

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbés Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie et Environnement

Réf : /....

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : E.F.A

Thème

Contribution du système d'information
Géographique (WEAP21) dans la gestion des
ressources en eau au niveau de la wilaya de
Biskra

Présenté par :

Hezil Falah

Devant les membres du jury composés de :

Président :	Larbaà Rabeh	M.C.B	Université de Khenchela
Encadreur :	Dali Naouel	M.A.A	Université de Khenchela
Examineur :	Mezhoud Amel	M.A.A	Université de Khenchela

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2017 / 2018

Remerciements

Avant tout je remercie Dieu tous puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Madame **Dali Naouel**, enseignante à l'Université de Khenchela, d'avoir accepté de ma diriger, de m'avoir conseillée judicieusement, et de m'avoir orientée et encouragée tout au long de ce travail.

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes remerciements à monsieur **Larbaà Rabeh**, enseignant à l'Université de Khenchela, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury.

Mes sincères remerciements vont également à Madame **Mezhoud Amel**, enseignante à l'Université de Khenchela, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'examiner ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Pour l'esprit de ma mère immaculée

A mon père

A mes frères Salim, Bouzid, Khaled, Abderrazak, Yazid,

Khalifa, et mes sœurs,

A mes proches amis Mehdi, Khaled, Abdenour et en

particulier Ahlem

A mes collègues au département de l'écologie et

l'environnement à l'Université de Khenchela

Je m'oublie pas, enfin d'exprimer ma profonde

reconnaissance à :

A tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin

à la réalisation de ce modeste travail.

Résumé

La wilaya de Biskra se situe dans la zone Nord –Est du Sahara septentrional et recèle d'importantes ressources en eau souterraines et superficielles. Ces eaux sont contenues dans les différentes nappes du complexe terminal et du continental intercalaire. Ainsi que des eaux des barrages et des oueds. Ces dernières années, un développement économique, particulièrement agricole, a eu lieu, ce qui a entraîné un accroissement des besoins en eaux d'irrigation ainsi que la demande en eau potable. Dans cette étude nous nous sommes intéressés à l'analyse de l'efficacité à long terme (2050) de la politique de gestion des ressources en eau adoptée actuellement, et la comparai à une politique de gestion de la demande en eau, avec une approche de modélisation hydrologique sur WEAP (Water Evaluation and the Planning). Les résultats montrent que les ressources en eau de la région sont exploitées d'une manière croissante. Dans laquelle l'agriculture est le grand secteur consommateur de l'eau, sans oublier la croissance démographique. Les efforts de mobilisation de ressources en eau vont atteindre leurs limites physiques et économique la concentration dans les années à venir doit se diriger vers la gestion de la demande en eau.

Mots clés : wilaya de Biskra, ressources en eau, irrigation, gestion de la demande.

ملخص

تقع ولاية بسكرة في الشمال الشرقي من الصحراء الشمالية وتحتوي على موارد مائية جوفية وسطحية كبيرة. أهمها مياه المركب النهائي. فضلا عن مياه السدود والوديان. في السنوات الأخيرة ، حدثت تنمية اقتصادية ، وخاصة زراعية ، مما أدى إلى زيادة الطلب على مياه الري وكذلك الطلب على مياه الشرب ، وفي هذه الدراسة ، نحن مهتمون بتحليل الفعالية على المدى الطويل (2050) لسياسة إدارة الموارد المائية الحالية ومقارنتها بسياسة إدارة الطلب على المياه ، مع نهج النمذجة الهيدرولوجية على WEAP (تقييم وتخطيط المياه). تظهر النتائج أن الموارد المائية في المنطقة تستغل بشكل متزايد. حيث إن قطاع الزراعة يعد أكبر مستهلك للمياه ، بالإضافة للنمو الديموغرافي ، وسوف تصل جهود تعبئة موارد المياه إلى حدودها المادية والاقتصادية ، فيجب أن يتجه التركيز في السنوات القادمة نحو إدارة الطلب على الموارد المائية.

الكلمات المفتاحية : ولاية بسكرة الموارد المائية السقي إدارة الطلب

Abstract

The wilaya of Biskra is located in the north-east of the northern Sahara and contains significant groundwater resources and superficial. These waters are contained in the different layers of the terminal complex and the intercalary continental. As well as the waters of dams and wadis. In recent years, economic development, particularly agricultural, has taken place, which has led to an increase in the demand for irrigation water as well as the demand for drinking water. In this study we are interested in the analysis of the long-term effectiveness (2050) of the current water resources management policy, and compared it to a water demand management policy, with a hydrological modeling approach on WEAP (Water Evaluation and Planning). The results show that the region's water resources are increasingly exploited. In which agriculture is the big consumer sector of water, without forgetting the demographic growth. The efforts of mobilization of water resources will reach their physical and economic limits the concentration in the coming years must move towards the management of demand for water.

Keywords : Biskra city, water resources, irrigation, demand management.

Tables des matières

	Page
Introduction générale	
Chapitre 1 : Présentation générale de la zone d'étude	
1. Situation géographique	05
2. Découpage administratif	06
3. Aperçu géologique	06
4. Contexte climatique	07
4.1 Étude des précipitations	08
4.1.1 Étude des précipitations moyennes annuelles	08
4.1.2 Étude des précipitations moyennes mensuelles	08
4.1.3 Précipitations saisonnières	09
4.2 Étude des températures	10
4.3 Le vent	12
4.4 L'humidité relative	13
5. Aperçu socio-économique	13
5.1 Démographie	13
5.2 Agriculture	15
5.3 Industrie	15
Chapitre 2 : Ressources en eau au niveau de la wilaya de Biskra	
1. Hydrogéologie et les eaux souterraines	18
1.1 Nappe d'El Outaya	18
1.2 Nappe Albienne ou Complexe terminal	18
1.3 Étude de la nappe moi-plio-quadernaire	19
2. Les eaux de surface	19
2.1 Les oueds	19
2.1.1 Oued El Abiod	19
2.1.2 Oued El Arab	20
2.1.3 Oued Biskra	20
2.2 Les barrages	20
2.2.1 Barrage de Foug El Gherza	20
2.2.2 Barrage de Babar	21
2.2.3 Barrage des fontaines des gazelles	21
3. La demande en eau pour les différents secteurs consommateur d'eau	21

3.1 L'eau potable	22
3.2 L'agriculture	23
3.3 L'industrie	24

Chapitre 3 : Modélisation hydrologique par WEAP21

1. Présentation de logiciel	26
1.1 Description de logiciel	26
1.2 Principaux objectifs de logiciel	26
1.3 Acquisition de logiciel	26
1.4 Structure de logiciel	27
1.5 Fonctionnement de logiciel	27
2. Application du modèle WEAP21 sur la wilaya de Biskra	28
2.1 Présentation des données	28
2.1.1 Présentation cartographique du modèle	28
2.1.2 Sites de demande	29
2.1.3 Eaux de surface disponible	30
2.1.4 Eaux souterraines disponible	32

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1. Création des scénarios	35
1.1 Scénario Référence	35
1.1.1 Demande en eau des différents sites	35
1.1.2 Exigence de distribution	35
1.1.3 Répartition de la demande en eau par secteur	36
1.1.4 Demande non satisfaite	37
1.2 Scénario Gestion de la demande	38
1.2.1 Demande en eau des différents sites	38
1.2.2 Exigence de distribution	38
1.2.3 Répartition de la demande en eau par secteur	39
1.2.4 Demande non satisfaite	40
Conclusion	41
Conclusion générale	42
Référence bibliographie	44

Liste des tableaux

Tableau 1. Les différentes unités géologiques, ainsi que leurs importances du point de vue hydrogéologique	07
Tableau 2. Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra. (1992-2012)..	08
Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles (1992-2012)	08
Tableau 4. Répartition saisonnière des précipitations	09
Tableau 5. Températures moyennes mensuelles enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).....	11
Tableau 6. Valeurs des températures moyennes mensuelles minimales et maximales enregistrées à la station de Biskra. (1992-2012)	11
Tableau 7. Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012) ...	13
Tableau 8. Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012). ..	13
Tableau 9. Nombre d'habitat par commune au niveau de la wilaya de Biskra	14
Tableau 10. Nombre des zones industrielles et leurs superficies au niveau de la wilaya de Biskra	16
Tableau 11. Les apports des oueds de la wilaya	20
Tableau 12. Répartition par daïras des ressources souterraines (Hm ³ /an) dans la wilaya de Biskra	22
Tableau 13. Alimentation en eau potable de la ville de Biskra en 2007	23
Tableau 14. Evolution des surfaces irriguées et des besoins en eau pour l'agriculture de la wilaya de Biskra	24
Tableau.15. Quantités d'eau issues des barrages au niveau de la wilaya de Biskra	24
Tableau 16. Sites de demande avec les informations	29
Tableau 17. Les oueds de la wilaya de Biskra et leurs débits annuels	30
Tableau 18. Le débit et la capacité de stockage des barrages de la wilaya de Biskra	31
Tableau 19. Prélèvement maximal et recharge naturel mensuelle de la nappe d'El Outaya...	32
Tableau 20. Prélèvement maximal et recharge naturel mensuelle de la nappe albienne	32

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique de la wilaya de Biskra	05
Figure 2. Esquisse géologique de la wilaya de Biskra	07
Figure3. Variations inter- annuelles des précipitations .Station de Biskra (1992-2012)	09
Figure4. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles. Station de Biskra (1992 - 2012)	10
Figure5. Histogramme des précipitations saisonnières à la station de Biskra (1992-2012)..	10
Figure6. Variation mensuelle des températures à la station de Biskra (1992/2012)	12
Figure7. Variations des températures mensuelles moyennes, minimales et Maximales de la station de Biskra (1992-2012)	12
Figure 8. Les cinq affichages du Modèle WEAP	27
Figure 9. La wilaya de Biskra avec les éléments de la modélisation par WEAP	29
Figure 10. Consommation d'eau annuelle de chaque site de demande sur WEAP (capture d'écran)	30
Figure 11. Débits en amont des oueds de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran)..	31
Figure 12. Débits entrant des barrages de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran)..	31
Figure 13. Prélèvement maximal des nappes souterraines de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran)	33
Figure 14. Demande en eau pour l'ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence	35
Figure 15. Exigence de distribution de l'ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence	36
Figure 16. Exigence de distribution de chaque branche scénario Référence	36
Figure 17. Exigence de distribution de chaque branche en pourcentage (%) scénario Référence.....	37
Figure 18. Demande non satisfaite de l'ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence	37
Figure 19. Demande en eau pour l'ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD).....	38
Figure 20. Exigence de distribution de l'ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD)	39
Figure 21. Exigence de distribution de chaque branche scénario Gestion de la demande ...	39

Figure 22. Exigence de distribution de chaque branche en pourcentage (%) scénario Gestion de la demande	40
Figure 23. Demande non satisfaite de l'ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD)	40

Liste des abréviations

AEP :	Alimentation en eau potable
IRR :	Irrigation
ANAT :	Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire
SEI :	Stockholm Environment Institute
ONM :	Office nationale météorologique
ONS :	Office nationale des statistiques
BRL :	Bureau de la Région du bas Rhône et du Lagu
ANRH :	Agence nationale des ressources hydrauliques
DHW :	Direction hydraulique de la wilaya
DSA :	Direction de service agricole
GD :	Gestion de la demande
WEAP :	Water evaluation and planing
Km ² :	Kilomètre carré
Mm ³ :	Million mètre cube

Introduction générale

L'eau, l'« or bleu », constitue l'élément le plus indispensable dans la vie. Et pourtant, bien qu'elle couvre environ 70% de la planète (soit environ $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$), les ressources en eau sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. Les impacts de la variabilité et/ou du changement climatique s'ajoutent à cela et aggravent la situation. De plus, la plupart de ces ressources sont mal gérées et sont ainsi privées de préservation. L'eau devient ainsi de plus en plus rare et dès lors, de plus en plus convoitée. De ce fait, elle constitue un enjeu politique, voire géopolitique des plus pesants. Dans ce cadre, sa gestion est vitale dans les années à venir, sans quoi, le manque d'eau demeurera l'une des préoccupations majeures des acteurs de développement. **(Andrianarivony, 2016).**

L'Algérie compte 17 bassins-versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants. L'utilisation de l'eau est liée aux activités économiques. La connaissance des ressources en eau est la condition nécessaire pour une bonne gestion. Les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de ladite gestion **(Erhard Cassegrain & Margat, 1979).**

Le problème des pertes dans les réseaux de distribution en eau en Algérie a connu plusieurs raisons tel que les branchements illicites (14.000 cas sont recensés à travers l'ensemble du territoire national), représentant une perte sèche de 2 millions m^3 , une situation qualifiée par le ministre des Ressources en eaux et de l'Environnement, Abdelkader Ouali, d'« inadmissible et intolérable ».

En effet, « le vol d'eau », de certains citoyens, porte énormément préjudice au réseau de distribution d'eau, un réseau auquel les pouvoirs publics ont consacré d'importants investissements. Pas moins de 360 milliards de dinars ont été destinés à la modernisation des réseaux d'eau potable ou bien au système d'irrigation agricole à travers le territoire national.

Chaque jour, le citoyen consomme en moyenne 180 litres alors que cette quantité ne dépasse pas 120 litres/jour par citoyen dans plusieurs pays développés. Seulement 42% du volume d'eau potable produit actuellement est facturé, le reste (58%) est réparti en 30% sous forme de pertes dans les réseaux d'alimentation et le vol à travers des branchements illicites **(Mohamed, 2016).**

En ce qui concerne la wilaya de Biskra qui fera l'objet de cette étude. La wilaya de Biskra est caractérisée par un climat aride et très peu pluvieux. Les précipitations sont limitées à 120 mm par ans.

Les eaux souterraines représentent la ressource principale en eau potable dans la région de Biskra au sud algérien qui comporte essentiellement les villes de Biskra, Tolga et Sidi-Okba. Les aquifères constituant la ressource souterraine dans cette région sont généralement : les nappes du quaternaire, des sables mio-pliocène, des sables du Pontien, des calcaires de l'éocène inférieur, des calcaires du sénonien et des grès du continentale intercalaire. (ANAT, 2003).

Le problème de fuites revêt une grande importance, surtout pour notre pays où le développement économique est lié aux quantités d'eau emmagasinées au sein des retenues de barrages. Le problème des fuites au niveau de la wilaya de Biskra à travers les appuis est devenu dangereux et épineux, puisque d'une part on assiste chaque année à un accroissement du débit de fuites (Toumi et Remini, 2004). D'autre part à la méconnaissance avec précision des endroits de circulation d'eau.

L'approche réalisée est la modélisation sur un programme WEAP21. Le logiciel WEAP est déjà utilisé dans divers pays, y compris les Etats-Unis, le Mexique, le Brésil, l'Allemagne, le Ghana, le Burkina Faso, Madagascar et la Thaïlande. WEAP ou « Water Evaluation and planning System » est créé par Stockholm Environment Institute (SEI), par les chercheurs : Jack Seiber, Water Systems Modeler ; Chris Swartz, Research Associate et Annette Huber – Lee, Director Water Program Stockholm Environment Institute (SEI, 2011).

Chapitre 1 : **Présentation générale de la zone d'étude**

2. Découpage administratif

Créée après le découpage administratif de 1974, la wilaya de Biskra se compose de (06) dairas et (22) communes. Avec le découpage administratif de 1984, elle a été scindée en deux parties donnant ainsi naissance à la nouvelle wilaya d' El Oued formée à partir des (02) anciennes daïrate d'El Oued et d'El Meghaier. Actuellement la wilaya de Biskra se compose de (33) Communes et (12) dairate ; elle s'est formée à partir du Chef-Lieu de Wilaya et des (04) anciennes daïrate, à savoir : Tolga, Oueled Djellal, Sidi Okba et El Outaya. (04) communes appartenant à d'autres Wilayate lui ont été rattachées depuis, il s'agit de :

- El Kantara et Ain-Zaâtout (Wilaya de Batna)
- Khangat Sidi Nadji (Wilaya de Tebessa)
- Chaïba (Wilaya de M'sila). (ANAT, 2002).

3. Aperçu géologique

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente un pays de transition structurale et sédimentaires, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud, c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles d'orientation Est Ouest appelé "accident sud atlasique".

La région de Biskra se caractérise par des terrains sédimentaires, allant du Barrémien à la base jusqu'au Quaternaire. L'esquisse géologique et le tableau ci-dessous indiquent les différentes unités géologiques, ainsi que leur importance du point de vue hydrogéologique. (ANAT, 2003).

4.1 Etude des précipitations

4.1.1 Etude des précipitations moyennes annuelles

Tableau2. Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra. (1992-2012).

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
P (mm)	192.52	297.19	342.69	286.24	292.64	192.05	94.8	193
Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
P (mm)	64.5	88.8	47	156.9	294.1	58.8	173	79.3
Années	2008	2009	2010	2011	2012	P MOY (mm)		
P (mm)	118.4	169.8	185.5	252.3	54.5	173.05		

(Source : O.N.M, 2012).

D'après cette série de 21 ans « 1992-2012 » tableau (2), La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de 173.05 mm. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité inter- annuelle des précipitations (Fig. 3) montre une irrégularité assez prononcée, avec des périodes humides qui ont des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à 342.69 mm (1994) et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne, jusqu'à 47 mm(2002).

4.1.2 Etude des précipitations moyennes mensuelles

Le tableau (3) donne les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, mesurées à la station de Biskra, sur la période allant de 1992 à 2012.

Tableau3. Précipitations moyennes mensuelles (1992-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juit.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuelle
P (mm)	19.6	8.50	21.7	15.6	10.2	3.38	8.17	2.08	30.94	14.87	20.50	17.23	173.05

(Source : O.N.M, 2012).

L'évolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Biskra, pour différentes périodes (Fig. 4) montre que les valeurs de précipitations maximales sont marquées principalement, en mois de Septembre avec un maximum de 30.94 mm, alors que le mois le plus sec est celui d'Août, avec une valeur enregistrée de 2,08 mm.

4.1.3 Précipitations saisonnières

Les quatre saisons de l'année correspondent à :

-Hiver (Décembre, Janvier, Février).

-Printemps (Mars, Avril, Mai).

-Eté (Juin, Juillet, Août).

-Automne (Septembre, Octobre, Novembre).

Et leurs précipitations équivalentes sont données par le tableau suivant :

Tableau 4. Répartition saisonnière des précipitations.

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Station de Biskra P (mm)	45.42	47.68	13.62	66.31

(Source : O.N.M, 2012).

La distribution saisonnière des précipitations (fig. 6) montre que l'été correspond à la saison la plus sèche. L'Automne étant la saison la plus humide.

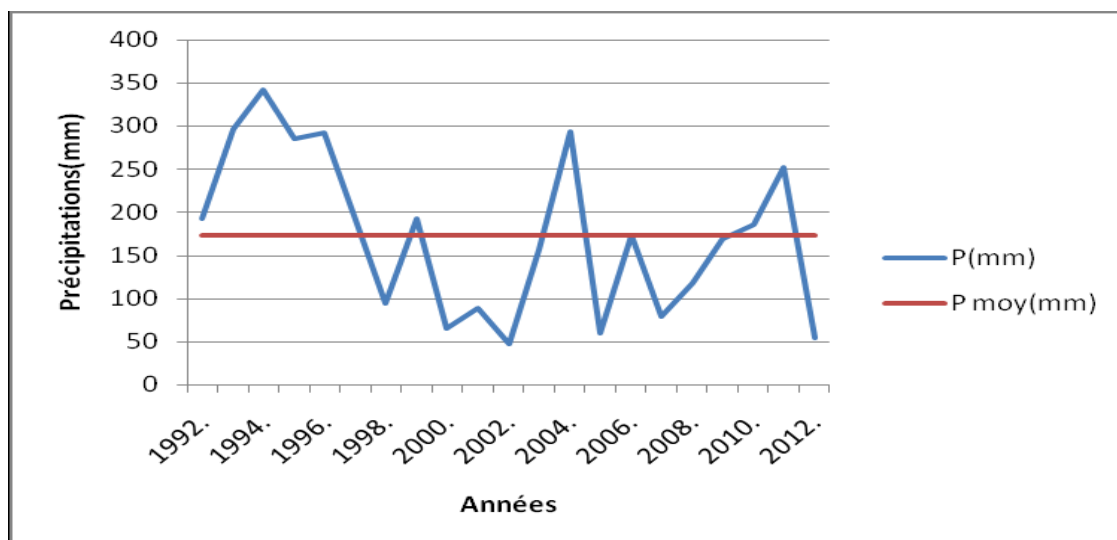


Figure3. Variations inter- annuelles des précipitations .Station de Biskra (1992-2012)

(O.N.M, 2012)

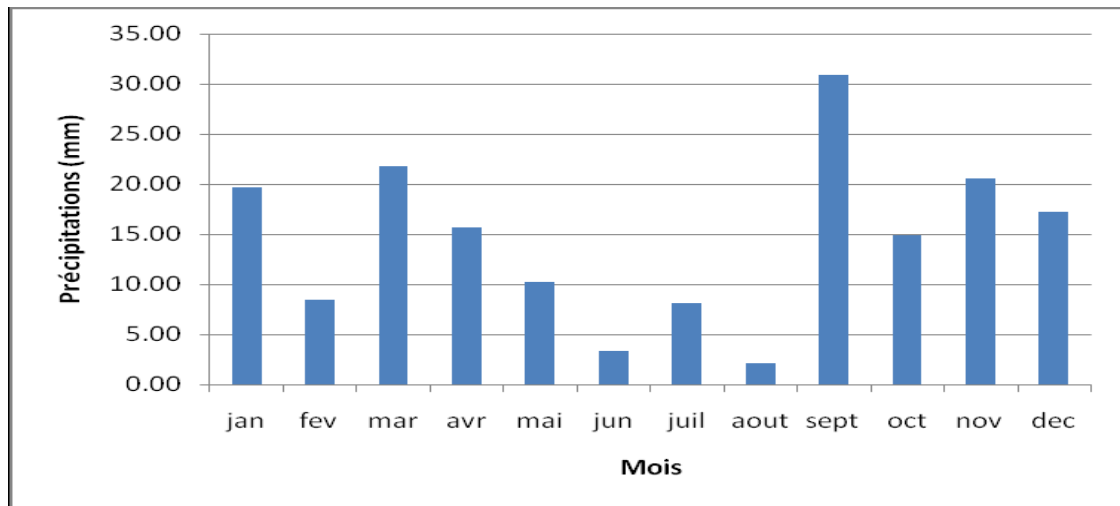


Figure4. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles. Station de Biskra (1992 - 2012). (O.N.M, 2012)

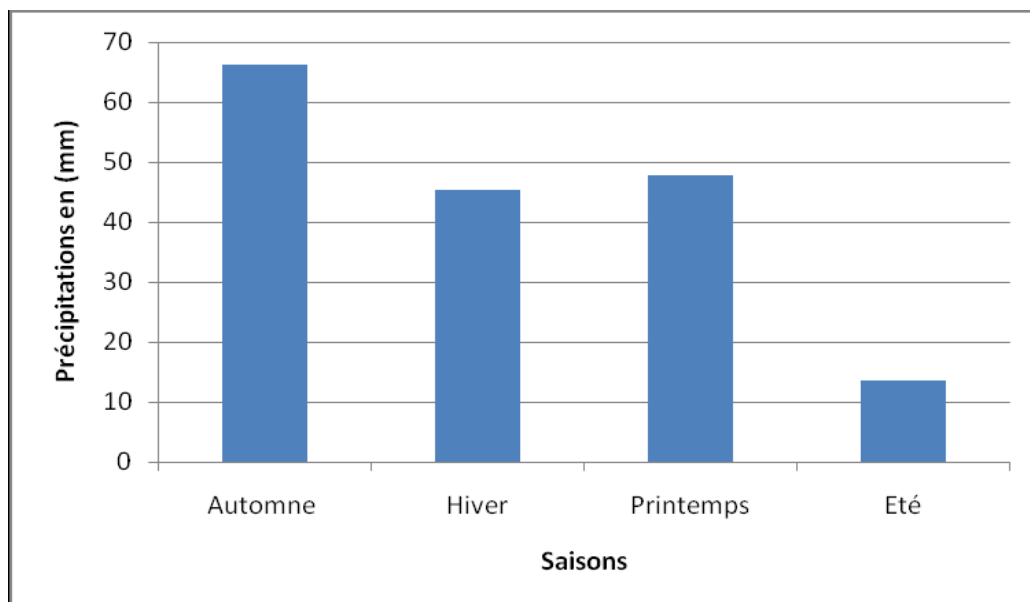


Figure5. Histogramme des précipitations saisonnières à la station de Biskra (1992-2012) (O.N.M, 2012)

4.2 Etude des températures

La température est le second facteur, après la précipitation qui conditionne le climat d'une région. Elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement. La température moyenne annuelle est de 22.57°C. Le tableau (5) donne les températures moyennes mensuelles, pour une période de 21 ans (1992-2012).

Tableau 5. Températures moyennes mensuelles enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juit.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
T(c°)	11.6	13.3	17.1	20.8	20.40	31.5	34.5	34.1	28.8	23.3	16.4	12.4	22.5

(Source : O.N.M, 2012).

On note que la température moyenne mensuelle, la plus élevée, est celle du mois de Juillet (34.59°C) alors que la température, la plus basse est celle du mois de janvier (11.65°C) (Fig. 6).

Tableau 6. Valeurs des températures moyennes mensuelles minimales et maximales enregistrées à la station de Biskra. (1992-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juit.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Tmax °C	17.1	19.0	23.1	26.7	31.9	37.7	40.9	40.0	34.1	28.9	22.1	17.6	28.3
Tmin °C	6.89	8.06	11.3	14.8	19.9	14.8	27.8	27.8	23.2	18.0	12.0	8.05	16.9
Tmoy °C	11.6	13.3	17.1	20.8	26.4	31.5	34.5	34.1	28.8	23.3	16.9	12.4	22.5

(Source : O.N.M, 2012).

- T max en °C : Moyennes mensuelles des températures maximales.
- T min en °C : Moyennes mensuelles des températures minimales.
- T moy : $(M+m)/2$ en °C : Températures moyennes mensuelles.

A partir du tableau(06), les variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales, représentées dans la figure (7), montrent en général que le mois de Janvier est le mois le plus froid, avec une température de 6.89°C, et que les mois de Juillet et Août sont les plus chauds ,avec une température allant de 40.94°C et40.07°C , respectivement.

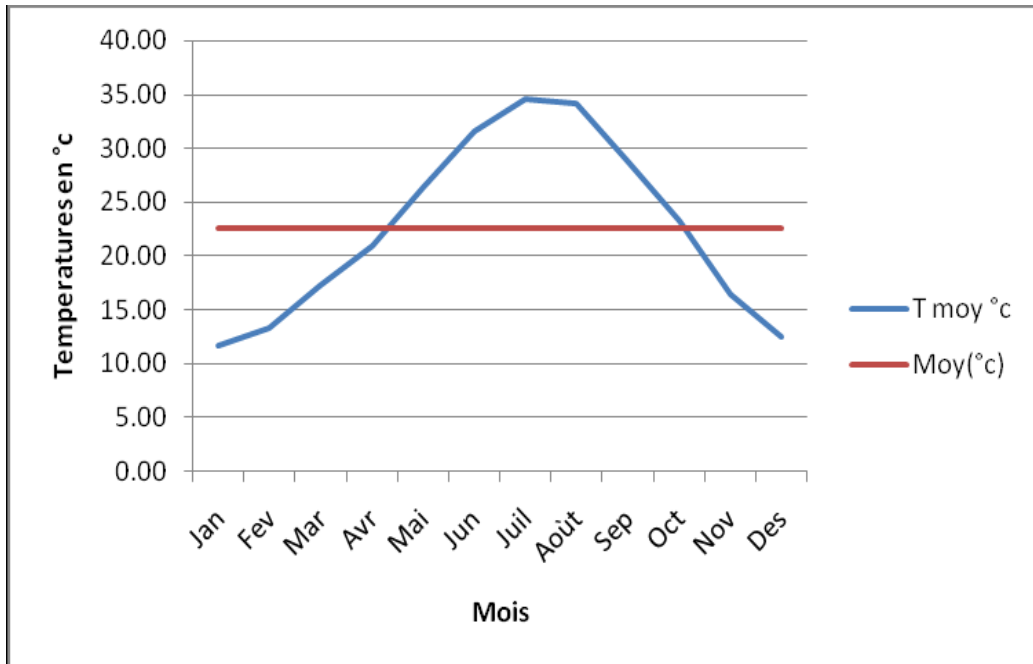


Figure6. Variation mensuelle des températures à la station de Biskra
(1992/2012)(O.N.M)

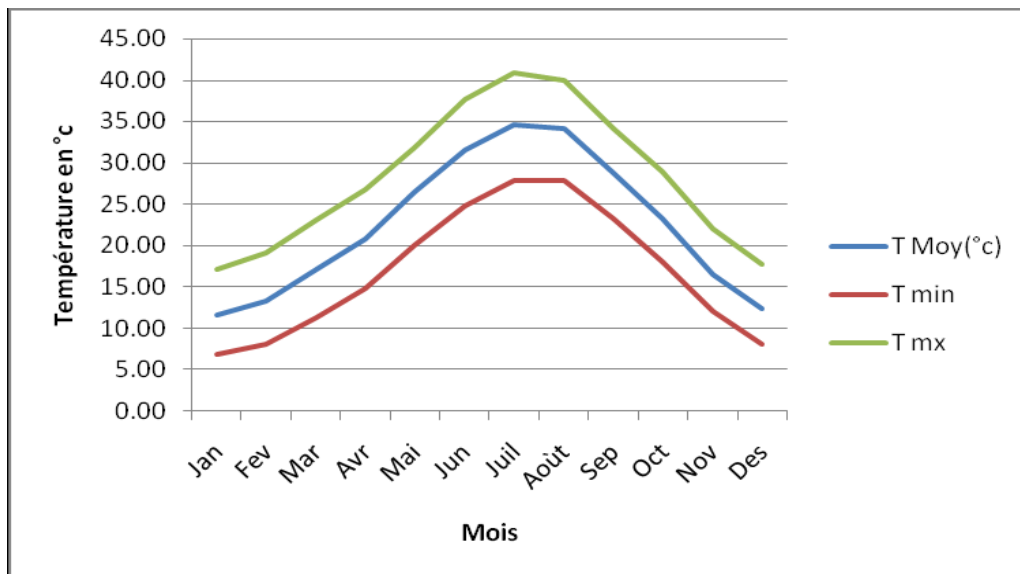


Figure7. Variations des températures mensuelles moyennes, minimales et
Maximales de la station de Biskra (1992-2012) (O.N.M)

4.3 Le vent

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de 4.31 m/s environ ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'avril et mai (respectivement 5.71 et 5.35m/s) (tableau 7).

Durant la saison sèche, les vents dominants sont de secteur Sud-est. En effet, durant cette période arrivent souvent des siroccos, d'une moyenne de 58 jours/an.

(Haouchine. 2010).

Pendant la saison hivernale, les vents du secteur Nord-est sont dominants, amenant de l'humidité du Nord.

Tableau 7. Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juit.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. Annuelle
Vitesse moy. (m/s)	4.0	4.4	4.8	5.7	5.3	4.2	3.8	3.5	3.9	3.5	3.9	4.0	4.3

(Source : O.N.M, 2012).

4.4 L'humidité relative

Ce paramètre est relativement faible dans la zone d'étude ; la moyenne est de 42.14%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara. Les valeurs moyennes mensuelles sont insérées dans le tableau (8), ci-dessous.

Tableau 8. Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juit.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. Annuelle
Humidité Relative (%)	58.1	49.4	42.3	38.8	33.8	28.2	25.7	28.7	39.9	46.6	54.4	59.4	42.1

(Source : O.N.M, 2012).

5. Aperçu socio-économique

5.1 Démographie

Du point de vue humain, la population totale de la wilaya est estimée à 563 245 habitants (2008) soit une densité moyenne de 29 habitants par Km²., avec un taux de croissance de 2.05% **(ONS, 2008).**

Tableau 9. Nombre d'habitat par commune au niveau de la wilaya de Biskra.

Commune	Nombre d'habitat (habitants)
Biskra	218467
Elhajeb	10760
Lotaya	11868
Jamourra	13359
Branisse	4622
El kantra	12129
Ain zaatout	4008
Sidi okba	35604
El haouch	5646
Chetma	14607
Ain el nagua	12784
Zribet el oued	23332
Amziraa	8084
El faidh	13549
Khanget sidi nadji	3231
Amchounech	10739
Tolga	59334
Bouchagroun	13945
Bordj ben azouz	13496
Lichana	10479
Foughala	13269
El ghrous	17434
Ouled djellal	67192
El daoussen	28308
El cheaiba	14188
Sidi khaled	46025
Besbes	11433
Ras el miad	23332
Ourelal	7911
Amlili	6903
Amkhadma	5809
Oumache	11131
Lioua	22756

(Source : O.N.S, 2008).

5.2 Agriculture

Avec plus de 42 000 actifs agricoles, l'agriculture fournit presque la moitié des emplois de la région. Ces agriculteurs exploitent 78 000 hectares irrigués (54% des terres irriguées recensées au Sahara) et plus de 600 000 ha de parcours. La superficie des terres irriguées qui ne comptait auparavant que quelques 15 000 ha, a considérablement augmenté depuis le début des années 80. **(BRL, 2004).**

Les principaux types de cultures pratiques sont :

- Arboriculture : petites élevages
- Phoeniculture, Maraîchage, céréaliculture, cultures Industrielles.
- Elevage ovin.

Production végétale

- Céréales : 6.362.976 Qtx
- Cultures maraîchères : 1.120.890 Qtx
- Les cultures sous serres : 801.825 Qtx

Phoeniculture

- Total palmier : 2.474.455 dont Deglet Nour : 1.281.421 Palmiers
- Total palmier productif : 1.906.582 dont : 985.183 Palmier Deglet Nour

Production Animale

- Ovins : 627.797 Têtes
- Bovins: 3.396 Têtes
- Caprins: 154.723 Têtes
- Equins : 218 Têtes
- Camelin: 1.714 Têtes **(Sedrati, 2011).**

5.3 Industrie

L'industrie est peu remarquable dans la région, elle se positionne surtout à la bordure de la ville de Biskra.

Le nombre d'unité : 43 dont 03 complexes d'envergure nationale (ENICAB, TIFIB (ex ELATEX) et ENASEL Et qui sont respectivement, unité Câblerie Electrique, Tissage Finissage Biskra et Complexe Sel d'El Outaya.

Tableau 10. Nombre des zones industrielles et leurs superficies au niveau de la wilaya de Biskra.

Zone	Nombre	Superficie (ha)
zone industrielle	1	163,77
zone d'activité	14	261,42
zone d'Equipement	3	74,05
zone des Parcs	1	115, 00

(Source : O.N.S, 2007).

L'ensemble des rejets industriels se jette directement dans l'oued principal drainant la région de Biskra qui est Oued Biskra et ses affluents. (Sedrati, 2011).

Chapitre 2 :
Ressources en eau au niveau de la wilaya de Biskra

1. Hydrogéologie et les eaux souterraines

La wilaya de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau. Représentées par deux unités aquifères :

-Nappe d'El Outaya

-Nappe Albienne ou Complexe terminal. (**Ould Baba, 2005**).

1.1 Nappe d'El Outaya

La plaine est située au nord de Biskra ; elle est entourée par plusieurs massifs montagneux, et notamment par le djebel Metlili, au nord, les Aurès à l'est, les monts du Zab à l'ouest, et la plateforme saharienne au sud. Sa superficie est 1 303 km².

La nappe aquifère est constituée par les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène, surmontés par les alluvions du Mio-plio-quadernaire. Ces dernières ne présentent aucun intérêt du point de vue hydrogéologique. Les débits des forages captant les calcaires peuvent être importants (jusqu'à 100 l/s). Les ressources exploitables de la plaine d'El Outaya seraient de l'ordre de 2 Hm³/an (**Bouziane Labadi, 2009**).

1.2 Nappe Albienne ou Complexe terminal

La nappe Albienne appelée aussi nappe du continental intercalaire (CI) est de loin le réservoir le plus important dans la région puisqu'il couvre la majeure partie du territoire saharien septentrional. Le bassin ayant approximativement une superficie de 600.000 Km² avec une capacité en eau de l'ordre de 50.000 Milliards de mètres cube (**Bouziane Labadi, 2009**)

Ce réservoir est appelé improprement nappe albienne alors que géologiquement l'aquifère comprend :

- A la base, les grès rouges avec des intercalations argileuses du Barrémien ;
- Suivi des couches aptiennes d'une épaisseur de 50 à 60 m. La partie inférieure est entièrement continentale alors que la partie supérieure comprend des argiles, des marnes, des anhydrites, des calcaires et des dolomies ;
- Au sommet, l'Albien, avec une puissance de 250 m, et qui renferme principalement des grès rouges avec des intercalations argileuses. L'ensemble à une épaisseur de l'ordre de 500 m.

Les eaux homogènes et fossiles du CI, ont été rechargées lors des périodes humides et plus froides du Pléistocène inférieur. Un fonctionnement hydraulique actuel se manifeste, caractérisé par un très faible taux de remplissage sinon négligeable, un écoulement vers le sud

Est et des exutoires représentés par les forages profonds captant cette nappe. 1.5 m³/s des eaux pompées de cette nappe sont destinées à la wilaya de Biskra. (**Guendouz&Moulla, 1996**).

1.3 Etude de la nappe du mio-plio-quaternaire

1.3.1 Alimentation de la nappe

L'alimentation de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire se fait par deux origines différentes :

- Les précipitations : alimentation superficielle, par des apports pluviométriques.
- L'autre origine est souterraine, l'alimentation est par les couches calcaires sous-jacentes. (**Aidaoui, 1994**).

2. Les eaux de surface

Les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Les ressources superficielles en eau sont omniprésentes dans notre région et sont alimentées par les principaux oueds à savoir : oued Djedi, oued Biskra, oued El Arab, oued El Abiod etc.... qui se caractérisent par un écoulement intermittent. Lors des crues, ces oueds se jettent dans le chott Melrhir et ce par manque d'infrastructures destinées à la mobilisation de ces ressources (barrage retenues collinaires) entraînant une grande perte pour une meilleure utilisation de cet élément essentiel à toute activité (**Bougouta, 2012**).

2.1 Les oueds

Les petits bassins sont drainés par un chevelu hydrographique constitué par un réseau d'oueds d'une longueur de 37821 Km, qui coulent uniquement lors des pluies importantes.

2.1.1 Oued El Abiod

C'est l'oued le plus important du massif de l'Aurès. Entre 1950 et 1960, l'apport moyen était de 21,5 Mm³/an. Il est équipé depuis 1950 du barrage de Foug el Gherza, d'une capacité initiale de 47 Mm³. Actuellement, le colmatage par les alluvions limite la capacité à servir à 21 Mm³ et ne permettrait plus que d'irriguer quelques centaines d'hectares de céréales et de palmiers, principalement ceux de Sidi Okba.

Le débit moyen annuel de l'oued El Abiod est estimé à 18 Mm³ /an. Il est suivi à la station de M'Chouneche, juste en amont du barrage. De 1972 à 1994, le débit moyen a été de 11,7 Mm³ /an (0,37 m³/s) (**Bougouta, 2012**).

2.1.2 Oued El Arab

Il sépare le massif des Aurès de celui des Néméncha. Il permet d'irriguer en permanence une centaine d'hectares (Khanget Sidi Nadji) et au moins 35000 palmiers (Zeribet El Oued). Les crues servent aussi aux cultures céréalières.

La station de Khangat Sidi Nadji à l'aval de l'oued El Arab enregistre les débits depuis 1972. Le débit moyen annuel est de 31 Mm³ (0,89 m³ /s)(Bougouta, 2012).

2.1.3 Oued Biskra

Limité à Biskra, ce sous bassin couvre une superficie de 2800 km², dont la presque totalité appartient au domaine des versants ruisselants. L'O. Biskra est formé par la réunion des deux grands oueds El Haï et Branis. Nous avons considéré le premier comme représentant l'artère maîtresse supérieure, le second comme un affluent. Dans cette hypothèse, l'O. Biskra prend sa source dans la région de Zgag (Aurès occidental), par 2000 m d'altitude. Il se jette dans le Melrhir, à 25 m en-dessous du niveau de la mer, après un parcours de 194 km environ. Son profil, à pente très forte jusqu'à El Kantara, est celui d'un oued relativement jeune. Au cours de la période 1938-1951, 43 mois de crues ont été observés à Biskra, soit en moyenne, près de 4 par an.

Tableau 11. Les apports des oueds de la wilaya

Oueds	Longueur (km)	Apport interannuel (Mm ³ /an)
Oued Djedi	92	32.70
Oued El Arab	112	31
Oued El Abiod	80	11.20
Oued Biskra	57	6.05

2.2 Les barrages

2.2.1 Le barrage de Foum El Gherza

Le barrage de Foum El Gherza est situé à 18 km à l'Est de la ville de Biskra et à environ 600km au Sud-est d'Alger. Il permet l'irrigation des palmiers de Sidi Okba au Sud- Ouest de Seriana au Nord, et de Thouda.

Les principales caractéristiques du barrage sont :

-barrage voûte,

-hauteur du barrage : 75m,

Réalisé en 1952 avec une capacité 47 Hm³, il régularise 13 Mm³ par an des apports du bassin de Oued El Abiod (1300 Km²). Il reçoit en moyenne un volume de 22 Mm³ par an. Le taux

d'envasement, assez fort, 450000 m³ par an, a réduit la capacité à près de 17 Mm³ en 2003, tandis que l'évaporation (2482 mm) fait perdre chaque année près de 5 Mm³ par an. (Bougouta, 2012).

2.2.2 Le barrage de Babar

Le barrage a été réalisé pour les besoins de l'irrigation de la région. Il régularise 12 millions de m³ par an des apports des affluents amont de oued El Arab, principalement des talwegs descendant des hauteurs des Némencha, tel que oued Tamgra au sud. La capacité de stockage est de 41 millions de m³. (Bougouta, 2012).

2.2.3 Barrage des fontaines des Gazelles

Le barrage de fontaine des gazelles est construit en matériaux locaux (remblai en alluvions compacté) avec un noyau d'argile, il se situe à l'aval de Oued El Hai, alimenté par une surface de 1 660 Km², ayant une capacité normale 55,5 Mm³, il est rempli actuellement à 100 %, mais une grande tranche de ce volume apparent, n'est que vase et autres apports solides charriés lors des crues avec un débit solide de 360 000 m³ /an. Le stock de ce barrage souffre aussi d'une grande perte par évaporation, qui dépasse les 06 Mm³ par an, ce qui laisse juste 14 Mm³ à régulariser pour les besoins d'irrigation. (Bacha, 2002).

3. La demande en eau pour les différents secteurs consommateur d'eau

Les besoins en eau se rapportent aux qualités nécessaires à utiliser pour assurer l'application des fonctions requises pour divers usages, usage domestique et public, usage industriel et usage agricole.

Notant que la demande en eau c'est la quantité d'eau qu'il faut mobiliser au niveau de la ressource pour couvrir le « besoin ». Entre la demande et besoins s'intercalent les pertes ou gaspillage du système de mobilisation de la quantité d'eau de tel ou tel usage. (Dali, 2009)

La wilaya de Biskra composée actuellement de 12 Daïras regroupant 33 communes qui s'étendent sur une superficie de 21671 km² soit une densité de 30 hab. /km². Ces Daïras sont à vocation agricole, ce qui explique la prédominance des quantités d'eau destinées à l'irrigation. Le tableau 12, suivant récapitule la répartition de la ressource souterraine par Daïra. (Sedrati, 2011).

Tableau 12: Répartition par daïras des ressources souterraines (Hm³ /an) dans la wilaya de Biskra.

Daïra	Ressources et leurs destinations (Hm ³ /an)			Total
	AEP	IRR	IND	
Biskra	6.40	20.85	0.23	27.5
Tolga	1.21	73.36	0.05	74.62
Foughala	0.70	28.00	0	28.7
Zribet el Oued	5.30	63.08	0.03	97.11
Sidi Khaled	13.30	23.21	0	36.51
El Outaya	2.75	10.43	0.43	13.61
M'chounech	2.90	0.71	0	3.61
Ourellal	1.80	55.23	0	60.64
Ouled Djellal	10.55	114.40	0.002	124.95
Sidi Okba	14.38	115.66	0	130.04
El Kantara	/	0.84	0	0.48
Djemourah	/	0.20	0	0.20
Total	59.28	505.62	0.749	

(Source : ANRH de Biskra, 2009).

Nous remarquons que l'agriculture consomme beaucoup d'eau. Ceci est particulièrement important pour les Daïras de Tolga, de Zribet El Oued, D'Ourellal, d'Ouled Djellal et de Sidi Okba.

3.1 L'eau potable

Actuellement, la ville de Biskra compte autour de 200 000 habitants, avec une dotation moyenne de 150 l/j/hab. ce qui nécessite une mobilisation plus importante de la ressource. Le tableau 13, donne un aperçu sur l'origine des eaux destinées à la consommation.(Sedrati, 2011).

Tableau 13: Alimentation en eau potable de la ville de Biskra en 2007.

Zone	Nombre de forage	Volume consommé (l/s)	Volume consommé (Hm ³ /an)
Champ captant Oued El Hai (Biskra)	12	345	10.87
Champ captant interne (Biskra)	18	338	10.65
Champ captant El Megloub	08	166	5.23
Total	38	849	26.77

(Source : DHW de Biskra, 2007).

3.2 L'agriculture

Le développement agricole qu'a connu la wilaya est en grande partie du a la disponibilité de potentialités en eau de surface et souterraine. Cette disponibilité en eau a facilité le recours à la petite et moyenne hydraulique indispensable à l'irrigation des grands périmètres. La superficie agricole utile(SAU) de 175 335ha dont 108 183 ha irrigués (année 2005). Pour compenser les méfaits de l'aridité du climat, les agriculteurs bénéficient de dotations importantes atteignant 7000 m³ /ha/an. Par ailleurs, les besoins en eau pour l'agriculture sont liés à l'accroissement des terres agricoles irrigables, ces dernières avoisinaient 53 312,05 ha en 1999, ont atteint 108 183 ha en 2005, soit une augmentation de 54 871 ha, correspondant à un doublement des surfaces, entraînant à un accroissement moyen de 7 838 ha/an, cette évolution s'explique par les mesures d'accompagnement mises en place en 2000. (Sedrati, 2011).

Tableau 14 : Evolution des surfaces irriguées et des besoins en eau pour l'agriculture de la wilaya de Biskra.

Année	Superficie agricole (ha)	Superficie irriguée total (ha)	Besoins en A.E.A (Hm ³ /an) pour 7000m ³ /ha/an
1999	129516.96	53321.05	373.18
2000	136379.75	64461.00	451.22
2001	145746	66192.03	463.34
2002	154271	74121	518.84
2003	166218	90615	634.30
2004	173847	103739	726.17
2005	175335	108183	757.28
2010	208060	147373	1031.61

La région compte plusieurs périmètres irrigués dont les deux plus importants sont celui de Sidi Okda et celui d'El Outaya. Les indications concernant ces deux périmètres sont conditionnées dans le tableau 15. (Sedрати, 2011).

Tableau.15 : Quantités d'eau issues des barrages au niveau de la wilaya de Biskra.

Périmètre	Superficie (ha)		Barrage d'alimentation	Volume affecté (Hm ³)	Mode d'irrigation
	Equipée	Irriguée			
Sidi Okba	800	200	Barrage Foug el Gherza	08	Système gravitaire
El Outaya	950	880	Barrage fontaine des gazelles	06	Goutte à goutte

(Source : DSA, 2008).

3.3 L'industrie

Le secteur industriel est peu développé dans la région. De ce fait les consommations en eau sont relativement faibles, qui atteignent les 389300m³/an en 2010.

Cette consommation est croissante en raison du développement socio-économique important que vit la wilaya surtout dans les régions à grande population telles que Biskra.

Les ressources en eau des unités industrielles proviennent essentiellement des forages. (Sedрати, 2011).

Chapitre 3 : Modélisation hydrologique par WEAP21

1. Présentation du logiciel WEAP 21

Le logiciel WEAP est utilisé pour la planification de l'exploitation de toutes les ressources en eau que ce soit eau de pluie, eau de surface ou eau souterraine. C'est un logiciel de modélisation hydrologique pour la gestion intégrée et durable des ressources en eau.

1.1. Description du logiciel

Le logiciel WEAP est déjà utilisé dans divers pays, y compris les Etats-Unis, le Mexique, le Brésil, l'Allemagne, le Ghana, le Burkina Faso, Madagascar et la Thaïlande. WEAP ou « Water Evaluation and planning System » est créé par Stockholm Environment Institute (SEI) à Tellus Institute 11 Arlington Street, Boston, MA U2116-3411 USA par les chercheurs : Jack Seiber, Water Systems Modeler ; Chris Swartz, Research Associate et Annette Huber – Lee, Director Water Program Stockholm Environment Institute (SEI, 2011).

1.2. Principaux objectifs du logiciel

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

Les objectifs de ce système d'évaluation et de planification de l'eau (WEAP) sont :

- d'incorporer ces dimensions dans un outil pratique pour des ressources d'eau avec la projection future
- d'examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau
- de fournir un système de base de données pour la demande ou besoin en eau et les informations de maintien d'approvisionnement
- de prévoir certaines situations des ressources en eau en simulant la demande, les ressources exploitables, les écoulements et stockage, et les sources de pollutions, les traitements et décharges
- d'analyser le développement socio-économique en évaluant une gamme complète des options de développement et de gestion de l'eau, et en tenant compte des utilisations multiples et concurrentes des systèmes aquatiques. (Messahel, 2005).

1.3. Acquisition du logiciel

Le logiciel WEAP est téléchargeable sur le site : <http://www.weap21.org>. Par contre, pour le fonctionnel, il faut obtenir un permis ou licence d'utilisation pour les types d'utilisateur. Pour l'obtention, il faut remplir et envoyer un formulaire. Le SEI (Stockholm Environment Institute) envoie par e-mail le nom d'utilisateur et un code d'enregistrement, les instructions

pour activer le logiciel WEAP et pour permettre le dispositif « économiser données » fonctionnel. Le permis d'utilisation est valide pour une durée déterminée. (Messahel, 2005).

1.4. Structure du logiciel WEAP

WEAP se possède cinq présentations principales : représentation cartographique et graphique, affichage des données et des résultats, présentation des notes et observations. Ces affichages sont présentés par des icônes graphiques sur la "barred'affichage", située à côté gauche de l'écran. En cliquant sur l'une de ces icônes, une présentation voulue est affichée. Ces cinq affichages sont présentés ci-dessous (Fig.8, a, b, c, d, e).

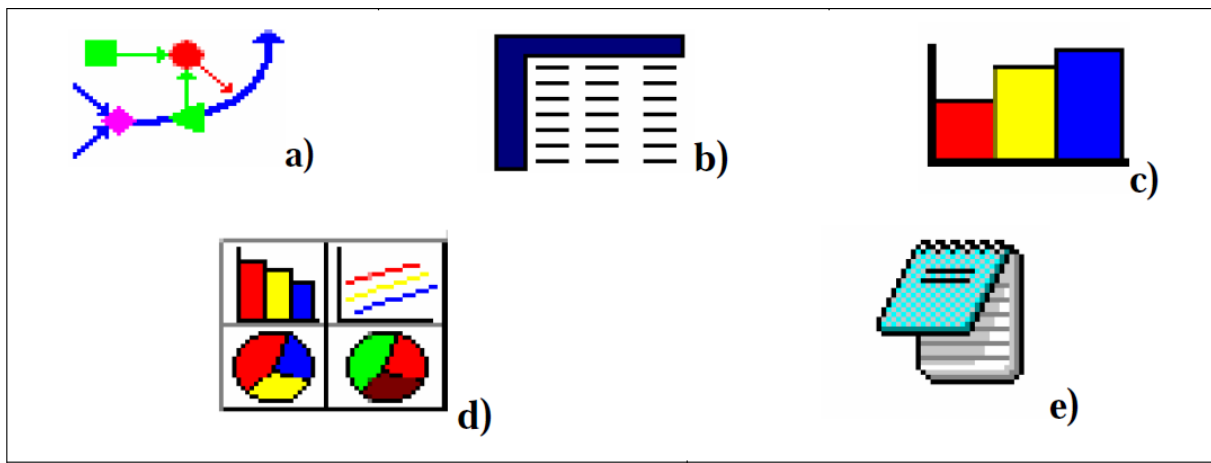


Figure 8. Les cinq affichages du Modèle WEAP.

1.5. Fonctionnement du logiciel

WEAP fonctionne donc suivant cinq (5) étapes.

1.5.1. Créer une zone d'étude

Dans cette partie, il s'agit de créer une carte de la zone d'étude. On peut utiliser des cartes traitées avec des logiciels de traitement cartographique (SIG) en particulier ArcWiev. Cette carte va servir comme fond des dessins des éléments nécessaires pour pouvoir faire la simulation tels que les emplacements urbains, les rivières, les sources d'eaux souterraines, les réservoirs, les barrages les industries, les sites agricoles et les autres types d'emplacement selon l'étude. (Messahel, 2005).

1.5.2. Créer les hypothèses clés et références

Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur le calcul de la demande et l'approvisionnement en eau, l'écoulement, l'infiltration, le stockage, et le traitement général de pollution, la qualité de l'eau, etc.... Il est donc primordial de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarii (Messahel, 2005).

A. Hypothèses clés

Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse. Dans notre étude, nous avons quatre (4) hypothèses clés servant comme données de base pour le logiciel utilisation d'eau domestique, besoins en eau pour l'irrigation, pourcentage mensuel d'utilisation d'eau domestique, taux de croissance de la population pour l'année du scénario futur (Messahel, 2005).

B. Références

Il est nécessaire d'avoir une année ou une période de référence pour servir de modèle. Toutes les données à utiliser doivent être comprises entre cette année ou période de référence (Messahel, 2005).

1.5.3. Proposition de Scénarios

Dans WEAP, le scénario typique est composé de trois étapes une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle dont on ajoute les données ou une période, un scénario de référence établi à partir du compte courant et sert pour simuler l'évolution, probable du système sans interposition, des autres scénarii pour évaluer les effets des changements socioéconomiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur (Messahel, 2005).

1.5.4. Saisir les données

Les données sont à saisir en cliquant droite après avoir créer les éléments dans la zone d'études (placer les emplacements urbains, industriels, élevages,.....) ou en passant dans le menu d'affichage de la base de données (Messahel, 2005).

1.5.5. Présenter les résultats

Les résultats se présentent sous forme de graphe et (ou) de tableau. On aura deux résultats à comparer : les résultats de l'année de référence et de l'année de scénario de changements climatiques (Messahel, 2005).

2 Application du modèle « WEAP21 » sur la wilaya de Biskra

L'acquisition des données à simuler constitue l'étape primordiale dans la réalisation de la modélisation dans le logiciel WEAP. Les données utilisées ici sont récoltées à partir d'une étude menée en 2010.

2.1. Présentation des données

2.1.1 Présentation cartographique du modèle

Le modèle cartographique de la wilaya de Biskra créé avec WEAP est présenté par la figure 9 ci-dessous.

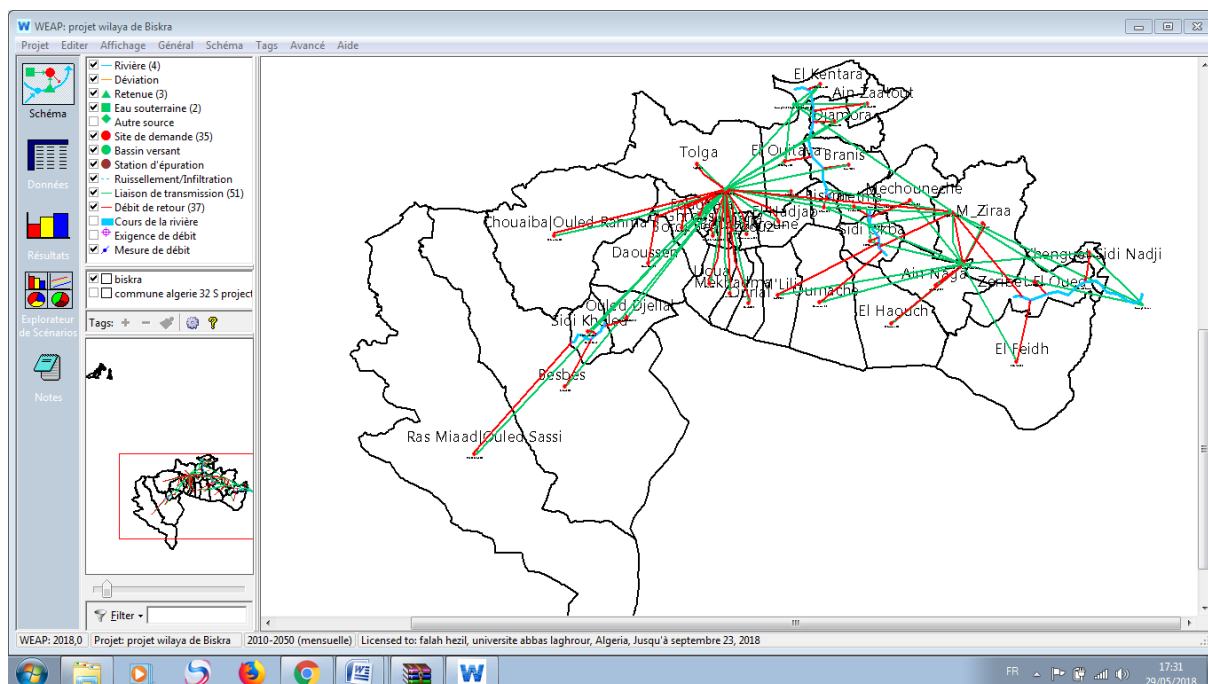


Figure 9. La wilaya de Biskra avec les éléments de la modélisation par WEAP.

2.1.2 Sites de demande

Les données à entrer dans les sites de demande sont :

- Le niveau d'activité annuelle représentant le nombre des personnes, des animaux et la surface cultivée consommateurs d'eau.
- La consommation d'eau annuelle ou la consommation d'eau par unité d'activité.
- La variation mensuelle ou la part mensuelle de la demande annuelle.
- La consommation représentant le pourcentage de débit disparu dans le système.

Les sites de demande avec leurs informations respectives sont présentés dans le tableau 16 ci-après.

Tableau 16. Sites de demande avec les informations.

Site de demande	Niveau d'activité annuelle	Consommation d'eau annuelle	Variation mensuelle	Consommation
Population	563 245 hab.	54.75 m ³ /hab./an	Proportionnelle au nombre de jours dans un mois	15%
Agriculture	208060 ha	1031610 m ³ /ha/an	Proportionnelle au nombre de jours dans un mois	85%
Industrie	614.24 ha	389300m ³ /an	Proportionnelle au nombre de jours dans un mois	100%

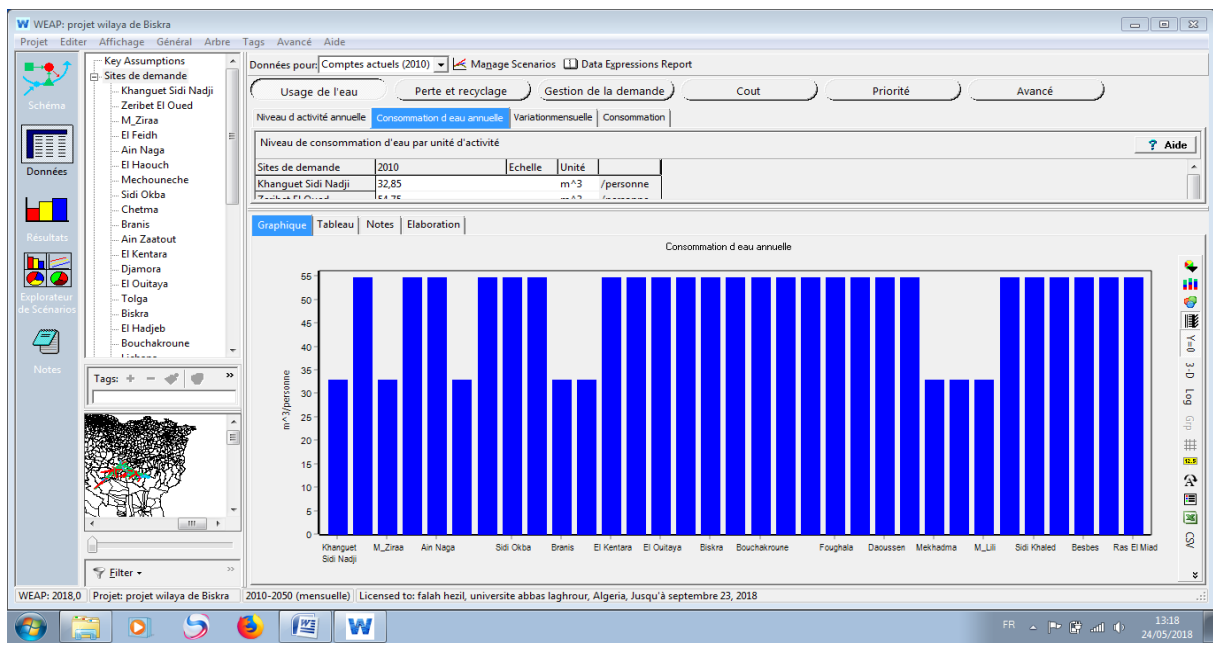


Figure 10. Consommation d’eau annuelle de chaque site de demande sur WEAP (capture d’écran).

2.1.3 Eaux de surface disponibles

Tableau 17 : Les oueds de la wilaya de Biskra et leurs débits annuels.

Oued	Débit annuelle (Mm ³ /an)
Djedi	32.70
El Arab	31
El Abiod	11.20
Biskra	6.05

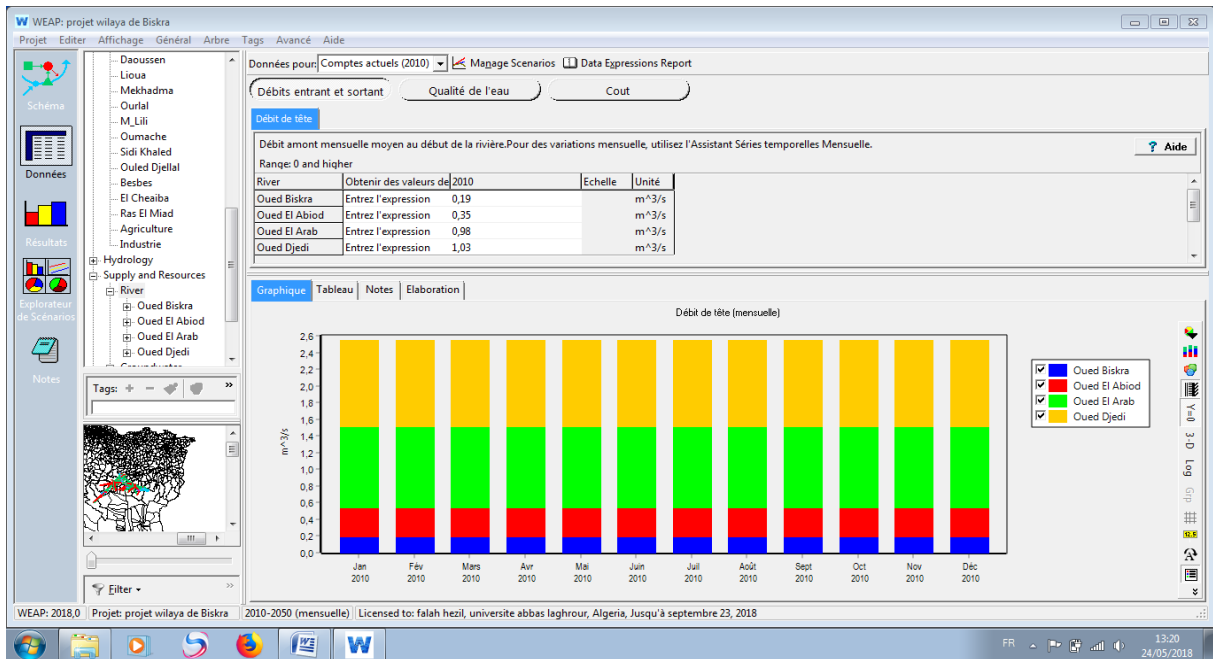


Figure 11. Débits en amont des oueds de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran).

Tableau 18 : Le débit et la capacité de stockage des barrages de la wilaya de Biskra.

Barrage	Débit (m ³ /s)	Capacité de stockage (Mm ³)
Foum El Gherza	0.67	47
Fontaines des Gazelles	0.82	55
Babar	0.52	41

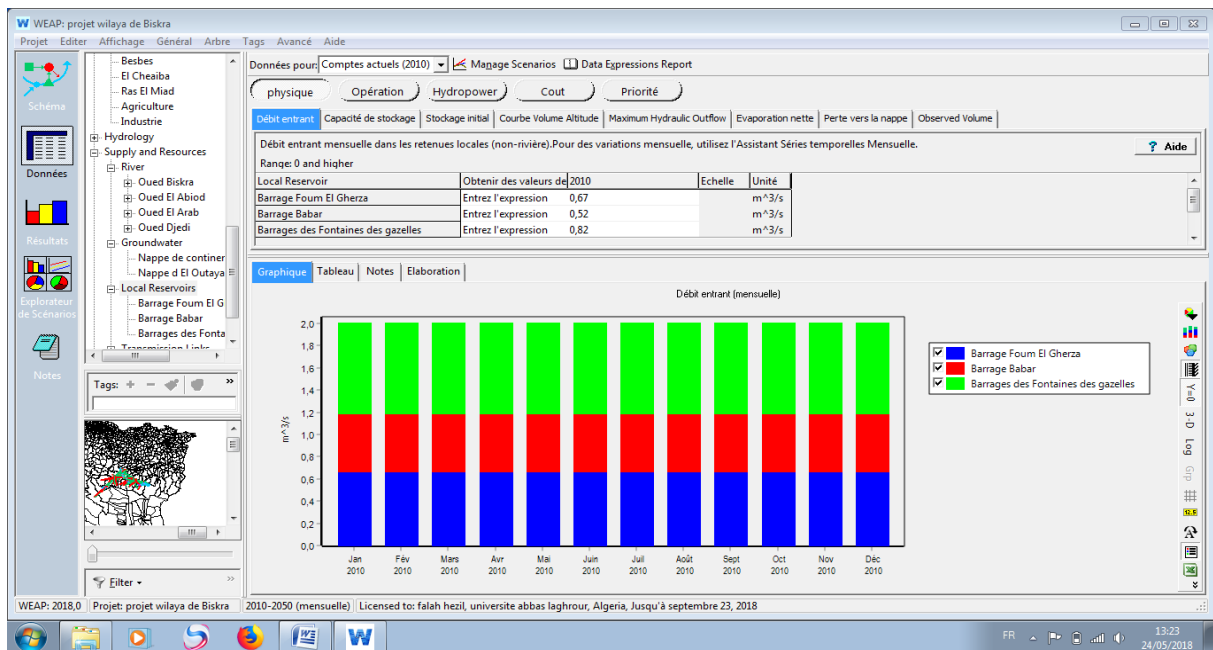


Figure 12. Débits entrant des barrages de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran).

2.1.4 Eaux souterraines disponibles

Dans notre zone d'étude, les ressources en eaux souterraines sont essentiellement composées de :

-Nappe d'El Outaya

Stockage initial

2 million m³

Tableau 19 : Prélèvement maximal et recharge naturel mensuelle de la nappe d'El Outaya.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prélèvement maximal	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0.4	0.4
Recharge naturel	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0.4	0.4

-Nappe Albienne ou Complexe terminal

Stockage initial

50000 Milliards m³

Tableau 20 : Prélèvement maximal et recharge naturel mensuelle de la nappe albienne.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	juin	Juil.	Aout	Spt.	Oct.	Nov.	Déc.
Prélèvement maximal	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Recharge naturel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

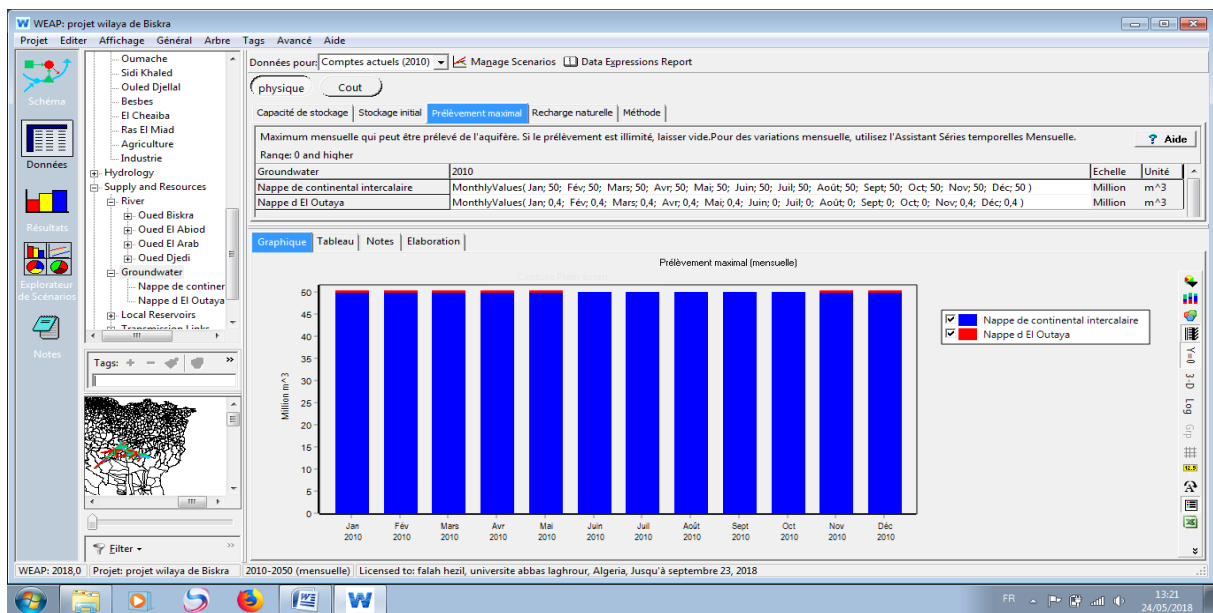


Figure 13. Prélèvement maximal des nappes souterraines de la wilaya de Biskra sur WEAP (capture d'écran).

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1. Création des scénarios

1.1 Scénario Référence

La période de référence du modèle de gestion utilisée est comprise entre 2010 et 2050, avec un pas de temps mensuel en prenant l'année 2010 comme année de base. C'est un scénario de simulation de l'évolution du système déjà créé dans le compte courant sans intervention humaine ni changement climatique, nous préservons les paramètres des structure déjà existant en 2010. Pour l'évolution de la taille de la population s'inscrivent dans la continuité des taux calculés sur la période 1998 – 2008.

1.1.1 Demande en eau des différents sites

La demande en eau dans les années à venir pour l'ensemble des sites de demande est présentée dans la figure 14 ci-après.

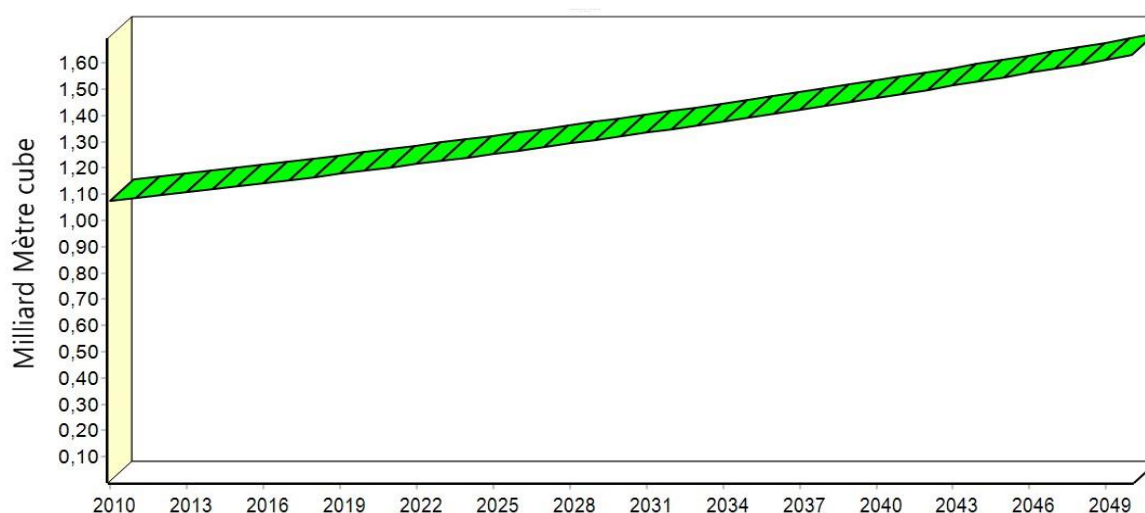


Figure 14. Demande en eau pour l'ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence.

D'après le graphe, la demande en eau augmentera dans les années à venir pour le scénario Référence. La demande en 2050 peut aller jusqu'à plus de 1.6 Milliard m³. Soit une augmentation de 50%.

1.1.2 Exigence de distribution

L'exigence de distribution représente sur WEAP la demande en eau avec les pertes des réseaux de distribution pour l'AEP et pour L'IRR. Elle est présentée par la figure 15 ci-dessous.

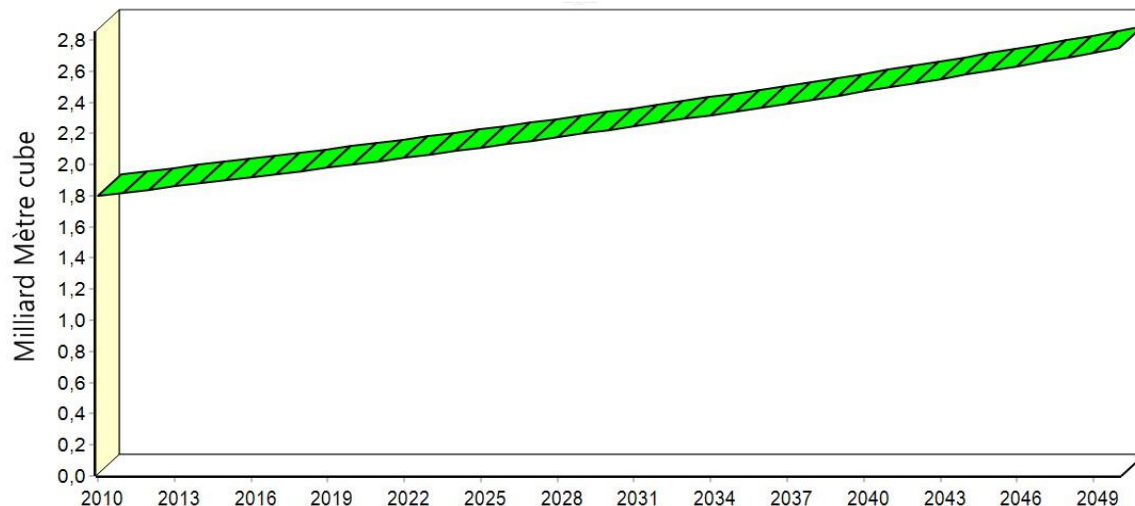


Figure 15 : Exigence de distribution de l'ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence.

L'exigence de distribution augmentera dans les années à venir pour le scénario Référence. Elle passe de 1.8 Milliard m³ à 2.8 Milliard m³ en 2050. Plus de 40% de l'exigence en eau est perdu à travers les pertes d'eau au niveau des réseaux de distributions.

1.1.3 Répartition de la demande en eau par secteur

L'exigence de distribution de chaque site de demande dans le scénario Référence est présentée dans la figure 16 ci-dessous.

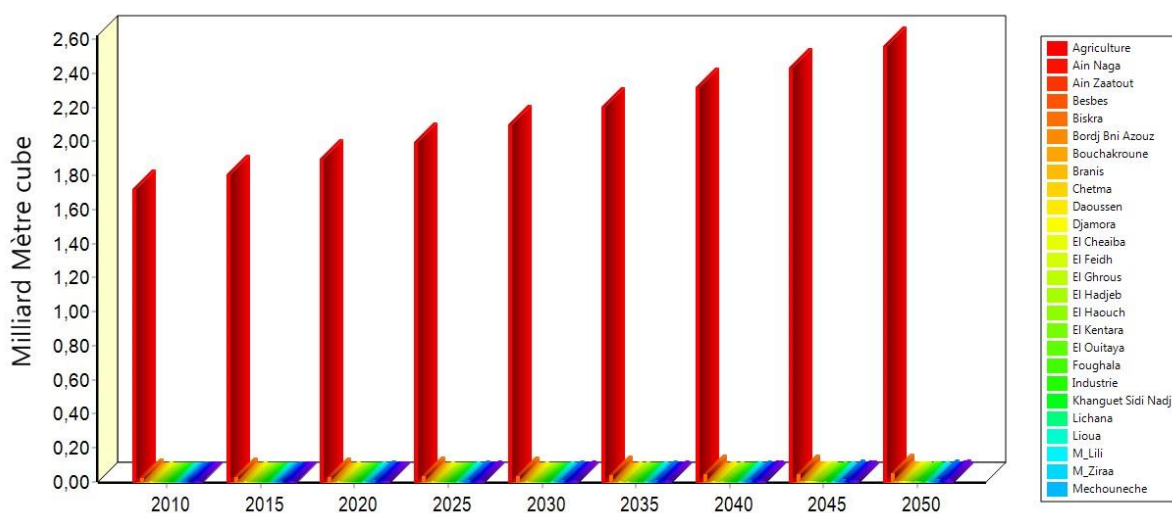


Figure 16. Exigence de distribution de chaque branche scénario Référence.

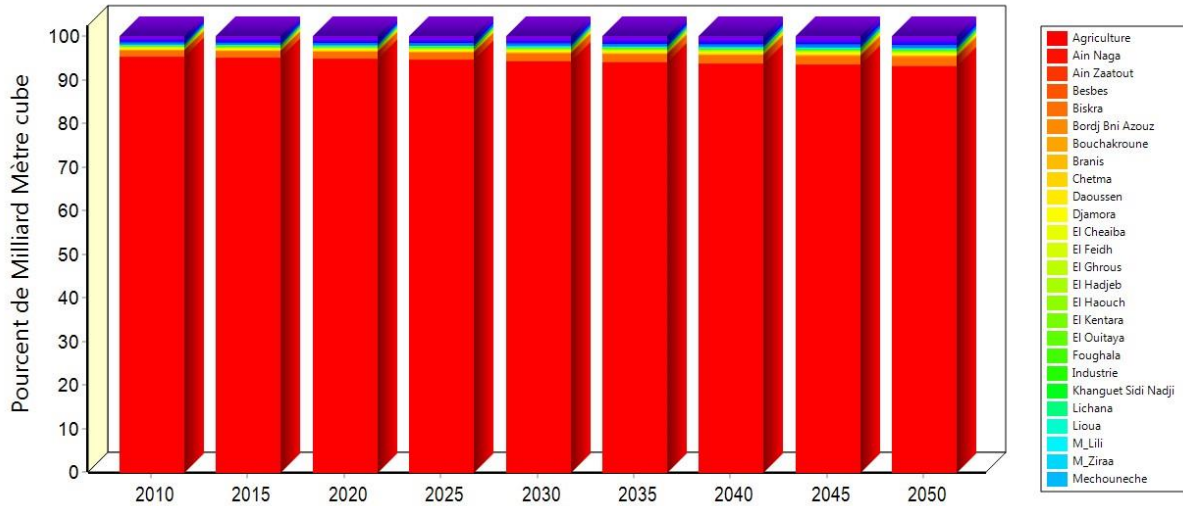


Figure 17. Exigence de distribution de chaque branche en pourcentage (%) scénario Référence.

Les graphes montrent une fois de plus que l’agriculture est le plus grand secteur consommateur d’eau dans la wilaya de Biskra dans le scénario Référence. Soit une consommation de 1.7 Milliard m³ en 2010 jusqu’à 2.6 Milliard m³ en 2050 (plus de 95%).

1.1.4 Demande non satisfaite

La demande non satisfaite de chaque site de demande est présentée par la figure 18 ci-dessous.

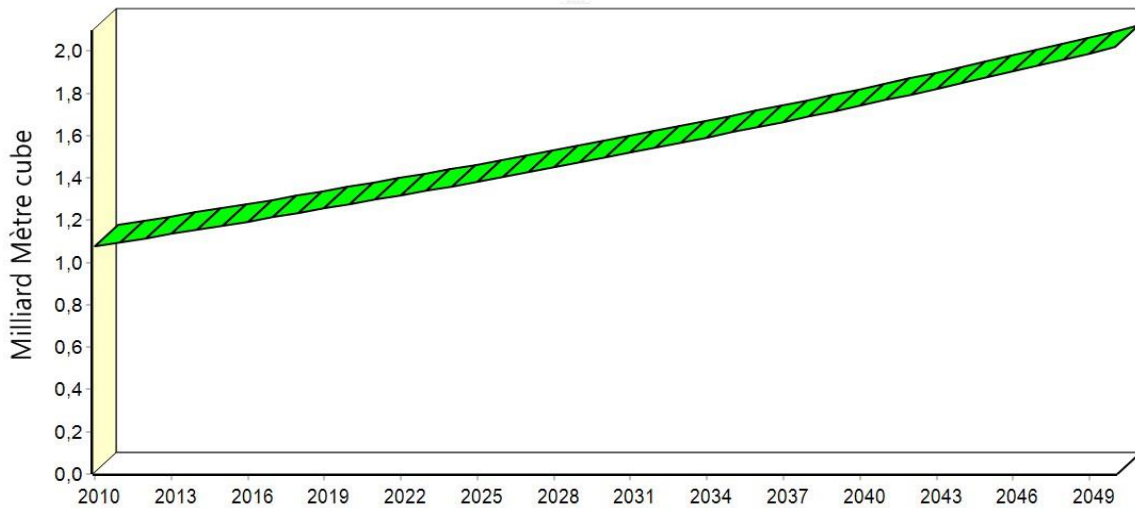


Figure 18 : Demande non satisfaite de l’ensemble des sites de demande au niveau de la wilaya de Biskra pour le scénario Référence.

D’après le graphe, la demande non satisfaite augmentera dans les années à venir pour le scénario Référence. La demande non satisfaite en 2050 peut aller jusqu’à 2 Milliard m³. Plus

de 45% de la demande non satisfaite est perdu à travers les pertes d'eau au niveau des réseaux de distributions.

1.2 Scénario Gestion de la demande (GD)

Ce scénario consiste à maintenir l'offre de l'eau telle qu'elle est dans le scénario de référence et de changer la demande en eau des différents secteurs par :

- Une baisse au niveau des pertes aux réseaux de distribution des eaux potables de 50% à 10% en 2050.
- une baisse de la perte d'eau à la parcelle à 10 % en 2050 au lieu de 40% à 2010, par la mise en œuvre des techniques d'irrigation plus efficace (technique de goutte à goutte ou technique du pivot avec une distribution basse au niveau des racines végétales).

1.2.1 Demande en eau des différents sites

La demande en eau dans les années à venir pour l'ensemble des sites de demande est présentée dans la figure 19 ci-après.

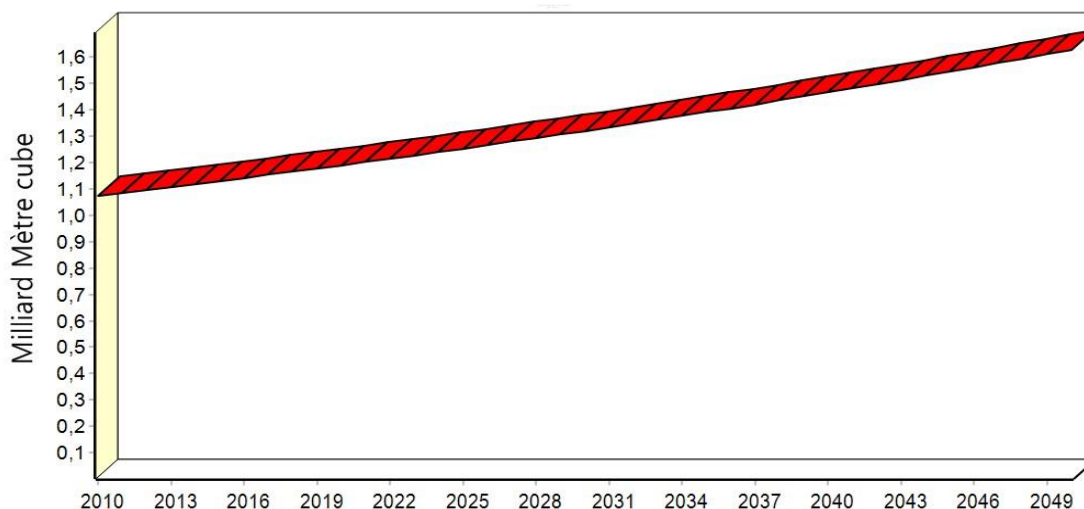


Figure 19. Demande en eau pour l'ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD). D'après le graphe, la demande en eau augmentera dans les années à venir pour le scénario Gestion de la demande. La demande en 2050 peut aller jusqu'à plus de 1.6 Milliard m³. Soit une augmentation de 50%.

1.2.2 Exigence de distribution

L'exigence de distribution de chaque site de demande est présentée par la figure 20 ci-dessous.

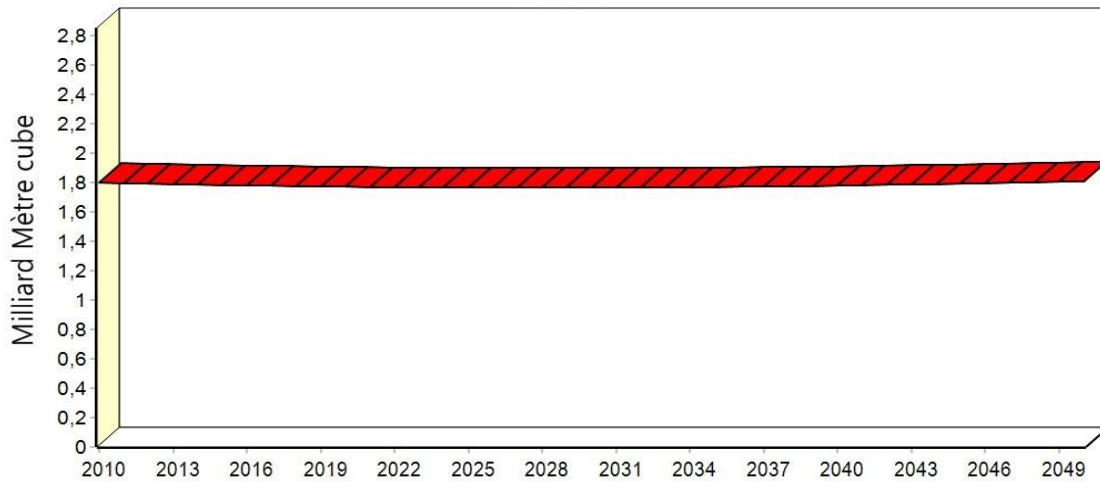


Figure 20 : Exigence de distribution de l'ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD).

D'après le graphe, l'exigence de distribution est restée presque la même, même la demande en eau augmente dans le scénario Gestion de la demande. L'équivalent de 1.9 Milliard m³.

1.2.3 Répartition de la demande en eau par secteur

L'exigence de distribution de chaque site de demande dans le scénario Gestion de la demande est présentée dans la figure 21 ci-dessous.

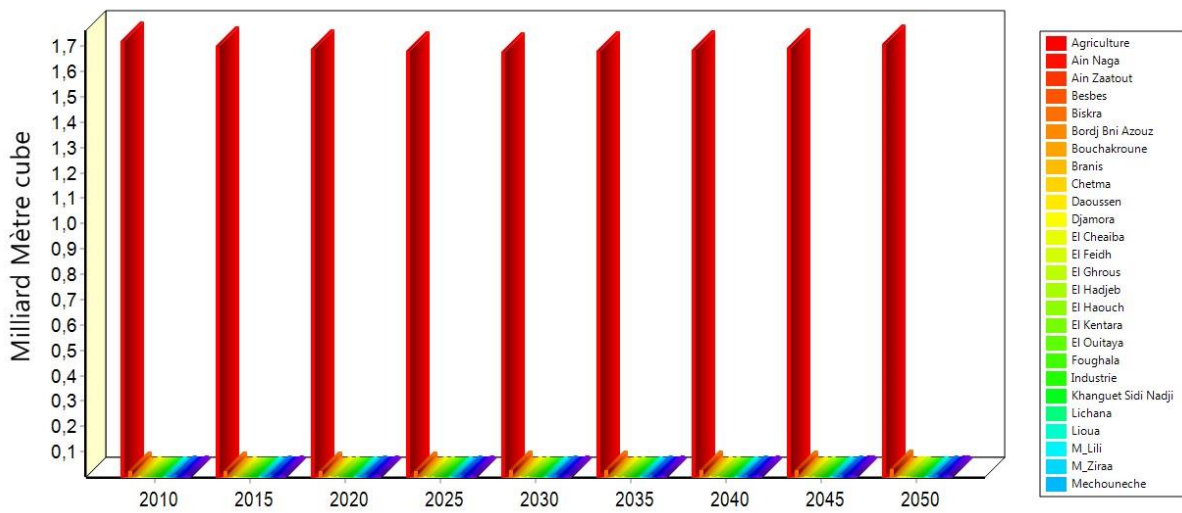


Figure 21. Exigence de distribution de chaque branche scénario Gestion de la demande.

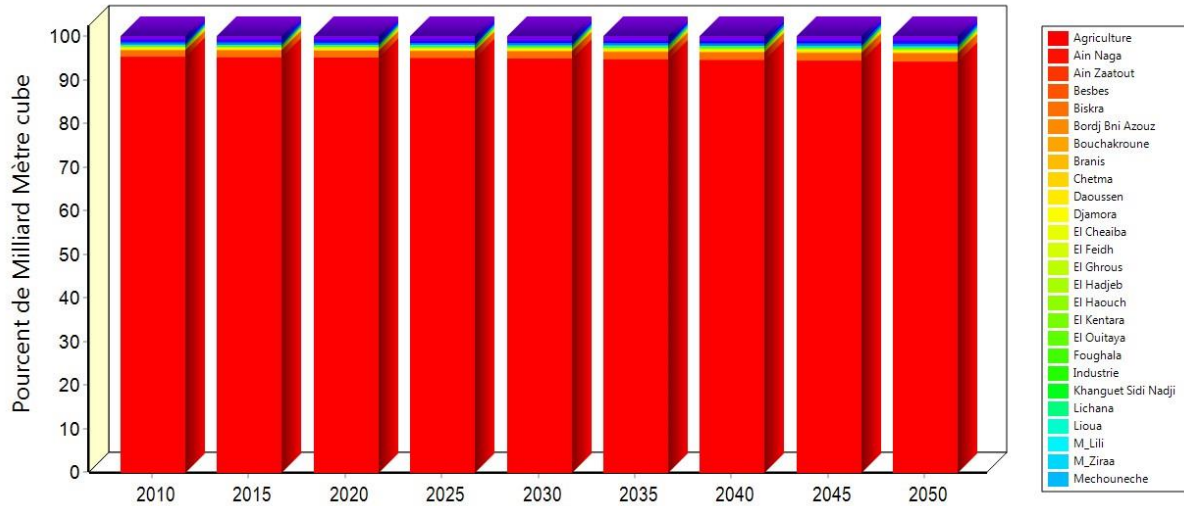


Figure 22. Exigence de distribution de chaque branche en pourcentage (%) scénario Gestion de la demande.

Les graphes montrent une fois de plus que l’agriculture est le plus grand secteur consommateur d’eau dans la wilaya de Biskra dans le scénario Gestion de la demande. Soit une consommation de 1.7 Milliard m³ en 2010, et qui reste presque la même en 2050 (plus de 95%).

1.2.4 Demande non satisfaite

La demande non satisfaite de chaque site de demande est présentée par la figure 23 ci-dessous.

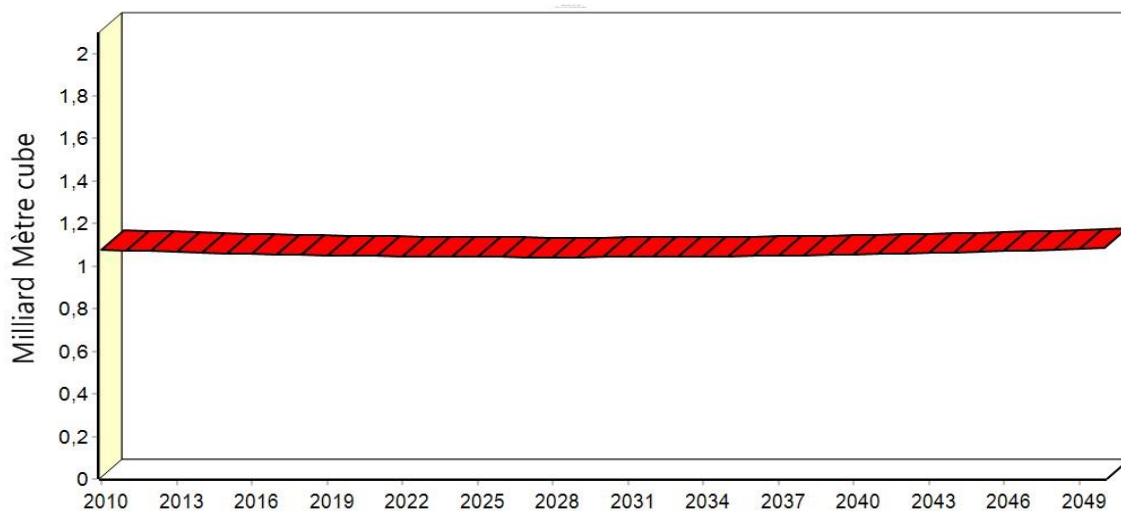


Figure 23 : Demande non satisfaite de l’ensemble des sites (scénario Gestion de la demande GD).

D’après le graphe, la demande non satisfaite est restée constante, même la demande en eau augmente dans le scénario Gestion de la demande. L’équivalent de 1.1 Milliard m³.

Conclusion

D'après la comparaison de la simulation de l'exigence de distribution de l'eau pour les différents secteurs, deux scénarios (Référence et Gestion de la demande) on en déduit qu'il y'a une différence significative entre eux.

Pour le scenario Référence elle croit d'une manière exponentielle alors que pour le scénario Gestion de la demande elle est plus au moins stable. La gestion de la demande en eau potable et d'irrigation permet de conserver l'eau et ainsi de répondre aux besoins d'une manière suffisante et constante, même si la demande de la population et de l'agriculture augmente dans les années à venir.

Conclusion générale

La présente étude nous a permis de modéliser de façon concrète le comportement hydrologique de la région de Biskra et le modèle WEAP21 s'y prête assez bien. Ainsi, le modèle sera mis à la disposition des techniciens et autres utilisateurs. Un outil sans doute sujet à amélioration, mais suffisamment solide pour fournir une information nouvelle et de bonne qualité dans la problématique de gestion des ressources en eau sur les régions et particulièrement sur la région de Biskra.

La wilaya de Biskra est située à l'Est du pays, et plus exactement au Sud des Aurès qui constituent sa limite naturelle au Nord. Elle s'étend au Sud-est jusqu'à la zone du Chott Melghir et au Sud-ouest jusqu'au commencement du grand erg oriental. D'une superficie de 21.671,2 km², avec un nombre de population de 563 245 habitants (2008).

La wilaya de Biskra est caractérisée par un climat aride et très peu pluvieux. Les précipitations sont limitées à 120 mm par ans.

La wilaya de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau. Représentées par deux unités aquifères :

-Nappe d'El Outaya

-Nappe Albienne ou Complexe terminal.

Les ressources superficielles en eau sont présentées par les principaux oueds à savoir : oued Djedi, oued Biskra, oued El Arab, oued El Abiod etc.... qui se caractérisent par un écoulement intermittent. Ainsi que les barrages tel que : barrage de Foug El Gherza, barrage de Babar, barrage de fontaine des gazelles.

La wilaya de Biskra composée actuellement de 12 Daïras regroupant 33 communes. Ces Daïras sont à vocation agricole, ce qui explique la prédominance des quantités d'eau destinées à l'irrigation par rapport à l'eau potable et l'eau destiné à l'industrie.

Les résultats de l'étude montrent que les ressources en eau de la wilaya de Biskra sont exploitées de manière croissante. Dans laquelle l'agriculture est le grand secteur consommateur de l'eau ainsi que la croissance démographique, alors que les besoins en eau augmentent très rapidement. Au rythme actuel, la demande en eau et la demande non satisfaite dans le scénario Référence croient d'une manière exponentielle surtout pour l'agriculture dans les années à venir, tandis que les ressources en eau tendent à la diminution ou à la constante.

Pour le scénario Gestion de la demande, la demande non satisfaite et l'exigence de distribution sont plus ou moins stable au cours de temps. La gestion de la demande en eau potable et d'irrigation permet de conserver l'eau et ainsi de répondre aux besoins d'une

manière suffisante et constante, même si la demande de la population et de l'agriculture augmente dans les années à venir. Les efforts de mobilisation de ressources en eau vont atteindre leurs limites physiques et économique la concentration dans les années à venir doit se diriger vers la gestion de la demande en eau.

Dans ce cadre, le logiciel WEAP21 restera l'outil le plus adapté pour une gestion intégrée des ressources en eau, et pourra être vulgarisé pour traiter le cas de tous les bassins versants et de toutes les régions notamment de Biskra.

Référence Bibliographie

- 1 **Aidaoui S. (1994).** Ressources en eau et aménagement hydro-agricole dans la région de Biskra (Algérie). Thèse Doct. D'état, (option : eau et aménagement). Univ. Nancy II- Nancy. France. Laboratoire de géographie physique. 327 p.
- 2 **ANAT. (2002).** Schéma directeur des ressources en eau, wilaya de Biskra.
- 3 **ANAT. (2003).** Schéma directeur des ressources en eau, dossier les eaux souterraines.
- 4 **Andrianarivony A. (2016).** Modélisation hydrologique par WEAP21 pour une gestion intégrée des ressources en eau : cas du bassin versant de la Lokoho (Nord-est de Madagascar), Mémoire du Master en ingénierie minière, Univ d'Antananarivo, 106p.
- 5 **Bacha M. (2002).** Etude comparative de la salinité des eaux des barrages Foum El Gherza – Fontaine des Gazelles – et Babar. Mémoire de d'Ingénieur d'Etat.
- 6 **Bougouta F. (2012).** Ressources et Essai de Gestion des eaux dans le Zab Est de Biskra, mémoire de magistère, université Badji Mokhtar-Annaba, 172 p.
- 7 **Bouziane, M.T., Labadi, A.S. (2009).** Les EauxProfondes de la Région de Biskra (Algérie) EuropeanJournal of Scientific Research ISSN 1450-216XVol.25 No.4, pp.526-537.
- 8 **BRL. (2004).** Bureau de la Région du bas Rhône et du Lagu.
- 9 **Dali N. (2009).** Ressources et gestion intégrée des eaux du bassin de gareat El Tarf (W. Khenchela). Mémoire de MAGISTER en hydrogéologie, université Badji Mokhtar-Annaba, 155p.
- 10 **Erhard Cassegrain, A. & Margat, J. (1979).** Introduction à l'économie générale de l'eau. BRGM, Orléans, France.
- 11 **Guendouz, A. & Moulla A.S. (1996).** Drainance de la nappe profonde du Continental Intercalaire vers les aquifères superficiels à Ouargla: arguments isotopiques. In:Colloq. Internat. Sur l'utilisation des techniques isotopiques dans le domaine des ressources en eau et sol, Mahdia, Tunisia.
- 12 **Haouchine A. (2010).** Hydrogéologie en zone semi aride et aride : région de Biskra (Algérie). Thèse doctorat. D'état, (option : Hydrogéologie). Univ. Houari Boumediene -Alger.155 p.
- 13 **Messahel M. (2005).** Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie. Communication dans le cadre de la 5ème Journée de recherche en sciences sociales àAgroSup Dijon, les 8 et 9 décembre 2011. France.

-
- 14 Mohamed M. (2016).** Journal El Moudjahid.
- 15 ONS. (2008).** (Office Nationale des Statistiques) Recensement Général de Population et d'Habitat.
- 16 Ould Baba M. (2005).** Recharge et paléo recharge du système aquifère du Saharaseptentrional. Thèse Doct. D'état, (option : géologie). Univ. El Manar - Tunis. 261 p.
- 17 Sedrati N. (2011).** Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est algérien, thèse de doctorat, université Badji Mokhtar-Annaba, 252 p.
- 18 Stockholm Environment Institute. (2011).** WEAP: water evaluation and Planning System User Guide, Stockholm Environment Institute, Boston, MA.
- 19 Toumi A. et Remini B. (2004).** Barrage de Foum El Gherza face au problème de fuites, Larhyss Journal, Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, N° 03, juin 2004, (p.25-38).