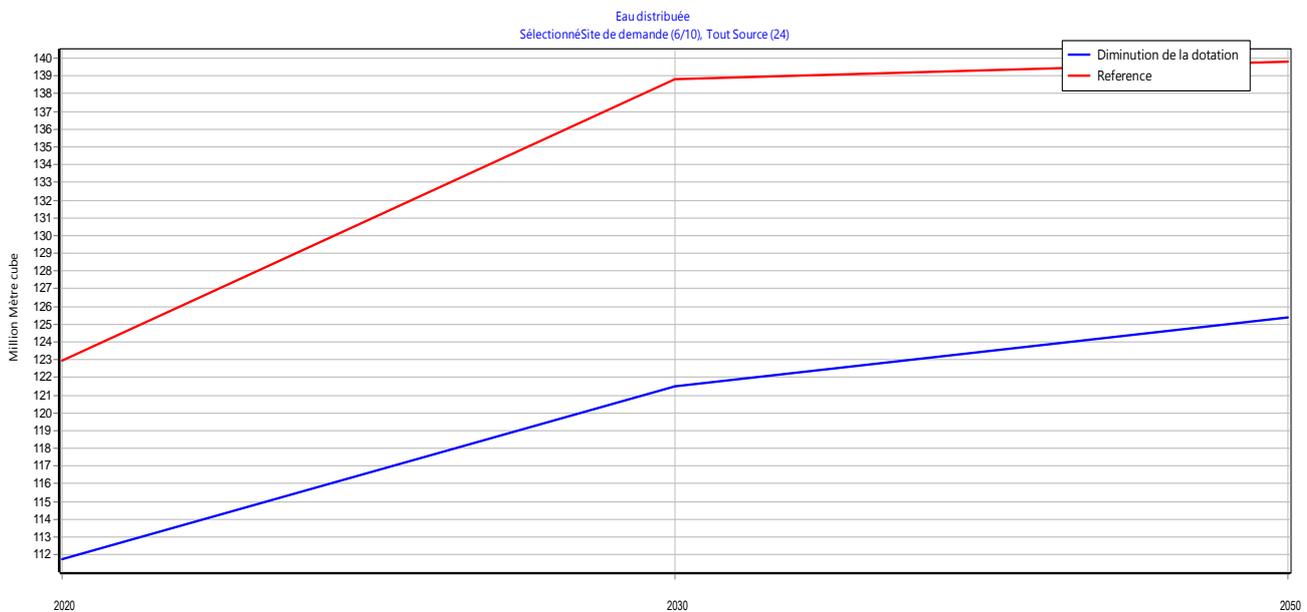
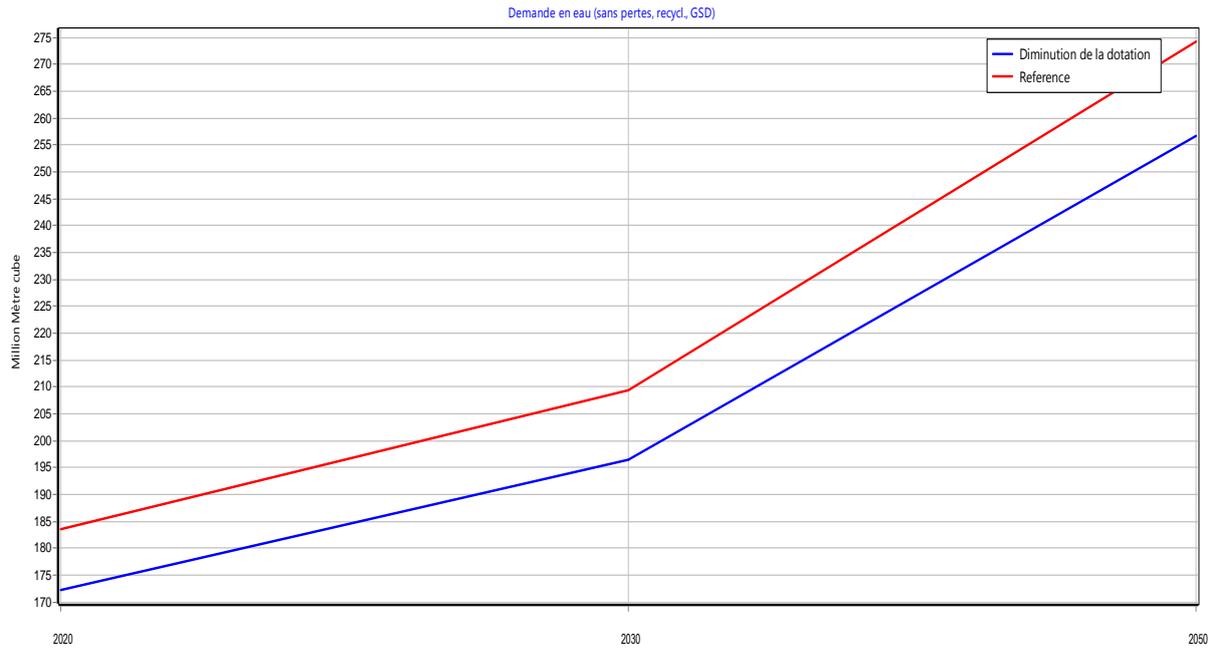


Figure III. 34: Evolution de l'eau distribuée pour le scénario de référence et le scénario de la diminution de la dotation

la diminution de la dotation domestique des agglomérations du bassin va contribuer à gager entre 11 Hm<sup>3</sup> au début de simulation et 15 Hm<sup>3</sup> à la fin de la période d'étude (Figure 34), la figure 35 montre la demande globale pour les sites domestiques qui est passé de près de 275 Hm<sup>3</sup> dans le scénario de référence à 257 Hm<sup>3</sup> dans le scénario de la diminution de la dotation en 2050.



**Figure III. 35:** Evolution de l'eau distribuée pour le scénario de référence et le scénario de la diminution de la dotation.

### III.9.4 Combinaison des scénarios

D'après les scénarios étudiés précédemment, d'où on constate que les différents besoins (domestiques, équipements et industriels) ne sont pas satisfaits en totalité à long terme 2050, et d'après l'application du logiciel WEAP, il offre une très grande souplesse pour l'arrangement et la combinaison entre les scénarios, parmi cela :

- 1-Forte croissance démographique + diminution de la dotation .
- 2- forte croissance démographique + renforcement de la ressource.
- 3- Arrangement des scénarios.

#### III.9.4.1 Combinaison « Forte croissance démographique/diminution de la dotation »

Les figures (III.36) et (III.37) représentent la projection de la demande non satisfaite pour les deux combinaisons des scénarios. Ces 2 combinaisons montrent le déficit de la demande en eau aux différents horizons. Cela nous donne une idée sur la liste favorite de nos scénarios.

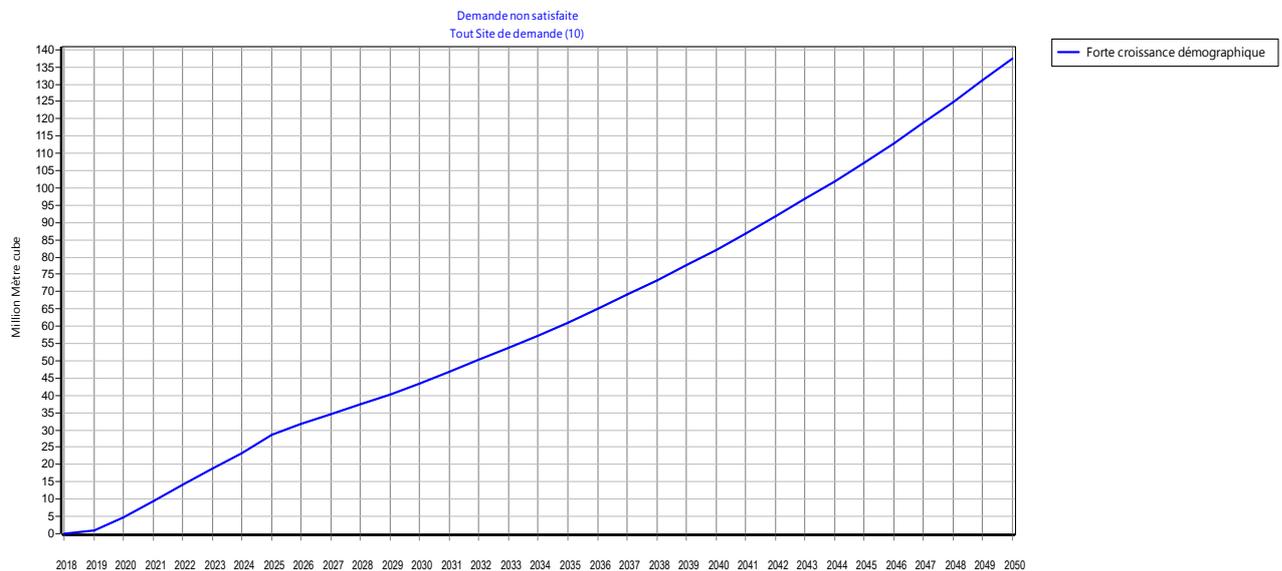
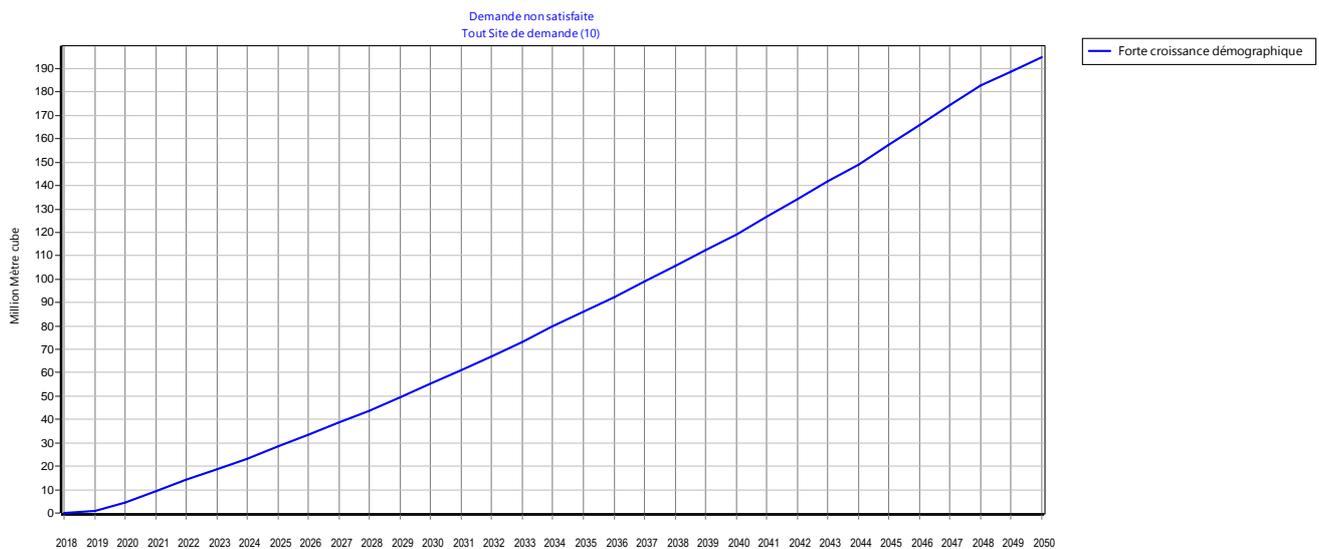


Figure III. 36: Comparaison des scénarios « forte croissance démographique/diminution de la dotation »



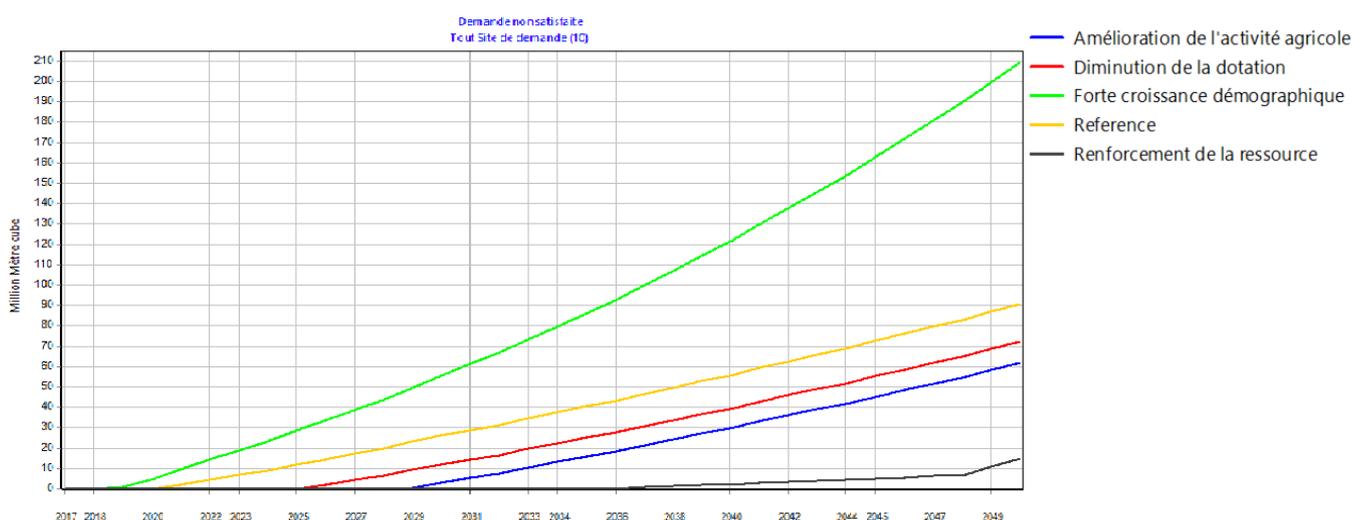
**Figure III. 37:** Comparaison des scenarios « forte croissance démographique / renforcement de la ressource »

### III.9.4.2 Combinaison « forte croissance démographique/renforcement de la ressource »

#### III.9.4.3 Arrangement des scénarios

La figure (III.38) montre l'arrangement de tous les scénarios et la comparaison entre eux en termes de demande non satisfaite.

Ces courbes résument l'efficacité du logiciel à l'évaluation et la planification future par une simple comparaison des scénarios.



**Figure III. 38:** Comparaison de tous les scenarios

**Tableau III. 4: Préférence entre les scenarios**

Scénario alternatif	Préférence
Amélioration de l'activité agricole	<p style="text-align: center;"><b>Très favorable</b></p> <p>C'est un scénario très promouvant pour la gestion durable de l'eau, en effet l'agriculture est le secteur le plus concerné, car ce secteur reste le plus consommateur d'eau.</p>
Diminution de la dotation	<p style="text-align: center;"><b>Moins Favorable</b></p> <p>C'est rigoureux de diminuer la dotation domestique.</p>
Forte croissance démographique	<p style="text-align: center;"><b>Défavorable</b></p> <p>Un taux d'accroissement élevé met la gestion de l'eau dans un état critique permanent qui freine la gestion de la demande et l'offre de ce dernier)</p>
Renforcement de la ressource	<p style="text-align: center;"><b>Très favorable</b></p> <p>Ce scénario est le plus favorable à cause de sa disponibilité et sa capacité que peut atteindre après la réhabilitation de la SDEM Souk Tlata et l'exploitation maximale des eaux de la SDEM de Honaine).</p>

### **III.10 Conclusion**

Le bassin de la Tafna possède une potentialité notable en ressources en eau, d'où les quantités d'eau exploitable qui nécessitent une stratégie de gestion intégrée de ressources en eau et une meilleure adaptation aux différents changements (variation climatique, variation socio-économique) (Bouklia Hassene R., 2011).

Le modèle WEAP nous permet d'évaluer les implications de différents facteurs de changement, et comment les changements qui en résultent peuvent être atténués par des politiques et/ou des interventions techniques (Khelfaoui F., 2014). Ce programme a été utilisé pour évaluer l'approvisionnement en eau et les impacts de la demande sous l'effet de l'évolution de la démographie, de l'amélioration de l'activité agricole, le renforcement de production des SDEM et la diminution de la dotation domestique.

Quatre modèles en plus du scénario de référence ont été testés pour évaluer la disponibilité de l'eau pour l'avenir ainsi que la demande en eau future pour les différents usagers dans le bassin.

# Conclusion Générale

---

## Conclusion générale

Ce travail avait pour objectif l'étude prospective de la balance offre-demande en eau dans le bassin de la Tafna (Nord-Ouest Algérien). Ce bassin présente une structure hydrique vaste en termes de potentialités et d'ouvrages qui lui ont valu le surnom « Laboratoire à ciel ouvert ».

Le logiciel WEAP est utilisé pour avoir un plan de gestion intégrée entre les ressources en eau, l'évaluation des différents besoins (domestiques, industriels) afin de pouvoir prétendre une bonne décision.

Ce logiciel offre une vision large sur l'introduction de plusieurs intervenants future (stress hydrique, augmentation du niveau de vie...etc.) mettant en évidence toute prudence dans notre gestion de nos ressources en eau.

Dans les trois secteurs concernés par l'allocation de l'eau, on a simulé l'évolution des besoins en eau en spécifiant des variables explicatives : taux de croissance démographique, de raccordement, les pertes... etc. Cela nous a conduits à construire le scénario de référence et définir les besoins des usagers pour un période projetée de 33 ans (jusqu'à 2050) et de réaliser des simulations pour d'autres scénarios où on est basé sur ceux de la gestion de la demande. L'estimation de ces besoins a montré qu'ils augmentent avec le temps et qu'il arrive un moment où l'offre ne permettra pas de répondre à la demande d'une manière convenable.

Ce travail a montré l'importance de la modélisation dans la gestion des ressources en eau et les bénéfices qu'on peut en tirer dans le cadre d'une analyse prospective, le modèle WEAP a montré son utilité vu les premiers résultats obtenus qui ont confirmés que l'approche WEAP et les données utilisées sont valables et ouvrent des perspectives prometteuses pour élaborer un outil de planification intégrée pour la gestion des ressources en eau du bassin versant de la Tafna visant une meilleurs exploitation sur des horizons plus larges.

Ce travail n'est qu'un premier pas, ce n'est qu'une goutte dans un océan, les scénarios que nous avons proposé sont qu'une partie d'autres scénarios plus profonds parmi ces derniers on recommande :

Scénario « mise en service des nouveaux projets qui sont en cours d'exécution ou projetés »

Scénario « réduction des pertes domestiques/agricoles ».

## Conclusion Générale

---

Scénario « Réhabilitation des barrages (réduire le taux d'envasement) »

## Références Bibliographiques

---

### Références bibliographiques

**Abbas A., 2015** : « Strategies of water resources management in Orontes lower basin using techniques of modeling », thèse de doctorat, Université d'Alep, Faculté d'Agriculture, Département des ressources naturelles renouvelables et de l'écologie.

**Abdelghani Q., 2015** : « Quantification, modélisation et gestion de la ressource en eau dans le bassin versant du haut Sebou (Maroc) », Thèse de Doctorat de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah et l'Université de Lorraine.

**Adjim H., 2003** : « Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna », Mémoire de magister, Université Tlemcen Département d'hydraulique.

**AHARIK K. & EL GAROUANI A., 2016** : « Application du SIG pour la gestion des ressources en eau dans la région de Saïss (Maroc) », 3<sup>ème</sup> Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG, Oujda 22-23 Novembre 2016, <http://www.ump.ma/uploads/files/shares/5b29344937f51.pdf>, consulté le : 25/05/2019,13 :30.

**Aichouri I., 2016** : « Modélisation de l'intrusion marine dans l'aquifère côtier d'Annaba. Apport des analyses salinométriques », thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar-Annaba, Département de Géologie.

**Ambassade de l'Eau**, « STRATEAU, l'outil d'aide à la décision », <http://www.ambassade-eau.com/strateau-presentation>, consulté le : 07/05/2019, 13 :35.

**Ameziane A. & Bensaad M S., 2016** : « Quantification et modélisation du transport solide dans un cours d'eau. Cas du bassin versant de l'oued Mouilah (NW algérien) », Mémoire de master, Université Tlemcen Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

**Araf A., 2012** : « Application de HEC-ResSim, SWAT, HEC-HMS dans la gestion de l'eau de la wilaya de Tlemcen », Mémoire de Magister Université des sciences et de la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.

**Arnold J., Mauro D.L., Ali S. et Cole G., 2005**: «Watershed Modeling using SWAT2003», Third Conference on Watershed Management to Meet Water Quality Standards and Emerging TMDL (Total Maximum Daily Load), Atlanta, Georgia.

**Arranz R., 2006**: «Future water demands and resources in the Olifants catchment, South Africa: a scenario analysis approach using the WEAP model», Department of Civil Engineering

## Références Bibliographiques

---

In partial fulfillment of the requirement for the Degree of Master of Science Colorado State University Fort Collins, Colorado.

**Baba Hamed K. et Bouanani A., 2016** : « Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques : Cas du bassin versant de la Tafna. (Nord-ouest algérien). », Revue Geo-Eco-Trop., 2016, Numéro 40, Tome 4 : PP 277-286.

**Babalé Mallam Sani I., 2017** : « Cartographie de la vulnérabilité aux extrêmes climatiques : cas du bassin versant de la Tafna. », Mémoire de Master, Centre universitaire d'Ain Témouchent, Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement.

**Bakreti A., 2014** : « Modélisation Hydrologique Du Bassin De La Tafna », Thèse de doctorat en Science, Université d'Oran, Es Sénia, Département des Sciences de la Terre.

**Beaufils M., 2012** : « Fusion de données géo-référencées et développement de services interopérables pour l'estimation des besoins en eau à l'échelle des bassins versants », Thèse de doctorat école doctorale arts et métiers de Paris, laboratoire de géodésie et de géomatique.

**BEI ERE, 2012** : Energies Renouvelables et Environnement, Bureau d'Etudes Industrielles, Présentation du modèle SWAT, <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2012-g05/presentation-du-modele-swat> , consulté le : 07/05/2019, 9:56.

**Bemoussat A., 2012** : « Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna », Mémoire de Magister, Université de Tlemcen, Département d'hydraulique.

**Benbouziane Z., 2016** : « Gestion de la ressource en eau du projet mao », mémoire de Magister Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Département D'hydraulique.

**Beneddine L., 2012** : « Modélisation du fonctionnement hydrologique et des processus d'érosion et de transport des sédiments dans le bassin de la Tafna », mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.

**Benest M., 1985** : « Evolution de la plateforme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire », Thèse de Doctorat, Lab., Géol. Université de Lyon.

## Références Bibliographiques

---

**Bensafi H., 2016** : « contribution à l'amélioration de la qualité des eaux de la Tafna », Mémoire de Master, Université de Tlemcen, Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

**Benseddik B. et El Mansouri B. 2012** : « Synthèse du Système d'Aide à la Décision (SAD) Pour les Ressources en Eaux du Gharb », Master spécialité hydro-informatique et génie de l'eau, université d'Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kenitra - Maroc.

**Bentahar K., 2014** : « Gestion quantitative et qualitative de l'eau de la ville de Tlemcen », mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Département D'hydraulique.

**Bentahar K., 2014** : « Gestion quantitative et qualitative de l'eau de la ville de Tlemcen », mémoire de magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, département d'hydraulique.

**Bessedik M., 2011** : « pratiques de l'eau en situation de pénurie dans la ville de Tlemcen ». Editions Universitaires Européennes, Sarrebruck, 272p. ISBN-13: 978-6131-55918-.

**Bouanani A., 2004** : « hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie) », Thèse de Doctorat d'état, université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

**Bouisri A. & Pradel De Lamaze F., 1971** : « La population d'Algérie d'après le recensement de 1966 », extrait de « Population » 26<sup>e</sup> année pp. 25- 46.

**Boukha-Hassane R., 2011** : « Contribution à la gestion de l'eau dans la ville d'Oran », mémoire de magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, département d'hydraulique.

**Bulletin d'information mensuel**, Juin 2013, BMI n°15 carte de l'occupation du sol de l'Algérie à l'échelle du 1/ 50 000° et du 1/200 000°, [http://www.minagri.dz/pdf/BMI/INSID/BMI\\_juin\\_2013.pdf](http://www.minagri.dz/pdf/BMI/INSID/BMI_juin_2013.pdf), consulté le 22/04/2019, 13 :01.

**Daifallah T., 2017** : « Ressources en eau et leurs utilisations dans le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest (Nord Est algérien) », Thèse de Doctorat Université de Badji Mokhtar –Annaba, Département de Géologie.

## Références Bibliographiques

---

**Dakkiche A., 2004** : « Contribution à l'étude des régimes hydrologiques des bassins versants de la Tafna. Evaluation du bilan des ressources en Eau superficielles », Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran.

**Dehni A., Lounis M., Hassani M.I., 2015**, « Géotraitement des indices hydro-morphométriques pour l'automatisation des modèles sédimentaires et érosifs (Application sur le BV de la Tafna – Nord-Ouest Algérien) »,

<https://www.researchgate.net/publication/306428242>, consulté le 13/05/2019, 10:30.

**DRE, 2017** (Direction des ressources en eau) : « Bilan D'activité Du Sous-Secteur Hydraulique Agricole ».

**DRE, 2018** : (Direction des ressources en eau), Ressources en eau non conventionnelles.

**Droogers P., Terink W., Hunink J., Kauffman S., et Godert V. L., 2011** : « Options de gestion de l'eau verte dans le bassin du Sebou, Maroc – Analyse avantages-coûts utilisant le modèle WEAP », Green Water Credits Report M2a / FutureWater Report 102.

**Dupont J, Smitz J., Rousseau A. N., Mailhot A. et Gangbazo G., 2016** : « Utilisation des outils numériques d'aide à la décision pour la gestion de l'eau », Revue des sciences de l'eau, Volume 11, numéro hors-série, 1998, <https://doi.org/10.7202/705326ar>

**Elmi S., 1972** : « L'instabilité des monts de Tlemcen et de Rhar - Roubane (ouest algérien) pendant le Jurassique. Interprétation paléogéographique ». C. R. Acad. Géol. France, Paris.

**Ghenim A. et Megnounif A., 2013** : « Ampleur de la sécheresse dans le bassin d'alimentation du barrage Meffrouche (Nord-Ouest .lgérie) », Physio-Géo journal, Volume 7.

**Giupponi C, Mysiak J., Fassio A., Cogan V., 2004**: « MULINO-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale », Mathematics and Computers in Simulation, Volume 64, Numéro 1, 5 janvier 2004, PP 13-24.

**Guide d'utilisation de STRATEAU**, Outil d'analyse stratégique et de prospective sur les équilibres demandes/ressources en eau,

[http://www.ambassade-eau.com/sites/default/files/docs/strateau/guideSTRATEAU\\_fr.pdf](http://www.ambassade-eau.com/sites/default/files/docs/strateau/guideSTRATEAU_fr.pdf),

consulté le : 07/05/2019, 11 :35.

## Références Bibliographiques

---

**Hafied Y., Marouf N. et Meddour A.S.E., 2017** : « La charge sédimentaire dans certains bassins du nord-ouest algérien », Série «Sciences techniques» Numéro 2 (78).

<http://ep3.nuwm.edu.ua/9191/1/Vt781%20%D0%B7%D0%B0%D1%85.pdf>, consulté le 25/05/2019, 10:30.

**Hamlat A., 2014** : « Contribution à la gestion des ressources en eau des bassins versants de l'ouest Algérien à l'aide d'un système informatisé », thèse doctorat l'Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf département d'Hydraulique.

**Herrouin L., 2011** : « STRATEAU Outil D'aide A La Décision Gestion Demandes/Ressources En Eau », Communication "EURO-RIOB 2011" et Assemblée Générale du Réseau Méditerranéen des Organismes de Bassin (REMOB) Septembre 2011, [https://www.riob.org/IMG/pdf/AERMC\\_Luc\\_Herrouin\\_Table\\_ronde\\_Changement\\_climatique\\_e\\_Strateau.pdf](https://www.riob.org/IMG/pdf/AERMC_Luc_Herrouin_Table_ronde_Changement_climatique_e_Strateau.pdf), consulté le : 07/05/2019, 12:31.

**HyD2002**, Aide à l'aménagement et la gestion des ressources en eau, <https://www.mpl.ird.fr/divha/fr/soft/hyd2002/docs/user/ref/HydPlaqt.htm>, consulté le 06/05/2019, 11:13.

**Iratni N., 2014** : « Modélisation hydrologique de quelques sous bassins versant de la Tafna », Mémoire de Magister, Université d'Oran, Département d'hydraulique.

**Januário da Rocha N., 2017** : « Gestion intégrée de l'eau et développement durable : le cas du CapVert. », Normandie Université, Français. NNT : 2017NORMR066, tel01814328f, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01814328/document>, consulté le 12/06/2019 22 :30.

**Kateb K., 2003** : « Population et organisation de l'espace en Algérie », Revue de L'Espace géographique, 2003/4 tome 32 pages 311 à 331, <https://www.cairn.info/revue-espace-geographique-2003-4-page-311.htm>, consulté le 12/06/2019, 22 :10.

**Ketrouci K & Meddi, 2013**: «Proceeding du séminaire international sur l'hydrogéologie et l'environnement SIHE», Ouargla.

**Ketrouci K., 2014** : « Application de modèles hydrologiques dans l'estimation des crues extrêmes en Algérie », Thèse de doctorat, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.

## Références Bibliographiques

---

- Khaldi A., 2005** : « Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen – Saida », Thèse d'état, Université d'Oran, faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et l'Aménagement du Territoire.
- Khelfaoui F., 2014** : « Qualité et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant du Saf-saf (Nord-Est Algerian) », Thèse de Doctorat Université de Badji Mokhtar –Annaba, Département de Géologie.
- King N., 1996**: « Achieving decision support with GIS: learning from water management» In: Proceedings of the HydroGIS'96 conférence, KOVAR K. and NACHTNEBEL H.P. [Ed], IAHS Publication n°235, pp. 677-684.
- Laurent F., 1996** : « Outils de modélisation spatiale pour la gestion intégrée des ressources en eau, Application aux Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux », Thèse de doctorat, de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A., 2008**: « New global hydrography derived from spaceborne elevation data », Eos, Transactions, AGU, 89(10): 93-94.
- Little John.D.C, 1970** : « Models and managers: the concept of a decision calculus. », Journal Management Science, Vol. 50, No. 12\_supplement, <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0267>.
- Lovejoy S.B, 1997**: « Watershed management for water quality protection: Are GIS and simulation models THE answer? », Journal Soil and Water Conservation, Vol 52 N°2 March-April, PP 103-111.
- Mami A. et Yebdri D., 2015** : La disponibilité en eau superficielle dans le bassin versant de l'oued Mouillah (Nord-Ouest de l'Algérie), International journal of scientific research and Engineering Technology (IJSET), Volume 4, PP 195-198.
- Mekahli. L., 1988** : « Le Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale du Horst de Rhar Roubane (Tlemcen, Algérie occidentale) : Stratigraphie, sédimentologie et cadre dynamique », Thèse Magister, Université d'Oran.
- Messatfa K., 2015** : « Etude de la vulnérabilité des ressources en eaux aux changements climatiques : cas du bassin de la Tafna », Mémoire de Magister, Université des sciences et de

## Références Bibliographiques

---

la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.

**Mike Basin, 2003:** «A Versatile Decision Support Tool for Integrated Water Resources Management Planning», Guide to Getting Started Tutorial, <http://former.iemss.org/sites/iemss2006/papers/w5/MB-manual.pdf>, consulté le: 06/05/2019, 12:10.

**Mike Basin,** <http://www.mikepoweredbydhi.com>, consulté le : 06/05/2019, 12:39.

**Moreau E., 2008 :** « Mention biologie géosciences agro-ressources environnement master gestion évaluation des ressources en eau (GERE) », mémoire de stage, université des sciences et techniques Montpellier 2, département d'enseignement des sciences de la terre de l'eau et de l'environnement de Montpellier.

**Morsli S., 2018:** « Study of the assignment scheme of water resources in the Tafna watershed », Master in Water Engineering track, Pan African University-Institute for Water and Energy Sciences.

**Mysiak J., Giupponi C. et Fassio A., 2002:** « Decision support for water resource management: An application example of the MULINO DSS », [https://www.academia.edu/17463691/Decision\\_support\\_for\\_water\\_resource\\_management\\_An\\_application\\_example\\_of\\_the\\_MULINO\\_DSS](https://www.academia.edu/17463691/Decision_support_for_water_resource_management_An_application_example_of_the_MULINO_DSS), consulté le: 27/05/2019, 10:30.

**Noyer M-L., 2000 :** « Systèmes d'aides à la décision pour la gestion des hydro-systèmes : Analyse bibliographiques d l'état de l'art », <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-50353-FR.pdf>, consulté le : 25/05/2019, 14 :30.

**ONS, 2011 :** « Recensement Général de la Population et de l'Habitat (Résultats issus de l'exploitation exhaustive), Armature Urbaine », Office National des Statistiques Alger. Septembre 2011.

**Ouici F Z., 2018 :** « Etude de performance du modèle hydrologique HBV appliqué au bassin versant d'oued Sebdou (Tafna, Algérie), mémoire de master, université de Tlemcen département d'hydraulique.

**Pouget J-C., BELLAUBI F., DE SA A., 2003 :** « Un environnement de modélisation, pour tester l'allocation de ressources en eau, HyD2002 et ses applications », Gestion intégrée de l'eau au sein d'un bassin versant. Actes de l'atelier du PCSI, 2-3 décembre 2003, Montpellier, France.

## Références Bibliographiques

---

**Progea S., 2003:** « report on models, tools and DSS for water management» Deliverable 10, Water Strategy Man EVK1-CT-2001-00098.

**Rahmi A., 2014 :** « Contribution à l'étude des Trichoptères au niveau d'Oued Chouly (Nord-Ouest) Algérie », mémoire de master université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen Département d'Ecologie et Environnement.

**Rakotondrabe F., 2007 :** « Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par le logiciel WEAP : cas du bassin versant de Morondava (Sud-ouest de Madagascar) » Département des Mines, Ecole Supérieure Polytechnique D'Antananarivo, Madagascar.

**Rouissat B., 2016 :** « Analyse systémique appliquée aux aménagements hydrauliques », Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, Département d'hydraulique.

**Saci D., 2008 :** « Utilisation des grands transferts d'eau dans l'aménagement du territoire "cas de l'Oranie" », mémoire de Magister, Université de Tlemcen, Département d'hydraulique.

**Saim S. et Zoubir S., 2015 ;** « Inventaire minéral des matériaux de construction (agrégats, tufs, pierres de revêtement) région sud de Tlemcen et nord de Naama », mémoire de master université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen département des sciences de la terre et de l'univers.

**Saoudi A., 2016 :** « Application du modèle "Mike Basin" a la gestion des eaux du barrage Lakhmess (Siliana) », mémoire de master Université De Tunis El Manar Département de Géologie.

**Savoskul Oxana S., Elena V. Chevnina, Felix I. Perziger, Ludmila Yu. Vasilina, Viacheslav L. Baburin, Alexander I. Danshin A.I., Bahtiyar Matyakubov et Ruslan R. Murakaev, 2003:** « Water, Climate, Food, And Environment in the Syr Darya Basin », Contribution to the project ADAPT (Adaptation strategies to changing environments).

**TAC, 2012 :** Partenariat mondial pour l'eau, Comité technique consultatif, « La gestion intégrée des ressources en eau », Partenariat mondial pour l'eau, Comité technique consultatif (TAC), Global Water Partnership SE - 105 25 Stockholm. Suède, ISSN : 1403-5324.

**Thivet G., & Blinda M., 2008 :** « Gestion de la demande en eau en Méditerranée, progrès et politiques », Plan Bleu, XIIIème Congrès Mondial de l'Eau.

## Références Bibliographiques

---

**Trabelsi N., Zairi M., Triki I. & Ben Dhia H., 2006** : « Contribution d'un SIG à la gestion des ressources en eaux souterraines : Cas de la nappe profonde de Sfax, Tunisie », <https://www.esrifrance.fr/sig2006/trabelsi.html>, consulté le : 25/05/2019, 14 :10.

**Tutorial, 2008** : « Une collection de modules autonomes pour aider à apprendre le logiciel WEAP », [https://www.weap21.org/downloads/WEAP\\_Tutorial\\_French.pdf](https://www.weap21.org/downloads/WEAP_Tutorial_French.pdf)

**UMR Gestion de l'Eau, HyD2002 - Objectifs**  
<http://www.g-eau.fr/index.php/fr/productions/logiciels/item/41-hyd2002>, consulté le 06/05/2019, 11:24.

**Villeneuve J.P., Hubert P., Mailhot A. et Rousseau A.N. 1998** : « La modélisation hydrologique et la gestion de l'eau », Revue des sciences de l'eau, v11 (n° Spécial), P 19-39.

**Water Evaluation And Planning (WEAP)**, <https://www.weap21.org/>.

**Yates D., Sieber J., Purkey D. & Huber-Lee A., 2005**: «WEAP21- A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model», Water International, 30(4), 487–500, [DOI: 10.1080/02508060508691893](https://doi.org/10.1080/02508060508691893)

**Yerima M., 2017** : « Optimisation de l'allocation des eaux de surface dans une vision prospective : application du modèle weap21 dans la vallée du Sourou au Burkina Faso », mémoire de master, Institut International d'Ingénierie Burkina Faso.

**Zahidul I., 2011**: A Review on Water Resources Management Modeling, Technical Report, [DOI: 10.13140/2.1.3496.0168](https://doi.org/10.13140/2.1.3496.0168),

**Zenasni M., 2008** « Tlemcen La Tafna, la rivière du traité », Journal Le Soir d'Algérie le 02-07-2008, [https://www.vitamedz.com/tlemcen-la-tafna-la-riviere-du/Articles\\_15788\\_3313682\\_13\\_1.html](https://www.vitamedz.com/tlemcen-la-tafna-la-riviere-du/Articles_15788_3313682_13_1.html), consulté le 12/05/2019, 15:01.

**Zenasni S., 2013** : « Modélisation de la qualité des eaux d'Oued Mouillah jusqu'au barrage Boughrara -Application du HEC-RAS- », Mémoire de Magister, Université d'Oran, Département d'hydraulique.

## Annexes

**Annexe 1 : Précipitations moyennes annuelles au niveau des différentes stations du bassin de la Tafna**

<i>ANNEE</i>	<b>P, B- OUASSINE</b>	<b>P, MAGHNA</b>	<b>P, SEBDOU</b>	<b>P, B- BAHDEL</b>	<b>P, KHEMIS</b>	<b>P, S/ MEDJAHED</b>	<b>P H B GHRARA</b>	<b>P, SABRA</b>	<b>P, HENNAYA</b>	<b>P DCHOUACHI</b>	<b>P CHOULY</b>	<b>P IZDIHAR Bge</b>	<b>P MEFROUCH</b>	<b>P LALLA SETTI</b>	<b>P P DU CHAT</b>
1982-1983	121,4	144,9	283,8	210,5	221,5	133,0	74,1	227,0	209,2	163,6	281,3	284,5	431,0	388,0	162,2
1983-1984	200,7	247,7	314,8	303,5	295,7	248,2	170,3	336,3	327,2	262,5	335,7	290,0	447,6	416,6	244,0
1984-1985	206,7	206,2	329,1	297,1	269,8	165,6	101,0	270,3	348,3	244,7	374,0	391,4	529,3	508,0	264,4
1985-1986	242,7	248,6	404,2	464,2	433,8	254,0	206,8	346,6	411,2	304,7	469,4	527,9	677,9	544,3	336,3
1986-1987	295,7	369,5	430,7	434,9	488,0	310,0	289,3	388,2	433,2	311,4	502,4	390,1	727,5	666,1	379,8
1987-1988	153,9	179,3	231,5	295,6	234,3	238,0	145,5	244,2	226,4	149,8	218,4	255,7	353,0	347,5	181,0
1988-1989	258,8	258,3	337,8	354,8	227,5	177,3	173,6	395,2	384,6	190,8	370,2	318,1	463,1	499,8	215,1
1989-1990	251,0	263,6	265,7	351,7	304,5	173,1	154,0	297,7	331,2	226,9	338,9	353,9	522,2	458,9	308,5
1990-1991	298,1	336,0	451,8	515,7	460,3	329,6	283,4	427,5	438,9	226,6	475,0	445,3	731,2	574,0	365,9
1991-1992	362,9	388,6	477,3	527,4	649,1	300,1	338,7	420,3	499,5	358,8	403,1	382,7	661,5	590,9	307,9
1992-1993	235,2	245,2	225,1	344,9	353,6	236,6	203,5	358,5	322,0	230,1	336,4	327,8	444,8	410,3	309,5
1993-1994	237,4	265,6	286,9	341,8	381,4	261,1	174,4	359,5	297,0	289,3	357,0	324,0	450,2	386,5	264,6
1994-1995	215,4	248,0	351,1	471,5	488,9	326,1	213,1	429,8	426,6	234,5	402,4	381,8	520,4	475,6	258,6
1995-1996	212,3	317,8	694,0	597,4	713,1	461,4	237,3	460,6	498,4	248,4	600,9	468,1	840,2	681,0	315,0
1996-1997	139,0	208,0	222,2	341,5	315,5	260,2	169,3	351,0	394,6	159,2	313,3	305,3	437,9	385,7	271,9

## Annexes

---

1997-1998	217,0	318,0	342,8	474,3	327,4	300,8	272,5	396,5	464,7	226,9	338,6	400,9	560,2	536,3	300,7
1998-1999	150,2	219,0	247,8	335,1	114,4	277,6	272,0	350,7	352,2	290,0	276,3	282,0	488,5	451,3	326,0
1999-2000	143,2	168,7	198,0	260,8	130,0	182,1	216,5	298,4	255,1	191,4	280,4	274,7	342,4	325,7	208,2
2000-2001	278,4	262,9	411,4	397,3	476,3	196,5	239,2	362,9	339,1	268,0	426,7	470,2	556,9	442,7	315,3
2001-2002	296,8	310,8	433,3	476,2	451,3	303,9	308,8	472,4	474,4	333,6	424,9	420,9	581,9	514,3	330,1
2002-2003	303,7	331,1	463,1	467,9	454,3	350,5	293,6	445,2	392,2	301,3	400,0	401,8	639,9	521,7	365,7
2003-2004	291,9	358,2	351,1	451,5	524,6	355,4	346,0	487,1	471,7	434,2	480,0	380,1	693,5	656,6	380,5
2004-2005	209,4	184,1	222,3	208,7	259,2	197,9	230,6	277,4	330,6	274,1	314,8	307,0	395,6	345,9	324,2
2005-2006	192,8	227,4	394,5	397,9	442,0	253,7	197,6	410,3	333,7	322,6	316,4	345,8	467,6	411,1	285,7
2006-2007	188,7	220,0	327,0	381,4	422,2	262,2	253,0	320,1	280,9	295,2	351,9	350,9	480,5	442,9	291,8
2007-2008	226,1	216,6	272,4	280,7	225,1	224,2	204,1	248,2	278,1	183,4	314,4	275,7	392,7	388,0	254,3
2008-2009	476,7	405,4	668,9	731,8	919,9	526,4	498,8	577,1	596,0	469,0	709,3	697,7	875,7	781,6	492,7
2009-2010	440,0	418,1	389,2	396,4	535,0	352,5	360,8	358,6	426,5	396,4	909,8	487,8	609,8	581,3	367,3
2010-2011	247,0	264,8	360,9	436,1	393,3	383,0	297,3	401,9	451,0	360,0	385,0	381,5	671,0	582,5	308,3
2011-2012	259,2	263,8	293,7	321,6	404,6	298,4	292,3	307,2	300,6	259,1	415,2	383,6	574,2	506,7	308,8

## Annexes

---

### Annexe 2 : Précipitations moyennes mensuelles au niveau des différentes stations du bassin de la Taf

STATION	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
<b>B-OUASSINE</b>	14,2	23,5	37,9	27,1	31,8	28,6	31,3	22,9	21	3,2	1	2,6
<b>MAGHNIA</b>	15,9	22,6	40,5	28,2	32,2	32,4	34,8	28,1	25,9	4,1	1,9	3,3
<b>SEBDOU</b>	22,6	31,4	40,7	41,2	48,4	42,4	42,1	35,2	28,6	10,1	5,1	8,3
<b>B-BAHDEL</b>	24	32,5	50,5	45,3	53,3	46,3	53,2	37,8	35,9	7,6	3,6	5,7
<b>KHEMIS</b>	20,8	33,4	43,2	43,8	57,7	49,1	56,4	43,6	32,7	9	3,4	4,2
<b>S/MEDJAHED</b>	16,2	25,6	37,7	29,6	34,3	33,7	39,6	26,8	24,6	4,9	1,8	3,3
<b>HBGHRARA</b>	14,9	24,5	33,6	26,8	28,7	30,7	32,3	22,4	20,7	3,1	0,6	2,4
<b>SABRA</b>	16,4	32,8	50,7	39,9	46,5	43,1	55,3	38,8	34,6	3,9	1,6	3,9
<b>HENNAYA</b>	21,1	31,0	53,1	42,1	49,6	45,8	49,8	37,9	35,4	5,4	2,0	3,4
<b>DCHOUACHI</b>	11,7	20,3	42,6	30,6	34,9	47	35,8	19,9	24,5	2,8	0,7	2,6
<b>CHOULY</b>	23,7	32,1	50	47,9	52,7	49,8	49,2	47,2	33,7	8,4	4,7	4,5
<b>IZDIHAR BGE</b>	20,7	28,6	57	46,6	52,6	55,4	41,1	37	29,3	3,4	2,1	3
<b>MEFROUCH</b>	21,5	44,1	72,8	64,5	76,6	66,6	80,5	54,9	53,3	9,1	3,9	4,5
<b>LALLA SETTI</b>	23,2	42,1	67	57,4	62,7	57,6	68	50	49,8	8,7	3,4	4,1
<b>TLEMCEN</b>	24,2	47,3	66,2	58,3	68,7	71	76,1	56,9	53,5	12,5	3,8	5,4
<b>P DU CHAT</b>	12,3	25,5	49,6	36,2	43,1	44,4	38,5	23,7	21,3	3,2	0,5	3,1

## Annexes

---

### Annexe 3 : Précipitations saisonnières.

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>B-OUASSINE</b>	75,6	87,5	75,2	6,8
<b>MAGHNIA</b>	79	92,8	88,8	9,3
<b>SEBDOU</b>	94,7	132	105,9	23,5
<b>B-BAHDEL</b>	107	144,9	126,9	16,9
<b>KHEMIS</b>	97,4	150,6	132,7	16,6
<b>S/MEDJAHED</b>	79,5	97,6	91	10
<b>HBGHRARA</b>	73	86,2	75,4	6,1
<b>SABRA</b>	99,9	129,5	128,7	9,4
<b>HENNAYA</b>	105,2	137,5	123,1	10,8
<b>DCHOUACHI</b>	74,6	112,5	80,2	6,1
<b>CHOULY</b>	105,8	150,4	130,1	17,6
<b>IZDIHAR BGE</b>	106,3	154,6	107,4	8,5
<b>MEFROUCH</b>	138,4	207,7	188,7	17,5
<b>LALLA SETTI</b>	132,3	177,7	167,8	16,2
<b>TLEMCEN</b>	137,7	198	186,5	21,7
<b>P DU CHAT</b>	87,4	123,7	83,5	6,8

## Annexes

**Annexe 4 : Débits annuels Q (m<sup>3</sup>/s) de différentes stations du bassin de La Tafna.**

STATION	PIERRE DU CHAT	MEFROUCHE	SIDI AISSA	DJEBEL CHOUACHI	ZENATA	VILLAGE TAFNA	ZAHRA	BENI BAHDEL	CHOULY PONT RN7
ANNEE									
1987 - 1988	0,86	0	0,18	0,01	0,02	0,08	0,42	0,47	0,36
1988 - 1989	2,16	0,06	0,47	0,16	0,27	0,09	0,41	0,63	0,39
1989 - 1990	1,78	0,01	0,17	0,07	0,13	0,13	0,35	0,34	0,83
1990 - 1991	3,15	0,24	1,42	0,14	0,15	0,26	1,14	1,22	1,14
1991 - 1992	1,68	0,05	0,41	0,03	0,13	0,32	0,79	0,88	0,91
1992 - 1993	1,52	0,06	0,19	0,04	0,04	0,26	0,27	0,44	0,15
1993 - 1994	0,68	0,05	0,17	0,04	0,03	0,40	0,39	0,33	0,19
1994 - 1995	5,84	0,14	0,58	0,19	0,18	1,42	0,80	0,64	1,30
1995 - 1996	1,85	0,14	0,93	0,02	0,22	0,66	0,78	1,03	0,83
1996 - 1997	1,39	0,00	0,18	0,00	0,27	0,75	0,14	0,32	0,36
1997 - 1998	1,49	0,01	0,29	0,06	0,05	0,23	0,17	0,40	0,49
1998 - 1999	1,19	0,10	0,17	0,10	0,08	0,22	0,50	0,35	0,91
1999 - 2000	0,24	0,00	0,12	0,01	0,01	0,01	0,13	0,36	0,41
2000 - 2001	1,20	0,09	0,54	0,08	0,03	0,05	0,42	0,89	0,78
2001 - 2002	1,94	0,02	0,32	0,05	0,12	0,06	0,44	0,60	1,06
2002 - 2003	1,52	0,10	0,35	0,03	0,05	0,27	0,71	0,75	0,50
2003 - 2004	1,76	0,04	0,24	0,08	0,05	0,17	0,43	0,40	0,71
2004 - 2005	0,48	0,01	0,15	0,02	0,03	0,03	0,09	0,30	0,38
2005 - 2006	0,16	0,01	0,11	0,00	0,02	0,02	0,11	0,41	1,00
2006 - 2007	0,20	0,01	0,04	0,00	0,05	0,04	0,18	0,39	0,60

## Annexes

---

2007 - 2008	0,11	0,00	0,09	0,00	0,09	0,04	0,06	0,33	0,04
2008 - 2009	5,22	0,32	3,38	0,33	0,18	3,01	1,89	2,51	1,02
2009 - 2010	2,10	0,04	2,24	0,07	0,08	0,43	0,27	1,21	0,27
2010 - 2011	0,99	0,01	0,17	0,01	0,08	0,14	0,12	0,53	0,04
2011 - 2012	1,52	0,05	0,25	0,12	0,16	0,12	0,17	0,85	0,07
Moyenne (m3/s)	1,64	0,06	0,53	0,07	0,10	0,37	0,45	0,66	0,59
Maximum (m3/s)	5,84	0,32	3,38	0,33	0,27	3,01	1,89	2,51	1,30
Minimum (m3/s)	0,11	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01	0,06	0,30	0,04

## Annexes

---

**Annexe 5 : Débits moyens mensuels (1987-2012) des différentes stations en (m<sup>3</sup>/s)**

STATION	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
<b>PIERRE DU CHAT</b>	0,70	0,86	1,17	1,52	2,55	1,98	6,56	1,42	1,49	0,87	0,37	0,21
<b>MEFROUCHE</b>	0,00	0,01	0,02	0,06	0,12	0,13	0,34	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00
<b>SIDI AISSA</b>	0,20	0,23	0,31	0,48	0,81	0,77	2,51	0,50	0,34	0,12	0,01	0,03
<b>DJEBEL CHOUACHI</b>	0,01	0,01	0,10	0,06	0,11	0,11	0,33	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
<b>ZENATA</b>	0,06	0,12	0,11	0,07	0,14	0,10	0,31	0,19	0,08	0,03	0,01	0,01
<b>VILLAGE TAFNA</b>	0,14	0,09	0,14	0,28	0,95	0,81	1,22	0,36	0,28	0,13	0,02	0,01
<b>ZAHRA</b>	0,11	0,19	0,30	0,47	0,75	0,72	1,68	0,53	0,34	0,15	0,07	0,06
<b>BENI BAHDEL</b>	0,55	0,70	0,50	0,70	0,94	0,87	1,40	0,72	0,60	0,41	0,25	0,30
<b>CHOULY PONT RN7</b>	0,79	0,76	0,67	0,36	0,72	0,49	1,70	0,49	0,42	0,30	0,19	0,21

## Annexes

**Annexe 6 : Températures mensuelles et annuelles des stations du bassin de la Tafna**

Stations		SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	ANN
Remchi	Min	17,0	14,0	10,0	7,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	16,0	19,0	19,0	12,1
	Max	29,0	25,0	20,0	17,0	16,0	17,0	19,0	21,0	23,0	27,0	31,0	32,0	23,1
	Moy	23,0	19,5	15,0	12,0	11,0	12,0	13,5	15,5	17,5	21,5	25,0	25,5	17,6
Aïn Témouchent	Min	18,0	14,0	10,0	8,0	7,0	7,0	9,0	11,0	13,0	16,0	19,0	19,0	12,6
	Max	29,0	24,0	19,0	15,0	14,0	16,0	19,0	21,0	23,0	28,0	29,0	32,0	22,4
	Moy	23,5	19,0	14,5	11,5	10,5	11,5	14,0	16,0	18,0	22,0	24,0	25,5	17,5
Béni-Bahdel	Min	17,0	12,0	9,0	5,0	5,0	5,0	7,0	9,0	12,0	16,0	19,0	19,0	11,3
	Max	30,0	24,0	18,0	15,0	14,0	16,0	18,0	20,0	24,0	29,0	34,0	34,0	23,0
	Moy	23,5	18,0	13,5	10,0	9,5	10,5	12,5	14,5	18,0	22,5	26,5	26,5	17,1
Maghnia	Min	15,0	11,0	8,0	5,0	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	14,0	17,0	17,0	9,9
	Max	30,0	25,0	20,0	17,0	16,0	17,0	20,0	21,0	24,0	29,0	33,0	33,0	23,8
	Moy	22,5	18,0	14,0	11,0	9,5	11,0	13,0	14,5	17,0	21,5	25,0	25,0	16,8
Sidi Bounekhla	Min	15,8	11,6	8,4	5,2	3,8	5,3	6,2	7,7	10,2	14,2	17,2	18,0	10,3
	Max	32,0	25,9	20,4	16,2	15,2	16,7	18,9	20,9	24,5	30,0	34,9	34,9	24,2
	Moy	23,9	18,8	14,4	10,7	9,5	11,0	12,6	14,3	17,4	22,1	26,1	26,5	17,3
Chouly	Min	13,5	9,6	6,5	3,7	2,3	3,2	4,7	6,5	8,8	12,3	15,1	16,2	8,5
	Max	29,6	24,0	18,5	14,7	13,7	14,6	17,3	19,7	23,0	28,1	32,7	32,2	22,3
	Moy	21,6	16,8	12,5	9,2	8,0	8,9	11,0	13,1	15,9	20,2	23,9	24,2	15,4
Tlemcen	Min	15,0	12,0	8,0	7,0	5,0	7,0	7,0	8,0	10,0	14,0	17,0	18,0	10,7
	Max	28,0	23,0	17,0	16,0	14,0	16,0	17,0	18,0	22,0	27,0	32,0	33,0	21,9
	Moy	21,5	17,5	12,5	11,5	9,5	11,5	12,0	13,0	16,0	20,5	24,5	25,5	16,3
Ghazaouet	Min	18,0	14,0	11,0	8,0	7,0	7,0	8,0	10,0	13,0	16,0	17,0	20,0	12,4
	Max	27,0	23,0	20,0	17,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0	25,0	28,0	29,0	21,8
	M+m	22,5	18,5	15,5	12,5	11,5	12,0	13,0	15,0	17,5	20,5	22,5	24,5	17,1

## Annexes

Nedroma	Min	16,7	14,6	10,8	7,0	6,2	7,2	8,3	10,4	11,9	16,0	17,9	18,5	12,1
	Max	25,6	22,4	19,6	16,1	14,9	15,5	17,5	18,5	21,9	24,2	26,9	28,9	21,0
	Moy	21,2	18,5	15,2	11,6	10,6	11,4	12,9	14,5	16,9	20,1	22,4	23,7	16,6
Zaouia de Sidi Benamar	Min	16,4	14,3	10,5	6,6	6,0	6,9	8,0	10,1	11,6	15,7	17,6	18,2	11,9
	Max	25,3	22,1	19,3	15,8	14,6	15,2	17,2	18,4	21,6	23,9	26,6	28,6	20,8
	Moy	20,9	18,2	14,9	11,2	10,3	11,1	12,6	14,3	16,6	19,8	22,1	23,4	16,3
Mefrouche	Moy	20,89	15,07	10,44	8,07	6,3	7,2	8,11	10,54	14,54	17,51	25,04	25,04	14,06
Tafna	Min	13,5	9,6	6,5	3,7	2,3	3,2	4,7	6,5	8,8	12,3	15,1	16,2	8,5
	Max	32,0	25,9	20,4	17,0	16,0	17,0	20,0	21,0	24,5	30,0	34,9	34,9	24,2
	Moy	22,2	17,7	13,4	10,5	9,2	10,4	11,9	13,7	16,6	20,7	24,8	25,2	16,4

# Annexes

## Annexe 7: WEAP Data Expressions Report

**Projet** : Offre et la demande en eau dans BV Tafna

Comptes actuels

Date: 03/05/2019

### Hypothèses-clés

Dotation minimale	(m <sup>3</sup> )	40,15
Dotation Industriel	(Million m <sup>3</sup> )	0,079
Dotation Equipement	(m <sup>3</sup> )	62,74
Variation mensuelle	MonthlyValues ( Jan; 7; Fév; 7; Mars; 7; Avr; 8; Mai; 9; Juin; 11; Juil; 12; Août; 10; Sept; 8; Oct; 7; Nov; 7; Déc; 7 )	
Dotation après réduction de pertes	(%)	0,15
SDEM pleine capacité	(m <sup>3</sup> )	2,31
Dotation agricole économique	(%)	40

### Sites de demande

#### Equipements

Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom(1%; 2017; 901230)  
Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) Key\Dotation Equipement[m<sup>3</sup>]  
Variation mensuelle (% part) Key\variation mensuelle

#### GUT

Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom(1,9%; 2017; 294305)  
Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) 74,52  
Variation mensuelle (% part) Key\variation mensuelle

#### Sebdou

Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom(1,74%; 2017; 84973)  
Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) 33,18  
Variation mensuelle (% part) Key\variation mensuelle

#### Ouled Mimoun

Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom(1,93%; 2017; 129750)  
Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) 44,05  
Variation mensuelle (% part) Key\variation mensuelle

#### GPI Maghnia

Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (ha) GrowthFrom(1%; 2017; 4250)  
Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/ha) 8941,2

## Annexes

---

Variation mensuelle (% part)      Key\variation mensuelle

### **PMH Tlemcen**

Usage de l'eau    Niveau d'activité annuelle (ha)      GrowthFrom(1%; 2017; 16450)

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/ha)    628

Variation mensuelle (% part)      Key\variation mensuelle

### **Remchi**

Usage de l'eau    Niveau d'activité annuelle (cap)      GrowthFrom(1,91%; 2017; 156466)

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap)    94,52

Variation mensuelle (% part)      Key\variation mensuelle

### **GPI Hennaya**

Usage de l'eau    Niveau d'activité annuelle (ha)      GrowthFrom(1%; 2017; 750)

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/ha)    6000

Variation mensuelle (% part)      Key\variation mensuelle

### **Maghnia**

Usage de l'eau    Niveau d'activité annuelle (cap)      GrowthFrom (1,94%; 2017; 235727)

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap)    67,42

Variation mensuelle (% part)      Key\variation mensuelle

### **Industrie**

Usage de l'eau    Niveau d'activité annuelle (Prod.)      GrowthFrom (1%; 2017; 75)

Consommation d'eau annuelle (Million m<sup>3</sup>/Prod.) Key\Dotation Industriel [Million m<sup>3</sup>]

Perte et recyclage Niveau de perte (%)      Key\Dotation Industriel[Million m<sup>3</sup>]

## **Distribution et ressources**

### **Rivière**

#### **Oued Sekkak**

En dessous de Oued Sekkak Débit de tête

En dessous de PMH Tlemcen Retour

En dessous de GUT Retour

En dessous d'Industrie Retour

#### **Oued Isser**

En dessous d'Oued Isser Débit de tête

En dessous de Ouled Mimoun Retour

En dessous de Débit entrant Oued Sekkak

En dessous de Remchi Retour

## Annexes

### Oued Mouilah

En dessous de Oued Mouilah Débit de tête

### Oued Tafna

En dessous de Oued Tafna Débit de tête

En dessous de Sebdou Retour

En dessous de GPI Maghnia Retour

En dessous de Maghnia Retour

En dessous de Débit entrant Oued Mouilah

En dessous de Débit entrant Oued Isser

### Autre source

SDEM Honaine	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	1,34
Barrage Sikkak	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,285
Nappe Hennaya	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,03
Eau concède	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	1,331
ST épuration	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,143
Petits Barrages	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,088
Barrage Mefrouche	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,526
Nappe des monts de Tlemcen	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	1,213
Barrage B_Bahdel	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	1,107
Nappe Maghnia	Débites entrant et sortant Débit entrant (m <sup>3</sup> /s)	0,709

## Transmission Links

vers Equipements

de Nappe Maghnia	Pertes	Taux de perte (%)	20
de SDEM Honaine	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Barrage Sikkak	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Nappe des monts de Tlemcen	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Eau concède			
de Barrage Mefrouche			

vers GUT

de SDEM Honaine	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Barrage B_Bahdel	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Nappe des monts de Tlemcen	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Barrage Mefrouche	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Barrage Sikkak	Pertes	Taux de perte (%)	20

## Annexes

---

de Eau concède	Pertes	Taux de perte (%)	20
<b>vers GPI Hennaya</b>			
de Nappe Hennaya	Pertes	Taux de perte (%)	20
de ST epuration			
<b>vers GPI Maghnia</b>			
de Nappe Maghnia	Règles de liaison	Préférence d’approvisionnement	2
	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Barrage B_Bahdel	Règles de liaison	Préférence d’approvisionnement	2
	Pertes	Taux de perte (%)	20
<b>vers PMH Tlemcen</b>			
de Petits Barrages	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Nappe des monts de Tlemcen	Règles de liaison	Préférence d’approvisionnement	2
	Pertes	Taux de perte (%)	20
<b>vers Sebdou</b>			
de Nappe des monts de Tlemcen	Pertes	Taux de perte (%)	20
<b>vers Remchi</b>			
de SDEM Honaine	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Eau concède			
<b>vers Ouled Mimoun</b>			
de SDEM Honaine	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Nappe des monts de Tlemcen	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Eau concède	Pertes	Taux de perte (%)	20
<b>vers Industrie</b>			
de Nappe des monts de Tlemcen	Règles de liaison	Préférence d’approvisionnement	2
<b>vers Maghnia</b>			
de SDEM Honaine	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Nappe Maghnia	Pertes	Taux de perte (%)	20
de Eau concède	Pertes	Taux de perte (%)	20

## Résumé

Notre travail a trait à l'étude prospective de l'offre et de la demande en eau dans le bassin versant de la Tafna. Ce dernier, situé dans le Nord-Ouest algérien, a une superficie de 7250 km<sup>2</sup> et bénéficie d'un climat semi-aride avec des potentialités en eau annuelles de l'ordre de 355 Hm<sup>3</sup>. Néanmoins, la situation hydrique dans ce bassin est face à des contraintes liées à la croissance démographique et la concurrence accrue entre les usagers et les changements climatiques. Ce qui impose de prédire l'état futur de la mobilisation et de l'utilisation de la ressource en eau de plus en plus contraignant.

A ce titre, une confrontation Offre/Demande en eau future à l'aide du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System) est adoptée pour tenter de remédier aux problèmes d'approvisionnement et de demande en eau à des horizons de planification à long terme (2050) dans le bassin de la Tafna, selon les projections de gestion de la demande et fournir un modèle intégré de l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau. Les résultats obtenus sont très intéressants et peuvent constituer un système d'aide à la décision pour une gestion efficiente de la ressource en eau dans ledit bassin.

**Mots Clés :** Gestion intégrée, bassin de la Tafna, ressources en eau, gestion de la demande, Offre, demande, modélisation, modèle WEAP.

## Abstract

Our work relates to the prospective study of water supply and demand in the Tafna catchment area. The latter, located in north-western of Algeria, has an area of 7250 km<sup>2</sup> and enjoys a semi-arid climate with annual water potential of around 355 Hm<sup>3</sup>. Nevertheless, the water situation in this basin is facing constraints related to population growth and increased competition between users and climate change. This requires predicting the future state of mobilization and use of the increasingly constraining water resource.

As such, a future water supply/demand confrontation using the WEAP model (Water Evaluation and Planning System) is adopted to try to address water supply and demand issues at long-term planning horizons (2050) in the Tafna basin, based on demand management projections and provide an integrated model for optimising water resource use. The results obtained are very interesting and can constitute a decision support system for the efficient management of water resources in the said basin.

**Keywords :** Integrated management, Tafna basin, water resources, demand management, supply, demand, modelling, WEAP model.

## ملخص

يتعلق عملنا بدراسة تنبؤية لإمدادات المياه والطلب عليها في حوض تافنة. يقع هذا الأخير في شمال غرب الجزائر، وتبلغ مساحته 7250 كيلومترا مربعا، ويتمتع بمناخ شبه جاف مع إمكانيات مائية سنوية تبلغ حوالي 355 مليون متر مكعب. ومع ذلك، تواجه حالة المياه في هذا الحوض قيودا تتعلق بالنمو السكاني وزيادة التنافس بين المستخدمين وتغير المناخ وهذا يتطلب التنبؤ بالحالة المستقبلية لتعبئة الموارد المائية واستخدامها بشكل متزايد.

على هذا النحو، تم تبني مواجهة مستقبلية لتأمين الطلب على المياه باستخدام نموذج WEAP (نظام تقييم وتخطيط المياه) في محاولة لمعالجة مشكلات العرض والطلب على المياه عبر آفاق التخطيط على المدى الطويل (2050) في حوض تافنة، وفق التوقعات لإدارة الطلب وتوفير نموذج متكامل لتحسين استخدام الموارد المائية. تعتبر النتائج التي تم الحصول عليها نتائج جد مهمة والتي يمكن أن تشكل دعما لاتخاذ القرارات من أجل تحقيق إدارة فعالة للموارد المائية في الحوض المذكور.

**الكلمات المفتاحية:** الإدارة المتكاملة، حوض تافنة، موارد المياه، تسيير الطلب، العرض، الطلب، نموذج WEAP.