



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ziane Achour – Djelfa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
Option : ville et dynamique spatiale et gestion

THEME

**Evaluation de l'offre et la demande futures des ressources
en eau par l'utilisation de l'approche a scénarios multiples
(wilaya Laghouat)**

Présenté par : AOUED Roufida

Les Membres du jury

Dr. Imad Eddine BOUZNAD
Mr. Ziane GORMA
Mr. Ammar BENKHELIF

Encadreur
Examineur
Examineur

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Dieu le Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force et la patience nécessaires pour accomplir ce travail.

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur, Monsieur Bouznad Imad Eddine, pour avoir proposé et dirigé ce mémoire. Son soutien, ses conseils, et sa motivation ont été essentiels tout au long de ce projet.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du département d'aménagement du territoire, dont les précieux enseignements ont contribué à la réussite de ce travail.

Je n'oublie pas de saluer chaleureusement tous les membres de l'équipe technique des communes de Gueltat Sidi Saad et d'Aflou, mes collègues de service, pour leur collaboration et leur appui tout au long de cette étude.

Dédicace

Je dédie humblement ce modeste travail à :

- Ma tendre mère, symbole de gentillesse, de patience et de dévouement. Tes sacrifices sont gravés dans mon cœur, et je t'en remercie du plus profond de mon être.
- Mon cher père, A. KHELIL, dont l'encouragement constant a été une source d'inspiration.
- Mon cher neveu Mohamed Hichem.
- Toute la famille aoued., pour son soutien indéfectible.
- À tous les étudiants de la promotion 2021 en Mestre VDSG.

Table des matières

Table des matières

Introduction Générale	9
Chapitre 01 présentation de la zone d'étude	12
Introduction	13
I. Situation Géographiques de la Wilaya de Laghouat	14
II. Pente du Terrain	14
III. Cadre Géologique de la Wilaya de Laghouat	15
IV. Cadre Géomorphologique de la Wilaya de Laghouat	16
V. Reliefs et Caractéristiques Topographiques de Laghouat	16
.VI La Géologie	17
.VII Réseau Hydrographique	18
1. Les Eaux Superficielles De La Wilaya De Laghouat	20
❖ Bassin Versant	20
❖ Retenues Collinaires	21
2. Les Eaux Souterraines De La Wilaya De Laghouat	21
3. Les Infrastructures Hydrauliques De La Wilaya De Laghouat	23
❖ Alimentation En Eau Potable	23
❖ Assainissement	23
❖ Infrastructure Et Capacités De La Wilaya De Laghouat	23
VIII. Le Climat	23
1. Les Températures.....	23
2. Précipitations.....	24
❖ Pluviométrie	24
❖ Régime Saisonnier Des Pluies	24
3. La Neige.....	25
4. Les Gelées Blanches.....	25
5. Diagramme Ombrothermique De Gausson.....	25
6. Humidité Relative.....	26
7. Le Vent	26
IX. Evolution De La Population De La Wilaya De Laghouat	27
X. Répartition De La Superficie Et La Densité De La Wilaya De Laghouat	28
Conclusion	29
Chapitre 02 méthodologie de travail	30

Introduction	31
.I Description Du Logiciel WEAP	32
I. Objectif Du Logiciel.....	32
.II Les Etapes D'application De WEAP.....	32
III. Analyses De Scenarios De WEAP	33
IV. Les Avantages De WEAP	33
V. Application Du Modèle WEAP Dans La Wilaya De Laghouat	33
VI. Cartographie et configuration des paramètres généraux	34
1. Création de la carte de la zone d'étude	34
2. Configuration des paramètres temporels	34
VII. Données de base :	35
1. Collecte de données sur les sites de demande	35
2. Collecte de données sur les sites d'approvisionnement en eau	36
3. Autres données pertinentes	37
VIII. Création des hypothèses clés.....	38
1. Hypothèse sur la Population.....	38
2. Hypothèse Sur La Dotation En Eau.....	38
3. Hypothèse sur la consommation d'eau.....	39
4. Autres facteurs importants.....	40
IX. Création des scenarios.....	40
1. Scenario de référence	40
2. Scénarios "Quoi Si".....	40
3. Scénarios d'Accroissement de la Population et de Dotation en Eau :	40
X. Exécution Des Scenarios	42
1. Mise en œuvre des scenarios	42
2. Evaluation des prévisions de la demande en eau :	42
3. Simulations basées sur les paramètres :	42
Conclusion.....	44
Chapitre 03 résultats et discussions	45
Introduction	46
I. Modèle WEAP pour la wilaya de Laghouat	47
II. Evolution de la demande en eau.....	47
1. Scenario 1	48

2. Scenario 2.....	48
3. Scenario 3.....	49
4. Comparaison entre les différents scenarios analyses	50
II. Demande non satisfaite.....	51
1. Les besoins en eaux globaux dans la wilaya de Laghouat.....	51
2. Confrontation entre besoins et ressources en eau	52
III. Proposition	53
Conclusion.....	55
Conclusion Générale.....	57
Références.....	59
Liste des figures	61
Liste des tableaux.....	64
Liste des abréviations	66
Résumé.....	68

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est une ressource vitale et limitée qui revêt une importance capitale pour la vie humaine et l'équilibre des écosystèmes. Sa gestion efficace est essentielle pour répondre aux besoins croissants des populations, en particulier dans les zones urbaines en pleine expansion. La wilaya de Laghouat, située dans une région aride en Algérie, ne fait pas exception à cette préoccupation. La croissance démographique, l'urbanisation rapide et les pressions sur les ressources en eau rendent impérative une planification rigoureuse et une gestion prudente de cette précieuse ressource.

Des études antérieures ont déjà montré le potentiel de WEAP comme un outil puissant pour la gestion des ressources en eau. Rosenberg et Maidment (1999) ont utilisé WEAP pour évaluer la gestion de l'eau dans le bassin inférieur du Mékong, tandis qu'Haddeland et al. (2014) ont examiné les effets des estimations de modèles climatiques sur les simulations hydrologiques. De plus, Pulido-Velazquez et al. (2011), Hassanzadeh et al. (2013), et Bieger et Henrichs (2012) ont démontré l'efficacité de WEAP dans des contextes variés de gestion de l'eau, de la planification des ressources hydriques à l'optimisation de la gestion des bassins versants.

Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est d'explorer la modélisation de la demande en eau à l'aide du logiciel WEAP dans la wilaya de Laghouat. Nous examinerons comment cette approche peut contribuer à une meilleure compréhension des tendances de la demande en eau, à l'identification des sources de stress hydrique, et à l'élaboration de stratégies de gestion durable de l'eau. Cette modélisation peut également aider à anticiper les effets du changement climatique sur la disponibilité de l'eau et à élaborer des plans d'adaptation appropriés.

En fin de compte, la modélisation de la demande en eau par WEAP offre une opportunité précieuse pour optimiser l'utilisation de la ressource en eau à Laghouat, contribuant ainsi à la sécurité hydrique de la commune tout en préservant les écosystèmes locaux. Cette étude explorera les différentes facettes de cette modélisation, mettant en lumière son potentiel pour soutenir la gestion intégrée et durable de l'eau dans la région.

Méthodologie du travail

Chaque thème est accompagné d'une méthodologie qui sert à organiser le travail et facilite

L'utilisation des informations élaborées pour répondre aux différentes questions posées. C'est pourquoi mon travail a suivi les étapes suivantes :

Recherche bibliographique : Mon étude est essentiellement basée sur la recherche bibliographique et la consultation de plusieurs ouvrages, mémoires de fin d'étude dans le domaine de l'aménagement du territoire et de l'hydraulique, ainsi que des documents liés à notre thème pour une meilleure compréhension, ainsi que des documents ayant un lien avec notre zone d'étude.

Collecte des données : La collecte des données s'est effectuée auprès des différentes directions et services pour couvrir au mieux les aspects statistiques et cartographiques liés à la zone d'étude, notamment :

- Services techniques des assemblées populaires communales (APC)
- Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT) de la wilaya de Laghouat
- Direction de l'urbanisme de l'architecture et de la construction (DUAC) de la wilaya de Laghouat
- Office National de l'Assainissement (ONA) de la wilaya de Laghouat
- Algérienne des Eaux (ADE) de la wilaya de Laghouat
- Le Département du renseignement et de la sécurité (DRS) de la wilaya de Laghouat
- Stations d'épuration de la wilaya de Laghouat
- Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de la wilaya de Djelfa

Analyse des données : Cette étape a permis d'exploiter les données recueillies en les représentant sous forme de tableaux, graphiques et cartes pour faciliter leur lecture. Ces données ont servi à illustrer les éléments de la problématique et à formuler des propositions.

Organisation du travail : Le travail est structuré en trois chapitres organisés comme suit:

- Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.
- Chapitre II : Matériels et méthodes.
- Chapitre III : Résultats et discussions.

La présente étude se focalise sur la wilaya de Laghouat, qui fait face à des défis importants en matière de gestion de l'eau. La région est connue pour son climat aride et semi-aride,

limitant ainsi la disponibilité en eau. De plus, ses villes connaissent une croissance démographique rapide, comptant désormais 730 543 habitants selon la monographie de la wilaya de LAGHOUAT année 2021. Cette croissance démographique engendre une augmentation de la demande en eau pour les besoins domestiques, agricoles et industriels.

La problématique de l'évaluation de l'offre et de la demande futures des ressources en eau de la wilaya de Laghouat peut donc être formulée comme suit :

- Comment évaluer la disponibilité en eau et la demande future dans une wilaya aride comme Laghouat, en tenant compte de la croissance démographique et des impacts potentiels du changement climatique ?
- Quelle est la disponibilité actuelle en eau dans la wilaya de Laghouat et dans la région environnante ?
- Quels sont les facteurs qui influencent la demande en eau dans la wilaya de Laghouat, notamment les besoins domestiques, agricoles et industriels ?
- Quelle est la tendance de la demande en eau à court et à long terme dans la wilaya de Laghouat, compte tenu de la croissance démographique et des tendances économiques et sociales ?
- Quelles sont les options politiques et technologiques pour répondre à la demande future en eau ?

Chapitre 01 présentation de la zone d'étude

Introduction

La géographie d'une région joue un rôle essentiel dans son développement et sa durabilité. Dans cette optique, ce rapport offre un aperçu des caractéristiques géographiques et environnementales de la Wilaya de Laghouat en Algérie. De la topographie variée aux ressources en eau, nous explorerons comment ces facteurs influencent la vie quotidienne et les besoins de la population, ainsi que les défis et les opportunités qu'ils présentent. Comprendre ces aspects est fondamental pour une gestion efficace des ressources et un développement durable dans cette région semi-aride.

I. Situation Géographiques de la Wilaya de Laghouat

La Wilaya de Laghouat est située au cœur du territoire saharien et partage ses frontières avec plusieurs autres wilayas, notamment El Bayadh, Djelfa, Ghardaïa, Adrar et Ouargla. Avec une superficie totale d'environ 25 057 kilomètres carrés, elle se classe parmi les wilayas les plus vastes d'Algérie. Le paysage de Laghouat est d'une grande diversité, englobant des montagnes, des plateaux, des plaines et des dunes de sable. L'influence de l'Atlas saharien au nord de la région se reflète considérablement dans son relief. La région est caractérisée par un paysage semi-aride composé de steppes et de zones pré-sahariennes (Fig. 1).

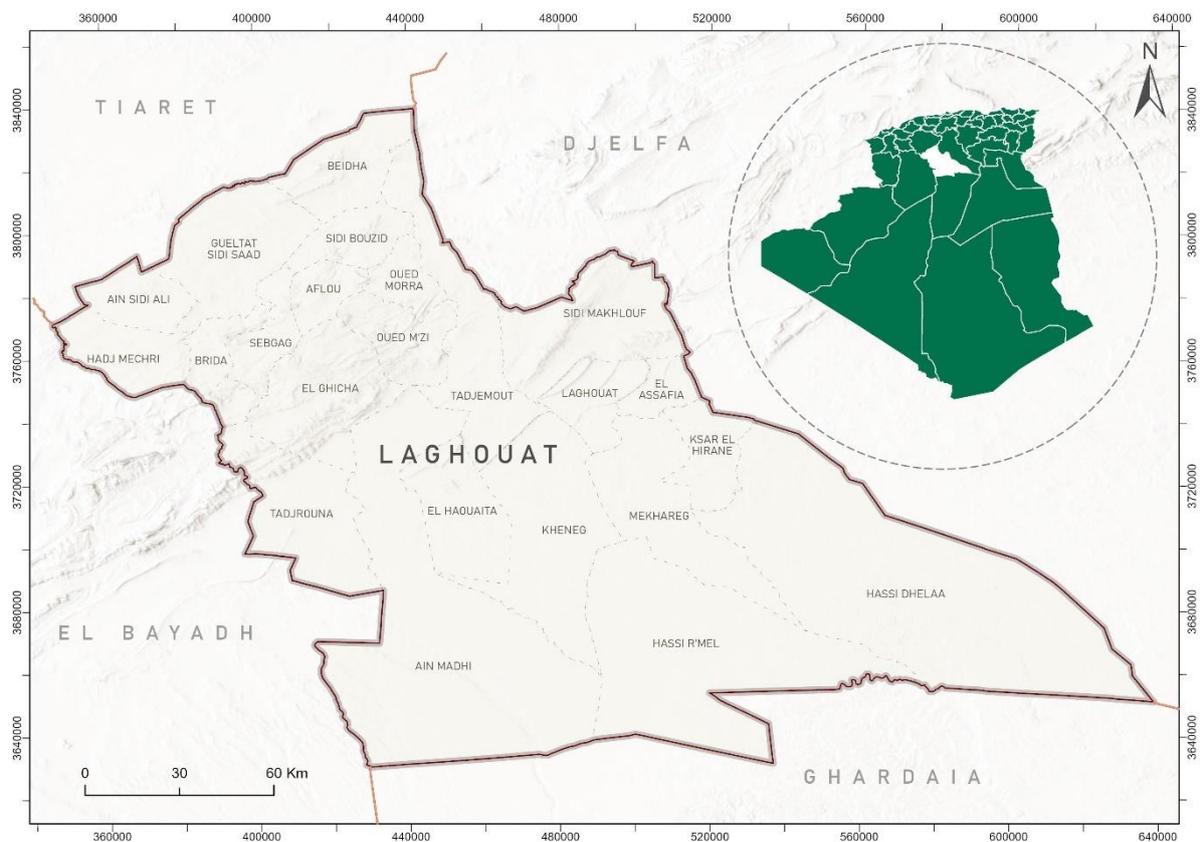


Figure 1 Carte de Situation Géographique de la Wilaya de Laghouat

II. Pente du Terrain

La topographie de Laghouat offre une diversité de pentes et de reliefs. Ces variations de pente jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau et l'écoulement des précipitations. Les régions montagneuses, notamment les montagnes du Djebel Amour, présentent des pentes abruptes, tandis que les piémonts, s'étirant d'ouest en est, se caractérisent par des pentes plus douces. Les zones sub-horizontales, parfois appelées

"Zone de Dayas," comprennent des plateaux relativement plats. Ces variations de pente influencent la distribution des précipitations et l'écoulement des eaux de pluie, ce qui a un impact direct sur les ressources en eau disponibles (Fig. 2).

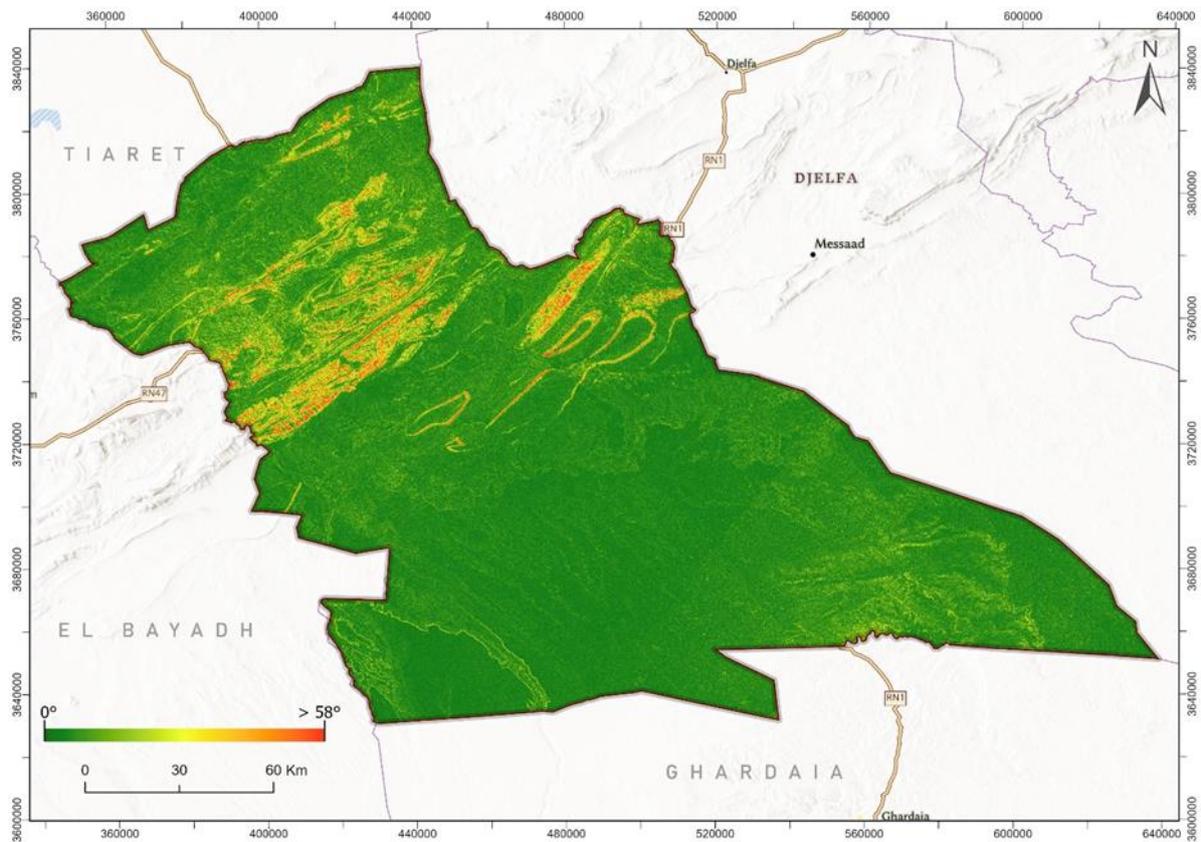


Figure 2 Carte structures géographique pentes

III. Cadre Géologique de la Wilaya de Laghouat

La Wilaya de Laghouat se trouve à la jonction de deux domaines géologiques distincts, chacun se distinguant par sa structure et son histoire géologique. Ces domaines sont les suivants :

- **Atlas Saharien au Nord:** Composé des montagnes des Amours et des montagnes des Ouled Nail.
- **Plateforme Saharienne au Sud:** Cette région est caractérisée par un ensemble de plateaux subtabulaires qui présentent une grande diversité en termes de structure, d'emplacement et de composition rocheuse. Les plateaux, couramment désignés sous les noms arabes "Hmada" et "Reg," varient en fonction de leur structure, de leur emplacement géographique et de la nature des roches qui les composent (Fig. 2).

IV. Cadre Géomorphologique de la Wilaya de Laghouat

Les paysages variés de la Wilaya de Laghouat sont intimement liés à sa géomorphologie, caractérisée par une topographie typique des régions arides. Cette topographie résulte d'une interaction complexe entre les facteurs climatiques, géologiques et la forme naturelle du terrain. Elle se caractérise par des reliefs plus ou moins abrupts, d'immenses étendues sub-horizontales, des plaines et des dunes de sable. Cependant, un facteur essentiel qui influence le flux des eaux de pluie et la répartition des précipitations est le profil naturel du terrain, c'est-à-dire sa pente (Fig. 3).

Les variations de pente du terrain jouent un rôle fondamental dans la gestion des ressources en eau de la région. Les zones montagneuses, en particulier les montagnes du Djebel Amour, affichent des pentes abruptes, ce qui a un impact sur le ruissellement rapide des eaux de pluie et peut entraîner des inondations locales. En revanche, les piémonts, s'étendant d'ouest en est, se caractérisent par des pentes plus douces, favorisant une meilleure infiltration des précipitations dans le sol. Enfin, les zones sub-horizontales, communément appelées "Zone de Dayas," consistent en des plateaux relativement plats où le ruissellement des eaux de pluie est généralement limité.

V. Reliefs et Caractéristiques Topographiques de Laghouat

La topographie de Laghouat, au cœur du territoire saharien de l'Algérie, est marquée par une diversité de reliefs qui résultent de l'interaction complexe entre des facteurs géologiques et climatiques. Les reliefs de cette région se répartissent principalement entre deux types distincts : les reliefs gréseux et les reliefs calcaires.

Ces différences dans la nature lithologique se traduisent par des variations d'altitude, donnant naissance à trois types principaux de reliefs à Laghouat. Les montagnes, dont les sommets atteignent entre 800 et 1720 mètres, les piémonts qui s'étendent d'ouest en est, et les surfaces sub-horizontales, également connues sous le nom de "Zone de Dayas," caractérisées par des plateaux relativement plats, principalement dans les régions d'El Houita, Hassi Delaa et Hassi R"mel.

Les massifs montagneux au nord de la région, tels que la Montagne de l'Mailek, la Montagne de l'Ahmar (Khafmokrane), et la Montagne de l'Dkla, ajoutent une dimension spectaculaire au paysage. Cependant, la région comprend également des plaines, dont la zone de l'Hmada et de l'Hadjeb, qui sont propices à l'agriculture, mais sont confrontées à

des défis majeurs liés aux dunes de sable et à la désertification, ce qui entrave leur développement (Fig. 3).

Ces caractéristiques topographiques uniques ont une influence significative sur la gestion des ressources en eau, les précipitations, et l'écoulement des eaux de pluie dans cette région semi-aride. La compréhension de ces reliefs est essentielle pour anticiper les besoins futurs en eau et promouvoir le développement durable de la Wilaya de Laghouat.

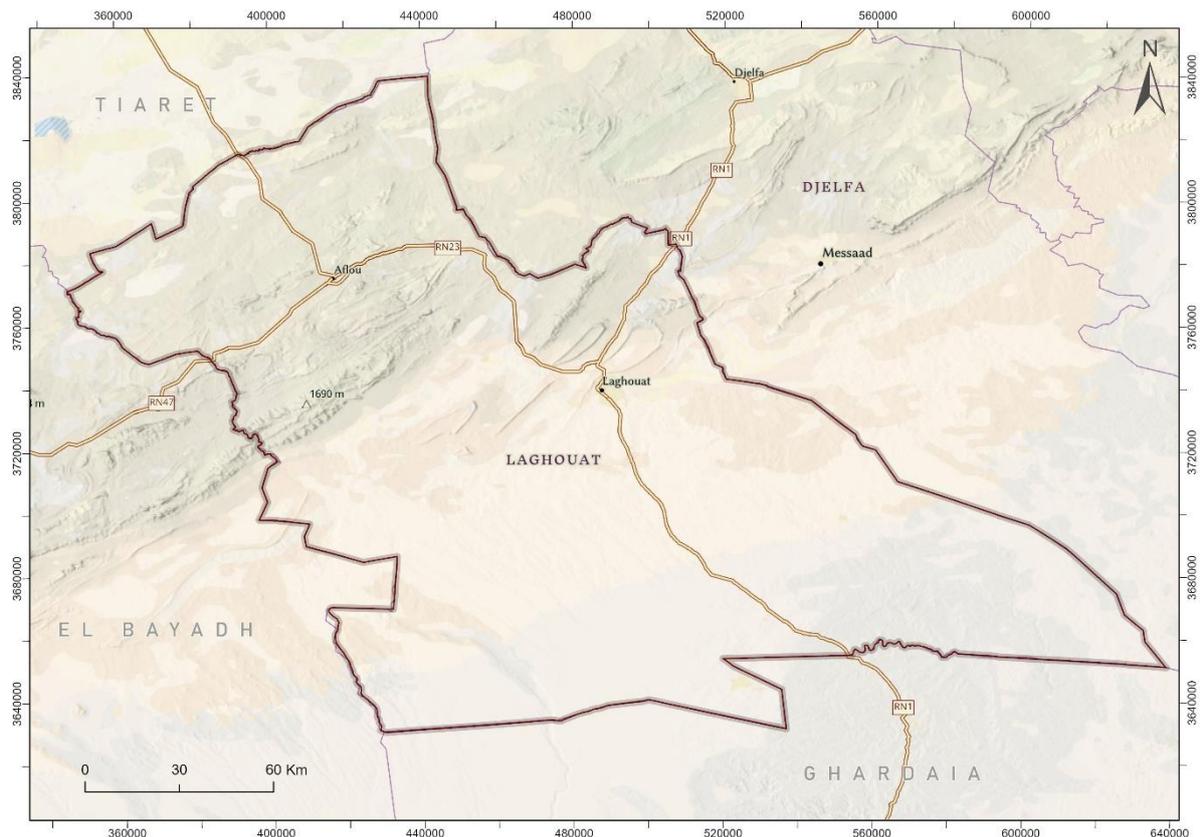


Figure 3 Carte structures géographique topographie

VI. La Géologie

L'Atlas Saharien est une série de montagnes s'étendant du Haut Atlas marocain à la Tunisie. Les sédiments de cet Atlas remontent de l'époque du duo pacte au pacte quaternaire. Les sédiments triassiques n'apparaissent que dans les monocotylédones et les fissures. Les sédiments du jurassique sont observés au cœur des plis convexes, formant une structure orientée du nord-est au sud-ouest, de la montagne de l'Ahmar à la montagne Ain Madi.

Le Crétacé inférieur est principalement composé de grès sablonneux, occupant les zones basses entre les plis convexes et concaves. Les strates crétacées supérieures sont

principalement composées de roches évaporites argileuses et calcaires, qui composent la majeure partie des plis concaves.

Pendant l'ère tertiaire, plusieurs types de sédiments sont distingués, dont :

- La partie inférieure, composée d'argile brune et de grès sablonneux, d'une épaisseur d'environ 300 mètres.
- Le groupe de sédiments central, atteignant une épaisseur de 250 mètres à 300 mètres, est composé d'argile, de sable, de grès sablonneux et parfois de roches crétacées supérieures.
- Dans la partie supérieure, on trouve des roches conglomérées, caractérisées par du sable et de l'argile rouge.

Ces formations géologiques sont caractéristiques de la région de l'Atlas Saharien et appartiennent au pacte géologique crétacé.

VII. Réseau Hydrographique

Le réseau hydrographique de la Wilaya de Laghouat joue un rôle crucial dans la gestion de l'eau de la région. Comprendre la distribution des cours d'eau, des oueds (rivières saisonnières), et des ressources aquifères souterraines est essentiel pour anticiper les besoins en eau et développer des stratégies durables.

La carte du réseau hydrographique de Laghouat révèle un modèle complexe de rivières saisonnières et de ressources en eau souterraines. Ces cours d'eau sont principalement alimentés par les précipitations, ce qui les rend sensibles aux variations saisonnières de pluie. En raison du climat semi-aride de la région, les cours d'eau peuvent connaître des périodes d'écoulement limité pendant la saison sèche, suivies de crues potentiellement importantes lors des précipitations (Fig. 4).

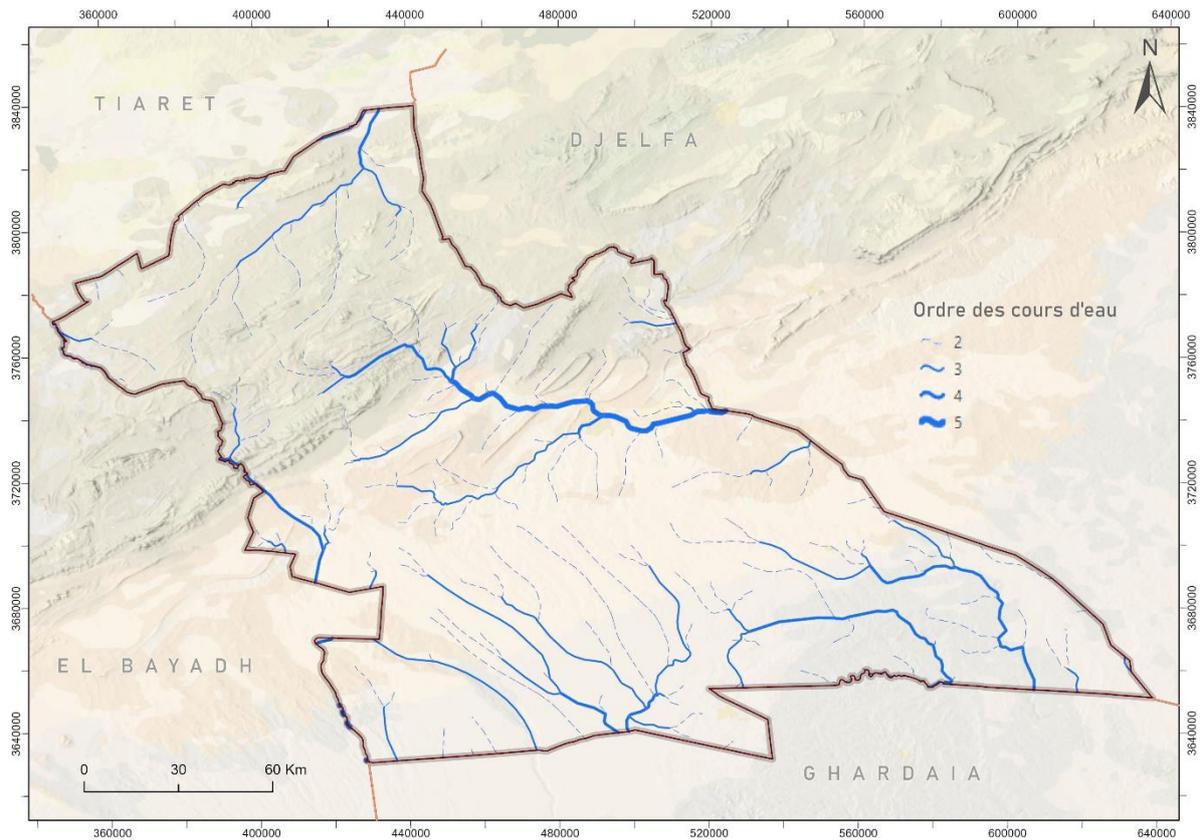


Figure 4 Carte du Réseau Hydrographique

Les principaux cours d'eau de la région de Laghouat comprennent les oueds (ou rivières saisonnières) Djedi, Atar, et M"zi, qui traversent diverses parties de la wilaya. Ces oueds jouent un rôle vital dans la vie de la population locale, fournissant de l'eau pour l'irrigation, le bétail, et d'autres besoins.

La gestion du réseau hydrographique est une priorité majeure pour garantir un approvisionnement en eau adéquat tout au long de l'année. Les autorités locales et les communautés travaillent sur des projets de collecte et de stockage des eaux de pluie pour faire face aux périodes de sécheresse et pour garantir la disponibilité d'eau, en particulier pour l'agriculture.

Les variations de pente du terrain, qui ont été décrites précédemment, influent également sur l'écoulement des eaux dans le réseau hydrographique. Les zones montagneuses ont tendance à générer un écoulement rapide des eaux de pluie, ce qui peut entraîner des inondations locales. En revanche, les piémonts et les surfaces sub-horizontales permettent une meilleure infiltration des précipitations dans le sol, contribuant ainsi à la recharge des nappes phréatiques (Fig. 4).

La compréhension du réseau hydrographique de Laghouat est essentielle pour aborder les problèmes de gestion de l'eau dans cette région semi-aride. Les données sur les rivières, les sources, et les nappes phréatiques sont indispensables pour élaborer des politiques de gestion de l'eau durable, pour faire face aux périodes de sécheresse, et pour soutenir les besoins de la population et de l'agriculture.

1. Les Eaux Superficielles De La Wilaya De Laghouat

❖ Bassin Versant

Le réseau hydraulique de la wilaya est caractérisé par les données suivantes :

- Le bassin versant du CHELLIF, qui se déverse au nord dans la mer
- Le bassin versant du Chott MELRHIR qui appartient au groupe des bassins endoréiques,
- Le bassin versant saharien, qui relève des bassins versants SAHARIENS (Fig. 5, Tableau 01).

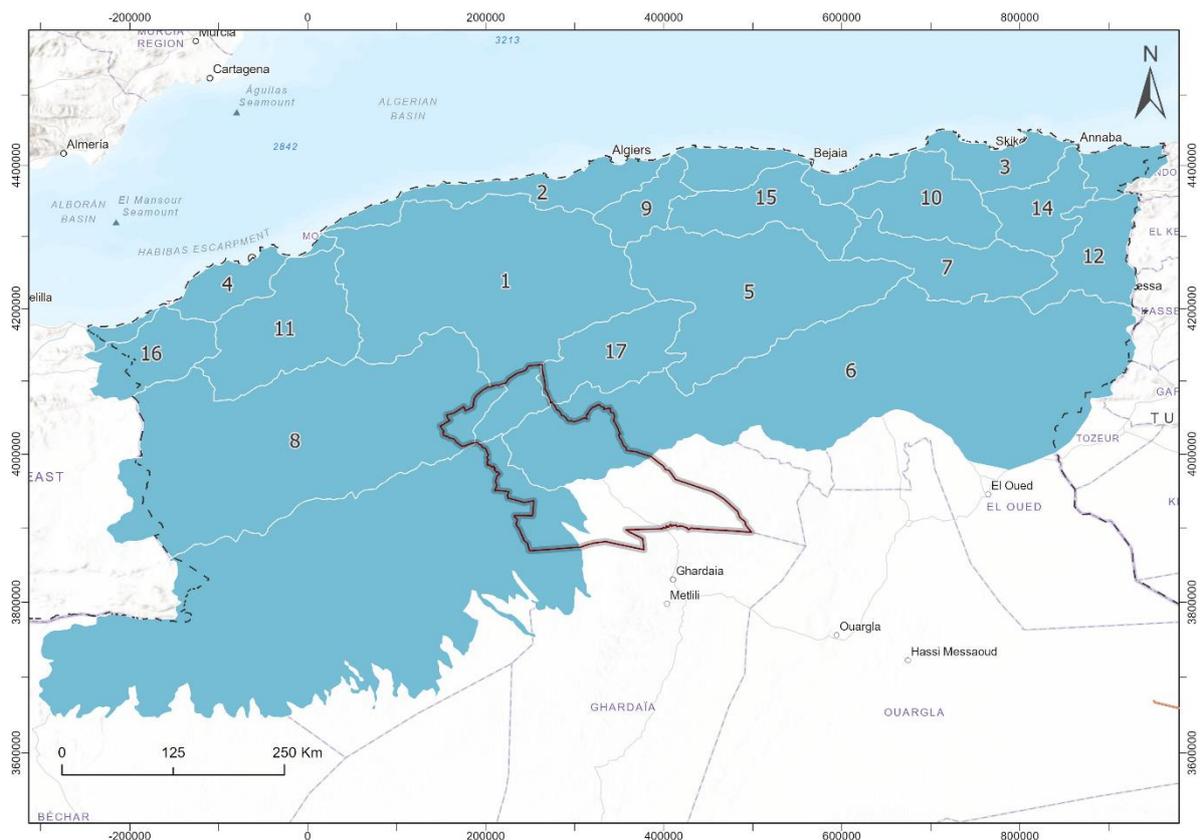


Figure 5 Carte situation des bassins versants

Tableau 1 Dénomination des bassins versants

Dénomination	Indentification	Territoires concernés
BV du CHELIFF	01	Aflou
BV du chott MELRHIR	06	Nord de la wilaya
BV SAHARIEN	13	Sud de la wilaya

❖ Retenues Collinaires

Les ressources superficielles mobilisées par le biais de 18 retenues collinaires avec de stockage en 9144 m³ (Fig. 6, Tableau 02).

Tableau 2 Caractéristique de retenues collinaires de la wilaya de Laghouat

Dénomination	Localité	Capacité (Hm ³ /an)
BARRAGE D'INFEROFLUX	TADJMOUT	4 580 000 m ³
AIN ARRAR	OUED MOURRA	75 000 m ³
AIN TAIBA	EL-GHUICHA	112 500 m ³
AIN MADANI	HADJ MECHRI	168 000 m ³
AIN RAMDANI	HADJ MECHRI	75 000 m ³
BAKADACH1	SIDI MAKHLOUF	75 000 m ³
BAKADACH2	SIDI MAKHLOUF	64 000 m ³
MAROUANE	SIDI BOUZID	110 000 m ³
LALMAYA	TADJROUNA	200 000 m ³
BOUGTAIF	EL BEIDHA	63 000 m ³
DKHEILA	EL BEIDHA	55 000 m ³
TOTAL	//	9324 Hm ³

2. Les Eaux Souterraines De La Wilaya De Laghouat

Les Ressources souterraines mobilisées par le biais de 140 forages. Sont affectées pour L'alimentation en eau potable des populations sont 2128.39 L/s et 9424.54 L/s pour les besoins du secteur industriel et agricole (dont 280,54L/s pour secteur industriel et 9144L/s pour secteur agricole (Tableau 03).

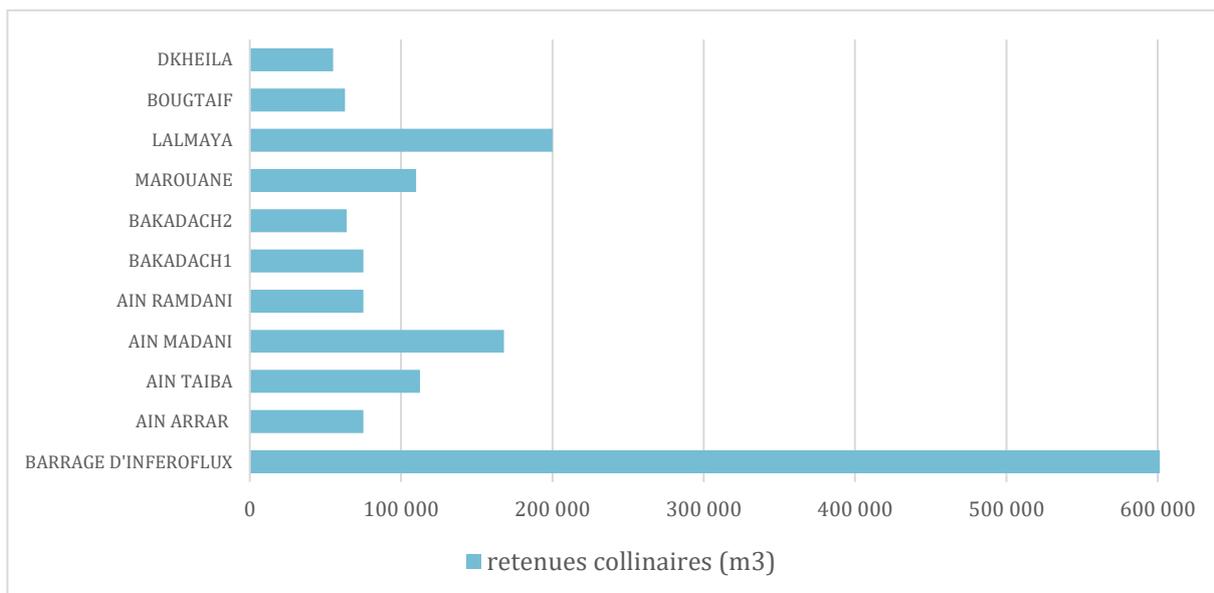


Figure 6 Retenues collinaires de la wilaya de Laghouat

Tableau 3 L'utilisation des eaux mobilisation

Wilaya	Nbr des forages	Mobilisations l/s			
		AEP	Industrie	Irrigation	Total
Laghouat	140	2128.39	280.54	1944	4352.93

Les localisations de ces sources sont :

- Nappe-moi-plio- quaternaire 390 Hm3
- Nappe du complexe séno-turonien 44 Hm3
- Nappe du complexe barremo albo- aptien 100 Hm3
- Jurassique du complexe barremo albo- aptien 10.44 Hm3
- Ces sources totalisent une capacité de : 544.44 Hm3 (Tableau 04).

Tableau 4 Les nappes de la wilaya de Laghouat

Dénomination	Localité	Capacite (hm3/an)
Mio-Pliocène + Q		390
Turonien		44
Albien – B arremien	A travers la wilaya	100
Jurassique		10.44
Total		544.44

3. Les Infrastructures Hydrauliques De La Wilaya De Laghouat

❖ Alimentation En Eau Potable

Pour l'alimentation en eau potable presque toutes les zones de la wilaya reçoivent une dotation moyenne réelle de 200 L/j habitants, et le taux de raccordement au réseau est de 96% ce réseau est long de 997Km avec une capacité de stockage : 72060 m³ et 65287 foyers sont raccordés à ce réseau.

Tableau 5 Alimentation en eau potable

Wilaya	Dotation moyenne réelle	Taux de raccordement	Réseau	Capacite de stockage	Nbr des foyers
Laghouat	200 l/j	96%	997km	72060 m ³	65287

❖ Assainissement

En matière d'assainissement, le taux de raccordement est significatif à 98% ; ainsi que 77139 foyers sont raccordés au réseau d'assainissement, ce dernier est long de 1026.5 Km.

Tableau 6 Réseau d'assainissement

Wilaya	Taux de raccordement	Nbr des foyers	Réseau
Laghouat	98%	77139	1026.5km

❖ Infrastructure Et Capacités De La Wilaya De Laghouat

Tableau 7 Infrastructure et capacités par commune au 31/12/2012

Forages	Eaux mobilisation (industrie/irrigation)	Réservoirs	Raccordement D'A E P	Raccordement d'assainissement
157	9424.54	134 (72060 m ³)	96%	98 %

VIII. Le Climat

1. Les Températures

L'évolution des températures mensuelles de 1992 à 2013 montre des variations saisonnières marquées. Les données indiquent que les températures sont élevées pendant la saison sèche, en particulier entre les mois de juin et août, avec un maximum atteignant

30,9°C en juillet. En revanche, la saison froide est caractérisée par des températures minimales descendant jusqu'à 8,8°C en janvier.

Tableau 8 Les variations des température mensuelles (1992-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août
T Min c°	17,4	9,8	8,4	5,5	5	9,5	12,2	15	20,2	23,5	24,4	21,3
T Max c°	27,4	22,8	19,4	13,4	12,6	14,6	17,6	21,2	26,4	32,5	37,4	38,1
Moyenne	22,4	16,3	13,9	9,4	8,8	12,05	14,9	18,1	23,3	28	30,9	29,7

Source La station de météorologique LAGHOUAT

2. Précipitations

❖ Pluviométrie

La wilaya de Laghouat connaît une irrégularité des précipitations tout au long de l'année. La période pluvieuse s'étend de septembre à juin, correspondant à la saison froide, avec des maximas atteignant 20,3 mm en octobre. Pendant la saison sèche, en juillet et août, les précipitations diminuent considérablement pour atteindre un minimum de 5,7 mm en juillet.

Tableau 9 Les variations des précipitations mensuelles (1992-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août
Moyens mm	20	20,3	17	8,9	11,9	12,4	19	15	16,3	13,8	5,7	8,8

Source La station de météorologique LAGHOUAT

❖ Régime Saisonnier Des Pluies

Le climat de la wilaya de Laghouat suit un régime pluviométrique de type A.P.H.E (Automne, Printemps, Hiver, Été), avec des précipitations saisonnières réparties comme suit :

- En automne : 58 mm
- En hiver : 43 mm
- Au printemps : 47 mm
- En été : 24 mm

3. La Neige

En raison de sa position sur le versant sud de l'Atlas Saharien, la wilaya de Laghouat reçoit peu de précipitations sous forme de neige. Les périodes de chute de neige sur les hauts-plateaux entraînent un refroidissement significatif et des baisses de température marquées.

4. Les Gelées Blanches

Les gelées surviennent généralement entre janvier et février et peuvent persister jusqu'en avril. Elles commencent lorsque la température atteint 10°C ou moins. Les gelées, en particulier celles du printemps, coïncident avec la période de floraison, ce qui peut endommager les fleurs et les fruits sensibles au froid.

5. Diagramme Ombrothermique De Gausсен

Le diagramme ombrothermique de la wilaya de Laghouat montre deux périodes climatiques distinctes. La première période s'étend de septembre à avril, caractérisée par des précipitations abondantes et des températures très basses. La deuxième période, de mai à août, est aride, avec des températures élevées et un déficit de précipitations (Fig. 7).

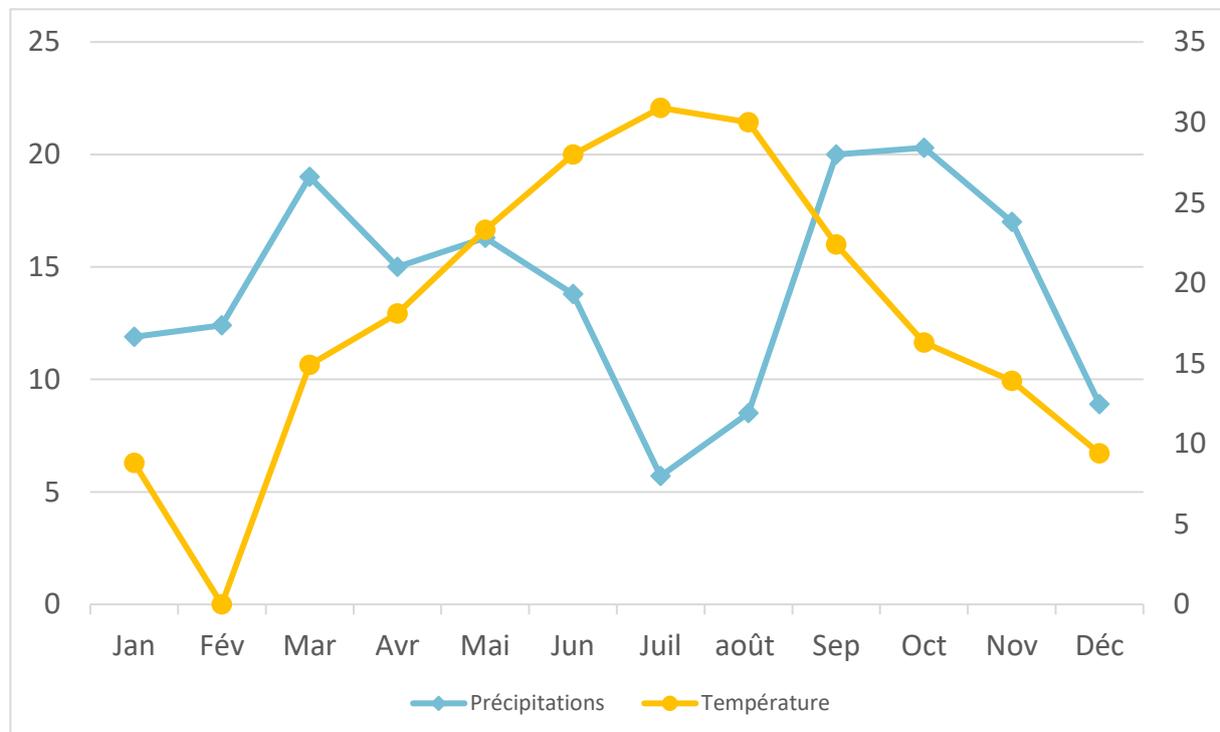


Figure 7 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (1992-2013) de la wilaya de Laghouat

6. Humidité Relative

L'humidité relative est élevée, atteignant un maximum de 64,7 % en janvier. Pendant la saison sèche (juin-août), l'humidité relative ne dépasse pas 40 %, avec un minimum de 29 % en juillet.

Tableau 10 Les variations mensuelles des humidités entre (1991-2013)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août
Humidité %	44.9	52.1	58.9	64.3	64.7	57.3	52.3	45.6	41.7	36.1	29	31.3

Source La station de météorologique LAGHOUAT

7. Le Vent

Les vents dominants proviennent de l'ouest, avec le Siroco soufflant 65 à 70 jours par an à partir de mai, causant des dommages aux cultures. Ils sont fréquents dans le nord et l'ouest, en particulier en juillet sur les hautes terres du nord et de l'ouest, ainsi qu'en juin et juillet dans les basses terres. Ces vents sont souvent violents, avec des vitesses variant de 15 à 30 m/s, soit de 58 à 108 km/h, et soufflent généralement du sud-ouest (fréquence de 687 h/m) (Fig. 8).

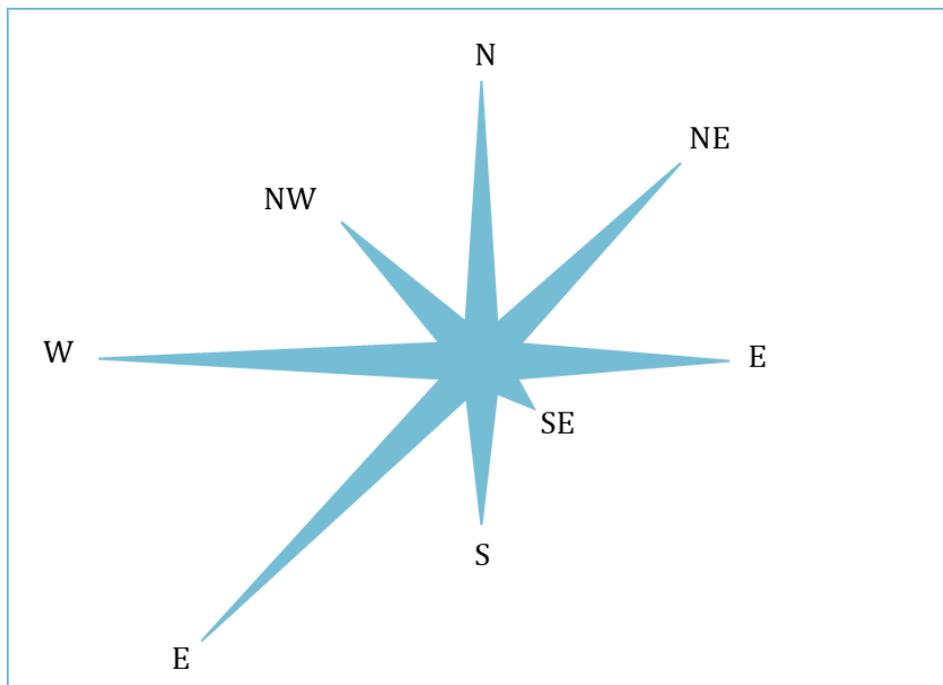


Figure 8 Rose du vent

En résumé, la région de Laghouat présente une géographie diversifiée avec des variations de relief et de climat qui influent sur la disponibilité des ressources en eau. Les caractéristiques géographiques et géologiques, les variations de pente du terrain, et le régime saisonnier des précipitations sont autant d'éléments à prendre en compte pour la gestion durable de l'eau dans cette région semi-aride.

Cependant, il est essentiel de noter que les données climatiques indiquent un défi majeur en termes de précipitations et d'humidité relative, en particulier pendant la saison sèche. Ces conditions climatiques rendent la région vulnérable à la sécheresse, ce qui peut avoir un impact significatif sur l'approvisionnement en eau, l'agriculture et d'autres secteurs.

Par conséquent, l'une des principales préoccupations pour la région de Laghouat est la gestion efficace des ressources en eau, y compris la collecte et le stockage des eaux de pluie, l'utilisation rationnelle de l'eau, et la mise en œuvre de pratiques agricoles durables pour faire face aux conditions semi-arides.

En conclusion, bien que la géomorphologie, la géologie et le climat de la Wilaya de Laghouat présentent des caractéristiques uniques et intéressantes, elles posent également des défis en termes de gestion de l'eau et de durabilité environnementale. Une compréhension approfondie de ces facteurs est essentielle pour anticiper et répondre aux besoins futurs en eau et pour promouvoir le développement durable de cette région semi-aride.

IX. Evolution De La Population De La Wilaya De Laghouat

La croissance de la population reflète l'évolution démographique au fil du temps. Elle désigne l'augmentation ou la diminution de la population, un phénomène démographique lié aux naissances, à la mortalité et à la migration, qui peuvent être des facteurs contributifs ou des facteurs inhibiteurs (Fig. 9).

La wilaya de Laghouat a enregistré une croissance démographique considérable au cours des dernières décennies. En 1998, sa population était estimée à 317 125 habitants, mais en 2008, ce nombre a augmenté de manière significative. De nos jours, la wilaya de Laghouat compte une population totale plus de 730 543 habitants, ce qui reflète une croissance rapide. En effet, le taux d'accroissement de la population de la wilaya s'élève à 2,9 %, comme le rapporte la monographie de la wilaya de Laghouat pour l'année 2021. Cette croissance démographique témoigne de l'évolution constante de la région.

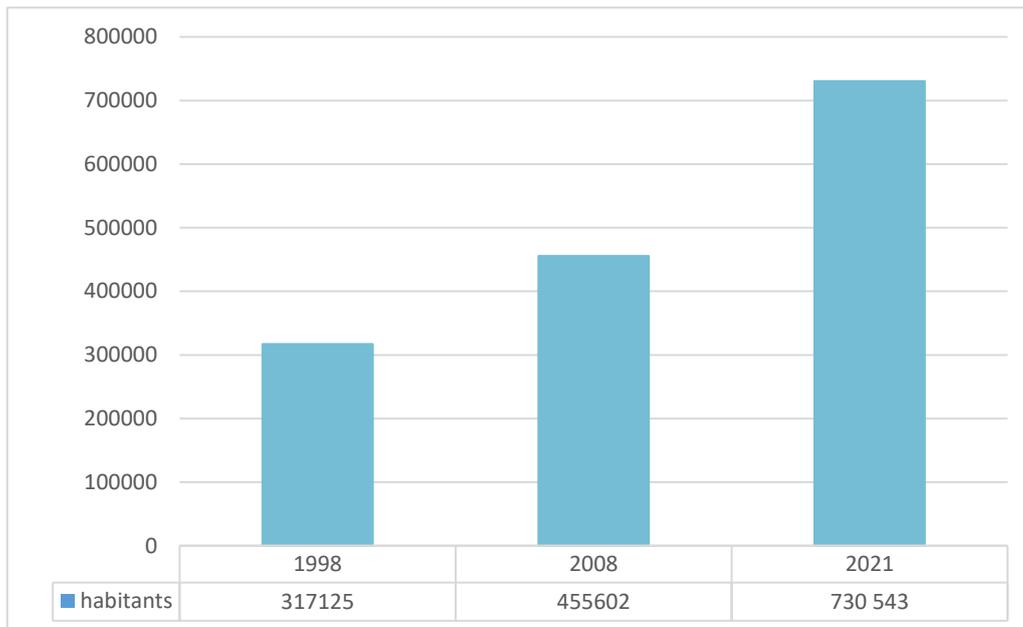


Figure 9 Évolution de la population (1998-2021)

X. Répartition De La Superficie Et La Densité De La Wilaya De Laghouat

La population installée en agglomération chef-lieu représente 84 % de la population totale, tandis que la population installée en agglomération secondaire est de 8 % de la population totale. Le reste de la population, soit 8 %, est installé en zone éparse, y compris les constructions isolées et les nomades. Le taux d'urbanisation à la fin de 2021 est de : 70 ,03%, avec neuf communes considérées comme urbaines. Dans le cadre du développement à moyen et long terme, neuf agglomérations ont été proposées pour être promues en agglomérations moyennes de 30 000 à 50 000 habitants (Fig. 10).

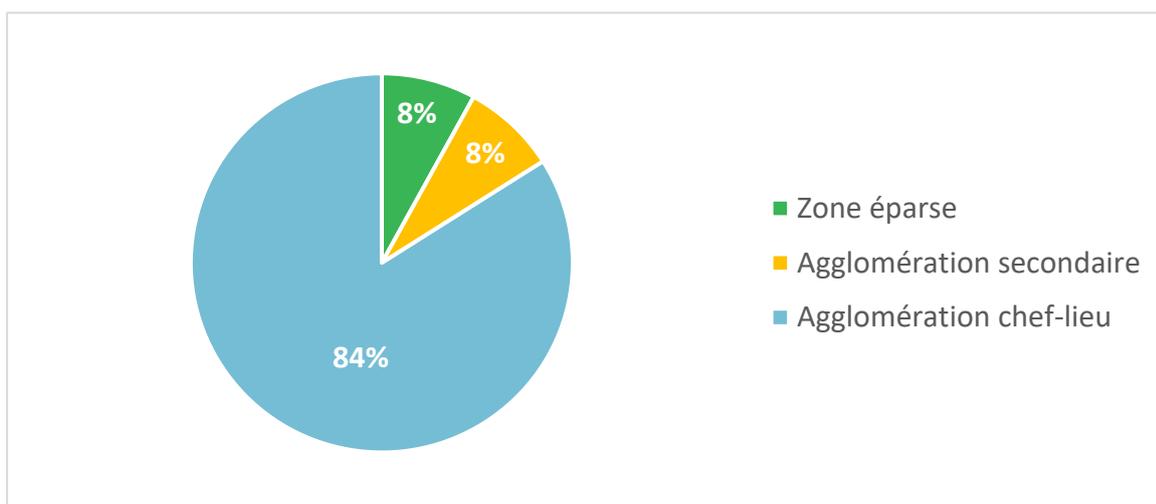


Figure 10 Répartition de la population selon la dispersion territoriale (2021)

Conclusion

En conclusion, la Wilaya de Laghouat, avec sa géographie diversifiée, son climat semi-aride et sa croissance démographique notable, est confrontée à des défis environnementaux et à la nécessité de gérer efficacement ses ressources en eau. Pour assurer un avenir durable, il est impératif de promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, de collecter et de stocker les eaux de pluie, et de surveiller attentivement les données environnementales. En combinant ces efforts, la région peut prospérer tout en préservant son environnement exceptionnel.

Chapitre 02 méthodologie de travail

Introduction

WEAP est largement utilisé par les professionnels du secteur de l'eau pour planifier la gestion des ressources en eau. Il offre une structure complète pour analyser les politiques liées à l'eau, de la définition de l'étude à la création de scénarios et à leur évaluation. Cet outil permet une analyse approfondie des politiques liées à l'eau, ce qui favorise des décisions judicieuses pour une gestion durable des ressources en eau.

I. Description Du Logiciel WEAP

WEAP est composé de cinq principales vues, à savoir Schématique, Données, Résultats, Explorateur de Scénarios, et Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), qui implique la planification et la gestion coordonnées des terres, de l'eau et d'autres ressources naturelles en vue de leur utilisation équitable, efficace et durable.

Dans cette étude, nous utilisons le logiciel WEAP, développé par le Stockholm Environment Institute en 2008. Il s'agit d'une plateforme de modélisation qui intègre les priorités liées au climat des bassins versants, à l'hydrologie, à l'utilisation des terres, aux infrastructures et à la gestion de l'eau. Le fonctionnement de WEAP est basé sur le principe de bilan hydrique dans une zone d'aménagement, où l'utilisateur représente le système d'approvisionnement en eau, les prélèvements, la demande en eau et les besoins de l'écosystème. (Irene M. Johannsen, 2016).

I. Objectif Du Logiciel

Les objectifs de WEAP sont les suivants :

- Incorporer ces dimensions dans un outil pratique pour les ressources en eau avec des projections futures.
- Examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau.
- Fournir une base de données pour la demande en eau et les informations relatives à l'approvisionnement.
- Prévoir diverses situations concernant les ressources en eau en simulant la demande, les ressources exploitables, les écoulements, le stockage, les sources de pollution, les traitements et les décharges.
- Analyser le développement socio-économique en évaluant une gamme complète d'options de développement et de gestion de l'eau, en prenant en compte les utilisations multiples et concurrentes des systèmes aquatiques.

II. Les Etapes D'application De WEAP

Les étapes d'application de WEAP sont les suivantes :

- Définition de l'étude : détermination du timing, des limites spatiales, des composantes du système et de la configuration du problème.
- Comptes actuels : établissement d'une vue d'ensemble de la demande actuelle en eau, des charges de pollution, des ressources et de l'approvisionnement du système.

- Scénarios : exploration de diverses hypothèses sur les impacts futurs des politiques, des coûts et du climat, notamment sur la demande d'eau, l'offre, l'hydrologie et la pollution.
- Évaluation : évaluation des scénarios en fonction de la suffisance de l'eau, des coûts, des avantages, de la compatibilité avec les objectifs environnementaux et de la sensibilité aux incertitudes des variables clés.

III. Analyses De Scenarios De WEAP

L'analyse de scénario est un élément central de WEAP. Les scénarios sont utilisés pour explorer le modèle en réponse à une multitude de questions. Par exemple, ils permettent de comprendre comment la croissance de la population, les changements climatiques, les politiques de gestion de l'eau et d'autres facteurs influencent la disponibilité et l'utilisation de l'eau, la qualité de l'eau, et bien d'autres aspects liés aux ressources en eau.

IV. Les Avantages De WEAP

WEAP offre de nombreux avantages, notamment l'intégration de multiples dimensions de la gestion de l'eau, la capacité à explorer différents scénarios, et sa convivialité pour les professionnels du secteur de l'eau. Cependant, il convient de noter que son utilisation efficace nécessite une formation et des données adéquates pour une modélisation précise.

V. Application Du Modèle WEAP Dans La Wilaya De Laghouat

Dans cette section, nous explorerons comment le logiciel WEAP a été appliqué à un cas d'étude spécifique, en mettant en lumière les résultats et les enseignements tirés. Pour ce faire, nous avons utilisé des données spécifiques de la wilaya de Laghouat (Fig. 11).

Phase	Nbr	Action
Analyse	01	Choix Laghouat comme zone d'étude
	02	Ajout la couche de fond
	03	Ajout les données physiques de la ressource en eau
Modélisation	01	Elaboration des scenarios
	02	Création des hypothèses clés
	03	Réglages de temps
	04	Exécution du modèle
Résultats	01	Tableaux
	02	Graphiques
	03	Discussion et prise de décision

Figure 11 Méthodologie de travail

VI. Cartographie et configuration des paramètres généraux

Dans cette première phase de notre analyse, nous entreprenons deux étapes essentielles :

1. Création de la carte de la zone d'étude

Nous utilisons des logiciels de cartographie, tels qu'Arcview, pour dessiner une carte de la région que nous étudions. Cette carte est un outil essentiel pour comprendre la géographie de la zone, y compris les emplacements des rivières, des lacs, des sources d'eau, des zones urbaines, et d'autres éléments liés à la gestion de l'eau. En créant cette carte, nous pouvons avoir une vue d'ensemble visuelle de la région, ce qui est crucial pour notre analyse.

2. Configuration des paramètres temporels

La deuxième partie de cette étape consiste à définir les paramètres de temps de notre modèle. Nous choisissons une année de base, qui est 2013 dans ce cas, pour être notre point de départ. Cela signifie que tous les calculs et prévisions de notre modèle seront basés sur les conditions de cette année. Ensuite, nous fixons une date de fin pour notre modèle, qui est 2040, afin de délimiter la période sur laquelle nous souhaitons effectuer

nos prévisions. En résumé, nous mettons en place une ligne de temps allant de 2013 à 2040 pour notre étude (Fig. 12).

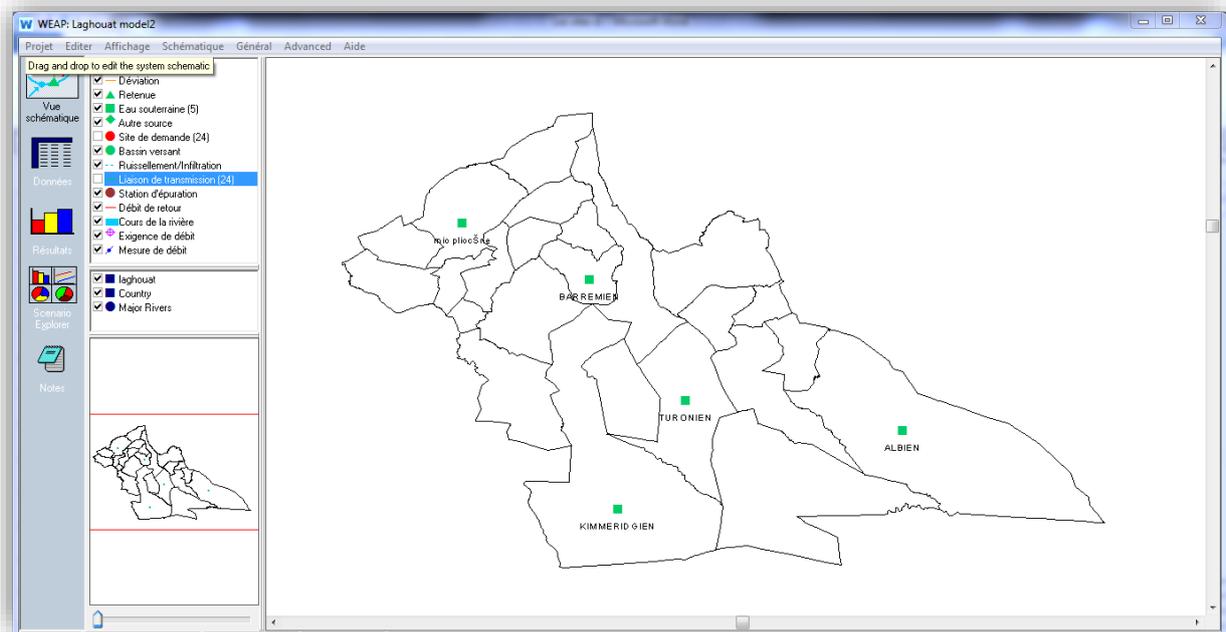


Figure 12 Sites de l'offre et de la demande en eau : Localisation urbaine et secteurs de demande

En associant la création de la carte à la configuration de ces paramètres temporels, nous sommes en mesure de visualiser la zone que nous étudions et de définir un cadre temporel pour nos analyses futures. Cela nous aide à mieux comprendre la géographie de la région et à prévoir les besoins en eau sur une période de plusieurs années.

VII. Données de base :

Dans cette section, notre objectif principal est de collecter les informations essentielles nécessaires pour notre analyse. Voici ce que nous faisons :

1. Collecte de données sur les sites de demande

Nous rassemblons des informations sur les endroits où l'eau est nécessaire. Cela comprend les zones urbaines, qui sont les zones peuplées de la région, ainsi que d'autres secteurs qui ont besoin d'eau pour diverses raisons. Nous examinons des facteurs tels que la taille de la population, les activités économiques et les besoins en eau de ces zones. Ces données nous aident à comprendre où l'eau est demandée (Fig. 13).

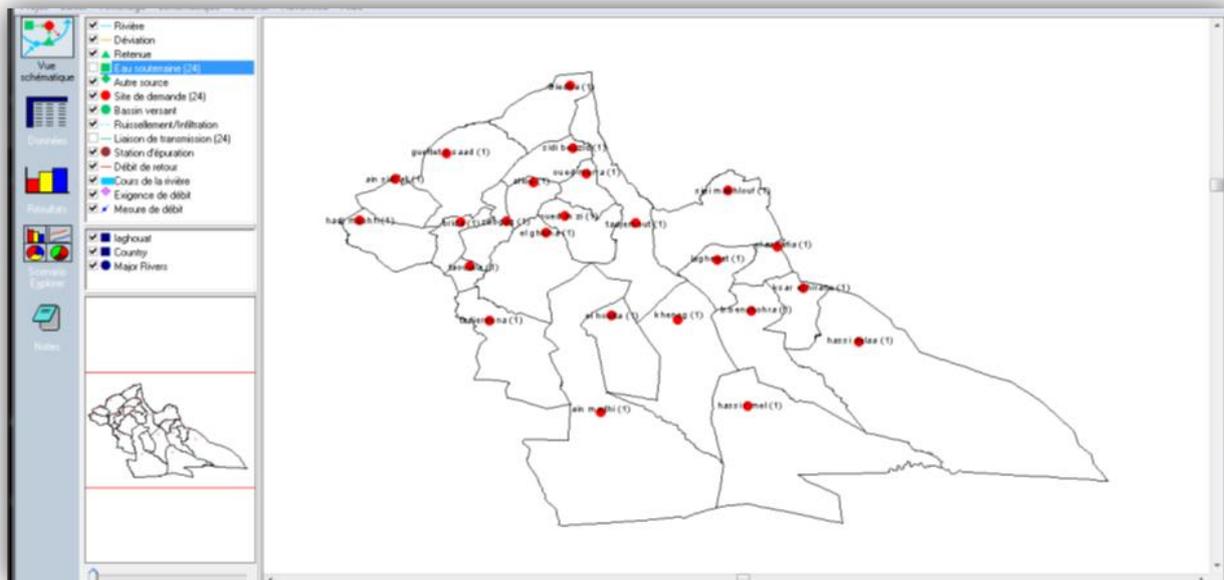


Figure 13 Les sites de demandes

2. Collecte de données sur les sites d'approvisionnement en eau

Nous recueillons des données sur les sources d'approvisionnement en eau, notamment les sources d'eau souterraine. Cela inclut des informations sur la localisation de ces sources, leur capacité de stockage, et les règlements concernant les prélèvements maximaux autorisés. En d'autres termes, nous identifions d'où provient l'eau et combien il est possible de prélever (Fig. 14).

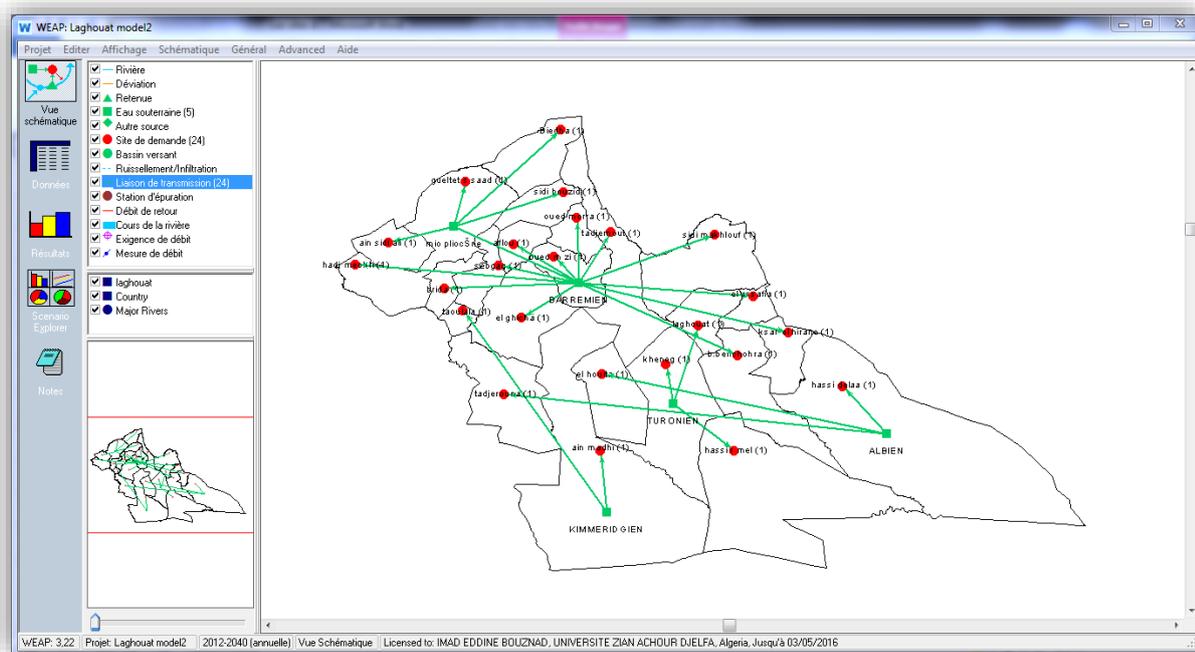


Figure 14 Carte de la wilaya de Laghouat avec les priorités d'approvisionnement

Fig.14 Carte de la wilaya de Laghouat avec les priorités d'approvisionnement.

3. Autres données pertinentes

En plus des données susmentionnées, nous collectons d'autres informations qui sont importantes pour notre analyse. Cela peut inclure le nombre d'utilisateurs d'eau, les besoins en eau spécifiques à certaines activités, et d'autres détails qui ont une influence sur la gestion de l'eau (Fig. 15, Fig. 16).

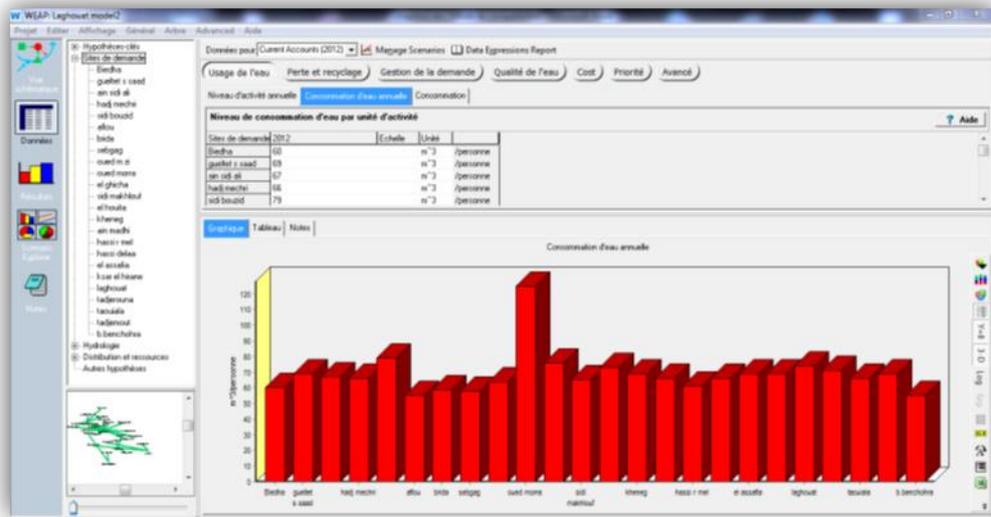


Figure 15 Niveau d'activité annuelle des sites des demandes domestiques-Compte d'état

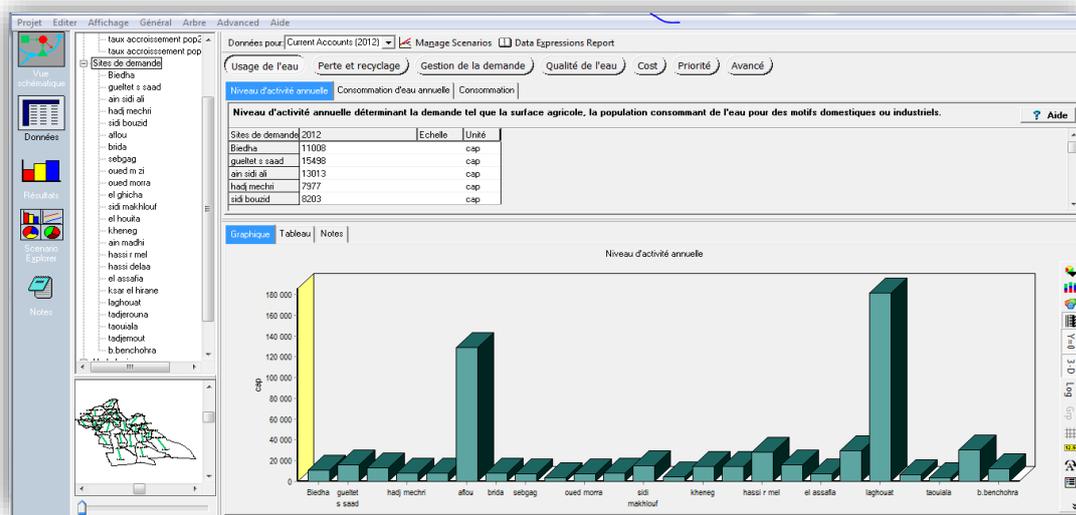


Figure 16 Consommation annuelle des sites des demandes domestiques-Compte d'état actuel, 2012

Ces données constituent la base de notre analyse. Elles nous permettent de comprendre la demande d'eau, d'où provient l'eau, et les règles qui la régissent. En résumé, cette section consiste à rassembler les informations cruciales qui nous aideront à mener notre étude de manière approfondie et précise.

VIII. Création des hypothèses clés

Dans cette étape cruciale, nous introduisons des hypothèses clés pour développer différents scénarios. Ces hypothèses sont essentielles pour notre modèle et touchent à divers aspects importants. Voici ce que nous faisons :

1. Hypothèse sur la Population

Nous définissons d'abord une hypothèse concernant la population. Cela signifie que nous faisons des estimations sur la manière dont la population évoluera au fil du temps. Par exemple, nous pouvons supposer une croissance de la population de 1 %, 2 % ou 3 % par an. Cette hypothèse nous aide à prévoir les besoins futurs en eau en fonction de la taille de la population.

2. Hypothèse Sur La Dotation En Eau

Une autre hypothèse importante concerne la quantité d'eau disponible, que l'on appelle la "dotation en eau". Nous pouvons définir différentes hypothèses sur la dotation en eau, comme une dotation forte, moyenne ou faible. Cela signifie que nous envisageons divers scénarios pour la disponibilité de l'eau dans le futur (Fig. 17, Fig. 18).

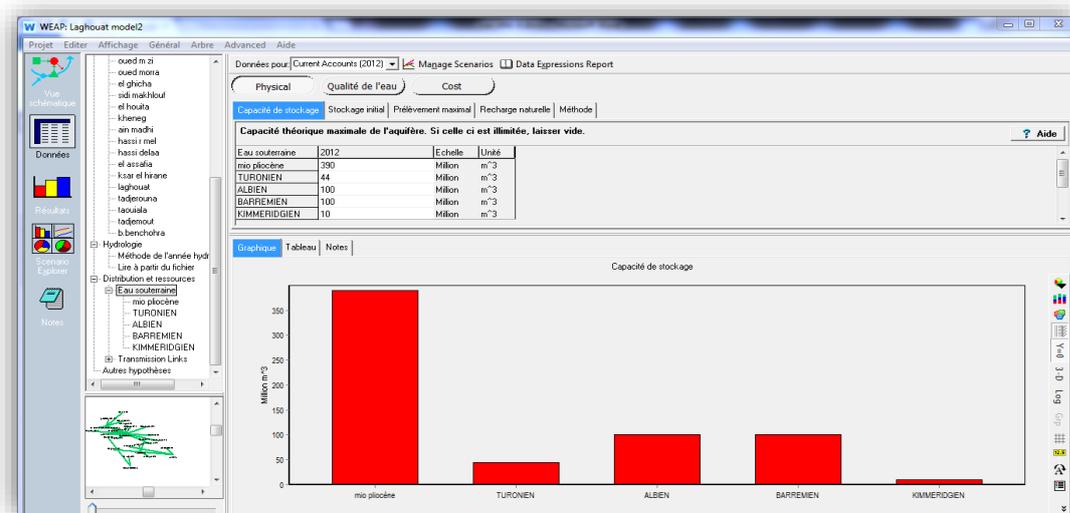


Figure 17 Prélèvement maximal des nappes de la wilaya de Laghouat. Compte d'état actuel, 2012-

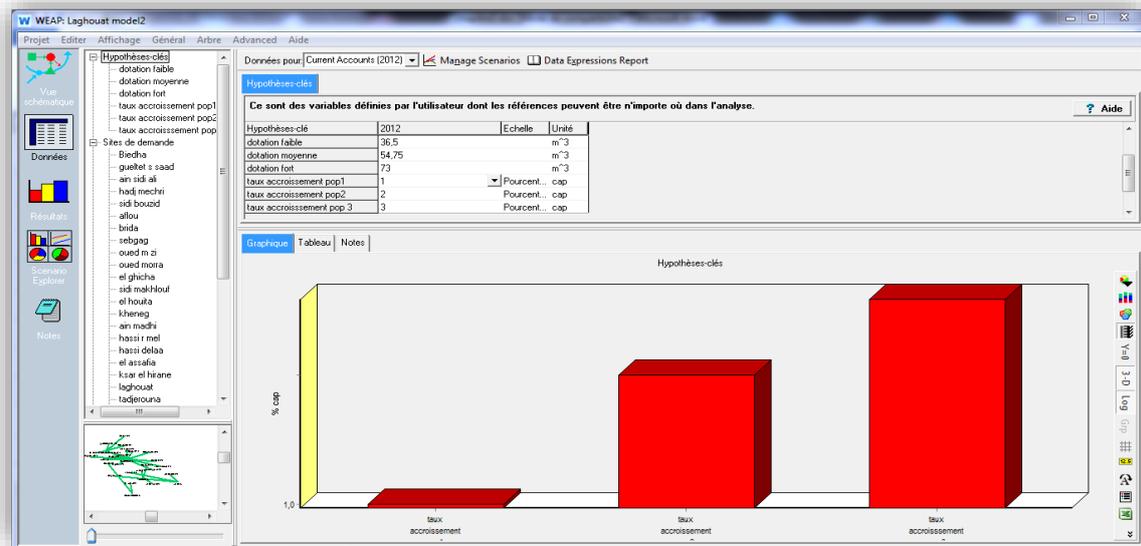


Figure 18 Capacité de stockage des nappes alluviales de la wilaya de Laghouat. Compte d'état actuel, 2012-

3. Hypothèse sur la consommation d'eau

Nous prenons en compte la manière dont l'eau est consommée. Cela peut inclure des hypothèses sur la consommation d'eau par personne ou par unité d'activité. Ces hypothèses nous aident à comprendre comment l'eau est utilisée dans différents contextes (Fig. 19).

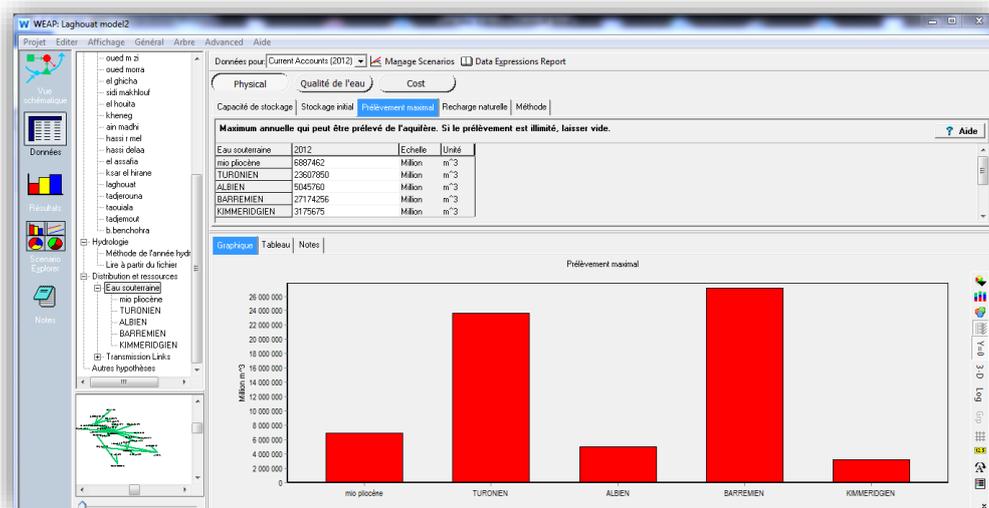


Figure 19 Fenêtre montrant les hypothèses clés

4. Autres facteurs importants

En plus de ces hypothèses principales, d'autres facteurs importants peuvent être pris en compte. Par exemple, nous pouvons envisager des changements dans les habitudes de consommation d'eau, des modifications dans les pratiques agricoles, ou des évolutions dans les technologies de l'eau.

L'objectif global de cette étape est de nous donner la flexibilité nécessaire pour explorer différentes possibilités et modéliser divers scénarios. En résumé, les hypothèses clés nous aident à anticiper les changements futurs en matière de demande en eau, de disponibilité de l'eau et d'autres facteurs, ce qui est essentiel pour une gestion efficace des ressources en eau.

IX. Création des scénarios

Dans cette étape, nous créons différents scénarios pour explorer l'avenir du système que nous étudions. Nous élaborons trois types de scénarios pour mieux comprendre les perspectives possibles (Fig. 20) :

1. Scénario de référence

Le scénario de référence représente une image de base de l'évolution du système sans aucune intervention ni changement majeur. Il sert de point de comparaison pour évaluer l'impact de toutes les modifications futures. En d'autres termes, c'est comme si rien ne changeait par rapport à la situation actuelle (Fig. 21).

2. SCENARIOS "QUOI SI"

Ces scénarios sont imaginés pour explorer les conséquences de changements potentiels dans les politiques, les technologies ou d'autres facteurs importants. Ils nous permettent de répondre à des questions telles que "Que se passerait-il si nous mettions en œuvre une nouvelle politique de gestion de l'eau ?" ou "Comment les nouvelles technologies pourraient-elles influencer notre système?". Ces scénarios "Quoi Si" sont très utiles pour la prise de décisions éclairées.

3. SCENARIOS D'ACCROISSEMENT DE LA POPULATION ET DE DOTATION EN EAU :

Dans cette catégorie de scénarios, nous examinons spécifiquement les variations possibles de la population et de la quantité d'eau disponible (dotation en eau). Par exemple, nous pourrions créer un scénario où la population augmente de manière

significative, accompagnée d'une dotation en eau plus abondante. Cela nous permet d'explorer différents futurs possibles en fonction de ces deux facteurs clés.

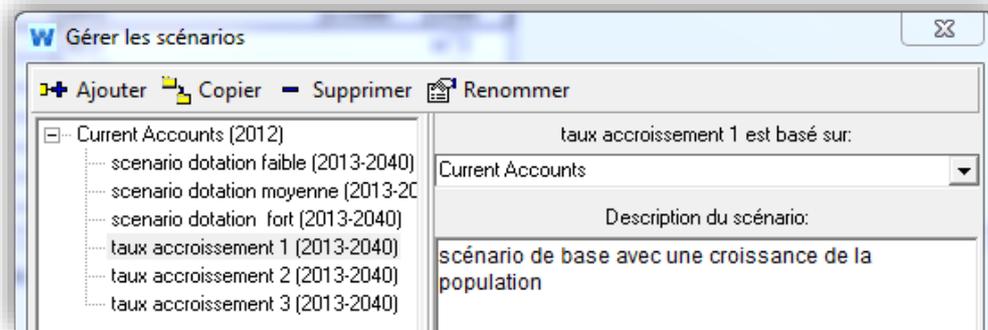


Figure 20 Création des scénarios

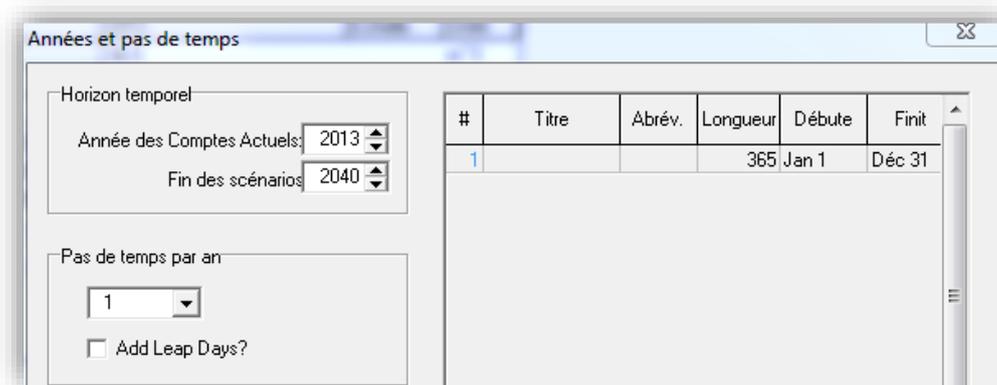


Figure 21 Création du scénario de référence

L'objectif global de la création de ces scénarios est d'anticiper et d'évaluer les changements futurs possibles dans notre système. En modifiant délibérément les conditions de base ou en envisageant diverses situations hypothétiques, nous sommes mieux préparés à faire face à l'incertitude et à prendre des décisions éclairées pour une gestion efficace des ressources en eau.

X. Exécution Des Scenarios

Après avoir élaboré nos différents scénarios, il est temps de les mettre en pratique. Cette étape consiste à exécuter ces scénarios pour évaluer les prévisions de la demande en eau en fonction de divers paramètres. Voici comment cela fonctionne :

1. Mise en œuvre des scenarios

Nous commençons par activer chacun des scénarios que nous avons créés. Cela signifie que nous allons faire fonctionner notre modèle en tenant compte des conditions spécifiques de chaque scénario. Par exemple, si nous avons un scénario de forte augmentation de la population, nous allons activer ce scénario pour voir comment cela affecte la demande en eau.

2. Evaluation des prévisions de la demande en eau :

Une fois les scénarios en cours d'exécution, nous pouvons évaluer les prévisions de la demande en eau pour chaque scénario. Cela signifie que nous examinons comment les taux de croissance de la population, les dotations en eau et d'autres paramètres influencent la demande totale d'eau dans chaque situation hypothétique.

3. Simulations basées sur les paramètres :

Ces simulations sont basées sur des paramètres spécifiques à chaque scénario. Par exemple, nous pouvons simuler la demande d'eau pour une année donnée en supposant un taux de croissance de la population de 3 % et une dotation en eau généreuse. Puis, nous pouvons répéter la même simulation en changeant ces paramètres pour un autre scénario, comme un taux de croissance de la population de 1 % et une dotation en eau minimale. L'objectif principal de cette étape est de mieux comprendre comment le système pourrait évoluer au fil du temps dans différentes situations. En exécutant ces scénarios et en examinant les résultats, nous sommes en mesure de prendre des décisions éclairées pour une gestion efficace des ressources en eau en anticipant les besoins futurs et en adaptant nos politiques et nos actions en conséquence.

Ces étapes détaillées sont d'une importance cruciale pour notre analyse de la gestion des ressources en eau. Elles nous aident à accomplir plusieurs objectifs essentiels, notamment :

- **Collecte de Données Fondamentales** : Dans la section "Données de Base," nous rassemblons des informations essentielles sur les sites de demande, tels que les zones urbaines et les secteurs nécessitant de l'eau, ainsi que sur les sites d'approvisionnement en eau, comme les sources d'eau souterraine. Ces données de base sont le fondement de notre analyse.
- **Création de Scénarios** : Dans la section "Création des Scénarios," nous élaborons plusieurs scénarios, y compris un scénario de référence et des scénarios "Quoi si." Ces scénarios nous aident à explorer différentes possibilités pour la gestion de l'eau.
- **Évaluation des Scénarios** : Lorsque nous exécutons ces scénarios, nous pouvons évaluer les prévisions de la demande en eau en fonction de divers paramètres. Cela nous permet de mieux comprendre comment le système pourrait évoluer dans différentes situations.
- **Anticipation des Besoins Futurs** : Les simulations basées sur les scénarios nous aident à anticiper les besoins futurs en matière de ressources en eau. Nous pouvons ainsi planifier et mettre en place des mesures pour garantir une gestion durable de l'eau.

En fin de compte, ces étapes détaillées nous permettent d'acquérir une connaissance approfondie des besoins en eau, des ressources disponibles et des facteurs qui influencent la demande. Cette compréhension est essentielle pour une gestion durable des ressources en eau, garantissant que les besoins actuels et futurs en eau soient satisfaits de manière efficace, équilibrée et respectueuse de l'environnement. Elles nous aident à prendre des décisions éclairées pour la gestion des ressources en eau, en contribuant à la préservation de ces précieuses ressources pour les générations futures.

Conclusion

En résumé, l'utilisation de WEAP dans notre étude a démontré son utilité en matière d'analyse de la gestion des ressources en eau. Cet outil se révèle essentiel pour les professionnels du secteur de l'eau, les aidant à prendre des décisions éclairées en vue d'une gestion plus durable des ressources hydriques.

Chapitre 03 résultats et discussions

Introduction

L'application du modèle WEAP (Water Evaluation And Planning) à la wilaya de Laghouat est cruciale pour la gestion durable des ressources en eau dans cette région aride d'Algérie. Ce modèle offre un cadre avancé pour évaluer, planifier et prendre des décisions éclairées concernant la gestion de l'eau, tant en équilibre avec la planification actuelle qu'avec des planifications projetées.

I. Modèle WEAP pour la wilaya de Laghouat

Le schéma final du modèle de la wilaya de Laghouat est présenté dans la figure ci-dessous. Cette représentation graphique met en évidence les éléments suivants :

- Les eaux souterraines (représentées par des carrés verts).
- Les sites de demande ou utilisateurs (indiqués par des points rouges).
- Les liaisons de distribution.

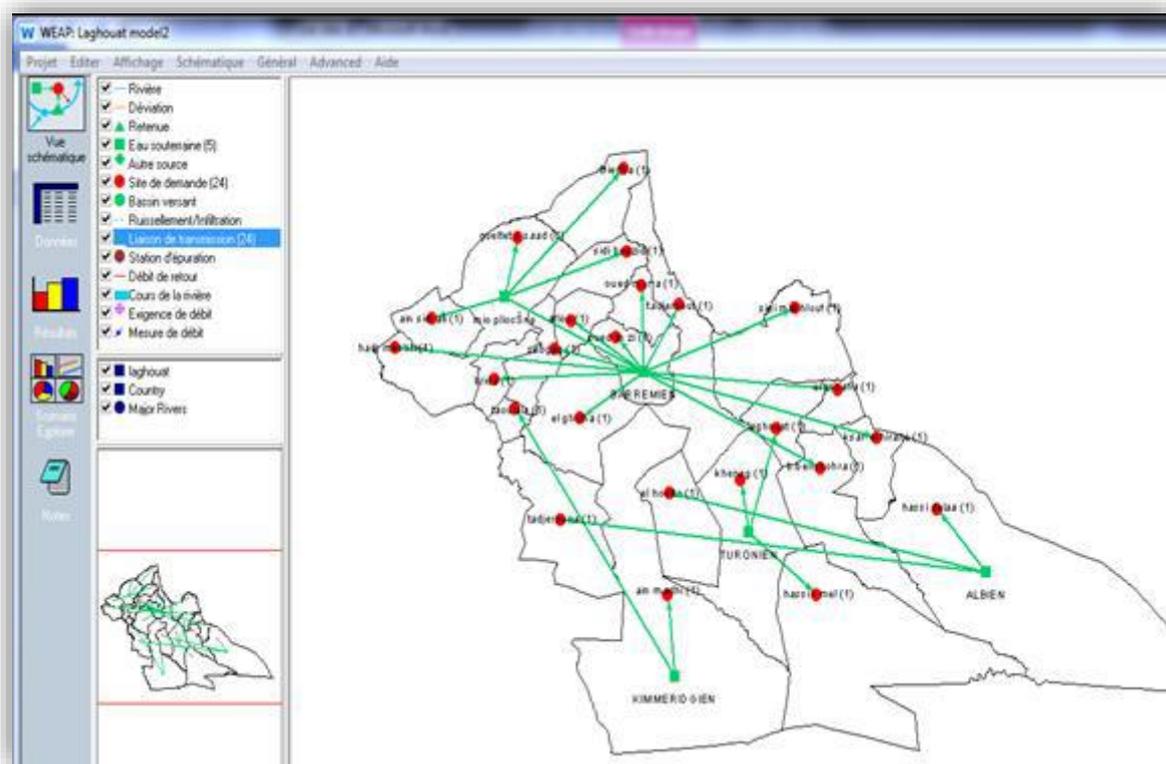


Figure 22 Le schéma final du modèle de la wilaya de Laghouat

II. Evolution de la demande en eau

Les résultats de l'application du modèle WEAP 21 à la wilaya de Laghouat sont présentés à la fois sous forme de cartes et de graphiques. Trois scénarios ont été considérés :

- Scénario dotation fort.
- Scénario dotation moyenne.
- Scénario dotation faible.

Ces scénarios sont affichés simultanément dans les résultats et comparés pour évaluer leur impact sur les systèmes aquatiques et les ressources en eau. La période de projection future envisagée s'étend de 2013 à 2040.

1. Scénario 1

Le premier scénario, appelé "Scénario 1", intègre la demande en eau potable en prenant en compte les besoins en eau des communes de la wilaya de Laghouat (besoins nets AEP). En raison de la croissance de la population de la wilaya, la demande en eau potable augmente de manière constante entre 2013 et 2040. Elle atteint environ 97,17 millions de mètres cubes en 2040.

Tableau 11 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 1 : Dotation Forte (2013-2040)

Année	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population	581771	635716	736970	854350	999426	1148175	1331050
Demande En Eau	43.47	46.41	53.80	62.37	72.30	83.82	97.17

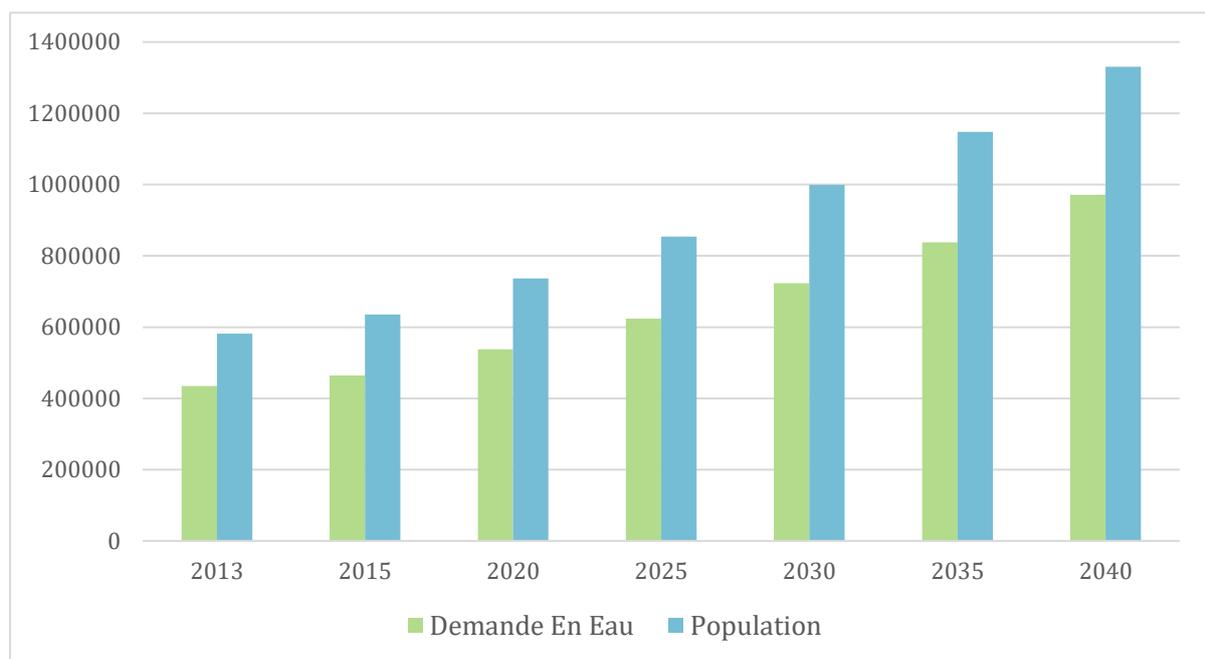


Figure 23 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 1 : Dotation Forte (2013-2040)

2. Scénario 2

Le deuxième scénario, nommé "Scénario 2", suppose une dotation moyenne de 150 litres par jour par habitant à l'échelle de la wilaya de Laghouat. La demande en eau potable augmente de manière similaire au premier scénario, atteignant environ 55,46 millions de mètres cubes en 2040.

Tableau 12 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 2 : Dotation moyenne (2013-2040)

Année	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population	581771	635716	736970	854350	999426	1148175	1331050
Demande En Eau	32.49	33.80	37.32	41.20	45.49	50.23	55.46

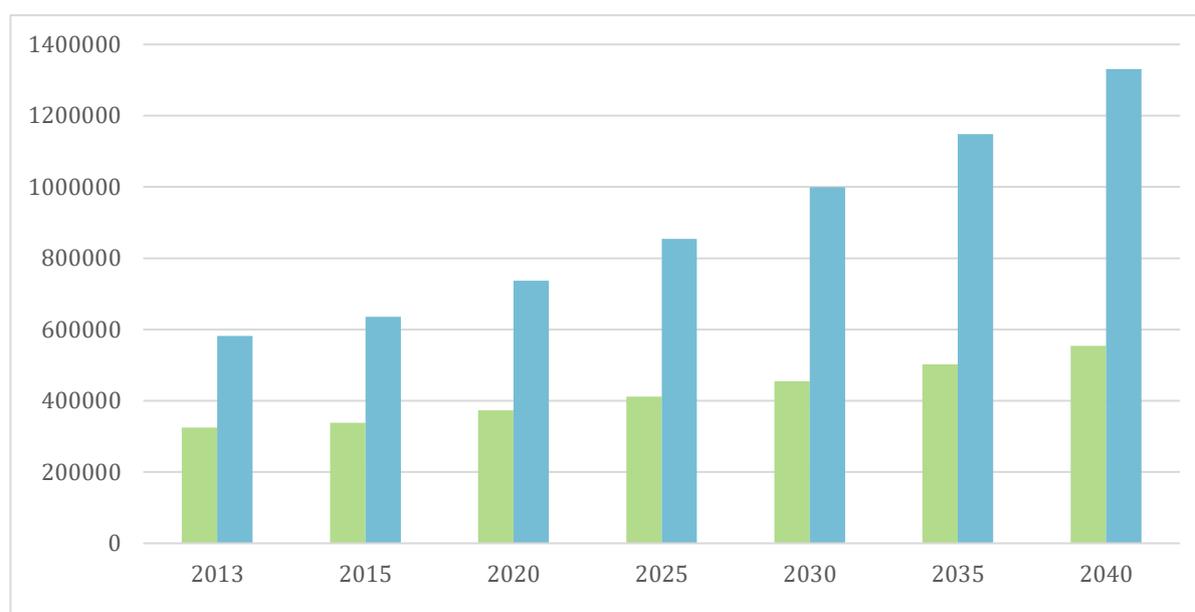


Figure 24 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 2 : Dotation moyenne (2013-2040)

3. Scénario 3

Le troisième scénario, appelé "Scénario 3", considère une dotation faible de 100 litres par jour par habitant à l'échelle de la wilaya de Laghouat. Dans ce cas, la demande en eau potable augmente plus lentement, atteignant environ 28,06 millions de mètres cubes en 2040.

Tableau 13 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 3 : Dotation faible (2013-2040)

Année	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population	581771	635716	736970	854350	999426	1148175	1331050
Demande En Eau	21.45	21.88	22.99	24.17	25.40	26.70	28.06

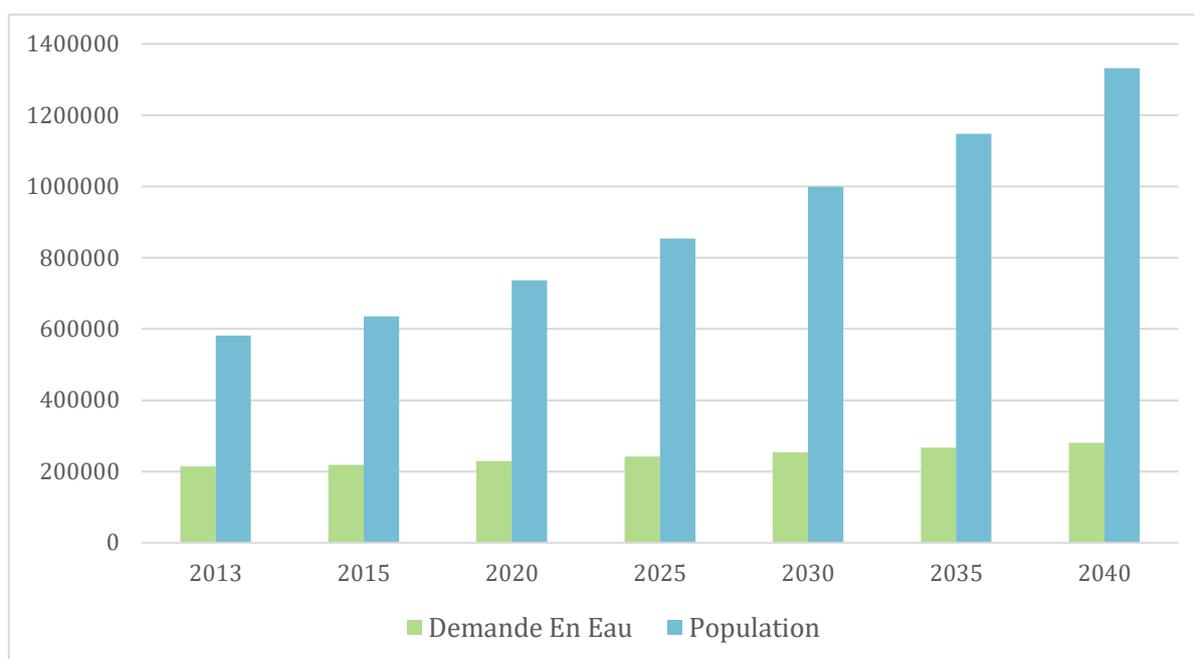


Figure 25 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 3 : Dotation faible (2013-2040)

4. Comparaison entre les différents scénarios analysés

Une comparaison est effectuée entre les différents scénarios étudiés. Cette comparaison montre que la demande en eau varie considérablement en fonction de la dotation. Le scénario de dotation forte dépasse les 97 millions de mètres cubes en 2040, tandis que le scénario de dotation faible n'atteint pas 30 millions de mètres cubes. Quant au scénario de dotation moyenne, il conduit à une demande de 55,46 millions de mètres cubes en 2040.

Tableau 14 Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Laghouat

Année	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Scénario 1	43.47	46.41	53.80	62.37	72.30	83.82	97.17
Scénario 2	32.49	33.80	37.32	41.20	45.49	50.23	55.46
Scénario 3	21.45	21.88	22.99	24.17	25.40	26.70	28.06

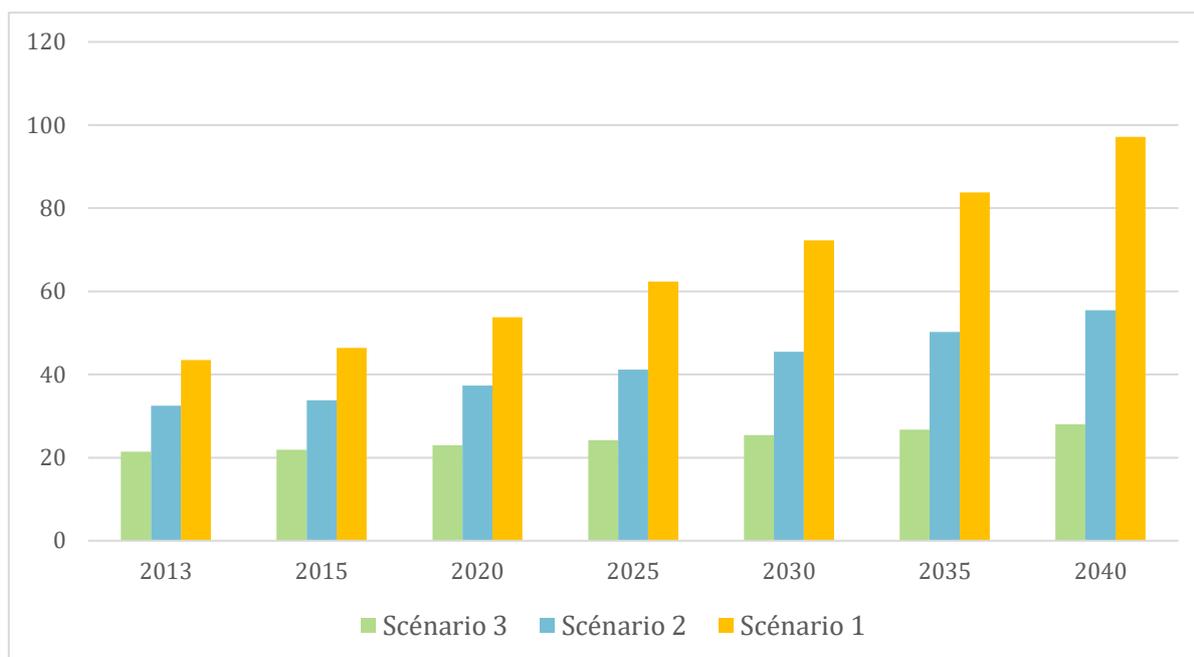


Figure 26 Evolution de la demande en eau dans la wilaya de Laghouat - Comparaison des différents scénarios (2013-2040)

II. Demande non satisfaite

Le graphique représenté dans la Figure 26 illustre la demande non satisfaite en eau. Il montre que les besoins en eau dans la région dépassent les ressources actuellement disponibles, ce qui crée une situation de demande non satisfaite. Cette demande non satisfaite est un indicateur important des défis auxquels la région est confrontée en matière de gestion de l'eau.

1. Les besoins en eaux globaux dans la wilaya de Laghouat

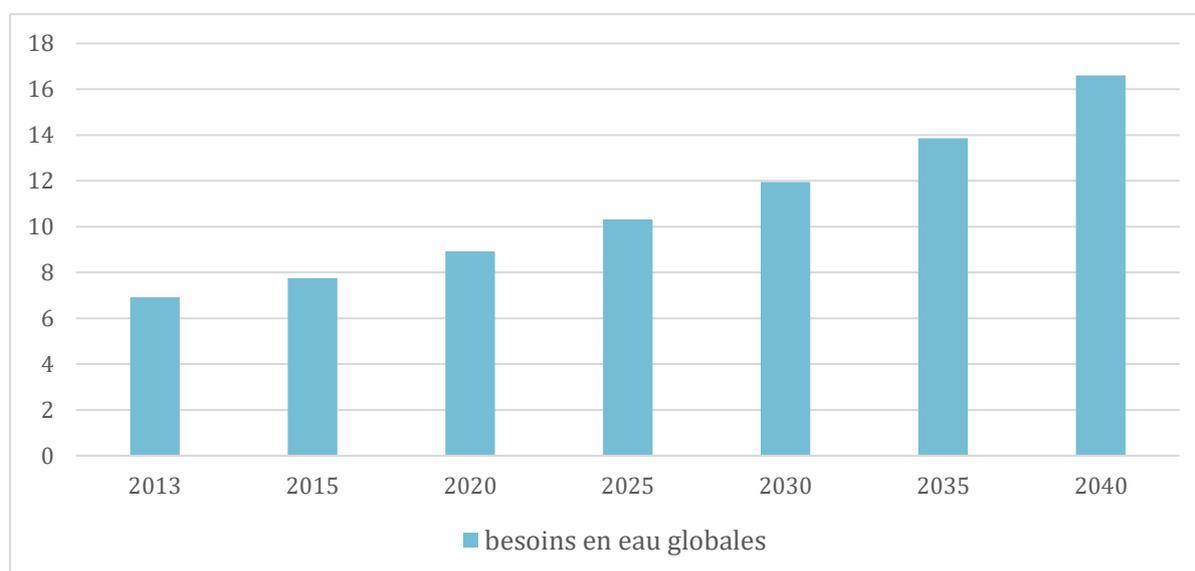
Les besoins en eau globaux pour les différents secteurs dans la wilaya de Laghouat augmentent considérablement au fil du temps. En 2035, ces besoins s'élèvent à près de 11,20 millions de mètres cubes par an. Plus de 39,65 % de ces besoins sont liés à l'eau potable, ce qui souligne l'importance de garantir un approvisionnement adéquat en eau potable pour la population de la région.

Tableau 15 L évolution des besoins en eau globales

Année	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Sum
AEA (Hm3)	1.22	1.27	1.35	1.42	1.50	1.59	1.67	10.02
AEP (Hm3)	5.23	5.98	7.06	8.5	9.87	11.66	13.78	61.93
Publique (Hm3)	0.48	0.50	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	3.88
SUM	6.92	7.75	8.93	10.32	11.95	13.86	16.6	75.83

2. Confrontation entre besoins et ressources en eau

Le graphique illustré dans la Figure N°39 représente un modèle de transition de la gestion de l'eau. Il montre que le volume actuellement disponible en eau dans la wilaya de Laghouat est insuffisant pour satisfaire les besoins futurs des différents secteurs. Cette situation souligne la nécessité de passer d'une gestion basée sur l'offre à une gestion axée sur la demande en eau. Il est impératif de mettre en place une nouvelle stratégie de gestion de la consommation d'eau pour répondre aux besoins croissants de la région.

**Figure 27** Diagramme des perspectives des besoins en eau a l'horizon (2013 -2040)

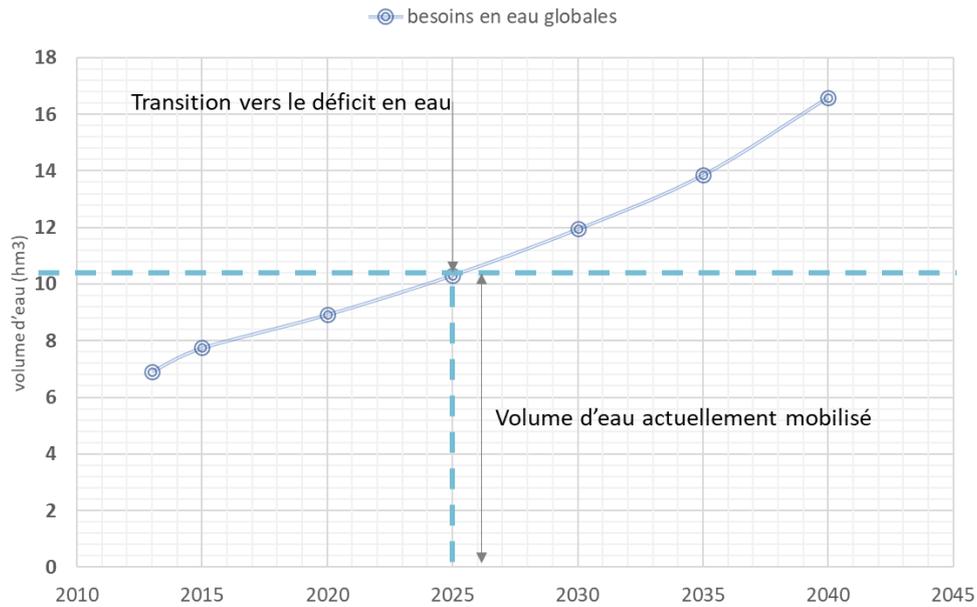


Figure 28 Modèle de la transition de la gestion de l'eau

III. Proposition

La gestion efficace de l'eau est cruciale pour répondre aux besoins des populations et préserver les ressources en eau dans la wilaya de Laghouat, situées dans une région aride en Algérie. Voici quelques solutions pour une meilleure gestion de l'eau dans cette région :

- Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).
- Économie d'eau à travers des dispositifs d'économie d'eau et la sensibilisation de la population.
- Réutilisation des eaux usées pour des usages non potables.
- Collecte des eaux de pluie pour une utilisation alternative.
- Gestion durable des ressources souterraines.
- Réduction des pertes d'eau dans les réseaux de distribution.
- Sensibilisation et éducation de la population.
- Planification à long terme prenant en compte le changement climatique.
- Coopération régionale pour une gestion transfrontalière des ressources en eau.
- Utilisation de technologies avancées pour une gestion plus précise et efficace des ressources en eau.

La mise en œuvre de ces solutions nécessite une collaboration entre les autorités locales, les experts en gestion de l'eau, les communautés locales et d'autres parties prenantes. Une gestion durable de l'eau est essentielle pour garantir un approvisionnement en eau adéquat tout en préservant l'environnement dans cette région aride.

Conclusion

En conclusion, il est impératif de mettre en œuvre des solutions innovantes pour gérer efficacement la demande croissante en eau dans la wilaya de Laghouat. La transition vers une gestion axée sur la demande, la promotion de l'économie d'eau et la coopération régionale sont essentielles pour relever ces défis. En collaborant avec les autorités locales, les experts en gestion de l'eau et les communautés locales, une gestion durable de l'eau peut être réalisée, garantissant un approvisionnement en eau adéquat tout en préservant l'environnement dans cette région aride.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La gestion de la demande en eau dans la wilaya de Laghouat, en Algérie, grâce à l'utilisation du modèle WEAP, a été couronnée de succès. Cette initiative a permis d'atteindre une utilisation plus efficace des ressources hydriques, garantissant un approvisionnement fiable en eau pour les besoins essentiels tels que l'eau potable, l'agriculture et l'industrie. Elle a également contribué à prévenir la surexploitation des ressources en eau, préservant ainsi la durabilité à long terme de la région.

Un aspect essentiel de cette réussite a été la sensibilisation et la participation active de la communauté locale. En éduquant les résidents sur l'importance de la gestion de l'eau responsable, WEAP a favorisé l'adoption de comportements durables en matière d'eau. La participation communautaire a renforcé l'acceptation des mesures de gestion de l'eau, garantissant ainsi leur efficacité à long terme.

L'expérience de Laghouat offre un modèle reproductible pour d'autres régions arides confrontées à des problèmes similaires de gestion des ressources en eau. Cette approche intégrée, combinant modélisation, planification à long terme et sensibilisation communautaire, peut être adaptée à divers contextes et contribuer à une gestion durable de l'eau à l'échelle nationale et internationale.

En conclusion, la gestion de la demande en eau par WEAP dans la wilaya de Laghouat ouvre la voie à un avenir hydrique plus prometteur. Elle témoigne de l'importance de la planification stratégique, de la collaboration entre les parties prenantes et de l'innovation technologique pour relever les défis complexes de la gestion de l'eau. Cette approche holistique est essentielle pour assurer la sécurité hydrique, protéger l'environnement et améliorer la qualité de vie des habitants de la région.

Références

Références

Bieger, K., & Henrichs, T. (2012). Water resource planning under climatic uncertainty—A case study for the Jordan River. *Environmental Modelling & Software*, 35, 66-80.

Calder, I. R. (1999). *The blue revolution: Land use and integrated water resources management*. Earthscan Publications, London.

Haddeland, I., Heinke, J., Voß, F., Eisner, S., Chen, C., & Jacob, D. (2014). Effects of climate model radiation, humidity, and wind estimates on hydrological simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(3), 915-932.

Hassanzadeh, E., Abrishamchi, A., & Marino, M.A. (2013). Optimization of water resources management in the Zayandeh-Rud River Basin, Iran. *Water Resources Management*, 27(7), 2397-2416.

HERVE, L., HILMY, S., & JULIEN, C. (2003). Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: Application of the WEAP model. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28(20-27), 779-786.

IAN R. CALDER. (1999). *The blue revolution: Land use and integrated water resources management*. Earthscan Publications, London.

IRENE M. JOHANNSEN, JENNIFER C. HENGST, ALEXANDER GOLL, BRITTA HÖLLERMANN, AND BERND DIEKKRÜGER *. (2016). Future of Water Supply and Demand in the Middle Drâa Valley, Morocco, under Climate and Land Use Change. *Water*, 8, 313. doi:10.3390/w8080313.

PAUL VAN HOFWEGEN, FRANK G.W. JASPERS (1999). *Analytical Framework for Integrated Water Resources Management: IHE monographs (2nd ed.)*. Earthscan Publications. ISBN 9789054104735.

Pulido-Velazquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A., Pulido-Velazquez, D., & Hernandez-Santana, V. (2011). Integrated assessment of water policies for sustainable water management in the Guadalquivir River Basin, Spain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(12), 3825-3838.

Rosenberg, D.E., & Maidment, D.R. (1999). The WEAP model for the lower Mekong Basin: A tool for integrated water resources planning and management. *International Water Resources Association (IWRA) Journal*, 24(3), 247-262.

SEI. (2008). WEAP (Water Evaluation and Planning): User Guide for WEAP21. Stockholm Environment Institute, Boston, USA. Available from <www.sei.org/weap/>.

SEI. (2008). WEAP (Water Evaluation and Planning): User Guide for WEAP21. Stockholm Environment Institute, Boston, USA. Available from <www.sei.org/weap/>.

Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & Huber-Lee, A. (2005). WEAP21 - A demand-, priority-, and preference-driven water planning model: Part 2, aiding freshwater ecosystem service evaluation. *Water International*, 30(4), 501-512.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 Carte de Situation Géographique de la Wilaya de Laghouat	14
Figure 2 Carte structures géographique pentes	15
Figure 3 Carte structures géographique topographie	17
Figure 4 Carte du Réseau Hydrographique	19
Figure 5 Carte situation des bassins versants	20
Figure 6 Retenues collinaires de la wilaya de Laghouat.....	22
Figure 7 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (1992-2013) de la wilaya de Laghouat	25
Figure 8 Rose du vent	26
Figure 9 Évolution de la population (1998-2021).....	28
Figure 10 Répartition de la population selon la dispersion territoriale (2021)	28
Figure 11 Méthodologie de travail.....	34
Figure 12 Sites de l'offre et de la demande en eau : Localisation urbaine et secteurs de demande.....	35
Figure 13 Les sites de demandes.....	36
Figure 14 Carte de la wilaya de Laghouat avec les priorités d'approvisionnement	36
Figure 15 Niveau d'activité annuelle des sites des demandes domestiques-Compte d'état	37
Figure 16 Consommation annuelle des sites des demandes domestiques-Compte d'état actuel, 2012.....	37
Figure 17 Prélèvement maximal des nappes de la wilaya de Laghouat. Compte d'état actuel, 2012-	38
Figure 18 Capacité de stockage des nappes alluviales de la wilaya de Laghouat. Compte d'état actuel, 2012-	39
Figure 19 Fenêtre montrant les hypothèses clés	39
Figure 20 Création des scénarios	41
Figure 21 Création du scénario de référence.....	41
Figure 22 Le schéma final du modèle de la wilaya de Laghouat	47
Figure 23 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 1 : Dotation Forte (2013-2040).....	48

Figure 24 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 2 : Dotation moyenne (2013-2040).....	49
Figure 25 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 3 : Dotation faible (2013-2040)	50
Figure 26 Evolution de la demande en eau dans la wilaya de Laghouat - Comparaison des différents scénarios (2013-2040).....	51
Figure 27 Diagramme des perspectives des besoins en eau a l'horizon (2013 -2040)....	52
Figure 28 Modèle de la transition de la gestion de l'eau.....	53

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 Dénomination des bassins versants	21
Tableau 2 Caractéristique de retenues collinaires de la wilaya de Laghouat	21
Tableau 3 L'utilisation des eaux mobilisation	22
Tableau 4 Les nappes de la wilaya de Laghouat.....	22
Tableau 5 Alimentation en eau potable.....	23
Tableau 6 Réseau d'assainissement.....	23
Tableau 7 Infrastructure et capacités par commune au 31/12/2012	23
Tableau 8 Les variations des température mensuelles (1992-2013)	24
Tableau 9 Les variations des précipitations mensuelles (1992-2013)	24
Tableau 10 Les variations mensuelles des humidités entre (1991-2013)	26
Tableau 11 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 1 : Dotation Forte (2013-2040)	48
Tableau 12 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 2 : Dotation moyenne (2013-2040)	49
Tableau 13 Révolution de la Demande en Eau Domestique dans la Wilaya de Laghouat - Scénario 3 : Dotation faible (2013-2040)	49
Tableau 14 Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Laghouat	50
Tableau 15 L évolution des besoins en eau globales.....	52

Liste des abréviations

Liste des abréviations

AEP	Alimentation en eau potable
ADE	Algérienne Des Eaux
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APC	Assemble populaire communal
DPAT	Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire.
DRE	DIRECTION RESSOURCE EN EAU
DUAC	Direction d'urbanisme et d'architecture et construction
ETR	Evapotranspiration réelle moyenne annuelle.
ETP	Evapotranspiration potentielle mensuelle
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
MEER	Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables
ONA	Office National de l'Assainissement
ONS	L'Office National des Statistiques
OPGI	Offices de Promotion et de Gestion Immobilières
PEHD	Poly-Etilène Haute Densité
PDEAU	Plan Directeur D'Aménagement ET D'Urbanism
POS	Plan d'occupation du sol
SIG	Système informatique géographique
WEAP	Water Evolution and Planning System

ملخص

بتطبيق نموذج WEAP (تقييم وتخطيط المياه) في ولاية الاغواط بالجزائر تمكنا من إدارة الموارد المائية بشكل نشط ومتوازن في هذه المنطقة القاحلة. تم تحقيق أهداف إدارة المياه من خلال WEAP ، مما ضمن استخدامًا فعالًا للموارد المائية ومنع الاستنزاف. بالإضافة إلى ذلك، تم التنبؤ بالتحديات الحالية والمستقبلية، بما في ذلك النمو السكاني وتغير المناخ، من خلال تطوير استراتيجيات التكيف المناسبة. تم تشجيع التوعية ومشاركة المجتمع المحلي، مما عزز قبول إجراءات إدارة المياه. إجمالاً، تقدم هذه التجربة نموذج قابل للتكرار لمناطق أخرى تواجه مشكلات مماثلة في إدارة مواردها المائية، وتعزز مستقبل مائي أكثر وعدًا ومرونة.

Abstract

The application of the WEAP (Water Evaluation and Planning) model in the Laghouat province of Algeria has enabled proactive and balanced water resource management in this arid region. The objectives of water management have been achieved through WEAP, ensuring efficient utilization of water resources and preventing overexploitation. Furthermore, it anticipated current and future challenges, including population growth and climate change, by developing appropriate adaptation strategies. Community awareness and participation were encouraged, strengthening the acceptance of water management measures. In summary, this experience provides a replicable model for other regions facing similar water resource management issues, promoting a more promising, sustainable, and resilient water future.

RESUME

L'application du modèle WEAP (Water Evaluation And Planning) dans la wilaya de Laghouat en Algérie a permis de gérer de manière proactive et équilibrée les ressources en eau dans cette région aride. Cette initiative a atteint ses objectifs en garantissant une utilisation efficace des ressources hydriques tout en évitant la surexploitation. De plus, elle a pris en compte les défis actuels et futurs, tels que la croissance démographique et le changement climatique, en développant des stratégies d'adaptation appropriées. La sensibilisation et la participation communautaire ont été encouragées, renforçant ainsi l'acceptation des mesures de gestion de l'eau. En résumé, cette expérience offre un modèle reproductible pour d'autres régions confrontées à des problèmes similaires de gestion des ressources en eau, favorisant un avenir hydrique plus prometteur, durable et résilient.