

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOuat



كلية التكنولوجيا  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Domaine : Sciences et Technologies  
Filière : Hydraulique  
Option : Ressources en Eau

*Mémoire de MASTER*

*Présenté Par:*  
*Boussoussa Razika et Bengana Hadda*

**THEME**

---

**La Gestion de la Ressource en Eau dans la Commune de Laghouat**

**« Application du logiciel WEAP »**

---

*Soutenu publiquement devant le jury composé de:*

**Mr. DJEHICHE A.**

**Président**

**Mme. YAMMANI K.**

**Rapporteur**

**Mr. SEKKOUM M.**

**Co-Rapporteur**

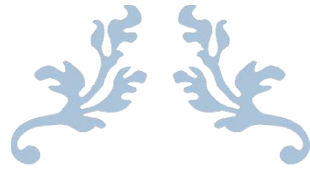
**Mr. BOUACHE M.**

**Examineur**

**Mr. HAMLAT A.**

**Examineur**

**Année Universitaire 2014/2015**



---

# REMERCIEMENTS

---



# Remerciements

---

Tout d'abord, nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir donné la force et les moyens pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à nos directeurs de mémoire, madame **K. YAMMANI** et monsieur **M. SEKKOUM** enseignants chercheurs à l'université de Laghouat pour leurs conseils et leurs orientations significatives.

Nous remercions aussi monsieur **A.DJEHICHE**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

Nous sommes très honorés par la présence de Monsieur **M.BOUACHE** et monsieur **A.HAMLAT** qui ont bien voulu examiner ce manuscrit et juger ce travail.

Sans oublier l'aide précieuse que monsieur **M.CHETTIH** nous a offert au cours de notre travail, nous tenons à le remercier de nous avoir orienté et conseillé.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des enseignants du Département des Génie civil, De vifs remerciements à M **S.Senouci** le chef du projet du groupe SEURECA et NEE qui est chargé des études de diagnostic pour la réhabilitation du système d'alimentation en eau potable de la Ville de Laghouat.

Merci en particulier à mademoiselle Bassala Houdda architecte à l'URBATIA.

Nos remerciements aussi aux organismes :

- L'Algérienne des Eaux - Unité de Laghouat.
- La Direction des ressources en eau de la Wilaya de Laghouat.
- La Direction de La Programmation et Suivi Budgétaire de Laghouat.
- L'ONA – Unité de Laghouat.

Nous adressons également nos remerciements sincères à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

---



---

# DEDICACES

---



# *Dédicaces*

---

*Merci au Noble « Allah » Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage,  
l'intelligence, la force et la patience pour réaliser ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail*

*À la mémoire de mon défunt père, à ma mère qui a tout sacrifiée pour moi  
depuis ma naissance, chers parents vous avez toute la gratitude,  
À mes chers frères et sœurs.*

*Je ne trouve pas les mots pour exprimer ma reconnaissance envers eux,  
À toute ma famille et mes amis, à tous ceux qui me sont chers*



*Kadda*

---

# *Dédicaces*

---

*À ma très chère mère que dieu le tout puissant la protège.*

*À la mémoire de mon cher père*

*À mes très chers enfants, la lumière de ma vie : Sirine et Mohamed Yacine*

*que ce travail soit un exemple pour vous*

*À mon frère et mes sœurs*

*À ma belle famille*

*Ma belle-mère et mes beaux frères et belles-sœurs.*



*Razika*

---



---

# RESUMES

---



سوء التسيير والاستخدام المفرط للمياه هي إحدى المشاكل الرئيسية التي تواجه البشرية. ويهدف هذا العمل لتقييم موارد المياه الجوفية في بلدية الأغواط وللتعامل مع ارتفاع الاحتياجات المائية (المياه الصالحة للشرب، المياه الصالحة للزراعة، المياه المخصصة للصناعة)، في هذه الدراسة استخدمنا برنامج مخطط تقييم المياه (WEAP) الذي يهدف لتقييم المياه الجوفية واستغلالها.

وتؤكد النتائج أن الموارد الموجودة في بلدية الأغواط تلبى احتياجات في حدود و أفاق 2035، باستثناء محطة تطهير مياه الصرف الصحي (STEP) التي تتطلب عملية توسيع و ذلك من اجل الوصول إلى الكمية الواجب تطهيرها.

**كلمات البحث:** تسيير – الهدف – دراسة – تقييم – الموارد المائية – المياه الجوفية – بلدية الأغواط – برنامج مخطط تقييم المياه WEAP – النتائج – أفاق 2035 .

## Résumé

La mauvaise gestion et utilisation excessive de l'eau représente l'un des problèmes majeurs qui menacent l'humanité. Ce travail a pour but d'évaluer les ressources en eau souterraines dans la commune de Laghouat, et de faire face aux besoins en eau croissants (AEP, AEA, AEI). Dans la présente étude nous avons utilisé le logiciel WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING) afin d'évaluer les ressources en eau souterraines en exploitation.

Les résultats obtenus, confirment que les ressources existantes au niveau de la commune de Laghouat répondent aux besoins à l'horizon 2035, à l'exception de la STEP qui nécessite une extension.

**Mots-clés :** Gestion – pour but - étude – évaluer - les ressources en eau - les eaux souterraines - commune de Laghouat - logiciel WEAP- résultats - l'horizon 2035.

## Abstract

Mismanagement and over-use of water is one of the major problems facing humanity. This work aims to evaluate the groundwater resources in the town of Laghouat and to cope with rising water needs (DWS, AWS, IWS). In this study we used the WEAP software (WATER ASSESSMENT AND PLANNING) to assess groundwater resources and exploitation.

The obtained results, confirm that the existing resources at the town of Laghouat meet the needs by 2035, with the exception of the “WWTP” that requires an extension.

**Key words:** Management - objective - study – evaluation - water resources – ground water - town of Laghouat - WEAP software – results - the horizon 2035.



---

# LISTE DES FIGURES

---



## *Liste des Figures*

Figure I.1	Situation géographique de la commune de Laghouat .....	3
Figure I.2	Extrait de la carte géologique de la Wilaya de Laghouat au 1/500000 ...	8
Figure I.3	Variation de la température moyenne annuelle entre 1995-2014.....	12
Figure I.4	Variation de la précipitation moyenne annuelle entre 1995-2014.....	13
Figure I.5	Abaque d'indice d'aridité de De Martonne.....	14
Figure I.6	Variation de vitesse de vente moyenne annuelle entre 1995-2014...	15
Figure II.1	Processus de gestion intégrée .....	18
Figure II.2	Les trois piliers du développement durable .....	19
Figure II.3	« Fleur » des 7 critères d'évaluation d'un programme sectoriel (PS)	21
Figure II.4	Intégration des principes de la GIRE dans l'approche sectorielle ...	22
Figure II.5	Bassin Hydrographique sahara .....	25
Figure III.1	Les cinq affichages du modèle WEAP.....	31
Figure III.2	Schéma modèle WEAP de la commune de Laghouat .....	33
Figure III.3	Consommation d'eau annuelle .....	34
Figure III.4	Forage AEP de la commune de laghouat .....	35
Figure III.5	Variation mensuelle « sites de demandes ».....	35
Figure III.6	L'horizon de calcul pour le scénario .....	37
Figure III.7	Scénario de référence .....	37
Figure III.8	Résultats du scénario de référence .....	38
Figure III.9	Résultats du scénario d'accroissement de la population .....	39
Figure III.10	Résultat scénario pour amélioration de l'irrigation .....	39
Figure III.11	Résultat du scénario de la STEP .....	40
Figure III.12	Type de climat .....	41
Figure III.13	« Méthode de l'année hydrologique » avec la séquence de type d'année...	42
Figure III.14	Résultat scénario de changement climatique .....	43
Figure III.15	La nappe souterraine .....	44
Figure III.16	La commune de Laghouat d'après le modèle WEAP .....	45
Figure III.17	Résultats globale des cinq scénarios .....	46
Figure III.18	Scénario de référence .....	47
Figure III.19	Scénario de l'accroissement de la population .....	48
Figure III.20	Scénario de l'amélioration de l'irrigation .....	49
Figure III.21	Scénario de la STEP .....	50
Figure III.22	Scénario de changement climatique .....	51



---

# LISTE DES TABLEAUX

---



## *Liste des Tableaux*

Tableau I.1	Important aquifères de la région de Djebel Lahmar .....	10
Tableau I.2	Important aquifères de la région de Sidi Hakoum .....	10
Tableau I.3	Caractéristiques de la station climatique de Laghouat .....	12
Tableau I.4	Températures moyennes annuelles .....	Annexe
Tableau I.5	Valeurs des précipitations moyennes annuelles.....	Annexe
Tableau I.6	Vitesses maximales annuelles des vents.....	Annexe
Tableau I.7	Evaluation de la population de la ville de Laghouat .....	16
Tableau III.1	Grands traits du WEAP .....	27
Tableau III.2	Type de climat .....	41
Tableau III.3	Type d'année hydrologique .....	42
Tableau III.4	Résultats globale des cinq scénarios .....	52



---

# TABLE DES MATIERES

---



## *Table des Matières*

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

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

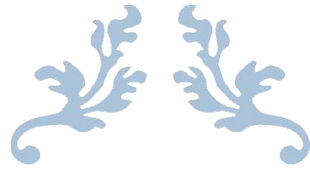
I.1 1 Introduction.....	3
I.2 Présentation de la zone d'étude .....	3
I.2.1 Situation géographique et administrative .....	3
I.3 Etude géologique et caractéristiques hydrogéologiques.....	4
I.3.1 Etude géologique.....	4
I.3.2 Caractéristiques hydrogéologiques .....	9
I.4 Etude climatique .....	11
I.4.1 Température .....	12
I.4.2 Pluviométrie .....	12
I.4.3 Vents .....	14
I.5 Conclusion .....	15

### **Chapitre II : Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)**

II. Gestion intégrée des ressources en eau .....	16
II.1 Introduction .....	16
II.2 Définition de la gestion intégrée des ressources en eau .....	16
II.3 Principes de la gestion intégrée des ressources en eau .....	16
II.3.1 Les ambitions du modèle de gestion intégrée .....	17
II.4 Processus la gestion intégrée .....	17
II.5 Développement durable et durabilité de ressource en eau .....	18
II.5.1 Gestion sectorielle .....	20
II.5.2 Principaux éléments d'un programme sectoriel .....	20
II.6 Complémentarités et synergies entre l'approche sectorielle et GIRE.....	22
II.7 Apport de la GIRE à la politique et la stratégie du secteur .....	23
II.7.1 GIRE et politique sectorielle .....	23
II.8 Application de la GIRE en Algérie .....	23
II.8.1 Missions de l'AGIRE .....	24
II.8.2 Les missions des agences bassins hydrographiques .....	24
II.9 Situation de la commune de Laghouat par rapport au bassin hydrographique.....	24
II.10 Missions .....	25
II.11 Conclusion.....	26

## Chapitre III : Application de Logiciel WEAP

III.1 Introduction .....	27
III.2 Définitions .....	27
III.3 Grands traits du WEAP .....	27
III.4 Historique .....	28
III.5 Caractéristiques de WEAP .....	29
III.6 Structure du programme .....	30
III.6.1 Schématique .....	30
III.6.2 Données .....	30
III.6.3 Résultats .....	30
III.6.4 Explorateur scénarios .....	30
III.6.5 Notes .....	30
III.7 Approche WEAP.....	31
III.8 Application du WEAP comprennent plusieurs étapes .....	32
III.9 Application du logiciel WEAP commune de Laghouat .....	32
III.9.1 Cartographie .....	32
III.10 Numérisations des éléments nécessaires dans le modèle .....	33
III.10.1 Sites de demandes .....	33
III.10.2 Sites de l'offre .....	34
III.11 Création des hypothèses clés .....	36
III.11.1 Changement de l'horizon de temps secteur .....	36
III.11.2 Création des scénarios.....	37
III.12 Modélisation des ressources en eau souterraines (nappe) .....	44
III.13 Résultats et interprétation .....	45
III.14 Conclusion.....	52
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>53</b>



---

# INTRODUCTION GENERALE

---



# Introduction Générale

Notre travail de recherche intervient dans le domaine des ressources hydrauliques. Nous nous sommes intéressés beaucoup plus au thème : « La gestion de la ressource en eau dans la Commune de Laghouat - Application du logiciel WEAP ».

Il s'agira pour nous d'étudier les caractéristiques de la région (Situation, géologie, hydrogéologie, climat), et cela pour nous permettre de gérer les ressources mobilisées de manière adéquate et équitable d'une part.

D'autre part pour trouver une solution qui réponde aux besoins croissants.

La commune de Laghouat par sa position qui présente le portail du désert, est pauvre en ressources superficielles dont la seule richesse est celle des eaux souterraines.

En effet elle est caractérisée par une quantité faible de pluviométrie et par une augmentation de la population humaine et l'extension des activités agricoles et industrielles.

Le manque d'eau, est associé à plusieurs phénomènes naturels (désertification, changements climatiques) qu'à des dépassements humains comme il a été cité par un expert : « il existe aujourd'hui une crise de l'eau mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes-et l'environnement-en souffrent grandement». [1]

Face au besoin important ainsi que la consommation excessive des ressources superficielles et souterraines d'eau ; une orientation vers une nouvelle politique de la gestion des ressources en eau dans l'Algérie est imposé.

L'état a crée des bassins hydrographiques pour chaque région du pays afin de maîtriser la situation et lutter contre le gaspillage de cette précieuse ressource et la préserver, ainsi des projets de réalisations des barrages, retenue collinaires, des réservoirs et châteaux d'eau, réseaux adduction, réseaux d'assainissement.

La zone choisie pour notre étude est une commune qui se situe dans le sud du pays, la ressource unique est les eaux souterraines, donc la problématique qui ce pose : comment gérer les eaux souterraines dans la commune de Laghouat et satisfaire les besoins croissants ?

Notre travail se répartit en trois chapitres :

Nous avons abordé dans le premier chapitre une présentation de la région étudiée (situation, géologie, hydrogéologie, climat, population).

Dans le second chapitre, nous avons entamé la gestion intégrée des ressources en eau et les efforts de l'état pour préserver celles-ci afin d'assurer une meilleure gestion et satisfaire les besoins des différents secteurs.

Dans le troisième chapitre nous nous sommes intéressés à l'application avec logiciel WEAP pour préciser le déficit et déterminer les besoins pour l'horizon 2035, et évaluer les résultats obtenus pour pouvoir proposer des solutions pour le futur.

Nous terminons par une conclusion générale et des perspectives de recherche sur notre étude.



---

# CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

---



## I.1 Introduction

La ville de Laghouat est située à 400 Km au Sud-ouest d'Alger sur l'axe routier Alger - Ghardaïa. Elle se trouve à 750 m d'altitude sur le flanc sud de l'Atlas saharien. Laghouat a été construite sur la rive droite de l'Oued Mzi.

Elle se développe du Nord-Est au Sud-Ouest sur trois collines appartenant à la petite crête dolomitique du Djebel Tisgrarine.

La ville de Laghouat est le chef-lieu de la Wilaya du même nom, et qui fait partie du groupe des neufs Wilayas pastorales du pays ainsi que des Wilayas du Sud [2].

## I.2 Présentation de la zone d'étude

### I.2.1 Situation géographique et administrative

La commune de Laghouat couvre une superficie de 491 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée comme suit :

- au Nord par la commune de Sidi Makhlouf ;
- au Sud Est par les communes d'El- assafia et Bennacer Ben Chohra ;
- au Sud par les communes Bennacer Ben Chohra et El Kheneg ;
- au L'ouest par les communes El Kheneg et Tadjemout .

La figure I.1 représente la situation géographique de la commune de Laghouat :

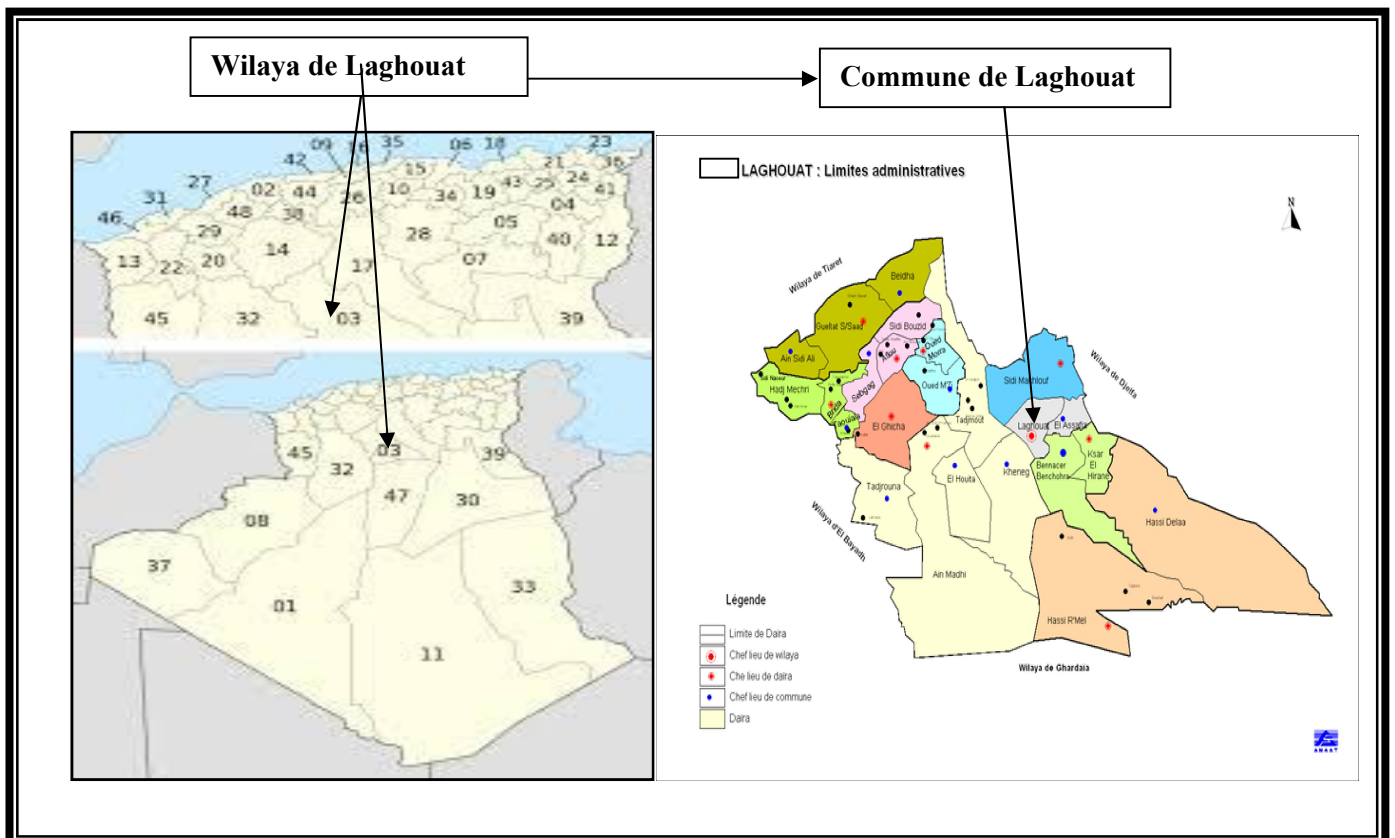


Figure I.1 Situation Géographique de la commune de Laghouat [2].

### I.3. Étude géologique et caractéristiques hydrogéologiques

#### I.3.1 Etude géologique

##### I.3.1.1 Du point de vue stratigraphique

La carte géologique au 1/200 000 (Voir figure I.2), montre que les formations prédominantes sont essentiellement d'âge secondaire. Les formations du Tertiaire et du Quaternaire occupent les fonds de vallée et les dépressions. La succession lithologique observée dans l'Atlas Saharien se présente comme suit, avec de bas en haut [3]:

**Le Trias** : n'existe pas dans la région de Laghouat, on le rencontre au nord-ouest, vers Aflou, et notamment dans le djebel Zlarh. Il est composé de marnes, d'argile bariolée, de gypse, et de niveaux gréseux et dolomitiques.

**Le Jurassique** : constitué de calcaires qui affleure au nord-est de Laghouat, et notamment dans le djebel El Azreg et les structures anticlinales de la région d'Aflou. Le Jurassique n'affleure pas dans les environs immédiats de Laghouat et de Milok.

Le Jurassique se décompose en fait en :

- ✦ Jurassique inférieur (Dogger) : celui-ci affleure sous forme de petites lentilles d'argiles silteuses, renfermant des intercalations gréseuses, à Kef Mimouna à l'ouest de Laghouat.

Les autres termes du Jurassique sont d'origine marine, et sont représentés par :

- ✦ L'Oxfordien : que l'on retrouve dans l'anticlinal du djebel El Azreg, mais surtout dans la région de Kef Mimouna. Il est constitué par ce qu'on appelle communément les grès inférieurs.

- ✦ Le Kimméridgien : représente le terme le plus important du Jurassique. Il se divise en plusieurs horizons : La base est constituée par des grès, surmontés par un niveau marno-calcaire. Sur ce dernier repose le Kimméridgien calcaréo-gréseux, constitué en fait par une alternance de calcaire, de marnes, et de grès. L'ensemble est couronné par des marnes gypseuses attribuées au Kimméridgien Terminal et au Portlandien.

- ✦ Le Portlandien-Berriasien : est constitué par une barre calcaire qui termine l'ensemble des formations jurassiques. On le retrouve un peu partout à la périphérie des structures anticlinales particulièrement dans le djebel Amour.

**Le Crétacé inférieur indifférencié** : affleure essentiellement au niveau des structures synclinales. Il débute par un niveau indifférencié de grès à dragées et pouvant englober l'Albien inférieur. On le rencontre dans le synclinal du djebel Mehallès.

**Le Valanginien-Barrémien** : Il surmonte les grès indifférenciés sur une épaisseur d'environ 850 m. Ce sont des grès à dragées, qui s'étendent sur de larges superficies, sur les flancs des anticlinaux des djebels El Azreg, et Mergueb, ainsi que dans les structures synclinales de la région d'Aflou.

**L'Aptien** : constitue une barre calcaire d'épaisseur variable (entre 20 et 120 m). il affleure dans la région d'El Kheneg, à l'Est de Dakhla, et dans le djebel Oum Deloua.

A l'ouest de Laghouat le niveau carbonaté cède la place à des argiles rouges gypseuses.

**L'Albien** : Il comprend deux termes :

- ✦ Un terme inférieur d'origine continentale, constitué de grès à dragées, d'épaisseur comprise entre 250 m et 300 m. On le rencontre essentiellement à l'Est de Dakhla, dans le djebel Milok, et dans la région d'El Kheneg.
- ✦ Un terme supérieur calcaréo-marneux, séparé du terme inférieur par des argiles versicolores.

**Le Cénomanién** : est constitué de marnes vertes souvent gypseuses avec de petits bancs calcaires, de marno-calcaires, et de calcaire marneux. Il affleure dans les djebels Dakhla et Milok. Son épaisseur varie entre 200 et 400 m

**Le Turonien** : se présente sous forme de calcaires dolomitiques. On le rencontre dans les synclinaux de Milok, Dakhla, El Kheneg, Oum Deloua, et Mehallès. Son épaisseur est variable, et comprise entre 110 m à 140 m dans le synclinal de Dakhla. Ailleurs elle peut atteindre 300m

**Le Sénonien** : comprend à la base des calcaires crayeux et dolomitiques avec nodules de silex surmontés par des niveaux gypseux. L'ensemble est couronné par une barre de calcaire massif. Il affleure dans la région de DelaatMebed à l'est de Dakhla.

A l'ouest de Laghouat le Sénonien est recouvert par les formations du Tertiaire Continental

**Le Tertiaire Continental** : repose en discordance sur les formations secondaires (Emberger). Il affleure sous forme de lambeaux dans le djebel Mehallès, dans la région de Oum Deloua et au sud de Laghouat.

Le Tertiaire Continental (Mio-pliocène) de l'Atlas diffère sensiblement de celui de la plateforme saharienne, aussi bien par sa composition lithologique que par son épaisseur. Le premier est peu épais (30 à 50 m), et comprend des niveaux de gravier, de grès, de sable, et d'argile. Le Mio-pliocène de la plate-forme saharienne est beaucoup plus épais (200 à 250 m). On notera cependant que dans la région de Ksar El Hirane son épaisseur n'est que de 50m.

**Le Quaternaire** : Il est en général constitué de formations alluvionnaires et torrentielles, ayant parfois une grande puissance. Les dépôts alluvionnaires occupent les plaines d'inondation et les terrasses d'oueds. Le sommet est généralement constitué de limons, de limon sableux, et de sable pouvant atteindre 5 à 10m d'épaisseur. La partie inférieure se compose de d'argile ou de sable renfermant des graviers et des galets. Sa puissance peut atteindre 50m.

**Les Dunes** : Ce sont des dépôts éoliens, qui se présentent sous forme de Barkhane ou mamelonnés. On les rencontre sur les pentes des collines et dans les vallées d'oueds. Ils sont constitués de sables meubles rougeâtre et jaunâtre à grains fins.

### I.3.1.2 Tectonique

L'accident Sud-Atlasique datant du Mésozoïque passe par la région de Laghouat. Il constitue la limite de séparation entre la plate-forme saharienne au sud et le domaine Atlasique au nord.

**Au niveau de la plate-forme saharienne**, la flexure sud Atlasique a complètement rejeté les formations du Mésozoïque vers les grandes profondeurs, de sorte que les terrains de surface sont constitués essentiellement par les dépôts du Tertiaire (Mio-pliocène), et du Quaternaire.

L'Atlas Saharien se caractérise par des déformations souples et cassantes :

#### I.3.1.2.1 Déformations souples

Elles sont caractérisées par l'existence d'une succession de plis en forme d'anticlinaux et de synclinaux, dont l'axe est grossièrement orienté SW-NE. Les structures les plus proches de Laghouat sont :

- L'anticlinal du Djebel El Azreg au nord-ouest ;
- Le synclinal de Milok au nord ;
- Le synclinal de Dakhla au nord-est ;
- Les synclinaux de Mehalls et El Kheneg au sud.

Les synclinaux de Milok et Dakhla, sont des synclinaux perchés, en forme de « cirque », et dont le centre est occupé par les formations du Crétacé supérieur (Cénomaniens-Turonien), et Tertiaire et Quaternaire. Le cœur des anticlinaux notamment celui du Djebel El Azreg est constitué par les formations du Jurassique.

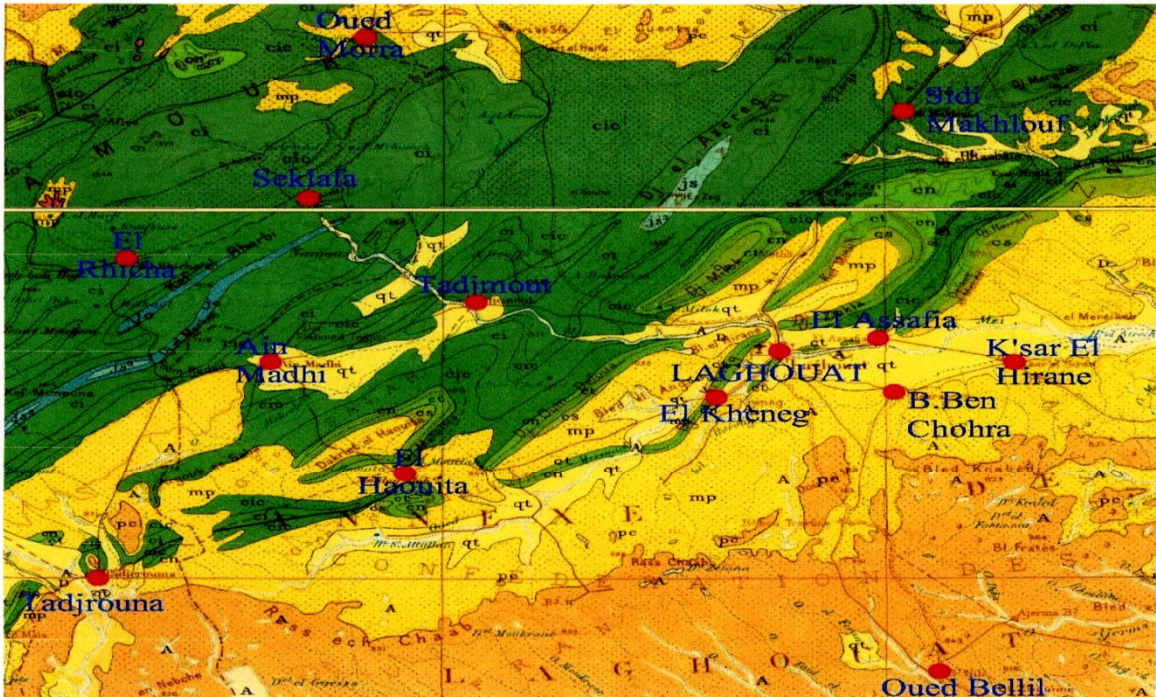
#### **I.3.1.2.2 Déformations cassantes**

Les déformations cassantes ne sont visibles qu'au niveau des affleurements jurassiques. Elles se présentent sous forme de deux réseaux de failles. Le plus important présente une direction Est-Ouest. Le second a une orientation SW-NE.

Au niveau des synclinaux les failles sont peu ou pas visibles. On note cependant au sud-est du site d'eau minérale quelques failles affectant simultanément le Jurassique et le Crétacé inférieur indifférencié.

Ces accidents tectoniques, ont semble-t-il joué en plusieurs phases au cours de la période allant du Crétacé supérieur au Miocène. Les géologues pensent que la grande phase du plissement s'est déroulée essentiellement pendant l'Oligocène [3].

La figure I.2 représente extrait de la carte géologique de la Wilaya de Laghouat au 1/500000 :



**LEGENDE**

A	Alluvions actuelles : lacs, marécages, dayas....	mp	Pontien
pc	Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses	cs	Crétacé supérieur marin
qC	Calabrien : grés marins et formations dunaires associées	cn	Cénomanién
qV	Villafranchien : calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges	D	Dunes récentes
qt	Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses		
ci	Crétacé inférieur		
	/ci : faciès marins normaux		
	(Vraconien à Berriasien) /cir : faciès récifaux ou subrécifaux		
	/cic : faciès continentaux ou lagunaires		

*Figure I.2 Aperçu de la géologie de la Wilaya de Laghouat*

*Extrait de la carte géologique de L'Algérie au 1/500000[2].*

### I.3.2 Caractéristiques hydrogéologiques

Les étages géologiques aquifères de la région de Laghouat, sont : l'Albien, le Turonien et les atterrissements continentaux du Quaternaire.

Les niveaux aquifères sont essentiellement représentés par : les grès Albiens les calcaires Turoniens, accessoirement par les calcaires du Crétacé supérieur, ainsi que par les nappes alluviales des grands oueds.

#### I.3.2.1 Alluvions de l'oued M'Zi

Cet horizon moyennement perméable, constitue la nappe principale, servant à l'alimentation en eau de la ville de Laghouat. Il est constitué de galets, de graviers, de sables, et argiles formant les terrasses de l'oued.

Cette nappe captée par les forages ADE de Sidi Hakoum au nombre de cinq et dont la profondeur est de l'ordre de 110 m. Le niveau statique de la nappe varie entre 6 et 8 m. L'écoulement se fait d'Ouest en Est.

Le résidu sec est de l'ordre de 1.0 à 1.5 g/l, et l'eau présente un faciès sulfaté –calcique.

#### I.3.2.2 Calcaires du Turonien

Le Turonien est constitué par des calcaires et des dolomies ayant une perméabilité de fissures. Ces formations occupent en général les crêtes et les flancs des synclinaux. Dans les environs de Laghouat, le Turonien peut être observé dans le synclinal de Dakhla - Oum Deloua et son prolongement vers le Djebel Lahmar - Kheneg, ainsi que dans le synclinal de Milok.

Compte tenu des difficultés d'accès les ressources en eau du synclinal de Milok, ne sont pas connues. Par contre les calcaires de l'ensemble Turonien formé par les synclinaux de Dakhla et El Kheneg sont capés par de nombreux forages, dont la profondeur varie entre 80 m et 200m.

La superficie des calcaires Turoniens du synclinal de Dakhla est de 47.2 km<sup>2</sup>. Si l'on admet un coefficient d'infiltration de 3% (valeur généralement admise pour les calcaires Algérien), le volume d'eau annuel emmagasiné serait égal à V 634 000 m<sup>3</sup>/an.

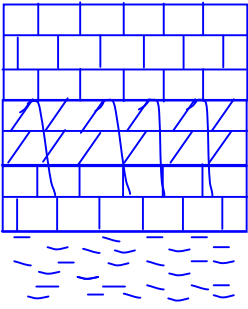
L'infiltration dans le Turonien de Milok serait de 382 000 m<sup>3</sup> pour une superficie de 28.5 km<sup>2</sup>.

L'ADE exploite actuellement une douzaine de forages, qui captent les calcaires du Djebel Lahmar. Les débits obtenus lors des essais, sont compris entre 36 l/s et 45 l/s.

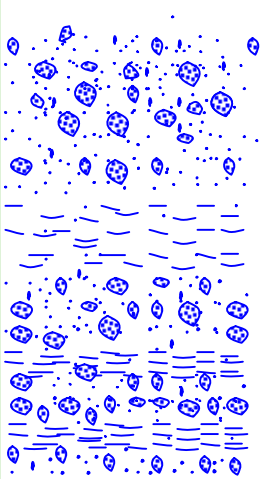
C'est le meilleur aquifère du point de vue de la productivité avec une minéralisation élevée (1300/1200 mg/l de résidu sec) mais encore acceptable. Il ne semble pas y avoir de baisse significative des niveaux statiques, cet aquifère n'est donc pas surexploité [3].

Les tableaux I.1 et I.2 suivants représentent les importants aquifères des différentes régions de la ville de Laghouat :

**Tableau I.1** Important Aquifères de la région de Djebel Lahmar [4].

Étage	Lithologie	LOG	Epaisseur (m)	Comportement hydrogéologique
<b>Turonien</b>	✦ Calcaire, dolomitique		140	<b>Perméabilité de fissures</b>

**Tableau I.2** Important Aquifères de la région de Sidi Hakoum [4].

Étage	Lithologie	LOG	Epaisseur (m)	Comportement hydrogéologique
<b>Barrémien</b>	✦ Grés grossiers a dragées de quartz.		750	<b>Perméabilité d'interstices de fissures et de chenaux</b>

### I.3.2.3 Grès Albiens

#### I.3.2.3.1 Nature de l'aquifère

L'horizon aquifère d'âge Crétacé inférieur, est capté par le forage destiné à l'unité de mise en bouteille d'eau minérale est constitué de grès, et de sable de perméabilité moyenne. Ces formations affleurent sur de larges superficies autour du Djebel Milok, notamment au sud de ce dernier, entre les Djebels Milok et Dakhla à l'Est, et dans le synclinal de Sidi Makhlouf au nord.

#### I.3.2.3.2 Exploitation

Au sud du Milok, la nappe est capté par de nombreux forages et puits (environ 150), parmi lesquels on peut citer les forages de SONATRACH situés à l'Ouest tel que le forage 130 H7 ayant une profondeur de 70.13 m et un débit de 8 l/s. Ou le forage 176H7 de 92 m de profondeur et débit de 2 l/s.

Le forage de l'unité d'eau minérale à une profondeur de 150 m. Le débit obtenu est de 62.5 l/s avec un rabattement de 40.3 m.

#### I.3.2.4 Grès du Valanginien-Barrémien

Dans les environs immédiats de Laghouat, les grès du Valanginien–Barrémien forment une bande étroite de direction SW-NE, passant à l'ouest du Djebel Milok. Ces grès sont beaucoup plus étendus au NW de Tadjmount, et dans la région de Sidi Makhlouf.

Cet aquifère n'a jamais fait l'objet d'une étude de quantification des ressources, mais on sait qu'elles sont importantes grâce aux forages réalisés au nord de Tadjmount dans le cadre de la mise en valeur par concession, et qui ont donné des débits de l'ordre 34 l/s.

Les forages de Hamda et Bordj Senouci, semblent capter les grès du Valanginien-Barrémien.

#### I.3.2.5 Grès du Crétacé indifférencié

Ils occupent de vastes superficies au sud de l'oued M'zi, et s'étendent jusqu'au Djebel Mahalles-Houita. Ce sont des grès à dragées, assez grossiers, et qui sont susceptibles de renfermer d'importantes quantités d'eau. Malheureusement les données concernant cet aquifère ne sont pas disponibles.

## I.4 Étude Climatique

La ville de Laghouat est caractérisée par un climat de type saharien(Aride) avec un aspect continental dont les températures sont très élevées en été avec de le soufflement des vents chaud et sec ainsi gelées en hivers et de printemps avec l'irrégularité des précipitations sur l'ensemble de l'année.

L'aridité s'accroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne en direction du Sud [5].

Le climat se caractérise principalement par de nombreuses contraintes à l'activité agricole :

- Irrégularité des précipitations sur l'ensemble de l'année ;
- Températures élevées en été ;
- Gelées d'hiver et de printemps ;
- Vent chaud et sec en été.

Les données climatiques de la station de Laghouat, dont les paramètres sont donnés au tableau I.3, à savoir :

Ces données, surtout celles de la pluviométrie, sont irrégulières et s'étalent sur une période assez longue (de 1995 à 2014 pour les pluies mensuelles).

**Tableau I.3** Caractéristiques de la station climatique de Laghouat. [5]

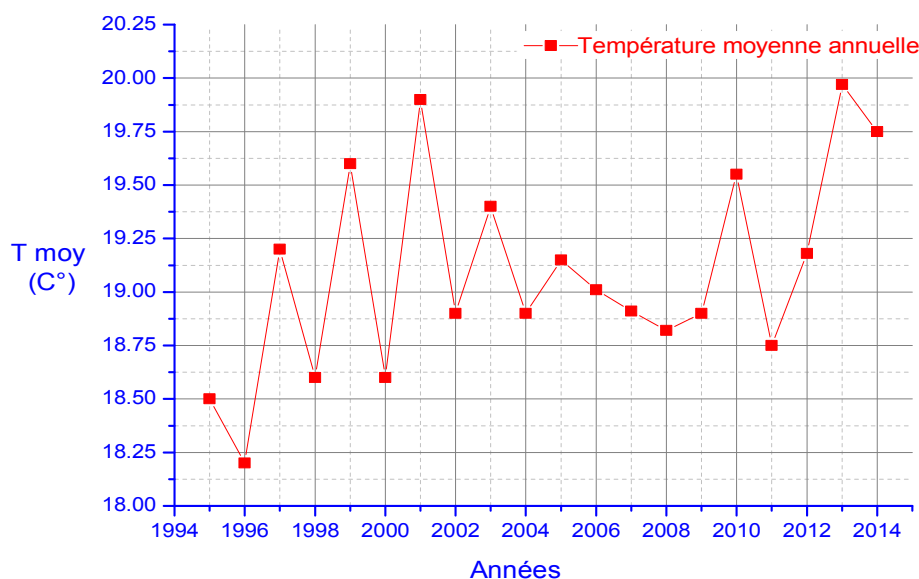
Station	Laghouat
Longitude	33°48'00'' N
Latitude	2°53'00'' E
Altitude (m)	750

### I.4.1 Température

La température est un facteur essentiel pour la détermination du type du climat d'une région.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 19 °C. Voir tableau I.4(Annexe).

Le graphe suivant montre la variation de température annuelle pour la période 1995-2014 :



**Figure I.3** Variation de la température moyenne annuelle entre 1995-2014[5]

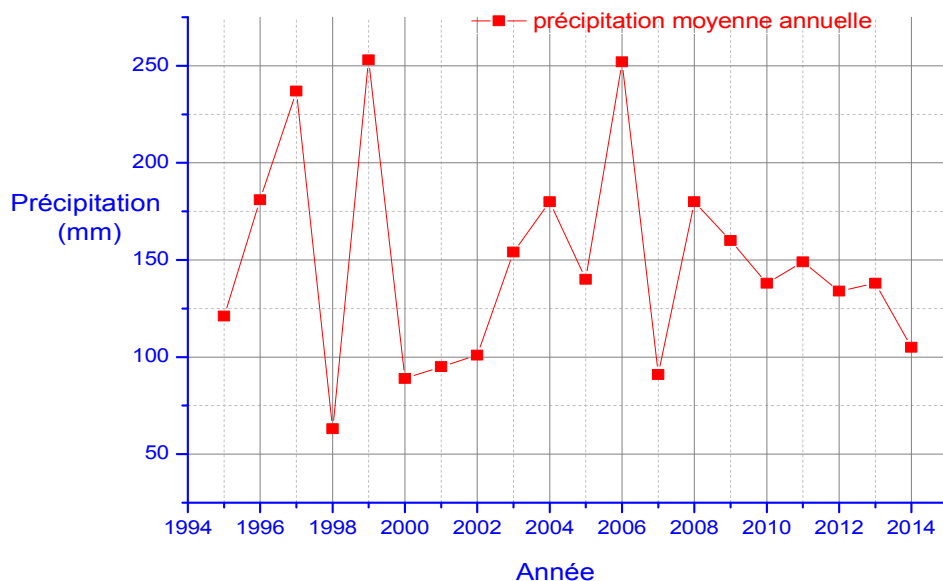
D'après la figure I.3, on remarque une uniformité de la température moyenne annuelle pour la période 1995-2014, elle varie entre 18 °C et 20 °C. [5]

### I.4.2 Pluviométrie

La pluviométrie est très réduite à cause de rempart naturel de la chaîne de l'Atlas Saharien.

Le total moyen annuel des précipitations dans la région de Laghouat entre l'année 1995 et 2014 est de 150 mm, ce qui caractérise l'aridité de climat. Voir tableau I.5(Annexe). [5]

Le graphe suivant montre la variation de précipitation annuelle pour la période 1995-2014 :



**Figure I.4** Variation de la Précipitation moyenne annuelle entre 1995-2014[5]

Selon l'abaque de De Martonne, Le climat de la ville de Laghouat est très sec avec écoulement endoréique, il se caractérise par des hivers très froids et des étés très chauds et secs. L'indice d'aridité de De Martonne est calculé par la formule suivante proposée en 1925 par Emmanuel De Martonne:

$$I = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (I.1)$$

Avec : P : précipitations moyennes annuelles (mm) ; T : température moyenne annuelle (°C).

Pour:

- 20 < I < 30 —> climat tempéré
- 10 < I < 20 —> climat semi-aride
- 7.5 < I < 10 —> climat steppique
- 5 < I < 7.5 —> climat désertique
- I < 5 —> climat hyperaride

Ou

P : Précipitation moyennes annuelles en mm, sa valeur moyenne est de 150 mm entre la période 1995-2014.

T : Température moyenne annuelle en °C. Sa valeur moyenne est de 19°C la période 1995-2014.

$$I = \frac{150}{19+10} = 5.17$$

Le graphe suivant montre l'abaque d'indice d'aridité de De Martonne :

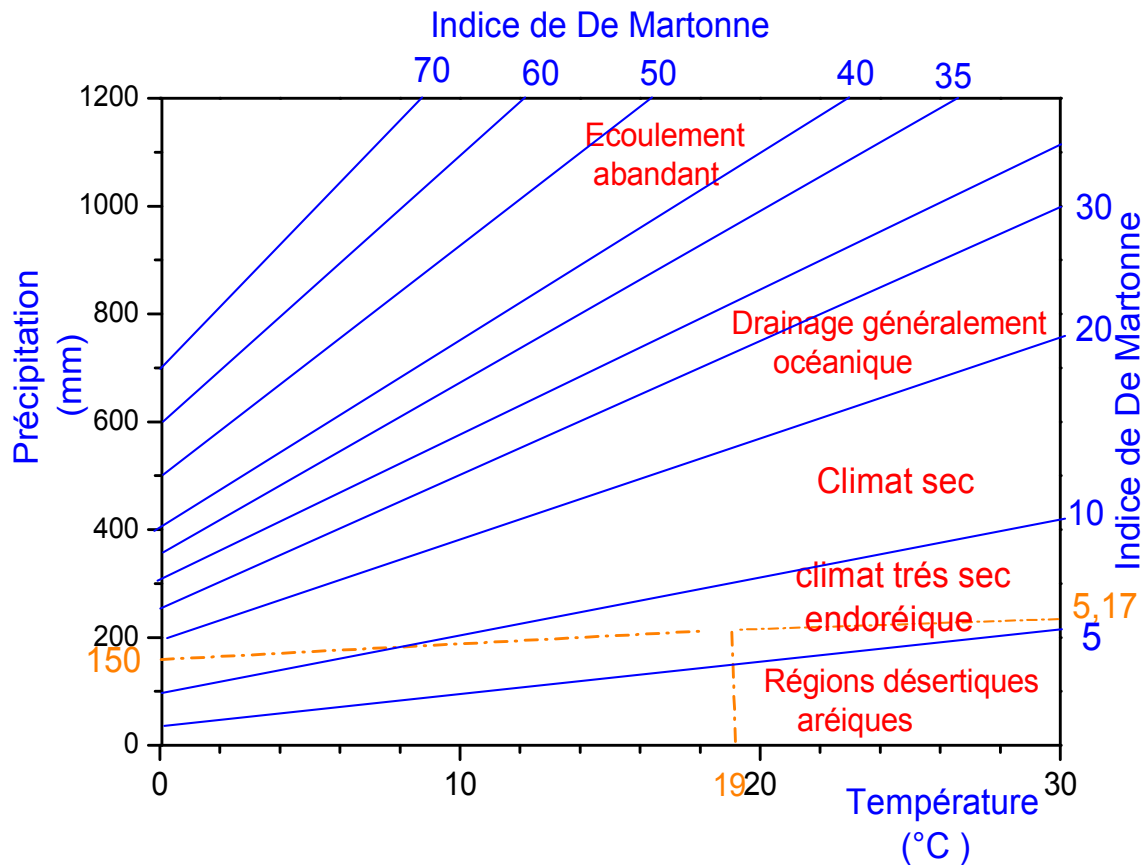


Figure I.5 Abaque d'indice d'aridité de De Martonne [5].

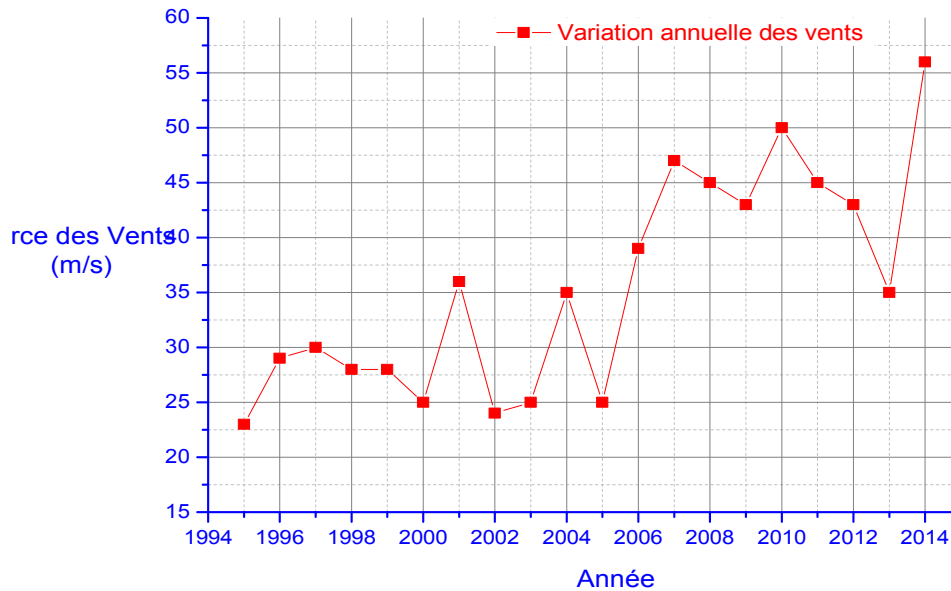
Après l'application de l'abaque de De Martonne la commune de Laghouat se caractérise par un climat très sec endoréique.

### I.4.3 Vents

Généralement les vents se manifestent au début de printemps jusqu'au début d'été.

Laghouat est une région fortement ventée avec des directions différentes selon les saisons. Les relevés fournis ici sont effectués par la station météorologique de Laghouat.

Le graphe suivant montre la variation des vitesses maximales annuelles des vents entre la période 1995 – 2014 : Voir tableau I.6 (Annexe)



**Figure I.6** Variation de vitesse de vente moyenne annuelle entre 1995-2014[5]

D'après la carte bioclimatique de la Wilaya de Laghouat la commune de Laghouat se situe dans la zone aride inférieure.

## I.6 Conclusion

Nous avons entamés dans ce chapitre la situation géographique et administrative de la commune de Laghouat et l'évolution de la population, et puis nous avons abordés l'étude géologique, hydrogéologique et l'étude du climat, d'après notre étude nous avons conclu que la commune de Laghouat se caractérise d'un climat aride –désertique.



---

# CHAPITRE II : GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU

---



## II. Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

### II.1 Introduction

La gestion intégrée des ressources en eau est un concept empirique élaboré à partir d'expériences sur le terrain. Plusieurs de ses éléments existent déjà depuis plusieurs décennies (depuis la première conférence mondiale sur l'eau qui s'est tenue à Mar del Plata en 1977), mais c'est à partir de l'Agenda 21 et du Sommet mondial pour le développement durable en 1992 à Rio de Janeiro que l'on s'est véritablement interrogé sur la dimension pratique de ce concept. [6]

### II.2 Définition de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

La GIRE est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux (Partenariat Mondial de l'Eau, 2000).

### II.3 Principes de la gestion intégrée des ressources en eau

Le but de la gestion intégrée est d'assurer que les ressources qui sont liées soient gérées de façon durable pour répondre au bien-être environnemental, social et économique des usagers. La gestion intégrée de l'eau reconnaît l'unicité de la ressource à l'intérieur d'un espace naturel, un bassin versant ou une nappe souterraine. S'inscrivant dans une démarche systémique, elle considère que la préservation des usages de l'eau est conditionnée par celle des milieux aquatiques et que chaque usage ne peut être autorisé qu'après avoir été évalué en fonction des impacts qu'il génère sur l'ensemble des autres usages et sur les milieux aquatiques.

La gestion intégrée renvoie au principe de gouvernance territoriale en associant les acteurs locaux, usagers et élus, à la prise de décision, elle s'appuie sur une démocratie participative des acteurs locaux. [6]

Ainsi, la gestion intégrée présente une double dimension :

- S'appuyer sur le fonctionnement naturel des écosystèmes aquatiques en les préservant, voire en les restaurant,
- Associer les usagers de l'eau et les élus territoriaux à la prise de décision et au processus de gestion, en respectant le socle commun des réglementations nationales et internationales.

L'optimisation des usages d'une ressource en eau passe par l'adaptation des actions à l'échelon territorial avec une recherche d'optimums spécifiques résultant d'équilibres locaux entre des usages, une vulnérabilité et un potentiel des milieux aquatiques, qui varient en fonction des territoires, de leurs caractéristiques biophysiques et de la société qui les occupe.

La gestion suppose :

- Une définition commune entre les acteurs locaux d'objectifs à atteindre et l'élaboration. L'adhésion des acteurs principaux est nécessaire pour que la gestion soit légitime, acceptée et respectée ;
- Le suivi d'un plan d'action qui soit adapté aux moyens techniques, humains et financiers disponibles.

### **II.3.1 Les ambitions du modèle de gestion intégrée**

- Correspondre à des unités locales fonctionnelles d'un point de vue hydrologique et s'adapter aux besoins des multiples acteurs territoriaux ;
- Coordonner les efforts des institutions nationales à un niveau opérationnel ;
- Développer une solidarité locale, pour atteindre les objectifs que se fixent les acteurs.

Le défi est de surmonter des antagonismes initiaux entre les acteurs en élaborant des solutions qui fassent l'objet d'un consensus

- Améliorer la compréhension par les acteurs

Des processus naturels, des interactions et des bénéfices que produit la nature pour les activités humaines.

Les effets des activités humaines sur le milieu

- Capitalisation d'expériences dans le cadre d'un processus itératif et adaptatif

La gestion intégrée est un processus qui vise à la constitution d'une vision partagée sur les ressources en eau locales, leurs vulnérabilités et leurs potentiels

Évaluer le rapport coût - bénéfice des actions en prenant en compte la protection de l'environnement, les intérêts économiques et l'équité sociale

- Viser une amélioration continue pour dépasser le simple respect de normes, pour intégrer de nouvelles technologies et pour tenir compte de l'évolution des connaissances
- Préférer les incitations aux réglementations

### **II.4 Processus la gestion intégrée**

Processus dynamique en boucle, par approche itérative : à la suite de l'évaluation des premières actions, de nouvelles programmations peuvent être élaborées s'appuyant sur l'expérience acquise mais aussi sur l'évolution des techniques, des normes et des attentes sociales extérieures au territoire.

Les acteurs doivent être associés dès le commencement pour pouvoir espérer qu'ils

Participent à ce processus. Leur engagement est nécessaire pour réaliser les actions.

L'organigramme suivant représente le processus de la GIRE :

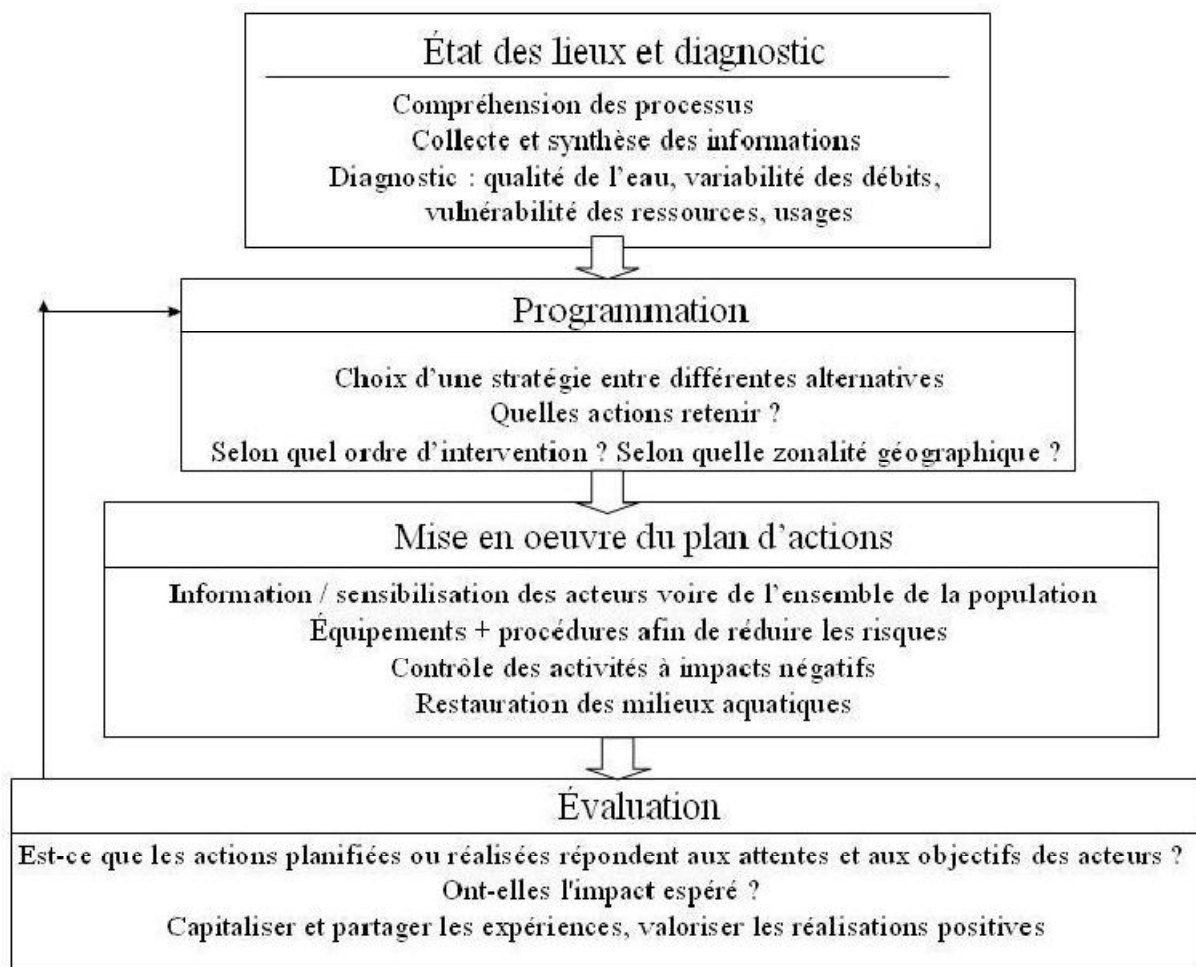
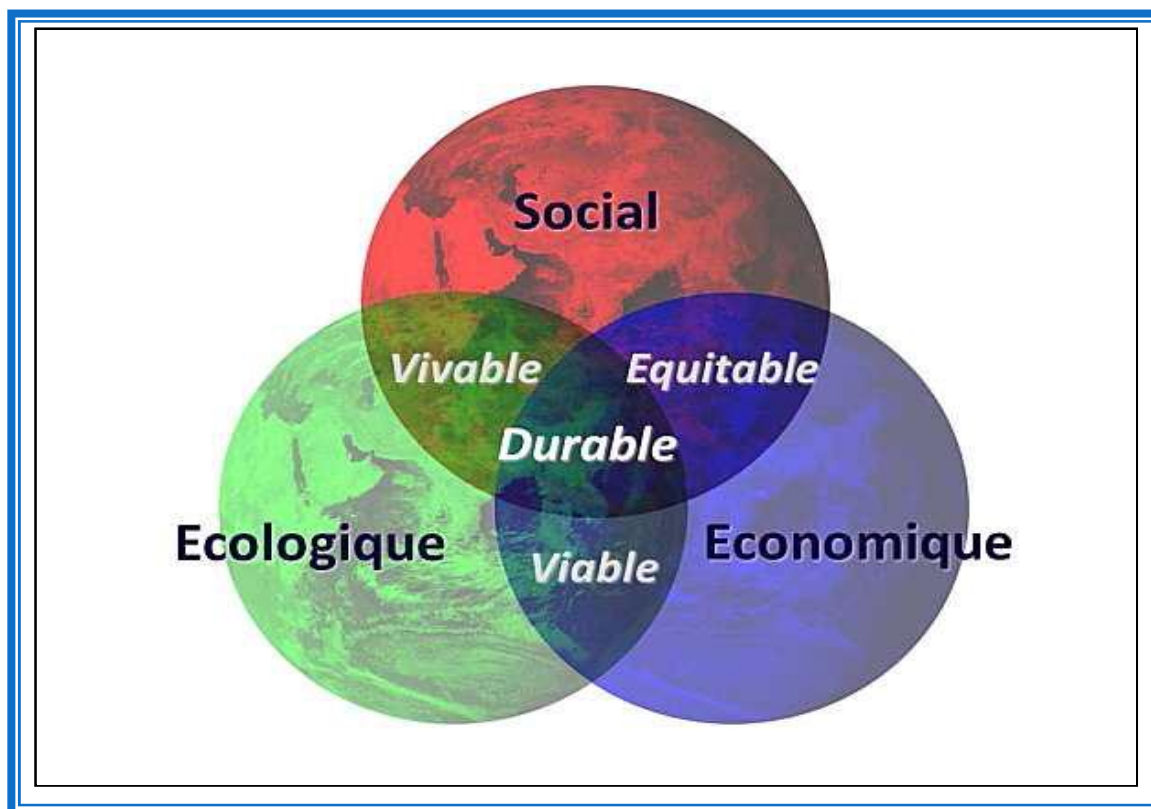


Figure II.1 Processus de gestion intégrée [6]

## II.5 Développement durable et durabilité de la ressource en eau

La Commission Brundtland a défini, lors du Sommet de Rio en 1992 le développement durable est « un développement qui permet la satisfaction des besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs ».

Les **trois piliers** du développement durable : le pilier écologique, le pilier social, le pilier économique (Figure II.2). Conjonction du **viable** (plan économique), de **l'équitable** (plan social) et de **vivable** (plan écologique).



*Figure II.2 Les trois piliers du développement durable [6]*

Le cycle hydrologique doit être appréhendé dans sa globalité par une «gouvernance sociétale» qui, seule, peut garantir la pérennité du couple eau-développement durable, en impliquant gouvernements et citoyens (Froger et alii, 2005). La gouvernance sociétale doit intégrer l'ensemble des responsabilités, du local au régional. Si l'enjeu est global, les opportunités d'action sont locales. Cela exige des accords nationaux, notamment pour le partage des ressources entre les secteurs économiques ou riverains, mais aussi en vertu du principe de subsidiarité la réalisation d'une multitude d'actions pour résoudre des problèmes de proximité. Ces actions ont pour but de protéger en quantité et en qualité voire de créer l'accès à la ressource en eau (Merlin-Brogniart et alii, 2009). Ces actions s'inscrivent dans les projets de coopération décentralisée, qui montrent leur efficacité dans la réalisation d'opérations adaptées aux besoins ainsi que dans le transfert de savoir-faire et d'innovation organisationnelle réalisés entre des collectivités françaises.

L'intégration des concepts de durabilité de l'eau dans le secteur de gestion est devenue un objectif général pour tous les pays du monde dans l'ordre d'accomplir la durabilité de ses ressources en eau et sa gestion.

## II.5.1 Gestion sectorielle

### II.5.1.1 Définitions

L'**approche sectorielle** est un processus conjoint de dialogue (gouvernement, partenaires techniques et financiers, autres acteurs du secteur) permettant au gouvernement de définir et mettre en œuvre son programme sectoriel.

☞ En anglais, l'approche sectorielle est appelée *sector wide approach (SWAp)*.

Le **programme sectoriel** (PS) du gouvernement est l'ensemble des documents nécessaires à établir et mettre en œuvre sa vision pour le secteur, notamment la politique, la stratégie, le budget et le cadre de coordination du secteur.

## II.5.2 Principaux éléments d'un programme sectoriel

Dans le cadre d'une approche sectorielle, le gouvernement développe progressivement son programme sectoriel. Celui-ci est constitué de trois éléments-clés:

### II.5.2.1 Une politique et une stratégie sectorielle

La politique est l'expression de la vision du gouvernement pour le secteur à long terme (10 ans ou plus) et définit les objectifs qu'il s'est fixés à cette échéance. La politique précise également les aspects institutionnels (rôle des différents acteurs, distinction des responsabilités, financement, etc.), fixe les grands principes de gestion du service (régie publique, opérateur privé, ...), les priorités d'intervention (zones géographiques, maintien ou extension du réseau, etc.) et annonce les décisions légales et réglementaires jugées nécessaires.

La stratégie – plan d'action, ou encore plan directeur – décrit comment, en termes d'exécution physique et financière, le gouvernement prévoit de mettre en œuvre la politique dans le moyen terme (3 à 5 ans). Cela peut nécessiter de définir des résultats intermédiaires ou des priorités pour l'atteinte des objectifs politiques,

### II.5.2.2 Un budget sectoriel

Et sa perspective de dépenses (qu'on appelle cadre des dépenses à moyen-terme – CDMT) : ils doivent être la déclinaison financière, annuelle et pluriannuelle, de la stratégie sectorielle. Ils sont établis conjointement avec elle et en adéquation avec les ressources du secteur,

### II.5.2.3 Un cadre de coordination sectorielle

À travers lequel la politique sectorielle, le plan d'action et le budget sont renouvelés et mis à jour.

A ces trois éléments-clés, la Commission européenne ajoute deux composantes transversales : le système de suivi et la capacité institutionnelle. Ces deux composantes sont également essentielles et constituent souvent les pierres d'achoppement du programme sectoriel. Il est fréquent que le système de suivi du programme sectoriel soit faible, ce qui est préjudiciable pour la gestion et la programmation future du secteur et qui peut également remettre en cause, du point de vue de la Commission européenne, le recours à un financement par appui budgétaire sectoriel, par exemple. Pour ce qui est de la capacité institutionnelle, elle doit faire l'objet d'un renforcement ciblé et concerne souvent la majorité des partenaires nationaux.

Le moyen mnémotechnique qui est utilisé pour illustrer ces critères d'évaluation sectorielle est la fleur ci-après, dont le socle est composé de deux éléments d'approche globale : le contexte macro-économique et la gestion des finances publiques.

- Ces éléments servent également de critères d'évaluation du programme sectoriel.

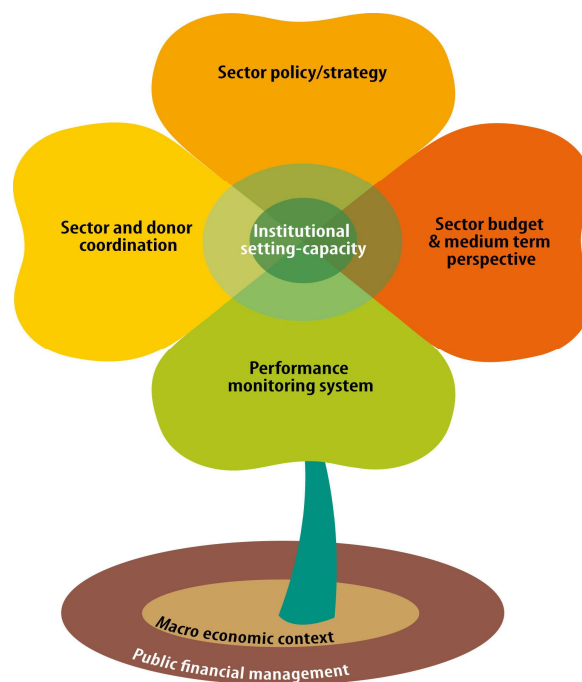


Figure II.3 « fleur » des 7 critères d'évaluation d'un programme sectoriel (PS) [6]

#### II.5.2.4 Les étapes de la progression vers une approche sectorielle

Certaines étapes caractérisent cette transition, en particulier :

- le passage de projets individuels à une logique harmonisée en termes d'approche et de procédures,
- la réorganisation institutionnelle abandonnant des unités d'exécution séparées vers une agence d'exécution sous-sectorielle unique (par exemple la *Community Water and Sanitation Agency* au Ghana) ou une cellule d'exécution commune intégrée au

ministère, la mise en place d'un fonds commun – qui devrait être à terme le budget de l'Etat – là où il existait des comptes de projets distincts.

## II .6 Complémentarités et synergies entre l'approche sectorielle et la GIRE

On peut décrire la GIRE comme un processus d'intégration (entre des secteurs qui traitent partiellement de la ressource en eau et entre parties prenantes du secteur), un instrument de gouvernance, une façon d'appréhender les problématiques du secteur, et l'approche sectorielle comme un processus organisationnel, une méthodologie structurée facilitant la définition et la mise en œuvre d'un programme sectoriel.

Les synergies possibles entre les deux processus en considérant la façon dont les principes de la GIRE peuvent s'intégrer dans l'approche sectorielle.

L'importance de prendre en compte la gouvernance à tous les niveaux et d'accepter le principe d'une gestion complexe amène à considérer la GIRE non plus avec le seul point de vue technique mais sous un angle plus politique. Ainsi, pour chaque composante du programme sectoriel (politique et stratégie, budget à moyen terme, mécanismes de coordination, système de suivi, capacité institutionnelle), les principes de la GIRE peuvent être déclinés, de façon à les intégrer dans une même démarche cohérente. On peut dire qu'on appréhende l'approche sectorielle au travers des « lunettes » de la GIRE.

R : responsabilité,

P : participation,

I : inclusion,

T : transparence.

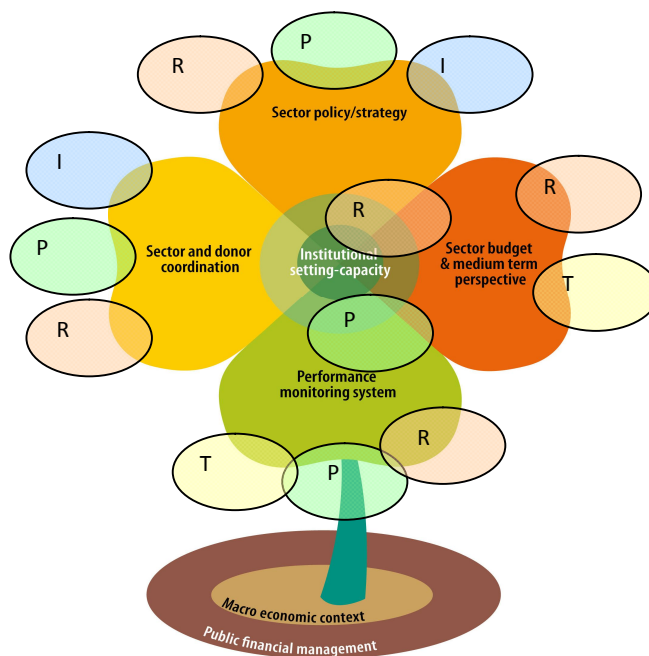


Figure II.4 Intégration des principes de la GIRE dans l'approche sectorielle [6]

## II.7 Apport de la GIRE à la politique et la stratégie du secteur

### II.7.1 GIRE et politique sectorielle

La formulation d'une politique sectorielle est un processus qui a pour objectif de renforcer la vision et donc la gouvernance du secteur. Cette politique se compose d'une déclaration d'objectifs sectoriels et de la manière dont ils seront atteints, ce qui impliquera en particulier des décisions légales, institutionnelles, administratives et budgétaires adaptées afin de permettre sa mise en œuvre.

Lors de la définition ou de la redéfinition de la politique sectorielle, il conviendra de prévoir l'ajustement des cadres institutionnel et légal et de l'aligner sur les principes de la GIRE : droit d'accès à l'eau, en particulier pour les plus démunis, bonne gestion du service, qualité de l'eau, décentralisation, tarification, etc.

Idéalement, les politiques sectorielles devraient à la fois émerger de processus de consultation larges entre le législatif et l'exécutif du gouvernement, les autres acteurs nationaux et les bailleurs de fonds et faire l'objet d'un dialogue de haut niveau – mais concret – pour que les résolutions puissent être suivies dans les actes au niveau politique.

### II.8 Application de la GIRE en Algérie

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations nées aussi bien des changements climatiques, de l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques ainsi que d'une perception du coût réel de l'eau et des conséquences économiques.

Dés 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité.

L'agence nationale de la gestion intégrée des ressources en eau « AGIRE » un établissement public à caractère industriel et commercial régi par la loi et règlements en vigueur et par les dispositions du présent décret.

L'agence nationale est dotée de la personnalité morale et jouit de l'autonomie financière.

L'agence nationale est régie par les règles applicables à l'administration dans ses relations avec l'état et est réputée commerçante dans ses rapports avec les tiers. L'agence nationale est placée sous la tutelle du ministère chargé des ressources en eau.

Conformément aux dispositions de l'article 64 de la loi n°05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 Août 2005, susvisé, les démembrements territoriaux de l'agence nationale dénommés ci-après « les agences de bassins hydrographiques », exercent la gestion intégrée

des ressources en eau au niveau des unités hydrographiques », exercent la gestion intégrée des ressources en eau au niveau des unités hydrographiques naturelles [7].

### II.8.1 Missions de l'AGIRE

Dans le cadre de la politique nationale de développement, l'agence nationale est chargée de réaliser, au niveau national, toutes actions concourant à une gestion intégrée des ressources en eau.

A ce titre, l'agence nationale a pour missions :

- de réaliser toutes enquêtes, études et recherches liées au développement de la gestion intégrée des ressources en eau ;
- de développer et coordonner le système de gestion intégrée de l'information sur l'eau à l'échelle nationale ;
- de contribuer à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel à l'échelle nationale ;
- de contribuer à la gestion des actions d'incitation à l'économie de l'eau et à la préservation de la qualité des ressources en eau.

### II.8.2 Les missions des agences bassins hydrographiques

- de gérer le système d'information à l'échelle des bassins hydrographiques ;
- de contribuer à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel à l'échelle des bassins hydrographiques ;
- de collecter les redevances instituées par la législation et la réglementation en vigueur.

## II.9 Situation de la commune de Laghouat par rapport au bassin hydrographique

Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences des bassins et les Comités de Bassin.

Le territoire algérien a été subdivisé en 5 grands bassins versants créant dans chacun d'entre eux des organismes de bassin: Agences de Bassin hydrographique et Comités de bassin hydrographique, à savoir :

- Algérois- Hodna-Soummam.
- Constantine- Seybouse-Mellegue.
- Oranie-Chott-Cherguie.
- Cheliff-Zehrez.
- Sahara.

La commune de Laghouat fait partie du Bassin hydrographique Sahara :

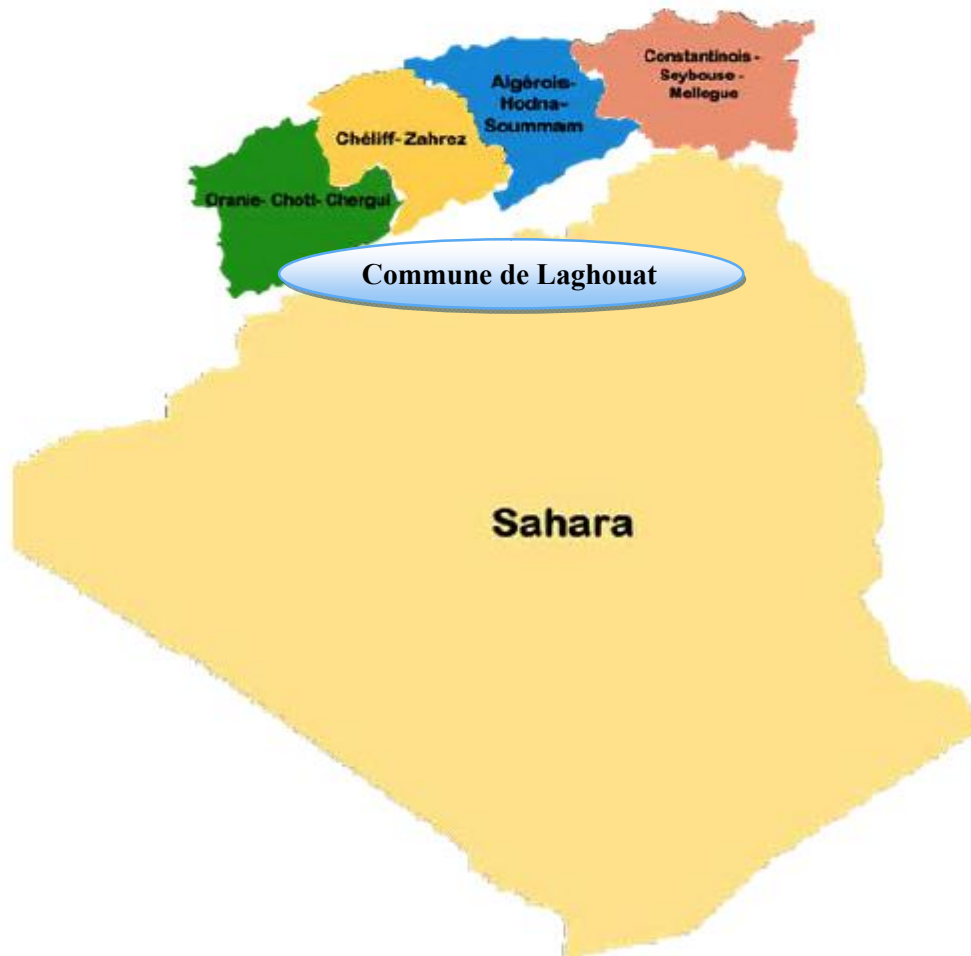


Figure II.5 Bassin hydrographique Sahara [7].

## II.10 Missions

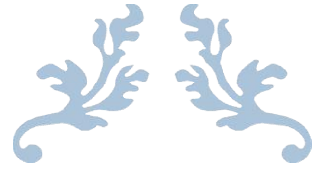
Les agences des bassins hydrographiques sont chargées:

- ✦ D'élaborer et de mettre à jour le cadastre hydraulique et la balance hydraulique du bassin hydrographique, tels que définis par les articles 127 et 128 de la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, et de collecter dans ce but toutes données statistiques, documents et informations sur les ressources en eau, les prélèvements et les consommations d'eau.
- ✦ De participer à l'élaboration des schémas directeurs d'aménagement, de mobilisation et d'affectation des ressources en eaux, initiés par les organes habilités à cet effet et de suivre leur mise en œuvre.
- ✦ De donner leur avis technique sur toute demande d'autorisation en vue de l'utilisation des ressources en eau du domaine public hydraulique, établie dans les conditions fixées par la législation et la réglementation en vigueur.

- ✦ D'élaborer et de proposer des plans de répartition, des ressources en eaux mobilisées au niveau des grands ouvrages et systèmes hydrauliques entre les différents usagers.
- ✦ De participer aux opérations de surveillance de l'état de pollution des ressources en eau et de détermination des spécifications techniques relatives aux rejets des eaux usées et aux dispositifs de leur épuration.
- ✦ De mener toutes actions d'information et de sensibilisation des usagers domestiques, industriels et agricoles en vue de promouvoir l'utilisation rationnelle et la protection des ressources en eau.

### **II.11 Conclusion :**

Algérie, comme toutes les nations du monde cherchent à appliquer une politique de gestion des ressources en eau qui existantes a travers l'application des principes de la GIRE.



---

# CHAPITRE III : APPLICATION DU LOGICIEL WEAP

---



### III.1 Introduction

Beaucoup de régions relèvent des défis d'eau douce formidables de gestion. L'attribution des ressources en eau limitées, la qualité environnementale et les politiques pour l'usage soutenable de l'eau sont des issues de préoccupation croissante. Les modèles fournis-orientés conventionnels de simulation ne sont pas toujours proportionnés. Pendant la dernière décennie, une approche intégrée au développement des ressources en eau a émergé que l'approvisionnement en eau d'endroits projetés dans le cadre des issues latérales de demande, aussi bien que des issues de qualité de l'eau et de conservation d'écosystème.

Les objectifs du système d'évaluation et de planification de l'eau (WATER EVALUATION AND PLANNING) pour incorporer ces valeurs à un outil pratique pour la planification de ressources en eau.

### III.2 Définitions

WEAP est un outil micro-informatique pour la planification intégrée des ressources en eau qui tente d'assister plutôt que de remplacer le planificateur compétent. Il fournit un cadre compréhensif, flexible et convivial pour la planification et l'analyse des politiques. Un nombre croissant de professionnels de l'eau trouvent en WEAP un plus à leurs outils de modèles, de base de données, de feuilles de calcul et autres logiciels [8].

### III.3 Grands traits du WEAP

Le tableau III.1 suivant représente les grands traits du WEAP :

*Tableau III.1 Les grands traits du WEAP [8]*

<b>Une approche intégrée</b>	Approche unique pour conduire des évaluations de planification intégrée des ressources en eau
<b>Le processus des Parties prenantes</b>	Une structure transparente facilite l'engagement de diverses parties prenantes dans un processus ouvert
<b>L'équilibre de l'eau</b>	Une base de données maintient l'information de l'offre et de la demande pour faire le modèle d'équilibre de masse sur une architecture de link-node
<b>Basé e sur la simulation</b>	Calcule la demande, l'offre, le ruissellement, l'infiltration, les conditions de culture, les flux et le stockage et la production de pollution, le traitement, la décharge et la qualité de l'eau

	écoulant, sous les scénarios hydrologiques et politiques variés
<b>Les scénarios de politique</b>	Evalue une gamme complète d'options de développement et de gestion, et tient compte des multiples et compétitives utilisations des systèmes d'eau
<b>Interface conviviale</b>	Une interface graphique basée sur le copier-déplacer de SIG avec un modèle flexible d'affichage comme les cartes, les diagrammes et les tableaux
<b>Intégration de modèles</b>	Liens dynamique vers d'autres modèles et logiciels, comme QUAL2K, MODFLOW, PEST, Excel et GAMS

### III.4 Historique

Beaucoup de régions font face à de véritables défis de gestion d'eau. L'allocation de ressources d'eau limitées, les préoccupations liées à la qualité environnementale, la planification dans le changement et l'incertitude climatiques, et le besoin de développer et de mettre en œuvre les stratégies d'utilisation durable de l'eau, sont de plus en plus pressants pour les planificateurs de ressources en eau. Les modèles conventionnels de simulation d'approvisionnement ne sont pas toujours adéquats pour explorer la gamme complète d'options de gestion.

Au cours de la dernière décennie, une approche intégrée de développement de l'eau a émergé et qui place les projets d'approvisionnement dans le contexte de la gestion de demande, de la qualité de l'eau et de la préservation et protection de l'écosystème. WEAP intègre ces valeurs dans un outil pratique pour la planification des ressources en eau et l'analyse des politiques. WEAP place les problèmes de demande comme les scénarios d'utilisation de l'eau, les efficacités de l'équipement, les stratégies de réutilisation, les coûts et les schémas d'allocation de l'eau sur une base égale avec les éléments de l'offre comme l'écoulement de la rivière, les ressources d'eau souterraine, les réservoirs et les transferts d'eau. WEAP est aussi distingué pour son approche intégrée pour simuler non seulement les composantes naturelles (ex. les demandes d'évapotranspiration, le ruissellement, le flux de base) que des composantes d'ingénierie (ex. les réservoirs, le pompage d'eau souterraine) des systèmes d'eau. Permettant au planificateur d'accéder à une vue compréhensive de la large gamme des facteurs qui doivent être considérés dans la gestion des ressources en eau pour une utilisation présente et future. Le résultat est un outil effectif pour examiner les options de développement et gestion de l'eau. Le résultat est un outil effectif pour examiner les options de développement et gestion de l'eau [8].

WEAP fonctionne avec beaucoup de capacités:

- **La base de données de l'équilibre de l'eau:** WEAP fournit un système de mise à jour de l'information sur l'offre et la demande.
- **L'outil de production de scénario:** WEAP simule la demande, l'offre, le ruissellement, les écoulements, le stockage, la production de pollution, le traitement, la décharge et la qualité de l'eau circulant.
- **L'outil d'analyse des politiques:** WEAP évalue une gamme complète d'options de développement et de gestion de l'eau et prend en compte les multiples et compétitives utilisations des systèmes d'eau.

### III.5 Caractéristiques de WEAP

Une intuitive interface graphique basée sur le SIG fournit un simple et puissant moyen pour construire, voir et modifier la configuration. L'utilisateur conçoit un schéma du système en utilisant la souris pour "déplacer-coller" les éléments à être ajoutés au système. Ces éléments peuvent être placés sur une carte faite à partir d'ArcView et autres fichiers standards SIG et les fichiers graphiques. Les données pour toute composante peuvent être éditées directement en cliquant sur le symbole désiré dans la vue schématique. L'utilisateur peut consulter l'aide contextuelle à partir de n'importe quel endroit de WEAP. Les wizards, les avertissements et autres messages d'erreur fournissent des conseils à travers le programme. Avec le système de rapport hautement flexible et compréhensive de WEAP, l'utilisateur peut définir les rapports sous forme de graphiques ou de tableaux et sélectionner à partir d'un nombre d'options de formatage (ex: unités métriques ou anglaises, niveaux absolus, les pourcentages partagés, taux de croissance). Les configurations spécifiques du rapport peuvent être sauveés comme "favoris", qui peuvent être combinés dans les "aperçus" ou les résumés des indicateurs clés du système; ces aperçus peuvent ainsi être extraits rapidement pour révision Traits importants [8]

- Système intégré de planification des ressources en eau
- Modèles intégrés pour: ruissellement des précipitations et infiltration, évapotranspiration, conditions et rendements agricoles, interaction eau de surface/eau souterraine et la qualité des flux d'eau.
- A base de SIG, interface graphique "Glisser-et-déposer"
- Capacité de faire de modèles avec un nombre de fonctions intégrées
- Variables et équations définies par l'utilisateur
- Liens dynamiques vers les feuilles de calcul et autres modèles

- Un programme linéaire intégré résout les équations d'allocation
- Structures de données flexibles et extensibles
- Système puissant de rapport incluant les graphes, tableaux et cartes
- Aide contextuelle et guide de l'utilisateur
- Exigences minimales: fonctionne sous Windows 2000, XP, Vista, 7 ou 8 avec 256 Mo de RAM

### III.6 Structure du programme

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 ci-dessous (Figure III.1, a, b, c, d, e) [8].

#### III.6.1 Schématique (a)

Les outils SIG vous permettent de configurer facilement et rapidement votre système, y compris la capacité de "Glisser et déposer" pour créer et localiser les éléments du système. Ajouter les vecteurs et fichiers Raster de Arcview et autres SIG standards comme couches de fond. Accéder rapidement aux données et résultats de tout élément dans le système.

#### III.6.2 Données (b)

Les Outils de modélisation aident à créer les variables et les relations, insérer des hypothèses et projections en utilisant des expressions mathématiques, et dynamiquement liées à Excel pour l'importation et l'exportation de données.

#### III.6.3 Résultats (c)

Présentation détaillée et flexible de tous les modèles d'affichage peut être faite sous forme de graphes, tableaux et sur la carte. Les formats en graphe et carte permettent la vue animée des résultats à travers le temps.

#### III.6.4 Explorateur de Scénarios (d)

Conçoit un groupe de graphes sommaires pour ressortir les indicateurs clés du système pour une révision rapide. Explorer comment les changements des données peut affecter les résultats.

#### III.6.5 Notes (e)

L'écran de notes est un outil simple de traitement de texte (Figure III.1, 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 (Voir Annexe).

La figure III.1 représente les cinq affichages du Modèle WEAP:

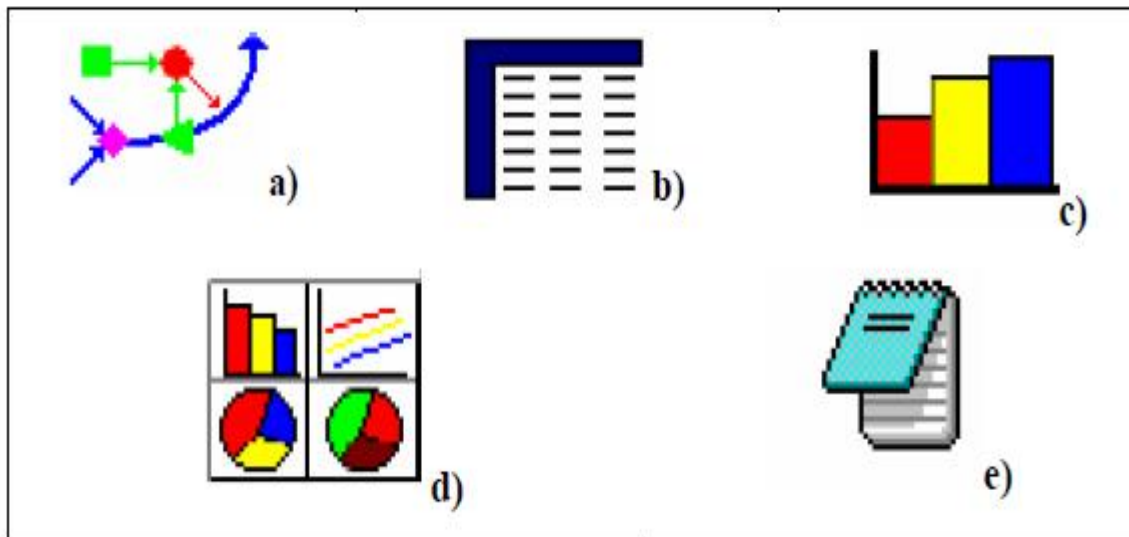


Figure III.1 Les cinq affichages du Modèle WEAP

### III.7 Approche WEAP

WEAP fonctionne sur le principe de base de l'équilibre de l'eau et peut être appliqué aux systèmes municipal et agricole, à une simple source d'eau ou à un système complexe de bassin versant transfrontalier. De plus, WEAP peut simuler une gamme large de composantes naturelles et d'ingénierie de ces systèmes, y compris le ruissellement d'eau de pluie, le flux de base, et la recharge de la nappe phréatique à partir de la précipitation; les analyses de demande sectorielle, la conservation de l'eau; les droits à eau et l'allocation des priorités, les opérations du réservoir; la production hydroénergétique; le traçage de la pollution et la qualité de l'eau; l'évaluation de la vulnérabilité et les conditions de l'écosystème. Le module d'analyse financière permet aussi à l'utilisateur d'explorer les comparaisons coût-bénéfices des projets.

L'analyste représente le système en fonction de ses diverses sources d'approvisionnement (ex: fleuves, les calanques, eau souterraine, réservoirs, les unités de désalinisation); les retraits, la transmission et les équipements de traitement d'eau usée; les demandes en eau; la production de pollution et les conditions de l'écosystème. La structure des données et le niveau de détails peuvent être facilement définis pour satisfaire les conditions et la disponibilité des données pour un système et une analyse particuliers [8].

### III.8 Applications du WEAP comprennent plusieurs étapes

- **La définition de l'étude:** le timing, les limites spatiales, les composantes du système et la configuration du problème sont établis.
- **Les comptes actuels:** un aperçu de la demande actuelle en eau, les charges de pollution, les ressources et les approvisionnements pour le système sont développés. On peut voir cela comme une étape de calibration dans le développement de l'application.
- **Les scénarios:** un nombre d'hypothèses alternatives sur les impacts futurs des politiques, les coûts et le climat, par exemple sur la demande d'eau, l'offre, l'hydrologie et la pollution peuvent être explorés. (Les opportunités de scénario possible sont présentées dans la section suivante).
- **L'évaluation:** Les scénarios sont évalués en fonction de la suffisance d'eau, les coûts et des bénéfices, la compatibilité avec les objectifs environnementaux et la sensibilité à l'incertitude des variables clés.

### III.9 Applications du logiciel WEAP commune de Laghouat

#### III.9.1 Cartographie :

##### III.9.1.1 Création du modèle de la commune de Laghouat

Dans le WEAP il y a la possibilité d'insérer une carte ou une image, donc nous avons insérer une photo satellite prise à travers « Google earth », clic droit « add raster layer » et l'image a été superposé dans la zone d'étude [9].

##### III.9.1.2 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, nous nous limitons entre 2010-2035 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement,...) [9].

Les données collectées et portées dans WEAP concernent :

- les sites de demandes avec leur emplacement : Urbain (commune), les secteurs de demandes (Domestique et Agriculture et Industriel, STEP).
- les ressources et les lieux de captage (site de l'offre) : eaux souterraines exploitées (nappe),

La figure III.2 représente schéma du Modèle WEAP de la commune de Laghouat :

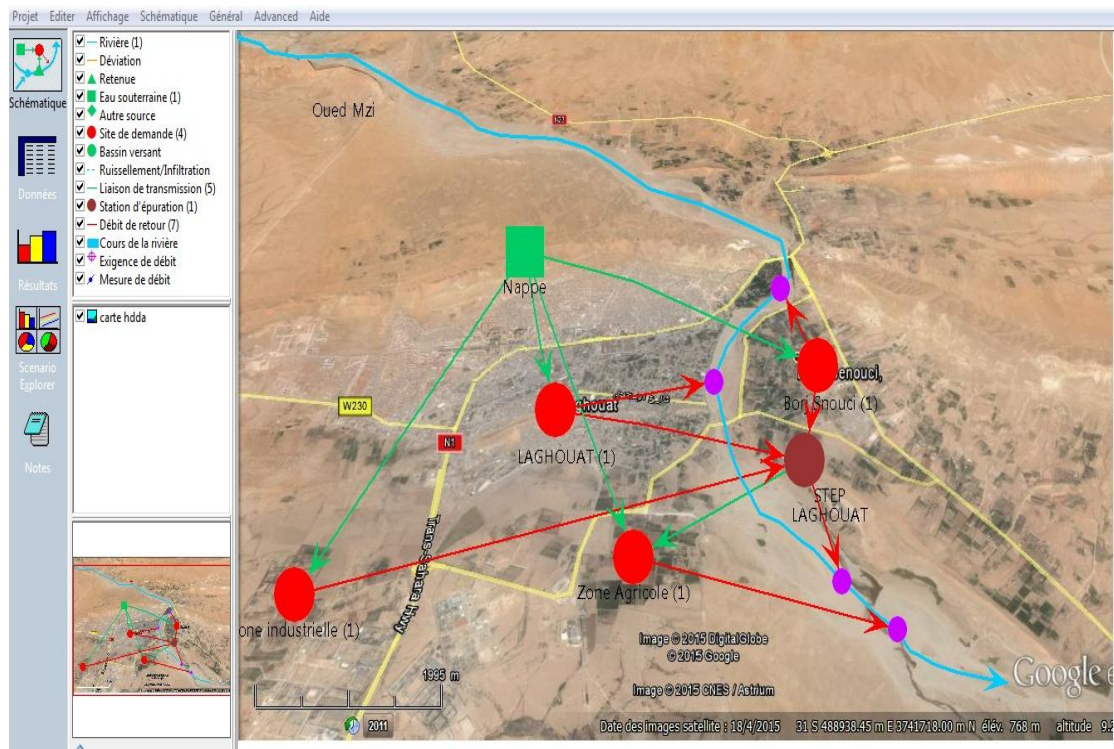


Figure III.2 Schéma du Modèle WEAP de la commune de Laghouat [10].

### III.10 Numérisations des éléments nécessaires dans le modèle

On numérise les sites de demande (ville de Laghouat, Bordj snouci), et les sites de l'offre : eaux souterraines exploitées (nappe).

Et on saisit les données nécessaires pour chaque utilisateur en cliquant droit sur les emplacements numérisés [9].

#### III.10.1 Sites de demandes

Informations concernant :

- le niveau d'activité annuelle qui détermine la demande tel que le nombre d'utilisateurs de l'eau pour des motifs domestiques ou le niveau de consommation d'eau par secteur et par unité d'activités. On doit en premier lieu choisir l'unité avant d'entrer les données. Dérouler la fenêtre « Unité d'activité », sous le champ « Unité », choisir « Personne pour besoin domestique et Hectare pour AGR », « par unité pour IND » et cliquer sur « OK ».

- La consommation annuelle. Ensuite cliquer sur le tableau « Consommation d'eau annuelle » est entré 73 m<sup>3</sup>/hab./an et 8000 m<sup>3</sup>/ha/an pour l'agriculture et 200 m<sup>3</sup>/unité et STEP 60 m<sup>3</sup> de production on note qu'on a choisi une dotation de l'ordre de 200 l/j/hab. pour la commune de Laghouat [4].

La figure III.3 représente la *Consommation d'eau annuelle*:

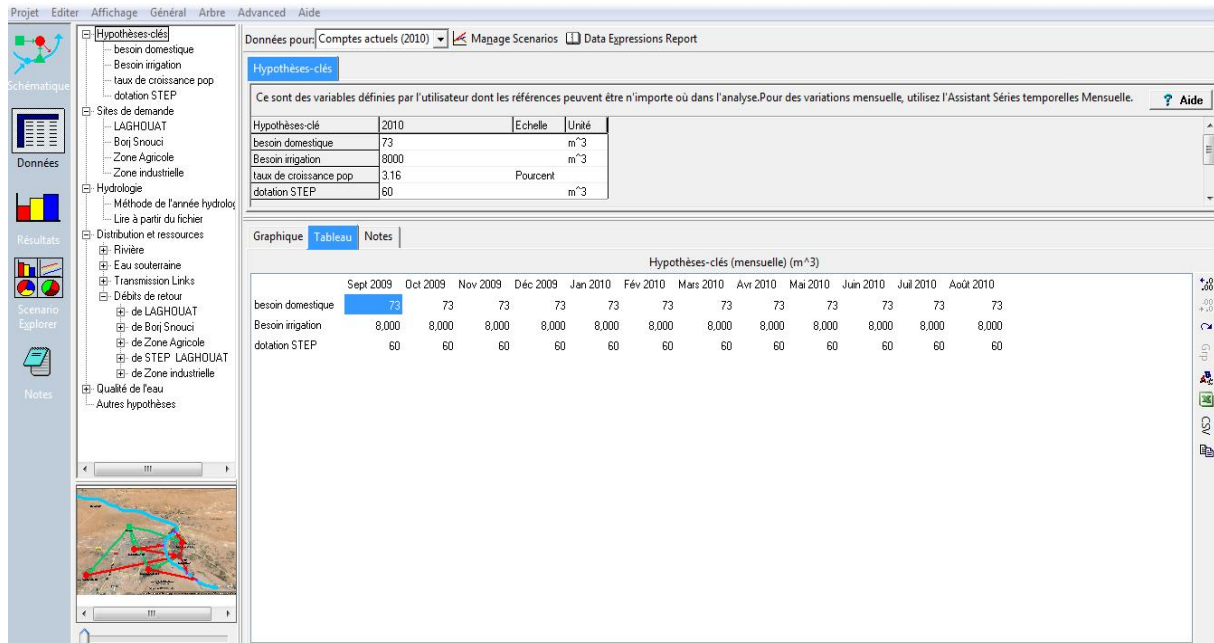


Figure III.3 Consommation d'eau annuelle [10].

### III.10.2 Sites de l'offre

Informations concernant :

- La capacité théorique maximale de l'aquifère n'est pas connue.

#### III.10.2.1 Ressource en eau souterraines de la commune de Laghouat

Les eaux souterraines (la nappe) assurent l'alimentation en eau potable, l'irrigation, l'industrie.

La quantité du stockage souterrain n'est pas connue, mais d'après les forages exploités nous avons jugés utile de mettre le volume de stockage illimité.

La figure III.4 représente les forages destinés l'alimentation en eau potable au niveau de la commune de Laghouat :

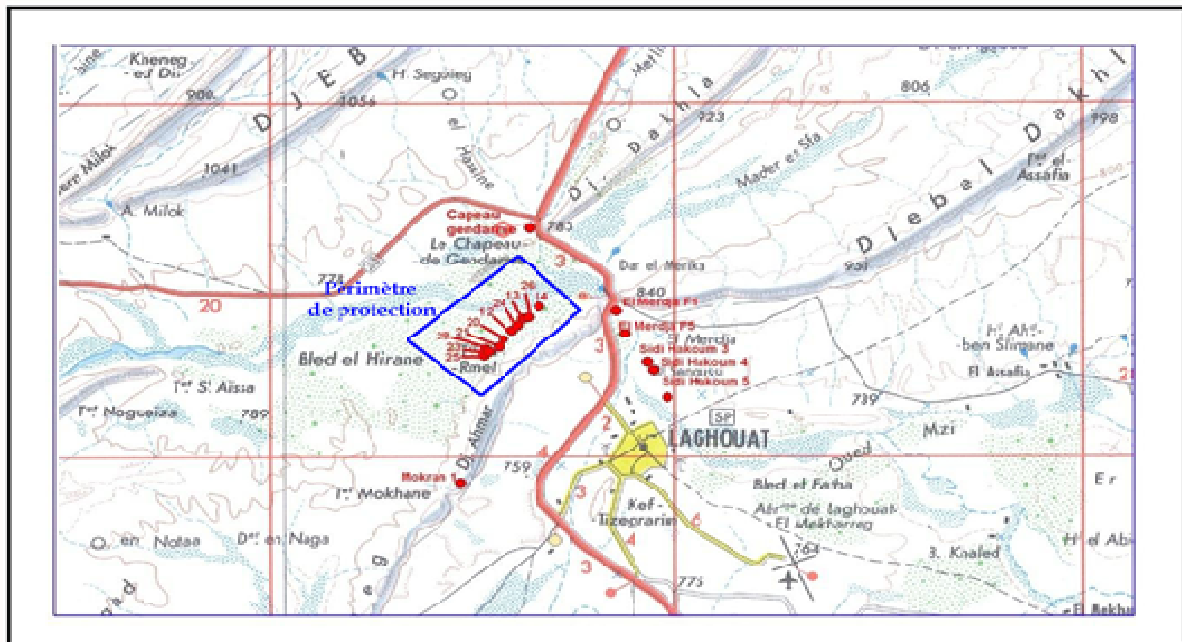


Figure III.4 Forages AEP de la commune de Laghouat [4].

La figure (III.5) représente les sites de demande et la variation mensuelle :

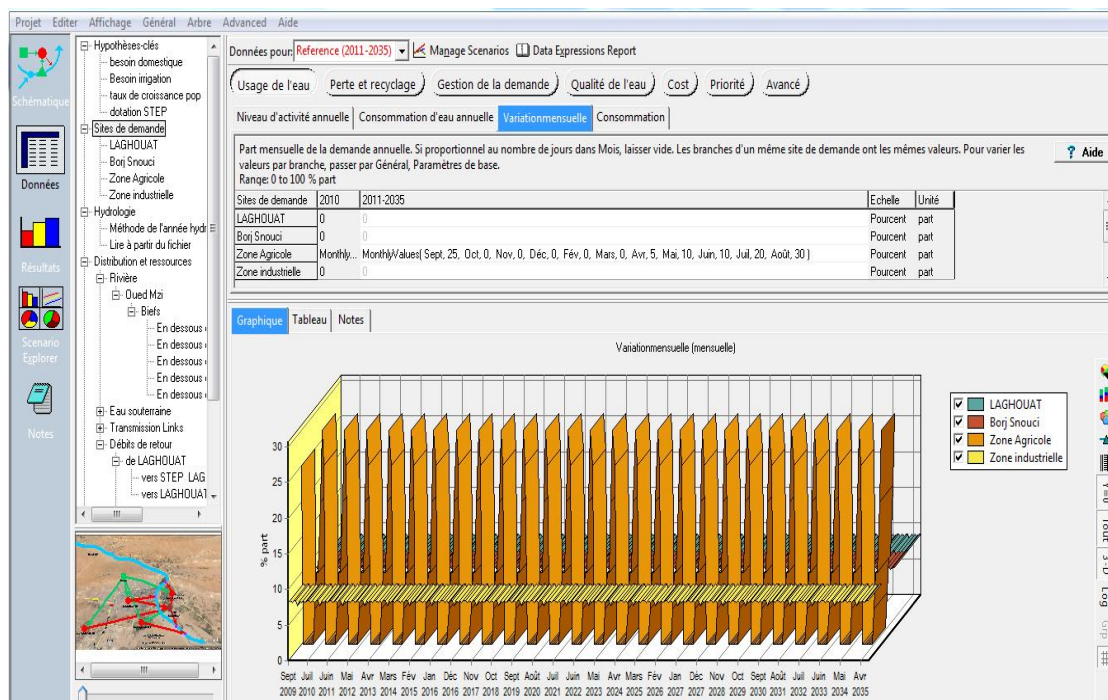


Figure III.5 Variation mensuelle « sites de demande » [10].

La zone urbaine (Laghouat, Bordj snouci) représente un graphe constant, justifié par la suffisance de la ressource ainsi que pour la zone industriel malgré la forte croissance de la population ce qui implique l'augmentation des besoins en eau, à l'exception de la zone agricole qui présente excessif en eau, la seule solution c'est les eaux épurées auprès de la STEP [9].

### III.11 Création des hypothèses clés

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

- En premier lieu, une année est choisie pour servir comme année de base pour le modèle « Comptes Actuels 2010 ».
- Un scénario de référence « Référence» est établi à partir des Comptes actuels pour simuler la même évolution du système sans intervention.

Dans notre cas quatre hypothèses principales sont créées.

- Besoins domestiques
- Besoins irrigation
- Taux d'accroissement de la population pour l'année du scénario futur.

A noter que WEAP possède une fonction qui permet de calculer automatiquement le nombre de population d'avenir. Le logiciel modélise automatiquement les besoins en eau d'avenir en fonction des utilisateurs [9].

#### III.11.1.Changement d'horizon de temps du secteur

Le compte courant est créé depuis que nous avons créé la zone d'étude. On change juste l'année de la fin des scénarios. En choisissant comme compte courant (2010 – 2035).

La figure III.6 représente l'horizon de calcul pour le scénario :

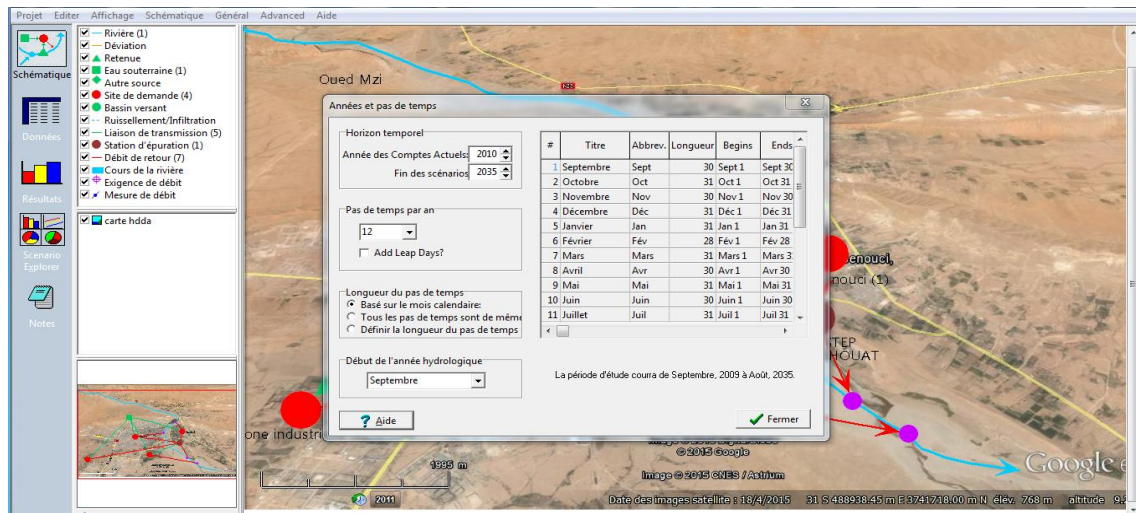


Figure III.6 L'horizon de calcul pour le scénario [10].

### III.11.2. Création des scénarios

#### III.11.2.1 Scénario de référence « Business-As-Usual » (BAU) :

Un scénario par défaut : la « Référence » ou « business-as-usual » reprend les données du compte actuel dans la durée du projet spécifié et sert de point de comparaison pour les autres scénarios dans lesquels des modifications sont apportées aux données du système.

Elle décrit la situation actuelle (année 2010), et l'évolution tendancielle au niveau des ressources et de la demande en eau, jusqu'en 2035.

Pour cela, il prend en compte les projets d'investissement actuellement conclus.

La figure III.7 représente l'application du scénario de référence :

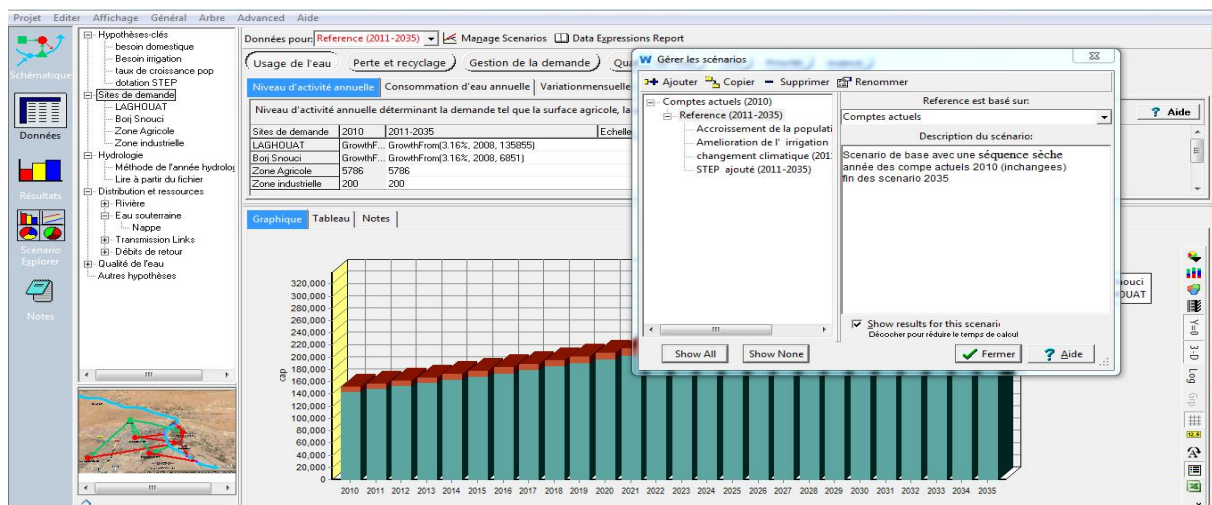


Figure III.7 Scénario de références [10].

La figure III.8 représente le résultat du scénario de référence:

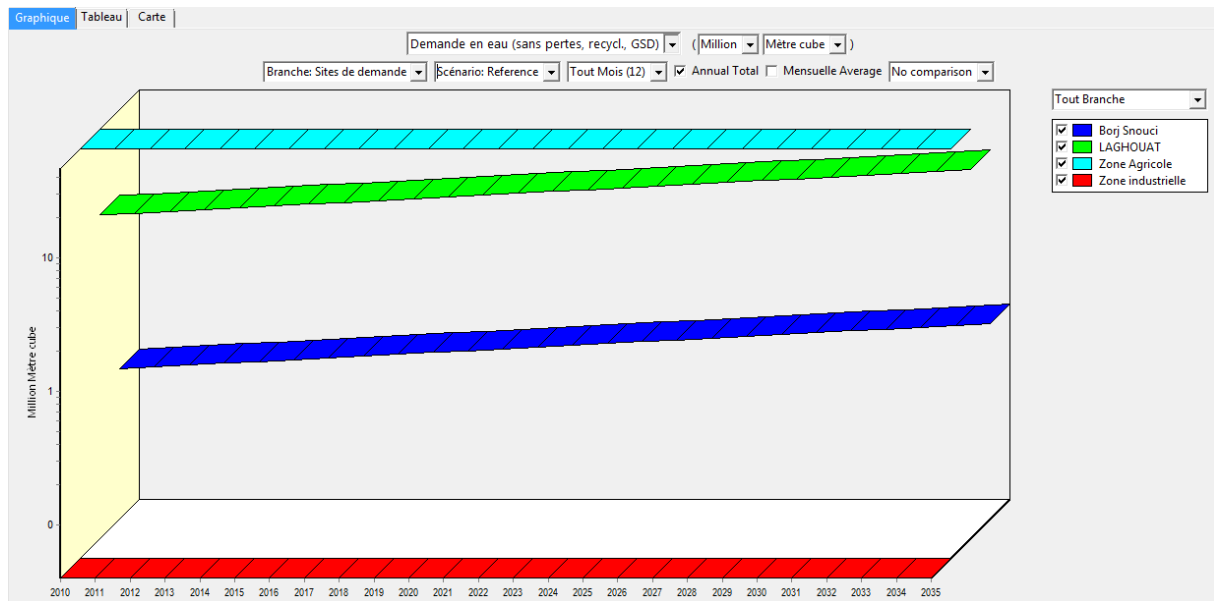


Figure III.8 Résultat du scénario de référence [10].

### III.11.2.2 Scénario de l'accroissement de la population

Assigner à la population de la commune de Laghouat, une croissance avec le taux défini par l'hypothèse clé « Population Growth Rate » définie dans une étape antérieure. Ici aussi, vous devez sélectionner le scénario « Référence » dans le menu déroulant en haut de la vue Données.

La fonction finale doit être comme suite :

« Growth (Key\Taux accroissement population/100) »

Et le calcul de l'accroissement de la population se fait automatiquement selon de pourcentage (3.16% - 5%) représente le taux d'évolution de la population [2].

La figure III.9 représente le résultat du scénario d'accroissement de la population:

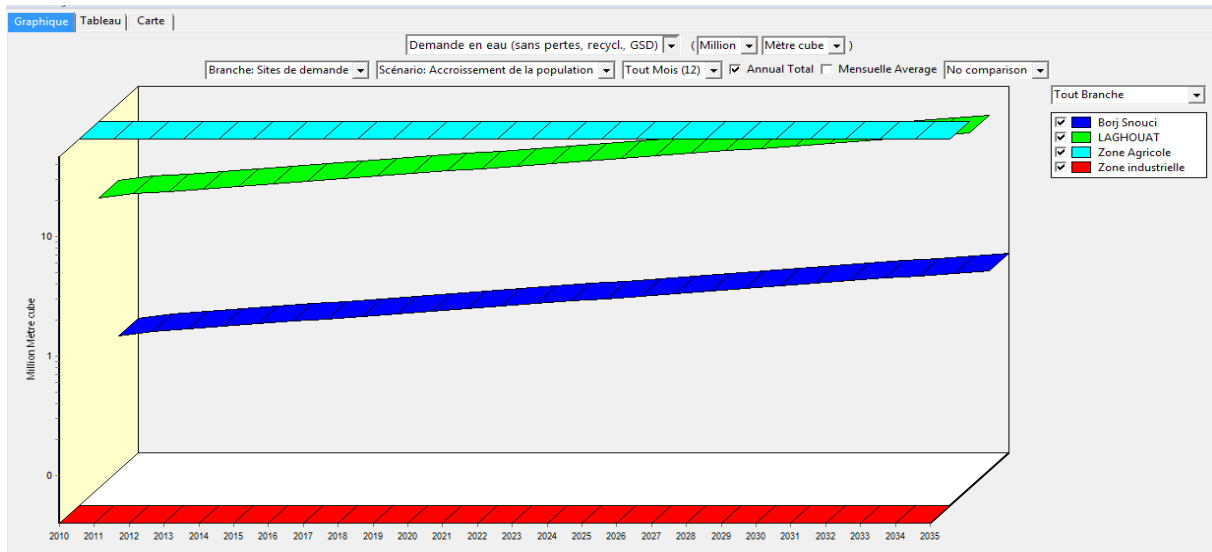


Figure III.9 Résultat du scénario d'accroissement de la population [10].

### III.11.2.3 Scénario de l'amélioration de l'irrigation

Ce scénario a pour but de suivre l'amélioration des surfaces irriguées au cours du temps (2010 - 2035). Dans ce scénario on a pris en compte les périmètres irrigués avec une dotation 5000 m<sup>3</sup>/ha/an.

En changeant les techniques d'irrigation et en remplaçant les cultures grandes consommatrices d'eau par les cultures peu consommatrices.

La figure III.10 représente le résultat du scénario pour amélioration de l'irrigation :

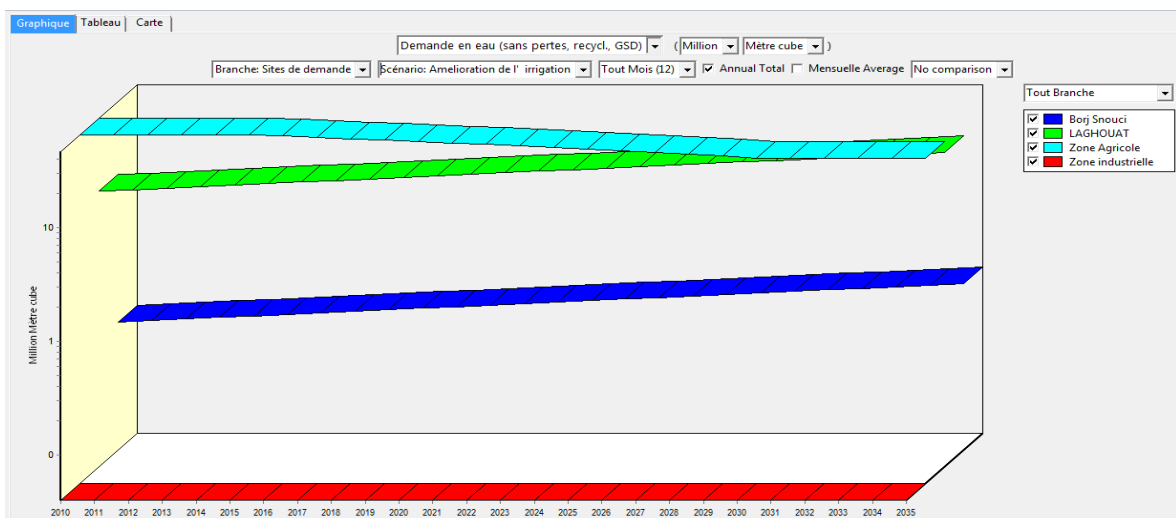


Figure III.10 Résultat scénario pour amélioration de l'irrigation [10].

### III.11.2.4 Scénario STEP

Ce scénario présente une courbe ascendante, donc les eaux épurées sont exploitable pour différents usages (irrigation, industrie).

La figure III.11 représente le résultat du scénario de la STEP :

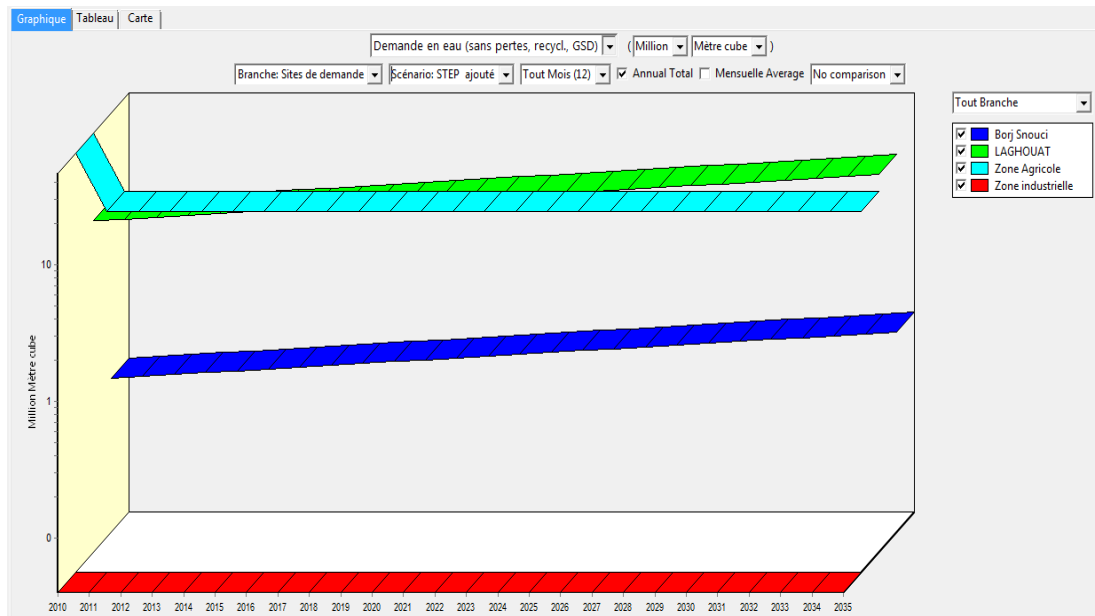


Figure III.11 Résultat du scénario de la STEP [10].

#### ❖ Méthode de l'année hydrologique

Le but est de définir différents régimes climatiques (très sec, sec, humide, très humide, normal) et de comparer avec une année normale en donnant une valeur entre 0.7 à 1.45 chaque type de climat [9].

#### ➤ Définition pour chaque type de climat

Le logiciel de simulation ne reconnaît pas que des valeurs numériques. Chaque type de climat doit porter une valeur numérique (tableau III.2) pour que le logiciel puisse faire la modélisation.

Tableau III.2 Type de climat [9].

Type de l'année	Chiffre correspondant
Très sec	0.7
Sec	0.8
Normal	1
Humide	1.3
Très humide	1.45

La figure III.12 représente *type de climat* :

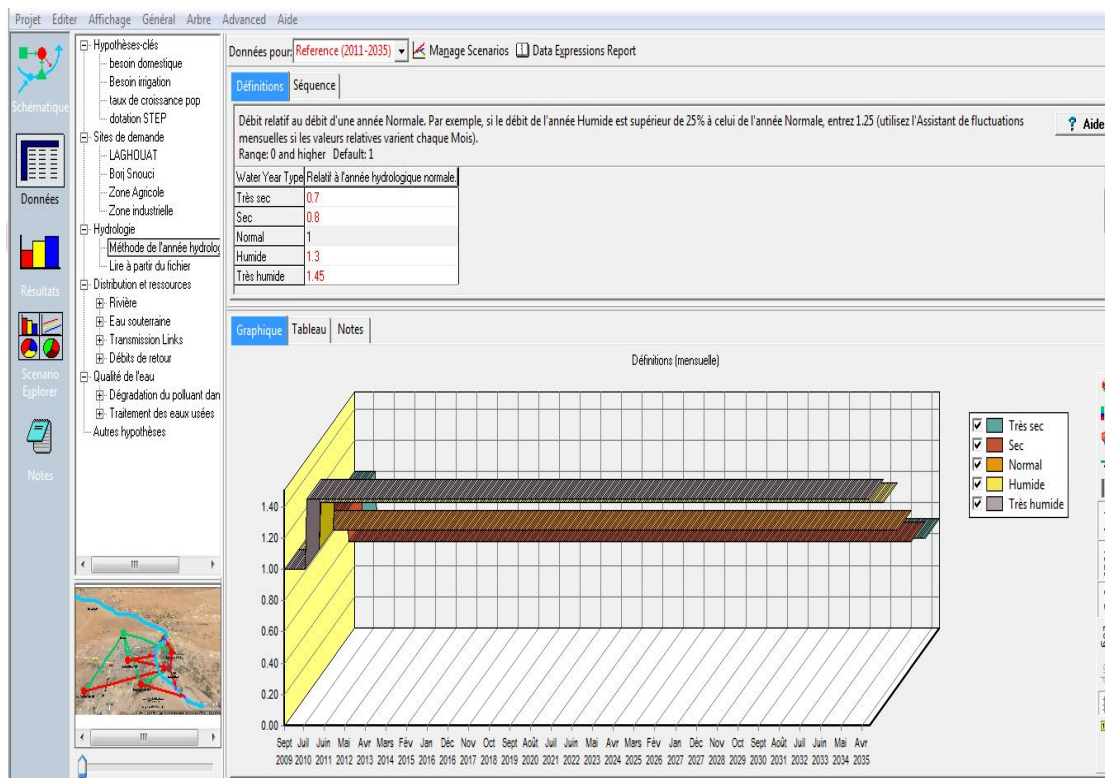


Figure III.12 Type de climat [10]

➤ **Création d'une séquence climatique pour l'année avenir :**

La séquence climatique pour l'année future est donnée à partir des études sur les données climatiques. La moyenne 25 ans prise comme base de la définition des types de l'année ci-dessous (Tableau III.2 et Figure III.7). En considérons que le débit d'une année normale, par exemple si le débit de l'année humide supérieur à 25% par rapport à l'année normale, l'année est humide ainsi de suite [9].

Tableau III.3 Type d'année hydrologique [10].

Années	Type d'année hydrologique
2010-2013	Normal
2014	Très sec
2015	Humide
2016-2018	Normal
2019-2020	Sec
2021	Très humide
2022	Normal
2023	Humide
2024	Normal
2025	Sec
2026-2035	Normal

La figure III.13 représente « Méthode de l'année hydrologique » avec la séquence des types d'année:

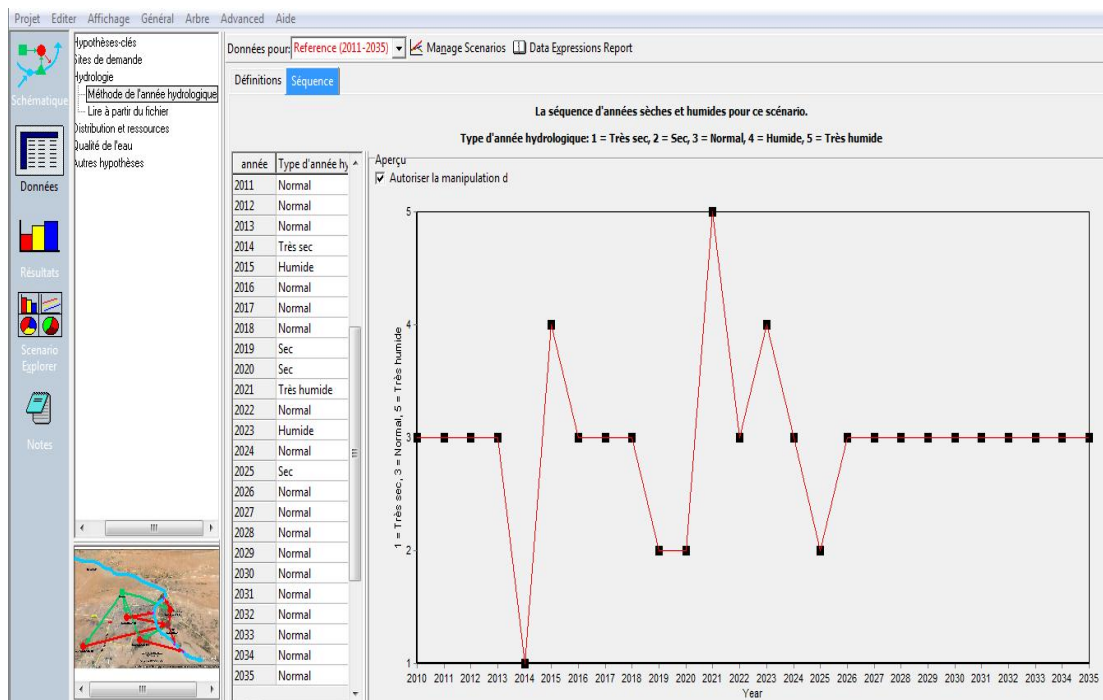


Figure III.13 « Méthode de l'année hydrologique » avec la séquence des types d'année [10].

### III.11.2.5 Scénario de changement climatique « séquence sèche »

Ce scénario a pour but de définir l'influence du climat sur l'exploitation de l'eau dont le résultat obtenu justifie l'usage excessif de l'eau surtout au niveau de la commune de Laghouat.

Le scénario sécheresse (diminution probable et stochastique de la pluie) se construit à partir des séquences sèches (durées, fréquences, intensités) identifiées sur les plus longues séries pluviométriques.

On introduit toutefois dans le procédé les coefficients de réduction de la pluie déterminés à partir de la moyenne des séquences sèches.

La figure III.14 représente le résultat du scénario de changement climatique « séquence sèche » :

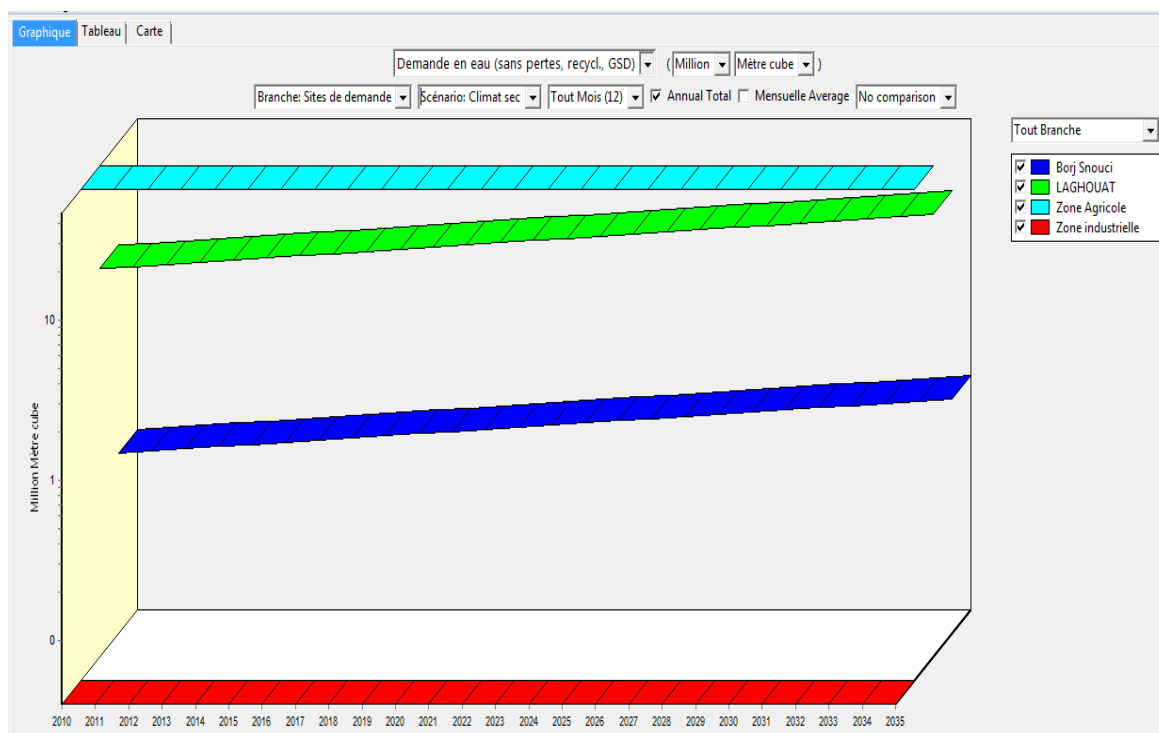


Figure III.14 Résultat scénario de changement climatique [10].

### III.12 Modélisation des ressources en eau souterraines (nappe)

L'étude géologique a permis de mettre en évidence plusieurs horizons aquifères d'importance variables. L'aquifère multicouche formé par une alternance de grès et de marnes du Barrémien- Valanginien. Il constitue la nappe la plus importante de la région de Hamda, et une partie de la ressource en eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Laghouat ainsi que l'irrigation des différents périmètres agricoles aux alentours de Hamda d'une part.

Et d'autre part la nappe turonienne de la région de Djebel Lahmar qui contient le plus grand nombre de forages destinées à l'alimentation en eau potable de la commune de Laghouat.

La figure III.15 représente la nappe :

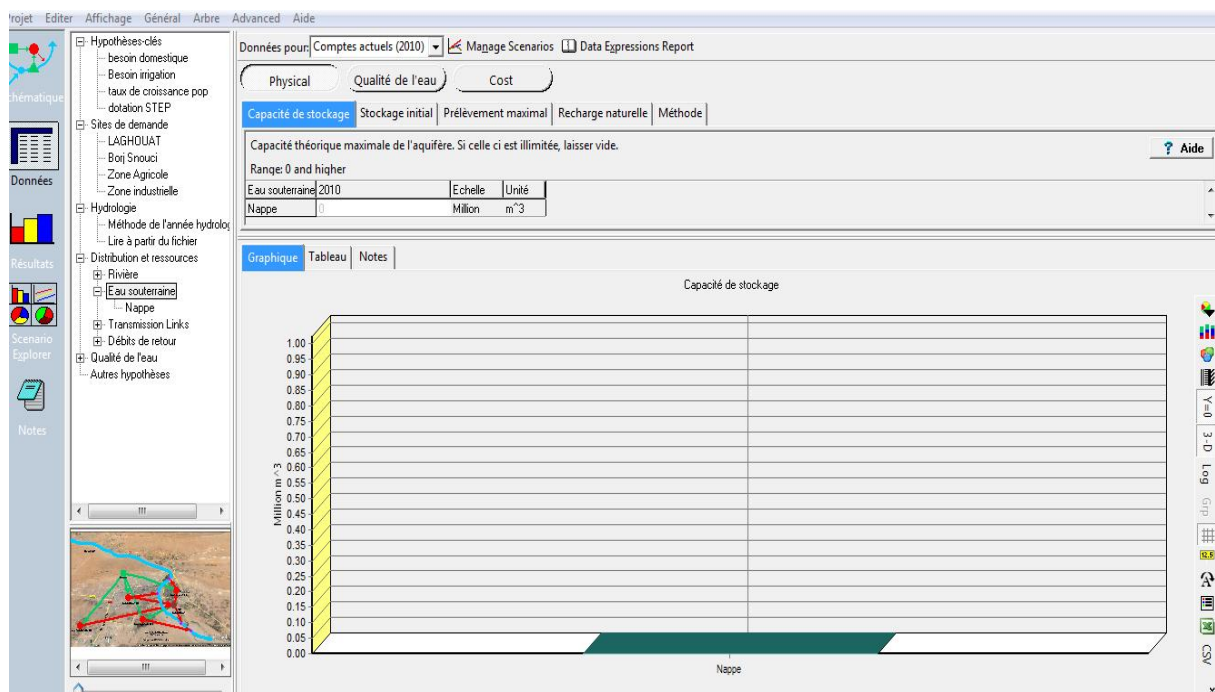
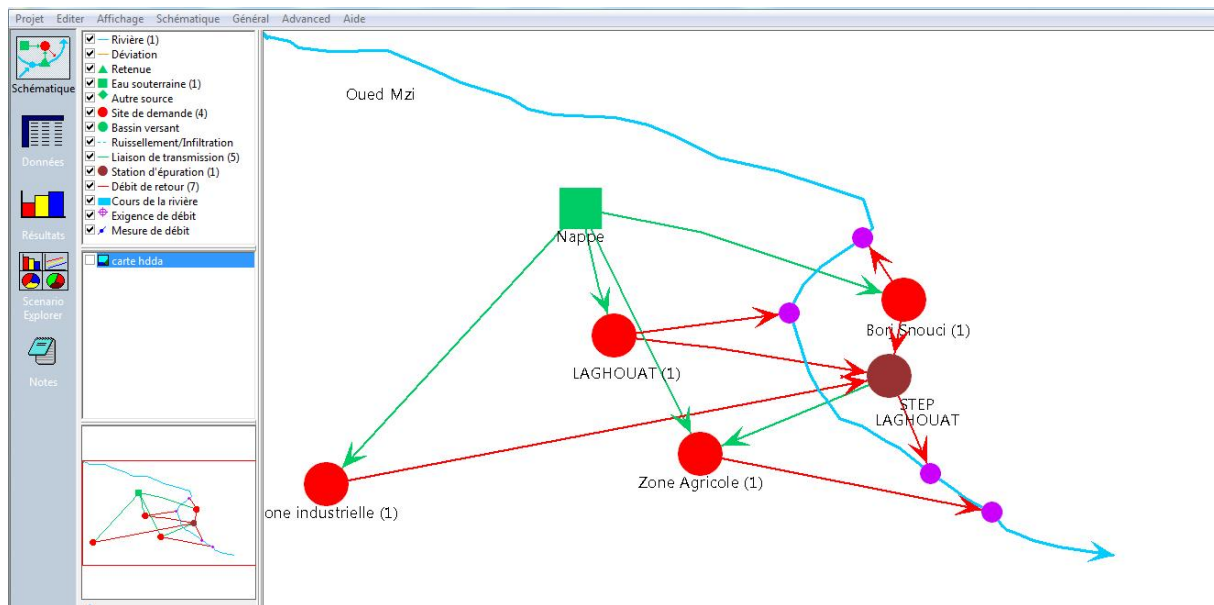


Figure III.15 la nappe souterraine [10].

La figure III.16 représente *La commune de Laghouat d'après le modèle WEAP* :



**Figure III.16** La commune de Laghouat d'après le modèle [10].

Cette carte montre la commune de Laghouat avec la nappe souterraine (carré vert), les sites de demandes ou utilisateurs (point rouge) : ville (adduction d'eau potable, irrigation, industrie).

Les zones de transmissions ou zones d'alimentation et les utilisateurs sont reliés par une flèche verte. Après utilisation, les excès d'eaux liées à la STEP sont indiqués avec des flèches rouges.

### III.13. Résultats et interprétation :

Les résultats de l'application du modèle WEAP dans la commune de Laghouat sont présentés sous forme cartographique et graphique en considérant cinq scénarios :

L'horizon de la projection futur considéré est de la période de 2010 à 2035.

La figure III.17 représente les résultats des cinq scénarios :

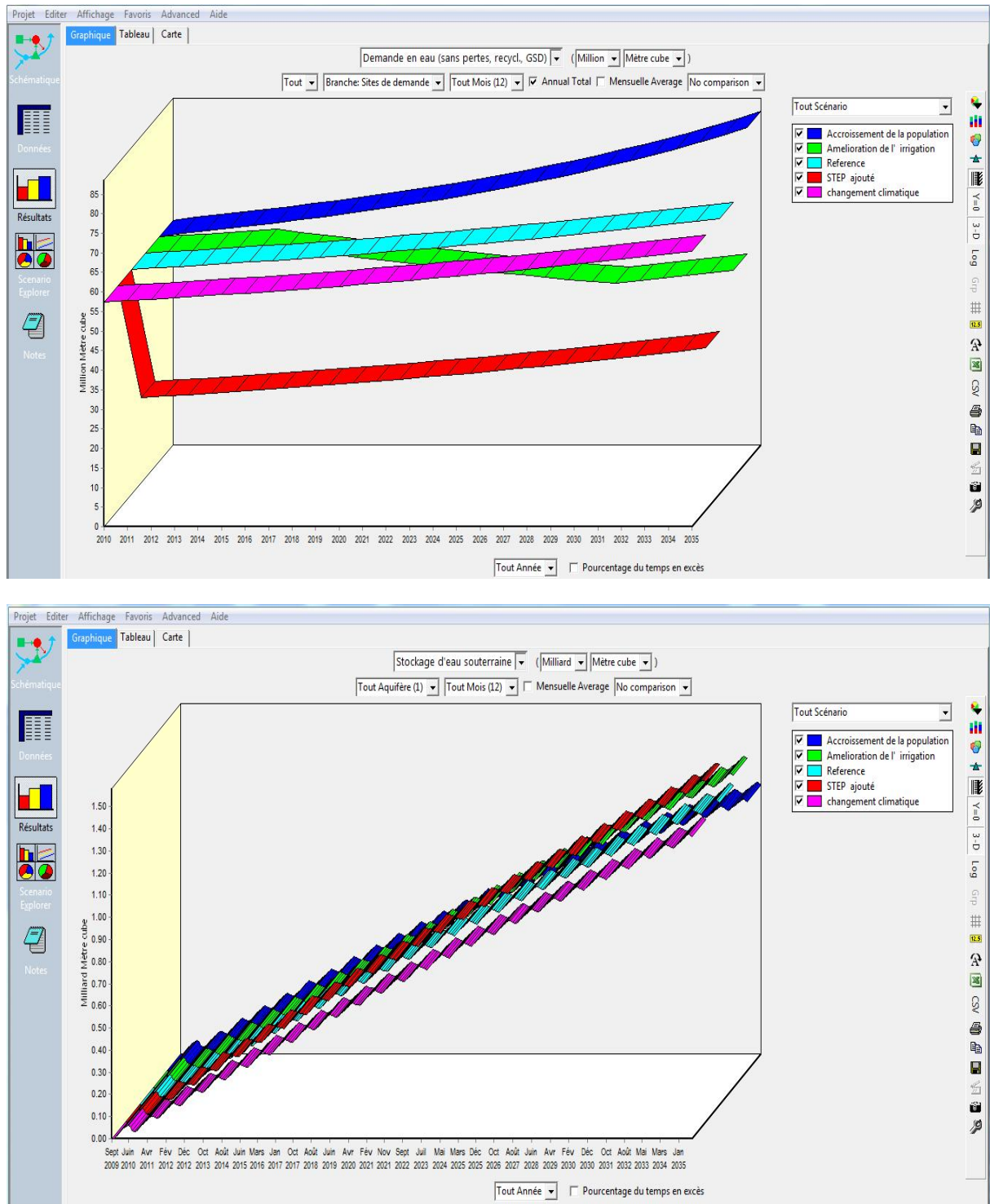


Figure III.17 Résultats global des cinq scénarios [10].

La figure III.18 présente le résultat du scénario de référence :

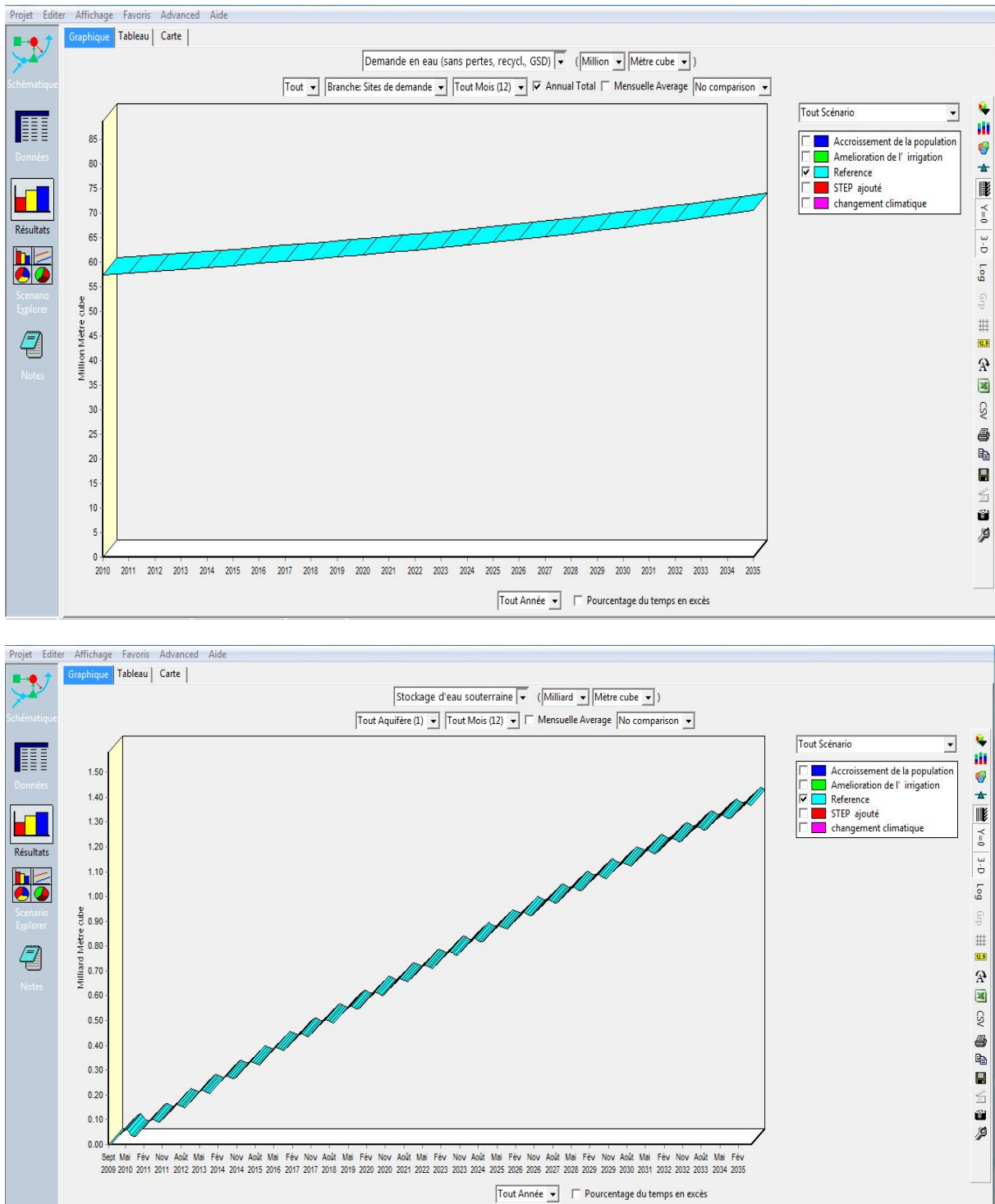


Figure III.18 Scénario de référence [10].

La figure III.19 présente le résultat du scénario de l'accroissement de la population :

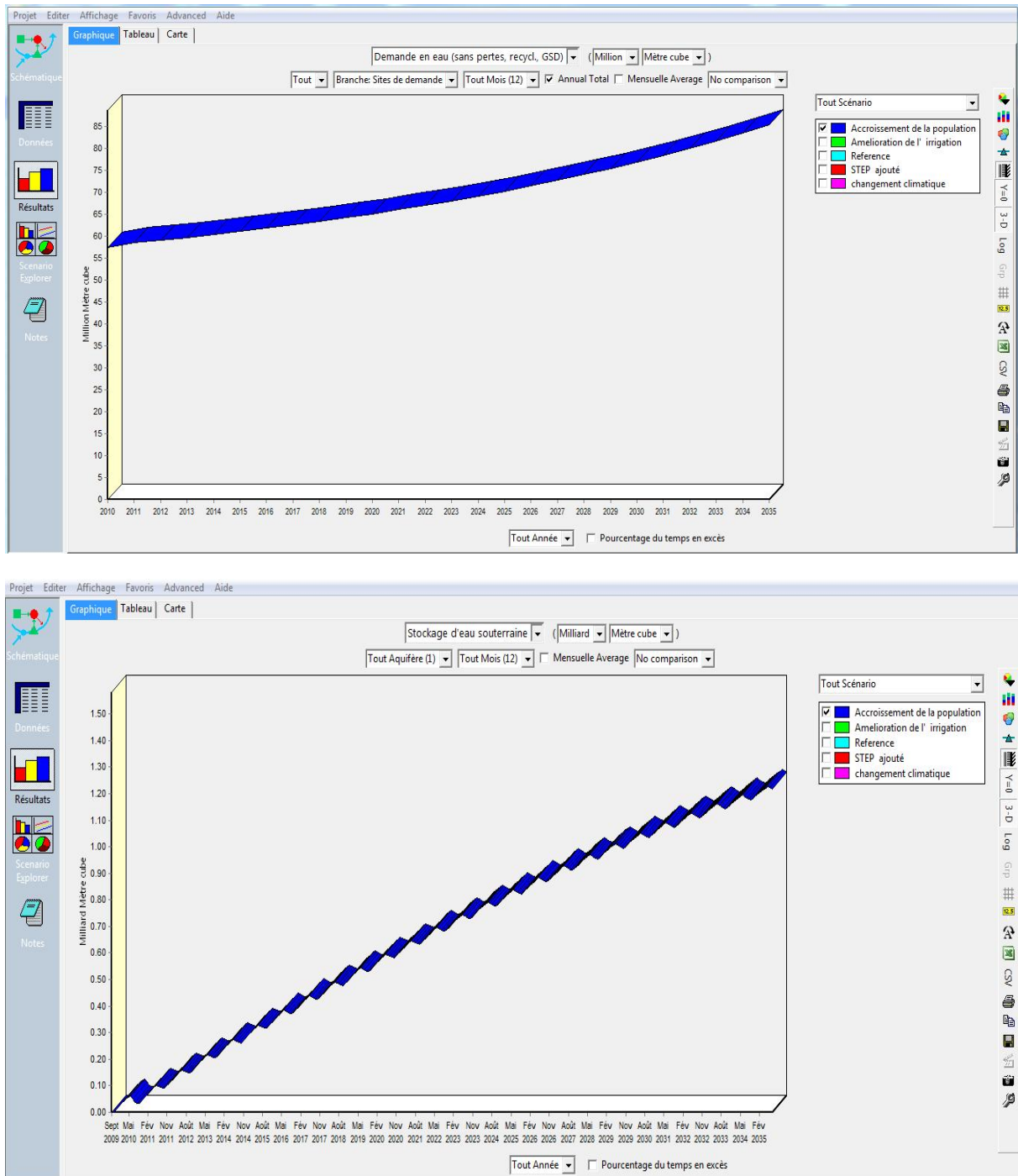


Figure III.19 Scénario de l'accroissement de la population [10].

La figure III.20 présente le résultat du scénario de l'amélioration de l'irrigation :

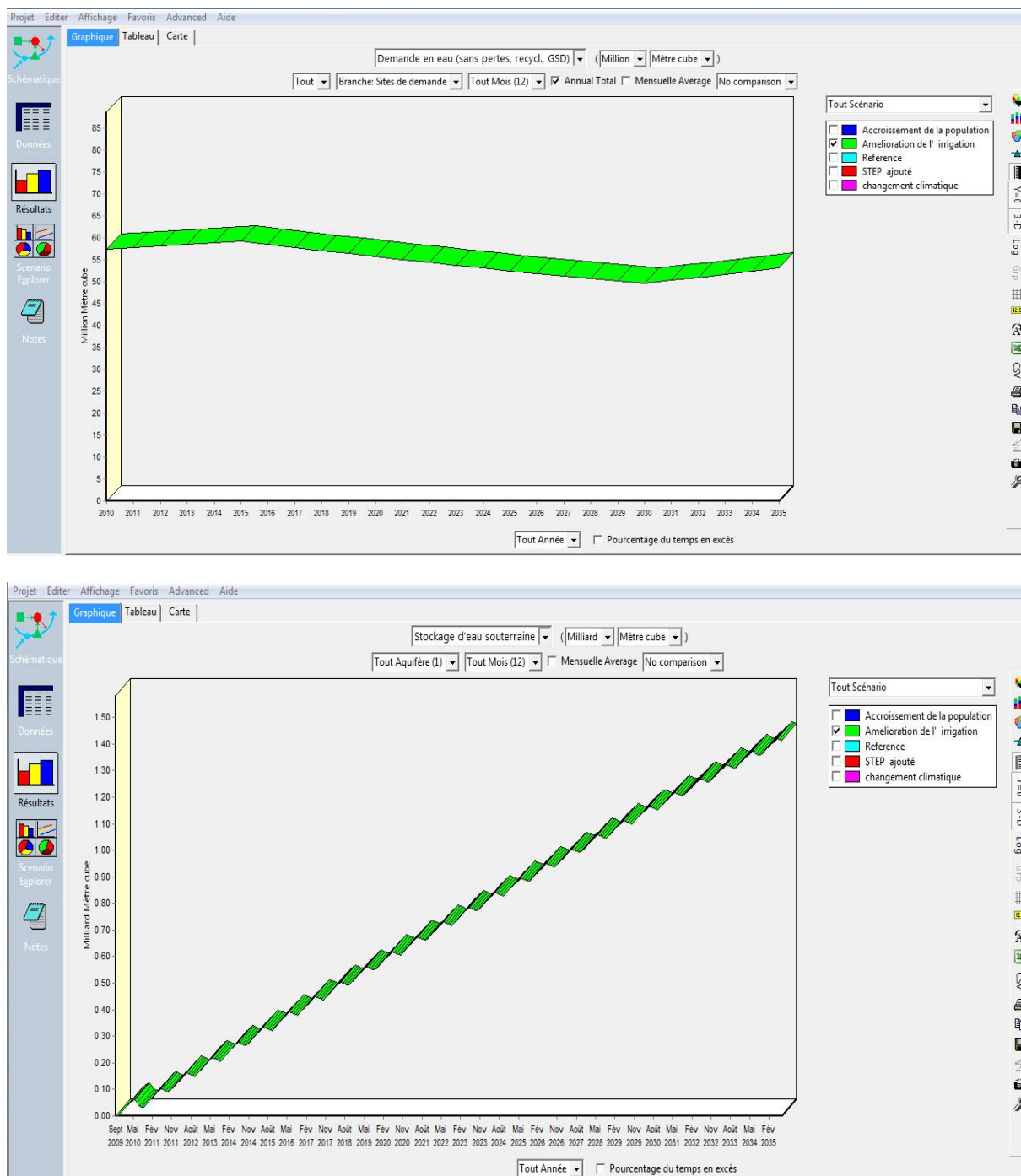


Figure III.20 Scénario de l'amélioration de l'irrigation [10].

La figure III.21 présente le résultat du scénario de la STEP :

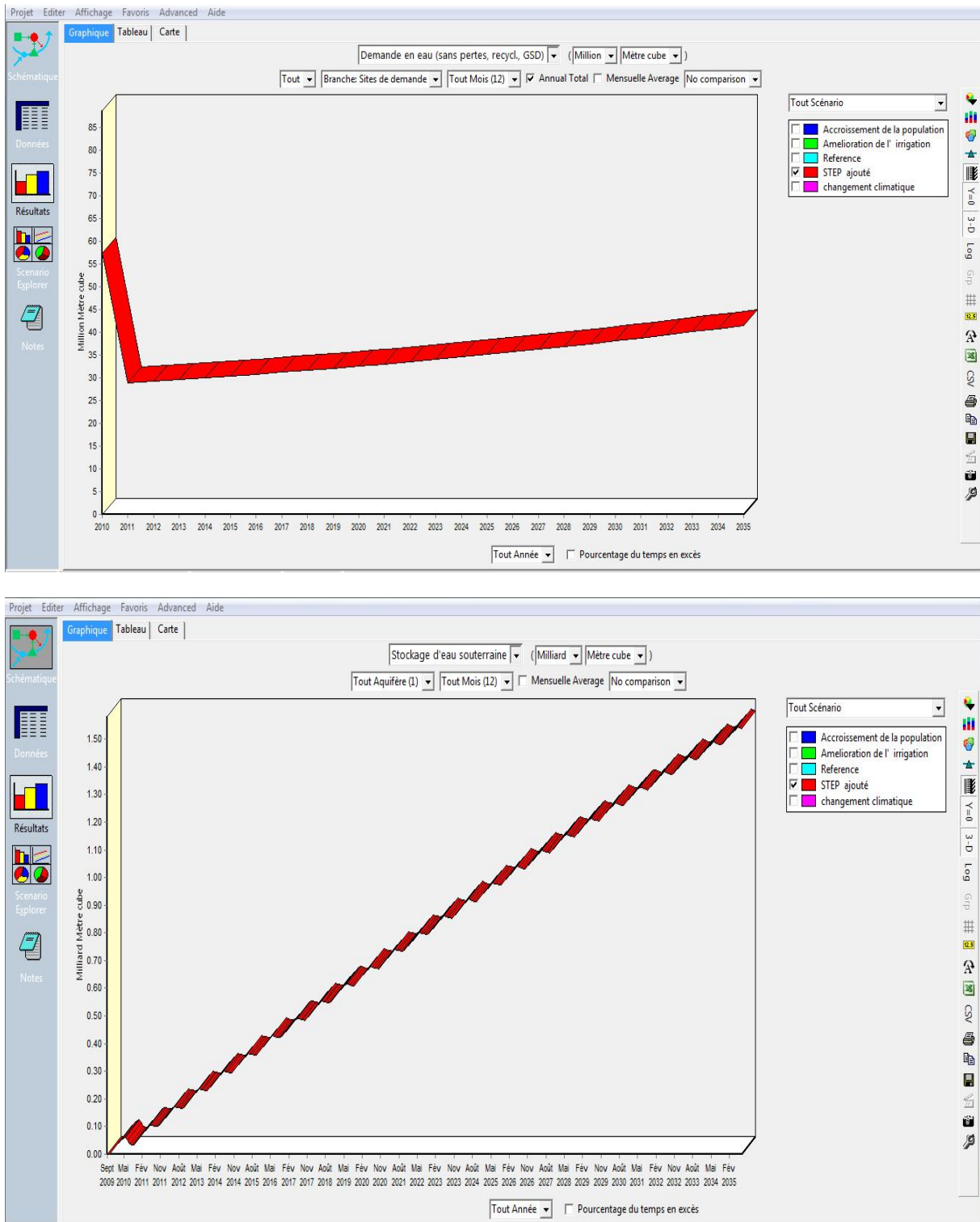


Figure III.21 Scénario de la STEP [10].

La figure III.22 présente le résultat du scénario de changement climatique :

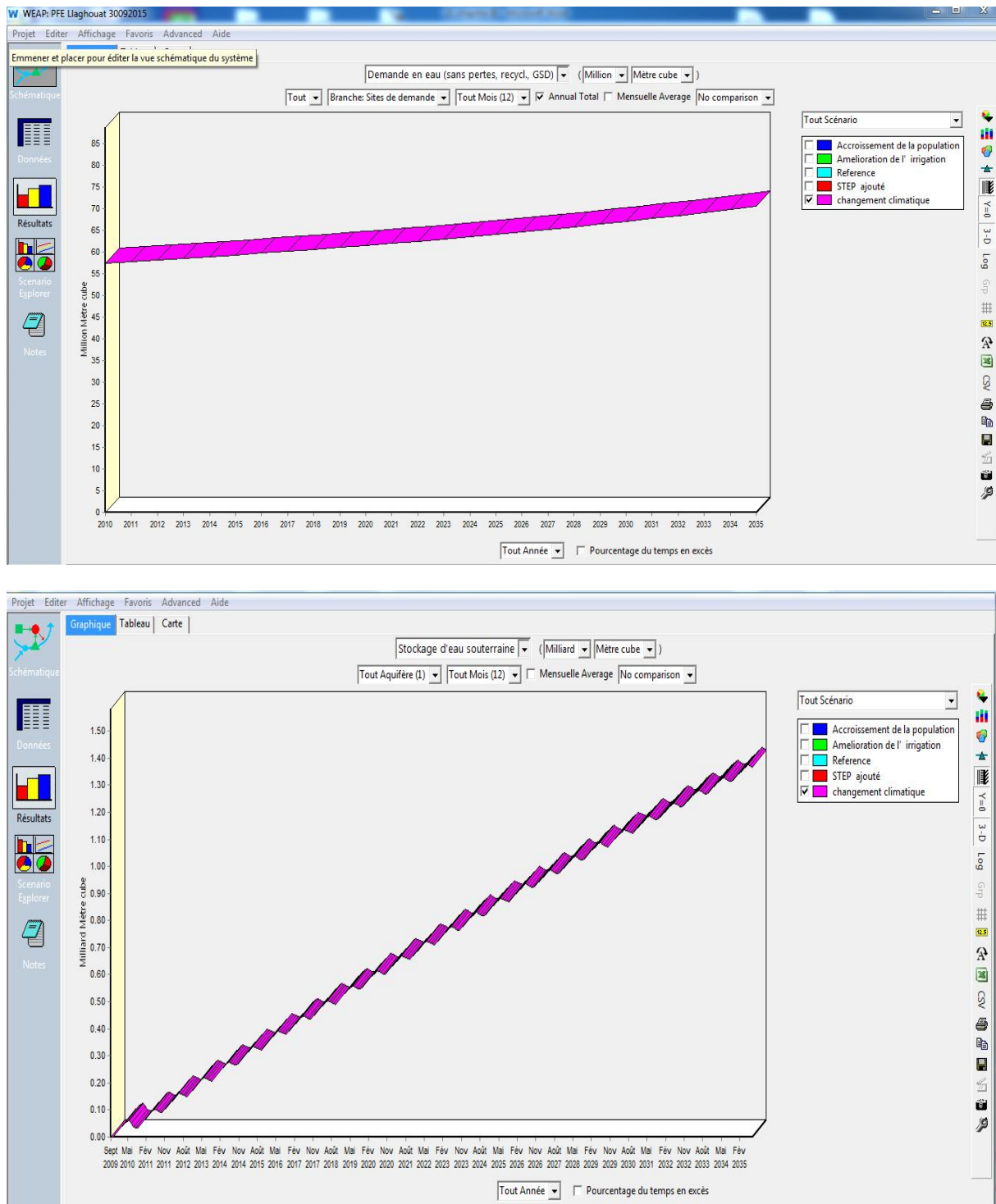


Figure III.22 Scénario de changement climatique [10].

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.4 :

**Tableau III.4 Résultats globale des cinq scénarios [10]**

Scénario	Quantité Million m <sup>3</sup>	Observation
Référence	1641.46	C'est le scénario de base : on garde le même taux d'accroissement de la population et les mêmes techniques actuels utilisés pour l'irrigation
Accroissement de la population	1791.18	Une consommation importante due à l'évolution du nombre d'habitation en cas d'extension de la ville
Changement climatique	1641.46	Le scénario changement climatique est identique au scénario de référence car il n'influe pas directement sur la consommation mais peut influencer sur la capacité de la nappe à court terme et comme l'alimentation de la nappe est assurée généralement par les eaux d'Oued M'zi qui est à son tour alimenté en amont par le Bassin versant à partir de Djebel Amour
Amélioration de l'irrigation	1415.80	On constate une légère diminution de la consommation par rapport à la référence et surtout dans la zone agricole due à des nouvelles techniques qui contribuent à l'irrigation rationnelle
L'ajout de la STEP	918.21	C'est le scénario le plus économique car une grande partie de la zone agricole se situe en aval de la ville de Laghouat, qui sera alimentée directement par la STEP. Elle sert aussi à l'alimentation de la nappe alluvionnaire

### III.14 Conclusion :

WEAP est complet, et facile à utiliser et à appliquer, et des tentatives pour aider plutôt que le produit de remplacement pour le planificateur habile.

Comme base de données, WEAP fournit un système pour l'information de maintien d'offre et la demande de l'eau. Comme un outil de prévision, WEAP simule des besoins d'approvisionnement en eau, fournir, des écoulements, et stockage, et génération de pollution, traitement et décharge. Comme outil d'analyse de politique, WEAP évalue une gamme complète des options de développement et de gestion des ressources en eau.



---

# CONCLUSION GENERALE

---



## Conclusion Générale

La commune de Laghouat est alimentée à travers un nombre important de forages qui représente l'unique moyen pour ce bénéficiaire de cette ressource vitale.

Nous avons étudié dans ce travail plusieurs facteurs : physico-géographique, étude du climat.

Les volumes d'eau exploités nécessitent une bonne stratégie de gestion intégrée de ressources en eau afin d'assurer une meilleure préservation de la qualité et de la quantité de l'eau requise.

Pour ce faire Le logiciel WEAP représente un moyen adéquat pour établir un plan de gestion des ressources en eau, en tenant compte de la croissance de la population et l'amélioration de surfaces irriguées.

Ce logiciel nous a donné la possibilité d'étudier la nappe souterraine.

Malgré le manque de données le logiciel WEAP nous a permis de confirmer que les ressources en eau souterraines existantes au niveau de la commune de Laghouat peuvent satisfaire les besoins à l'horizon 2035, à l'exception de la STEP qui nécessite une extension dans le but de protéger la nappe souterraines des rejets dans la rivière d'une part, d'autre part pour utiliser l'eau épurée dans l'irrigation.

Par ailleurs, il faut mentionner quelques recommandations pour protéger les nappes souterraines :

- Il faut respecter le périmètre de protection des forages identifié par la DRE ;
- L'amélioration des systèmes d'assainissement ;
- La mise en place d'une stratégie de gestion intégrée des ressources en eau.

À la fin, notre ambition est que l'Algérie comme tous les pays du monde puisse envisager une politique qui passera de la vision à l'action, par la mise en application d'un programme ou d'un plan d'action dont les objectifs vont en parallèle avec les perspectives.



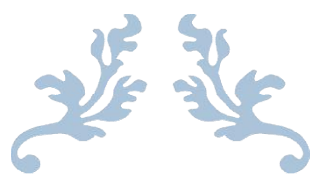
---

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

---



1. Burton J, 2001.
2. D.P.S.B.Direction de Programmation et Suivi du Budget de la Wilaya de Laghouat, 2014.
3. A.N.R.H.Agence Nationale des Ressources Hydraulique de la Wilaya de Djelfa (2008),  
« Carte géologique de l'Algérie du sud à l'échelle du 1/500 000 »
4. D.R.E Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Laghouat, 2014.
5. Station Régionale Météo de la Wilaya de Laghouat, 2014.
6. Gestion intégrée, FRANÇOIS LAURENT ET EMMANUELLE HELLIER, 2011.
7. La politique nationale de l'eau en Algérie, Bouchedja Abdellah - Directeur Général ABHCSM, 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie – 17 au 19 Octobre 2012.
8. Site web WEAP21: [www.weap21.org](http://www.weap21.org)
9. Site web du SEI – B : [www.seib.org](http://www.seib.org)
10. Traitement d'étudiant (Bengana Hadda et Boussoussa Razika) de l'application du logiciel WEAP.



---

# ANNEXE

---



*Tableau I.4 Températures moyennes annuelles [5]*

Caractéristique	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Température (° C)	18.5	18.2	19.2	18.6	19.6	18.6	19.9	18.9	19.4	18,9	19,15	19.01	18.91	18.82	18.90	19.55	18.75	19.18	19.97	19.75

*Tableau I. 5 Valeurs des précipitations moyennes annuelles. [5]*

Caractéristique	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pluviométrie (mm)	121	181	237	63	253	89	95	101	154	180	140	252	91	180	160	138	149	134	138	105

*Tableau I.6 Vitesses maximales annuelles des vents. [5]*

Caractéristique	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vent max (m/s)	23	29	30	28	28	25	36	24	25	35	25	39	47	45	43	50	45	43	35	56

*Tableau des caractéristiques des forages existants destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de Laghouat*

« Source ADE Laghouat 2014 »

Site	Forage	Position					Débit			Année de mise en service
		Lat (m)	Long (m)	Altitude (m)	Diam forage	Profondeur (m)	Q mobilisé (l/s)	Q exploité (l/s)	Nbre H	
DJEBEL LAHMAR	FDL12	485 921	3 743 346	778	100	120	40	20	24H	1981
	FDL13	486 214	3 743 665	797	100	100	40	28	22H	1981
	FDL14	486 599	3 743 989	793	100	100	40	19,5	24H	1981
	FDL20	485 722	3 743 093	809	100	100	55,5	27	24H	1986
	FDL21	485 582	3 742 943	814	150	100	39	28	22H	1995
	FDL22	485 467	3 742 902	813	125	120	45	27	22H	2000
	FDL23	485 374	3 742 780	819	125	120	40	28	22H	2008
	FDL24	486 068	3 743 489	800	100	120	30	20	22H	2010
	FDL25	485 239	3 742 721	805	100			20	22H	2010
	FDL26	485 321	3 742 861	803	100	130		25		2013
	FDL27	486 358	3 743 682	782	100					2013
FDL28	485 296	3 742 791	801	100	140		18	22H	2013	
SIDI HAKOUM	FSH1	489 875	3 741 194	764	300	100	12	12	22H	1978
	FSH2	489 537	3 741 986	765	300	85	10	10	22H	1978
	FSH3	489 373	3 742 272	765	300	150	16	12	22H	1978
	FSH4	489 667	3 741 755	764	250	100	16	12	22H	2008
	PSH	489 927	3 741 438	763		50	7	7	22H	1985
HAMDA	FH1	486 464	3 746 411	786	125	160	110	34	24H	1990
	FH2	486 140	3 746 194	782	80			12	24H	1990
	FH3	486 374	3 746 337	794	80			14	22H	2014
EL MERDJA	FEM5	488 692	3 743 265	775	250	50	7,5	5		1995
	FEM1	488 506	3 743 896	780	300					

## WEAP Data Expressions Report

### Hypothèses-clés

besoin domestique	(m <sup>3</sup> )	73
Besoin irrigation	(m <sup>3</sup> )	8000
taux de croissance pop	(%)	3.16
dotation STEP	(m <sup>3</sup> )	60

### Sites de demande

LAGHOUAT Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom (3.16%, 2008, 135855)  
 Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) Key\besoin domestique [m<sup>3</sup>]  
 Consommation (%) 15

Avancé Méthode Définition de la demande annuelle et des variations mensuelle

Borj Snouci Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (cap) GrowthFrom(3.16%, 2008, 6851)  
 Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/cap) Key\besoin domestique[m<sup>3</sup>]  
 Consommation (%) 90

Perte et recyclage Niveau de perte (%) 5

Avancé Méthode Définition de la demande annuelle et des variations mensuelle

Zone Agricole Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (ha) 5786

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/ha) Key\Besoin irrigation[m<sup>3</sup>]

Variationmensuelle (% part) MonthlyValues( Sept, 25, Oct, 0, Nov, 0, Déc, 0, Fév, 0, Mars, 0, Avr, 5, Mai, 10, Juin, 10, Juil, 20, Août, 30 )

Consommation (%) 90

Perte et recyclage Niveau de perte (%) 5

Avancé Méthode Définition de la demande annuelle et des variations mensuelle

Zone industrielle Usage de l'eau Niveau d'activité annuelle (Prod.) 200

Consommation d'eau annuelle (m<sup>3</sup>/Prod.) 200

Consommation (%) 20

Avancé Méthode Définition de la demande annuelle et des variations mensuelle

### Hydrologie

Méthode de l'année hydrologique Comptes actuels Normal

Lire à partir du fichier Lire à partir du fichier Non spécifié

### Distribution et ressources

#### Rivière

Oued Mzi Qualité de l'eau Modèle de qualité de l'eau? Non

#### Biefs

En dessous de Oued MziDébit de tête

En dessous de Borj Snouci Return

En dessous de LAGHOUAT Return

En dessous de STEP LAGHOUAT Return

En dessous de Zone Agricole Return

#### Eau souterraine

Nappe Physical Recharge naturelle (Million m<sup>3</sup>) MonthlyValues ( Sept, 0, Oct, 0, Nov, 10, Déc, 10, Jan, 10, Fév, 10, Mars, 10, Avr, 10, Mai, 10, Juin, 10, Juil, 0, Août, 0 )  
Méthode Specify GW-SW flows

Transmission Links

vers LAGHOUAT de Nappe	Règles de liaison	Débit maximal	volume (m <sup>3</sup> /s)	15
vers Borj Snouci de Nappe	Règles de liaison	Débit maximal	volume (m <sup>3</sup> /s)	10
vers Zone Agricole de Nappe	Règles de liaison	Débit maximal	volume (m <sup>3</sup> /s)	10
de STEP LAGHOUAT vers Zone industrielle de Nappe	Règles de liaison	Débit maximal	volume (m <sup>3</sup> /s)	10

Débits de retour

de LAGHOUAT vers STEP LAGHOUAT	Débits entrant et sortant	Routage du débit de retour (% part)	80
vers LAGHOUAT Return	Débits entrant et sortant	Routage du débit de retour (% part)	20
de Borj Snouci vers Borj Snouci Return	Débits entrant et sortant	Routage du débit de retour (% part)	20
vers STEP LAGHOUAT	Débits entrant et sortant	Routage du débit de retour (% part)	80
de Zone Agricole vers Zone Agricole Return			
de STEP LAGHOUAT vers STEP LAGHOUAT Return			
de Zone industrielle vers STEP LAGHOUAT			

Qualité de l'eau

Dégradation du polluant dans la liaison

de LAGHOUAT vers STEP LAGHOUAT			
vers LAGHOUAT Return			
de Borj Snouci vers Borj Snouci Return			
vers STEP LAGHOUAT			
de Zone Agricole vers Zone Agricole Return			
de STEP LAGHOUAT vers STEP LAGHOUAT Return			
de Zone industrielle vers STEP LAGHOUAT			

Traitement des eaux usées

STEP LAGHOUAT

Autres hypothèses