



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
جامعة زيان عاشور-الجلفة  
Université Ziane Achour -Djelfa  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
قسم العلوم البيولوجية  
Département des sciences Biologiques



## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Aménagement

Spécialité :

Thème :

**Application du modèle WEAP et du processus d'hierarchie analytique a la durabilité de la gestion des ressources en eau**

Présenté par :

- BEN MELOUKA MOHAMED ISLAM

Soutenu devant le jury :

M <sup>r</sup>	Université de Djelfa	Président.
M <sup>r</sup> BOUZNAD IMAD.	Université de Djelfa	Promoteur
M <sup>r</sup>	Université de Djelfa	Examineur.
M <sup>r</sup>	Université de Djelfa	Examineur.

Année Universitaire : 2020/2021

# Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I	
Introduction	3
I-Présentation générale	3
I-1-Situation géographique et limites administratives	3
II. Relief	5
II. 1.Zone plane du Nord	5
II. 2.Zone des dépressions des chotts	5
II. 3.Zone de la dépression des Ouled Naïl	5
II. 4. Zone du plateau pré désertique	6
III. Cadre géologique	6
III. 1.Le grand synclinal sud de Djelfa	7
III. 2.Le petit synclinal Nord	7
III. 3. Point de vue hydrogéologique	7
IV. Contexte climatique	9
IV. 1. Pluviométrie	9
IV.2.Température	10
IV.3.Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	10
IV.4.Bilan hydrique	11
V. Aperçu socio-économique	12
V.1. Evolution de la population aux différents RGPH	13
V.3.Répartition de la population occupée	15
Conclusion	16
Chapitre II	
Introduction	17

I-1-2- Les eaux superficielles de la wilaya de Djelfa	18
I-1-3- Réseau hydrographique de la wilaya de Djelfa	19
I-1- 4-Les infrastructures hydrauliques de la wilaya de Djelfa	19
I-1- 5-Bilan des ressources mobilisées de la wilaya de Djelfa	21
I.2.2.Les ouvrages de stockage de la ville de Djelfa	22
II.2.3. Les stations de pompage de la ville de Djelfa	24
II.2.4.Réseau de distribution de la ville de Djelfa	25
II-2-5- Description du réseau d'assainissement de la ville de Djelfa	26
III. Description du logiciel WEAP	26
1.1 Principaux objectifs du logiciel	26
IV. Méthodologie de travaille	27
Conclusion	30
Chapitre III	
Introduction	31
I. Réglage des paramètres généraux	31
II. Numérisations des éléments nécessaires dans le modèle	32
II.1.Sites de demandes	32
II.2.Sites de l'offre	32
II.3.Création des hypothèses clés	33
II.3.1.Changement d'horizon de temps du secteur	34
II.4.Création des scénarios	34
II.4.1.Spécifier la croissance de la population	34
II.4.2.Exécuter le Scénario « Référence »	35
III.Model de la ville de Djelfa	37
III.2.Présentation cartographique finale du modelé	38
III.3.Exécuter le Scénario « Référence »	38
III.4.Évolution de la demande	39

III.4.2. l'évolution de la demande dans le scénario « Prélèvement modifier »	40
III.4.3.Estimation des débits de retour	41
IV. Processus d'hierarchie analytique (PHA)	42
IV.1.La sélection des critères et indicateurs	43
IV.2.Classification des types d'aménagement	44
IV.3.L'application spécifique du processus de hiérarchisation analytique : la comparaison par paires	46
IV.3.1.Comparaison par paires pour les indicateurs de chaque critère de jugement	51
IV.3.2.Discussions	51
Conclusion	54
Conclusion générale	55

## Liste des figures

Figure 01	04
Figure.02. carte des altitudes de la commune de Djelfa	06
Figure 03 : Coupe schématique du synclinal de Djelfa	08
Figure.04 : Carte géologique de la zone d'étude	09
Figure. 05 : Diagramme Ombrothermique	11
Figure.06 : carte de la densité de la population de Djelfa	15
Figure 7: carte du réseau AEP de la ville de Djelfa	24
Figure 08 : Méthodologie du travail	29
Figure 9 : les sites de demandes	31
Figure 10: Les sites d'offres	32
Fig.11 : Prélèvement Maximum annuel des eaux souterraines des communes de la wilaya de Djelfa	33
Figure. 12 : Schéma du Modèle WEAP21 de la wilaya de Djelfa	34
Figure 13 : L'évolution de la demande en eau potable des communes de la wilaya de Djelfa	35
Figure 14 : L'évolution de la demande en eau potable non satisfaite des communes de la wilaya de Djelfa	36
Figure15 : L'évolution de la demande en eau agricole des communes de la wilaya de Djelfa	36
Figure.16 : L'évolution de la demande en eau agricole non satisfaite des communes de la wilaya de Djelfa	37
Figure 17 : Schéma du Modèle WEAP de la ville de Djelfa	38
Figure 18 : L'évolution de la demande en eau potable non satisfaite de la ville de Djelfa	39
Figure 19: Explication de l'application de scénario « prélèvement modifier » sur le WEAP	40
Figure 20: Évolution de la demande, scénario « prélèvement modifier »	40
Figure 21: Schéma du Modèle WEAP de la ville de Djelfa	41
Figure 22: Evolution des rejets sur Oued Mellah	
Figure 23. Présentation des résultats des comparaisons par paires dans chaque niveau hiérarchique	52
Figure 24. Priorité finale	53

## Liste des Tableaux

Tableau N0 01 : Principales nappes à la région de Djelfa	7
Tableau.02 : Moyennes de pluviométrie de la région de Djelfa (1990 à 2017)	9
Tableau.3 : Moyennes de température de la région Djelfa (1990 à 2017)	10
Tableau. 04 : Bilan hydrique	12
Tableau.05 : l'évolution de la population de la wilaya de Djelfa	15
Tableau.06 : Répartition de la population occupée	15
Tableau.7: Les principales nappes de la région de Djelfa	17
Tableau.8 : Les unités hydrogéologiques de la wilaya	18
Tableau.9: les retenues collinaires de la wilaya	18
Tableau.10 : Les caractéristiques hydrologiques (Bassin versant17-02):	19
Tableau.11 : Les infrastructures hydrauliques de la wilaya de Djelfa	20
Tableau.12 : volume des ressources mobilisées	21
Tableau.13: Liste des forages exploités dans la ville de Djelfa 13	21
Tableau.14 : Réservoirs de la ville de Djelfa	22
Tableau n° 16: Les stations de pompage de la ville de Djelfa	24
Tableau n0 17 : Répartition des conduites par type des réseaux	24
Tableau n°18 : le réseau d'adduction	25
Tableau n°19: le réseau de distribution	25
Tableau20. La sélection des critères et des indicateurs	44
Tableau21. Echelle de comparaison	47
Tableau 24. Calcul de la Priorité finale	53

## INTRODUCTION

Ces dernières années, la gestion des ressources en eau est devenue plus compliquée et plus controversée en raison des impacts de différents paramètres affectant les systèmes d'eau (Leong et Lai, 2017). Les pressions accrues sur les ressources en eau liées aux changements climatiques, la croissance démographique, l'urbanisation rapide, le gaspillage de l'eau potable, le développement économique et d'usages de l'eau ainsi que les compétitions grandissantes entre usagers sont reconnues comme des enjeux mondiaux (Plan Bleu, 2013). Étant donné les incertitudes entourant l'avenir, comment gérer durablement les ressources en eau? D'ici 2050, les pays des rives sud de la Méditerranée (comme le cas de l'Algérie) pourraient connaître des situations de pénurie d'eau (Milano et al., 2013). Les questions relatives à la gestion durable des ressources en eau se posent de manière accrue dans les nouvelles politiques de l'eau en Algérie (Benblidia et Thavet, 2010).

Ainsi, les décideurs du secteur de l'eau ont besoin de modèles fiables pour gérer durablement et répartir efficacement les ressources en eau et réduire la détérioration de cette ressource rare et vitale. Donc, ils ont besoin d'appliquer des nouvelles méthodes ou des outils d'aide à la décision pour évaluer si les besoins futurs en eau pourront être satisfaits et pour définir les stratégies d'adaptation les plus appropriées pour satisfaire les demandes (Boukhari et al., 2017). Des approches de modélisation sont nécessaires pour évaluer les ressources en eau aux évolutions de leurs usages et ainsi définir la capacité actuelle et future des ressources à satisfaire les demandes.

Cet article a pour but d'analyser la situation futur de la gestion des ressources en eau pour la wilaya de Djelfa en utilisant le modèle Water Evaluation and Planning model (WEAP) pour la période 2015-2050. WEAP a été développé pour la planification et l'amélioration de la gestion des ressources en eau, il a été largement utilisé pour analyser les systèmes complexes de ressources en eau et pour examiner les stratégies de gestion de l'offre et de la demande (Danial et al., 2017).

Dans ce qui suit, on expose la méthodologie adoptée dans cette étude à travers la description de l'outil de modélisation (WEAP) et la présentation de la zone d'étude et les données. Ensuite, les résultats des trois scénarios sélectionnés sont présentés. Celles-ci nous permettront alors de proposer quelques directives du développement futur des ressources en eaux pour le cas de la Wilaya Djelfa.

Pour le cas de notre recherche, la méthode choisie est l'Analyse Multicritère (AMC) en appliquant l'Analytic Hierarchy Process (AHP) de Saaty et en utilisant un processus

participatif impliquant des experts dans la gestion de services d'eau potable (des responsables de la direction d'hydraulique, des directeurs et chefs de département de l'ADE, et des scientifiques. Pour le développement de la méthode d'identification des solutions d'aménagements, il est nécessaire de sélectionner les critères de jugement et les indicateurs d'évaluation qui faciliteront la mise en œuvre de cette méthode par les experts locaux (Hadji, 2013). L'application de cet outil est pour but de faciliter les tâches de l'ADE pour choisir les meilleures solutions d'aménagements dans le cadre de l'étude de schéma directeur pour l'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa.

## **Introduction**

Toute analyse urbaine doit commencer par identifier l'espace à analyser, sa situation, ses limites et ses composantes. Ce chapitre a pour but de définir la situation de la ville de Djelfa et Socio-économiquement de déterminer ses données physique naturelles (ensembles topographiques, réseau hydrographique, facteurs climatiques...), et de décrire sa structure urbaine (typologie d'habitat, la population occupée par branche d'activité ...)

## **I-Présentation générale**

### **I-1-Situation géographique et limites administratives**

La wilaya de Djelfa est située dans une position centrale par rapport à l'ensemble du pays. Du découpage administratif de 1974, cette partie du territoire d'une superficie totale de 32.256,35 km<sup>2</sup> représentant 1,36% de la superficie totale du pays se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Daira.

La commune de Djelfa est devenue chef lieu de la Wilaya depuis 1974, elle située au centre et à 300km de la capitale Alger, s'étend sur une superficie de 549.30km<sup>2</sup>.

Elle est considérée comme un carrefour très important Nord-Sud et Est-Ouest, reliée par un important réseau routier assurant les trafics inter Wilayas d'importance nationale et régionale :

- La route nationale 1 (R.N.1) : reliant Alger au Sud du pays en passant par Djelfa.
- La R.N.46 : reliant Djelfa à Boussaâda, puis Biskra au Sud-est et Sétif au Nord-est.
- C.W.189 : reliant Djelfa à Moudjbara au Sud-est.
- C.W.164 : reliant Djelfa à Charef à l'Ouest.

Elle est limitée administrativement par les communes de :

- La commune d'Ain Maabed. au Nord et Nord Ouest
- La commune de Dar Chioukh, au Nord-est.
- La commune de Moudjbara à l'Est.
- La commune de Zaâfrane à l'Ouest.
- La commune de Zaccar au Sud.

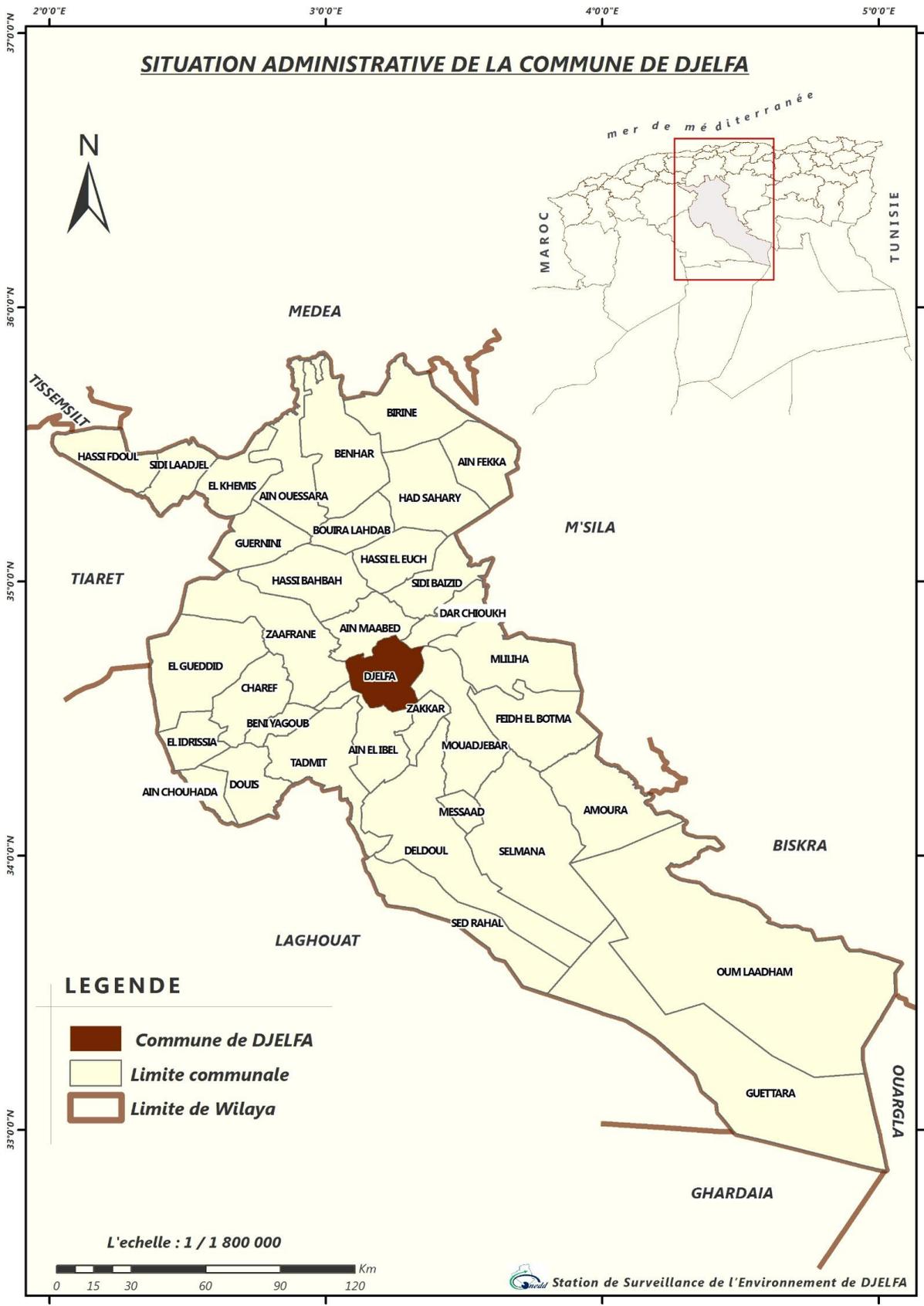


Figure01.

## **II. Relief**

Assurant le lien entre le Nord et le Sud du pays, le relief de la Wilaya de Djelfa est caractérisé par la succession de quatre (04) zones distinctes du Nord au Sud de son territoire. Le point culminant de la Wilaya se trouve à l'Est de l'agglomération de Benyagoub dans la Daira de Charef avec une altitude de 1.613 mètres et le point le plus bas est à l'extrême Sud de la Wilaya avec une altitude de 150 mètres.

### **II. 1.Zone plane du Nord**

D'une superficie de l'ordre de 618.778 hectares représentant 19,17% de la superficie totale de la wilaya, cette zone est aussi appelée « Plaine de Ain Ousséra ». Elle est comprise entre 650 mètres et 850 mètres d'altitude. Cette plaine qui succède au piémont sud de l'Atlas Tellien et qui précède les dépressions des chotts (Zahrez chergui et Zahrez gharbi) est compartimentée en trois secteurs séparés par des collines érodées: la vallée de l'Oued Touil à l'Ouest, la plaine de Birine à l'Est et le plateau de Ain Ousséra au Centre. Elle se compose de 10 communes (Ain Ousséra, Guernini, Birine, Benhar, Had Sahary, Bouirat Lahdeb, Ain Fekka, Sidi Laadjel, Hassi Fedoul et El Khemis).

### **II. 2.Zone des dépressions des chotts**

Zone intermédiaire entre la zone plane du Nord et la zone de la dépression des Ouled Naïl, les dépressions des chotts sont séparées l'une de l'autre par un simple nivellement topographique. Cette zone est aussi appelée la « dépression des Sebkhass ». Elle se situe à des altitudes allant de 750 mètres à 850 mètres. Elle se compose de 07 communes (Hassi Bahbah, Zaafrane, Hassi El Euch, Ain Maabed, Dar Chioukh, Sidi Baizid et M'Liliha) et s'étend sur une superficie de l'ordre de 466.695 ha représentant 14,46% de la superficie totale de la Wilaya.

### **II. 3.Zone de la dépression des Ouled Naïl**

Cette zone est formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 900 mètres et 1.600 mètres. Les plaines les plus importantes sont celles de Maalba et de Mouilah à l'Est de la ville de Djelfa.

La partie haute de la dépression est constituée de la chaîne montagneuse des Ouled Naïl. Cette chaîne est orientée Sud-Ouest et Nord-Est et formée des principaux monts de la Wilaya qui sont le « Djebel Senalba », le " Djebel Azreg » et le « Djebel zerga » dont l'altitude est comprise entre 1.200 mètres et 1.600 mètres. Elle se compose de 07 communes (Djelfa, Charef, El Guedid, Benyagoub, El Idrissia, Douis et Ain Chouhada) et s'étend sur une superficie de l'ordre de 352.648 ha représentant 10,92% de la superficie totale de la Wilaya.

## II. 4. Zone du plateau pré désertique

Cette zone est aussi appelée « Plateau Saharien » et se situe dans la partie Sud de la Wilaya. Elle plonge dans la dépression formée par l'Oued Djeddi considéré comme la limite naturelle du Sahara. Elle se compose de 12 communes (Ain El Bell, Moudjebara, Tadmit, Zaccar, Messaad, Deldoul, Sed Rahal, Selmana, Guettara, Feidh El Botma, Amourah et Oum Ladham) et s'étend sur une superficie de l'ordre de 1.789.920 ha représentant plus de la moitié de la superficie de la Wilaya soit 55,45%.

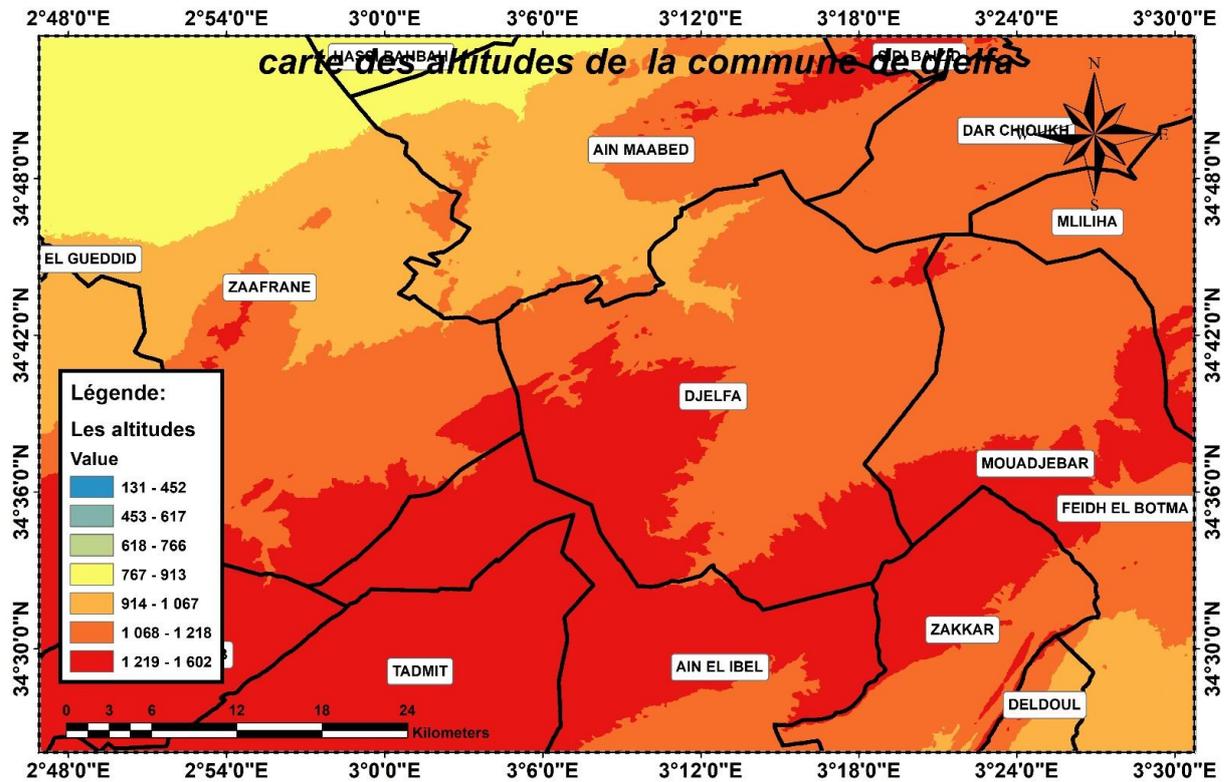


Figure.02. carte des altitudes de la commune de Djelfa

## III. Cadre géologique

La région de Djelfa se trouve dans la zone de transition de deux grandes unités structurales : les hauts plateaux et l'Atlas saharien

L'effet de la pression de ces deux unités est fait par un mouvement de plissement tectonique récent de la Terre. Ainsi cette région se situe, du point de vue géologique, dans la période d'ascension. Cette région peut être divisée en deux parties structurales :

### III. 1. Le grand synclinal sud de Djelfa

Dont l'axe s'oriente dans le sens Est-nord et s'incline vers le Nord-est avec cette inclinaison, le grand synclinal Sud forme au côté d Sud-ouest, une assise semi-fermée. Celui-ci a une base large, à pente modérée.

### III. 2. Le petit synclinal Nord

Il suit la même orientation que le précédent, mais il est caractérisé par ses diapirs rapprochés les uns des autres, par l'importance d'angle d'inclinaison des roches et par le développement de ses fissures de au plissement.

### III. 3. Point de vue hydrogéologique

La formation litho stratigraphique est composée par trois classes :

- La formation perméable est constituée des alluvions, des sables, d'argiles et molasses, cette formation se situe le long de la ville de Djelfa à l'Est, sud-ouest et au Nord ;
- La formation moyennant perméable constitue d'argiles, conglomérats et calcaires, elle se situe aussi le long de la ville de Djelfa au Sud et à l'Est ;
- La formation imperméable de calcaires, calcaires ocre, marnes, grés et argiles

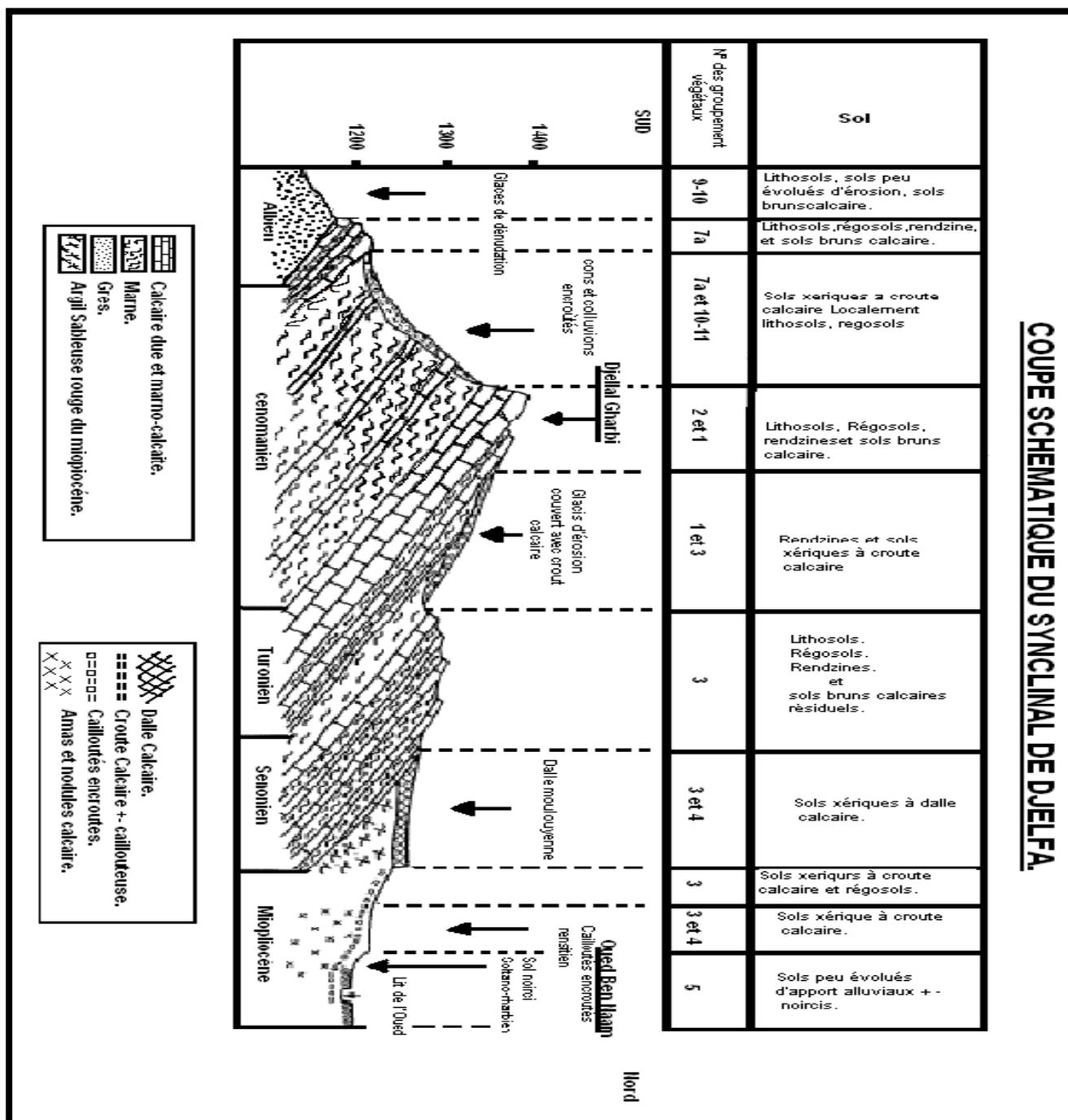
Il existe, dans la Wilaya, six grandes nappes dont quatre sont assez bien connues (nappe d'Ain Houssera, de l'Oued Touille, des Zahers et les synclinaux Nord et Sud). Les moins connues sont celles situées dans la partie Sud de la Wilaya la nappe du complexe terminal et celle du continental intercalaire.

**Tableau N° 01 : Principales nappes à la région de Djelfa**

Nappe	Surface km <sup>2</sup>	Taux d'information %	Débit d'infiltration m <sup>3</sup> /an
Synclinal de Djelfa	863	10 à 13	24,10 × 10 <sup>3</sup>
Synclinal Nord de Djelfa	495	10 à 13	13,82 × 10 <sup>3</sup>

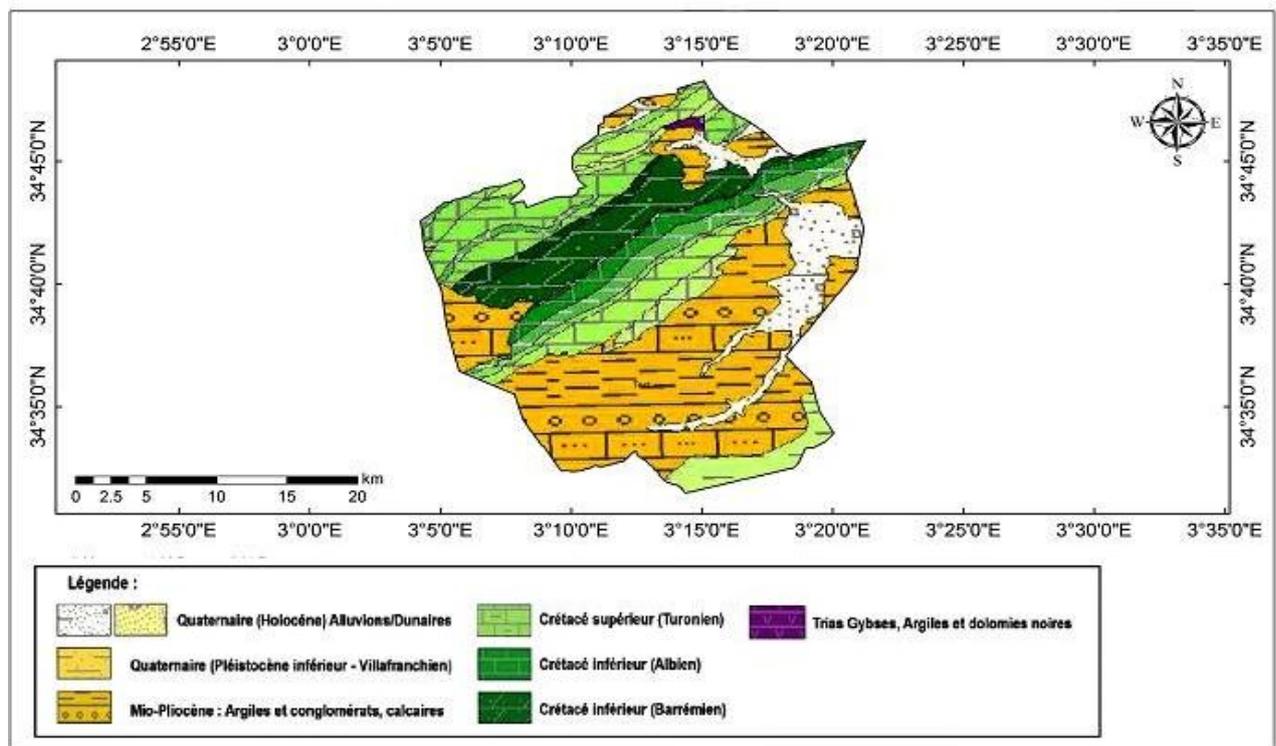
Source : D.R.E, wilaya de Djelfa, 2013

## COUPE SCHEMATIQUE DU SYNCLINAL DE DJELFA.



Source: ANRH (2008)

Figure 03 : Coupe schématique du synclinal de Djelfa



**Figure.04 :** Carte géologique de la zone d'étude

#### IV. Contexte climatique

Le climat de la région de Djelfa se caractérise par une faible pluviométrie (336,96mm par an) et de fortes amplitudes thermiques. Cette pluviométrie est non seulement faible mais irrégulière et les précipitations tombent souvent sous forme de pluies violentes (averses). Une saison estivale sèche et chaude alterne avec une saison hivernale pluvieuse et fraîche, sinon froide

##### IV. 1. Pluviométrie

Les moyennes relatives de pluviométrie sont exprimées par le tableau ci-dessous. Les données sont considérées sur la période 1990 à 2017 :

**Tableau.02 :** Moyennes de pluviométrie de la région de Djelfa (1990 à 2017)

Mois	Sept	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	aout
Moyennes de Précipitation (mm)	31,55	36,65	17,67	21,8	28,12	35,42	27,66	36,32	31,4	22,12	17,52	26,73

Source : O.N.M, station de Djelfa, 2017

La valeur la plus importante est inscrite **36,65mm** au mois d'octobre. Elle est suivie par la moyenne 36.32mm au mois d'avril. La valeur la plus minimale est inscrite au mois de juillet avec une moyenne de **17,52mm**.

#### **IV.2.Température**

La région de Djelfa est caractérisée par une température variable qui elle est basse en hiver et élevée en été, le tableau n°4 regroupe les moyennes minimales et maximales entre les années 1900 et 2017 :

**Tableau.3** : Moyennes de température de la région Djelfa (1990 à 2017)

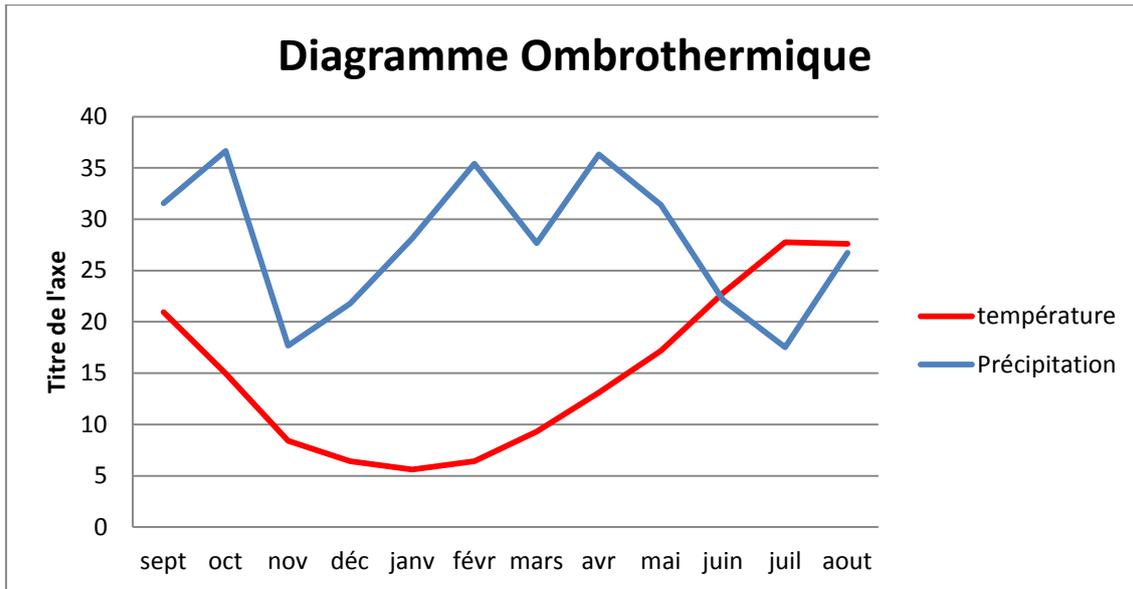
<b>Mois</b>	<b>Sept</b>	<b>oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil</b>	<b>aout</b>
<b>Moyennes de température</b>	20,94	14,98	8,41	6,43	5,62	6,43	9,03	13,1	17,19	22,82	27,77	27,6

**Source** : O.N.M, station de Djelfa, 2013

Durant la période de 2008 à 2012, la température moyenne la plus élevée est celle de juillet avec 27,77oC et la moyenne minimale la plus froide est de 5,62oC au mois de janvier.

#### **IV.3.Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен**

Les relevées pluviométriques et thermiques permettent de représenter le diagramme Ombrothermique. L'interprétation de ce diagramme montre que la ville de Djelfa se caractérise par l'alternance des deux périodes : une période humide et autre sèche. La durée de chacune d'elle dépend nettement du taux de précipitation et de la température.



**Figure. 05 :** Diagramme Ombrothermique

D'après le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен, il apparaît que la période sèche s'étend pendant l'été entre le mois de mai jusqu'à aout, tandis que la période humide prend le reste des mois.

#### **IV.4.Bilan hydrique**

Le déficit annuel est de 440.2mm (1990-2017) ; il atteint son maximum au mois de Juillet avec 132.8 mm. Il nous donne une approximation des besoins en eau d'irrigation des cultures, vu que cette formule (Thornthwaite) aurait tendance à sous estimer les fortes ETP, particulièrement en zone aride et semi aride, où elle ne tient pas compte de l'accentuation de l'ETP due aux phénomènes adventifs.

**Tableau.04 : Bilan hydrique**

<b>Tp</b>	<b>IT</b>	<b>CL</b>	<b>ETPC</b>	<b>Pr</b>	<b>BH</b>	<b>CH</b>	<b>VR</b>	<b>RU</b>	<b>ETPR</b>	<b>Def</b>	<b>Exc</b>
20.94	10,7	1,03	110,3	31.55	-83,4	-0,8	0,0	0,0	26,9	83,4	0,0
14.98	8,7	0,97	79,6	36.65	-34,5	-0,4	0,0	0,0	45,1	34,5	0,0
8.41	6,4	0,86	48,4	17.67	20,2	0,4	20,2	20,2	48,4	0,0	0,0
6.43	4,9	0,81	32,3	21.8	63,1	2,0	63,1	83,3	32,3	0,0	0,0
5.62	4,3	0,87	29,3	28.12	55,4	1,9	16,7	100,0	29,3	0,0	38,6
6.43	4,3	0,85	28,7	35.42	42,2	1,5	0,0	100,0	28,7	0,0	42,2
9.3	5,0	1,03	41,7	27.66	23,0	0,6	0,0	100,0	41,7	0,0	23,0
13.1	6,7	1,10	64,7	36.22	-15,0	-0,2	-15,0	85,0	64,7	0,0	0,0
17.19	7,3	1,21	80,1	31.4	-56,6	-0,7	-56,6	28,4	80,1	0,0	0,0
22.82	8,4	1,22	96,4	22.12	-86,5	-0,9	-28,4	0,0	38,3	58,1	0,0
27.77	10,7	1,24	133,9	17.52	-132,8	-1,0	0,0	0,0	1,1	132,8	0,0
27.6	11,5	1,16	136,5	26.73	-131,4	-1,0	0,0	0,0	5,1	131,4	0,0
<b>15.05</b>	<b>88,9</b>		<b>881,9</b>	<b>332.81</b>	<b>-336,3</b>				<b>441,7</b>	<b>440,2</b>	<b>103,9</b>

## V. Aperçu socio-économique

La Wilaya de Djelfa est constituée de vastes parcours steppiques évalués à plus de deux millions d'hectares représentant 66,24% de sa superficie totale. Cette caractéristique fondamentale fait du pastoralisme son activité principale. En effet, l'agriculture et l'élevage emploient près de 38% de la population occupée totale.

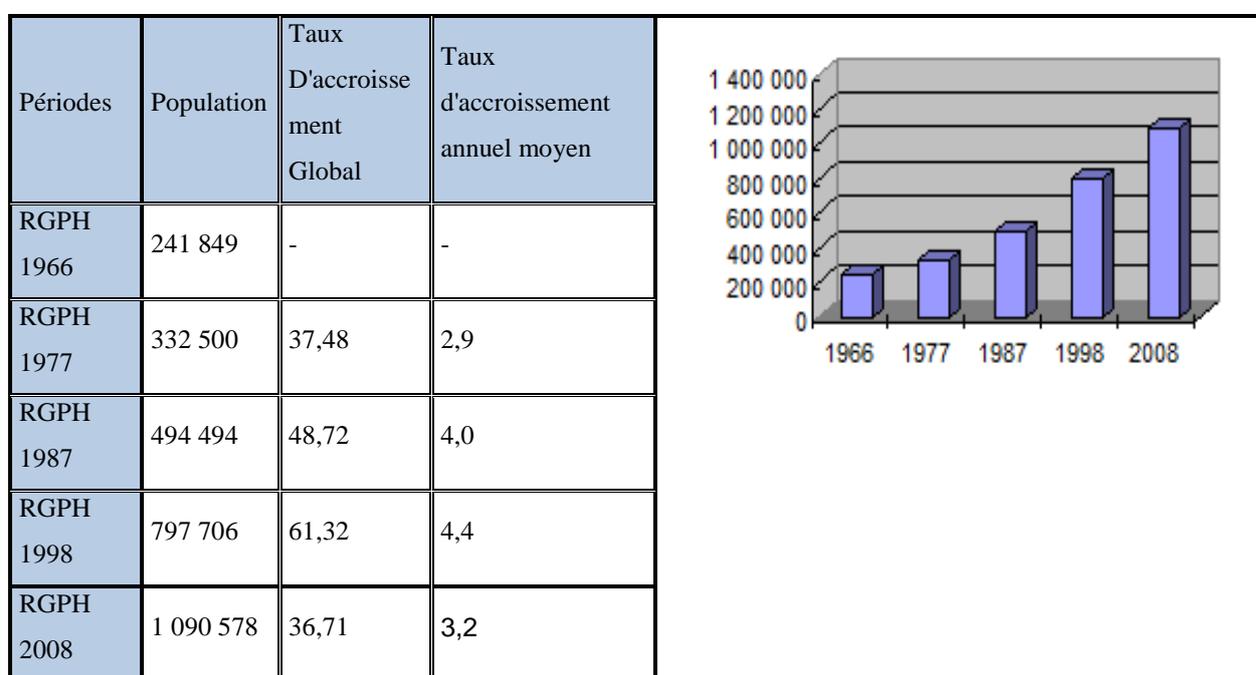
Si, dans la Wilaya de Djelfa, le pastoralisme est la base économique fondamentale de la population locale, il n'en demeure pas moins que d'autres activités peuvent être initiées grâce essentiellement à la situation géographique de la Wilaya considérée, à juste titre, de position charnière entre le Nord et le Sud du pays, aux innombrables richesses naturelles que renferme la région, à la disponibilité du terrain et d'un réseau routier bien émaillé renforcé par la nouvelle route Messaad - Touggourt qui contribuerait au désenclavement de toute la partie Sud-Est de la Wilaya et faciliterait les échanges avec les Wilayats du Sud-Est du pays. L'existence de ces importantes ressources et la disponibilité d'un réseau électrique, de gaz, de l'eau, d'un important réseau routier pour les principales agglomérations urbaines et de la

disponibilité du terrain peut attirer des investisseurs privés dans la réalisation d'unités industrielles, d'infrastructures touristiques et dans la transformation des produits de l'agriculture et de l'élevage.

### V.1. Evolution de la population aux différents RGPH

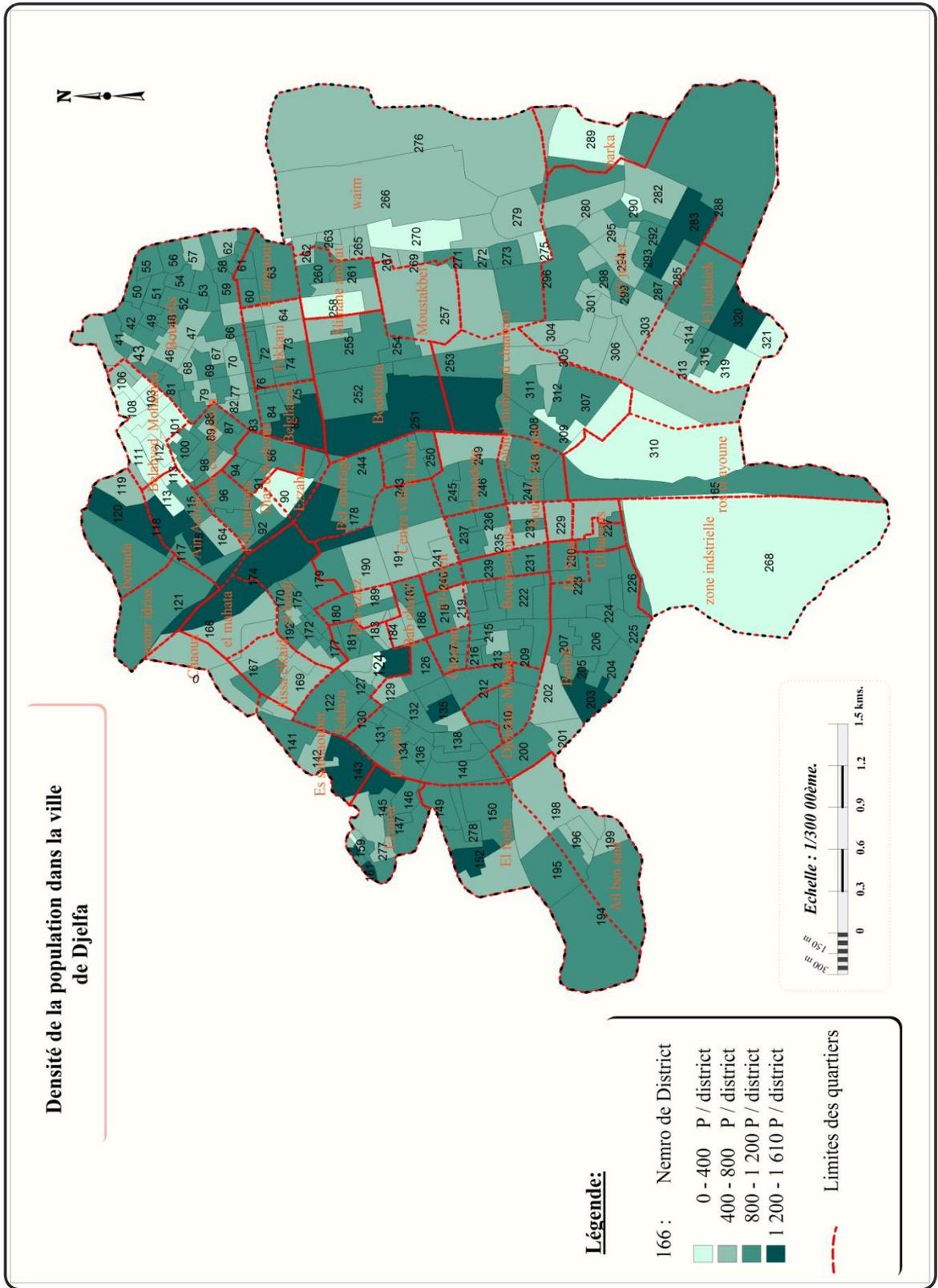
Durant les différents recensements de la population effectués, la wilaya de Djelfa se caractérise par un d'accroissement rapide de la population, selon les résultats de RGPH 2008 la population de l'ordre 1 090 578, le taux d'accroissement annuel moyen intercensitaire de 3.2 % par rapport au RGPH 1998

**Tableau.05 :** l'évolution de la population de la wilaya de Djelfa



### V.2. Densité de la population

La densité moyenne de la wilaya s'élève à 33.31 habitants /km<sup>2</sup>. Les principales communes de Djelfa, Ain Oussara, Messad et Hassi Bahbah qui comptent un peu plus de la moitié de la population totale de la wilaya soit 52%



Source: APC\_Djelfa (RGPH 2008)

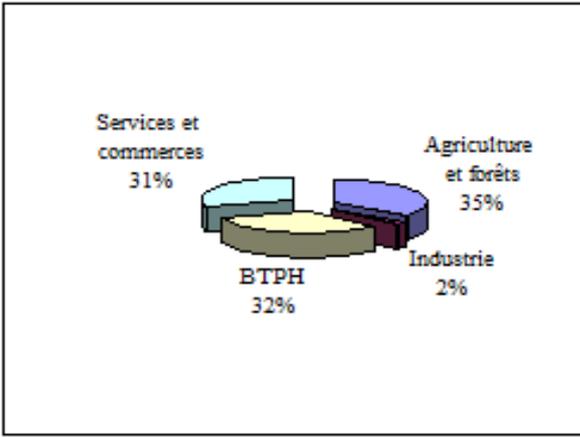
Figure.06 : carte de la densité de la population de Djelfa

### V.3.Répartition de la population occupée

La répartition de la population occupée par branche d'activité économique montre, d'une façon générale, une bonne répartition de l'emploi entre trois branches à savoir l'agriculture, les services et les bâtiments et travaux publics (BTPH) et la faiblesse de l'emploi industriel.

**Tableau.06** : Répartition de la population occupée

Branche d'activité	Nombre	%
- Agriculture et forêts	79234	35.27
- Industrie	4179	1.86
- Bâtiment et Travaux Publics (BTPH)	72225	32.15
- Services et commerces	69013	30.72
Total	224651	100



The pie chart illustrates the distribution of the employed population across four economic sectors. The largest segment is 'Agriculture et forêts' at 35%, followed by 'BTPH' at 32%, 'Services et commerces' at 31%, and 'Industrie' at 2%.

Branche d'activité	%
Agriculture et forêts	35%
BTPH	32%
Services et commerces	31%
Industrie	2%

## **Conclusion**

En conclusion, la présentation de la ville de Djelfa a offert une connaissance sur son état dans les différents côtés qui doivent être analysés dans un milieu urbain.

Naturellement, elle occupe par sa position géographique la région centrale steppique Algérienne, elle est distinguée par son climat à caractère semi aride, par élévation de température et faiblesse de précipitations, elle se situe dans un bassin versant, son réseaux hydrographique formé d'Oueds, le principale est oued Mellah qui franchit la ville du Sud-est au Nord-ouest.

Socio-économiquement, la population a connu une croissance perpétuelle dans les différents R.G.P.H, ce qui a participé à l'évolution de population, par l'augmentation de la demande sur les équipements et l'habitat donc une extension aggravée en comte de l'espace.

En matière des infrastructures, Elle est définie par l'existence de la voirie et des réseaux divers.

## Introduction

Afin de proposer un modèle de gestion intégrée pour les ressources en eaux, le décideur doit tenir compte des alertes du système hydrique et dans le cadre d'un compromis acceptable et moins contraignant pour les différents intervenants. C'est à ce niveau que l'approche des « Systèmes d'Aide à la Décision » (SAD) peut venir en aide au gestionnaire; à travers des outils et des méthodes qui visent à modéliser, à restituer et à analyser un ensemble complexe de données, en vue de permettre aux responsables d'avoir un aperçu sur l'activité traitée, et de visualiser aussi clairement les inerties du système.

### I. Données nécessaires

Les données sont différentes suivant l'étude que l'on veut procéder. On va commencer par un diagnostic globale des ressources en eau de tous le territoire de la wilaya de Djelfa et un essai de la gestion intégrée par le weap de toutes les commune.

Notre objectif principale et d'aller de régional vers le détail afin d'arriver a un modèle de gestion de la ville de Djelfa.

#### I-1- Les potentialités en eau de la wilaya de Djelfa

Dans la région de Djelfa l'eau contenue dans trois formations différentes (Barrémien, Albien, Turonien) a une minéralisation faible (moins de 2g/l).

La superficie de l'impluvium du grand Synclinal Djelfa est de 863 Km<sup>2</sup> (Mio-Pliocène, Turonien, Albien et Barrémien), celle du petit Synclinal au Nord de Djelfa est de 459 Km<sup>2</sup> (Mio-Pliocène, Turonien et Albien).

**Tableau.7:** Les principales nappes de la région de Djelfa

Nappe	Surface km <sup>2</sup>	Taux d'infiltration %	Débit d'infiltration m <sup>3</sup> /an
Synclinal Djelfa	863	10 à 13	24,10x10 <sup>3</sup>
Synclinal Nord de Djelfa	495	10 à 13	13,82x10 <sup>3</sup>

*Source: DRE, wilaya de Djelfa, (2017)*

##### I.1.1. Les eaux souterraines de la wilaya de Djelfa

Les eaux souterraines se représentent sous formes de nappes dans le milieu naturel. Une nappe peut être libre, captive (séparée de la surface du sol par une couche imperméable )ou alluviale (située dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau) , selon la porosité et la structure du terrain.

Parmi les caractéristiques de ces eaux .Il faut retenir une faible turbidité, une température et une composition chimique constantes, et l'absence presque générale de l'oxygène.

Les unités hydrogéologiques que compte la wilaya de Djelfa se répartissent dans le tableau suivant :

**Tableau.8 :** Les unités hydrogéologiques de la wilaya

Unité hydrogéologique	Volume mobilisable minima(Hm3)	Volume mobilisable maxima(Hm3)
Bassin de Zehrez	50	140
Plaine d'Ain Oussera	27	55
Synclinal de Djelfa	30	40
Vallée de l'Oued Touil	15	25
Synclinal d'Ain Lbel et plateau de Messad	25	45

Source: ANRH de Djelfa, 2017

### I-1-2- Les eaux superficielles de la wilaya de Djelfa

Ce terme englobe les eaux circulantes ou stockées à la surface terrestre. Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau ou de rivière, soit les eaux de ruissellement. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages).

Au niveau de la wilaya de Djelfa, la mobilisation des ressources en eaux superficielles est très faible pour ne pas dire négligeable, cette faiblesse est favorisée par des conditions climatiques défavorables :

- Pluviométrie faible irrégulière et souvent torrentielle (100-300mm/an).
- Evaporation élevée de l'ordre de 800 à 1000mm/an

Les ouvrages de mobilisation d'eau superficielle existants sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau.9:** les retenues collinaires de la wilaya

Communes	Nature de l'ouvrage	Localisation	Volume de mobilisation Hm3
Charef	Petit Barrage	El Hajia	1,87
Taadmit	Petit Barrage	Toukersane	1,54
Djelfa	Retenue collinaire	Oued Boutreifiss	0,40
Djelfa	Retenue collinaire	Chebaika	0,04
Djelfa	Retenue collinaire	Oued El kiran	0,04
Total			3,89

Source: monographie de Djelfa (2018)

### I-1-3- Réseau hydrographique de la wilaya de Djelfa

Le réseau hydrographique est composé d'oueds soumis à un régime saisonnier. IL se compose de: Oued Messeka, Oued El Hadid, Oued El kirane, Oued Meguennah, Oued Lozen, Oued Oum Defain, Oued Abga et Oued Sidi Slimane.

La plupart de ces oueds déversent leurs eaux dans l'Oued Mellah qui est considéré comme le plus important de la commune, et qui traverse la ville du Sud-est au Nord Ouest pour aller se jeter dans le bassin de Zehrez.

Cet oued qui a un lit à sec pendant l'été sert d'exutoire aux eaux usées de la ville ; ce qui pose un problème de pollution. (ANRH, Synthèse des études sur le synclinale du Djelfa, 2007).

**Tableau.10** : Les caractéristiques hydrologiques (Bassin versant17-02):

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Surface du bassin	S	2412 ,31	Km2
Périmètre	P	267,82	Km
Long-Chevelu	/	1539,30	Km
Coefficient de compacité	Kc	1,53	/
Longueur de l'oued	L.re	112,46	Km
Largeur	l.re	21,45	Km
Densité de drainage	D.d	0,64	Km-1
Altitude maximale	Hmax	1550	M
Altitude minimale	Hmin	850	M
Altitude moyenne	Hmoy	1200	M

Source: ANRH Djelfa2011+traitement d'étudiant

### I-1- 4-Les infrastructures hydrauliques de la wilaya de Djelfa

La priorité donnée au secteur de l'eau depuis des années a permis de disposer d'un patrimoine d'infrastructures hydrauliques, constitué d'une dizaine de réservoirs de tailles diverses, avec une capacité de stockage totale de 32050hm<sup>3</sup>, de 23 ouvrages de stockages. Ces infrastructures hydrauliques jouent un rôle primordial dans la sécurité hydrique et alimentaire de la wilaya de Djelfa et rend de précieux services au secteur socioéconomique.

**Tableau.11 : Les infrastructures hydrauliques de la wilaya de Djelfa**

Commune	Nombre de forages réalisés	Nombre de forages exploités	Volume produit m <sup>3</sup> /j	Réservoirs	
				Nombres	Capacité (m <sup>3</sup> )
Djelfa	26	17	29980	23	32050
Messaad	10	6	12700	09	9250
Selmana	4	4	7344	03	350
Guettara	3	3	0	03	750
Sed Rahal	4	4	1296	03	680
Deldoul	4	4	6480	04	850
Ain El Bell	8	7	7257.60	08	3500
Moudjebara	4	3	1814.40	03	1250
Htaadmit	7	7	8294.40	11	2500
Zakar	1	1	1728	03	850
Feid el botma	3	3	3542	04	3200
Amoura	3	2	1036	04	250
Oum Laadam	2	2	2937	03	500
Hassi Bahbah	10	7	11491	05	5500
Hassi Eleuch	4	4	4147	03	1100
Zaafrane	7	7	750	03	850
Ain Maabed	3	2	3230	02	750
El Idrissia	6	4	4233	05	3400
Ain chouhada	4	3	2073	05	900
Douis	3	3	1728	02	1000
Ain ouessera	9	7	17884	08	9400
Guernini	1	1	1900	08	9400
Had sahy	4	3	2592	06	1900
Ain F'ka	6	5	2678	03	2000
Bouiret lahdab	4	2	2764	05	1200
Birine	7	6	5036	11	36110
Benhar	3	2	1550	04	1550
Charef	4	4	4752	05	2200
Benyagoub	3	3	6912	02	700
El Guedid	3	3	3888	03	1600
Sidi laadjel	4	3	2592	03	1500
El khemis	1	1	864	01	150
Hassi F'doul	2	1	864	02	650
Dar chioukh	7	5	2232.80	05	2180
M'liliha	5	4	2592	03	1250
Sidi bayzid	4	3	2851.20	03	800
<b>Total</b>	<b>183</b>	<b>146</b>	<b>151563</b>	<b>178</b>	<b>140470</b>

Source: DHW de Djelfa

## I-1- 5-Bilan des ressources mobilisées de la wilaya de Djelfa

Le bilan des ressources mobilisées est récapitulé dans le tableau ci-dessous et illustré dans le graphe suivant :

**Tableau.12 :** volume des ressources mobilisées

Ressources	Quantité(Hm)
Superficielles	3,89
Souterraines	55,32
<b>TOTALE</b>	<b>59,21</b>

Source: DHW de Djelfa

## I-2- Les potentialités en eau de la ville de Djelfa

Le système d'installation en eau potable de la ville de Djelfa est constitué par les éléments suivants :

- Des ressources.
- Des ouvrages de stockage.
- Des stations de pompage (pompage ou surpression).
- Des réseaux de distribution.

### I.2.1 Les ressources (récapitulation) de la ville de Djelfa

**Tableau.13:** Liste des forages exploités dans la ville de Djelfa

Eléments desystème	Désignation	Volume prélevé (m <sup>3</sup> /j)	Champ de captage
Ressources	ZI1	691,2	La zone industrielle (au sud ouest de ville)
	ZI5	604,8	
	F9	864	
	F1	2592	Ain Loukarif (au nord de la ville)
	F1Bis	2332.8	
	F4	1382.4	
	F4Bis	864	
	F5	604.8	
	F5 Bis	1036.8	
	Turonien	2592	
	F13	864	Oued Sedar (au sud de la ville)
	OS1	1728	
	OS2	2592	
	OS3	2592	
	OS4	3024	
	OS5	3888	
	OS6	3456	
	Total		31708.8

Source: ADE

### I.2.2. Les ouvrages de stockage de la ville de Djelfa

La ville de Djelfa est alimentée actuellement à partir de plusieurs réservoirs et château d'eau de capacité totale de 32050m<sup>3</sup>, soit environ 28.21% des capacités de stockage de la wilaya. La plupart des ouvrages sont situés aux alentours de la ville, et leur capacité varie de 50 à 3250m<sup>3</sup>. Ces ouvrages sont soit uniques soit regroupés en deux, trois ou quatre ouvrages dans une même enceinte de stockage. Ils sont récapitulés dans les tableaux suivants :

**Tableau.14 : Réservoirs de la ville de Djelfa**

<b>Localisation</b>	<b>Nombre de réservoir</b>	<b>Capacité (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Date de mis en service</b>
Chiboute	4	13000	1980
Makam	4	4250	1950
Berbih	2	5000	1974
05Juillet	1	3000	1980
Zone Industriel	2	1350	1974
Fosha	1	500	
100Maisons	1	500	1950
Boutrifis	1	500	1994
Cité Jardin	1	1000	2007
Centre ville	1	450	
Station Oued Seder	2	1000	2007
Station Nord	1	500	
Station Ain Srar	1	500	
Station 05Juillet	1	500	
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>32050</b>	

Source: ADE



### II.2.3. Les stations de pompage de la ville de Djelfa

Il existe deux catégories d'installations :

- Les stations de reprise : pour alimenter les réservoirs qui se situent sur une cote plus élevée ; la prise est effectuée depuis un réservoir
- Les stations de surpression : pour la desserte localement d'un réseau de distribution, dans ce cas, elles sont constituées d'une bache alimentée par le réseau et de groupe de pompage avec un ballon tampon.

**Tableau n° 16:** Les stations de pompage de la ville de Djelfa

Commune	Station	Débit (m <sup>3</sup> /j)	Altitude (m)	observation
Djelfa	St Oued Sedar	15000	80	
	St Nord	7000	100	
	St Ain Srar	1700	60	
	St Hôpital	2000	60	
	St Maalba	/	/	A l'arrêt

Source: ADE

#### .Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa a été réalisé sur la base de plusieurs études, dont nous citons. Le dossier PMI (Plans de Modernisation Urbaine) élaboré en 1970, les PUD (Plan d'urbanisme Directeur), PDAU et le schéma directeur d'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa (1992-1996) et celui de 2008 en cours par ADE.

Le linéaire total des réseaux d'AEP est de 382,5 Km sur lesquels 22,47Km (soit de 5,87%) a été renouvelé depuis 2005.

Après l'analyse des données nous aboutissons aux résultats ci-après :

#### .Répartition des conduites par type des réseaux de la ville de Djelfa

**Tableau n° 17 :** Répartition des conduites par type des réseaux

Type des réseaux	Longueurs(m)
Adduction	88442
Distribution	294121
<b>Total</b>	<b>382563</b>

Source: ADE

### .Réseau d'adduction de la ville de Djelfa

Le diamètre le plus utilisé est le (DN>300mm) avec de longueur (*65079 m*) et le matériau le plus utilisé est la fonte avec de longueur (*50281m*).

**Tableau n°18 : le réseau d'adduction**

Commune	Linéaire d'adduction par diamètre et par type de matériau					
	DN (mm)	Amiante ciment	Acier	Fonte	PEHD	FTI
Djelfa	DN≤100	/	47	/	/	/
	100<DN≤300	9682	8175	4174	1285	/
	300<DN≤600	8715	59	46107	/	10198

Source:

ADE

### II.2.4.Réseau de distribution de la ville de Djelfa

Les eaux sont distribuées par un réseau ponctué de réservoirs ;l'eau finit par arriver au consommateur ; si l'eau qui sort de l'usine est propre a la consommateur ; elle doit conserver ses qualités sur l'ensemble du réseau .c'est la raison pour laquelle on doit souvent ajouter des produits chlorés pour en préserver la qualité bactériologique , et souvent en excès pour conserver une marge de sécurité, de plus les canalisations qui ne sont pas parfaitement étanches, doivent être nettoyées régulièrement.

**Tableau n°19: le réseau de distribution**

Commune	Linéaire de distribution par diamètre et par type de matériau						
	DN (mm)	Amiante ciment	Acier	Fonte	PEHD	PVC	Galv
Djelfa	DN≤60	/	/	/	407.61	244.5	23818.99
	60<DN≤100	88961.30	110.88	3564.2	10152.52	1857.71	34525.87
	100<DN≤300	52731.07	14285.13	4680.04	15442.8	1841.59	16672.81
	DN>300	10199.95	7175.25	3403.24	4046	/	/

Source:

ADE

Le réseau de distribution d'eau de la ville de Djelfa est constitué de canalisation de type et matériaux divers ; le matériau le plus utilisé est l'Amiante ciment avec de longueur (*151892,32 m*).

## **II-2-5- Description du réseau d'assainissement de la ville de Djelfa**

La ville de Djelfa est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire de longueur 206km (environ), variant de Ø200jusqu'au Ø1200, qui varie entre le béton comprimé, grès et le PVC.

Actuellement le réseau d'assainissement connaît un dysfonctionnement :

- L'tat vétuste de quelques tronçons du réseau (collecteur principal de Djelfa)
- Branchements illicite des citoyens (au niveau des galeries des eaux pluviales, ainsi que l'oued mellah).
- Les abattoirs illicites (100 maison, Ain Essrare, Boutrifisse), créant les obstacles du réseau.
- Absence des plans et les schémas des réseaux pour assurer une exploitation rationnelle des infrastructures.

## **III. Description du logiciel WEAP**

Les modèles de simulation conventionnels orientés à la distribution d'eau ne sont pas toujours adéquats. Durant la dernière décade, une approche intégrée pour le développement de l'eau a émergé, et a placé les projets de distribution d'eau dans le contexte des questions de la demande, la qualité de l'eau et la préservation des écosystèmes.

Le WEAP « *Water Evaluation and planning System : Système d'évaluation et de planification de l'eau* » vise l'incorporation de ces valeurs dans un outil pratique pour la planification des ressources en eau. Il se distingue par son approche intégrée pour la simulation des systèmes d'eau et par l'orientation de sa politique. Cette approche par site permet de détailler le bilan prospectif ressources - besoins et complète l'approche par commune adoptée au chapitre précédent.

Il a été créée par Stockholm Environnement Institute (SEI) en 2005 à Boston (Jack Seiber du Water Systems model, Swartz du Research Associates et Annette Huber - Lee, Director Water Program Stockholm Environnement Institute). WEAP a été appliqué pour l'évaluation de l'eau dans plusieurs pays (Etats-Unis, Brésil, le Mexique, Allemagne, Ghana, Burkina Faso, Kenya, Afrique du Sud, Mozambique, Egypte...), (SEI, 2005).

### **1.1 Principaux objectifs du logiciel**

WEAP évalue les problèmes spécifiques de l'eau dans un cadre global. Il intègre plusieurs dimensions, entre les besoins et l'approvisionnement, la quantité et la qualité de l'eau, les objectifs de développement économique et les contraintes environnementales. Les objectifs de ce système d'évaluation et de planification de l'eau se résument dans ce qui suit (Rakotondrabe, 2007) :

*-incorporer ces dimensions dans un outil pratique pour des ressources d'eau avec la protection future ;*

*-examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau.*

*-fournir un système de base de données pour la demande en eau et les informations de maintien d'approvisionnement ;*

*-prévoir certaines situations des ressources en eau simulant la demande, l'offre, les ressources exploitables, les écoulements, les stockages, les pollutions, les traitements et les décharges ;*

*-analyser le développement socio-économique en évaluant une gamme complète des options de développement et de gestion de l'eau, et en tenant compte des utilisations multiples et concurrentes des systèmes aquatiques.*

#### **IV. Méthodologie de travail**

Ce logiciel est un outil de simulation des ressources en eau, basé sur les principes comptables d'équilibre de l'eau. Le WEAP est un logiciel qui utilise une approche intégrée de la planification des ressources en eau. Il permet aux utilisateurs de développer leur propre ensemble de variables et d'équations pour affiner et adapter l'analyse aux contraintes et aux conditions locales avec un échange de données possible avec d'autres logiciels tels que Excel (Sieber et al., 2005). Le WEAP a construit un réseau constitué de ressources en eau et de sites de demande reliés par des liaisons qui fournissent de l'eau du nœud de ressource au site de demande. Les liaisons de retour, qui renvoient les eaux usées du site de la demande vers les stations d'épuration, constituent une part importante du réseau WEAP. Les eaux usées traitées sont ensuite transférées des STEP vers le site de réutilisation ou vers le cours final d'évacuation des eaux usées (Al-Omari et al., 2009). Dans le cadre du WEAP, les comptes courants du système d'eau ont été créés en premier, représentant la définition de base du système d'eau dans son état actuel et l'année de début prévue pour tous les scénarios (Yilmaz et Harmancioglu, 2010).

Les principales hypothèses et paramètres ont été définis séparément dans la base de données et liés aux calculs de la demande, de l'offre et des infrastructures (Jenkins et al., 2005). La principale fonction de la performance du programme WEAP était d'allouer des ressources en eau raisonnablement à divers types d'utilisateurs. Le modèle optimise la distribution de l'eau en fonction des objectifs et sa connaissance de la disponibilité en eau dans toute la période de temps modélisée (Schlüter et al., 2005).

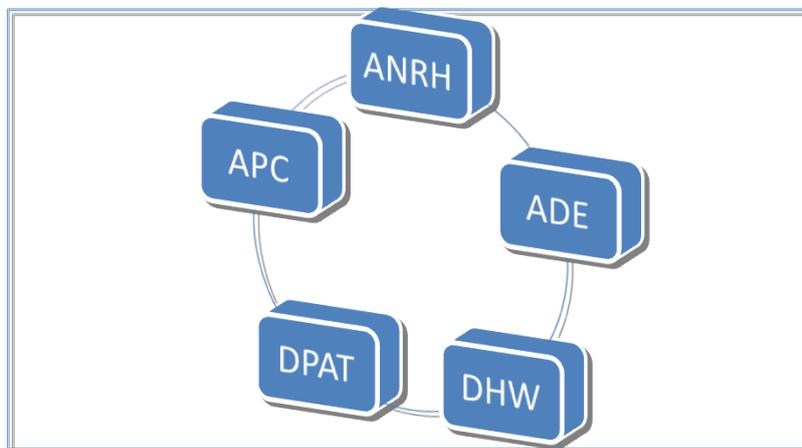
Le modèle WEAP est utilisé pour étudier le développement futur des ressources en eaux de la Wilaya de Souk-Ahras (figure 2). L'application de ce logiciel consiste à établir en premier lieu un scénario de référence pour simuler l'évolution de l'hydro-système. Par suite, on choisit des scénarios qui altèrent le scénario de référence et permettent d'évaluer les effets de changements dans la politique de l'eau et des besoins unitaires (SEI, 2010).

### **Les variantes du modèle**

Le scénario de référence est un scénario passif car les responsables des ressources en eau sont supposés n'avoir pris aucune action permettant de faire face à l'augmentation de la population et de l'industrie. Cependant, la réalité est que des projets sont en cours dans la Wilaya telle que la construction d'un nouveau barrage, la réalisation de nouveaux forages et la réhabilitation des réseaux d'eau potable. D'un autre côté, ce scénario suppose que les besoins unitaires en eau sont constants tout au long de la période de simulation (Bouklia-Hassane et Yebdri, 2015). Le scénario alternatif supposé intègre la demande et la production d'eau.

# Diagnostic des Ressources Eau dans La WILAYA de DJELFA"

Collecte des données



Eau de surface

Diagnostic des ressources en eau

Eau de souterraine

Estimation des besoins en eau de la wilaya de Djelfa

-Modèle de gestion(WEAP

Traitement des données

-Modèle spécifique par WEAP de la ville de Djelfa

Figure 08 : Méthodologie du travail

## **Conclusion**

La région de Djelfa possède d'importantes potentialités hydriques, notamment celles des eaux souterraines.

Le volume d'eau potable mobilisé pour alimenter la ville de Djelfa est en moyen de 31708.8 m<sup>3</sup>/j, provenant des trois champs de captage (17 forages).

Le réseau d'alimentation en eau doit se développer en parallèle à l'extension du tissu urbain de la ville et donc a la situation démographique que nous allons aborder dans la première chapitre de ce travail.

## Introduction

L'application du modèle WEAP dans la wilaya de Djelfa est basée sur la simulation d'un ensemble d'hypothèses de planification qui visent à équilibrer le bilan hydrique dans la région, en mettant en œuvre plusieurs variantes.

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

Rappelons que WEAP est un instrument de planification efficace pour la maîtrise de l'offre et la demande en eau. C'est ainsi que la maîtrise des ressources et des besoins en eau visent à assurer :

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

## I. 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 limitons entre 2018-2040 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement,...).

Les données collectées et portées dans WEAP concernent :

- les sites de demandes avec leur emplacement : Urbain (commune), les secteurs de demandes (AEP).

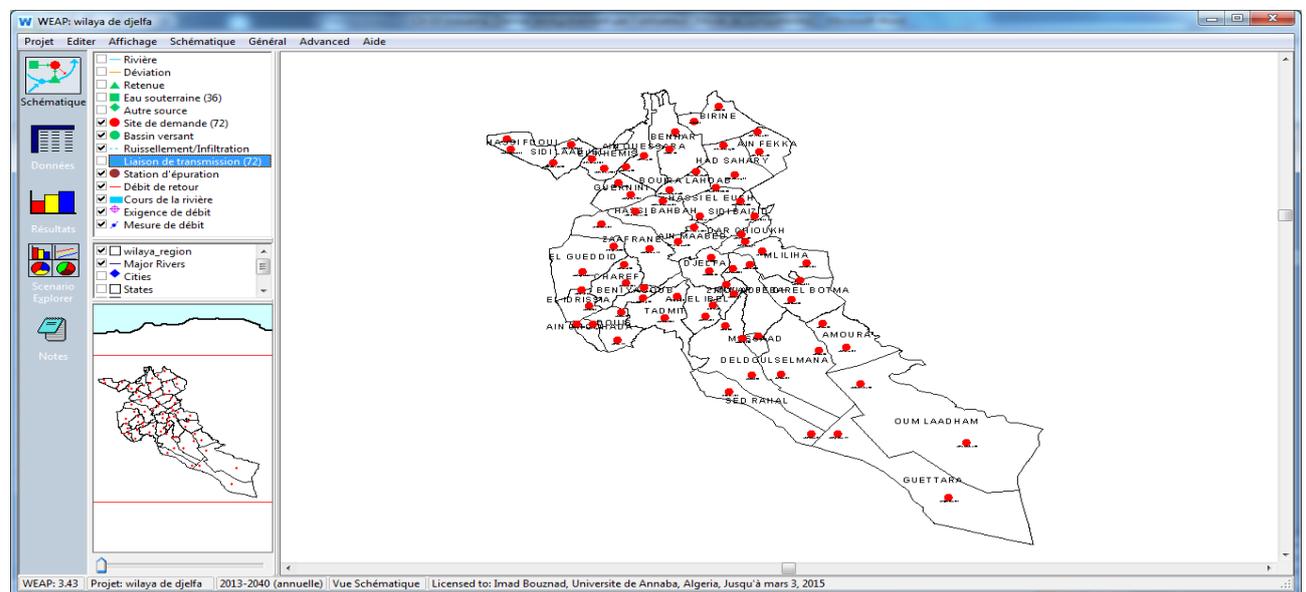


Figure 9 : les sites de demandes

- les ressources et les lieux de captage (site de l'offre) : eaux souterraines exploitées (forages, puits) données hydrogéologiques (fig.10).

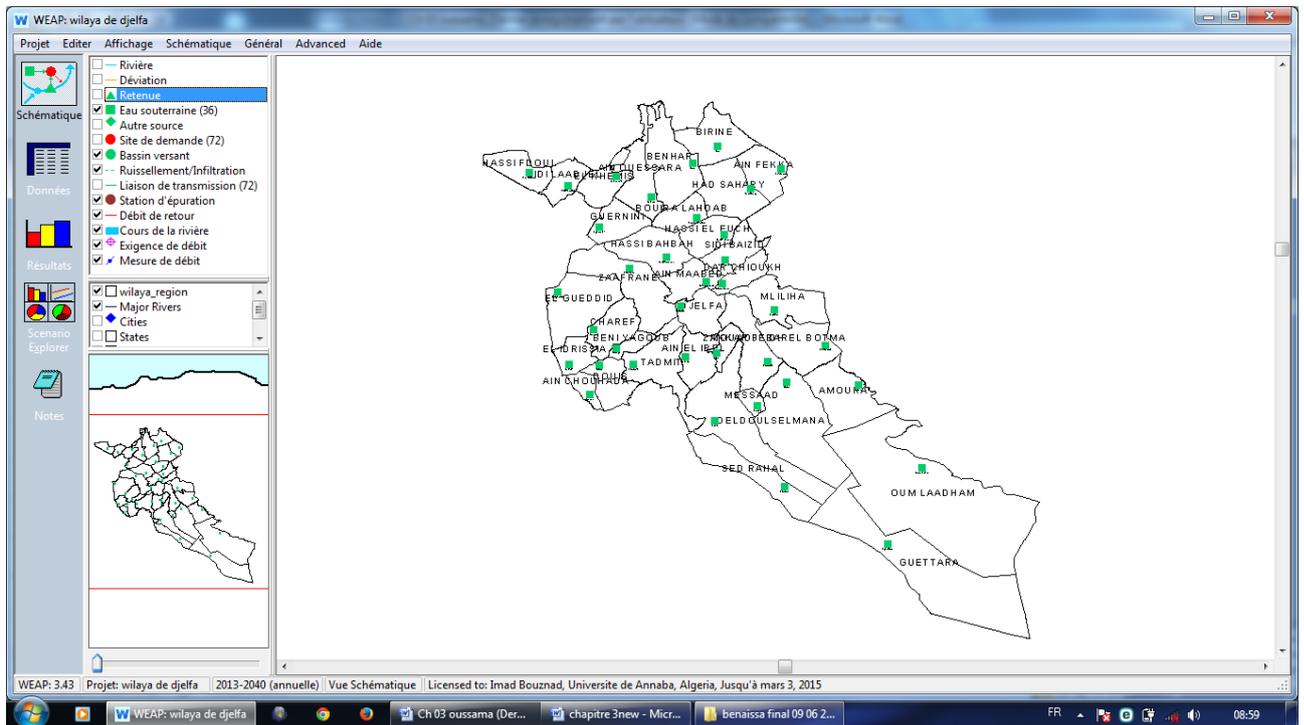


Figure 10: Les sites d'offres

## II. Numérisations des éléments nécessaires dans le modèle

On numérise les sites de demande et les sites de l'offre : eaux souterraines exploitées (forages, puits) Et on saisit les données nécessaires pour chaque utilisateur en cliquant droit sur les emplacements numérisés.

### II.1.Sites de demandes

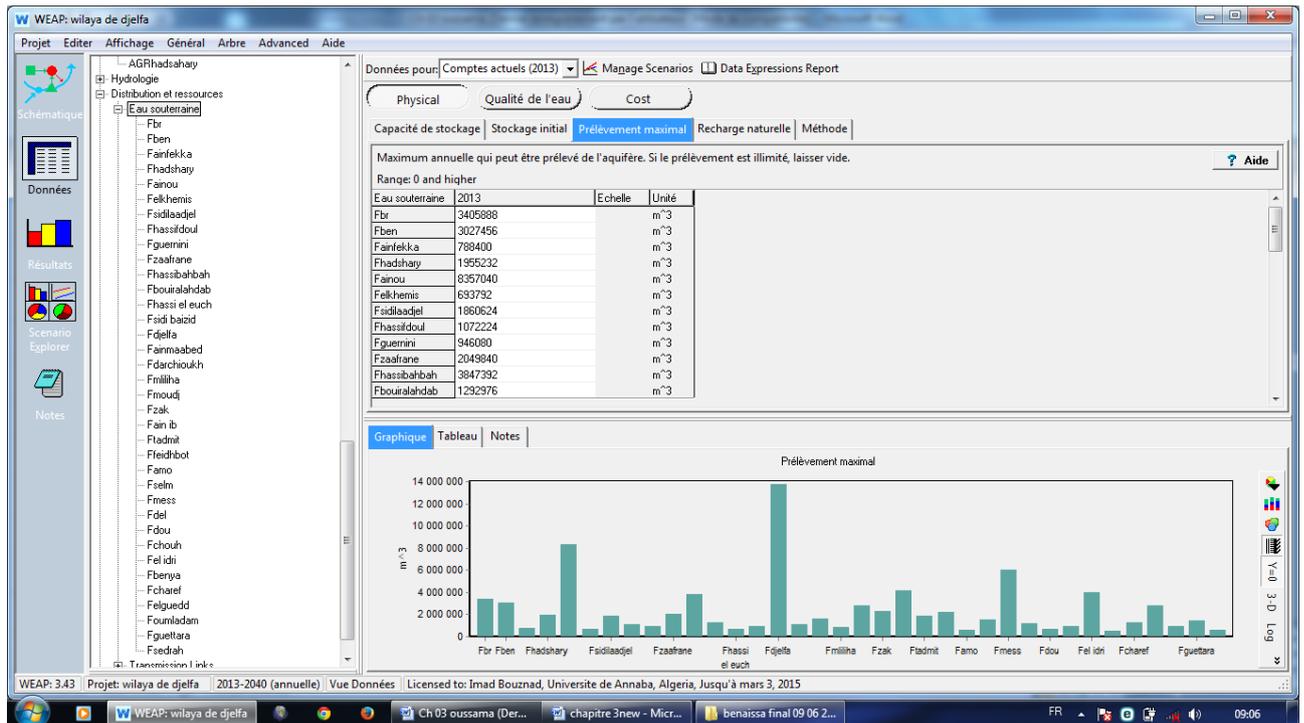
Informations concernant :

- 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 » et cliquer sur « OK ».
- La consommation annuelle. Ensuite cliquer sur le tableau « Consommation d'eau annuelle » et entrer  $54.75\text{m}^3/\text{Person}/\text{an}$  et  $6500\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$  pour l'agriculture. on note qu'on a choisi une dotation de l'ordre de  $150\text{ l/j}/\text{Person}$  pour toutes les communes de la wilaya de Djelfa.

### II.2.Sites de l'offre

Informations concernant :

- Capacité théorique maximale de l'aquifère.
- Prélèvement maximal de l'aquifère par les forages.



**Fig.11** : Prélèvement Maximum annuel des eaux souterraines des communes de la wilaya de Djelfa

### II.3.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 2018 ». Les comptes Actuels étaient définis par les données que vous aviez introduites lors des modules précédents.
- ❖ Un scénario de référence « Référence » est établi à partir des Comptes actuels pour simuler la même évolution du système sans intervention.
- ❖ Finalement, des scénarios « Quoi si » peuvent être créés pour changer le scénario « Référence » et évaluer les effets des changements des politiques et/ou des technologies.

Dans notre cas deux hypothèses principales sont créées.

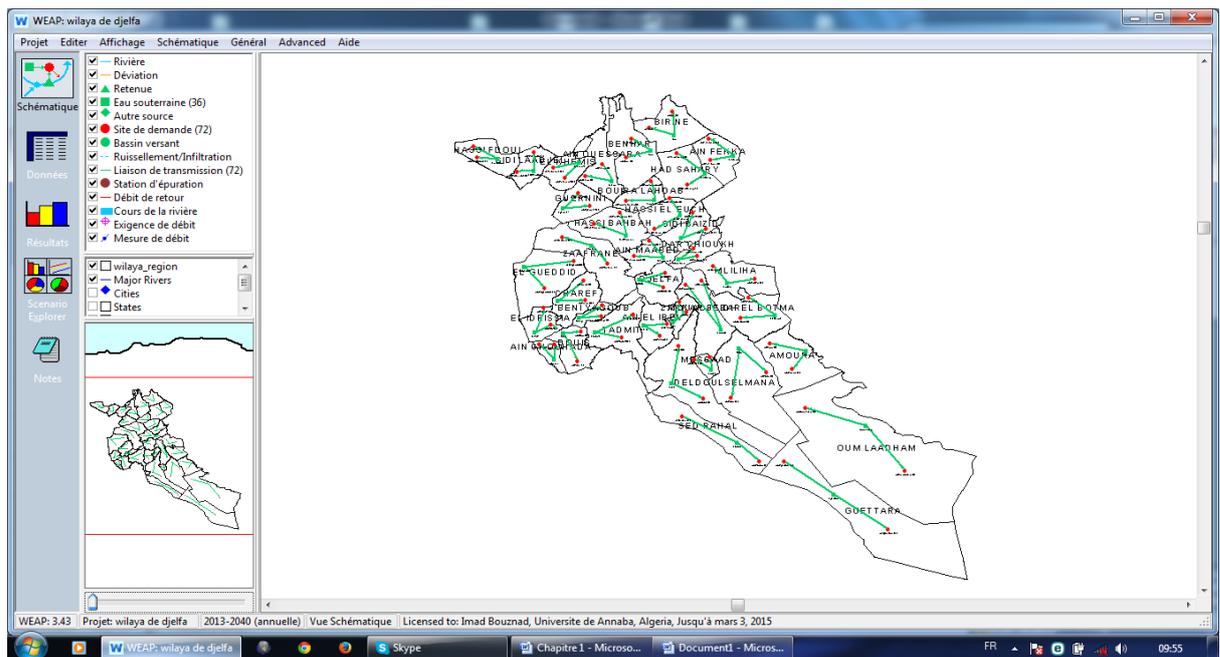
- ✓ Taux d'accroissement des surfaces irriguées.
- ✓ Accroissement de la population pour l'année du scénario futur.

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.

On a créé les hypothèses clés suivantes :

- Accroissement de la population 3 %.

- Taux d'accroissement des surfaces irriguées 2%.



**Figure. 12** : Schéma du Modèle WEAP21 de la wilaya de Djelfa

### II.3.1.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 (2018 – 2040)

## II.4.Création des scénarios

Le scénario « Référence » existe déjà. On Change sa description dans le menu « Projet/Gérer les scénarios » pour refléter son actuel rôle. Noter que nous devons être dans la Vue « Données » ou dans la Vue « Schématique » pour avoir l’accès à l’option « Gérer les Scénarios » du menu Projet.

### II.4.1.Spécifier la croissance de la population

Assigner à la population des communes de la wilaya de Djelfa, 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.

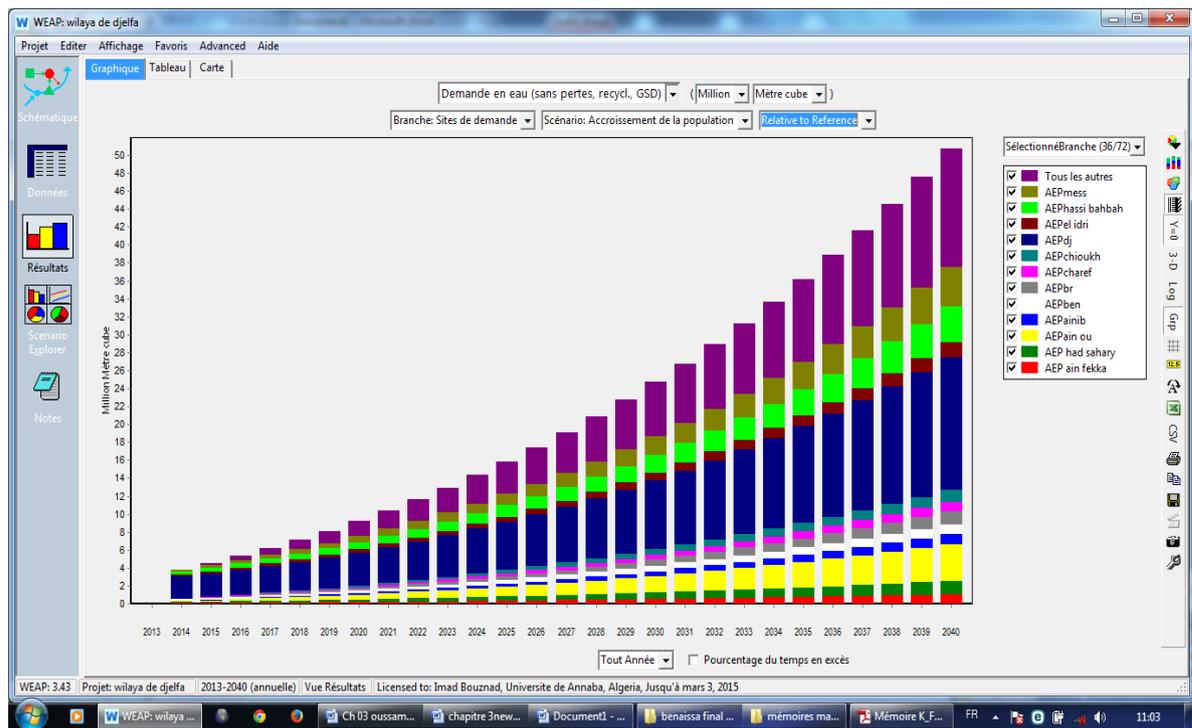
S’assurer que nous avons les sites de demande et son tableau « Niveau d’activité annuel » sélectionnés. On supprime l’expression actuelle et sélectionner la fonction « Growth » dans l’éditeur d’expression, dans le menu déroulant en dessous du champ 2018-2040 (Noter que l’expression actuelle dans ce champ est la même que celle de l’année des Comptes Actuels). Ensuite on clique sur l’onglet « Branches » en dessous du champ de texte. Soit double cliquer sur l’hypothèse clé « Taux d’accroissement de la Population » dans l’arborescence des données, ou la sélectionner et la glisser dans la fenêtre des expressions. La fonction finale doit être comme suite :

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

## II.4.2. Exécuter le Scénario « Référence »

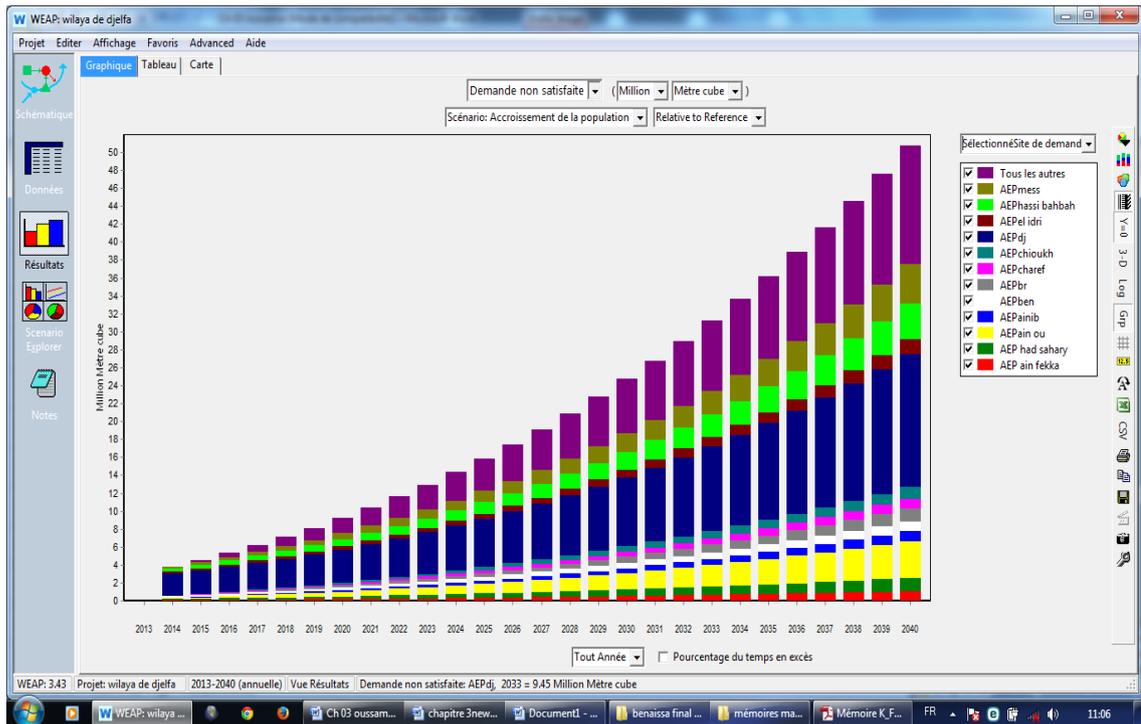
On exécute le scénario « Référence et accroissement de la population » en cliquant sur la vue « Résultats ». Voir le graphique 3D de « Demande en eau et Demande non Satisfaite » (sélectionner « Total Annuel ») pour les sites de demande (AEP ou AGR). Le graphique doit être similaire à celui en bas. Penser aux points suivants :

-Comment la demande évolue, comparée à la demande non satisfaite :



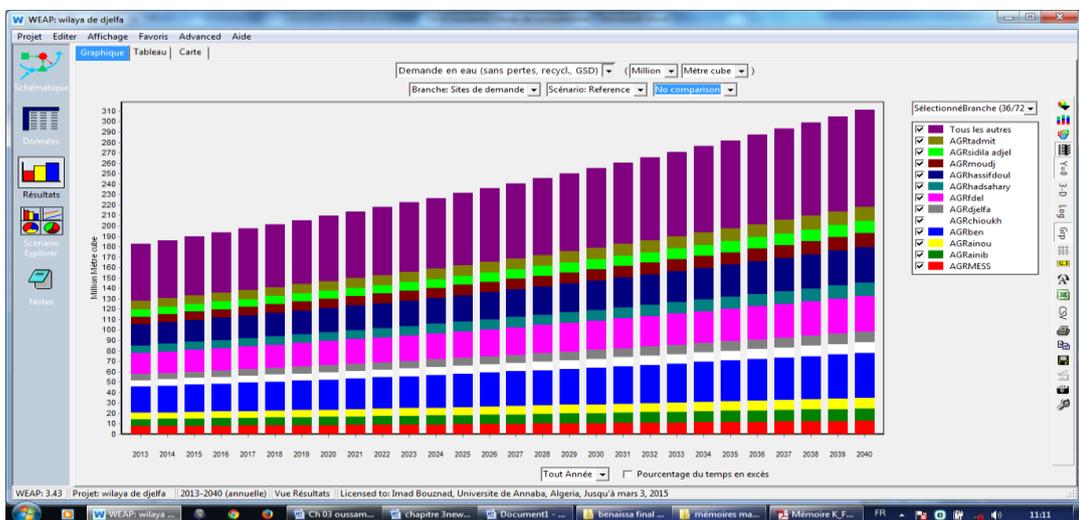
**Figure 13 :** L'évolution de la demande en eau potable des communes de la wilaya de Djelfa

Rappelons que l'évolution de la demande en eau dépend de la taille des éléments consommateurs d'eau (population), de leur taux de croissance ou de développement et de leur dotation journalière. La figure (21), au-dessous, montre l'évolution de la demande en eau potable. C'est ainsi que la demande en eau, en l'an 2040 par exemple, s'élève à 50Hm<sup>3</sup>.



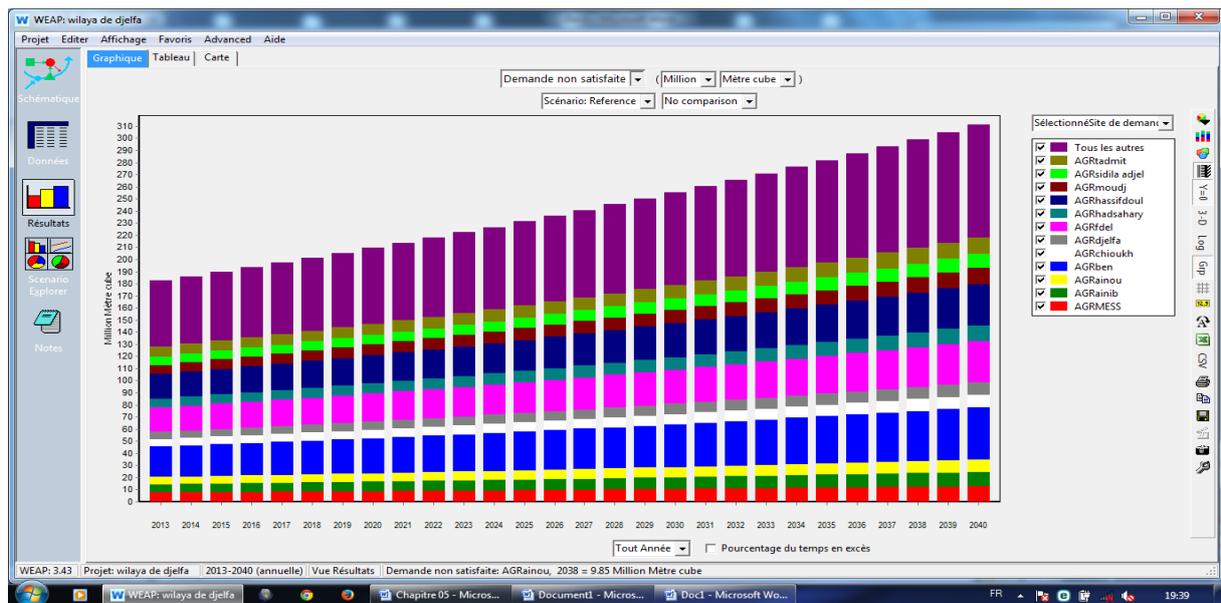
**Figure 14 :** L'évolution de la demande en eau potable non satisfaite des communes de la wilaya de Djelfa

Dans ce scénario l'offre est fixe, on observe clairement une évolution progressive de la demande non satisfaite sur l'axe du temps.



**Figure15 :** L'évolution de la demande en eau agricole des communes de la wilaya de Djelfa

Le graphe ci-dessus montre une croissance continue de la demande en eau agricole durant la période de 2018 à 2040 et atteindre une valeur de l'ordre de 310Hm<sup>3</sup> pour l'année 2040.



**Figure.16 :** L'évolution de la demande en eau agricole non satisfaite des communes de la wilaya de Djelfa

Le graphe ci-dessus montre que la demande est toujours non satisfaite même pour le domaine agricole avec un déficit important, ce qui oblige le décideur de trouver des solutions adéquates afin de résoudre ce problème.

### III. Model de la ville de Djelfa

Les résultats de l'application du modèle WEAP dans toutes les communes de la wilaya de Djelfa nous ont données des informations intéressantes sur cette wilaya, ce qui nous oblige a faire un autre modèle sur la ville de Djelfa pour avoir plus de détail sur les ressources en eau dans cette ville.

Pour cela on a créé 2 scénarios principaux :

- scénario de référence
- scénario des prélèvements modifiés.

Ces scénarios sont présentés simultanément dans les résultats de l'évolution de la population et de la demande en eau.

L'horizon de projection futur considéré est de 2018-2030

#### III.1. Réglage des paramètres généraux

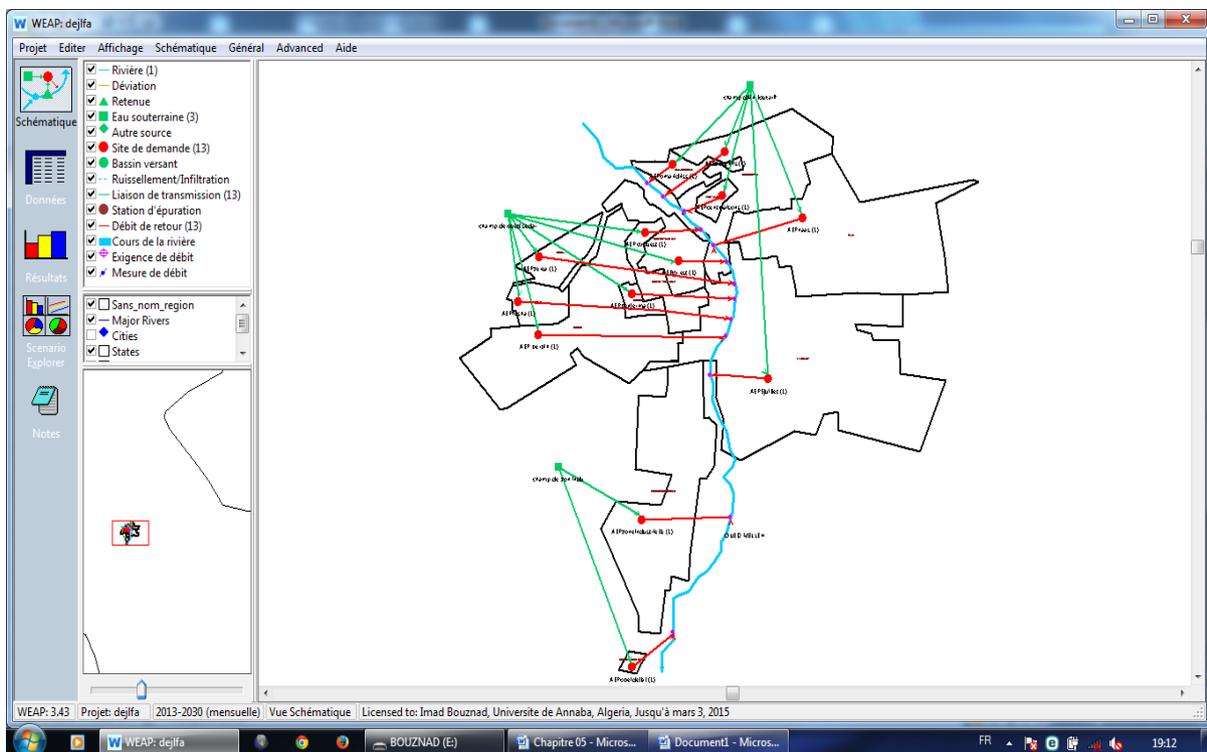
Dans cette partie, les paramètres temps devraient être réglés. Créer une année de comptes courants pour le projet. Dans cette étude, nous limitons entre 2018-2030 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement,...).

Les données collectées et portées dans WEAP concernent :

- Les sites de demandes avec leur emplacement : les sites de demande sont les cités de la ville (Cité Naas, Boutrifis, Omar Idriss, Centre maison, centre ville EST, Centre ville OUEST, Zerea, Foseha, Berbih, Bendjerma, Zone industrielle, 5 juillet, Obeid ellah). On note qu'on utilise une dotation journalière de l'ordre de 150 l/j/personne.
- Les ressources et les lieux de captage (site de l'offre) : eaux souterraines exploitées sous forme des champs de captage (Champ de captage zone industrielle, champ de captage Ain Loukarif, champ de captage Oued Sedar) (fig.17).

### III.2. Présentation cartographique finale du modèle

Le schéma final du modèle de la ville de Djelfa est présenté par la figure ci-dessous



**Figure 17 :** Schéma du Modèle WEAP de la ville de Djelfa

Cette carte montre : Les eaux souterraines (carré vert), Les eaux de surface triangles vert, les sites de demandes ou utilisateurs (point rouge) et liaisons de distribution.

### III.3. Exécuter le Scénario « Référence »

On exécute le scénario « Référence » en cliquant sur la vue « Résultats ». Voir le graphique 3D de « Demande non Satisfaite » (sélectionner « Total Annuel ») pour les sites de demande. Le graphique doit être similaire à celui en bas. Penser aux points suivants :

-Comment la demande évolue, comparée à la demande non satisfaite ?

### III.4.Évolution de la demande

Dans ce scénario l'offre est fixe, on observe clairement une évolution progressive de la demande non satisfaite sur l'axe du temps.

Pour avoir un aperçu sur le futur dont le but de satisfaire la demande. On a créé un nouveau scénario (prélèvement modifié) pour que la demande sera satisfaite durant une période allant de 2018 jusqu'à 20360.

Ce scénario peut aussi nous aider à estimer les rejets d'eau, afin de proposer des solutions et /ou des recommandations de gestion de cette ressource.

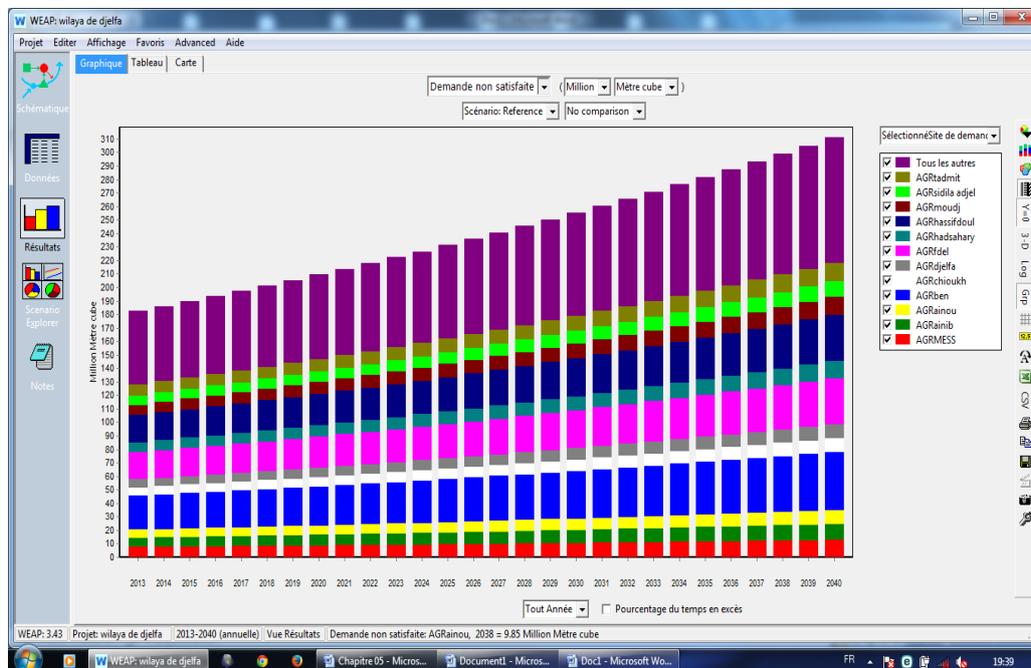


Figure 18 : L'évolution de la demande en eau potable non satisfaite de la ville de Djelfa

#### III.4.1. Création du Scénario (prélèvement modifié)

Dans ce scénario nous proposons d'améliorer l'offre pour satisfaire la demande. Sur la figure ( 19) on observe une courbe sous forme d'escaliers présente évolution continue de l'offre qu'on a proposer pour satisfait la demande croissante. Les paliers de la courbe présente une satisfaction stable de la demande en eau.

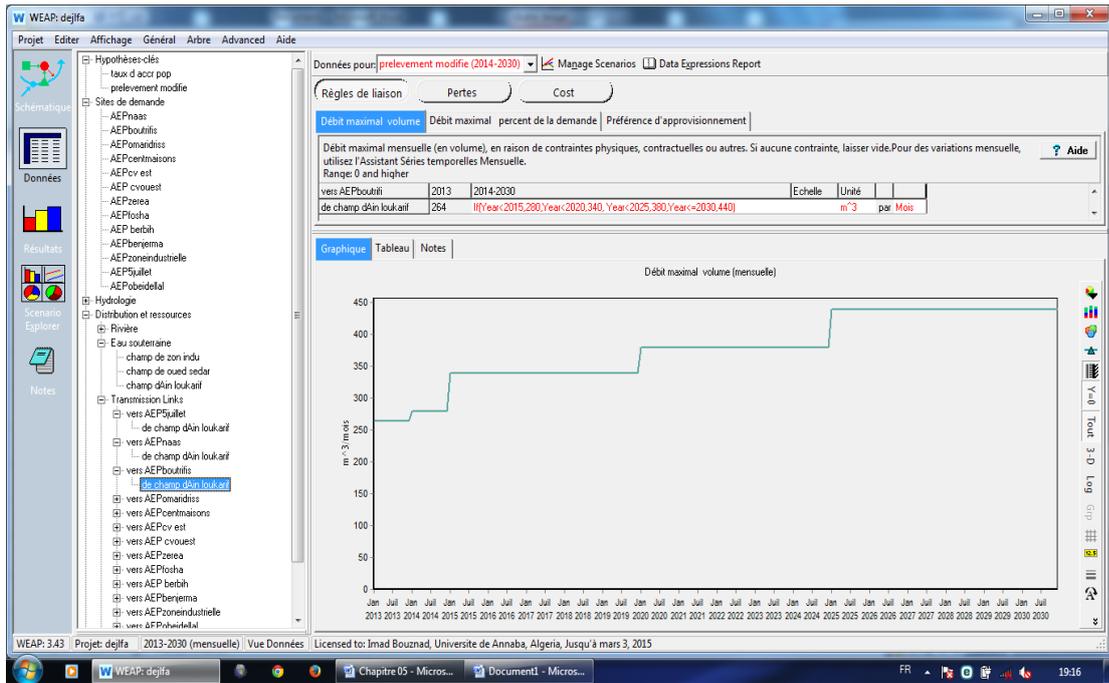


Figure 19: Explication de l'application de scénario « prélèvement modifier » sur le WEAP

### III.4.2. l'évolution de la demande dans le scénario « Prélèvement modifier »

L'évolution de la demande avec l'offre est lié réciproquement avec une évolution des débits de retour vient de rejets des eaux usées domestiques. La figure ci-dessous montre cette évolution des eaux de rejets dans le canal d'Oued melleh.

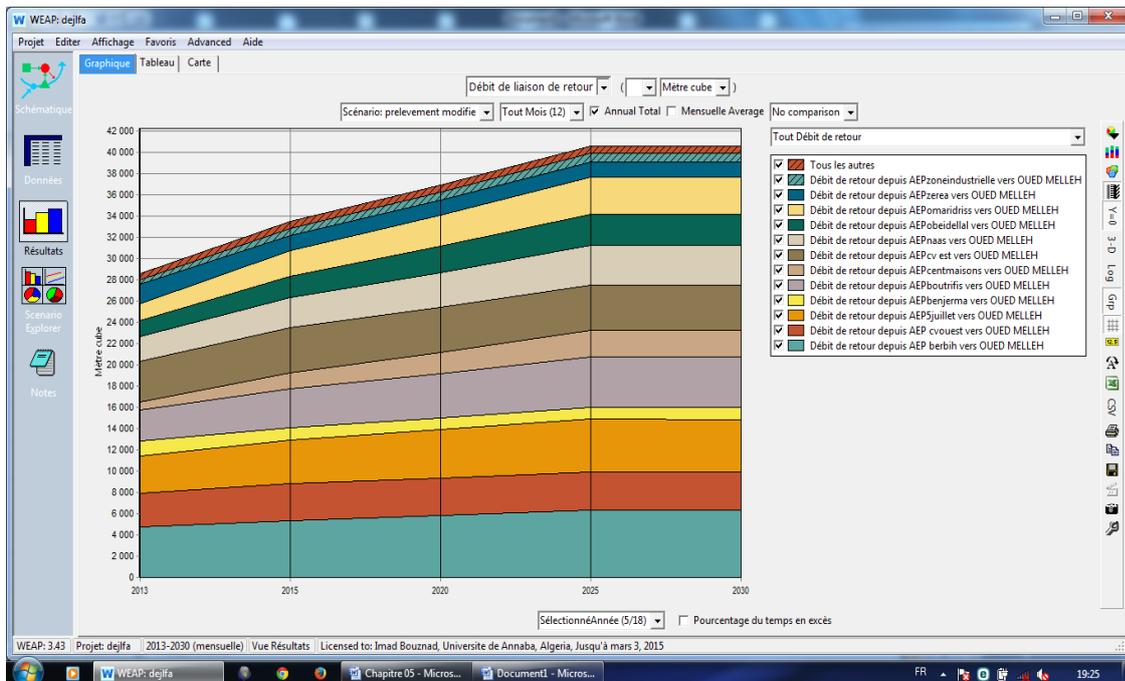
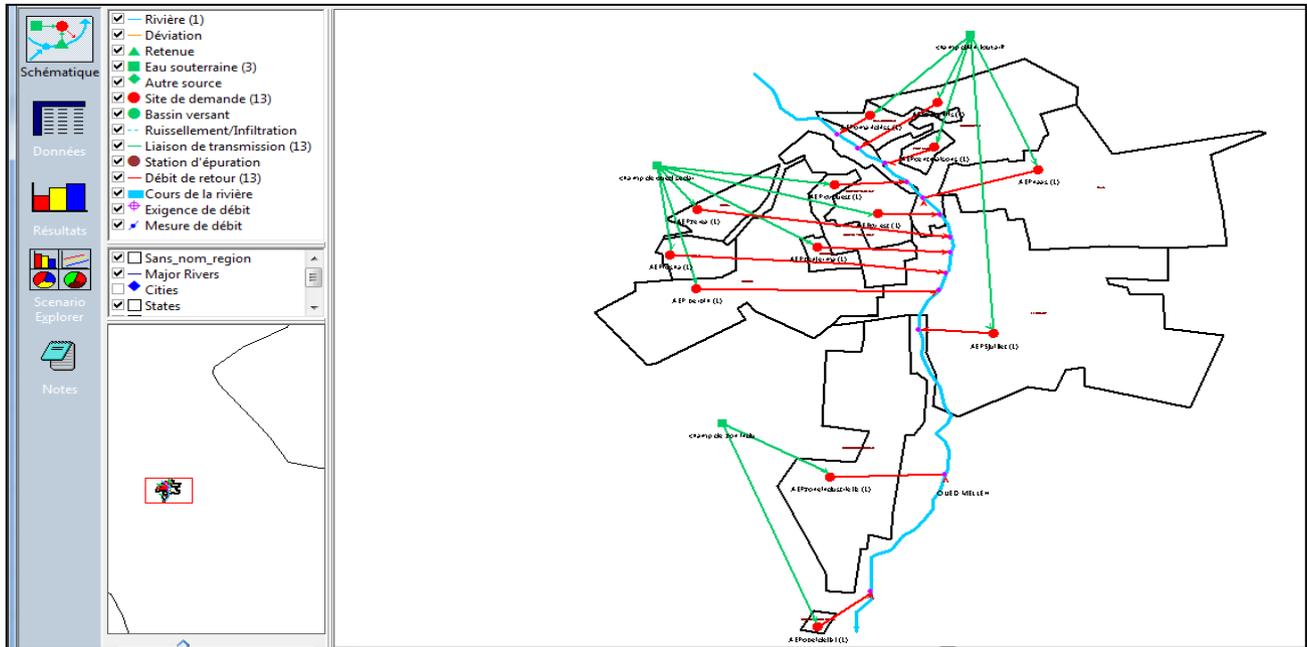


Figure 20: Évolution de la demande, scénario « prélèvement modifier »

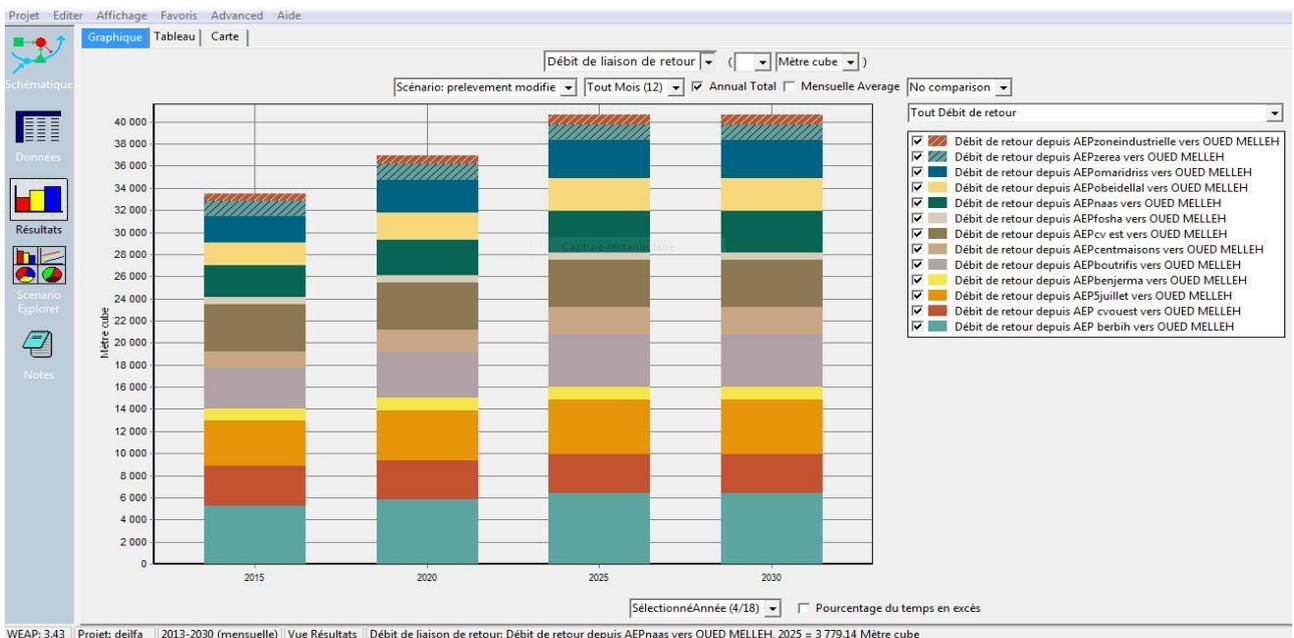
### III.4.3. Estimation des débits de retour

Dans le deuxième scénario, il est proposé d'améliorer l'offre pour que les demandes soient satisfaites durant la période de 2018 à 2030 (Fig. 21). Ce scénario est basé sur l'augmentation des capacités des transits entre les ressources régionales et les sites de demandes.



**Figure 21:** Schéma du Modèle WEAP de la ville de Djelfa

Ce scénario permet d'estimer les quantités des rejets des eaux usées dans la ville de Djelfa et ainsi le débit de chaque bief de Oued Mellah. Ces rejets évolueront de 33474 m<sup>3</sup> en 2015 à 36929 m<sup>3</sup> en 2020 pour atteindre une valeur de l'ordre de 40600 m<sup>3</sup> en 2025 (Fig. 22).



**Figure 22:** Evolution des rejets sur Oued Mellah

La modélisation sous WEAP des ressources et des usages dans la Wilaya de Djelfa a permis de diagnostiquer l'état actuel et d'évaluer les performances de scénarios futurs. L'augmentation des capacités de pompage et de transit des systèmes hydrauliques s'est avéré la solution pour assurer une satisfaction totale des besoins en eau potable et d'irrigation dans la zone de l'étude. Une évaluation économique des investissements se présente comme une perspective à la présente étude.

#### **IV. Processus d'hierarchie analytique (PHA)**

Pour le cas de notre recherche, la méthode choisie est l'Analyse Multicritère (AMC) en appliquant l'Analytic Hierarchy Process (PHA) de Saaty et en utilisant un processus participatif impliquant des experts dans la gestion de services d'eau potable (des responsables de la direction d'hydraulique, des directeurs et chefs de département de l'ADE, et des scientifiques. Pour le développement de la méthode d'identification des solutions d'aménagements, il est nécessaire de sélectionner les critères de jugement et les indicateurs d'évaluation qui faciliteront la mise en œuvre de cette méthode par les experts locaux (Hadji, 2018). L'application de cet outil est pour but de faciliter les tâches de l'ADE pour choisir les meilleures solutions d'aménagements dans le cadre de l'étude de schéma directeur pour l'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa.

Dans le cadre de cette étude, une méthodologie basée sur la méthode d'AMC et l'application de l'PHA a été développée. L'approche PHA est une méthode d'analyse multicritère (AMC), elle est couramment utilisée pour l'évaluation de la durabilité des services d'EPA (Ashley et al., 1999 ; Srinivasa Raju et al, 2000 ; Foxon et al., 2002 ; Hajkowicz and Collins, 2007 ; da Cruz et Marques, 2018 ; Marques et al., 2015). La méthode PHA intègre l'opinion et l'évaluation des experts, et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies. La méthodologie appliquée dans le cadre de cet article est constituée de 16 étapes.

D'après la littérature scientifique, la méthodologie qui intègre les techniques de la méthode d'AMC pour définir et choisir les meilleures options, sera débutée en définissant l'objectif global, puis, en développant la structure hiérarchique en identifiant un ensemble d'éléments (critères et indicateurs) de décision. Ensuite, des comparaisons par paire seront établies entre les éléments de décision, en vérifiant et en améliorant la cohérence des préférences, en tirant les poids relatifs des éléments pour chaque niveau et en obtenant l'évaluation globale des

options en regroupant les éléments de décision pondérés (Zyoud et al., 2016). La méthodologie proposée est illustrée à la figure 1.

Après l'élaboration de la structure hiérarchique de l'outil qui consiste à exprimer soigneusement la structure de la hiérarchie qui reflétera la problématique à résoudre, la réalisation des comparaisons par paire des critères de jugements et des indicateurs. Ensuite, il faut établir la matrice de jugement de comparaison en calculant les vecteurs de priorités et la moyenne de la valeur de priorité ( $\lambda_{max}$ ). Après l'identification de la valeur d'Indice Aléatoire (IA), il est préalable de calculer l'indice de cohérence (IC) et le Ratio de Cohérence (RC). En effet, il est nécessaire de faire la même chose pour tous les indicateurs par rapport à chaque critère étudié. Finalement, c'est l'étape principale en calculant l'agrégation finale de l'outil pour exprimer la décision finale. Ensuite, c'est l'étape d'établir les comparaisons complètes, cette phase est réalisée en collaboration avec les différents décideurs (direction des ressources en eau des wilayas) et gestionnaires des services d'AEP (unités locales des wilayas) et aussi avec des scientifiques (chercheurs universitaires).

#### **IV.1.La sélection des critères et indicateurs**

Avant le commencement de l'AMC, il est important de choisir et de codifier les critères et les indicateurs pour l'identification des solutions d'aménagements dans le cadre de l'étude de schéma directeur d'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa.

La première étape convient de définir les différents types d'aménagements à réaliser afin de répondre aux problématiques mises en évidence dans le but d'améliorer et de sécuriser le fonctionnement du système d'alimentation en eau potable pour le cas de la ville de Djelfa. L'identification des solutions est faite par grande famille de critères répondant chacune à un ou plusieurs indicateurs spécifiques. Cette démarche permet de couvrir l'ensemble des systèmes d'AEP depuis la ressource en eau jusqu'à la livraison chez l'utilisateur (abonné).

**Tableau20.** La sélection des critères et des indicateurs

Critères	Indicateurs
Aménagements structurants (C 1)	Ressources
	Production
	Interconnexion
	Stockage
Aménagements transversaux (C 2)	Protection Ressource Existante
	Amélioration Qualité de la Ressource
	Amélioration du Rendement
	Régulation des pressions
Amélioration du patrimoine (C 3)	Renouvellement des réseaux
	Renouvellement des compteurs
	Renouvellement des équipements Hydrauliques
	Extension du réseau de distribution
Solutions sécuritaires (C 4)	Sécurisation des Ouvrages
	Sécurisation de l'exploitation des Ouvrages
	Sécurisation électrique

## IV.2. Classification des types d'aménagement

- Critère « Aménagements structurants »

Il s'agit des aménagements principaux du schéma directeur qui visent à améliorer et à sécuriser le fonctionnement du réseau en ayant pour objectif de satisfaire aux besoins futurs des abonnés de la ville de Djelfa, cela se faisant au travers de la rationalisation du système d'AEP.

Ces aménagements répondent aux objectifs du schéma et sont classés par type. Pour une partie des aménagements, plusieurs choix (indicateurs) peuvent être envisagés:

- Ressources : mise en place de nouvelles ressources ou augmentation de prélèvements pour des ressources actuelles.
- Production :
- Interconnexions : modification des interconnexions existantes ou création de nouvelles
- Stockage : création de nouveaux réservoirs
- Pompages : maintenance des pompes ou installation de nouvelles pompes

- **Critère « Aménagements transversaux »**

Il s'agit des autres aménagements répondant aux problèmes constatés. La réalisation de ces aménagements est recommandée et les choix porteront essentiellement sur leur date de réalisation :

- Protection de la ressource existante : mise en place de demande d'autorisation de prélèvement et de périmètres de protection
- Amélioration de la qualité de la ressource : amélioration des traitements existants ou construction de nouvelles unités de production
- Amélioration du rendement : réparation des secteurs les plus fuyards du réseau ou renouvellement si nécessaire
- Sécurisation des ouvrages : sécurisation des accès aux réservoirs et stations de pompage (clôtures)
- Sécurisation pour l'exploitation des ouvrages : mise en place de dispositifs anti chute et de panneaux de signalisation
- Sécurisation électrique : sécurisation de certaines stations de pompage par la mise en place de groupes électrogènes
- Régulation des pressions : dans les zones où les pressions sont importantes ou il y a un manque des ouvrages de régulation.

- **Critère « Amélioration du patrimoine »**

Il s'agit d'aménagements visant à améliorer le patrimoine existant. Ceux-ci sont présents afin de permettre les gestionnaires de l'ADE de planifier au mieux ses investissements.

- Renouvellement du réseau : en mettant en relief les paramètres d'aide à la décision pour le phasage des renouvellements annuels
- Renouvellement des compteurs abonnés
- Renouvellement des équipements Hydrauliques
- Extension du réseau de distribution

- **Critère « Solutions sécuritaires »**

Ces solutions sont envisagées en cas d'indisponibilité des principales ressources afin de définir les aménagements à mettre en place pour la sécurisation de l'alimentation en eau potable.

Il s'agit d'établir des plans d'action qui permettent de pouvoir gérer au mieux une crise sur le système d'alimentation en eau potable. Les plans d'action préconisent les aménagements à réaliser (en plus de ceux déjà proposés) afin de sécuriser l'alimentation en cas d'indisponibilité d'une ressource donnée.

#### **IV.3.L'application spécifique du processus de hiérarchisation analytique : la comparaison par paires**

Les critères et les indicateurs ont fait l'objet d'un questionnaire destiné à des experts choisis sur la base de leurs connaissances et de leurs compétences en matière de la gestion des services d'EPA.

- Réalisation de la comparaison par paire

L'PHA est l'une des méthodes de prise de décision multicritères qui permet de déterminer les poids des éléments de l'évaluation (critères et indicateurs) et aussi, de comparer ces éléments (les uns avec les autres) par des comparaisons par paire.

Les comparaisons par paires sont réalisées pour chaque niveau de la hiérarchie (le niveau 1 = les critères «  $C_i$  » et le niveau 2 = les indicateurs «  $I_i$  »). Pour chaque comparaison les experts ont évalué les importances relatives des critères et indicateurs et font des estimations sur l'importance relative de divers éléments à l'aide des comparaisons par paire sur l'échelle de Saaty (Saaty, 2008).

$$S = \{1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\} \dots\dots\dots (1)$$

Le tableau qui suit représente l'échelle utilisée pour les comparaisons par paire pour cet article. La comparaison peut aboutir à la conception de la matrice de jugement.

**Tableau21.** Echelle de comparaison

<b>Echelle numérique</b>	<b>Echelle verbale ou définition</b>	<b>Commentaire</b>
1	Importance égale des deux éléments : « <b>Egalement Important</b> »	Les deux éléments concurrents de la même manière à l'objectif
3	Un élément est un peu plus important que l'autre : « <b>Légèrement plus important</b> »	L'expérience et le jugement personnel favorisent légèrement un élément par rapport à l'autre
5	Un élément est plus important que l'autre : « <b>Fortement important</b> »	L'expérience et le jugement personnel favorisent vraiment un élément par rapport à l'autre
7	Un élément est beaucoup plus important que l'autre : « <b>Très fortement plus important</b> »	Un élément est largement dominant et cette dominance est démontrée dans la pratique
9	Un élément est absolument plus important que l'autre : « <b>Absolument plus important</b> »	La dominance d'un élément par rapport à un autre est démontrée et absolue
2, 4, 6, 8	Valeur intermédiaire entre deux jugements	Utilisées pour affiner son jugement
Réciprocité	Si l'élément <b>i</b> se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'il est comparé à l'élément <b>j</b> , <b>j</b> aura donc la valeur inverse lorsqu'on le compare à <b>i</b> .	

Source : Saaty, 2008

- **Matrice de jugement de comparaison**

Les démarches pour construire la matrice de jugement de comparaison en utilisant l'approche PHA sont comme suit :

La première étape est la **construction de la matrice de jugement « A »** dans laquelle tous les éléments  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) sont présentés.

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & & & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Pour le cas des **critères**, la matrice de jugements est une matrice carrée d'ordre 4 x 4. Après l'évaluation des 12 experts (comparaison par paire pour toutes les critères), la matrice **A** est présentée comme suit :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

Ensuite, il faut calculer le **vecteur de priorité** pour chaque critère en passant par les trois étapes suivantes:

- ✓ Calcul des **sommes de chaque colonne** de la matrice de jugements

	C1	C2	C3	C4
Aménagements structurants (C1)	1,000	3,000	2,000	7,000
Aménagements transversaux (C2)	0,333	1,000	3,000	5,000
Amélioration du patrimoine (C3)	0,500	0,333	1,000	3,000
Solutions sécuritaires (C4)	0,143	0,200	0,333	1,000
	<b>1,976</b>	<b>4,533</b>	<b>6,333</b>	<b>16,000</b>

- ✓ On **divise** par la somme de chaque colonne et on calcul de **la moyenne des lignes**

<b>0,506</b>	<b>0,662</b>	<b>0,316</b>	<b>0,438</b>	<b>0,480</b>
0,169	0,221	0,474	0,313	<b>0,294</b>
0,253	0,074	0,158	0,188	<b>0,168</b>
0,072	0,044	0,053	0,063	<b>0,058</b>

- ✓ Calcul de **la valeur propre**  $\lambda_{\max}$

Pour calculer la valeur propre  $\lambda_{\max}$ , on doit effectuer ces deux démarches :

- Multiplier la matrice A par les éléments de vecteur de priorité (x).

1,00	3,00	2,00	7,00	<b>2,103</b>					
0,33	1,00	3,00	5,00	<b>1,247</b>					
0,50	<b>0,480</b>	0,33	<b>0,294</b>	1,00	<b>0,168</b>	3,00	<b>0,058</b>	=	<b>0,680</b>
0,14	0,20	0,33	1,00	<b>0,241</b>					

- On divise les éléments du vecteur de la somme pondérée par la priorité correspondante à chaque critère.

2,103	<b>0,480</b>	4,379		
1,247	<b>0,294</b>	4,245		
0,680	/	<b>0,168</b>	=	4,046
0,241	<b>0,058</b>	4,168		

La moyenne de la valeur de  $\lambda_{\max} = \Sigma \lambda_{\max} / n$

$$\lambda_{\max} = (4,379 + 4,245 + 4,046 + 4,168) / 4 = 4,209$$

Avec n : le nombre des critères (pour notre cas n = 4)

Donc la moyenne de  $\lambda_{\max} = 4,209$

#### ✓ La cohérence

La méthode PHA a la capacité d'identifier et d'analyser la cohérence des décideurs dans le processus de comparaison des éléments de la hiérarchie (Gass and Rapcsák, 2004). Elle permet aussi le suivi de la cohérence des évaluations du processus de comparaison des paires en calculant le Ratio de Cohérence (RC). Le RC est calculé à partir de la formule 2.

$$RC = \frac{IC}{IA} \dots\dots\dots (2)$$

Avec:

IC : Indice de cohérence, il est calculé à partir de la formule 3.

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (3)$$

$\lambda_{\max}$  est la valeur propre des comparaisons de la matrice et n est le nombre de critères.

IA : Indice Aléatoire (IA) déterminé par le tableau 4 (Saaty 1980).

**Tableau.22.** Indice Aléatoire (IA) pour chaque taille de la matrice (Saaty 1980)

<b>n</b>	1	2	3	<b>4</b>	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>IA</b>	0	0	0,58	<b>0,90</b>	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

✓ Calcul de l'Indice de Cohérence (IC)

Avec :  $n = 4$  et  $\lambda_{\max} = 4,209 \rightarrow \mathbf{IC = 0,0698}$

✓ Déterminer la valeur d'Indice Aléatoire (IA)

$n = 4 \rightarrow$  La valeur correspondante de (IA) est égale à 0,90. Donc : **IA = 0,90**

✓ Calcul de Ratio de Cohérence (RC)

$RC = IC/IA = 0,0698 / 0,90 = 0,0776$  soit 7,76%

✓ Vérification du RC

Si  $RC \leq 0,1$  ( $RC \leq 10\%$ ), la matrice est considérée comme suffisamment cohérente, dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions pour réduire les incohérences (Saaty, 1980). Dans cette étude, certaines valeurs de RC étaient supérieures à 0,1 ; par conséquent, on a invité certains experts à réviser leurs jugements afin d'aboutir à des résultats compatibles.

**RC = 0,0776  $\leq$  0,1  $\rightarrow$  le degré de cohérence de comparaison est acceptable.**

Les aménagements prioritaires sont les aménagements structurant ainsi que les aménagements transversaux et ceux qui permettent d'améliorer le patrimoine.

- Etablir les comparaisons par paire des indicateurs par rapport aux nombres de critères étudiés

L'étape suivante consiste à effectuer les comparaisons par paire des indicateurs par rapport aux critères situés au niveau supérieur. Par la suite, après normalisation de chaque matrice correspondante, le vecteur propre  $\lambda_{\max}$  de la matrice est calculé, et la cohérence de l'ensemble des jugements est aussi vérifiée, en s'assurant que l'indice CR soit inférieur à la valeur de 10%. On a synthétisé l'ensemble de chacun de ses résultats dans les tableaux des comparaisons par paires (Tableau 5). Ensuite, c'est l'étape de jugement final et d'établissement de la priorité complète.

### IV.3.1. Comparaison par paires pour les indicateurs de chaque critère de jugement

**Tableau 23.** Comparaison par paires pour les indicateurs

(a) Comparaison par paires pour les indicateurs du critère C 1

	<b>i 1.1</b>	<b>i 1.2</b>	<b>i 1.3</b>	<b>i 1.4</b>	
<b>i 1.1</b>	1,00	2,00	5,00	7,00	<b>0,474</b>
<b>i 1.2</b>	1/2	1,00	7,00	9,00	<b>0,393</b>
<b>i 1.3</b>	1/5	1/7	1,00	2,00	<b>0,083</b>
<b>i 1.4</b>	1/7	1/9	1/2	1,00	<b>0,050</b>
$\lambda_{\max}= 4,154$ et $CR = 0,0537 < 0,1$					

(b) Comparaison par paires pour les indicateurs du critère C 2

	<b>i 2.1</b>	<b>i 2.2</b>	<b>i 2.3</b>	<b>i 2.4</b>	
<b>i 2.1</b>	1,00	2,00	1/3	5,00	<b>0,264</b>
<b>i 2.2</b>	1/2	1,00	1/2	4,00	<b>0,196</b>
<b>i 2.3</b>	3	2,00	1,00	7,00	<b>0,484</b>
<b>i 2.4</b>	1/5	1/4	1/7	1,00	<b>0,055</b>
$\lambda_{\max}= 4,129$ et $CR = 0,0479 < 0,1$					

(c) Comparaison par paires pour les indicateurs du critère C 3

	<b>i 3.1</b>	<b>i 3.2</b>	<b>i 3.3</b>	<b>i 3.4</b>	
<b>i 3.1</b>	1,00	5,00	3,00	9,00	<b>0,561</b>
<b>i 3.2</b>	1/5	1,00	1/3	5	<b>0,135</b>
<b>i 3.3</b>	1/3	3,00	1,00	6,00	<b>0,259</b>
<b>i 3.4</b>	1/9	1/5	1/6	1,00	<b>0,045</b>
$\lambda_{\max}= 4,218$ et $CR = 0,0806 < 0,1$					

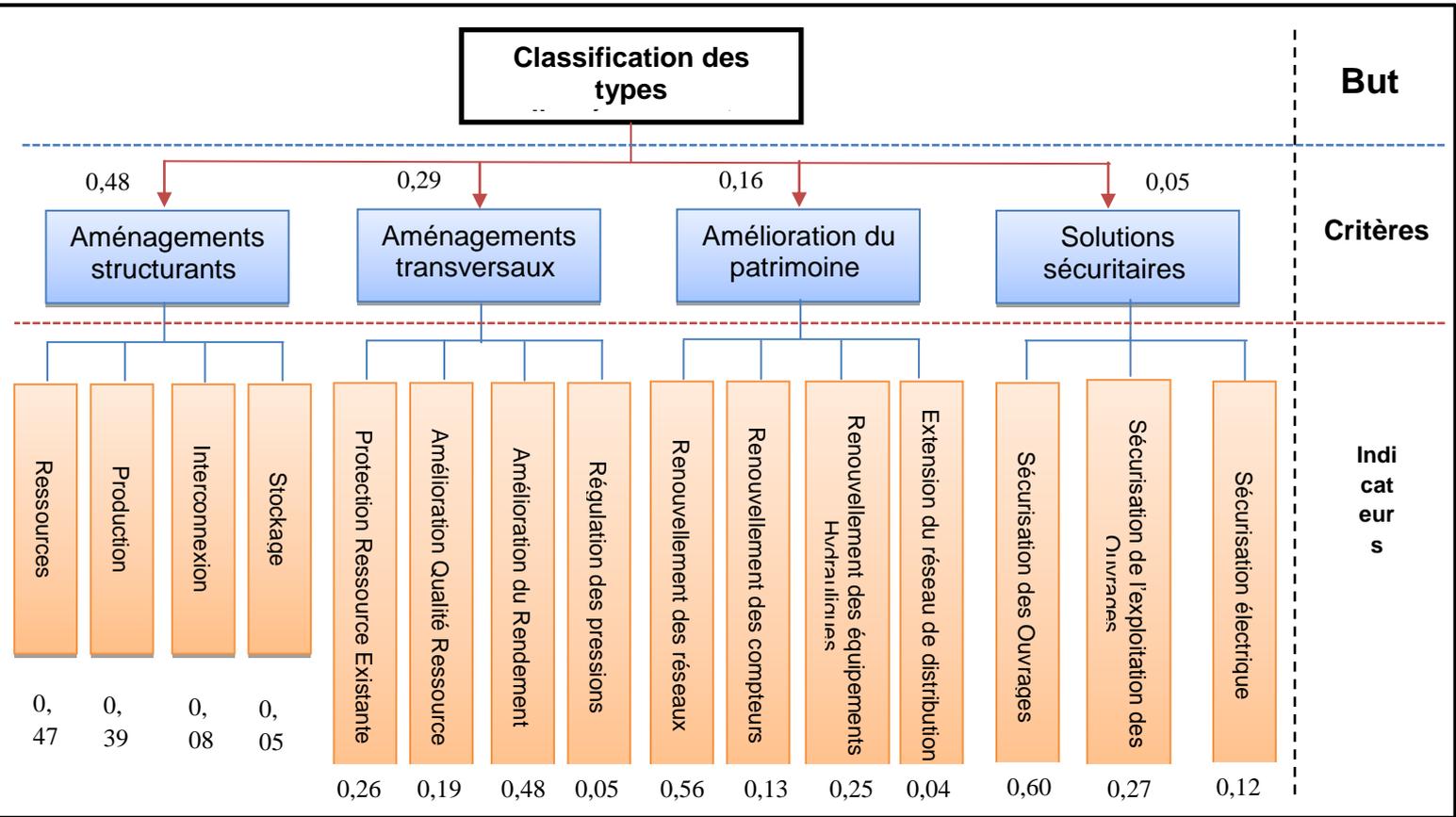
(d) Comparaison par paires pour les indicateurs du critère C 4

	<b>i 4.1</b>	<b>i 4.2</b>	<b>i 4.3</b>	
<b>i 4.1</b>	1,00	3,00	4,00	<b>0,608</b>
<b>i 4.2</b>	1/3	1,00	3,00	<b>0,272</b>
<b>i 4.3</b>	1/4	1/3	1,00	<b>0,120</b>
$\lambda_{\max}= 3,074$ et $CR = 0,0639 < 0,1$				

Après les comparaisons par paires effectuées par les 12 experts, nous avons trouvé que la cohérence de certaines matrices de comparaison par paires n'est pas acceptable ( $CR \geq 0,1$ ). Donc, nous avons demandé à quelques experts de faire des corrections appropriées. Par conséquent, ces experts ont fait des légères modifications dans les comparaisons par paires en ajustant une cohérence acceptable ( $CR < 0,1$ ), tout en maintenant la répartition du poids des critères précédents autant que possible (Markelj, 2014).

### IV.3.2. Discussions

Les 12 experts ont attribuaient la plus grande importance aux deux critères de « les aménagements structurant » à un poids égal à 48%, et le poids du critère « les aménagements transversaux » est de 29,4%. Le critère de « amélioration du patrimoine » a enregistré le poids de 16,8%, par contre, le poids le plus faible est alloué au critère « solutions sécuritaires » avec un poids de 5,8%. Les résultats finaux des comparaisons par paires pour les deux niveaux de la hiérarchie étudiés selon la méthode PHA sont illustrés dans la figure 23.



**Figure 23.** Présentation des résultats des comparaisons par paires dans chaque niveau hiérarchique

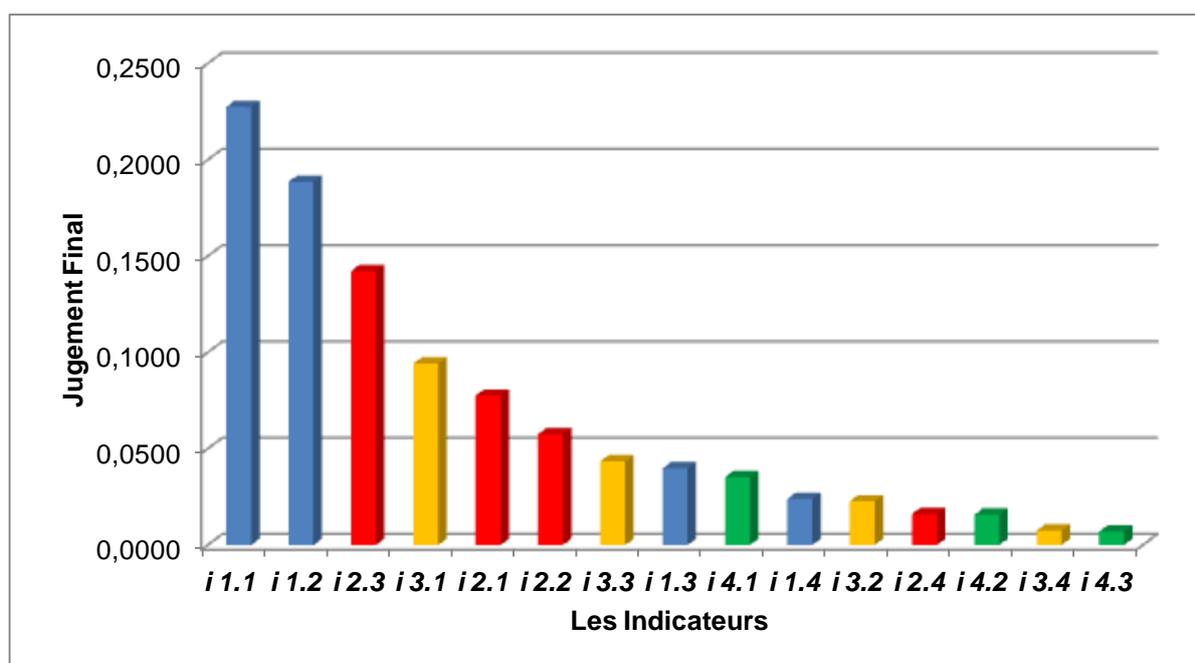
### IV.3.3. Jugement final et établissement de la priorité complète

Le calcul de la propriété finale est montré dans le tableau 6.

**Tableau 24.** Calcul de la Priorité finale

Critères	Indicateurs		Jugement finale
<b>0,48</b>	<b>0,474</b>	i 1.1	0,228
	<b>0,393</b>	i 1.2	0,189
	<b>0,083</b>	i 1.3	0,040
	<b>0,05</b>	i 1.4	0,024
<b>0,294</b>	<b>0,264</b>	i 2.1	0,078
	<b>0,196</b>	i 2.2	0,058
	<b>0,484</b>	i 2.3	0,142
	<b>0,055</b>	i 2.4	0,016
<b>0,168</b>	<b>0,561</b>	i 3.1	0,094
	<b>0,135</b>	i 3.2	0,023
	<b>0,259</b>	i 3.3	0,044
	<b>0,045</b>	i 3.4	0,008
<b>0,058</b>	<b>0,608</b>	i 4.1	0,035
	<b>0,272</b>	i 4.2	0,016
	<b>0,12</b>	i 4.3	0,007

On récapitule dans la figure 24 les résultats de calcul de la priorité complète établie par le produit des résultats des vecteurs de priorité des critères et des indicateurs dans chaque niveau hiérarchique.



**Figure 24.** Priorité finale

Au regard des résultats, il est clair que les indicateurs les plus importants aux yeux des «experts » sont les indicateurs « i.1.1 et i.1.2 » et ensuite les indicateurs « i.2.3, i.3.1, i.2.1 et i.2.2». Donc, d'après les opinions des 12 experts, les indicateurs associés aux critères (C1, et C.2) sont les plus importants critères pour l'identification des solutions d'aménagement dans le cadre des schémas directeurs pour le cas de l'alimentation en potable de la ville de Djelfa. Les indicateurs « i.4.2, i.3.4, et i.4.3» ont les options les plus faibles (moins de score).

L'analyse des résultats peut se faire aux deux niveaux de la hiérarchie étudiée. L'interprétation de pour l'identification des solutions d'aménagement à ces niveaux pourrait fournir aux décideurs et aux gestionnaires un aperçu global dans le cadre des schémas directeurs pour le cas de l'alimentation en potable de la ville de Djelfa.

### **Conclusion**

Cet article traite l'actualisation du schéma directeur d'alimentation en eau potable pour la ville de Djelfa. Cette mise à jour a pour but d'aider les gestionnaires des services d'eau potable (cas de l'algérienne des eaux locale –ADE-) à prendre les bonnes décisions pour la planification de l'approvisionnement en eau à court, moyen et long terme afin d'assurer une gestion durable de la ressource en eau et du fonctionnement de ces services gérés par l'ADE.

Le diagnostic de la situation actuelle et l'étude de la demande permettent de dégager les principales orientations pour l'aménagement du système ainsi qu'une hiérarchie des priorités. Les opérations de réorganisation des zones de services donneront lieu à la mise en place d'un réseau structurant, dimensionné pour les besoins à long terme, c'est-à-dire à l'horizon 2040. Elles seront mises à profit pour rénover le réseau existant en tenant compte des besoins futurs.

## CONCLUSION

La gestion des ressources en eau réside dans la prise des décisions qui affectent le futur état des ressources en eau. En outre la gestion des hydro-systèmes nécessite de trouver un bon équilibre entre la ressource et l'usage. L'estimation des besoins des divers usagers de l'eau dans la wilaya de Djelfa a montré que ces besoins augmentent avec le temps et qu'il arrive un moment où l'offre ne permettra pas de couvrir la demande d'une manière convenable.

Pour pallier à ce déficit nous avons utilisé le modèle WEAP qui nous a permis d'estimer la demande en eau de l'ensemble des secteurs utilisateurs de la Wilaya pour la période 2018-2040. Nous avons proposé trois scénarios pour évaluer les effets et impacts des différents modes de gestion de la ressource et donc pouvoir faire les choix appropriés par l'application du modèle WEAP.

L'observation et l'interprétation de ces résultats permet de faire un état des lieux sur la ressource en eau en temps actuel. Les résultats donnent une vision sur l'évolution temporelle des différents paramètres (demande, offre, rejets...etc.).

Ce travail traite aussi l'actualisation du schéma directeur d'alimentation en eau potable pour la ville de Djelfa. Cette mise à jour a pour but d'aider les gestionnaires des services d'eau potable (cas de l'algérienne des eaux locale –ADE-) à prendre les bonnes décisions pour la planification de l'approvisionnement en eau à court, moyen et long terme afin d'assurer une gestion durable de la ressource en eau et du fonctionnement de ces services gérés par l'ADE.

Le diagnostic de la situation actuelle et l'étude de la demande permettent de dégager les principales orientations pour l'aménagement du système ainsi qu'une hiérarchie des priorités. Les opérations de réorganisation des zones de services donneront lieu à la mise en place d'un réseau structurant, dimensionné pour les besoins à long terme, c'est-à-dire à l'horizon 2040. Elles seront mises à profit pour rénover le réseau existant en tenant compte des besoins futurs.