

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR –ANNABA



جامعة باجي مختار- عنابة-

Faculté des Sciences de la Terre

Année 2021

Département de Géologie

## THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

**Doctorat en Sciences**

Spécialité : Hydrogéologie

Présentée par

**Fateh BOUTOUGA**

**Thème : GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN  
EAUX DANS LE ZAB DE BISKRA  
(SUD-EST ALGERIEN)**

**Directeur de thèse :**

Mr. ZOUINI Derradji

Pr. UBM Annaba

Devant le Jury:

**Président :**

Mr. DJORFI Saadane

Pr. UBM Annaba

**Examineurs :**

Mr. ZENATI Noureddine

Pr. U Souk Ahras

M<sup>elle</sup>. BAHROUN Sofia

MCA U El Taref

Mr. DAIFLLAH Tarek

MCA U Khenchela

Mr. SAYAD Lamine

MCA UBM Annaba

## Résumé

Cette étude est consacrée au diagnostic et l'actualisation des ressources en eaux superficielles et souterraines dans la wilaya de Biskra. Il est établi à base d'une masse importante de données pour but principal l'évaluation des ressources exploitables en eaux destinées pour l'usage domestique, agricole et industriel pour mettre en évidence les grands axes d'une gestion intégrée des ressources en eau en milieu aride et semi-aride.

Après Les conditions naturelles citées précédemment, nous avons étudié les différentes fonctions socio- économiques qui entre en contact direct avec l'utilisations de cette ressource importante comme : le nombre des populations , les activités agricoles et industriels dans la wilaya de Biskra, en suite on a procédé à l'évaluation des ressources en eau de surface et souterraine reconnues, mobilisées et exploitées et la manière de leur distribution actuelle au niveau de l'alimentation en eau potable, l'utilisations agricoles et industrielles. En fin de compte nous donnons une estimation perspective des besoins en eau des différents secteurs a court, moyen et long terme, et un aperçu sur l'état des réseaux d'assainissement.

L'affectation des ressources en eau dans la wilaya de Biskra, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins agricole (utilisation pour l'irrigation), avec un volume de  $875 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , soit un taux de 85 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins d'irrigation qui ne cessent de croître. Les besoins domestiques tiennent une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans le bassin, un volume de  $137 \text{ Hm}^3$ , soit 14 % de la totalité des ressources mobilisées. Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à  $12 \text{ Hm}^3$  par an, soit 1 % des

Pour ceci, une modélisation hydrologique des changements des structures et paramètres des systèmes hydrauliques est adoptée par le biais du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System) pour remédier aux problèmes d'approvisionnement et de demande en eau sur des horizons de planification à long terme dans la wilaya de Biskra.

**Mots Clés:** Gestion intégrée, Biskra, Algérie, ressources en eau, pollution, hydriques, WEAP.

## summary

This study is devoted to the diagnosis and updating of surface and groundwater resources in the wilaya of Biskra. It is established on the basis of a large mass of data for main purpose the evaluation of exploitable water resources intended for domestic, agricultural and industrial use to highlight the main axes of an integrated management of water resources in arid and semi-arid environment.

After the natural conditions mentioned above, we studied the different socio-economic functions that come into direct contact with the use of this important resource such as: the number of populations, agricultural and industrial activities in the wilaya of Biskra, then we carried out an evaluation of surface and groundwater resources recognized, mobilized and exploited and the way of their current distribution at the level of drinking water supply, agricultural and industrial uses. In the end we give a perspective estimate of the water needs of the different sectors in the short, medium and long term, and an overview on the state of the sewerage networks.

The allocation of water resources in the wilaya of Biskra, the most important part of the water mobilized is intended to meet agricultural needs (use for irrigation), with a volume of 875 Hm<sup>3</sup> / year, a rate of 85%. However, this dominance is due to the ever-increasing irrigation needs. Domestic needs occupy a preponderant place in the water withdrawals in the basin, a volume of 137 Hm<sup>3</sup>, or 14% of the total resources mobilized. The volume devoted to covering industrial water needs is estimated at 12 Hm<sup>3</sup> per year, 1%.

For this, hydrological modeling of changes in structures and parameters of hydraulic systems is adopted through the WEAP (Water Evaluation and Planning System) model to address water supply and demand problems over long-term planning horizons. in the wilaya of Biskra.

**Keywords:** Integrated management, Biskra, Algeria, water resources, pollution, hydric, WEAP.

## ملخص

هذه الدراسة مخصصة لتشخيص وتحديث موارد المياه السطحية والجوفية في ولاية بسكرة. تم إنشاؤه على أساس كتلة كبيرة من البيانات لغرض رئيسي هو تقييم موارد المياه القابلة للاستغلال المخصصة للاستخدام المنزلي والزراعي والصناعي لإبراز المحاور الرئيسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية في البيئة القاحلة وشبه القاحلة. بعد الظروف الطبيعية المذكورة أعلاه، درسنا الوظائف الاجتماعية والاقتصادية المختلفة التي تتلامس بشكل مباشر مع استخدام هذا المورد المهم مثل: عدد السكان، الأنشطة الزراعية والصناعية في ولاية بسكرة، ثم قمنا بإجراء تقييم لموارد المياه السطحية والجوفية التي تم التعرف عليها وتعبئتها واستغلالها وطريقة توزيعها الحالي على مستوى إمدادات مياه الشرب والاستخدامات الزراعية والصناعية. في النهاية نعطي تقديراً منظوراً للاحتياجات المائية للقطاعات المختلفة على المدى القصير والمتوسط والطويل، ولمحة عامة عن حالة شبكات الصرف الصحي. تخصيص الموارد المائية في ولاية بسكرة، الجزء الأهم من المياه المعبأة، يهدف إلى تلبية الاحتياجات الزراعية (استعمالها للري)، بحجم 875 هكتاراً مكعباً / سنة، أي بمعدل 85%. ومع ذلك، فإن هذه الهيمنة ترجع إلى احتياجات الري المتزايدة باستمرار. تحتل الاحتياجات المنزلية مكانة غالبية في سحب المياه في الحوض، بحجم 137 هكتار، أو 14% من إجمالي الموارد المعبأة. يقدر الحجم المخصص لتغطية احتياجات المياه الصناعية بنحو 12 هكتاراً مكعباً سنوياً، أي 1%. لهذا الغرض، تم اعتماد النمذجة الهيدرولوجية للتغيرات في هياكل ومعايير الأنظمة الهيدروليكية من خلال نموذج WEAP (نظام تقييم وتخطيط المياه) لمعالجة مشاكل العرض والطلب على المياه على مدى آفاق التخطيط طويلة الأجل. في ولاية بسكرة.

الكلمات المفتاحية: الإدارة المتكاملة، بسكرة، الجزائر، الموارد المائية، التلوث، المياه المائية، WEAP.



## Remerciement

A la fin de ce travail j'adresse mes sincères remerciements à mon Dieu le grand créateur qui m'a guidé dans mes travaux pour aboutir à ces résultats.

Il est temps pour moi d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont apporté aides et conseils durant la réalisation de ce travail en particulier :

Monsieur ZOUINI Derradji pour m'avoir suivi et encadré efficacement pendant ces années, sa disponibilité de tous les jours et ses nombreux et fructueux conseils ont fortement contribué à créer l'excellence des conditions de travail.

Je tiens à remercier les membres de jury Mr. DJORFI Saadane et Mr. ZENATI Noureddine et M<sup>lle</sup>. BAHROUN Sofia et Mr. DAIFLLAH Tarek et Mr. SAYAD Lamine d'avoir accepté et juger ce travail.

Je tiens aussi à remercier messieurs : Imad Bouznade, Sayad Lamine, Benhameza Moussa Sakaa Bachir et M<sup>me</sup> Chaib Warda

J'ai remercié toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tous.

## DÉDICACE

*Je dédie cette thèse à :*

*Mes chers parents,*

*Ma femme et mes fillettes : Nardine et Aryem ,*

*Mes frères et mes sœurs,*

*Toute la famille et mes amis,*

*Fateh Boutouga*

---

## Liste des Abréviations

ABH	: Agence de Bassin Hydrographique
ACCESS	: Logiciel de Bases de données
AEI	: Alimentation en eau industrielle
AEP	: Alimentation en eau potable
ANRH	: Agence Nationale des Ressources en Eau
BDD	: Base de données
BDSCEN	: Base de données d'une variante
BV	: Bassin versant
BV06	: Bassin versant de Chott Melrhir (n°06 selon la codification ANRH)
CB	: Comité des bassin
CI	: Continental Intercalaire
CT	: Complexe Terminal
DEAH	: Direction des Etudes d'Aménagement Hydraulique
DPSB	: Direction de la programmation et du suivi budgétaire
DRE	: Direction des ressources en eau
DSA	: Direction des Services Agricoles
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GCA	: Générale des Concessions Agricoles
GPI	: Grand Périmètre Irrigué
GTZ	: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
MNT	: Modèle numérique de terrain
MRE	: Ministère des Ressources en Eau
ONID	: Office National de l'Irrigation et du Drainage
ONM	: Office National des météo
OSS	: Observatoire du Sahara et du Sahel
PDARE	: Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau
PMH	: Petite et Moyenne Hydraulique
SASS	: Système Aquifère du Sahara Septentrional
SDAGE	: Schéma directeur et de gestion des eaux
SIG	: Système d'information Géographique
Step	: Station d'épuration
WEAP	: Water Evaluation And Planning system

---

## Table des matières

Table des matières	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des acronymes	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale .....	1
Chapitre I	
I. Situation géographique.....	5
II. Aperçu socio-économique .....	7
II.1 Présentation administratif de la Wilaya de Biskra.....	7
II.2. Contexte démographique .....	8
II.2.1. Evolution de La population.....	8
II.3. Contexte agricole .....	11
II.3.1. Secteur forestier.....	12
II.3.2. Ressources en eau.....	12
II.4. Contexte industriel.....	13
II.5. Le réseau hydrographique .....	14
II.5.1. Oued Djeddi .....	14
II.5.2. Oued Biskra .....	14
II.5.3. Oued El Arab .....	14
II.5.4. Oued Abiod .....	15
II.6. Les caractéristiques géologiques .....	15
II.6.1 Stratigraphie régionale .....	18
II.6.1.1. Le secondaire .....	18
II.6.1.1.1 Trias .....	18
II.6.1.1.2. Le Jurassique.. .....	19
II.6.1.1.3. Le Crétacé. ....	19
II.6.1.13.1. Crétacé inférieur. ....	19
II.6.1.13.1.1 Le Néocomien. ....	19
II.6.1.13.1.2. Le Barrémien. ....	19

II.6.1.13.1.3 L’Aptien. ....	19/
II.6.1.13.1.4 L’Albien. ....	20
II.6.1.13.2. Crétacé supérieur.....	20
II.6.1.13.2.1. Cénomaniens.....	20
II.6.1.13.2.2. Turonien.....	20
II.6.1.13.2.3. Sénonien inférieur.....	20
II.6.1.13.3.1. Coniacien.....	20
II.6.1.13.3.2. Santonien.....	20
II.6.1.13.3.4. Sénonien supérieur.....	21
II.6.1.13.4.1. Campanien.....	21
II.6.1.13.4.2. Maestrichtien.....	21
II.6.1.2. Le tertiaire.....	21
II.6.1.2.1. Paléogène.....	21
II.6.1.2.1.1. Le paléocène.....	21
II.6.1.2.1.2. L’Eocène.....	21
II.6.1.2.1.2.1. L’Eocène inférieur.....	22
II.6.1.2.1.2.2. L’Eocène moyen.....	22
II.6.1.2.1.3. L’Oligocène.....	22
II.6.1.2.1.4. Le Néogène.....	22
II.6.1.2.1.5. Miocène inférieur et moyen.....	23
II.6.1.2.1.6. Miocène supérieur.....	23
II.6.1.2.1.7. Pliocène .....	23
II.6.1.2.1.8. Le pliocène.....	24
II.6.1.3. Le Quaternaire.....	24
II.6.1.3.1. Le Quaternaire inférieur.....	24
II.6.1.3.2. Le Quaternaire supérieur et moyen.....	24
II.6.1.3.3. Dépôts actuels.....	25
II.7. La tectonique.....	25
II.8. Contexte morphologique.....	29
II.9. Pédologie.....	30
II.10. Végétation.....	30
Conclusion.....	32

## CHAITRE II

Les Caractéristiques Climatiques.....	33
Introduction.....	33
I. L'équipement hydro-pluviométrique de la wilaya de Biskra.....	33
II. Les paramètres météorologiques déterminant.....	34
II.1. Les Précipitations.....	34
II.1.1. La répartition interannuelle des précipitations.....	35
II.1.2. Précipitations moyennes mensuelles.....	39
II.1.3. La répartition saisonnière des précipitations (1973/1974 - 2014/2015).....	40
II.2. La Température.....	41
II.3. Le régime des Vents .....	42
II.4. L'humidité relative de l'air.....	43
II.5. L'ensoleillement.....	44
III. Diagramme ombro-thermique ( $P = 2T$ ).....	45
III.1. Le bilan d'eau.....	49
III.1.1. Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. THORNTWAITE.....	49
III.1.2. Le calcul de l'évapotranspiration réelle ETR par la méthode de Turc.....	57
III.2. Estimation du ruissellement .....	58
III.3. Estimation de l'infiltration.....	59
Conclusion.....	60

## CHAPITRE III

Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques.....	61
I. Les Caractéristiques Hydrologiques.....	61
Introduction.....	61
I.1. Les stations hydrométriques principales.....	62
I.2. Hydrographie et ressources en eau de surface.....	62
I.3. Les principaux oueds de la région de Biskra.....	62
I.3.1. L'oued Djedi.....	62
I.3.2. Oued Biskra.....	63
I.3.3. Oued el-Abiod.....	63
I.3.4. Oued El Arab.....	63
I.4. Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues).....	64

I.4.1. La crue du 8 Mai 2000.....	64
I.4.2. Autres crues 66 1902 80 m3/s.....	64
I.4.3. Les crues récentes du 29-30 Mars 2004 et du 15-16 Avril 2004 et du 3-4 Mai 2006.....	65
I.5. Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux.....	68
I.5.1. Oued El Abiod.....	67
I.5.2. Oued El Arab.....	68
II. Les Caractéristiques Hydrogéologiques.....	69
II.1. Identification des différentes nappes.....	69
II.1.1. Quaternaire.....	71
II.1.2. Complexe terminal CT.....	71
II.1.3. Continental Intercalaire CI.....	71
II.2. Les nappes quaternaires.....	71
II.2.1. La nappe phréatique.....	71
II.2.2. La nappe des alluvions d'Oued Biskra.....	71
II.2.2.1. Les précipitations.....	72
II.2.2.2. Alimentation souterraine.....	73
II.3. La nappe de complexe terminal.....	73
II.3.1. Nappe des sables.....	73
II.3.1.1. Alimentation.....	74
II.4. La nappe continental intercalaire.....	75
II.4.1. La nappe des calcaires éocènes inférieurs .....	76
II.5. L'inventaire des points d'eau dans la région de Biskra.....	78
II.5.1. LA PIEZOMETRIE.....	82
II.5.1.1. Piézométrie de la nappe du quaternaire.....	82
II.5.1.2. Transmissivité et porosité.....	83
II.5.2. Piézométrie de la nappe des sables.....	84
II.5.2.1. Carte piézométrique de 1997.....	84
II.5.2.2. Carte piézométrique 2008.....	85
II.5.2.3. Battement piézométrique de la nappe des Sables.....	86
II.5.3. Variations piézométriques de la nappe des calcaires.....	87
II.5.3.1. Piézométrie 1980.....	88
II.5.3.2. Piézométrie 2008.....	89
Conclusion.....	91

## CHAITRE IV

IV. Qualité des eaux.....	93
Introduction.....	93
Hydrochimie.....	93
I.1. Caractéristiques physicochimiques.....	95
I.1.1. Les températures.....	95
I.1.2. Conductivité.....	96
I.1.3. Le Ph.....	96
I.1.4. Le résidu sec.....	96
I.1.5. Minéralisation.....	97
I.1.6. La dureté.....	97
I.2. Résultats des analyses chimiques.....	97
I.2.1. Les faciès chimiques.....	97
I.2.1.1. La formule ionique.....	97
I.2.1.2. Représentation graphique des analyses chimiques.....	99
I.2.2. Diagramme de Piper.....	103
I.2.3. Diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	106
I.3. Origine et signification géochimique des éléments chimiques.....	110
I.3.1. Les ions $\text{Ca}^{+2}$ et $\text{Mg}^{+2}$ .....	110
I.3.2. Les ions $\text{Cl}^-$ , $\text{Na}^{+2}$ et $\text{K}^+$ .....	110
I.3.3. Les ions sulfates $\text{SO}_4^{-2}$ .....	110
I.3.4. Les bicarbonates $\text{HCO}_3^-$ .....	110
I.4. Fiabilité des analyses.....	110
I.4.1. Normes de potabilité des éléments majeurs OMS 1994 (Teneurs maximales admissible pour l'A.E. P).....	111
I.4.1.1. Le calcium $\text{Ca}^{++}$ .....	111
I.4.1.2. Le magnésium $\text{Mg}^{++}$ .....	111
I.4.1.3. Les Chlorures $\text{Cl}^-$ et le sodium $\text{Na}^+$ .....	112
I.4.1.4. Le potassium $\text{K}^+$ .....	112
I.4.1.5. Les sulfates $\text{SO}_4^{2-}$ .....	112
I.4.1.6. Les bicarbonates $\text{HCO}_3^-$ .....	112
I.4.1.7. Les nitrates $\text{NO}_3^-$ .....	112
II. Analyse en composantes principales (A.C.P).....	112



II.1. Généralités.....	112
II.2. Valeurs propres.....	114
Conclusion.....	118

## CHAPITRE V

V. Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans la région de Biskra.....	119
Introduction.....	119
I. Les eaux de surface.....	120
I.1. Les Oueds.....	120
I.2. Oued El Abiod.....	121
I.3. Oued El Arab.....	121
I.4. Oued Biskra.....	121
II. Les eaux souterraines.....	122
II.1. Les nappes aquifères.....	123
II.1.1. Nappe de Quaternaire.....	123
II.1.2. Nappe de Mio-pliocène.....	123
II.1.3. Nappe de Pontien.....	123
II.1.4. Nappe de Maestrichtien.....	123
II.1.5. Nappe de l'Albien (Barrémien).....	123
II.1.6. Nappe d'Eocène inférieur.....	123
II.1.7. Nappe de Sénonien.....	123
III. La ressource hydrique à Biskra.....	124
III.1. État de la fourniture de réseau d'eau potable et d'assainissement.....	126
III.2. Les demandes en eau au niveau de la wilaya.....	126
III.3. Potentiel des eaux de surface.....	129
III.3.1. Barrage de El Gherza.....	129
III.3.2. Barrage des fontaines des gazelles.....	130
III.4. Estimation des potentialités hydriques de la région d'étude.....	130
III.5. L'affectation des ressources en eau dans la wilaya de Biskra.....	132
IV. Gestion intégrée des eaux dans la région de Biskra.....	134
IV.1. Alimentation en eau potable.....	134
IV.1.1. Evolution de la population.....	134
IV.1.2. L'estimation de la population future.....	135
IV.1.3. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable.....	137

IV.2. Alimentation en eau d'irrigation.....	140
IV.2.1. Le périmètre irrigué dans la région de Biskra ; Présentation physique.....	140
IV.2.2. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations).....	143
IV.2.3. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures.....	145
IV.2.3.1. Les cultures maraîchères.....	145
IV.2.3.2. Les cultures fourragères.....	145
IV.2.3.3. Les cultures industrielles.....	145
IV.2.3.4. L'arboriculture fruitière.....	145
IV.2.3.5. Les légumes secs et céréales.....	145
IV.2.4. Répartition Générale de la SAU et Place de la Phoeniciculture et nombre des palmiers.....	147
IV.2.5. Demandes en eau PMH.....	149
IV.2.5.1. Données PMH – Estimation à partir de recoupements sur le terrain.....	149
IV.2.5.2. La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation.....	149
IV.3. Alimentation en eau industrielle.....	153
IV.3.1. Les besoins futurs en eau industrielle.....	153
V. Les Besoins en eaux globaux dans la région de Zibans.....	154
V.1. Les mesures à envisager pour l'irrigation.....	156
V.2. Amélioration de l'irrigation.....	157
V.3. Amélioration de l'efficacité de cultures.....	157
Conclusion.....	158

## CHAPITRE VI

Mobilisation et gestion des ressources en eaux.....	159
Introduction.....	159
VI.I. Description du Logiciel.....	159
I.1. Présentation du logiciel WEAP.....	160
I.2. Acquisition du logiciel WEAP.....	162
I.3. Application du modèle WEAP dans Wilaya de Biskra.....	164
I.3.1. Cartographie.....	164
I.3.2. Réglage des paramètres généraux.....	165
I.3.3. Fonctionnement du logiciel.....	165
I.3.3.a : Création de la zone d'étude.....	165

I.3.3.b : Création des hypothèses clés et références.....	166
I.3.3.b.1 : Hypothèses clés.....	166
I.3.3.b.2 : Références.....	166
I.3.3.c Proposition des Scénario.....	166
I.3.3.d Saisie des données.....	166
I.3.3.e Présentation des résultats.....	166
VI.II. Analyse et traitement des données        nécessaire.....	167
II.1. Sites des demandes.....	168
II.1.1. Le niveau d'activité annuelle.....	168
II.1.2. La consommation annuelle.....	168
II.1.3. Le taux de consommation.....	169
II.2. Sites de l'offre.....	170
II.3. Règles de liaison.....	170
II.4. Création des hypothèses clés.....	170
II.4.1. Changement d'horizon de temps du secteur.....	172
II.4.2. Création des scénarios.....	173
II.4.3. Exécuter le Scénario Référence.....	173
Discussion des résultats.....	177
Introduction.....	177
I. Résultats.....	177
I. 1. Evolution de la demande en eau.....	177
I.1.1. Scénario 1.....	178
I.1.2. Scénario 2.....	178
I.1.3. Scénario 3.....	179
I.1.4. Scénario 4.....	180
I.2. Comparaison entre les scénarios.....	180
I.2.1. Entre le scenario 1 et référence.....	180
I.2.2. Entre le scenario 2 et référence.....	181
I.2.3. Entre le scenario 3 et référence.....	182
I.2.4. Entre le scenario 4 et référence.....	183
I.3. Demande non satisfaite.....	184
II. Discussion des résultats.....	187
II.1 Evolution de la demande en fonction des scénarios .....	187
II.2. Analyse globale.....	189

Conclusion.....	191
Conclusion générale.....	192
Recommandations.....	196
Référence bibliographique.....	
Annexes.....	

## Liste des figures

Figure I.1. Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra .....	6
Figure I.2. Carte des limites administratives de la wilaya de Biskra.....	8
Figure I. 3. L'évolution de la population dans la wilaya de Biskra depuis 1966 à 2008..	9
Figure I.4. La répartition de la population dans la wilaya de Biskra.....	11
Figure I.5. Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra .....	15
Figure I.6. Carte d'esquisse géologique de la wilaya de Biskra .....	18
Figure I.7. Extrait de la carte Structurale de la wilaya de Biskra (ANRH d'après R. GUIRAUD, 1973) .....	26
Figure I.8. Passant par le synclinal de Rhassira (d'après R. LAFFITTE, 1939) .....	28
Figure I.9. Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).....	30
Figure II.10. Les sept stations pluviométriques dans la wilaya de Biskra.....	34
Figure II.11. Vitesse moyenne des vents à la station de Biskra (1973/74-2014/15)...	43
Figure II.12. Evaporation moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM).....	44
Figure II.13. L'ensoleillement moyen mensuel de la station de Biskra (ONM).....	45
Figure II.14. Répartition des précipitation moyenne dans la wilaya de Biskra durant la période 1984-2014 .....	35
Figure II.15. Variation interannuelle des précipitations (1973/1974-2014/2015).....	38
Figure II.16. Précipitations Moyennes mensuelles (1973/1974 - 2014/2015).....	39
Figure II.17. Répartition saisonnière des précipitations dans la wilaya de Biskra (1973/1974 - 2014/2015).....	40
Figure II.18. Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Biskra (1973/74-2014/15).....	42
Figure II.19. Diagramme ombro-thermique à la station Biskra ONM (1973/74-2014/15).....	45
Figure II. 20. Diagramme ombro-thermique à la station T'Kout (1973/74-2014/15)...	46
Figure II. 21. Diagramme ombro-thermique à la station Thniet El Abed (1973/74-2014/15).....	46
Figure II.22. Diagramme ombro-thermique à la station Djemorah (1973/74-2014/15).....	47
Figure II. 23. Diagramme ombro-thermique à la station Menaâ (1973/74-2014/15)...	47
Figure II. 24. Diagramme ombro-thermique à la station Bouzina (1973/74-2014/15)..	48
Figure II. 25. Diagramme ombro-thermique à la station Doucen (1973/74-2014/15)...	48

Figure II. 26. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Biskra (1973/74-2014/15).....	54
Figure II .27. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de T'kout (1973/74-2014/15).....	54
Figure II .28. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Thinit El Abed (1973/74-2014/15).....	55
Figure II. 29. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Djemoura (1973/74-2014/15).....	55
Figure II. 30. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Menaâ (1973/74-2014/15).....	56
Figure II. 31. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Bouzina (1973/74-2014/15).....	56
Figure II. 32. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Doucen (1973/74-2014/15).....	57
Figure III.33. Crue du 29 et 30 Mars 2004 .....	66
Figure III.34. Crue du 15 et 16 Avril 2004 .....	66
Figure III.35. Crue du 03, 04 Mai 2006 .....	66
Figure III.36. Carte des ressources en eau souterraines de la wilaya de Biskra : nappes moyennement profondes (30à500 m). ANRH, 2000).....	70
Figure III.37. Coupe hydrogéologique schématique montrant la succession des niveaux aquifères région de Biskra (in Abdesselam, 1979).....	70
Figure III.38. Coupe hydrogéologique schématique de la nappe des sables de Biskra (I.N.R.H, 1981).....	74
Figure III.39. Carte piézométrique de la nappe des sables (Messoudi et Al, 1995 (modifiée).....	75
Figure III.40. Coupe hydrogéologique du Zab Gharbi ANRH 1979.....	77
Figure III.41. Coupe hydrogéologique dans la nappe des calcaires (DHW de Biskra, 1990).....	78
Figure III.42. Carte d'inventaire des points d'eau dans la région de Biskra ANRH Mai 2011.....	81
Figure III.43. Carte piézométrique de la nappe du quaternaire de Biskra (ANRH, 1980).....	83
Figure III.44. Carte piézométrique de la nappe de sable de Biskra (ANRH, 1997)...	85
Figure III.45. Carte piézométrique de la nappe des sables de Biskra (2008).....	86

Figure III.45. Carte de battement de la nappe des sables 2008.....	87
Figure III.47. Carte piézométrique de la nappe des calcaires (d'après Messoudi et Al, 1995 (modifiée).....	88
Figure III.48. Carte piézométrique de la nappe des calcaires de Biskra (ANRH, 1980).....	89
Figure III.49. Carte piézométrique de la nappe des calcaires de Biskra (2008).....	90
Figure IV.50. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stabler des eaux souterraines dans la région de Biskra.....	100
Figure IV.51. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la région de Biskra.....	101
Figure IV.52. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la région de Biskra.....	102
Figure IV.53. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.....	103
Figure IV.54. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.....	104
Figure IV.55. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.....	105
Figure IV.56. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra.....	106
Figure IV.57. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra.....	107
Figure IV.58. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra.....	107
Figure IV.59. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra.....	108
Figure IV.60. Carte d'inventaire des points de prélèvements dans la wilaya de Biskra.....	109
Figure IV.61. Projection des variables : Plan (F1-F2).....	115
Figure IV.62. Projection des individus.....	117
Figure V.63. Distribution de l'utilisation de l'eau.....	127
Figure V.64. Stock d'eau .....	127
Figure V.65. Volume d'eau mobilisé et exploité par chaque type d'activité.....	128
Figure V.66. Répartition de la ressource en fonction des besoins dans la wilaya de	

Biskra.....	131
Figure V.67. Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la Wilaya de Biskra(2016).....	133
Figure V.68. Evolution dans le temps de la population dans la région de Biskra (2016-2045).....	136
Figure V.69. Evolution dans le temps des besoins en eau potable dans la région de Biskra (2016-2045).....	136
Figure V.70. Carte des superficies irriguées de la wilaya de Biskra.....	141
Figure V.71. Evolution dans le temps des superficies irriguent dans la région de Biskra (2016-2045).....	152
Figure V.72. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans la région de Biskra (2016-2045).....	153
Figure V.73. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Biskra (2008-2035).....	154
Figure V.74. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La région de Biskra aux différents horizons (2016-2045).....	155
Figure VI.75. (Source : Tutorial de logiciel WEAP 2008).....	160
Figure VI.76. License WEAP acquise à partir du SEI (Stockholm Environnement Institute).....	163
Figure VI.77. Carte du monde dans le logiciel WEAP.....	164
Figure VI.78. Carte de la wilaya de Biskra par Commune sous WEAP.....	165
Figure VI.79. Schéma hydraulique de la wilaya de Biskra.....	167
Figure VI.80. Niveau d'activité annuelle des sites des demandes domestiques.....	168
Figure VI.81. Consommation annuelle des sites des demandes domestiques -Compte d'état actuel, 2016.....	169
Figure VI.82. Le taux de consommation du débit d'entrée consommé -Compte d'état actuel, 2016.....	169
Figure VI.83. Prélèvement Maximum annuel des eaux souterraines -Compte d'état actuel, 2016.....	170
Figure VI.84. Les hypothèses clés dans la WEAP -Compte d'état actuel, 2016...	171
Figure VI.85. Les hypothèses clés dans la WEAP -Compte d'état actuel, 2016.....	172
Figure VI.86. L'horizon de calcul pour le scénario.....	172
Figure VI.87. Scénario de base.....	173
Figure VI.88. Organisation des scénarios dans WEAP pour le modèle AEP.....	175



Figure VI.88. Organisation du fonctionnement du logiciel WEAP .....	176
Figure VI.90. Evolution de la demande en eau pour le Scénario référence.....	177
Figure VI.91. Evolution de la demande en eau pour le Scénario 1.....	178
Figure VI.92. Evolution de la demande en eau pour le scénario 2.....	179
Figure VI.93. Evolution de la demande en eau pour le scénario 3 .....	179
Figure VI.94. Evolution de la demande en eau pour le scénario 4 .....	180
Figure VI.95. Comparaison entre Scénario 1 et référence.....	181
Figure VI.96. Comparaison entre Scénario 2 et référence.....	182
Figure VI.97. Comparaison entre Scénario 3 et référence.....	182
Figure VI.98. Comparaison entre Scénario 4 et référence.....	183
Figure VI.99. Demande non satisfaite .....	184
Figure VI.100. Représentation des résultats par le WEAP dans le cas de wilaya de Biskra.....	185
Figure VI. 101. Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Biskra - Comparaison des différents scénarios (2018-2050) .....	188
Figure VI. 102. Evolution des exigences de distribution dans la wilaya de Biskra. - Comparaison des différents scénarios (2018-2050).....	189
Figure VI. 103. Disposition des scénarios retenus et données de base du modèle WEAP dans la wilaya de Biskra.....	190

## Liste des tableaux

Tableau I.1. Les daïras et les communes de la wilaya de Biskra.....	7
Tableau I.1. Données des populations de la wilaya de Biskra par daïra et par communes années 2016 .....	10
II.2. Les Stations pluviométriques fonctionnelles dans la région de Biskra.....	33
Tableau II.3. Répartition annuelle des précipitations (1973/1974 – 2014/2015).....	37
Tableau II.4. Moyenne des précipitations mensuelles (1973/1974 - 2014/2015).....	39
Tableau II.5. Répartition saisonnière des précipitations (1973/1974 - 2014/2015).....	40
Tableau II.6. Moyennes mensuelles des températures en (1973/1974 - 2014/2015) à la station Biskra.....	41
Tableau II .7. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Biskra (1973/74-2014/15).....	50
Tableau II. 8. Bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de T'kout (1973/74-2014/15).....	50
Tableau II. 9. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Thinit el Abed (1973/74-2014/15).....	51
Tableau II. 10. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Djemoura (1973/74-2014/15).....	51
Tableau II. 11. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Menaâ (1973/74-2014/15).....	52
Tableau II. 12. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Bouzina (1973/74-2014/15).....	52
Tableau II. 13. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Doucen (1973/74-2014/15).....	53
Tableau II. 14. Les valeurs de l'ETR par la formule de TURC .....	58
Tableau II.15. Les résultats des ruissellements "R" dans les Six stations .....	58
Tableau II. 16. Les résultats de l'infiltration efficace "I" dans les sept stations.....	59
Tableau III.17. les apports liquides annuels .....	64
Tableau III.18. Crue du 03, 04 Mai 2006 .....	67
Tableau III.19. Les débits annuels d'oued Abiod.....	68
Tableau III.20. Les débits annuels d'oued Arab.....	68
Tableau III.21. Synthèse géologique et hydrogéologique (D'après ENAGEO).....	92
Tableau IV.22. Détermination du facies chimique des eaux souterraines de la région de	

Biskra (2010) par la formule ionique.....	98
Tableau IV.23. Des valeurs propres (A.C.P) .....	114
Tableau IV.24. Matrice de corrélation .....	116
Tableau V.25. Les apports des oueds de la wilaya de Biskra.....	122
Tableau V.26. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra.....	125
Le tableau V.27. Les volumes d'eau et leur répartition selon leur utilisation (AEP, Industrie et agriculture).....	128
Tableau V.28. Estimation du potentiel hydrique des ressources en eaux souterraines de la wilaya de Biskra.....	129
Tableau V.29. Volume d'eau mobilisé par les barrages de la wilaya de Biskra.....	130
Tableau V.30. Répartition du potentiel hydrique en fonction de son origine dans la wilaya de Biskra.....	131
Tableau V.31. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la région Biskra.....	135
Tableau V.32. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra.....	138
Tableau V.33. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra.....	139
Tableau V.33. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la zone d'étude.....	142
Tableau V.34. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations) dans la région d'étude.....	144
Tableau V.35. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures dans la région d'étude.....	146
Tableau V.36. Répartition des palmiers dans la région d'étude.....	148
Tableau V.37. Les besoins en eau pour l'irrigation dans la région de Biskra.....	151
Tableau V.38. Dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre de Biskra (2008-2035).....	151
Tableau V.39. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Biskra (2016-2045).....	154
Tableau V.40. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans la région de Biskra aux différents horizons (2016-2045).....	155
Tableau VI. 41. Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Biskra-	

Comparaison des différents scénarios (2018-2050) .....	187
Tableau VI. 42. Evolution des exigences de distribution dans la wilaya de Biskra.	
Comparaison des différents scénarios (2018-2050).....	189

### Introduction générale

Dans un contexte de pénurie croissante dans une partie des pays du pourtour méditerranéen et face aux incertitudes liées aux changements climatiques, ce qui met en avant la nécessité impérieuse d'adapter les politiques de gestion de l'eau, de mieux gérer les différents usages et d'utiliser les ressources de façon plus économe et optimale, pour répondre aux besoins des populations et de développement d'aujourd'hui et de demain.

Les pays de la rive sud ne sont dotés que de 13 % du total. Méditerranée regroupe 60% de la population mondiale « pauvre » en eau (disposant de moins de 1000 m<sup>3</sup>/hab/an) et vingt millions de Méditerranéens n'ont aujourd'hui pas accès à l'eau potable, notamment dans les pays au Sud et à l'Est (Plan Bleu, 2008).

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est considérée à l'échelle planétaire comme la solution du problème. Le respect d'une gestion en eau cohérente et rigoureuse est la seule manière de préserver cette précieuse ressource, qui est dans une grande partie du Sahara est vulnérable et très faiblement renouvelable (ressources fossiles). Il est à souligner, que la mauvaise gestion de la ressource en eau dans certaines régions du Sahara est à l'origine de la création ou/et de l'accroissement de certains phénomènes notamment, la pollution des nappes phréatiques par des rejets liquides d'origine domestique ou industrielle.

L'Algérie ne fait pas exception, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. Elles sont déjà surexploitées en maints endroits et la croissance des besoins en eau va rester très forte avec la croissance démographique surtout au Nord, le développement de l'industrie et des terres irriguées.

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

Il y a près de 20 ans, que l'ensemble des acteurs de l'eau en Algérie a pris conscience de la nécessité de réformer le système général de la gestion de l'eau. Les notions de base de cette gestion intégrée de l'eau ont été introduites en 1996, et depuis on ne cesse de parler de

## Introduction générale

---

l'économie de l'eau, le schéma directeur de l'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et la participation citoyenne (concertation). Deux outils ont été installés également à savoir : les agences de bassins hydrographiques (ABH) et les comités de bassins (CB). Un fonds national de gestion est mis également à la disposition des acteurs de l'eau pour l'exécution de ses missions. Des réformes institutionnelles importantes ont aussi été engagées plus récemment (création de la police des eaux).

La région d'étude a connu de nombreuses métamorphoses dans différents domaines notamment l'agriculture et l'urbanisme. Elle était le théâtre d'un grand remaniement géologique fin secondaire début tertiaire. L'effet négatif dont se heurtaient les chercheurs c'est bien la négligence des études géologiques en générale et hydrogéologiques en particulier. L'influence de la lithologie sur l'hydrochimie de ces aquifères est très apparente en particulier par les gypses contenus essentiellement dans les marnes.

Dans ce contexte, la gestion efficace et équitable de l'eau est l'un des défis les plus importants auxquels de la wilaya de Biskra doit faire face, surtout avec les enjeux liés à la gestion de la ressource en eau qui ne cesse de croître en importance, sous le double effet de la croissance démographique et de l'augmentation des besoins par habitant. Ainsi, les milieux sont de plus en plus transformés par l'homme ce qui présente de nombreuses incidences sur l'eau, en quantité comme en qualité.

Dans toute la région, Dans cette zone les ressources en eau souterraine sont caractérisée par un contexte géologique favorable même accentué par un des cycles de sécheresses prolongées engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au milieu urbain soit dans le domaine de l'agriculture. L'accroissement rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses et diverses activités humaines avait suscité l'intérêt des responsables locaux depuis toujours.

La wilaya de Biskra se situe au Nord-Est du Sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 21 509,80 km<sup>2</sup> avec une densité de l'ordre de 41 Hab/km<sup>2</sup>. Son altitude est de 125 mètres/au niveau de la mer. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord Est par la wilaya de Khenchela, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila, à l'Est par la wilaya de Tébessa, à l'Ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud par la wilaya d'El Oued et Ouargla.

## Introduction générale

---

La région de Biskra est caractérisée par un climat aride et sec, avec des hivers froids et secs et des étés chauds et secs (Côte, 1979) ; la température moyenne annuelle à la station de Biskra est de l'ordre de 23°C, avec un minimum de 12,2°C en janvier et un maximum de 34,7°C en juillet. Quant aux précipitations ne dépasse pas le 300 mm/an dans les stations de la région de Biskra sauf à la station de Bouzina qui dépasse le 300 mm/an. Ces résultats de température et de précipitations définissent une seule saison typique du climat saharienne, avec une saison sèche. Pour d'une nouvelle stratégie basée sur l'utilisation de simulation hydrologique pour étudier l'effet des changements climatiques sur le processus de précipitations et du ruissellement et de la variabilité spatiotemporelle de la demande en eau. Pour ceci, une modélisation hydrologique des changements de structures et de paramètres des systèmes hydrauliques est adoptée par le biais du modèle WEAP (Water Évaluation and Planning System) pour remédier aux problèmes d'approvisionnement et de demande en eau sur des horizons de planification à long terme dans le Zab, selon les projections de changements climatiques et fournir un modèle intégré de la planification des ressources hydriques.

L'objectif principal de la thèse est de développer et valider un modèle de gestion intégrée et durable des ressources en eau, fondé sur une analyse approfondie de l'offre et la demande en eau, des enjeux socio-économiques et environnemental dans le Zab.

Ses travaux de thèse sont présentés en deux parties principales, la première partie traite un portrait de la wilaya de Biskra. Elle comprend trois parties :

Le premier expose situation géographique Aperçu socio-économique et la géologie est morphométrie. Aussi les caractéristiques hydroclimatiques dans la wilaya de Biskra. Et consacré sur les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques dans le Zab de Biskra, où on a pu acquérir une vision plus précise sur la géométrie et l'extension des aquifères ainsi que sur leurs piézométries.

La seconde partie est réservée à la ressource en eau, sa qualité et sa gestion intégrée, où le quatrième chapitre s'intéresse à l'évolution spatiotemporelle des paramètres chimiques, en étudiant la qualité des eaux aux différents types de pollutions.

Le cinquième chapitre expose un diagnostic quantitatif de l'état actuel des ressources en eau. Le sixième mis l'accent sur la modélisation hydrologique adoptée par le modèle WEAP sur des horizons de planification à moyen et à long terme dans la wilaya de Biskra.

## **Introduction générale**

---

Pour conclure, nous résumerons les principaux résultats obtenus dans cette thèse et proposerons quelques perspectives recommandations, afin de fournir aux responsables un modèle transposable, leur permettant de gérer efficacement et durablement les ressources hydriques dans les différents bassins à l'échelle nationale.



# **Chapitre I**

## **Cadre général**

**Chapitre I :****I. Situation géographique :**

La région de Biskra est située au Centre-Est de l'Algérie, précisément au Sud des Aurès. Elle s'étend jusqu'à la zone du chott Melghir au sud-est et jusqu'à l'erg oriental au Sud-Ouest avec (latitude 34° 52' N, longitude 5° 38' E) et son altitude est de 125 mètres au-dessus de niveau de la mer.

La région des Ziban s'étend sur les piémonts de l'Atlas saharien qui se partage en trois massifs montagneux : du Zab, des Aurès et des Néménchas, juste à la flexure de contact entre le bouclier saharien rigide et tabulaire et les plissements très marqués de l'Atlas.

La wilaya de Biskra se situe au Nord-Est du Sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 21 509,80 km<sup>2</sup> avec une densité de l'ordre de 41 Hab/km<sup>2</sup>. Son altitude est de 125 mètres/au niveau de la mer. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord Est par la wilaya de Khenchela, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila, à l'Est par la wilaya de Tébessa, à l'Ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud par la wilaya d'El Oued et Ouargla.

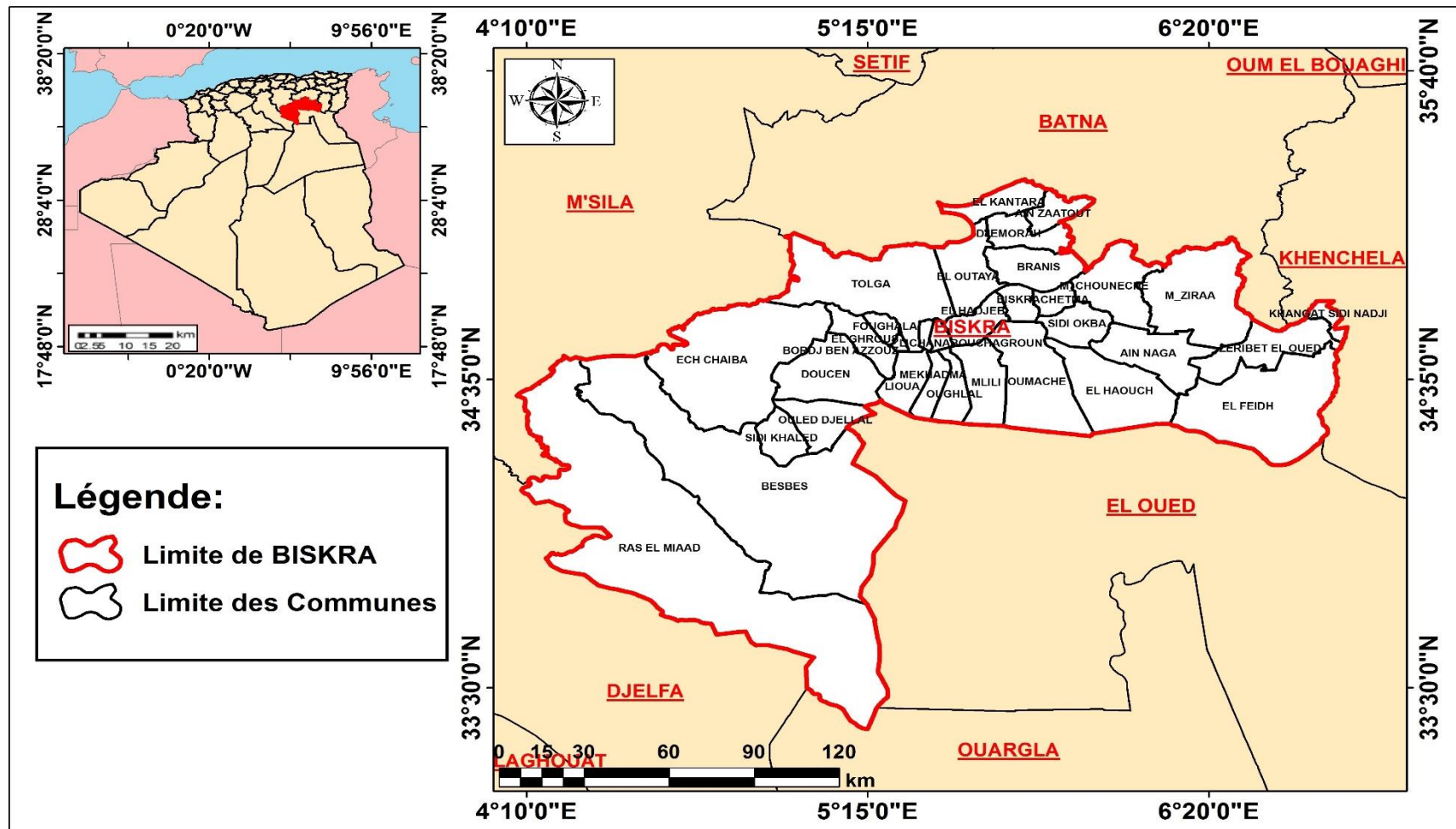


Figure I.1. Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra. Boutouga F. 2016.

## II. Aperçu socio-économique

### II.1 Présentation administratif de la Wilaya de Biskra

La wilaya de Biskra est issue de découpage administratif 1974 et comprend actuellement douze daïras et trente-trois communes. Les douze daïras sont : Biskra, Loutaya, Djamourah, El Kantara, Sidi Okba, Zribet El Oued, M'chouneche, Tolga, Foughala, Ouled Djelal, Sidi Khaled, Ourlal. Elles sont divisées comme suit :

Tableau I.1. Les daïras et les communes de la wilaya de Biskra.

N	Daïra	Commune
1	Biskra	Biskra, El Hadjeb
2	Loutaya	Loutaya
3	Djamourah	Djamourah, branisse
4	El Kantara	El Kantara, Ain Zaatout
5	Sidi Okkba	Sidi Okkba, Chetma, El Houche, Ain Naga
6	Zribet El Oued	Zribet El Oued, El Mizaraa, El Faidh, Khenguët Sidi Nadji
7	M'Chouneche	M'Chouneche
8	Tolga	Tolga, Bouchegroune, Bordj Ben Azzouz, Lichana
9	Foughala	Foughala, El Ghrous
10	Ouled Djelal	Ouled Djelal, ech chaiba, el daoussen
11	Sidi Khaled	Sidi Khaled, El Besbes, Ras El Miaade
12	Ourlal	Ourlal, Lioua, Oumache, Mekhadma, M'lili

Année 2016.

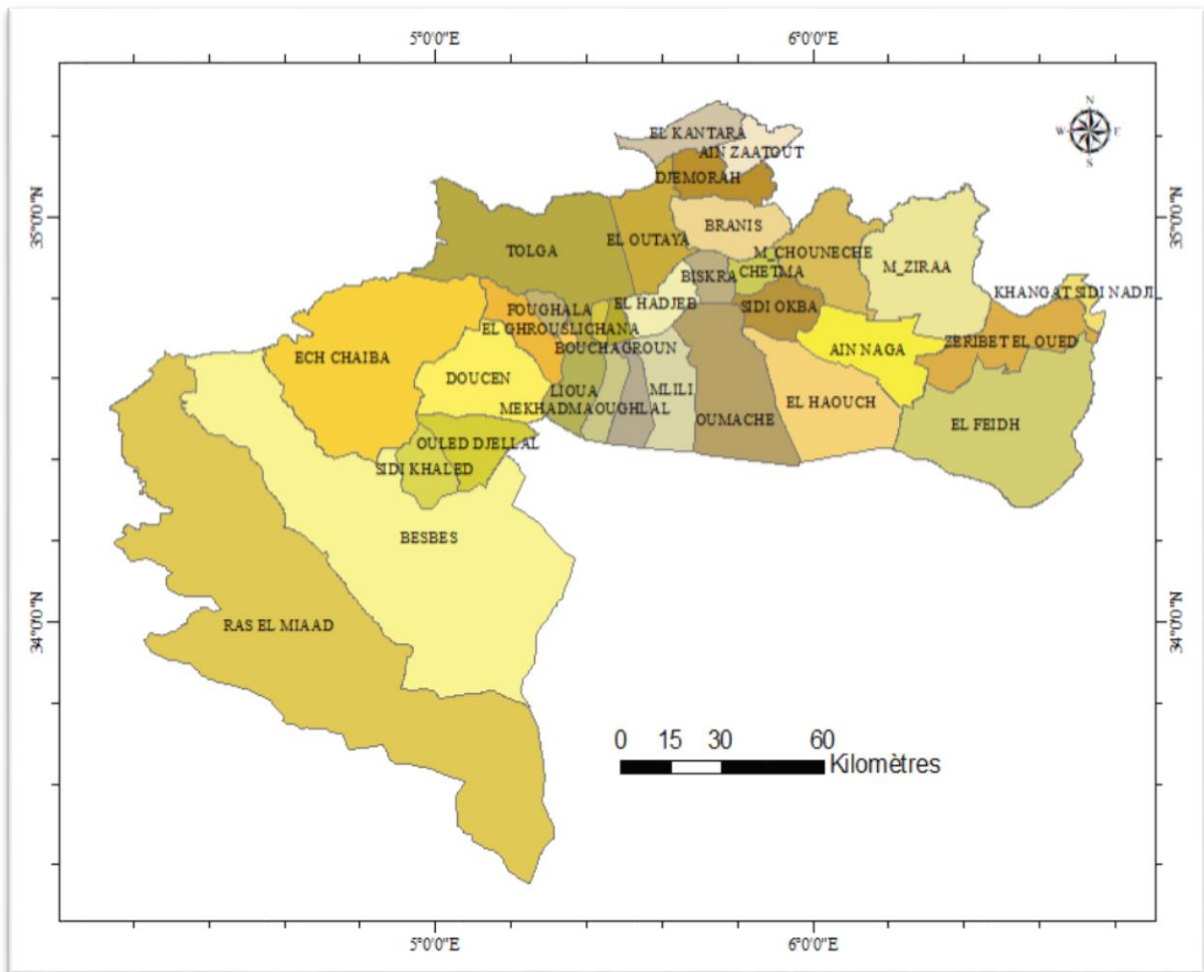


Figure I.2. Carte des limites administratives de la wilaya de Biskra. Boutouga F.2016.

## II.2. Contexte démographique

### II.2.1. Evolution de la population

Depuis 1966, la population de l'État a beaucoup évolué : elle a été estimée à 135 901 personnes en 1966, passant à 206 856 en 1977 avec un taux de croissance de 3,8% selon la direction de la programmation et du suivi budgétaire (Monographie 2016).

Dans le recensement de 1987, à la suite de l'amélioration des conditions de vie de la population d'une part et du facteur de migration vers l'état d'autre part, la population de l'État a doublé à 430.202 personnes avec un taux de croissance de 6.88%. Dans le recensement de 1998, la population a augmenté à 589.697 avec un taux de croissance de 2.9%, puis à 721.356 lors du dernier recensement du logement et de la population pour l'année 2008 avec un taux de

croissance de 2.30%. Le graphique suivant montre l'évolution de la population de l'État de 1966 à 2008.

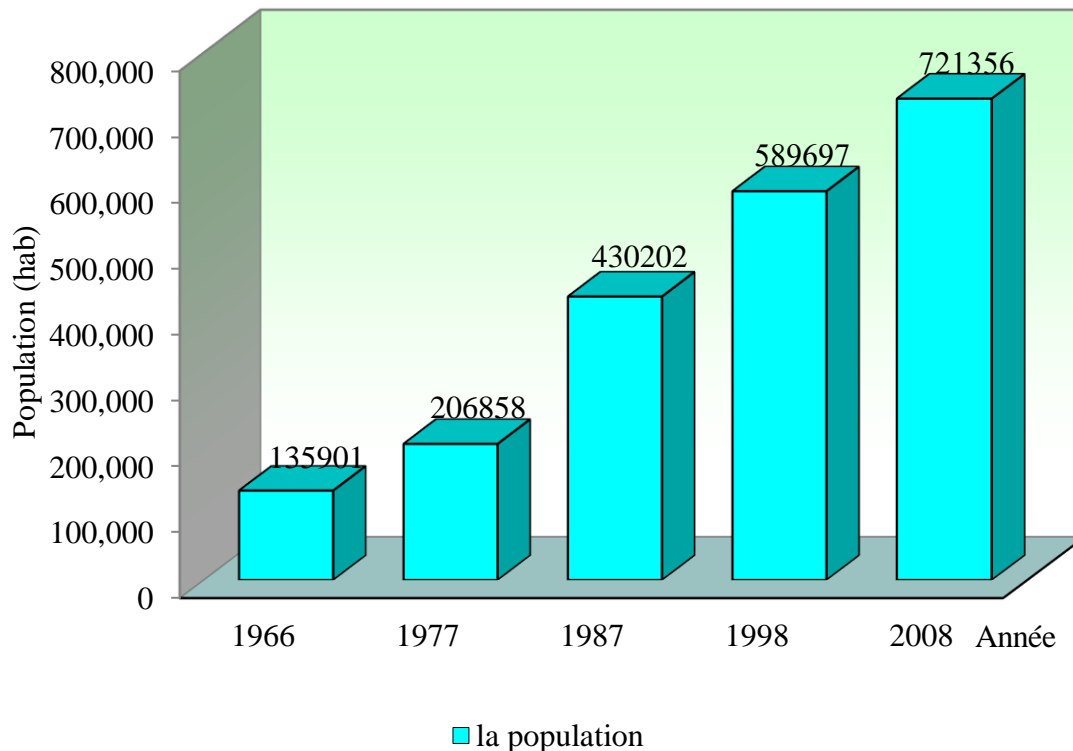


Figure I. 3. Evolution de la population dans la wilaya de Biskra depuis 1966 à 2008.  
Source : DPSB 2016.

D'après les données de la population on constate que le chef-lieu est la plus importante de la région : la population de la commune est de 250403 habitants (le chef-lieu de Biskra contient un plus que 28,2 % de la population générale qui est de l'ordre de 889205 habitants avec un taux de croissance de 2.3%) selon les chiffres de l'office national des statistiques en 2016.  
Source : DPSB 2016.

La proportion de la population urbaine est estimée à 61,15 % égaux à 543749 habitants et le 38,85% égal à 345456 habitants restants représentent la population rurale. La projection de la population est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau I.2. Données des populations de la wilaya de Biskra par daïra et par communes années 2016 (DPSB 2016)

Daïra	Commune	Population hab	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité hab/ km <sup>2</sup>
Biskra	Biskra	250403	127,70	1961
	El-hajeb	12333	208,10	59
Loutaya	Loutaya	13603	406,10	33
Djamourah	Djamourah	15312	250,80	61
	Branisse	5372	370,10	15
El Kantara	El Kantara	13902	239,10	58
	Ain Zaatout	4594	170,70	27
Sidi Okkba	Sidi Okkba	40810	254,10	161
	El Haouche	6471	754,90	9
	Chetma	14653	110,20	29
	Ain Naga	16742	507,80	152
Zribet El Oued	Zribet E Oued	26742	500,90	53
	M'Zirâa	3703	960,80	46
	El feidh	15529	1 375,10	11
	Khanguet Sidi Nadji	9265	80,10	10
M'Chouneche	M'Chouneche	12310	504,40	24
Tolga	Tolga	68008	1 214,30	56
	Bouchagroune	15983	57,90	276
	Bordj ben Azzouz	15470	23,20	667
	Lichana	12010	39,60	303
Foughala	Foughala	15209	80,30	189
	El Ghrous	19982	237,60	84
Ouled Djelal	Ouled Djelal	77013	320,90	240
	El Daoussen	32446	621,60	52
	Ech Chaiba	16262	1 686,50	10
Sidi Khaled	Sidi Khaled	52753	217,30	243
	Besbes	13105	3 633,60	4
	Ras El Miaad	26742	4 783,90	6
Ourlal	Ourlal	9067	190,10	48
	M'lili	7912	371,60	21
	Mekhadma	6658	151,60	44
	Oumache	12759	816,80	16
	Lioua	26082	242,10	108
Total		889205	21 509,80	41

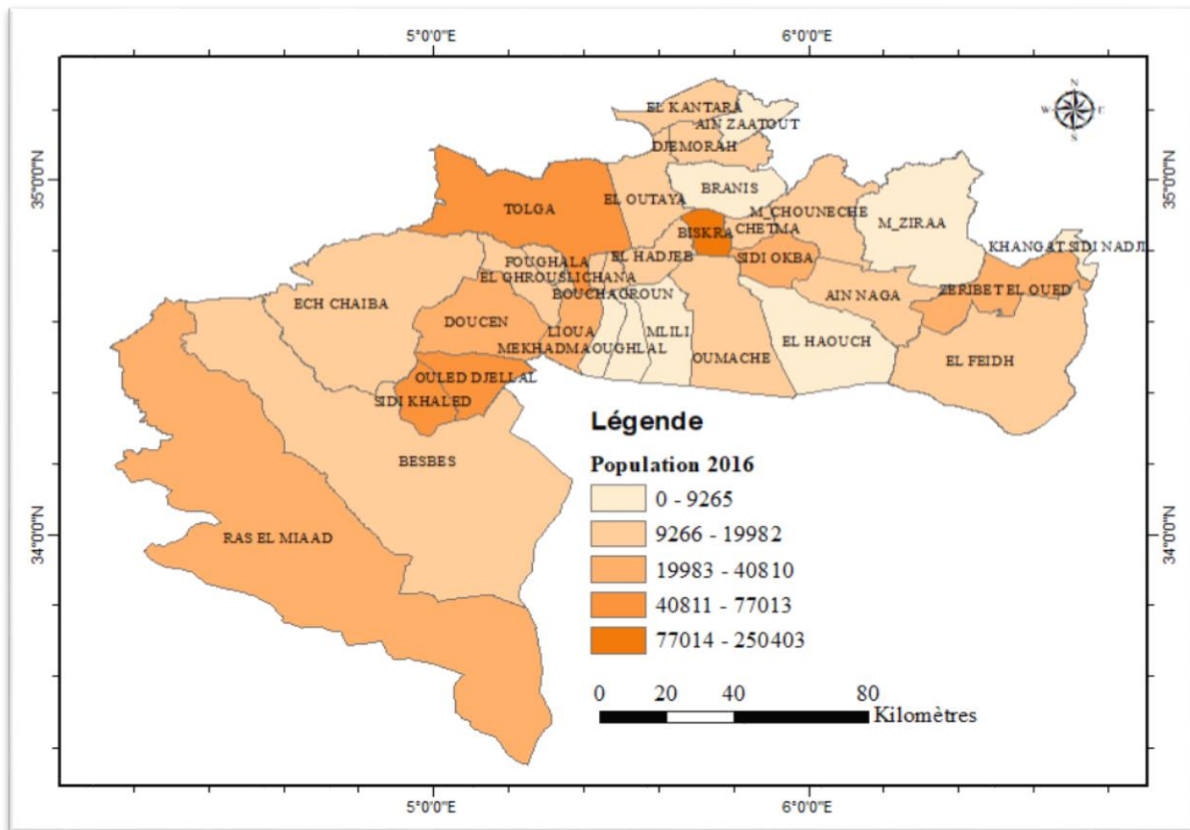


Figure I.4. Répartition de la population dans la wilaya de Biskra. DPSB. Boutouga F 2016.

### II.3. Contexte agricole

Biskra est l'un des principaux pays dans le domaine de l'agriculture et son climat favorable, riche en eaux souterraines et en terres arables, lui confère des avantages en matière de diversité et de productivité. La superficie agricole totale est estimée à 1652 751 hectares, soit environ 76,84% de la superficie totale de l'État. La superficie utile pour l'agriculture est estimée à 473 185 hectares, soit 8,62% de la superficie agricole, dont 109 500 hectares sont des terres irriguées et représentent 59,04% de la surface agricole propre à l'agriculture. Le processus d'arrosage dépend principalement de l'eau souterraine, ce qui nécessite des coûts élevés.

La richesse agricole du mandat de base est la paume (environ Palm 4.315.098, dont 3.980.278 producteurs palme) la plupart d'entre eux sont situés dans la région ouest Zab (cercles Tolga, Foughala, Ourlal). Alors que le nombre estimé de Nakheel dalla Noor, connu dans le monde entier comme 2659679 palmiers, dont 2403355 palmiers productifs. En ce qui concerne la production totale de dates, il est estimé à 4077881 quintaux et la part de Deglet Nour représente 2.650.841 un livre ou de 65%, le taux de rendement par paume de toutes sortes 102 kg / palme



de production, tandis que la paume de rendement Deglet Noor est des 110 kg / Palm, et ces chiffres varient de Région à l'autre.

Est préoccupé par le côté est de l'État (cercles d'obstacles Sidi, la vallée corral) Champ Balzraat (haricot, melon d'eau ...), tandis que le côté nord définit ainsi que certains produits Produits arbres fruitiers trimestriels (abricots, pommes, olives ...),

Le bétail est une source importante de richesse dans l'État et le nombre de têtes de bétail est estimé à 1271415 têtes, réparties comme suit:

Mouton : 961700 tête.

Chèvre : 299220 tête.

Vache: 5010 têtes.

Chameau: 5102 tête.

Chevaux: 383 têtes.

La production de viande rouge est estimée à 130260 quintaux et blanche à 25540 quintaux, en plus de la production de laine et de lait, alors que les œufs sont de 8 320 millions d'œufs.

Il est à noter que, dans divers programmes nationaux de développement connu en a donné un soutien politique, estimant que le secteur a été reflété positivement sur le programme de relance économique en particulier l'agriculture, le Fonds national de développement agricole qui a contribué efficacement à l'expansion de la zone agricole et l'introduction de méthodes modernes d'arrosage. Source : Direction de la programmation et du suivi budgétaire (Monographie 2016)

### **II.3.1. Secteur forestier**

La superficie totale de la forêt et de la nature forestière dans l'État est 97729 e, ce qui est très peu par rapport à la superficie de l'État, qui est 2150980 e, ce qui représente seulement 4,54%. La plupart d'entre eux se trouvent au nord de l'État, en particulier dans le nord-ouest. Source : Direction de la programmation et du suivi budgétaire (Monographie 2016)

### **II.3.2. Ressources en eau**

Le secteur de l'irrigation est d'une grande importance dans le domaine du développement, de sorte qu'il joue un rôle stratégique dans la politique publique de l'État en matière de fourniture des besoins fondamentaux du citoyen.

La quantité d'eau consommée au niveau de l'État est de 1146 millions de m<sup>3</sup>, dont 22 millions de m<sup>3</sup> d'eau de surface ou 1,12%, et 1124 millions de m<sup>3</sup> d'eaux souterraines ou 98,08%. Source : Direction de la programmation et du suivi budgétaire (Monographie 2016)

La quantité d'aquifères souterrains utilisée est répartie comme suit :

- 875 millions de m<sup>3</sup> pour l'agriculture, soit 85%
- 137 millions de m<sup>3</sup> pour buvait, soit 14%
- 12 millions de mètres cubes alloués à l'industrie 1%

L'État a deux barrages (02) spécialement destinés à l'irrigation agricole:

- damant l'embouchure de l'usine avec une capacité de stockage initiale de 47 millions de m<sup>3</sup>, ce barrage couvre les besoins de 130 000 palmiers d'eau avec une capacité annuelle régulière estimée à 8 millions de m<sup>3</sup>. Source : Direction de la programmation et du suivi budgétaire (Monographie 2016)

- la source du barrage de stockage de cerfs capacité initiale est estimée à 55,5 millions de m<sup>3</sup>, offre un cadre d'arrosage Mknyat Municipalité Aleutaih (une zone océanique de 950 hectares) capacité annuelle régulière et estimée à 14 millions de m<sup>3</sup>.

- État de la fourniture de réseau d'eau potable et d'assainissement: la majorité des zones de l'État ont été raccordées au réseau d'eau potable, la longueur du réseau au cours de l'année 2016, 1995, était estimée à 94%. Ce fut la distribution quotidienne du volume d'eau par habitant de 220 litres / jour, et ici nous devons rappeler la principale eau Palmhkl de la salinité, ou l'eau destinée à la salinité potable à 2 g / l'en particulier dans les régions du sud de l'État (Biskra, cour, vallée corral, chameau Ain). En ce qui concerne le réseau de désinfection, la longueur du réseau était de 1730 km, avec un lien de 95%. Source : Direction des ressources en eau Monographie 2016.

Il convient de rappeler que la wilaya, en plus des stations de traitement des eaux sales de Biskra et les enfants Jalal pour traiter l'eau sale, à la station a récemment bénéficié une autre Sidi Khaled, après avoir auparavant n'a pas de station pour filtrer l'eau. Toutes les eaux usées reçues dans les vallées sans traitement qui peut causer des infections importantes à l'environnement.

#### II.4. Contexte industriel

Ce secteur touche à une gamme de produits dont les plus importants sont l'industrie des matériaux de construction, l'industrie alimentaire, la farine, le textile, les industries traditionnelles, le bois, le papier et l'imprimerie.

Les terres de l'État comprennent deux zones industrielles dans la municipalité de Biskra, en plus d'une zone d'équipement, d'un hangar et de 15 zones d'activités qui accueillent de

nombreux établissements d'investissement et sont capables de recevoir de nouveaux projets d'investissement.

Mines: Quant au domaine des mines, l'État dispose de plusieurs richesses minières, dont les plus importantes sont le sel, la chaux, le gypse et l'argile. On retrouve trente-sept (37) mineurs en état d'activité issus des secteurs public et privé, dont le plus important est Jabal al-Melh, un chène exploité par la National Corporation for Salt, un chène. Elle produit une variété de sels (sel chimique, industriel et de table).

Quant au reste des mines, elles sont exploitées par des institutions qui ont un lien direct avec le secteur du bâtiment et des travaux publics, comme la production de gravier pour le bâtiment et les travaux publics, et d'argile pour produire des matériaux rouges. Source : Direction de l'industrie et des mines.

## **II.5. Le réseau hydrographique :**

L'ensemble des oueds de la région fait partie du grand bassin versant Saharien du chott Melghir est principalement alimenté par les oueds suivants :

### **II.5.1. Oued Djeddi**

C'est l'oued le plus important dépasse légèrement 500 km de longueur, présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 9130 Km<sup>2</sup>. Oued Djeddi reçoit une quinzaine d'affluents sur sa rive nord entre Laghouat (altitude 752 m) et Ouled Djellal (156 km) (Demnati F, 2013). Il est collecter les eaux de ruissellement du flanc Sud de l'Atlas Saharien et termine sa course dans le chott Melghir.

### **II.5.2. Oued Biskra**

Ce réseau hydrographique est formé par les deux grands oueds, Oued El Hai et Abdi sont très importants, Leurs eaux s'écoulent sur le versant sud du massif des Aurès (Ould Baba Sy, 2005). Cet Oued a formé une vallée alluviale qui recèle une importante nappe d'inféro-flux actuellement exploitée (Sedrati, 2011).

### **II.5.3. Oued El Arab**

Cet Oued couvre la partie orientale des Aurès, avec une longueur d'environ 150 km de son origine jusqu'à son exutoire dans la zone dépressionnaire du chott Melghir. Il prend son origine des monts « Djebel Aidel » vers 2100 m d'altitude (Ould Baba Sy, 2005).

### II.5.4. Oued Abiod

Il est caractérisé par une courte longueur d'environ 156 km, forte pente et un profil irrégulier. Prenant son origine vers 1900 m d'altitude (Ballais, 2010). Son cours d'eau est dompté car celui-ci termine sa source dans un barrage appelé « Foum El Gherza » et à partir de là sont irriguées les Oasis des Ziban : Sidi Okba et Sériana.

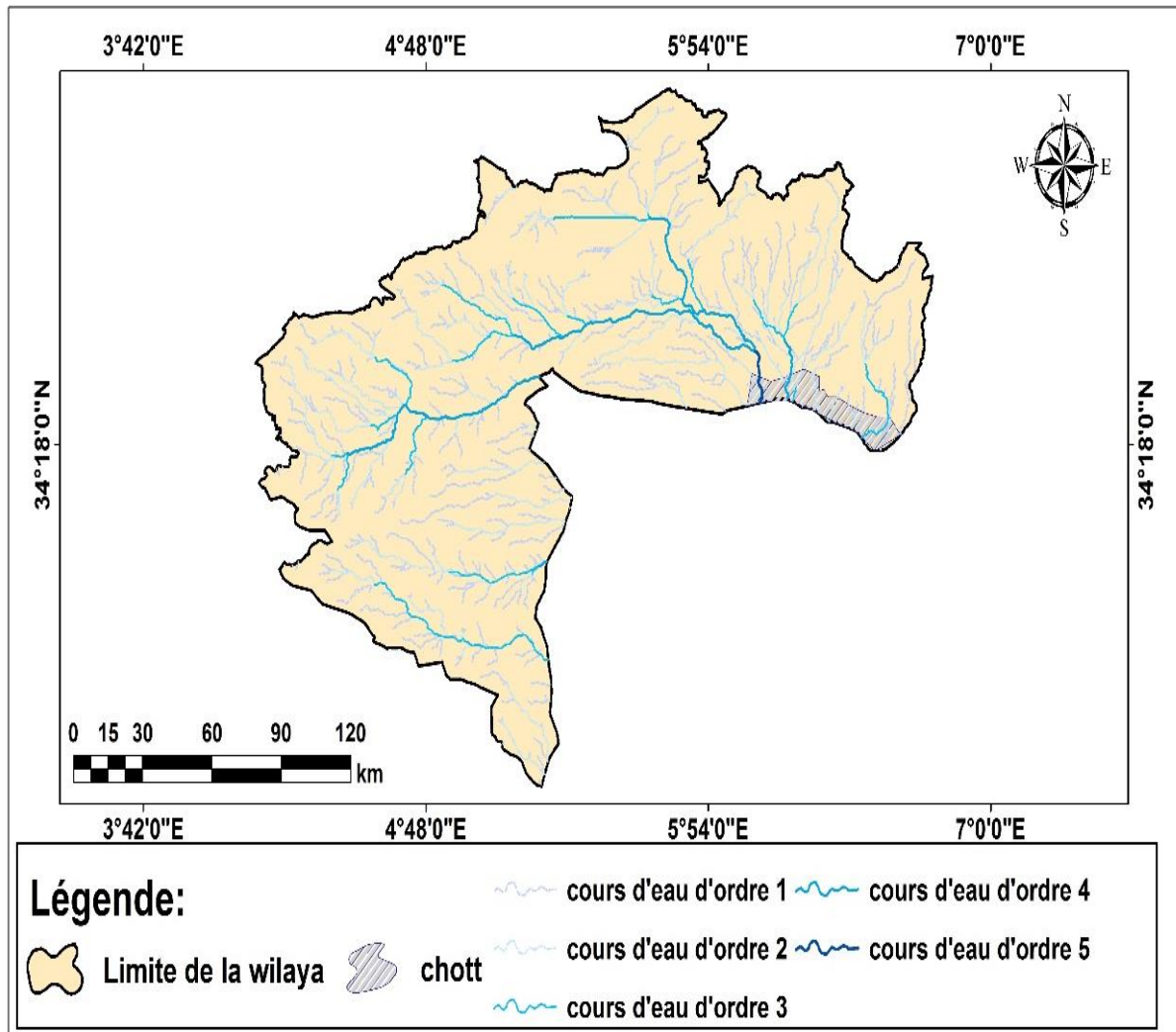


Figure I.5. Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra. Boutouga F. 2016.

### II.6. Aperçu géologiques

Du point de vue géologique, la région de Biskra ne représente qu'une zone de transition structurale et sédimentaire : Au Nord, c'est une région montagneuse tandis qu'au Sud, c'est un paysage effondré qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexure, de plis failles d'orientation Ouest Est appelé « Flexure Saharienne »

La Flexure saharienne s'est développée lors de la phase paroxysmale pliocène et post pliocène de la surrection des Aurès. Cette phase orogénique responsable de toutes déformations majeures de l'ensemble du continental néogène (Mio-Pliocène).

Au nord de l'accident sud atlasique, ces terrains constituent les monts du Zab et le massif des Aurès avec, dans certaines zones orthographiquement basses, les dépôts de recouvrement récents et discordants du Mio-Plio- Quaternaire

Au sud de cette flexure, les dépôts du Néogène et Quaternaire recouvrent en discordance et sous une épaisseur importante les formations sédimentaires plus anciennes.

Sur le plan géo-structural, La région de Biskra peut être divisée en deux zones essentielles qui se succèdent du Nord au Sud qui sont :

La zone de la plaine saharienne : la partie supérieure Nord est occupée par les montagnes représentant les derniers anticlinaux de l'Atlas saharien. Une description détaillée de ces formations est donnée dans la notice explicative de la carte géologique de la région de Biskra à l'échelle 1/200.000.

Dans cette zone montagneuse, on peut distinguer d'ouest en Est quelques régions naturelles : le Djebel Kahila, dont le sommet atteint 796 m d'altitude, formé en partie par les calcaires compacts dolomitiques et récifaux du sénonien supérieur ; la trouée de Chaiba empruntée par la route de Boussaâda-Biskra et constituant l'une des grandes failles séparant l'Atlas saharien et le Sahara, passe au Nord du Bordj-Chaiba. A trois kilomètres vers l'Est, elle met en contact les couches du sénonien supérieur avec les grès rouges du barrémien.

- Le massif du Djebel-ksoum, point ne culminant à 1 087 m, est un anticlinal dont le noyau est constitué par les calcaires turoniens, est mis à jour par la grande faille de Chaiba. Vers l'Est, le massif se termine par le col Teniet-Ennaam, mettant en communication la partie occidentale de la plaine d'El Outaya avec la plaine saharienne. Au-delà de Teniet-Ennaam, le massif de Djebel-Gouara, assez surbaissé, puisque son sommet ne dépasse pas 755 m, est entièrement constitué par les calcaires et marno-calcaires du sénonien supérieur.

- La dépression de la plaine Selga sépare le Djebel-Gouara de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal éventré par le col de l'Oued khremissen.

A l'Est, l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal domine la ville de Biskra. Il a subi une érosion intense aboutissant à une inversion totale du relief. Les parois rocheuses sont constituées par les

calcaires massifs turoniens surmontant les calcaires et marno-calcaires cénomaniens plus tendres. Le noyau de cet anticlinal est érodé jusqu'aux grés rouges.

La plaine saharienne peut être divisée en deux parties principales séparées par la vallée de l'Oued Djedi.

Dans la première partie, au Nord de l'Oued Djedi, on distingue les zones suivantes :

- A l'Ouest, la terminaison orientale du Djebel Hamara dont le sommet se trouve sur la feuille Ain-Rich, bordant à l'Ouest la feuille de Biskra.

C'est une terminaison périclinale dirigée vers le Nord-est qui se relie avec le Kef-Seba, prolongement oriental du massif du Djebel-ksoum.

Au Nord-Ouest de cet axe, se trouve une plaine surélevée dont le sol est, en majeure partie, constitué par des calcaires blancs de l'éocène inférieur.

Au Sud-est et à l'Est, s'étend la plaine de Doucen dans laquelle l'alluvionnement joue un rôle assez subordonné ; le substratum formé par l'éocène moyen et par le pliocène y affleure en de multiples endroits.

- Au centre, une plaine alluviale où sont situées les principales plantations de palmier dattiers des Ziban et les plus importantes Oasis de la région : Tolga, Bou-Chagroun, Lichana.

- A l'Est, enfin, le cône de déjection alluvionnaire sablo-limoneux de l'Oued Biskra, qui s'étend jusqu'à la grande dépression du Chott Melrhir et du Chott Merouane.

Dans la seconde partie au Sud de l'Oued Djedi, sur la rive droite, existent deux régions naturelles.

- Vers l'Ouest, au Sud des Ouled-Djellal, la terminaison occidentale faiblement découpée du grand plateau pliocène, montrant vers l'Oued Djedi le substratum argileux et gypseux de l'éocène moyen.

- Au centre et à l'Est, couvrant le quart Sud-Est de la feuille, une plaine uniforme et monotone formée par une carapace calcaro-gypseuse d'âge pliocène, faiblement recouverte par les sables et les regs caillouteux.

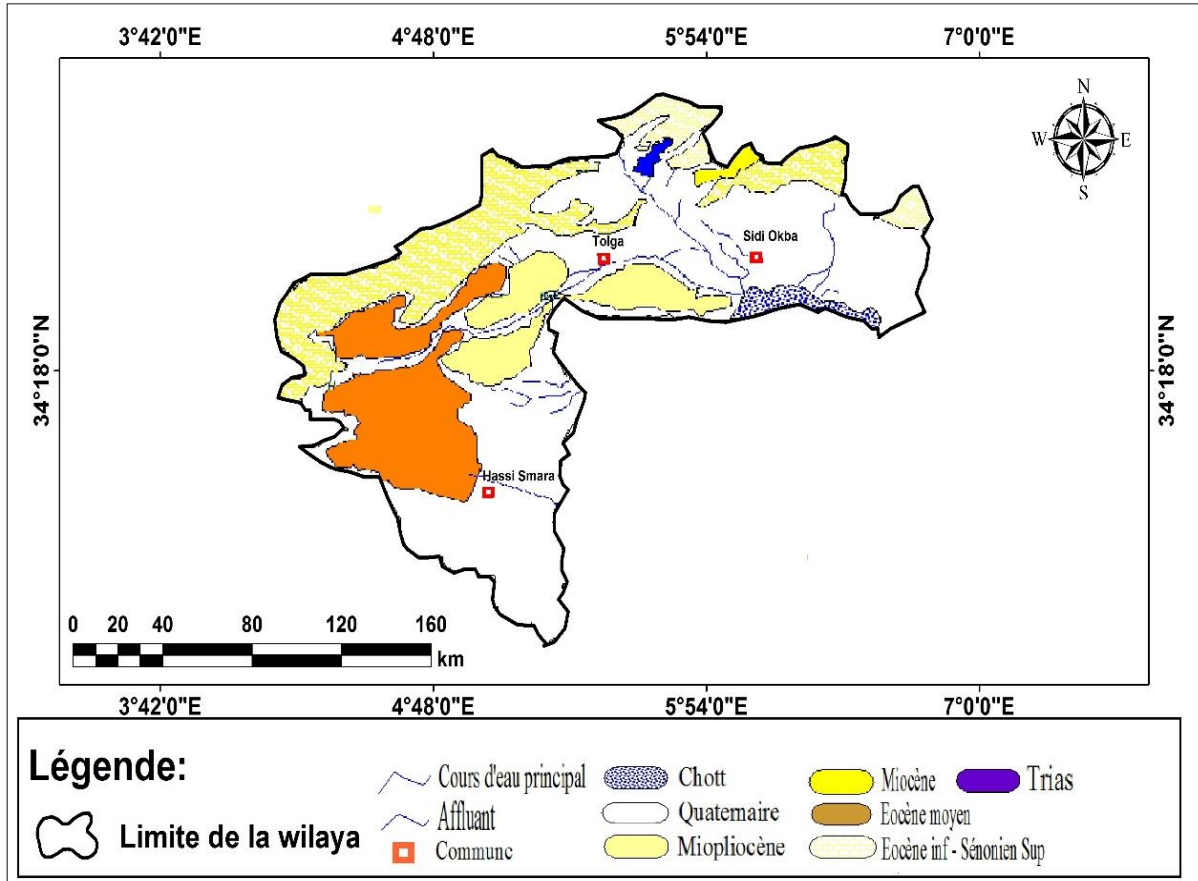


Figure I.6. Esquisse géologique de la région de Biskra. Boutouga F. 2016.

**II.6.1 Stratigraphie régionale :** les sédiments accumulés durant le Mésozoïque et le Cénozoïque ont formé de puissantes séries néritiques et continentales

**II.6.1.1. Le secondaire**

**II.6.1.1.1 Trias.**

Le trias constitue les plus anciennes formations reconnues dans la région de Biskra. Il se rencontre en position stratigraphique anormale ou éjecté au sein des séries encaissantes à la faveur des cassures. Il est formé d'argile (bariolées ou violettes) gypsifères et salifère à cristaux d'aragonite, d'anhydrite, de quartz bipyramide ou encore d'hématite dus à des transformations secondaires et englobant des amas de roches diverses de l'ensemble de la couverture post-triasique.

Le Trias est souvent remarquable sur le terrain par son faciès évaporitique : argiles versicolores, sels, gypses et anhydrites accompagnés de blocs de roches remaniées. Sur la marge septentrionale de la plate-forme saharienne, il est formé à la base d'une série grés-argileuse de plus de 400 mètres d'épaisseur, surmonté d'une formation essentiellement, composée d'évaporation, argiles de carbonates appelée « le salifère principal »

#### **II.6.1.1.2. Le Jurassique.**

Il n'affleure pas dans les limites de la région de Biskra. Il n'est visible qu'entre Biskra et Batna, au niveau du Djebel Azreg où il constitue le cœur de celui-ci. Il est à dominance carbonatée, marne, calcaire marneux et calcaire.

#### **II.6.1.1.3. Le Crétacé.**

Les dépôts du Crétacé sont les plus répandus et forment la majeure partie des chaînes de la région, ils sont représentés par différentes roches sédimentaires : calcaires, marnes, grés, argiles et leurs variétés intermédiaires qui constituent les assises d'une grande épaisseur.

#### **II.6.1.13.1. Crétacé inférieur.**

Il constitue l'essentiel des affleurements des Djebel Chélia, Djebel Ichemoul et le flanc Sud du Djebel Azreg.

#### **II.6.1.13.1.1 Le Néocomien.**

Il est à tendance générale argilo-gréseuse, néanmoins, il admet des intercalations de formations carbonatées (calcaires et dolomies).

#### **II.6.1.13.1.2. Le Barrémien.**

Il est composé de matériel détritique, représenté essentiellement par des bancs de grés massifs et des niveaux d'argiles. Ils sont d'aspect rougeâtre, teinte liée à une oxydation importante, typique d'un milieu continental et les grés sont à grains fins. Ils sont disloqués (failles et diaclases) et les stratifications entrecroisées fréquentes. La base de l'étage est invisible, le barrémien termine la série sédimentaire crétacée affleurant dans la région de Biskra.

#### **II.6.1.13.1.3 L'Aptien.**

Il débute par des bancs de carbonates massifs en alternance avec des marnes grises. Vers la fin de la séquence, les grés similaires à ceux du Barrémien réapparaissent.



**II.6.1.13.1.4 L'Albien.**

La série stratigraphique se continue par une alternance de bancs de grés métriques de couleur gris blanche à grains fins et d'argiles gris vert, friables parfois indurées. Vers la partie supérieure apparaissent les dépôts marins, calcaires massifs et marnes qui annoncent la transgression cénomanienne à l'échelle régionale et même au-delà.

**II.6.1.13.2. Crétacé supérieur.**

Les dépôts du Crétacé supérieur sont représentés par des assises épaisses composées de marnes et calcaires avec des restes abondants de fossiles. Tous les étages y sont développés ici sans discordance apparente.

**II.6.1.13.2.1. Céomanien.**

Dans la partie inférieure de l'étage, les dépôts sont constitués par les marnes gris verdâtre et gris foncé et par les intercalations de calcaires pélitomorphes, alors que dans sa partie supérieure ils sont formés par des marnes feuilletées avec de nombreuses couches de calcaires à huîtres et calcaires pélitomorphes à grains fins.

**II.6.1.13.2.2. Turonien.**

Les dépôts turoniens sont constitués par une interstratification de calcaires pélitomorphes et marnes argileuses gris bleuâtre. Dans la partie inférieure prédominent des marnes avec de minces couches de calcaires compacts et de calcaires bioclastiques. Plus haut reposent des calcaires massifs avec des faisceaux de marnes argileuses feuilletées et des intercalations isolées de calcaires marneux et calcaires à coquilles.

**II.6.1.13.3. Sénonien inférieur.****II.6.1.13.3.1. Coniacien.**

Les dépôts coniaciens sont représentés par une alternance de marnes argileuses gris verdâtre et de couches de calcaires organogènes à grains fins massifs gris clair et gris verdâtre.

**II.6.1.13.3.2. Santonine.**

Les dépôts sont représentés par des marnes feuilletées, gris verdâtre, gris foncé avec des bancs épais isolés de calcaires à grains fins gris clair. La coupe commence par un faisceau de calcaires

massifs gris clair à grains fins avec de nombreuses empreintes de gros Incérons vers le sommet, le nombre de couches de calcaires ainsi que leur épaisseur diminuent.

#### **II.6.1.1.3.4. Sénonien supérieur.**

##### **II.6.1.1.3.4.1. Campanien.**

Le Campanien est constitué par des marnes argileuses gris verdâtre et gris foncé avec des couches isolées de calcaires marneux pélitomorphes gris clair. A la base repose un faisceau de calcaires massifs gris clair à grain fin avec des restes abondants, l'Ino cérames et de Aorminifères. Ces dépôts affleurent dans la partie Nord- Est de la région d'El Outaya et constituent le flanc Nord de l'anticlinal de Setha.

##### **II.6.1.1.3.4.2. Maestrichtien.**

Ces dépôts sont représentés par les marnes feuilletées gris verdâtre et gris foncé, avec des couches et intercalations isolées de calcaires microcristallins et à grains fins et de calcaires coquilles. Dans la partie inférieure de l'étage, on observe des couches épaisses de calcaires massifs gris clair, avec des barres puissantes de marnes argileuses et dans la partie supérieure, des lentilles de grés calcaireux gris jaunâtre à petit grain.

#### **II.6.1.2. Le tertiaire.**

##### **II.6.1.2.1. Paléogène.**

###### **II.6.1.2.1.1. Le paléocène.**

Le passage du Maestrichtien au Paléocène se fait progressivement. Il est composé essentiellement de marnes à fines passées de calcaires.

###### **II.6.1.2.1.2. L'Eocène.**

L'éocène est très développé. Le faciès change d'une région à une autre. On reconnaît des calcaires massifs bioclastiques fortement fracturés et karstifiés avec des intercalations de marnes grises. Vers le sommet de la série, la série évolue progressivement vers des dépôts à tendance continentale de grés à grains fins, d'argiles rouges à fines passées de gypse (Lutétien supérieur)

**II.6.1.2.1.2.1. L'éocène inférieur.**

Il est représenté par des calcaires blancs riches en silex noirs très caractéristiques, d'une épaisseur variant entre 150 et 200 m. les calcaires blancs de l'éocène inférieur sont généralement pourvus en fossiles. Néanmoins, sur les collines au Nord de Tolga, ont été recueillis quelques nummulites globulosus, nummulites subirrégularis et operculina amonéa caractéristiques de cet étage.

**II.6.1.2.1.2.2. L'Eocène moyen.**

Dépôts exclusivement lagunaires : argiles, gypse en couches épaisses, anhydrites, calcaires dolomitiques. Au Sud du Djebel Kahila et au Sud du Djebel Ksoum, la série lagunaire de l'éocène moyen se termine par un banc de poudingues. Les couches gypseuses et calcaires sont très développées dans la région d'Ouled-Djellal où elles forment des niveaux consistant d'une extension considérable. Sur la rive droite de l'Oued Djedi, en face de l'Oasis de Ouled-Djellal, les calcaires de l'éocène moyen ont fourni quelques moules internes de gastéropodes et de lamellibranches.

Le Pontien supérieur (m<sup>3</sup>) : Affleure seulement dans la dépression de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent sableuses. Quelques niveaux de poudingues s'intercalent dans cette série au pied des montagnes. Le pliocène repose sur les formations miocènes avec une légère discordance. Au Sud de la zone montagneuse, dans la plaine de l'Oued Djedi, le Pontien supérieur n'affleure pas mais partout où il est reconnu par sondage il se présente sous forme d'un dépôt continental détritique : argiles, sable, gravier et marnes.

**II.6.1.2.1.3. L'Oligocène.**

On attribue à l'Oligocène une alternance de grès brun jaunâtre et grès rouge, hétérogènes affleurant au Nord de la région d'étude.

**II.6.1.2.1.4. Le Néogène.**

Les dépôts du Néogène sont représentés par des formations marines, lagunaires et Partiellement continentales du Miocène et par des assises continentales lacustres du Pliocène. Ils reposent en pente douce et avec une forte discordance angulaire sur les Roches disloquées du Crétacé et du Paléogène. La surface est érodée Irrégulièrement.

**II.6.1.2.1.5. Miocène inférieur et moyen.**

La miocène inférieure répose directement sur le maestrichtien juste au nord de M'Chouneche, il est simplement constitué par des alternances de poudingues à ciment calcaire et de lentilles de marnes. Il est constitué par des conglomérats jaune grisâtre à gris, des grés, des marnes, des argiles et rarement des calcaires et des gypses. Dans les dépôts s'observent des restes des Gastéropodes d'eau douce.

**II.6.1.2.1.6. Miocène supérieur.**

Les dépôts du Miocène supérieur sont partout constitués par des marnes grises- verdâtre et dans la partie inférieure des marnes gris bleuâtre, avec des intercalations de gypses, d'argiles, d'argilites, degrés et de rares-inter lits de calcaires et conglomérats. La faune est représentée par des huîtres et rarement des Gastéropodes.

**II.6.1.2.1.7. Pliocène :** les dépôts du Pliocène sont représentés par des marnes gris clair et jaunâtre, avec des sables, des conglomérats non compacts, des grés et de faibles épaisseurs de calcaires lacustres. Il forme de vastes affleurements dans la partie Sud-Est de la région de Biskra, il comprend différents dépôts.

**II.6.1.2.1.8. Le pliocène.**

Au Sud de l'Oued Djedi, tout le quart Sud-Est de la feuille de Biskra est couvert par la croute saharienne, attribuée généralement au pliocène. Cette croute est une pate calcaro-gypseuse englobant souvent dans la masse des poudingues. Des sables et des graviers. Aux environs des Ouled-Djellal, on peut observer le passage latéral des poudingues pliocène de la croute. La majeure partie de la croute saharienne est donc d'âge pliocène. Au Sud de l'Oued Djedi, la croute atteignant 1 à 2 mètres d'épaisseur repose sur les sables rouges classés généralement dans le miocène, mais il est fort possible qu'une partie de ces sables appartienne au pliocène.

Le p2 : Au Nord de l'Oasis de Mekradma, sous la couverture quaternaire apparaissent des couches rouges sableuses et gypses lagunaires ; passage latéral probable des poudingues qu'on trouve partout au pied des montagnes.

Le p1 : Près de la zone montagneuse, le pliocène se présente sous forme d'une alternance de poudingues, de bancs de grés et d'argiles sableuses.

Les principaux affleurements sont : la ride de Biskra-Chetma à l'Est, la lentille de Bir Sadouri au Nord de Chaiba et les collines de Berrtiem et Ras Hariga au Nord d'Ouled Djellal vers le Sud ; tous ces affleurements de poudingues passent insensiblement à d'autres faciès.

### **II.6.1.3. Le Quaternaire.**

Les dépôts quaternaires remplissent une grande partie de notre région d'étude. Ils sont représentés par des formations essentiellement lacustres. Des dépôts alluviaux et des éboulis de pente.

#### **II.6.1.3.1. Le Quaternaire inférieur.**

Il est constitué par des galets, des grés, des limons sableux, des terres argileuses et des conglomérats faiblement consolidés. La surface est souvent recouverte par une croûte carbonatée épaisse de 1 à 3 m. Les dépôts du Quaternaire inférieur sont répandus sous forme de lambeaux sur les formations du Néogène.

#### **II.6.1.3.2. Le Quaternaire supérieur et moyen.**

Les dépôts sont représentés par des sables hétéro grenus, graviers, cailloux roulés. Ils sont répandus sous forme des cônes de déjection (alluvions torrentielles anciennes) et des hautes terrasses dans les dépressions. Les dépôts du Quaternaire supérieur et moyen couvrent aussi de vastes surfaces de dépressions inter montagneuses entaillées de 2 à 3 m. Cette terrasse est bien développée dans la partie Est de la région, vers l'Oued Biskra. Aux environs des régions montagneuses elle est formée exclusivement par des poudingues. Dans la plaine saharienne, au Sud de la ville Biskra, les poudingues sont remplacés progressivement par un dépôt sableux et argileux se confondant avec les dépôts pliocènes sous-jacents.

Quaternaire moyen proprement dit : il est formé par les alluvions sablonneuses et argileuses dans toutes les grandes plaines sur la rive gauche de l'Oued Djedi.

Travertins des sources : ces travertins sont assez anciens. Ils datent au moins du quaternaire moyen, aux environs des sources Oumache, M'lili et Megloub. Les sources actuelles sourdent 4 à 5 m au-dessus des dépôts anciens travertineux.

Dans la dépression de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal, au Nord de la ville de Biskra, les appareils travertineux sont en altitude, plus hauts que la terrasse du quaternaire ancien.

Formation dite (Deb-Deb) : Formation qu'on peut rapporter au quaternaire moyen mais dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Le (Deb-Deb) représente une formation calcaro-gypseuse atteignant jusqu'à deux mètres d'épaisseur.

Il est localisé tout autour de l'Oasis de Tolga et des Oasis limitrophes, au-dessus des affleurements calcaires blancs de l'éocène inférieur. Il est vraisemblable, qu'étant donné cette coïncidence de localisation, le (Deb-Deb) se forme par un processus physico-chimique aux dépens des calcaires éocènes sous-jacents.

Au Nord de Tolga, Bouchegroune, Lichana et jusqu'à la ferme de Ain Bennoui le Deb-Deb repose sur un dépôt sable-argileux atteignant parfois 50 m d'épaisseur. Ce dépôt doit son origine en grande partie à la fixation des sables éoliens et dunaires par les eaux exsudant des fissures dans le substratum éocène et crétacé.

Le processus d'une telle fixation a duré certainement très longtemps, probablement pendant toute la période du quaternaire. Au Sud du Lichana, un dépôt, qui doit être classé avec plus de raison dans le quaternaire moyen parce que superposé à la terrasse du quaternaire ancien, s'est formé par destruction du (Deb-Deb) et des formations sableuses de Tolga.

Dépôt actuels de cailloutis : au pied des montagnes, d'éboulis sur les pentes. Les éléments brechiformes se trouvent plus près des montagnes ; les éléments roulés forment des plages souvent très loin vers la plaine.

#### **II.6.1.3.3. Dépôts actuels.**

Ils sont représentés par des alluvions, qui remplissent les lits des cours d'eau principaux et les dépressions inter montagneuses. Les terres argileuses avec des inclusions de graviers et galets prédominent sur les sables et les galets. Dans les oueds la puissance des dépôts ne dépasse pas quelques mètres, tandis qu'elle est beaucoup plus importante dans les parties centrales des dépressions.

#### **II.7. La tectonique.**

L'importance de la tectonique qui a affecté le domaine saharien résulte de deux étapes orogéniques principales :

La limite méridionale de l'Atlas saharien est constituée par la flexure saharienne ou accident sud-atlasique formé de failles et de flexures en relais dont le rejet peut être supérieur à 2000

mètres et dont la résultante est un abaissement général du Sahara par rapport à l'Atlas saharien. Les différentes failles composant la flexion saharienne longent toujours le flanc Sud des anticlinaux.

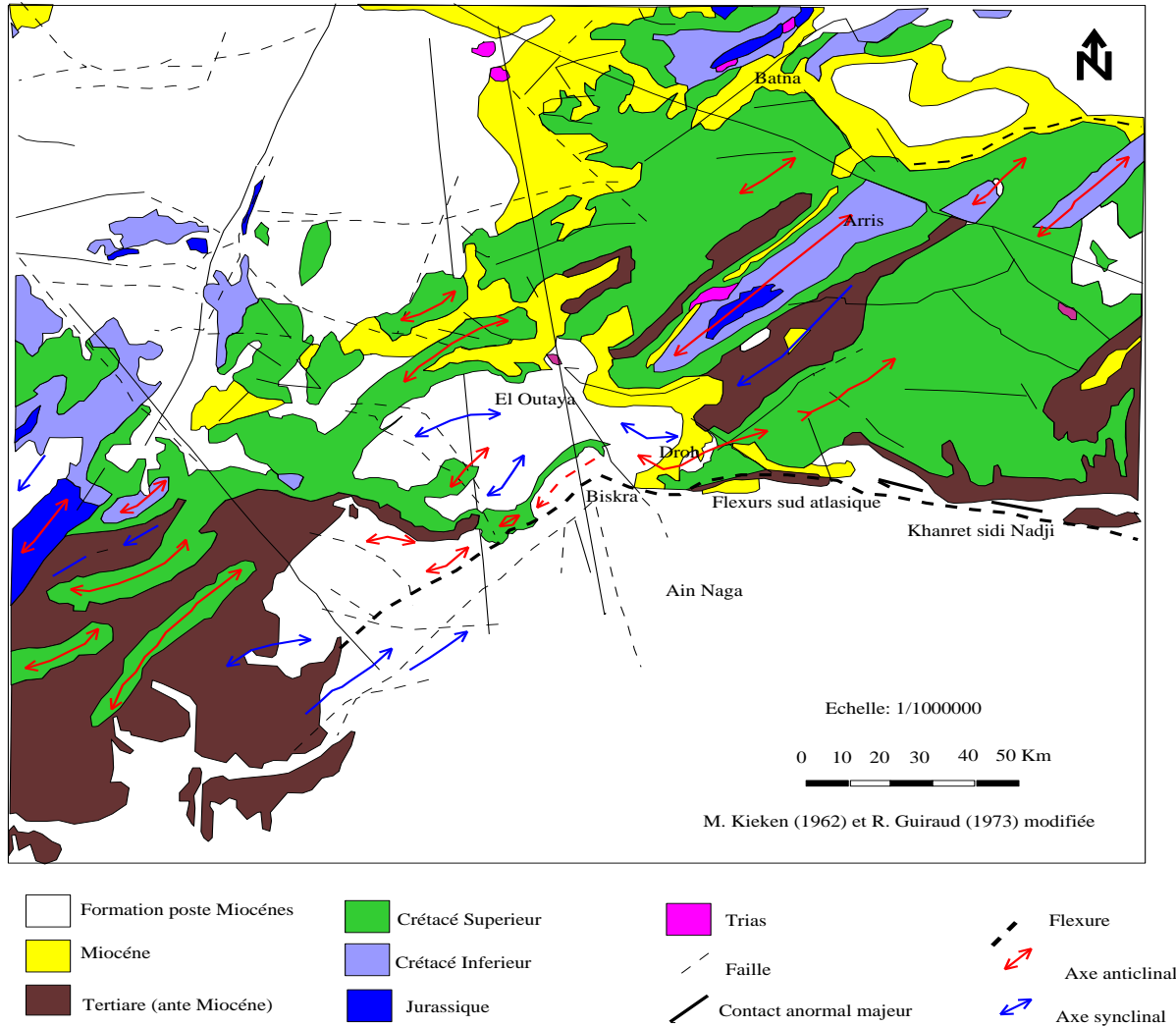


Figure I.7. Extrait de la carte Structurale de la wilaya de Biskra (R. GUIRAUD, 1973)

A l'Est de Biskra, la flexure saharienne s'infléchit légèrement passant au Sud de l'Aurès.

Pendant la période secondaire, les mouvements lents ont causé des alternances de transgression et régression. La phase majeure de plissement, probablement d'âge éocène, a entraîné l'émersion définitive de tout l'Atlas saharien et dessiné l'orientation et les caractères essentiels de la tectonique. La flexure saharienne s'est probablement dessinée au cours du mésozoïque, accusée aux cous du plissement éocène et a encore joué au cours d'une importe phase post-miocène.

A la fin de l'Eocène moyen toute la région a subi une surélévation due à des mouvements orogéniques, ayant agi en deux phases principales très rapprochées dans le temps et dans l'espace, mais de directions différentes :

La première est responsable de faibles ondulations de direction NE-SW sur toute l'étendue de la plate-forme saharienne.

La deuxième a donné naissance à des plissements de direction ENE-WSW. Certaines poussées tectoniques ont été très violentes, provoquant même le renversement des plis, comme le cas du Djebel Bour-Rhezal, dont le flanc méridional est complètement déversé vers le Sud.

A la fin du Pliocène une nouvelle phase orogénique a bouleversé la région. Cette phase, de direction Est - Ouest, a formé sur notre région d'étude un pli très long, surélevant les anticlinaux préexistants. Ce pli est caractérisé par le redressement sub-vertical des dépôts pliocènes entre Biskra et Chetma, ainsi que le redressement des couches crétacées sur le versant sud du Dj. Gouara (nord de Tolga) : Coupes géologiques au niveau du massif de Chelia.

La région est caractérisée par les pointements triasiques qui accompagnent souvent les points de convergence des accidents tectoniques majeurs. Le premier se situe tout au nord du synclinal à Ichemoul ; le deuxième au nord sur le synclinal de Bouzina et le troisième qui est le plus important se situe au niveau de la dépression d'el-Outaya.

Le centre du synclinal est occupé par les formations nummulitiques : marnes et calcaires marins à la base et les couches rouges du Lutétien et post-Lutétien au sommet. L'ensemble est recouvert par le Miocène marin.

La partie sud-ouest du synclinal est recouverte par les formations plio-quaternaires. L'érosion quaternaire a mis en relief des poudingues et des sables qu'on trouve à Ras Chicha (fig. I. 8). Ces formations sont affectées par les plissements post-pliocènes. Puis vient en périphérie de ces formations, les sables et argiles du Pontien, qui parfois reposent directement sur les calcaires maastrichtiens.



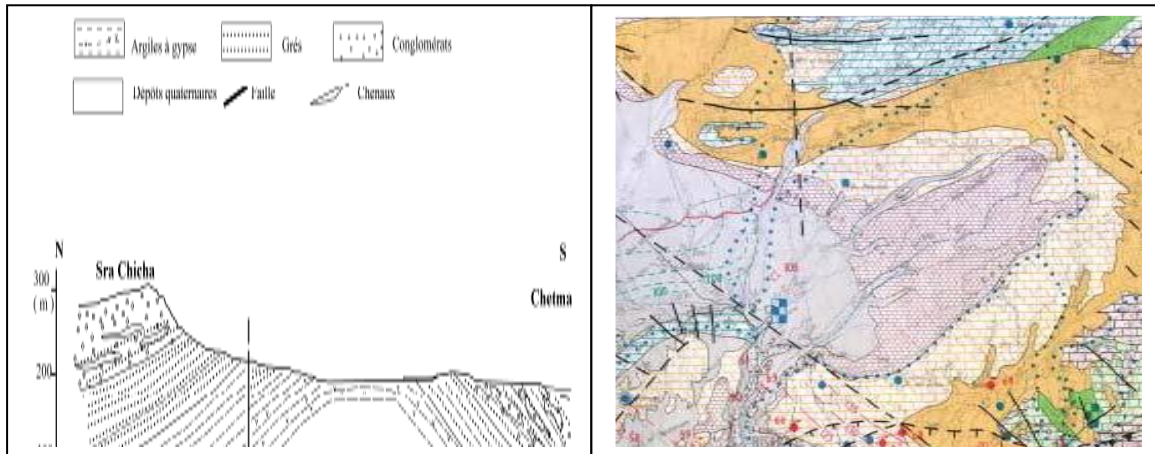


Figure 7: Coupe géologique AB à Ras Chicha aux environs de Chetma (in.M. Chebbah, 2007)

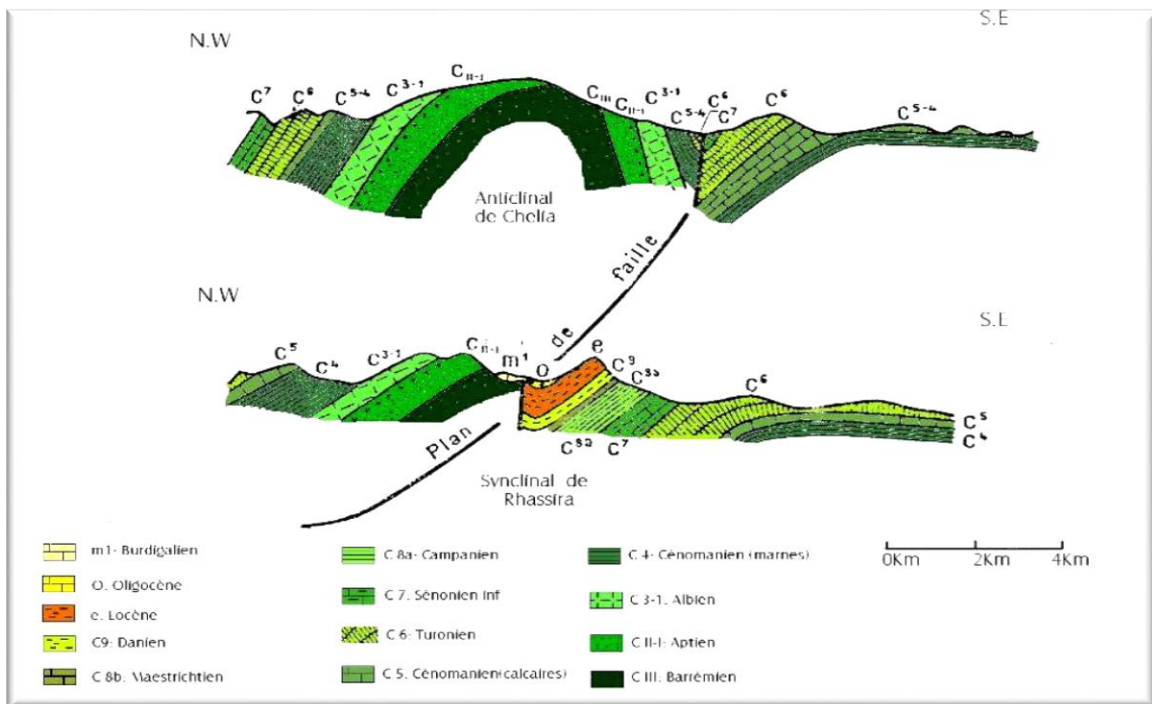


Figure I.8. Coupe géosynclinale de Rhassira (d’après R. LAFFITTE, 1939).

Le rétrécissement du synclinal de Rhassira au nord, n’est qu’apparent, car en réalité le synclinal avait subi un soulèvement de son axe de la partie nord et l’érosion à fait le reste, pour donner cette forme. Puis il subit un abaissement dans son extrémité nord, pour buter contre les formations anciennes (Crétacé inférieur) de l’anticlinal de Chélia.

## II.8. Contexte morphologique

A l'échelle morphologique cette région passe par une topographie de plateau légèrement inclinée vers le sud à un relief assez élevé et accidenté au nord (Bensaâda et al., 2008 in Absi 2013). En surface, les dépôts grossiers que l'on trouve au pied des montagnes passent à des dépôts argilo sableux, vers le Sud (Sedrati, 2011).

Selon Aïdaoui (1994) le relief de la région de Biskra est constitué par quatre unités morphologiques qui sont : les montagnes, les piémonts, les plaines et les dépressions.

Dans la partie Nord de la région de Biskra (El-Kantara, Djemourah et M'Chounech) se découpent les montagnes ou les chaînons atlasiques avec une altitude maximale peut aller de 1500 à 1700 m. alors que la moyenne est de l'ordre de 300m.

A l'Ouest de la région de Biskra se trouve les plateaux, ils s'étendent du nord au sud et englobant les daïras d'Ouled Djellal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.

L'Est est caractérisé par une vaste plaine développée et découpée par les lits d'oueds, la plaine occupe approximativement les deux tiers de la superficie et couvrent les daïras d'el Outaya, Doucen, Sidi Okba et Zeribet el Oued. Elle se présente en général par une pente douce de la chaîne atlasique aux étendues sahariennes du Sud.

La partie Sud-Est de la wilaya de Biskra est caractérisée par les lits d'oueds qui s'écoulent des monts de l'atlas et disparaissent dans la grande dépression fermée du Chott Melghir (figure I. 9).

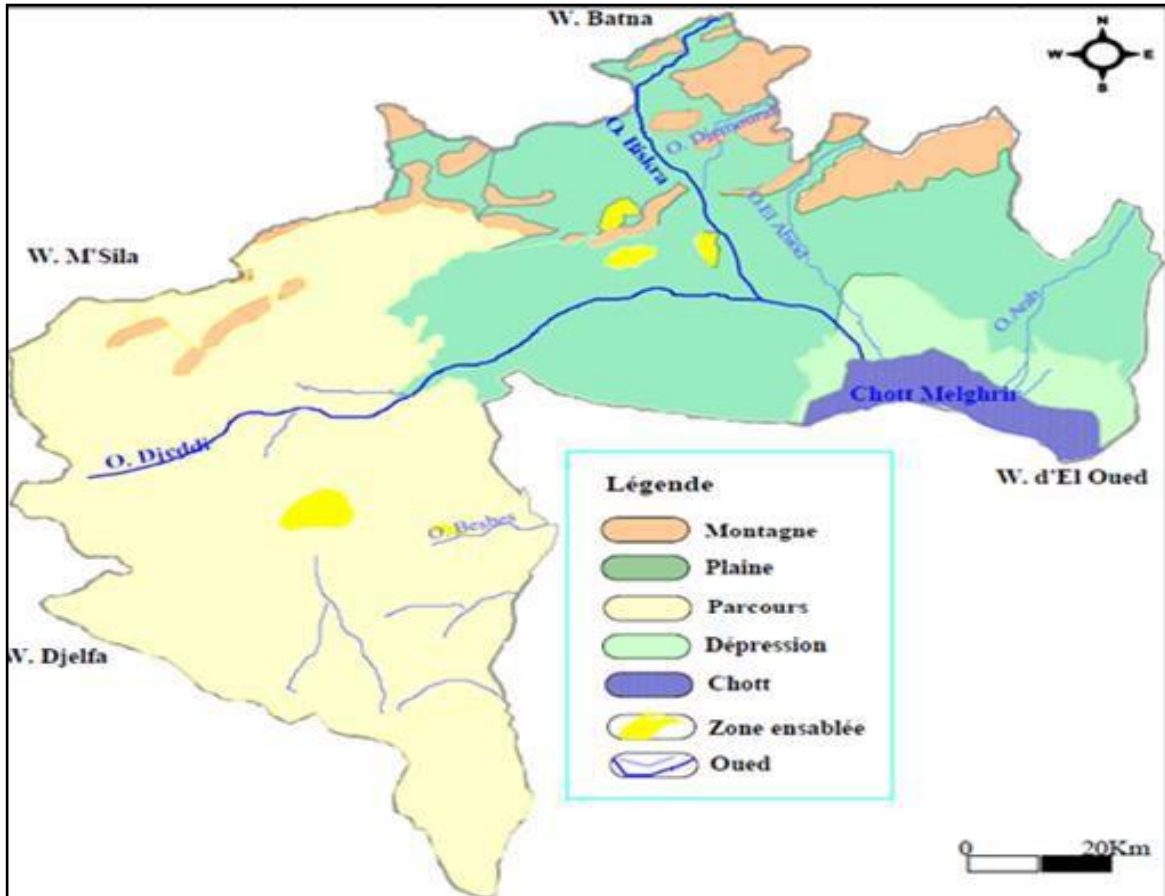


Figure I.9. Milieu physique de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011)

## II.9. Pédologie

Les sols de la région de Biskra sont en général hétérogènes mais ils sont constitués des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie (Halilat, 1998).

D'après Masmoudi (2012), les principales classes des sols de la région de Biskra sont les classes des sols peu évolués, halomorphes et calci-magnésiques, à l'Est les sols sont généralement riches en argile et en calcaire par contre à l'Ouest les sols sont gypseux et/ou calcaires.

## II.10. Végétation

La végétation naturelle est fortement influencée en grande partie par les conditions hydrologiques, les conditions physiques des sols, la géomorphologie, la topographie et l'existence des ressources en eau qui favorisé le développement de la végétation.

Dans les milieux cultivés, les plus grandes superficies sont occupées par les céréales avec 47 058 ha, la phœniciculture avec 41 336 ha et le maraichage avec une superficie de 12 754 ha. Les autres cultures occupent des superficies plus ou moins importantes comme les fourrages, l'olivier et les arbres fruitiers (Mehaoua, 2014).

Les cultures dominantes dans la wilaya sont les céréales (29%), l'arboriculture (26%) et les maraîchères (25%) palmiers (15%). Les autres cultures comme fourragères et industrielles sont presque inexistantes.

Les communes qui se distinguent par les plus importantes exploitations agricoles irriguées sont Ain Naga (10395 ha), Doucen (5256 ha) et Sidi Okba (11000 ha).

Les cultures maraîchères couvrent presque la moitié de la superficie irriguée de Sidi Okba et présente 25% de la superficie totale irriguée à l'échelle de la wilaya. Les cultures industrielles sont présentées seulement dans les exploitations des communes de d'El Feidh, Ain Naga ; et Zribet el Oued et ne représentent que 3,4% des superficies exploitées.

## Conclusion

La combinaison de l'outil géologique, géophysique, et hydrogéologique a permis de déterminer la lithologie, la géométrie de différents réservoirs dont trois se présentent au niveau de la zone d'étude possédant des potentiels hydrauliques importants dans la région

La nappe phréatique du Quaternaire, c'est au niveau des palmeraies que la nappe phréatique est le mieux connue. Cette aquifère se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires. On classe dans cette catégorie la nappe alluviale des Oueds, les plus importantes étant celle de l'Oued Biskra en amont de la ville et celle de l'Oued Djeddi.

Une série de dépôts alternativement marins et continentaux déposés dans un vaste bassin sédimentaire. Cette série renferme deux grands ensembles séparés par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses soit :

L'ensemble inférieur contient de puissantes séries continentales argilo gréseuses d'âge du crétacé inférieur (continental Intercalaire).

L'ensemble supérieur contient une série continentale sableuse d'âge Miopliocène (Complexe Terminal), dont l'épaisseur varie entre 80 et 150m. Elle est caractérisée par de bonnes caractéristiques hydrauliques.

Le réseau hydrographique des Aurès est plus au moins dense. Nous n'avons cité que les Oueds permanents ainsi que leur sens d'écoulement qui reste généralement dans deux directions : le Nord et le Sud car le massif forme un bourrelet entre les piémonts. Nous notons aussi l'importance du débit et la longueur des Oueds qui se déversent dans le Sud et le nanisme de ceux qui sont tournés vers le Nord.

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir, le chott reçoit les eaux des principaux oueds qui traversent la wilaya de Biskra.

## **Chapitre II**

### **Etude hydroclimatologique**

## Chapitre II : Etude hydroclimatologique

### Introduction

L'étude des caractéristiques climatiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydrologique de surface d'une région donnée. La région de Biskra fait partie de la zone climatique de la ville de Biskra. Pour caractériser le climat, est le plus déterminant des ressources en eau. Les précipitations, les températures, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration et l'ensoleillement et d'autres phénomènes atmosphériques constituent le climat de Biskra. Ainsi, l'étude des possibilités de la maîtrise des ressources hydriques dans les bassins est extrêmement liée à ces phénomènes qui régissent les écoulements. Pour cela, il est très utile de faire l'approche hydro climatique.

### I. L'équipement hydro-pluviométrique de la wilaya de Biskra

Dans La wilaya de Biskra il y a des 10 stations pluviométriques. Pour notre étude j'ai choisie sept (07) stations ces stations sont : la station des Biskra et la station de Djemoura et la station de T'Kout et la station de Thniet El Abed et la station de Doucen et la station de Bouzina et la station de Mena. Le tableau suivant présente les différentes stations fonctionnelles dans la région de Biskra.

#### II.3. Les Stations pluviométriques fonctionnelles dans la région de Biskra.

N	Station	Code station	X (Km)	Y ( Km)	Altitude (m)
01	Biskra ANRH	06 14 16	778,31	177,4	130
02	M'Ziraa	06 16 09	829,61	164,84	176
03	Biskra *	06 05 25	779,31	166,49	120
04	T'Kout*	06 15 05	829,47	210,78	988
05	Tiferfer	06 15 11	821,9	207,65	740
06	Thniet El Abed*	06 13 03	225,6	135	1330
07	Djemorah*	06 13 05	886,5	201,5	485
08	Mena*	06 13 04	801,25	213,25	983
09	Bouzina*	06 13 02	814	225,6	1350
10	Doucen*	06.12.06	721	149	180

\* : Station retenue dans l'étude.

Source ANRH 2015

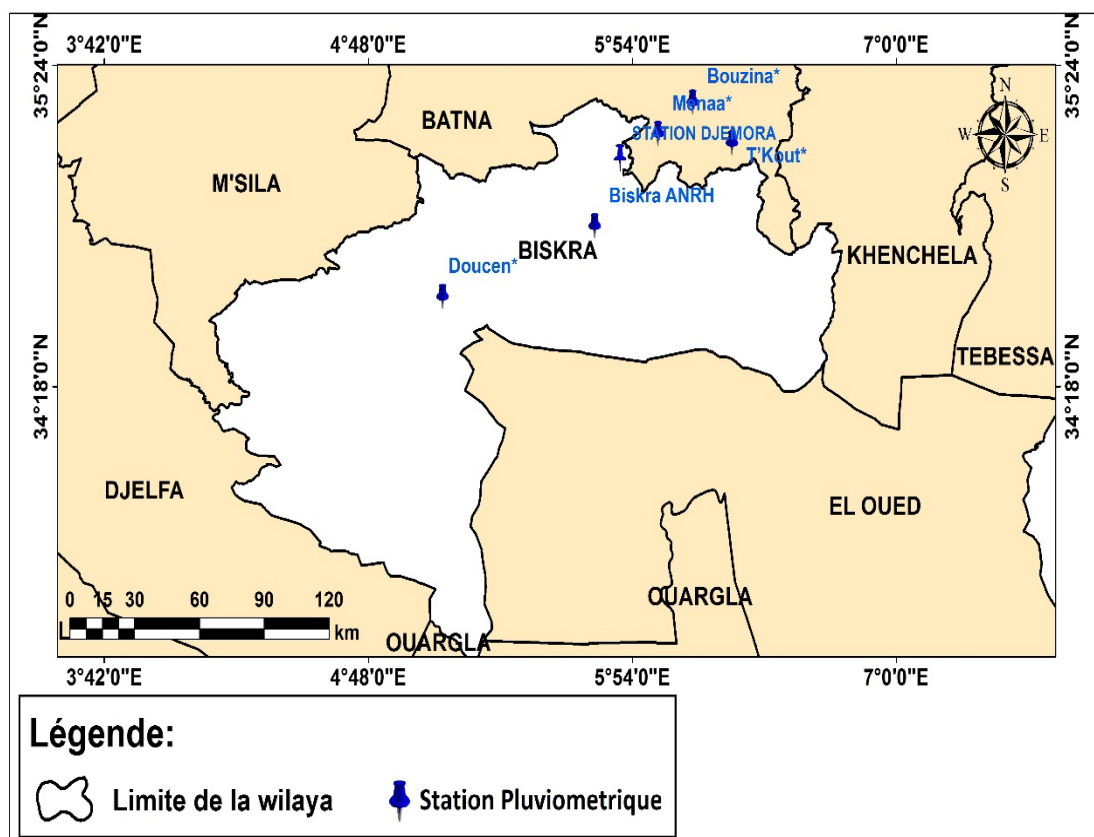


Figure II.10. Les sept stations pluviométriques dans la wilaya de Biskra. Boutouga F. 2016.

## II. Les paramètres météorologiques déterminants :

Pour cette étude nous avons utilisé les données climatiques de l'ONM (Office National de Météorologie) et de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) d'Ouargla et de la station du centre de Biskra, pour une période commune de Quarant un an (1973/1974-2014/2015).

### II.1. Les Précipitations

Les précipitations sont l'élément le plus important parce qu'elles reflètent la circulation des eaux superficielles et souterraines. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux ainsi que celui des nappes.



Elles sont variables et irrégulières d'une année à une autre et d'une saison à une autre. Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements.

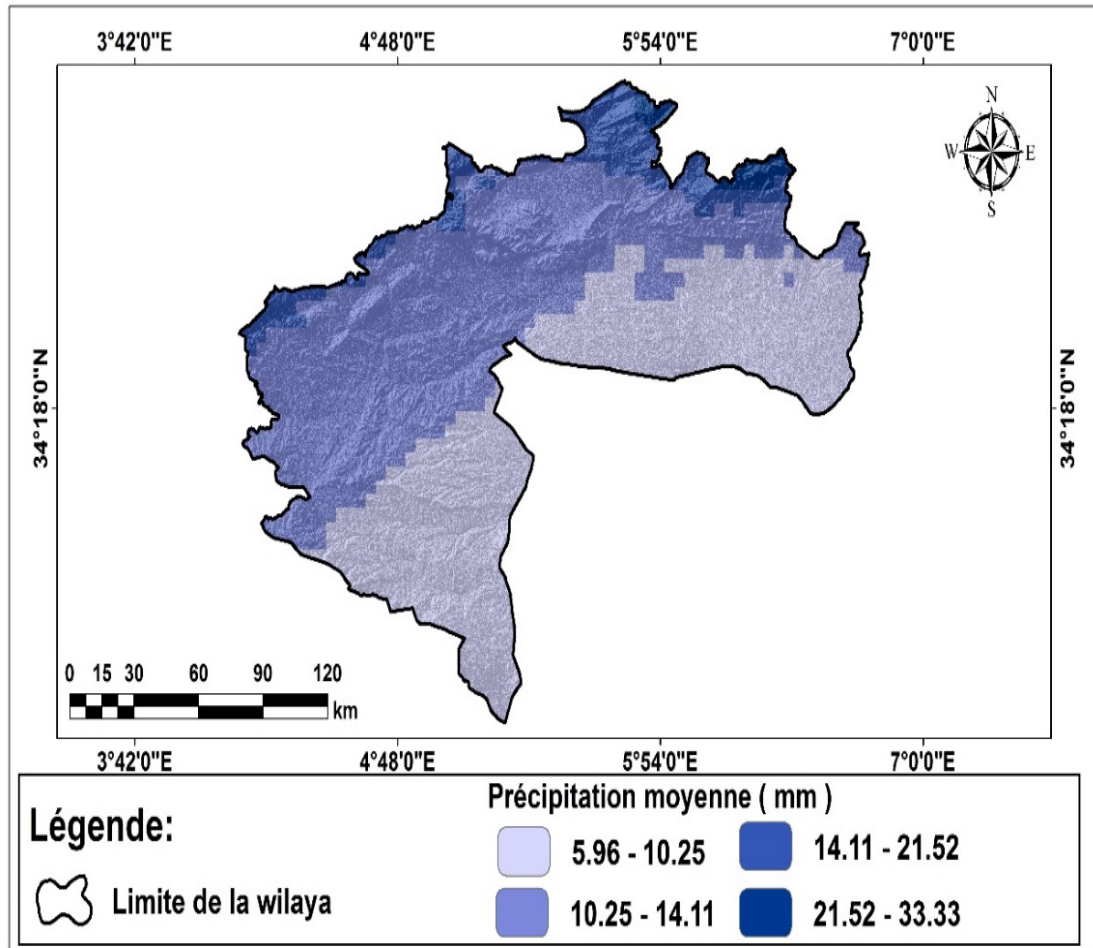


Figure II.14. Répartition des précipitation moyenne mensuelle dans la wilaya de Biskra durant la période 1984-2014. Boutouga F. 2016.

### II.1.1. La répartition interannuelle des précipitations

La variation interannuelle des précipitations pour la période de (1973/1974-2014/2015) pour les 7 stations est représentée dans le tableau n II.3.

A la station de Biskra (ONM), l'élévation annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 343,2 mm en (1994/1995) à 36,9 mm en (1978/1979). Tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 140,2 mm.

La pluviosité interannuelle de la station T'Kout est plus importante que celle de la station de Biskra (ONM), un maximum de précipitation a été observé en (1995/1996) avec 552,2 mm, et un minimum de 51,5 mm en (1973/1974). Avec un module interannuel de 290,4 mm,

La hauteur annuelle des précipitations à la station Thinit El Abed varie de 473,5 mm en (1979/1980) à 95,6 mm en (1996/1997), avec un module pluviométrique interannuel de l'ordre de 253,2 mm.

La hauteur annuelle des précipitations à la station Djemoura varie de 305,9 mm en (2008/2009) à 20,2 mm en (1973/1974), avec un module pluviométrique interannuel de l'ordre de 140,7 mm.

A la station de Mena, pendant les années d'observation, le maximum de la pluviosité a été observé en (1995/1996) avec 452,2 mm, alors que le minimum est de 113,5 mm enregistré en 2011/2012 avec une moyenne annuelle de 242,6 mm.

A la station de Bouzina la hauteur annuelle de précipitation pour la même période varie de 553,6 mm en (1995/1996) à 158,4 mm en 1993/1994 avec un module pluviométrique interannuel de 301,2 mm.

Dans la station de Doucen la hauteur annuelle pendant les années d'observation, le maximum est de 205,7 mm en (2008/2009) avec un minimum de 6,2 mm en (2001/2002). Par conséquent un faible module pluviométrique interannuel égal à 103,4 mm.

Tableau II.4. Répartition annuelle des précipitations (1973/1974 – 2014/2015).

Année	Biskra	T'Kout	El Abed	Djemorah	Menaâ	Bouzina	Doucen
1973/1974	99	51,5	107,2	20,2	178,5	228,7	52,6
1974/1975	100,8	71,4	182,0	115,2	244,5	230,0	68,2
1975/1976	157	279,2	378,1	101,7	224,1	304,7	117,1
1976/1977	193,7	522,1	395,7	198,0	431,8	389,6	87,2
1977/1978	47,8	203,2	211,8	67,0	183,7	230,5	37,1
1978/1979	36,9	171,8	273,3	59,6	134,1	215,3	33,7
1979/1980	144,7	329,6	473,5	194,6	232,3	265,3	81,6
1980/1981	110,2	345,7	268,0	138,5	249,3	256,6	64,1
1981/1982	26,3	204,6	324,9	97,0	187,2	237,5	62,1
1982/1983	137,7	244,1	380,7	99,5	318,3	248,0	153,7
1983/1984	44,71	224,2	178,1	83,9	142,9	440,8	13,0
1984/1985	56,9	277,9	268,2	160,4	294,8	269,4	66,1
1985/1986	116,56	307,6	445,1	131,3	235,5	315,5	62,0
1986/1987	126,5	208,7	219,7	188,1	211,0	317,7	77,6
1987/1988	90,95	235,7	218,0	106,2	191,7	244,8	138,3
1988/1989	182,64	354,7	310,3	138,2	244,4	434,2	66,7
1989/1990	72,9	382,1	358,5	116,0	240,1	389,0	161,6
1990/1991	144,55	234,3	236,7	148,8	128,3	280,2	129,3
1991/1992	138,43	313,1	452,2	272,8	315,1	257,5	96,7
1992/1993	192,52	234,3	256,1	107,0	148,6	220,5	70,3
1993/1994	297,19	173,6	207,2	61,1	149,0	158,4	47,3
1994/1995	343,21	263,2	234,1	96,4	191,5	297,0	193,8
1995/1996	286,24	552,2	448,7	272,2	452,2	553,6	204,2
1996/1997	292,64	174,4	95,6	126,8	256,3	205,8	93,7
1997/1998	192,05	304,2	229,9	167,8	274,3	410,0	151,7
1998/1999	101,12	171,9	155,2	99,7	158,2	169,8	33,3
1999/2000	88,9	263,9	204,8	141,1	133,9	265,5	145,2
2000/2001	73,15	229,1	146,3	55,8	185,3	201,0	6,2
2001/2002	80,49	221,6	132,4	100,8	213,0	206,3	30,5
2002/2003	60,7	345,4	256,2	255,6	448,2	319,8	61,1
2003/2004	204,48	494,5	218,4	258,70	318,2	319,8	166,0
2004/2005	304,06	386,5	239,9	157,4	242,6	299,1	74,4
2005/2006	73,17	331,9	295,0	210,0	275,1	404,0	129,9
2006/2007	144,78	212,6	227,0	118,9	221,3	299,3	57,3
2007/2008	39,79	299,5	116,1	76,4	162,9	238,7	42,5
2008/2009	119	486,9	202,7	305,9	368,4	528,9	205,7
2009/2010	175	482,3	124,9	230,2	359,8	450,9	134,8
2010/2011	198,88	372,2	357,2	201,3	353,5	422,6	197,8
2011/2012	252,72	295,2	217,3	90,1	113,5	259,0	96,8
2012/2013	125,98	404,5	268,3	87,1	324,1	345,5	204,2
2013/2014	143,5	178,0	146,2	49,4	195,0	169,7	93,7
2014/2015	68,2	318,4	174,3	142,7	177,0	316,5	151,7
MOYEN	140,2	290,4	253,2	140,7	242,6	301,2	103,4

Source ANRH 2015

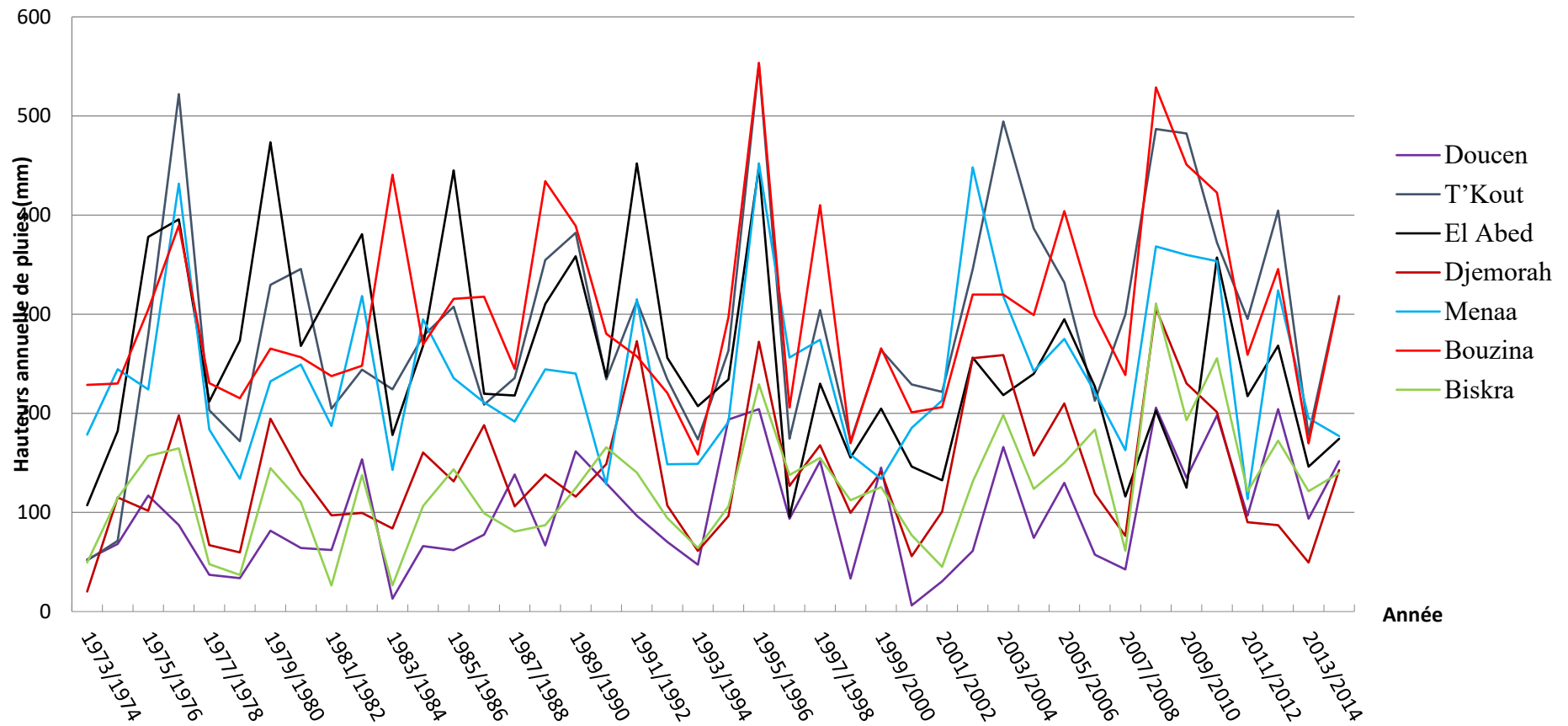


Figure II.15. Variation interannuelle des précipitations dans les stations de Biskra (1973/1974 - 2014/2015)

II.1.2. Précipitations moyennes mensuelles

La répartition mensuelle et saisonnière des précipitations influence directement les régimes hydrologiques, il est donc nécessaire de calculer les moyennes mensuelles des pluies pour chaque station et pour chacun des mois de l'année pour la même période d'observation. Pour évaluer la variation des précipitations moyennes mensuelles, nous avons établi le tableau et l'histogramme relatif.

Tableau II.5. Moyenne des précipitations mensuelles (1973/1974 - 2014/2015).

station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	T A
Biskra	20,5	13,5	16,1	11,9	11,0	8,4	18,3	14,7	11,3	6,8	4,7	3,3	140,2
T'Kout	35,3	28,4	27,3	22,8	19,9	22,1	28,5	27,3	28,4	21,1	9,1	20,3	290,4
T.El Abed	35,1	26,4	20,9	23,6	16,8	21,0	31,1	27,0	20,6	14,9	4,1	11,7	253,2
Djemorah	12,3	12,5	16,1	12,8	16,6	15,5	12,7	18,2	13,9	4,5	0,8	4,8	140,7
Menaa	29,5	21,9	25,5	19,1	19,7	24,0	30,2	23,2	21,9	12,2	3,9	11,5	242,6
Bouzina	39,0	35,2	28,4	24,9	21,6	26,5	32,6	33,9	28,3	14,8	4,3	11,7	301,2
Doucen	15,2	10,3	9,0	11,3	9,2	6,4	12,8	10,8	7,4	8,0	0,8	2,2	103,4

Source ANRH 2015

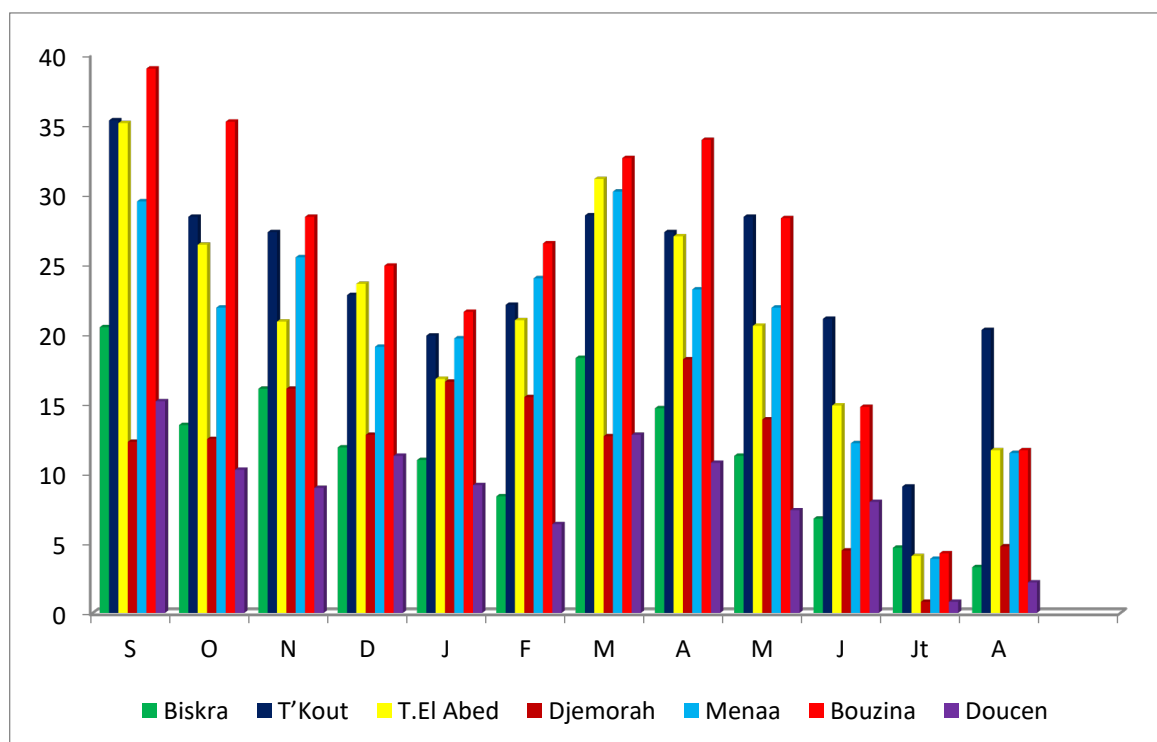


Figure II.16. Précipitations Moyennes mensuelles (1973/1974 - 2014/2015)

**II.1.3. La répartition saisonnière des précipitations (1973/1974 - 2014/2015).**

L'étude des précipitations saisonnières permet de donner une idée sur la distribution de la lame d'eau précipitée durant une année et selon les quatre saisons.

L'organisation des saisons n'est pas homogène dans la région d'étude, elle dépend du régime pluviométrique propre à chaque secteur géographique.

Tableau II.6. Répartition saisonnière des précipitations (1973/1974 - 2014/2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Moyenne Annuelle
Station	Automne			Hivers			Printemps			Eté			
Biskra	50,1			31,3			44,3			14,8			140,2
	35,66%			22,28%			31,53%			10,53%			100%
T'Kout	91			64,8			84,2			50,5			290,4
	31,30%			22,30%			29,00%			17,40%			100%
Thniet El Abed	82,4			61,4			78,7			30,7			253,2
	32,50%			24,20%			31,10%			12,10%			100%
Djemorah	40,9			44,9			44,8			10,1			140,7
	29,10%			31,90%			31,80%			7,20%			100%
Mena	76,9			62,8			75,3			27,6			242,6
	31,70%			25,90%			31,00%			11,38%			100%
Bouzina	102,6			73			94,8			30,8			301,2
	34,10%			24,20%			31,50%			10,20%			100%
Doucen	34,5			26,9			31			11			103,4
	33,4			26			30			10,6			100%

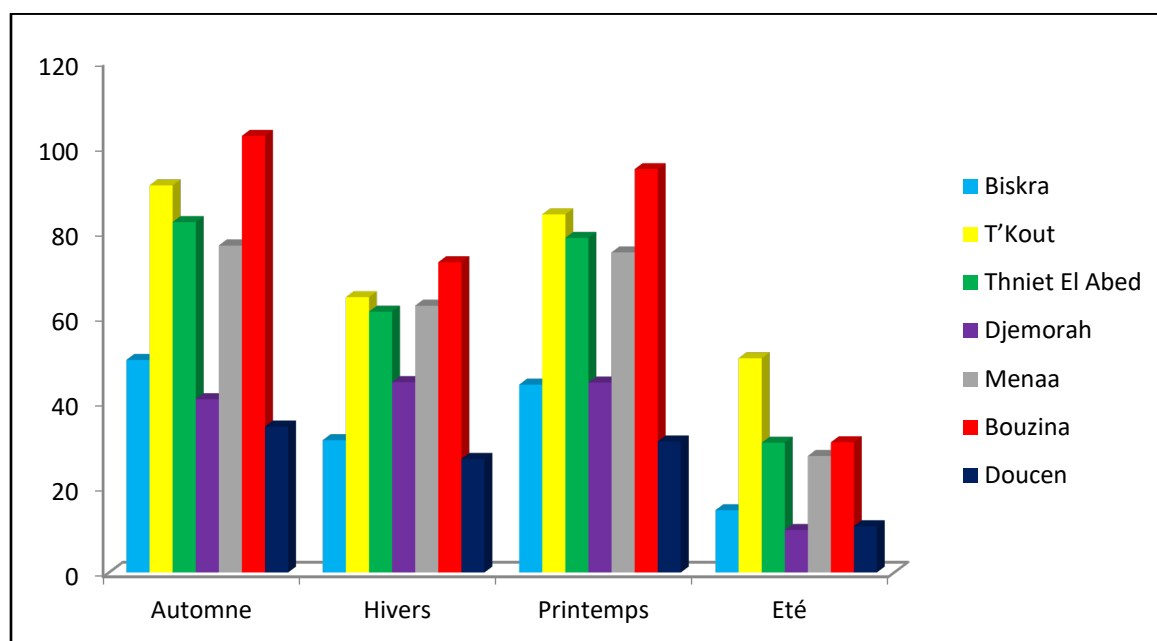


Figure II.17. Répartition saisonnière des précipitations dans la wilaya de Biskra (1973/1974 - 2014/2015).

Ainsi nous avons, deux saisons qui se partagent le maximum, l'Automne où le total de pluie varie entre 102,6 mm et 34,5 mm, et le printemps avec des valeurs comprises entre 94,8 et 31 mm pour les Six stations (Biskra, T'Kout, Thinit El Abed, Mena, Bouzina et Doucen) et selon la direction Nord -Sud. Néanmoins la différence des totaux.

Pour toute la région de Biskra, en moyenne, le maximum saisonnier se situe en Automne (50,1 mm) suivi par un maximum secondaire (44.3mm) au printemps, l'été (14.8 mm) étant la saison la plus sèche. En outre l'hiver est lui aussi relativement pluvieux avec 31.3 mm en moyenne.

## II.2. La Température

La température est le second facteur après les précipitations qui conditionne le climat d'une région. Car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Biskra période de (1973/1974 - 2014/2015). Pour évaluer la variation des températures moyennes mensuelles, nous avons établi le tableau et l'histogramme relatif à cette station.

Tableau II.7. Moyennes mensuelles des températures en (1973/1974 - 2014/2015) à la station Biskra.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
T. Max	41,6	37,3	29,1	23,3	22,8	27,1	30,6	35,1	39,7	44,2	46,5	45,5
T. moy	29,1	24,2	17,4	13,1	12,2	13,5	17,6	21,4	26,2	31,1	34,7	33,9
T. Min	17,5	11,4	6,2	2,7	1,5	2,9	4,7	9,0	13,6	16,4	21,8	21,3

Source ONM Biskra 2015

D'après les données climatiques de la station de Biskra (ONM), pendant qui caractérisé par un climat chaud et sec 41 années (1973/1974 - 2014/2015), on constate deux périodes : la première ou la température décroît du mois de Juillet (maximum : 34.7 °C) jusqu'au mois de Janvier (minimum : 12.2 °C). la deuxième période se démarque par une augmentation de la température de 13.5 °C en Février à 34.7 °C en Juillet. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23 °C.

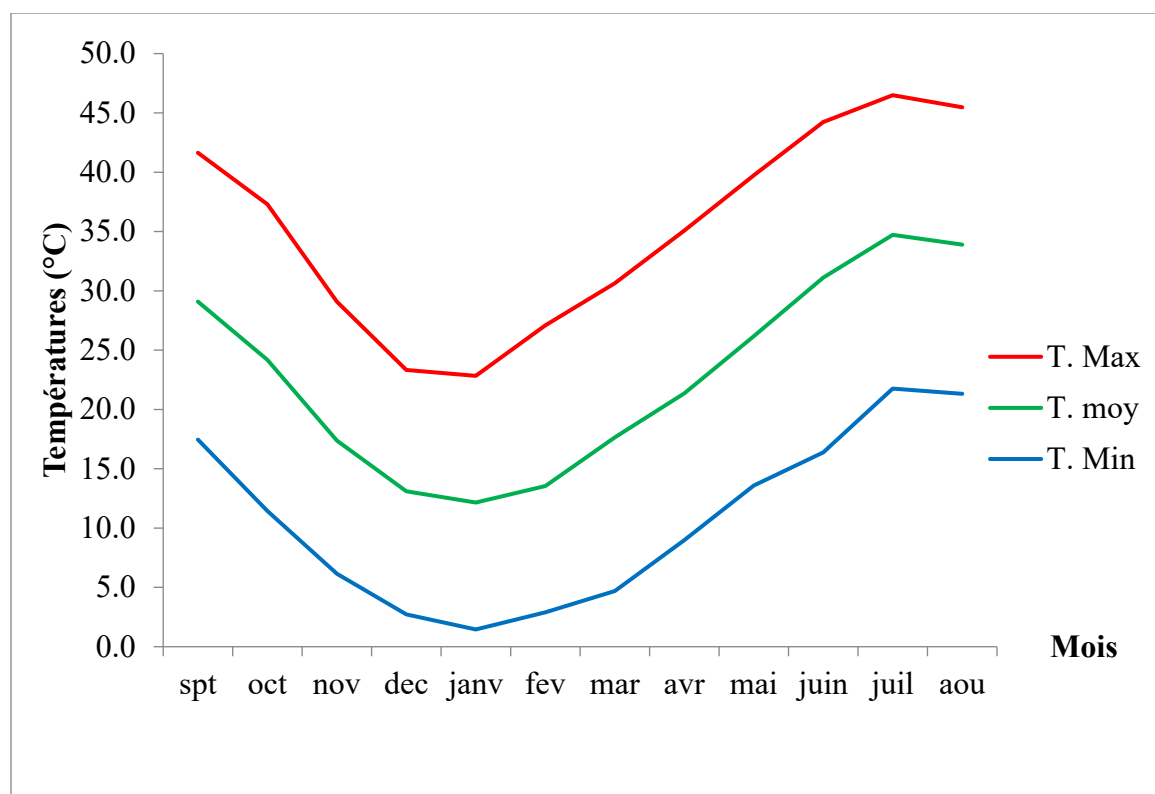


Figure II.18. Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Biskra (1973/74-2014/15).

### II.3. Le régime des Vents :

Les vents ont une conséquence importante sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et à un degré moindre sur les températures. Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été, et durant la période des températures maximales arrivent des Siroccos Sud-est. En période hivernal, il y a une prédominance des vents Nord-Ouest amenant l'humidité de l'Atlantique du Nord. Le maximum de forces des vents est enregistré en hiver et en printemps, les vents de sable sont fréquents en Mars, Avril et Mai.

Dans la région de Biskra la seule station qui mentionne la vitesse du vent c'est la station de Biskra (ONM), d'après les données des moyennes des vents de cette station sur la période (1973/1974-2014/2015). , on remarque que la fréquence de vitesse des vents atteint son maximum en hiver (Avril) avec 5.9 m/s, par contre le minimum des vents est enregistré en Mai avec 2,54 m/s. on constate aussi que les vitesses du vent sont presque homogènes pendant plusieurs mois de l'année, la vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 4.5 m/s.



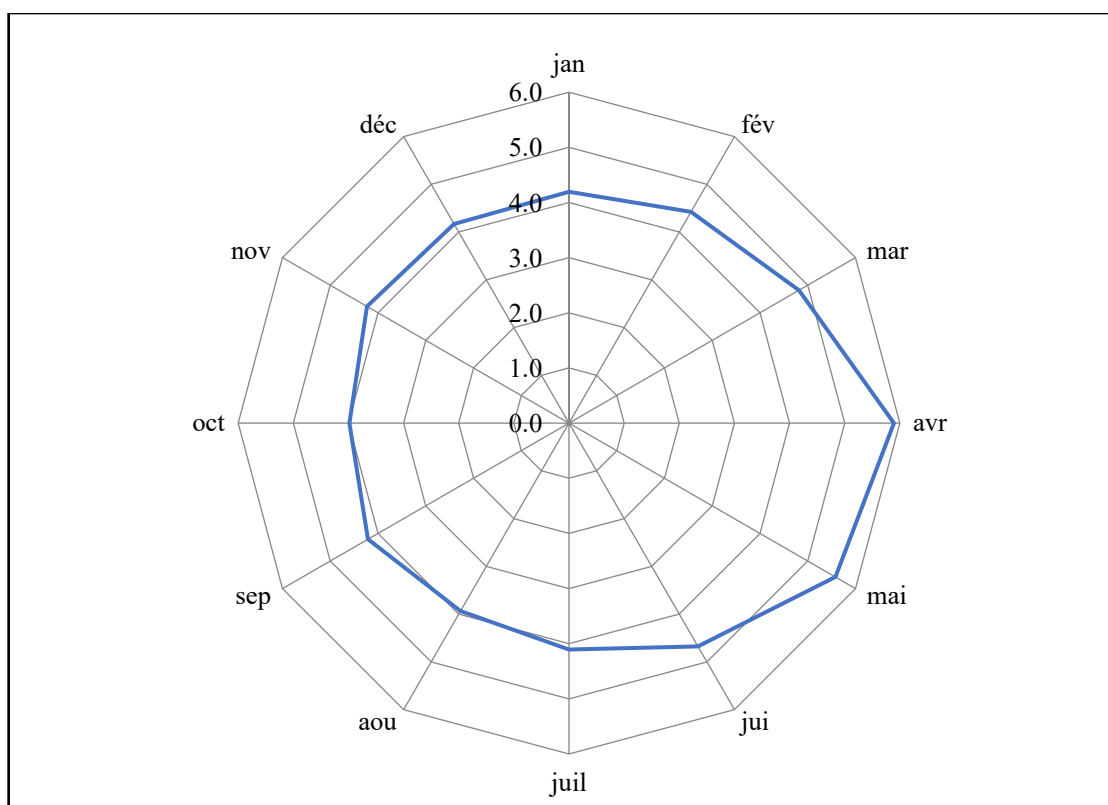


Figure II.11. Vitesse moyenne des vents à la station de Biskra (1973/74-2014/15). Source. (ONM) Station de Biskra 2015)

#### II.4. L'humidité relative de l'air

Se situant aux ports du Sahara la région de Biskra est considérée comme une zone aride, qui caractérisé par un climat sec et chaud, il est cependant tu à fait normal de constater des pourcentages d'humidités moins importants. D'après les données de la station de Biskra (ONM) on observe que le taux d'humidité moyenne mensuelle est un élevé pendant les mois de Novembre, Décembre et Janvier, respectivement de l'ordre de 54 %, 59 %, 57%, tandis que le plus faible est remarqué au mois de Juillet (26%).

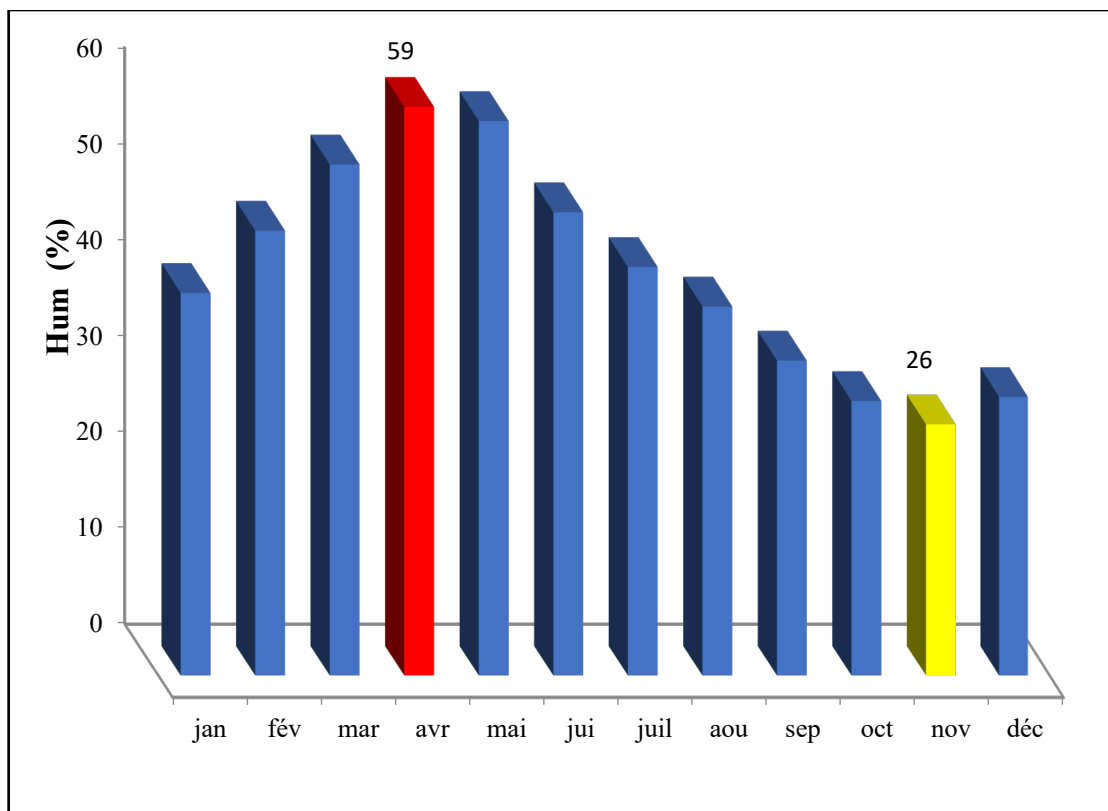
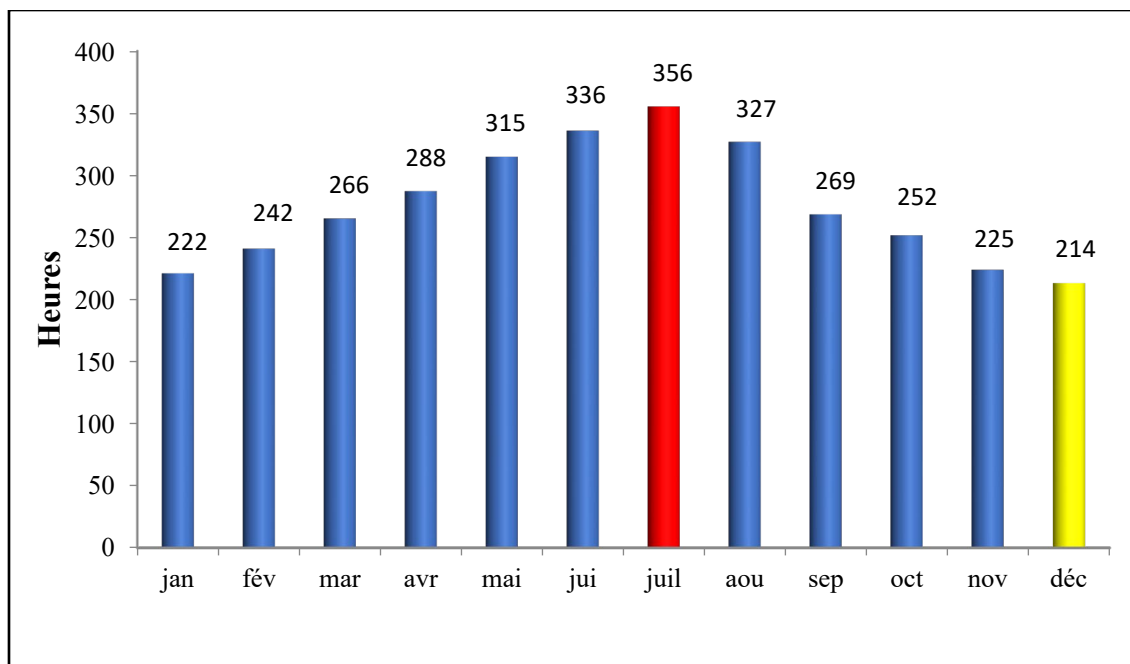


Figure II.12. Evaporation moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM) Source. (ONM Station de Biskra 2015)

\* : Station de Biskra (ONM) l'humidité relative sur la période (1973/74. 2014/2015).

### II.5. L'ensoleillement

D'après les données climatiques actuelles de l'ONM période (1973/1974-2014/2015) de la station de Biskra (ONM). Ensoleillée. Le nombre moyen d'heures d'ensoleillement varie de 214 h/mois en Décembre à 356 au mois de Juillet pendant la période estivale (Juin-Aout), la région de Biskra reçoit plus de 100 heures par mois.



II.13. L'insolation moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM) Source. (ONM) Station de Biskra 2015)

### III. Diagramme ombro-thermique (P = 2T)

Les diagrammes Ombrothermique pour les stations de la région de Biskra, Biskra (ONM), T'Kout, Thinit el Abed, Djamoura et Mena et Bouzina et Doucen) montrent une allure communément semblable. Cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année avec une intense sécheresse au mois d'Avril à Novembre.

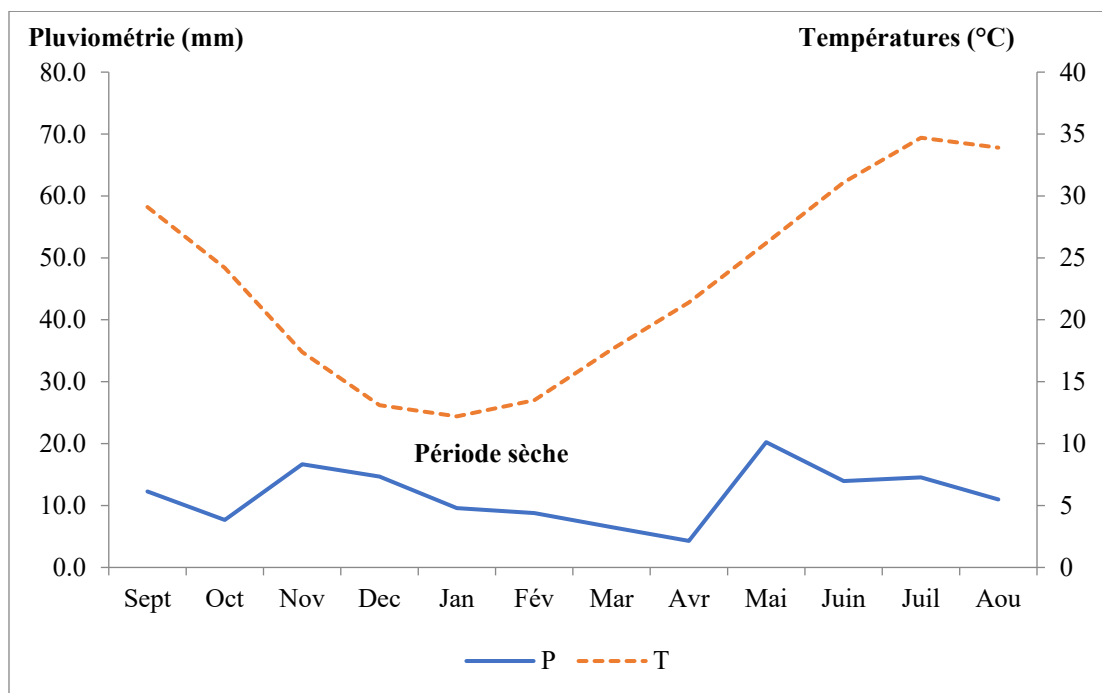


Figure II.19. Diagramme ombro-thermique à la station Biskra ONM (1973/74-2014/15).

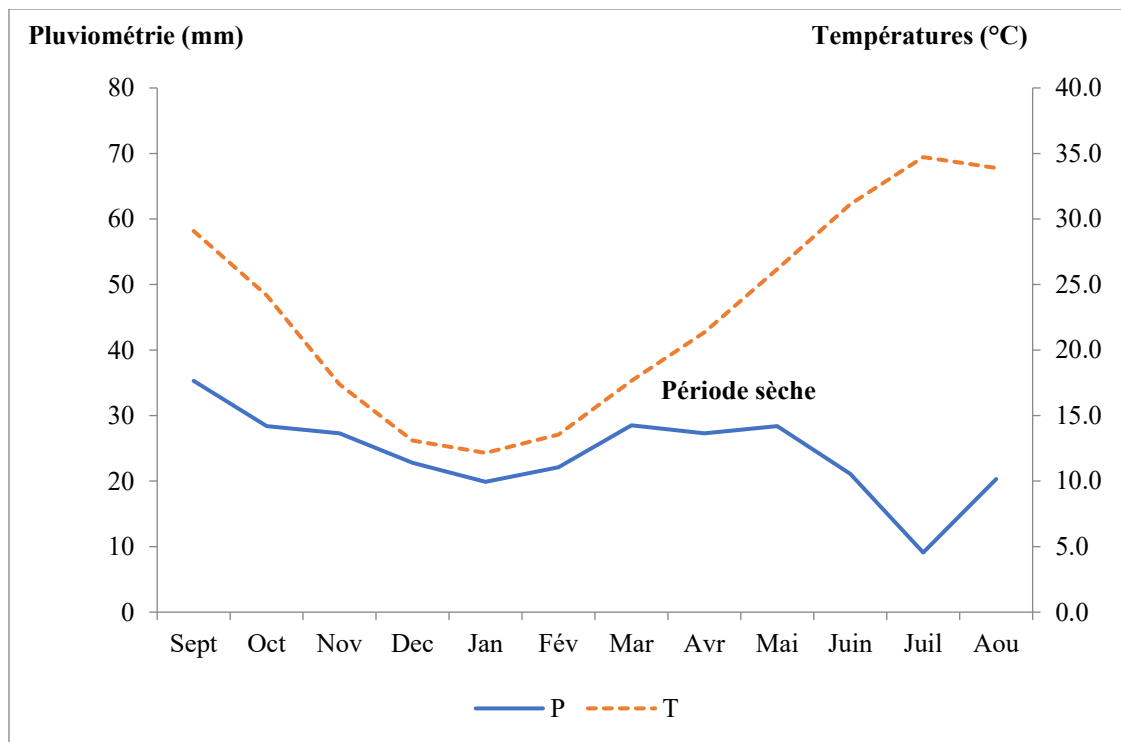


Figure II. 20. Diagramme ombro-thermique à la station T'Kout (1973/74-2014/15).

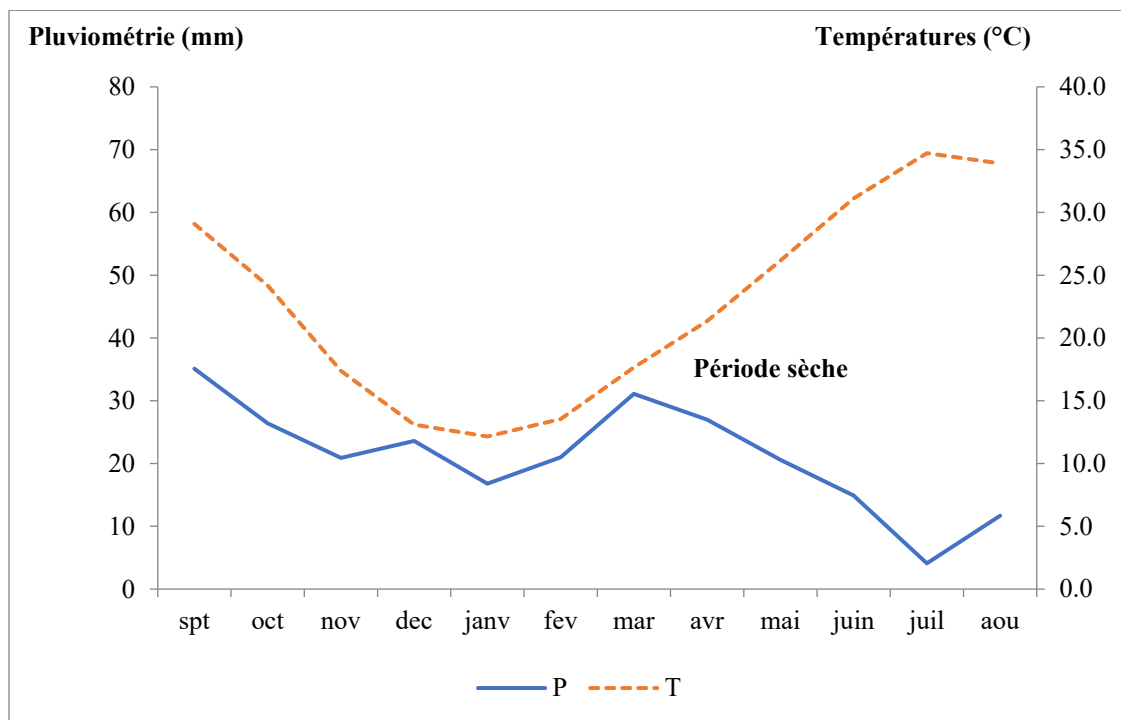


Figure II. 21. Diagramme ombro-thermique à la station Thniet El Abed (1973/74-2014/15).

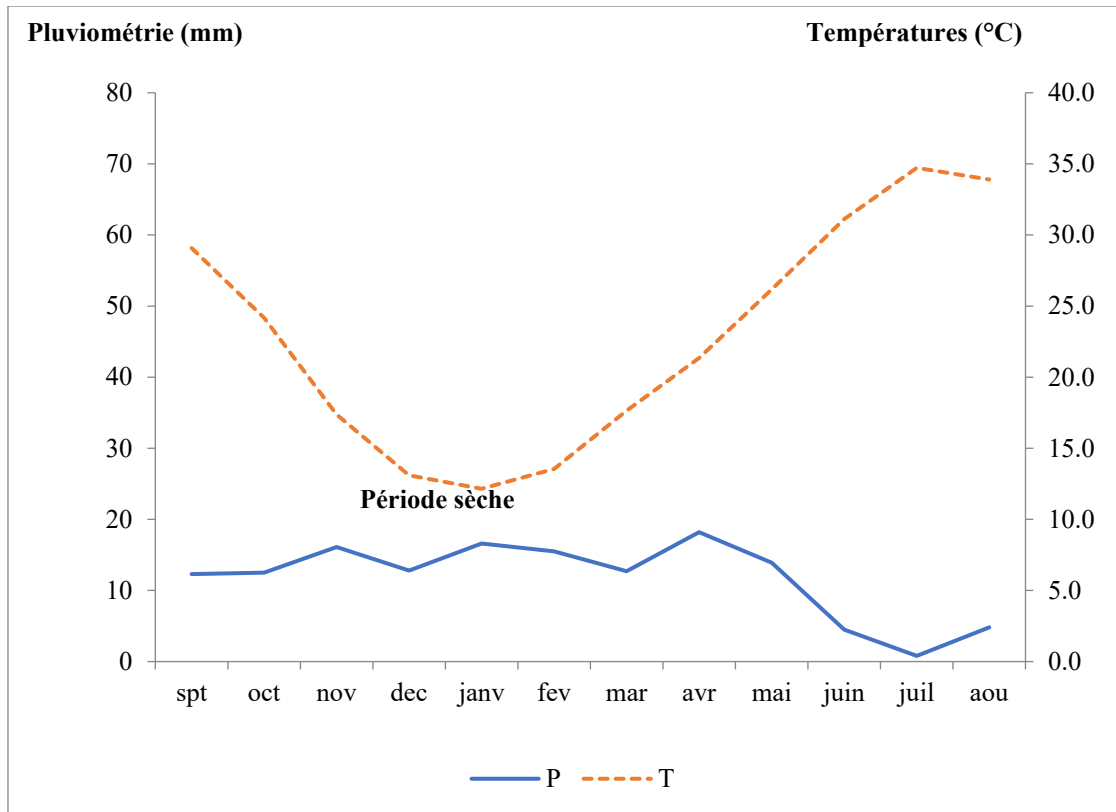


Figure II.22. Diagramme ombro-thermique à la station Djemorah (1973/74-2014/15).

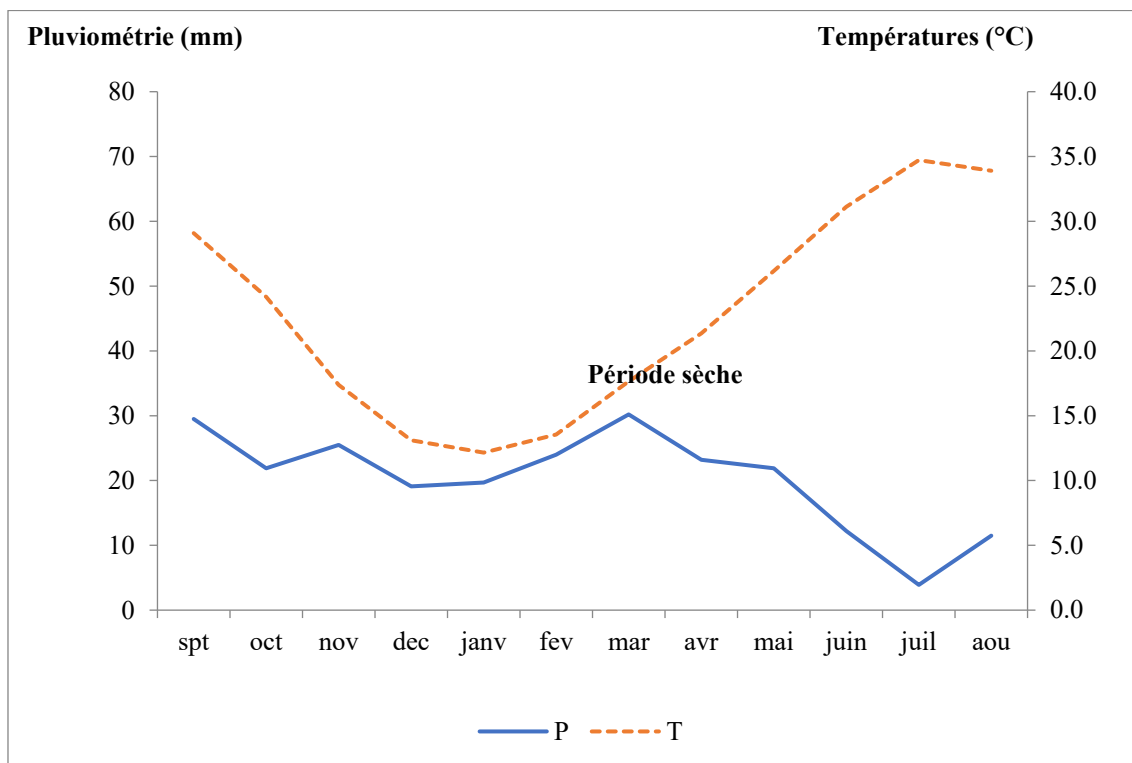


Figure II. 23. Diagramme ombro-thermique à la station Menaâ (1973/74-2014/15).

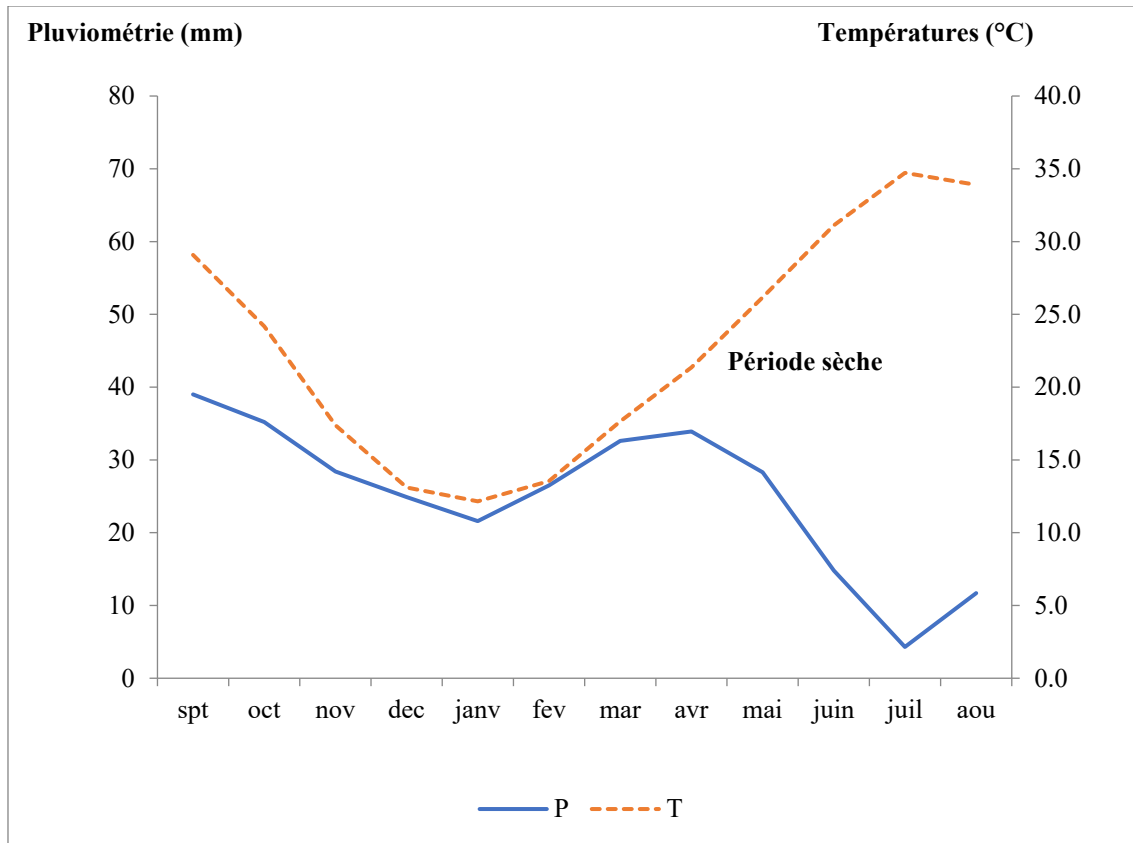


Figure II. 24. Diagramme ombro-thermique à la station Bouzina (1973/74-2014/15).

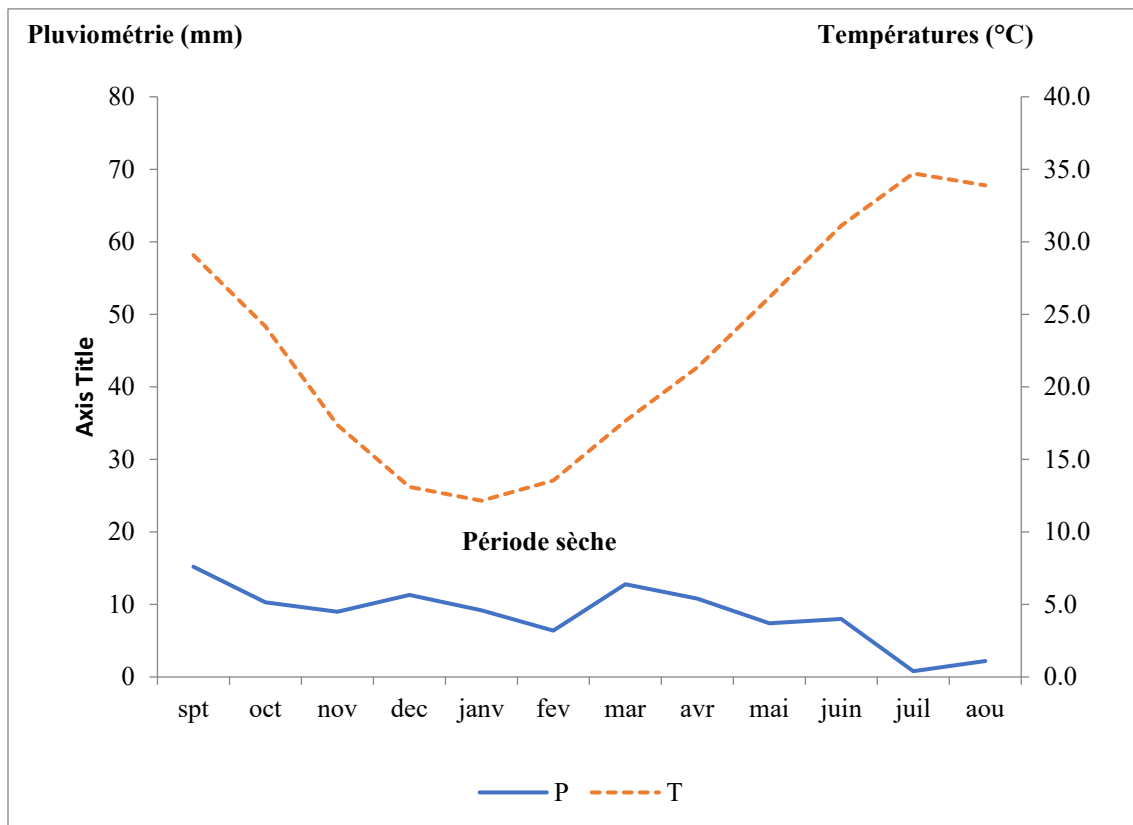


Figure II. 25. Diagramme ombro-thermique à la station Doucen (1973/74-2014/15).

### III.1. Le bilan d'eau

L'étude du bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des précipitations reçues par la région de Zibans entre les différentes composantes du bilan hydrique, à savoir, l'écoulement, l'infiltration, et l'évapotranspiration. Ce dernier paramètre étant le plus important, car il conditionne l'abondance ou l'absence de l'écoulement. Il est calculé par la formule suivante :  $P = ETR + R + I$

#### III.1.1. Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. THORNTWAITE

La formule de calcul de l'évapotranspiration potentielle selon C.W. Thornthwaite tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle. Vu les caractéristiques intermédiaires du climat sahariennes, cette formule est applicable dans la région de Biskra. La méthode de Thornthwaite permet à partir des données de base (précipitations (mm), température (°C), le coefficient thermique mensuel (k), et l'indice thermique mensuel (I) de calculer l'évapotranspiration potentielle ETP selon la relation suivante :

et  $a = 0,016 \cdot I^{0,5}$

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{t}{I} \right)^a \cdot k \quad i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,5} \text{ et } I = \sum_1^{12} i$$

Cette méthode est basée sur la notion de réserve facilement utilisable (RFU), et nous admettons que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU) qui pourrait reprise par l'ETP. (RFU max = 50 mm).

Nous établirons un bilan à l'échelle mensuelle, seulement pour les sets stations, de Biskra, T'Kout, Thinit El Abed, Djamoura, Mena, Bouzina et Doucen représentant de la totalité dans la région de Zibans. Les résultats obtenus sont reportés sur les tableaux suivant

Avec :

P : Précipitation moyenne mensuelle, en mm.

T ; Température moyenne mensuelle, en °C.

i : Indice thermique mensuel

I : Indice thermique annuel.

ETP : Evapotranspiration potentielle, en mm.

RFU : Réserve facilement utilisable.mm

ETR : Evapotranspiration réelle, en mm.

EXD : Excédent.mm

DA : Déficit agricole. mm

Tableau II .8. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Biskra (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	12,3	-123,6	-0,9	0,0	0,0	12,3	123,6	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	7,7	-73,0	-0,9	0,0	0,0	7,7	73,0	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	16,7	-14,6	-0,5	0,0	0,0	16,7	14,6	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	14,7	0,2	0,0	0,2	0,2	14,5	0,0	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	9,6	-3,4	-0,3	-0,2	0,0	9,8	3,2	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	8,8	-7,6	-0,5	0,0	0,0	8,8	7,6	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	6,5	-32,0	-0,8	0,0	0,0	6,5	32,0	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	4,3	-62,9	-0,9	0,0	0,0	4,3	62,9	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	20,2	-102,5	-0,8	0,0	0,0	20,2	102,5	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	14,0	-176,2	-0,9	0,0	0,0	14,0	176,2	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	14,6	-239,8	-0,9	0,0	0,0	14,6	239,8	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	11,0	-213,4	-1,0	0,0	0,0	11,0	213,4	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	140,2	-1048,9				140,2	1048,9	0,0

Tableau II. 9. Bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de T'kout (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	35,3	-100,6	-0,7	0,0	0,0	35,3	100,6	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	28,4	-52,2	-0,6	0,0	0,0	28,4	52,2	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	27,3	-4,0	-0,1	0,0	0,0	27,3	4,0	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	22,8	8,3	0,6	8,3	8,3	14,5	0,0	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	19,9	6,9	0,5	6,9	15,3	13,0	0,0	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	22,1	5,7	0,4	5,7	21,0	16,4	0,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	28,5	-10,0	-0,3	-10,0	11,0	38,5	0,0	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	27,3	-39,9	-0,6	-11,0	0,0	38,3	28,9	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	28,4	-94,3	-0,8	0,0	0,0	28,4	94,3	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	21,1	-169,1	-0,9	0,0	0,0	21,1	169,1	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	9,1	-245,3	-1,0	0,0	0,0	9,1	245,3	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	20,3	-204,1	-0,9	0,0	0,0	20,3	204,1	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	290,5	-898,5				290,5	898,5	0,0



Tableau II. 10. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Thinit el Abed (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	35,1	-100,8	-0,7	0,0	0,0	35,1	100,8	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	26,4	-54,2	-0,7	0,0	0,0	26,4	54,2	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	20,9	-10,4	-0,3	0,0	0,0	20,9	10,4	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	23,6	9,1	0,6	9,1	9,1	14,5	0,0	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	16,8	3,8	0,3	3,8	13,0	13,0	0,0	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	21	4,6	0,3	4,6	17,6	16,4	0,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	31,1	-7,4	-0,2	-7,4	10,2	38,5	0,0	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	27	-40,2	-0,6	-10,2	0,0	37,2	30,0	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	20,6	-102,1	-0,8	0,0	0,0	20,6	102,1	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	14,9	-175,3	-0,9	0,0	0,0	14,9	175,3	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	4,1	-250,3	-1,0	0,0	0,0	4,1	250,3	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	11,7	-212,7	-0,9	0,0	0,0	11,7	212,7	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	253,2	-935,8				253,2	935,8	0,0

Tableau II. 11. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Djemoura (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	12,3	-123,6	-0,9	0,0	0,0	12,3	123,6	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	12,5	-68,1	-0,8	0,0	0,0	12,5	68,1	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	16,1	-15,2	-0,5	0,0	0,0	16,1	15,2	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	12,8	-1,7	-0,1	0,0	0,0	12,8	1,7	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	16,6	3,6	0,3	3,6	3,6	13,0	0,0	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	15,5	-0,9	-0,1	-0,9	2,7	16,4	0,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	12,7	-25,8	-0,7	-2,7	0,0	15,4	23,1	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	18,2	-49,0	-0,7	0,0	0,0	18,2	49,0	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	13,9	-108,8	-0,9	0,0	0,0	13,9	108,8	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	4,5	-185,7	-1,0	0,0	0,0	4,5	185,7	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	0,8	-253,6	-1,0	0,0	0,0	0,8	253,6	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	4,8	-219,6	-1,0	0,0	0,0	4,8	219,6	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	140,7	-1048,3				140,7	1048,3	0,0

Tableau II. 12. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station Menaâ (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	29,5	-106,4	-0,8	0,0	0,0	29,5	106,4	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	21,9	-58,7	-0,7	0,0	0,0	21,9	58,7	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	25,5	-5,8	-0,2	0,0	0,0	25,5	5,8	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	19,1	4,6	0,3	4,6	4,6	14,5	0,0	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	19,7	6,7	0,5	6,7	11,4	13,0	0,0	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	24	7,6	0,5	7,6	19,0	16,4	0,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	30,2	-8,3	-0,2	-8,3	10,7	38,5	0,0	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	23,2	-44,0	-0,7	-10,7	0,0	33,9	33,3	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	21,9	-100,8	-0,8	0,0	0,0	21,9	100,8	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	12,2	-178,0	-0,9	0,0	0,0	12,2	178,0	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	3,9	-250,5	-1,0	0,0	0,0	3,9	250,5	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	11,5	-212,9	-0,9	0,0	0,0	11,5	212,9	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	242,6	-946,4				242,6	946,4	0,0

Tableau II. 13. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Bouzina (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	39	-96,9	-0,7	0,0	0,0	39,0	96,9	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	35,2	-45,4	-0,6	0,0	0,0	35,2	45,4	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	28,4	-2,9	-0,1	0,0	0,0	28,4	2,9	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	24,9	10,4	0,7	10,4	10,4	14,5	0,0	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	21,6	8,6	0,7	8,6	19,1	13,0	0,0	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	26,5	10,1	0,6	10,1	29,2	16,4	0,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	32,6	-5,9	-0,2	-5,9	23,3	38,5	0,0	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	33,9	-33,3	-0,5	-23,3	0,0	57,2	10,0	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	28,3	-94,4	-0,8	0,0	0,0	28,3	94,4	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	14,8	-175,4	-0,9	0,0	0,0	14,8	175,4	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	4,3	-250,1	-1,0	0,0	0,0	4,3	250,1	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	11,7	-212,7	-0,9	0,0	0,0	11,7	212,7	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	301,2	-887,8				301,2	887,8	0,0

Tableau II. 14. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Doucen (1973/74-2014/15).

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	29,1	14,4	1,03	135,9	15,2	-120,7	-0,9	0,0	0,0	15,2	120,7	0,0
O	24,2	10,9	0,97	80,6	10,3	-70,3	-0,9	0,0	0,0	10,3	70,3	0,0
N	17,4	6,6	0,86	31,3	9	-22,3	-0,7	0,0	0,0	9,0	22,3	0,0
D	13,1	4,3	0,81	14,5	11,3	-3,2	-0,2	0,0	0,0	11,3	3,2	0,0
J	12,2	3,9	0,87	13,0	9,2	-3,8	-0,3	0,0	0,0	9,2	3,8	0,0
F	13,5	4,5	0,85	16,4	6,4	-10,0	-0,6	0,0	0,0	6,4	10,0	0,0
M	17,6	6,7	1,03	38,5	12,8	-25,7	-0,7	0,0	0,0	12,8	25,7	0,0
A	21,4	9,0	1,10	67,2	10,8	-56,4	-0,8	0,0	0,0	10,8	56,4	0,0
M	26,2	12,3	1,21	122,7	7,4	-115,3	-0,9	0,0	0,0	7,4	115,3	0,0
J	31,1	15,9	1,22	190,2	8	-182,2	-1,0	0,0	0,0	8,0	182,2	0,0
J	34,7	18,8	1,24	254,4	0,8	-253,6	-1,0	0,0	0,0	0,8	253,6	0,0
A	33,9	18,1	1,16	224,4	2,2	-222,2	-1,0	0,0	0,0	2,2	222,2	0,0
An	22,9	125,4		1189,0	103,4	-1085,6				103,4	1085,6	0,0

La représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite dans les 07 stations montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de Juillet pour une valeur de 254,4 mm, ce qui produit un déficit agricole de 253,6 mm, nécessitant une irrigation pour les zones de culture. La période déficitaire débute au mois de Février jusqu'à le mois de Novembre. Des valeurs de déficit agricole plus importantes durant cette période déficitaire, nécessitant le recours vers les eaux souterraines pour satisfaire les besoins d'irrigation.

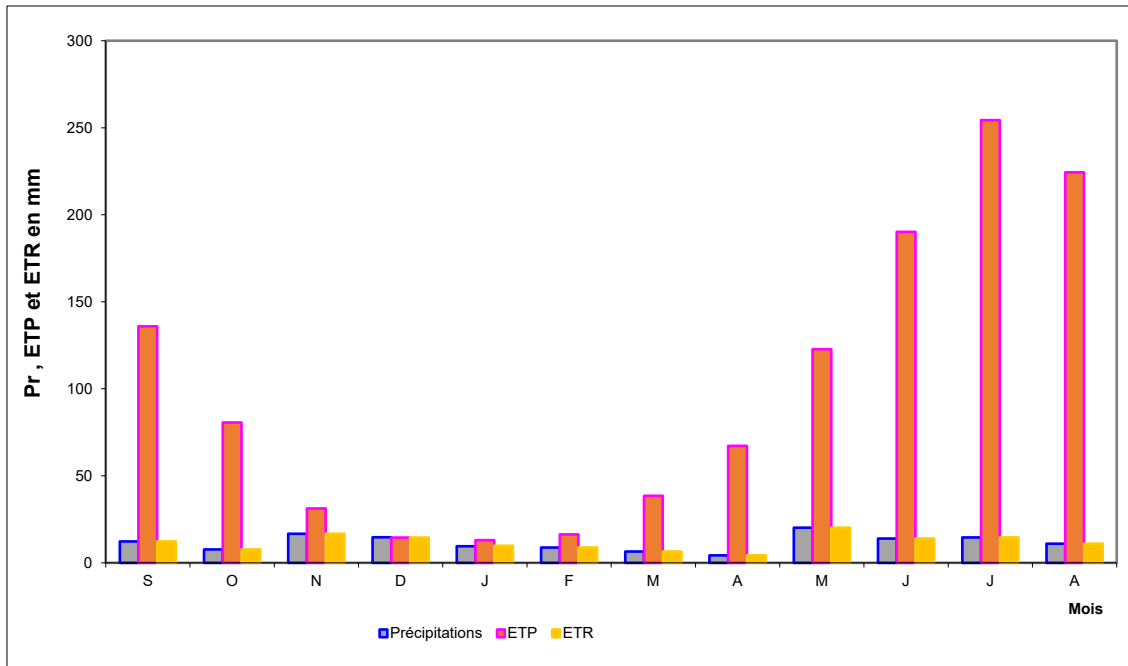


Figure II. 26. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Biskra (1973/74-2014/15).

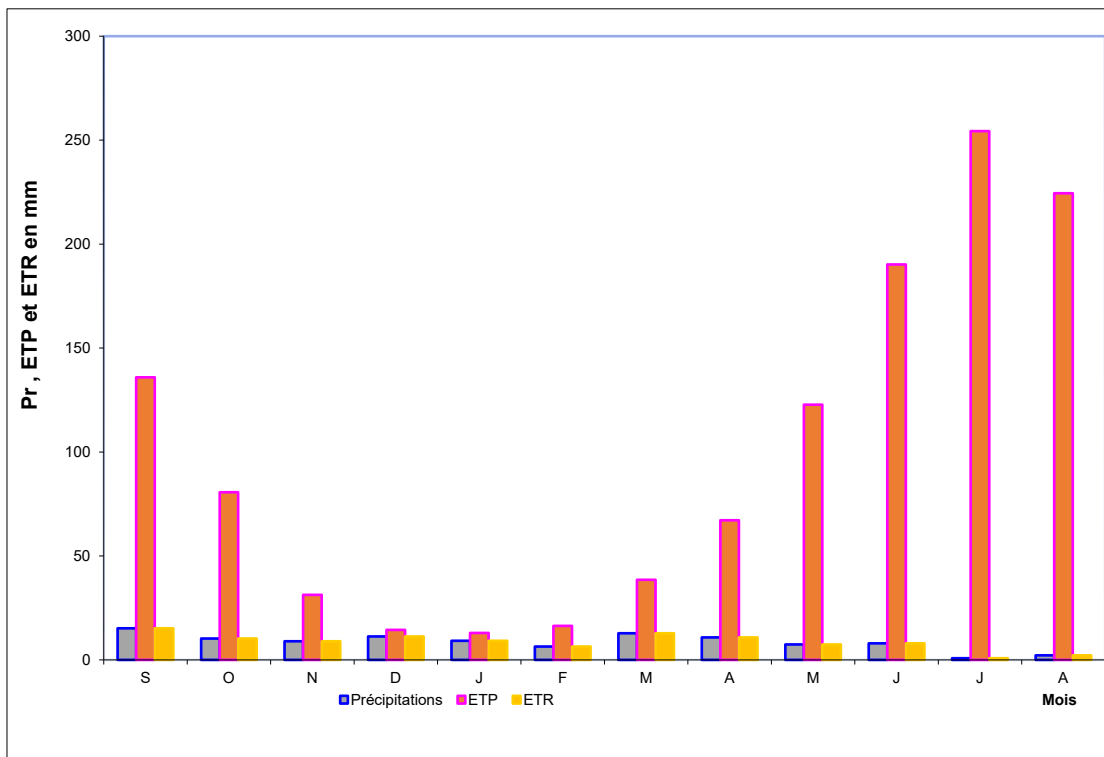


Figure II .27. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de T'kout (1973/74-2014/15).

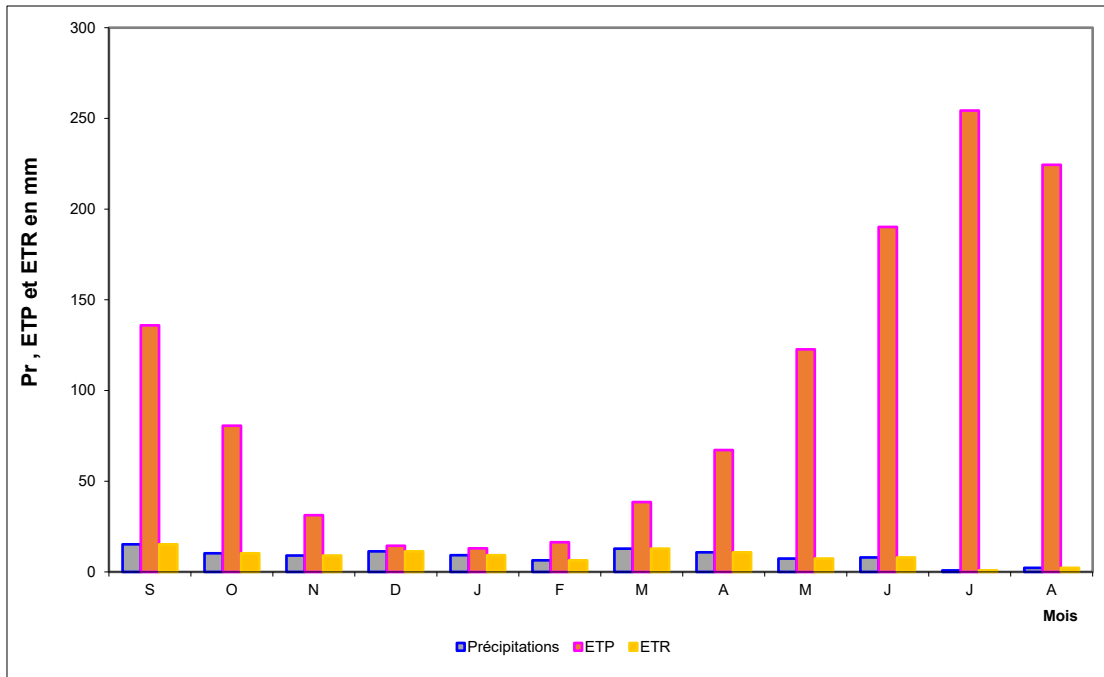


Figure II .28. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Thinit El Abed (1973/74-2014/15).

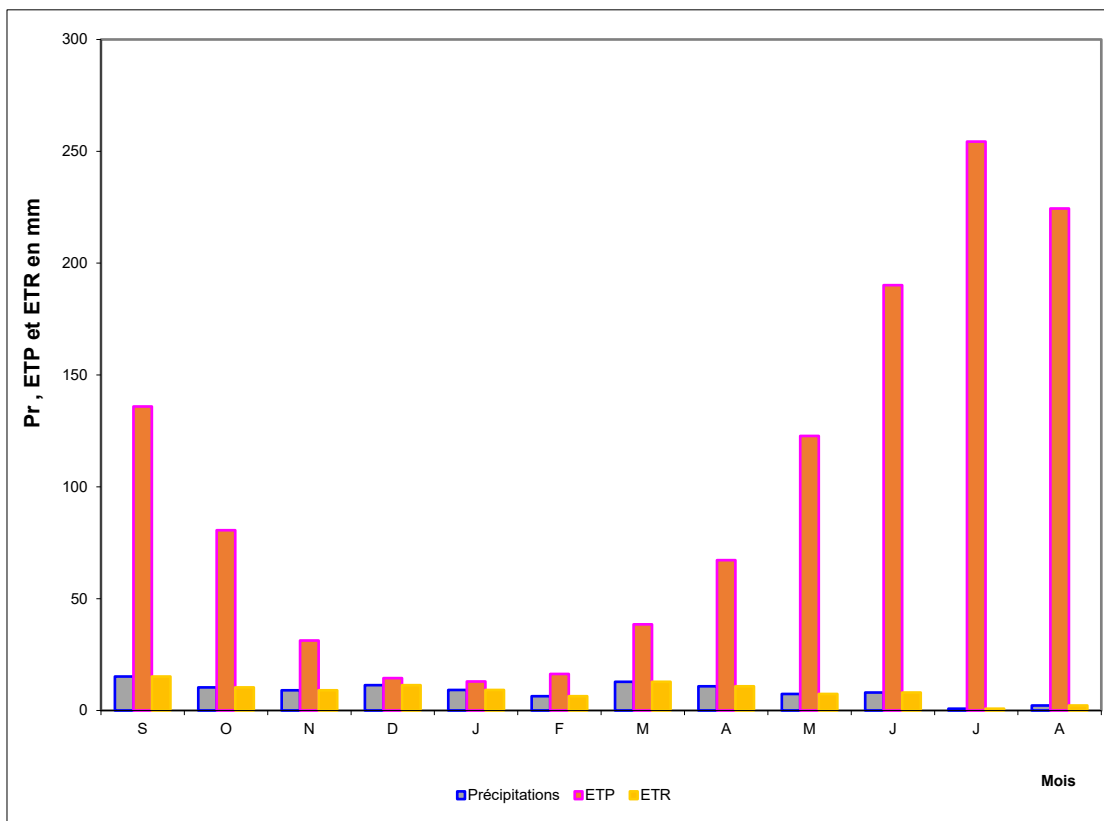


Figure II. 29. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Djemoura (1973/74-2014/15).

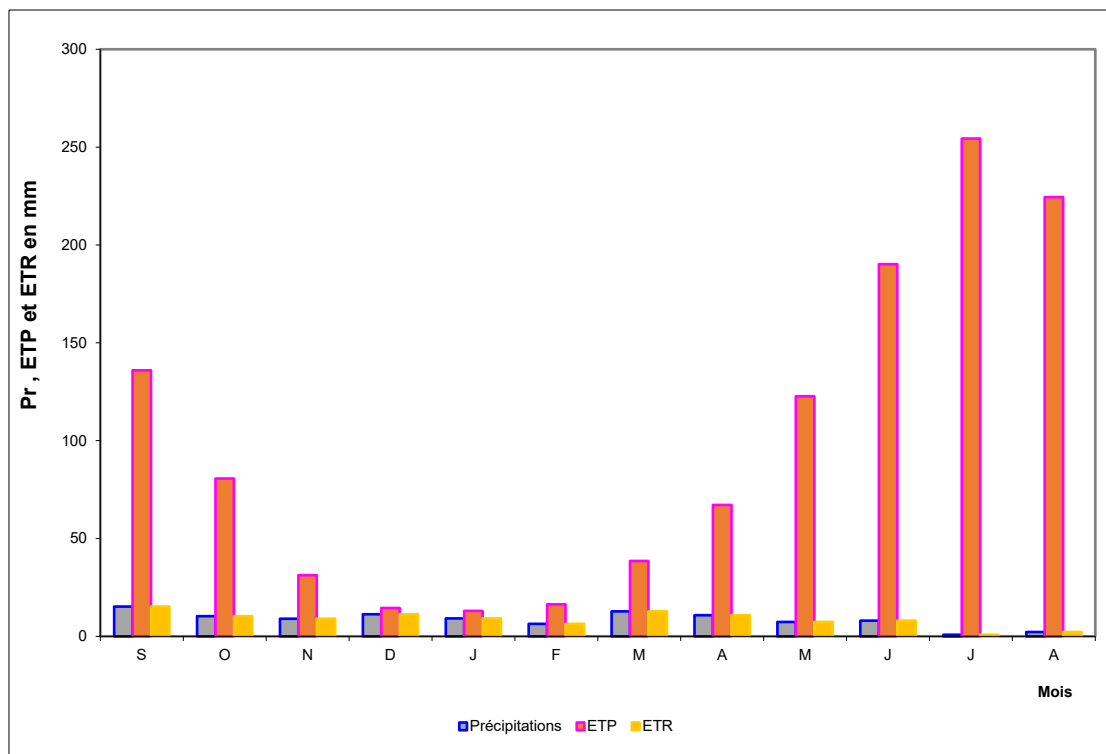


Figure II. 30. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Mena (1973/74-2014/15).

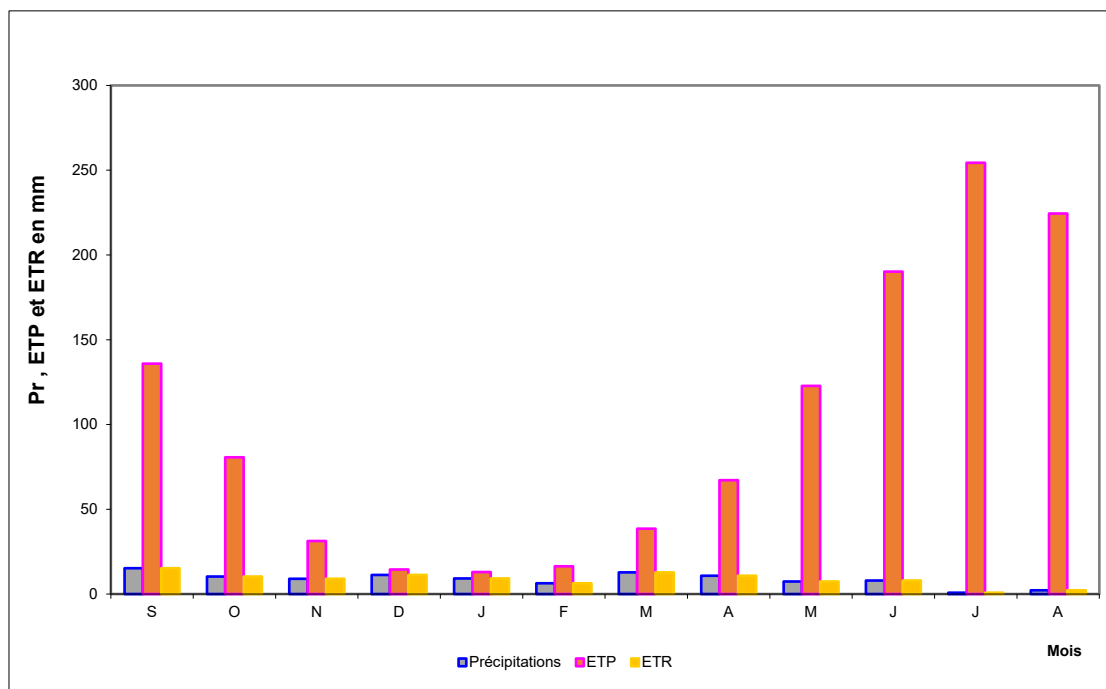


Figure II. 31. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Bouzina (1973/74-2014/15).

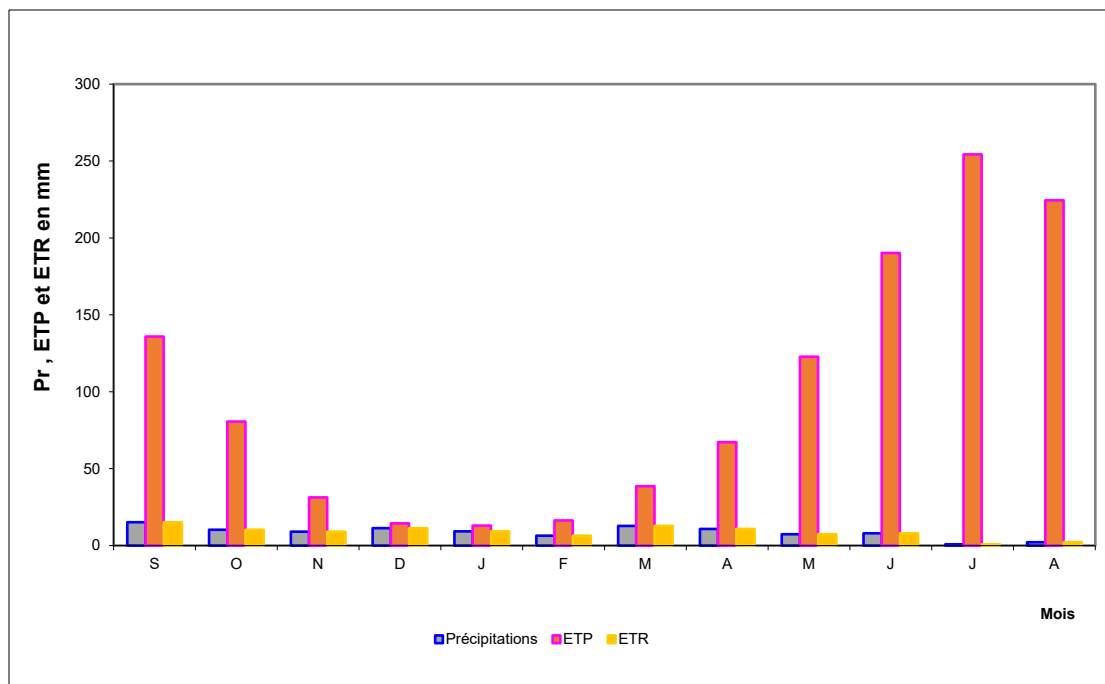


Figure II. 32. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Doucen (1973/74-2014/15).

### III.1.2. Le calcul de l'évapotranspiration réelle ETR par la méthode de Turc

La formule de Turc permet d'évaluer directement l'ETR annuelle dans la région de Biskra à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle, selon la formule :

Avec ;

$$A- \text{Formule annuelle de TURC: } ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec

P : Hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm.

ETR: Evapotranspiration réelle en mm.

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Où T : Température moyenne annuelle en °C.

Tableau II. 15. Les valeurs de l'ETR par la formule de TURC

année	Biskra	T'Kout	Thinit	djamoura	Mena	Bouzina	Douc
P mmm	140,2	290,5	253,2	140,7	242,6	301,2	103,4
T°C	23	23	23	23	23	23	23
L	1483,35	1483,35	1483	1483,35	1483,35	1483,35	1483,35
ETR mm	147,58	299,48	263,75	148,11	250,10	313,75	108,84

**III.2. Estimation du ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement (R) est calculé selon deux formules :

La formule de TIXERON BERKALOFF :

$$R = \frac{P^3}{3 * ETP^2} \quad \text{Si } P < 600 \text{ mm}$$

La formule de TIXERON BERKALOFF modifiée par ROMANTCHOUK (1974) :  $R = \frac{P^3}{3}$

Si  $P > 600 \text{ mm}$

Avec

P : Précipitation moyenne annuelle, en mm/an.

ETP : Evapotranspiration potentielle annuelle, en mm.

R : Ruissellement, en mm

Tableau II.16. Les résultats des ruissellements "R" dans les Six stations

année	Biskra	T'Kout	Thinit	djamoura	Mena	Bouzina	Douc
P mm	140,2	290,5	253,2	140,7	242,6	301,2	103,4
R mm	0,65	5,78	3,83	0,66	3,37	6,44	0,26
R %	0,5	2,0	1,5	0,5	1,4	2,1	0,3

D'après les résultats des ruissellements on constate que le pourcentage du ruissellement est très faibles dans les 7 stations (Biskra, T'Kout, Thinit El Abed, Djemoura, Mena, Bouzina et Doucen) et varie de 0,5% à 2,1%, et cela est dû à l'importance de la précipitation, ainsi que les



reliefs dans les deux stations de Bouzina et T'Kout ; par contre au niveau de la plaine Biskra et Doucen la forme plane permettant un écoulement lent.

### III.3. Estimation de l'infiltration :

La disponibilité des différents facteurs régissant l'équation du bilan hydrologique nous permet de déterminer l'infiltration efficace :

$$P = ETR + R + I$$

Avec

P : Précipitation moyenne annuelle, en mm.

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle, en mm.

R : Ruissellement annuel, en mm.

I : Infiltration efficace moyenne annuelle, en mm.

L'infiltration :  $I = P - (R + ETR)$

Tableau II. 17. Les résultats de l'infiltration efficace "I" dans les sept stations

année	Biskra	T'Kout	Thinit	djamoura	Mena	Bouzina	Doucen
ETR mm	140,2	290,5	253,2	140,7	242,6	301,2	103,4
ETP mm	1189	1189	1189	1189	1189	1189	1189
Pmm	140,2	290,5	253,2	140,7	242,6	301,2	103,4
Rmm	0,65	5,78	3,83	0,66	3,37	6,44	0,26
I %	0,65	5,78	3,83	0,66	3,37	6,44	0,26

D'après le tableau récapitulatif des différentes composantes du bilan hydrique, on constate que les précipitations à la station de Bouzina sont nettement supérieures aux celles de toutes les stations de Biskra, T'kout, Thinit El Abed, Djemoura, Mena et Doucen.

**Conclusion**

La région de Biskra est caractérisée par un climat aride et sec, avec des hivers froids et secs et des étés chauds et secs (Côte, 1979) ; la température moyenne annuelle à la station de Biskra est de l'ordre de 23 °C, avec un minimum de 12,2 °C en janvier et un maximum de 34,7°C en juillet. Quant aux précipitations ne dépasse pas le 300 mm/an dans les stations de la région de Biskra sauf à la station de Bouzina qui dépasse le 300 mm/an. Ces résultats de température et de précipitations définissent une seule saison typique du climat saharienne, avec une saison sèche.

L'évapotranspiration réelle est plus importante dans toutes les stations étudiées, avec un taux de 100 % de la totalité des précipitations.

Le ruissellement et l'infiltration calculés sont de l'ordre de 0,65 mm, 3,38 mm, 0,66 mm, 3,37 et 0,26 mm respectivement dans le scinque station (Biskra, Thinite El Abed, Djemoura, Mena, Doucen). Cependant, aux les deux stations de T'Kout et Bouzina le ruissellement est égale l'infiltration est de l'ordre de 5,78 et 6,92 mm respectivement.

Le déficit agricole annuel est de l'ordre de 1048,9 mm à la station de Biskra et de l'ordre de 898,5 mm T'Kout et de 935,8 mm à la station de Thinite El Abed et 1048,3 mm à Djemoura et 946,4 à la station de Mena de l'ordre de 887,8 mm à la station de Bouzina, et dépasse le 1085.6 mm/AN dans la station de Doucen.

## **Chapitre III**

**Caractéristiques hydrologiques et  
hydrogéologiques**

**Chapitre III : Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques****I. Les Caractéristiques Hydrologiques.****Introduction.**

Dans les régions arides et semi-arides, les précipitations, étant caractérisées par de fortes irrégularités, ont généralement des effets dévastateurs et néfastes à travers les crues des cours d'eau. Ces oueds qui ne présentent pas d'écoulement pérennes sont, en fait, la principale origine de l'alimentation des aquifères, notamment les nappes de l'inféro-flux.

Le régime pluviométrique des cours d'eau est fonction du régime de la pluviométrie.

Ces cours d'eau se caractérisent par un régime torrentiel et se manifestent dans de courtes durées. Les apports sont très variables d'une année à l'autre.

Une partie importante de l'eau de ces cours d'eau est évaporée et le reste alimente les aquifères souterrains. Ces écoulements qui sont diffus sur les flancs des reliefs deviennent concentrés au niveau des oueds. Les eaux précipitées sur les hauteurs septentrionales (Atlas saharien, Aurès) sont acheminées vers les zones basses (chott).

La vitesse d'écoulement des eaux et la vitesse de propagation des crues sont, essentiellement, en relation avec la pente hydrographique. L'étude du profil en long des cours d'eau nous renseigne sur leurs effets dévastateurs et le mode d'alimentation des aquifères.

**I.1. Les stations hydrométriques principales :**

Les stations hydrométriques sont nombreuses, il en est de même des postes pluviométriques. Il ne sera fait ici mention que des stations principales dont les mesures présentent un intérêt capital pour les études d'aménagement d'ouvrages hydrauliques, ou autres. En effet, et c'est grâce aux données recueillies sur les sites des stations de contrôle sur les oueds El Abiod, et El Arab que les barrages suivants ont été respectivement érigés : Foug El Gherza et Babar dans la wilaya de khenchela.

L'exploitation de cette masse d'informations a permis de suivre l'évolution des apports liquide, solides et salins de ces cours d'eau.

Trois stations hydrométriques qui contrôlent de grands versants sont proposées dans le cadre de cette étude. Ces sites permettent d'avoir les données sur les écoulements des grands ensembles du versant sud des Aurès.

Station hydrométrique de M'Chouneche

Station hydrométrique de Khanguet sidi Nadji

Station hydrométrique de M'Lili

## **I.2. Hydrographie et ressources en eau de surface :**

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir Le chott reçoit les eaux des principaux oueds suivants : A l'Est, oued El Arab, principal oued de la zone, avec ses 5 affluents, et Oued El Haguef, au Nord, Oueds El Abiod et Biskra qui se jettent dans l'Oued Djedi au lieu dit Sâada, à l'Ouest, Oued Djedi avec ses six affluents.

## **I.3. Les principaux oueds de la région de Biskra**

### **I.3.1. L'oued Djedi.**

Le bassin versant de l'oued Djedi couvre une superficie de 24200 Km<sup>2</sup>. C'est le cours d'eau le plus important du bassin versant. Il traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra et se jette dans le Chott Melrhir. Il est orienté Ouest – Est, mais au cours de son trajet, il subit des déviations locales et c'est ainsi qu'au niveau de Sidi Khaled il bifurque au Nord pour ne reprendre sa direction initiale qu'au niveau de Lioua. L'oued Djedi peut être considéré comme le collecteur de la vaste gouttière qui s'étend sur plus de 500 km au pied de l'Atlas saharien (Dubieff, 1963). Elle est assez fortement inclinée (2 pour mille) vers l'ENE. Partant de Rass Echaab, à 969 mètres d'altitude, au chott Melrhir, à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de la mer. L'origine de l'Oued Djedi se situe à la confluence des deux oueds : M'zi et Messad. Sur son passage, il reçoit plusieurs oueds provenant du flanc sud de l'Atlas saharien. Les crues les plus fortes arrivent jusqu'au Chott, les autres sont ralenties et s'évaporent ou s'infiltrant dans les plaines et les oasis. Les principaux affluents sont pour la partie occidentale

- l'oued M'zi qui prend naissance à une altitude de 1400 m.

- l'oued Messaad qui prend naissance à une altitude de 1000 m.

- l'oued Merguel et l'oued Moudjbara qui prennent naissance à une altitude d'environ 1400 mètres et se rejoignent pour former l'oued Demmed.

Plus à l'Est les affluents deviennent moins importants, leurs origines étant à une altitude bien moins élevée et leurs bassins beaucoup plus restreints :

l'Oued Kharsa dont le réseau prend naissance dans les monts du Zab recoupe les massifs de Groun El Kebch et Hamara. Il est relayé dans la plaine par l'oued Doucen qui rejoint à son tour l'oued Djedi au sud de Lioua.

### **I.3.2. Oued Biskra**

Plus à l'Est l'oued le plus important après l'oued Djedi est sans conteste, l'oued Biskra. Son bassin versant couvre une superficie de 2947 Km<sup>2</sup>. Il collecte des affluents issus des massifs des Aurès, notamment, oued Branis et oued El Hai. Il prend sa source dans les massifs des Aurès à une altitude qui dépasse les 2000 m. L'oued Biskra possède, localement, un écoulement pérenne soutenu par les apports des sources qui sourdent à l'amont et les pompages. Il traverse la ville de Biskra pour se déverser dans le Chott Melrhir. Il alimentait autrefois l'oasis de Biskra grâce aux crues relativement fréquentes en hiver (Nesson, 1975).

### **I.3.3. Oued el-Abiod**

L'Oued el-Abiod est le plus important cours d'eau du massif des Aurès. Durant la période 1950 à 1960, il s'est écoulé un volume d'eau de 210.5 Hm<sup>3</sup>. Il est équipé d'un barrage depuis 1950, (barrage de Foug el-Gherza) d'une capacité de 47 Hm<sup>3</sup> et qui Fournit l'eau d'irrigation, principalement, à la palmeraie de Sidi Okba. Des jaugeages sont effectués à la station hydrométrique de M'Chouneche, installée en amont du barrage à environ 25 Km. Sa mise en service a été faite en 1971 par les services de la D.E.M.R.H. La station contrôle une superficie dépassant les 1050 Km<sup>2</sup>. Le débit annuel moyen (1971/94) est de 11 Hm<sup>3</sup>.

Ce qui donne un débit de 0.57 m<sup>3</sup>/s. La lame d'eau écoulée est de 13 mm. On remarque une certaine irrégularité, qui est due aux variations interannuelles des précipitations. (Voir tableau de la station hydrométrique de M'Chouneche en annexe)

### **I.3.4. Oued El Arab :**

Un réseau dendritique. Celui-ci résulte de la confluence de l'Oued Mellagou et de l'Oued El Abiod qui prennent leurs sources respectivement au Djebel Chélia et au Djebel Aïdel. Son tracé à l'Est, est la limite exacte du massif qui le délimite des monts des Nememchas. Il draine pratiquement tout le flanc est du massif. La superficie de son bassin qui touche l'Aurès est d'environ 2500 Km<sup>2</sup>. Cet Oued à écoulement permanent qui a justifié d'ailleurs la construction

du barrage de Babar, irrigue une série d'Oasis notamment après la sortie du massif. Nous pouvons citer entre autres Kheirane, Khanguet Sidi Nadji, Zeribet El-Oued. Plus au Sud à 150 Km environs de ses sources.

Comme tous les Oueds qui se dirigent vers le Sud, son débit diminue au fur et à mesure que nous nous dirigeons vers le Sud.

#### I.4. Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues)

La monographie de la SCET cite une crue survenue en 1902 c'est à dire avant la construction du barrage dont l'estimation des débits de pointe est comprise entre 800 et 1500 m<sup>3</sup>/s. Cette même monographie cite une crue survenue le 10 octobre 1966 dont le débit de pointe horaire aurait atteint 1980 m<sup>3</sup>/s, l'apport moyen journalier de cette crue est estimé à 270 m<sup>3</sup>/s soit un apport de 23 Hm<sup>3</sup>. Enfin, une crue importante est survenue en mars 2004, dont le débit de pointe horaire peut être évalué à 1000 m<sup>3</sup>/s environs.

##### I.4.1. La crue du 8 Mai 2000 : Cette crue est caractérisée par :

Durée de l'averse : 3 heures

Durée de la montée du plan d'eau du barrage : 3 heures

Débit max : 1388 m<sup>3</sup>/s

Volume de la crue : 15 Hm<sup>3</sup>

Volume des sédiments charriés : 285138 T

Lecture d'échelle : 6,18 m

Pluie enregistrée en 3 heures : 64,8 mm

##### I.4.2. Autres crues 1902 : 80 m<sup>3</sup>/s

**La crue du 20 juin 1920** : 330 m<sup>3</sup>/s

**La crue du 11 septembre 1982** : 305 m<sup>3</sup>/s

Apport annuel : M'Chouneche 18 Hm<sup>3</sup>

Barrage de Foum El Gherza 23 Hm<sup>3</sup>

Tableau III.18. Les apports liquides annuels

Station hydrométrique	Débit min m <sup>3</sup> /s	Débit max m <sup>3</sup> /s	Débit Moyen m <sup>3</sup> /s	Apport annuel Hm <sup>3</sup>
Khanguet Sidi Nadji	60	2050	485	31

### 1.4.3. Les crues récentes du 29-30 Mars 2004 et du 15-16 Avril 2004 et du 3-4 Mai 2006

Les données fournies par l'A.N.R.H ont permis de sélectionner un certain nombre de crues et définir leurs caractéristiques  $Q_p$ ,  $Q_{24h}$ , il y a lieu de noter que les débits de pointe ne sont pas parfaitement cohérents avec le débit de pointe citées dans le mémoire de fin d'étude cité plus haut et dont les valeurs sont reproduites dans le tableau ci-dessous.

Les figures suivantes, représentent les hydrogrammes des débits de pointe les plus importants. On constate d'une façon générale des temps de montée très rapide, des temps de décente également rapides conduisant à des hydrogrammes à peu près symétriques et des durées de crues inférieures à 24 h. Reconstitution des crues au barrage :

Les figures suivantes représentent les hydrogrammes établit pour la crue de Mars et Avril 2004, la crue la plus importante a eu lieu le 30 mars 2004

Au cours de cette crue, le plan d'eau a atteint la côte 202,55, ce qui correspond à une lame déversant de 3,65m, soit un débit maximal évacué de 570 m<sup>3</sup>/s. les relevés disponibles de côte du plan d'eau permettent de reconstituer au pas horaire le débit entrant dans le retenue, l'hydrogramme ainsi reconstitué est présenté sur la figure ci-après.

Le débit de pointe entrant est de l'ordre de 1000 m<sup>3</sup>/s, on notera qu'en fin de crue, le débit reconstitué est négatif, ce qui traduit probablement des imprécisions sur les côtes observées.

L'épisode principal de crue est bref, avec un temps de montée de l'ordre de 10 heures est un temps de descente de quelques heures.

Le débit moyen sur 24 h est de 310 m<sup>3</sup>/s, la figure suivante représente l'hydrogramme reconstitué de la crue survenue les 15 et 16 avril 2004 peu de temps après la crue précédente.

On constate également sur cette crue des épisodes de montée très rapides.

L'imprécision sur les côtes de plan d'eau (particulièrement la nuit) explique sans doute les fluctuations observées, le débit moyen par contre peut être estimé avec une meilleure précision, il est égal sur cet épisode à 285 m<sup>3</sup>/s.



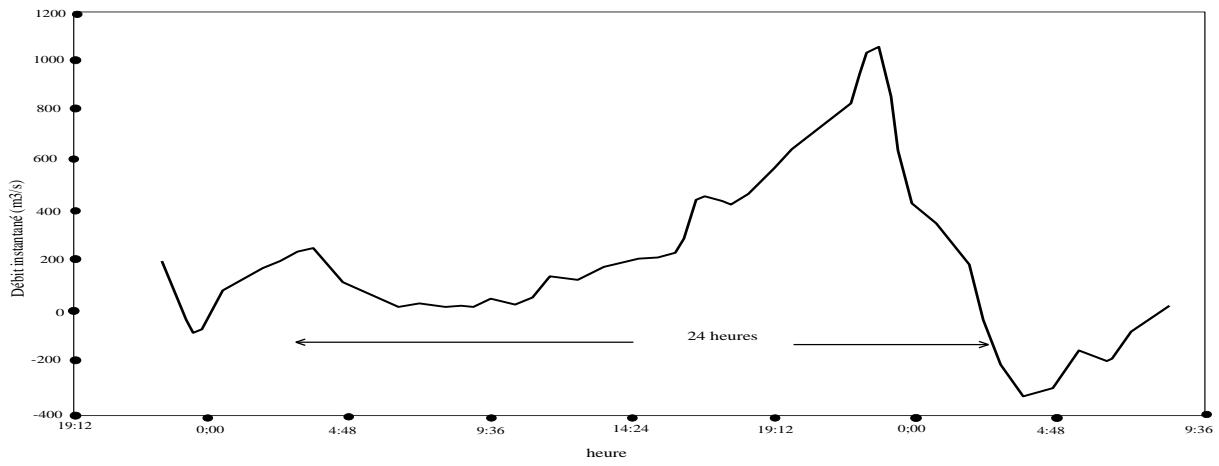


Figure III.33. Crue du 29 et 30 Mars 2004

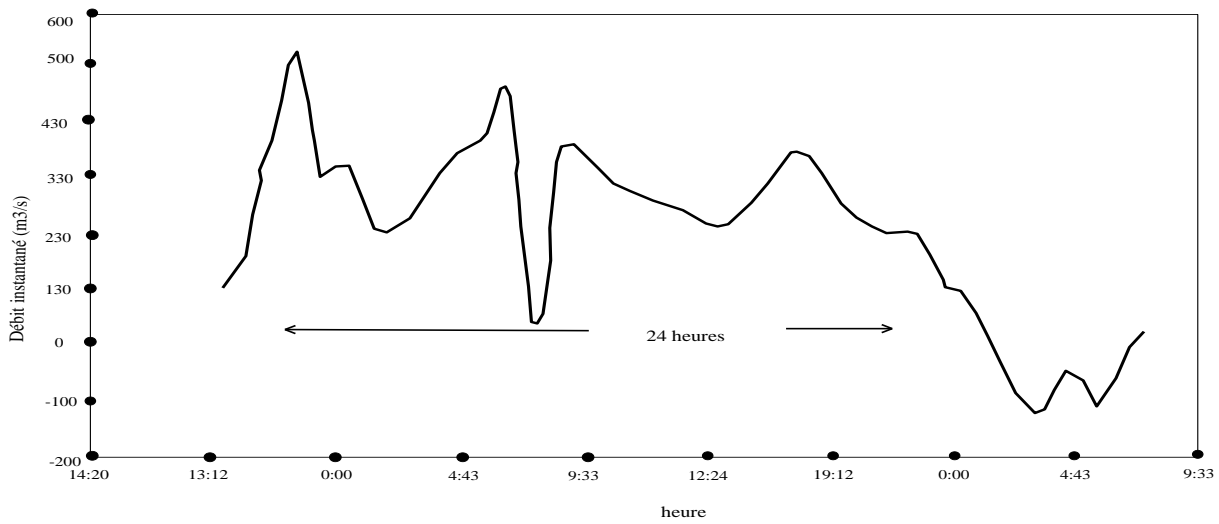


Figure III.34. Crue du 15 et 16 Avril 2004

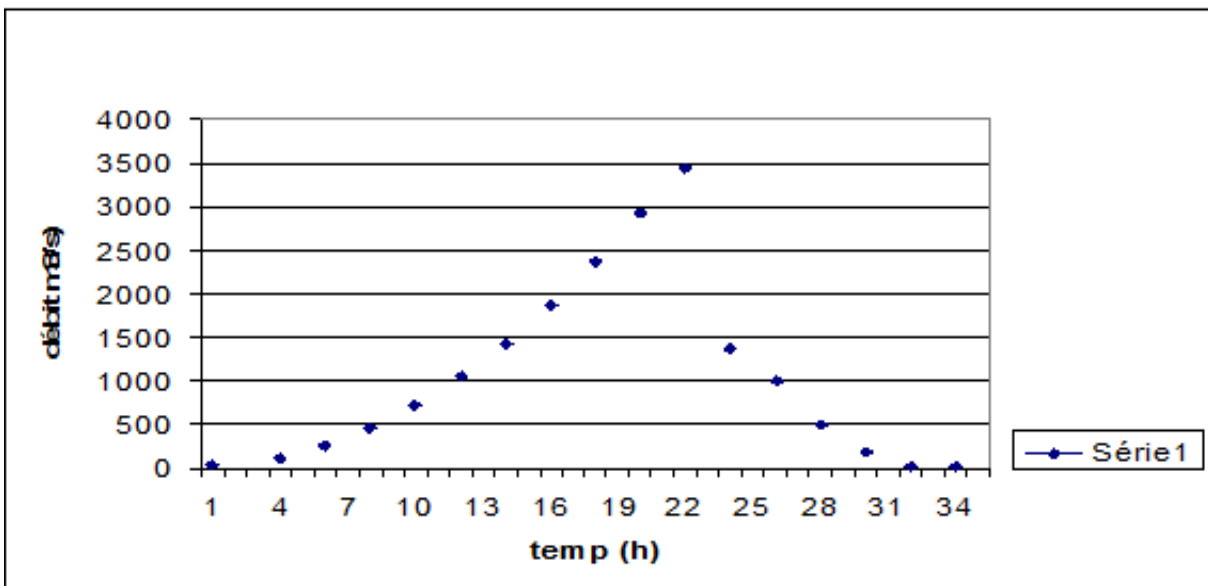


Figure III.35. Crue du 03, 04 Mai 2006

Tableau III.19. Crue du 03, 04 Mai 2006

Hydrogramme de crue de 03-04-05 mai 2006			
Date	Temps réel du crue (h)	Temps de crue (h)	Débit de la crue par (TURRAZ) (m <sup>3</sup> /s)
03 mai	22 00 h	1	29,24
	23 00 h	2	116,99
	24 00 h	3	263,23
04 mai 2006	01 00 h	4	467,96
	02 00 h	5	731,20
	03 00 h	6	1052,92
	04 00 h	7	1433,15
	05 00 h	8	1871,87
	06 00 h	9	2369,09
	07 00 h	10	2924,80
	08 00 h	10,54	3436,81
	09 00 h	12	1367,40
	12 00 h	15	996,47
	17 00 h	20	508,40
22 00 h	25	183,02	
03 00 h	30	20,33	
08 00 h	35	20,33	

## I.5. Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux :

### I.5.1. 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 Mm<sup>3</sup>/an. Il est équipé depuis 1950 du barrage de Foug el Gherza, d'une capacité initiale de 47 Mm<sup>3</sup>. Actuellement, le colmatage par les alluvions limite la capacité du réservoir à 21 Mm<sup>3</sup> 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 Mm<sup>3</sup>. 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 Mm<sup>3</sup> (0,37 m<sup>3</sup>/s) (tableau III.19), correspondant à une lame d'eau écoulée de 11 mm.

Tableau III.20. Les débits annuels d'oued Abiod

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Moyen m <sup>3</sup> /s	1	0,36	0,33	0,27	0,42	0,36	0,46	0,49	0,36	0,28	0,08	0,15	0,37
Min m <sup>3</sup> /s	0	0,04	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
Max m <sup>3</sup> /s	5,64	1,46	1,53	1,18	5,28	1,07	2,04	3,17	1,94	1,12	0,76	1,08	1,25

Sources ANRH ET DHW

### I.5.2. Oued El Arab

Il sépare le massif des Aurès de celui des Nemencha. 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 28 Mm<sup>3</sup> (0,89 m<sup>3</sup>/s) (Tableau III. 20), correspondant à une lame d'eau écoulée de 14 mm.

Tableau III.21. Les débits annuels d'oued Arab

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Moyenne unité ?	2,12	1,45	0,86	0,24	0,49	0,41	0,49	0,42	0,89	0,84	0,62	0,47	0,89
Min	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0	0	0	0	0,15
Max	12,9	8,85	6,48	1,44	6,02	2,78	2,91	3,23	3,47	5,11	4,45	2,68	2,78

Sources ANRH ET DHW

## II. Les Caractéristiques Hydrogéologiques

La connaissance de l'hydrogéologie de la région hydrodynamique est très intéressante car elle permet d'envisager les échanges souterrains qui peuvent se produire dans les aquifères. En se basant sur la description géologique des terrains ainsi que sur les caractéristiques hydrogéologiques de chaque formation.

En effet l'idée d'exploiter les eaux souterraines des aquifères proches avec des profondeurs maximales tolérables était beaucoup plus importante que celles qui se faisaient hasardeusement avec des résultats trop frappés d'approximation. Il apparaît évident à travers ce rapide survol sur l'histoire de la région qu'on se voit obligé de poser plusieurs questions : D'où vient l'eau de la région ? Quelles sont les formations géologiques qui alimentent les aquifères ? Quelle capacité en eau pouvons-nous dégager ?

### II.1. Identification des différentes nappes

Les études géologiques (Cornet, 1964; Busson, 1971; ERESS, 1972 Fabre, 1974) et hydrogéologiques ont montré l'existence de plusieurs niveaux aquifères hétérogènes. Ces aquifères apparaissent dans les formations d'âge Quaternaire, Mio-Pliocène, Eocène inférieur, Sénonien supérieur (Maestrichtien) et l'Albien (fig III. 35.). D'autres nappes de faible extension sont présentes au niveau de la région de Biskra, c'est le cas des nappes contenues dans les formations datées du Sénonien et du Turonien, elles apparaissent à la faveur de la flexure Sud Atlasique. Elles sont rarement exploitées. Cependant dans le Sahara septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont la nappe quaternaire, la nappe du continental intercalaire (CI) et celle du complexe terminal (CT). (sadrati 2011)

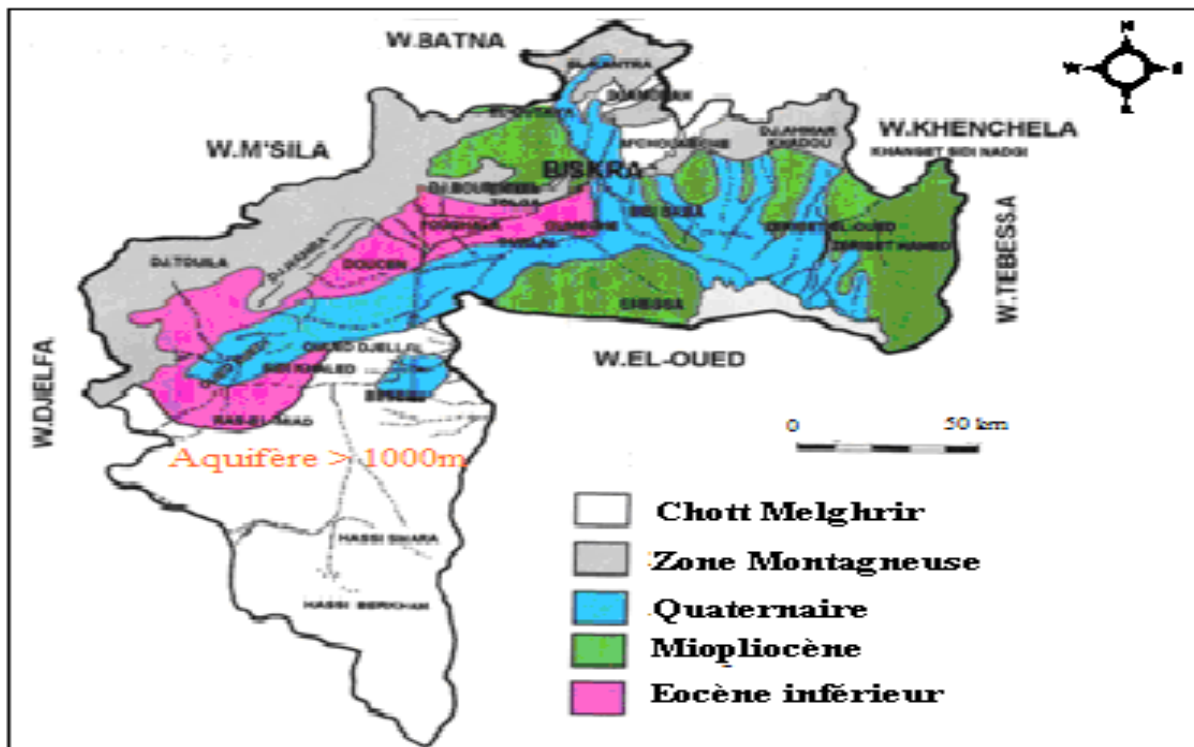


Figure III.36. Carte des ressources en eau souterraines de la wilaya de Biskra : nappes moyennement profondes (30à500 m). ANRH, 2000).

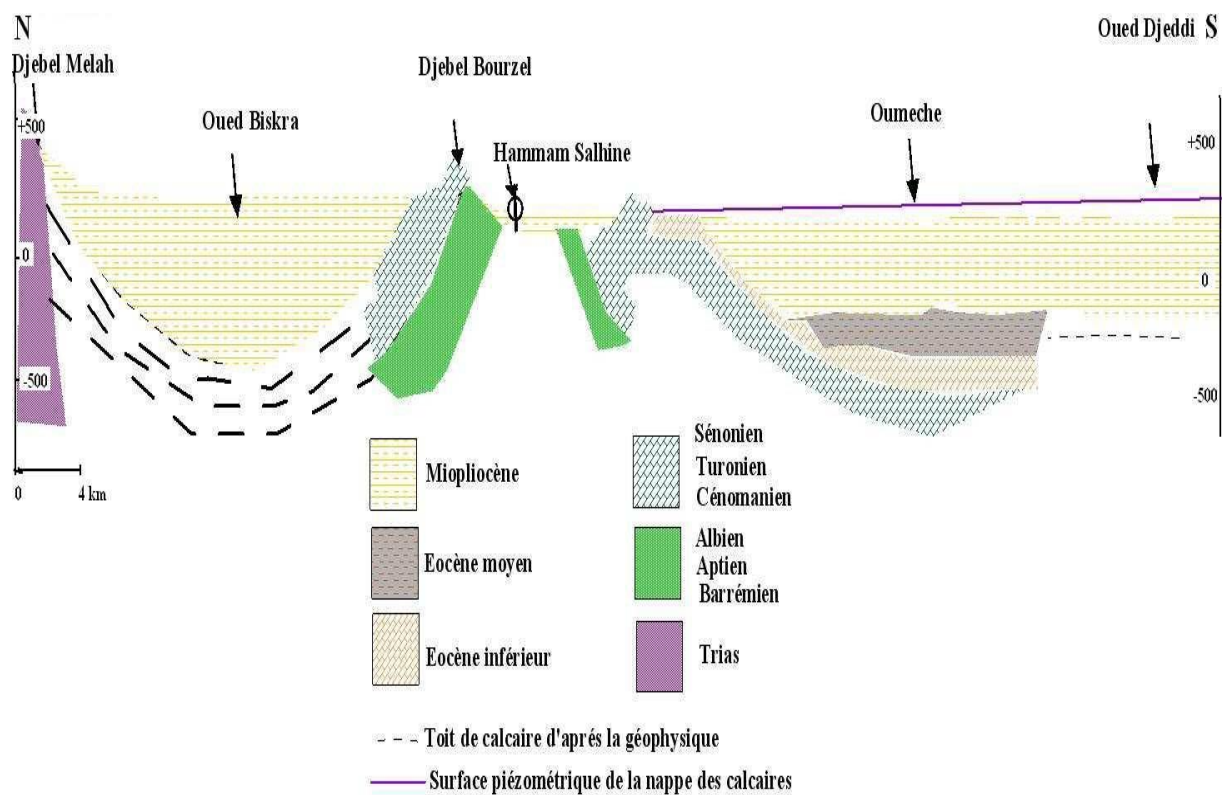


Figure III.37. Coupe hydrogéologique schématique montrant la succession des niveaux aquifères région de Biskra (in Abdesselam, 1979).

La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser trois (03) unités aquifères principales et sont respectivement :

### **II.1.1. Quaternaire :**

Cette formation du quaternaire est représentée essentiellement par la nappe phréatique de l'oued Biskra et l'Oued Djeddi, qui représente la ressource la plus importante pour l'irrigation des palmeraies de Sidi Khaled et Ouled Djellal. Et également une grande partie de l'Alimentation en Eau Potable de la ville de Biskra.

### **II.1.2. Complexe terminal CT**

On regroupe sous le nom de "Complexe Terminal" l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur au Mio-Pliocène. Cette dénomination représente bien le fait que plusieurs aquifères en plus ou moins étroites relations, sont regroupés au sein d'un même réservoir. Ces aquifères sont, l'Eocène carbonatés (nappe des calcaires d'Eocène inférieur) et le Miopliocène sableux (nappe des sables).

### **II.1.3. Continental Intercalaire CI**

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien, d'une profondeur entre 1600 et 2500 m et un débit moyen de 80 l/s jaillissant. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur, en plus la température de l'eau peut dépasser les 60°C. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages.

## **II.2. Les nappes quaternaires**

**II.2.1. La nappe phréatique :** Les nappes phréatiques sont traditionnellement exploitées dans les Zibans, peut-être même sont elles à l'origine de certains palmiers qui étaient alimentés, soit directement grâce à des trous (sources) soit indirectement par des puits traditionnels. Outre les eaux écoulées par les oueds atlasiques celles issues du drainage des palmeraies et celles qui, profitant de la faible étanchéité des toits ou des forages mal réalisés percolent depuis l'Eocène à travers les formations du continental terminal La nappe phréatique est localisée généralement dans les alluvions des Oueds, les plus importantes étant celles d'Oued Biskra, en amont de la ville et celle d'Oued Djedi.

**II.2.2. La nappe des alluvions d'Oued Biskra :** cette nappe qui se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux d'infiltration

des Oueds (inféro-flux). Les plus importantes dans la région de Biskra, sont celles de l'Oued Biskra et de l'Oued Djedi. Cette nappe qui présente l'unique ressources des régions de Ouled Djellal, Sidi Khaled et la ville de Biskra, est trop sollicitée vue sa faible profondeur et sa bonne qualité chimique, pour être raison qu'elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable. La profondeur de cette nappe est comprise entre 20 et 150 m avec un débit oscillant entre 05 et 20 l/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise selon les zones.

Le quaternaire se subdivise dans la région en trois niveaux différents ; les alluvions anciennes, qui sont constituées de galets et des formations conglomératiques plaquées aux pieds des versants calcaires miocènes, limitent toute la dépression des Zibans. Les alluvions des moyennes terrasses d'Oued Biskra dont l'extension est importante, sont formées d'un assemblage de cailloutis, graviers et sables occupent une altitude inférieure à celle des anciennes alluvions.

Enfin, les alluvions récentes qui forment les basses terrasses d'Oued Biskra ; elles présentent un intérêt agricole et hydrogéologique régional important ; elles sont constituées de gros galets, graviers et sables résultant de l'érosion par ruissellement sur les massifs calcaires et dunaires limitrophes. Ces matériaux, favorables à la formation des nappes d'eau phréatique, permettent d'importants prélèvements pour l'alimentation en eau potable de la ville de Biskra.

Les limites géographiques de la nappe se rapportent au remblaiement actuel des terrasses des oueds, en effet ces limites sont beaucoup plus basses que cette bordure. L'extension verticale de la nappe peut atteindre parfois 40m, où l'on rencontre des grandes lentilles d'argiles quaternaires marquant le substratum local de la nappe. Mais cette hypothèse du substratum et encore une discussion du fait qu'on passe directement parfois sur des niveaux de calcaires compacts. En général le mur est atteint à 40 mètres quel que soit sa nature, calcaire ou argile.

La surface piézométrique se trouve à 3 mètres en moyenne sous le niveau du sol par contre; elle peut baisser plus profondément en période sèche, vu le grand pompage par forage et l'intensité de l'évaporation superficielle. L'alimentation de la nappe des alluvions de l'oued Biskra semble provenir de deux origines différentes :

**II.2.2.1. Les précipitations :** Cette alimentation superficielle est importante dans cette région où l'on enregistre entre 103,4 et 301,2 mm /an. A cela s'ajoutent les apports considérables amenés en amont par l'oued qui traverse la couverture limoneuse peu épaisse et s'infiltrer pour atteindre la nappe phréatique.

**II.2.2.2. Alimentation souterraine :** Le long des couches calcaires sous-jacentes, lors du gonflement de la nappe des calcaires, il y a des échanges souterrains (relation hydraulique souterraine réciproque).

### **II.3. La nappe de complexe terminal :**

D'un point de vue hydrogéologique, on regroupe sous le terme de réservoir toutes les formations continentales les plus récentes, déposées au Sahara, qui sont d'âge Tertiaire et Quaternaire. Au Bas - Sahara, on regroupe la nappe des calcaires de l'Eocène et du Sénonien et même celle du continental intercalaire sous le nom de "complexe terminal".

**II.3.1. Nappe des sables :** constituée par une alternance de niveaux d'Argile, Sable, et Cailloutis d'âge Mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. Cette nappe est fortement exploitée dans la partie Est de la région de Biskra et surtout dans la zone de M'Zirâa.

Les formations aquifères reposent en discordance sur les formations calcaro- marneuses de l'Eocène moyen et inférieur. Cet ensemble aquifère est recouvert de dépôts alluvionnaires peu épais, de croûtes gypseuses et de sables. En ce qui concerne le système hydraulique, la nappe des sables est très hétérogène, elle est constituée le plus souvent de couches aquifères de divers perméabilités et épaisseurs.

Du point de vue hydrodynamique cette nappe présente un système très hétérogène car elle est constituée par des couches de diverses perméabilités. La profondeur de cette nappe varie de 100 à 300 m, avec un débit moyen de 15 l/s Les forages qui ont été réalisés dans la région ne captent généralement qu'une partie seulement de ces couches, les plus perméables et souvent, les moins profondes. Il est donc, évident qu'une différence existe entre la transmissivité horizontale, obtenue à partir d'un essai de pompage de longue durée et la transmissivité totale de l'ensemble aquifère. La surface piézométrique de la nappe des sables est presque partout en charge à l'intérieur de la limite d'extension des argiles, elle est donc jaillissante au centre de la région et libre sur les bordures.

A l'Est de Biskra cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-pliocène connue dans cette région, le sens d'écoulement principale de la nappe des sables se dirige vers la zone de Chott Melrhir.



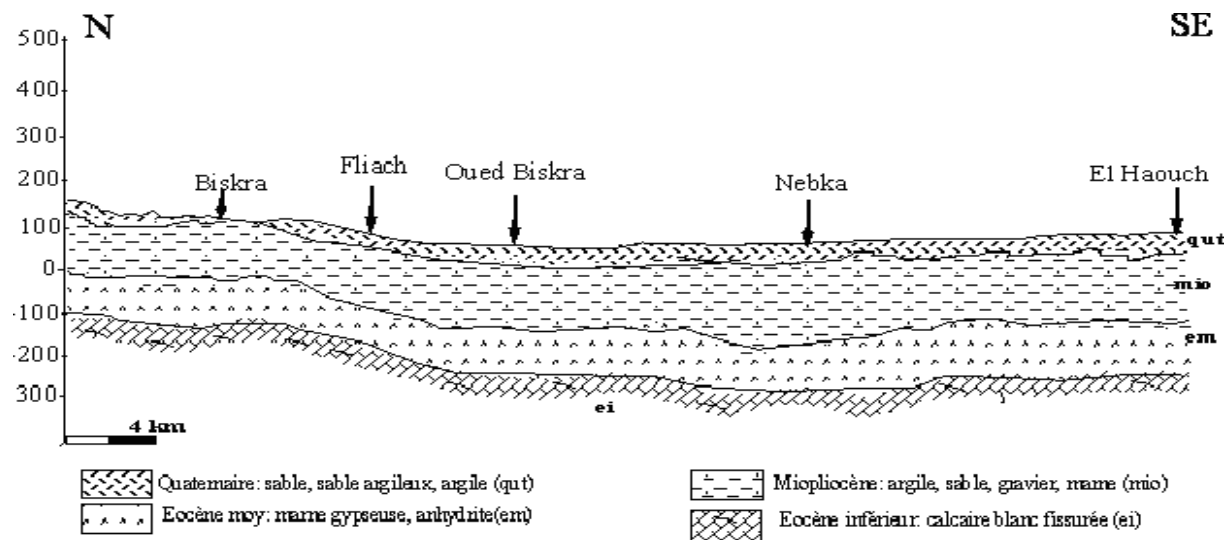


Figure III.38. Coupe hydrogéologique schématique de la nappe des sables de Biskra (I.N.R.H, 1981).

### II.3.1.1. Alimentation:

L'observation de la carte piézométrique, réalisée par Messoudi et Al, 1995 (fig.50), montre une alimentation de la nappe à partir des bordures des monts de l'Atlas Saharien.

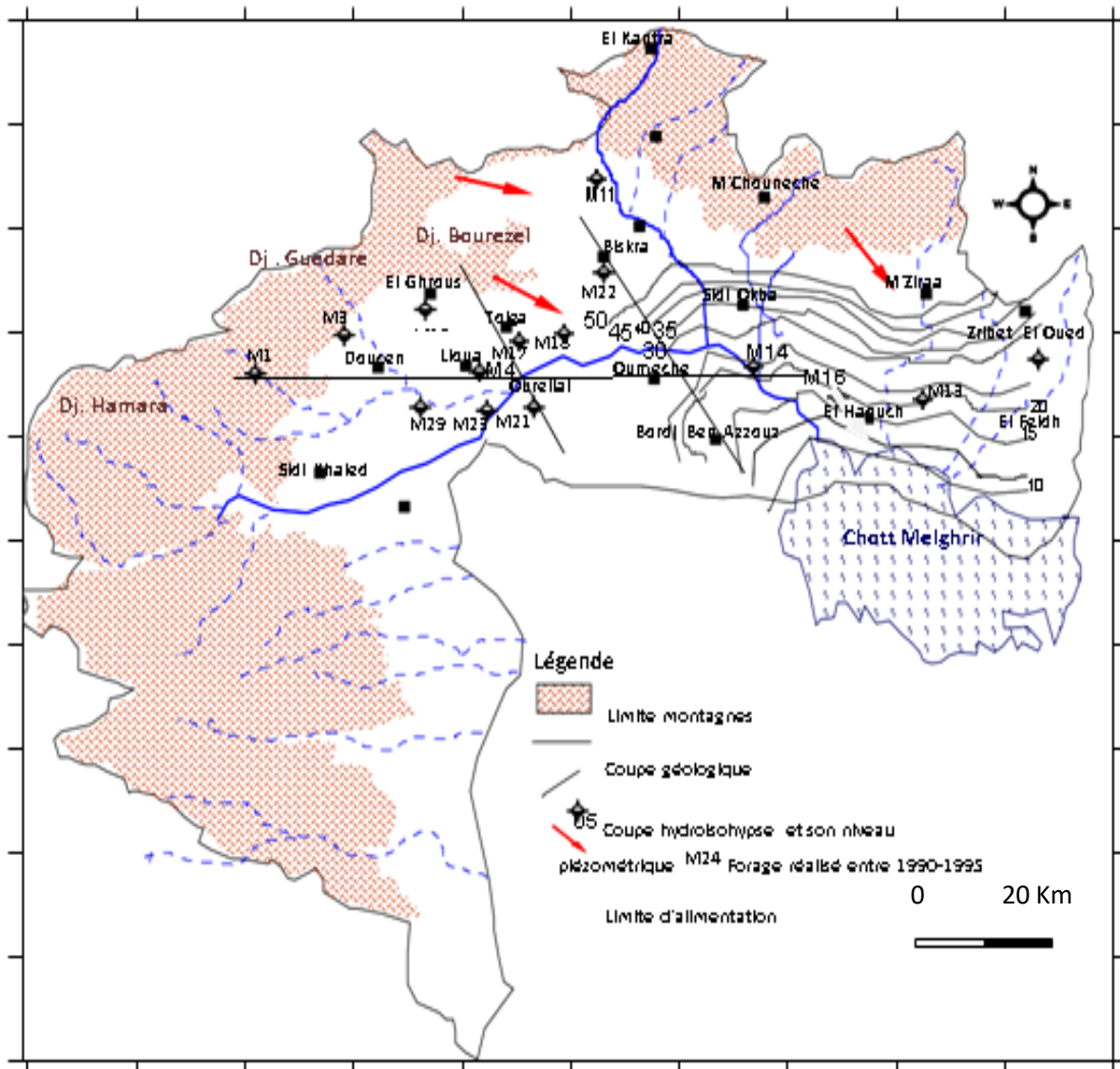


Figure III.39. Carte piézométrique de la nappe des sables (Messoudi et Al, 1995 (modifiée)).

Exutoires : Ils sont constitués par les sources et par de vastes zones d'évaporation, le chott Melghrir représente le principal exutoire naturel de la nappe. Par contre, les exutoires artificiels sont constitués par un très grand nombre des sources artésiennes surtout au Sud du piémont Aurésien tel que la source de Chetma.

**II.4. La nappe continental intercalaire :** la nappe du continental intercalaire est souvent appelée « albienne » formée dans des terrains, en grande partie gréseux, dont les limites stratigraphiques varient selon les régions. C'est un réservoir très important constitué essentiellement de Grés et de marne d'âge Albien et Barrémien. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur qui dépasse 2000m, la température de l'eau peut dépasser les 60° C. Cette nappe est exploitée dans la région de Biskra par 19 forages.

Cette nappe est représentée également dans la région de Biskra par des sources hydrothermales qui sont: la source de Hammam Essalhine dans la commune de Biskra et celle de Sidi El Hadj dans la commune d'El-Outaya.

L'extension géographique de la formation aquifère dépasse beaucoup, en effet, la dépression du Bas Sahara. Elle est limitée à l'Ouest par la vallée de l'oued Saoura -Messaoud, au sud par une ligne Est- Ouest, Reggane - Fort Flaiters, au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Est elle s'étend depuis le Sud tunisien jusqu'au Sud - Ouest Lybien.

Déposé sur le vieux socle africain, le continental intercalaire a échappé à toute tectonique violente, mais des mouvements de grande amplitude ont pourtant déformé l'ensemble des couches post-hercyniennes. Il en résulte, en premier lieu un mouvement synclinal de faible pendage d'axe Sud-ouest et Nord-est. Dans l'atlas Saharien les niveaux continentaux du Crétacé inférieur occupent généralement les synclinaux à fond plat, et correspondent aux dépressions topographiques favorisant l'infiltration à travers les couches.

L'alimentation actuelle se poursuit sur les marges d'affleurements :

- réseau hydrographique de l'atlas saharien
- pluies retenues par le grand Erg occidental.

Le sens d'écoulement est généralement Nord-Sud, mais la cuvette de Taoudeni au Sud de Reggane et la nappe côtière tunisienne fonctionnent comme des exutoires naturels et déterminent des écoulements vers l'Est et vers l'Ouest.

**II.4.1. La nappe des calcaires éocènes inférieurs :** la nappe concernée est localisée dans les calcaires marins de l'éocène inférieur, qui sont relayés latéralement par les calcaires du Crétacé supérieur.

Au Nord du Bas – Sahara, les calcaires aquifères du Sénonien et de l'Eocène se relèvent dans les contreforts de l'atlas, où ils affleurent largement. Cette nappe est constitué essentiellement de calcaires fissurés d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe vari de 10 l/s par pompage jusqu'à 30 l/s jaillissant dans les zones d'Ourelal et Lioua

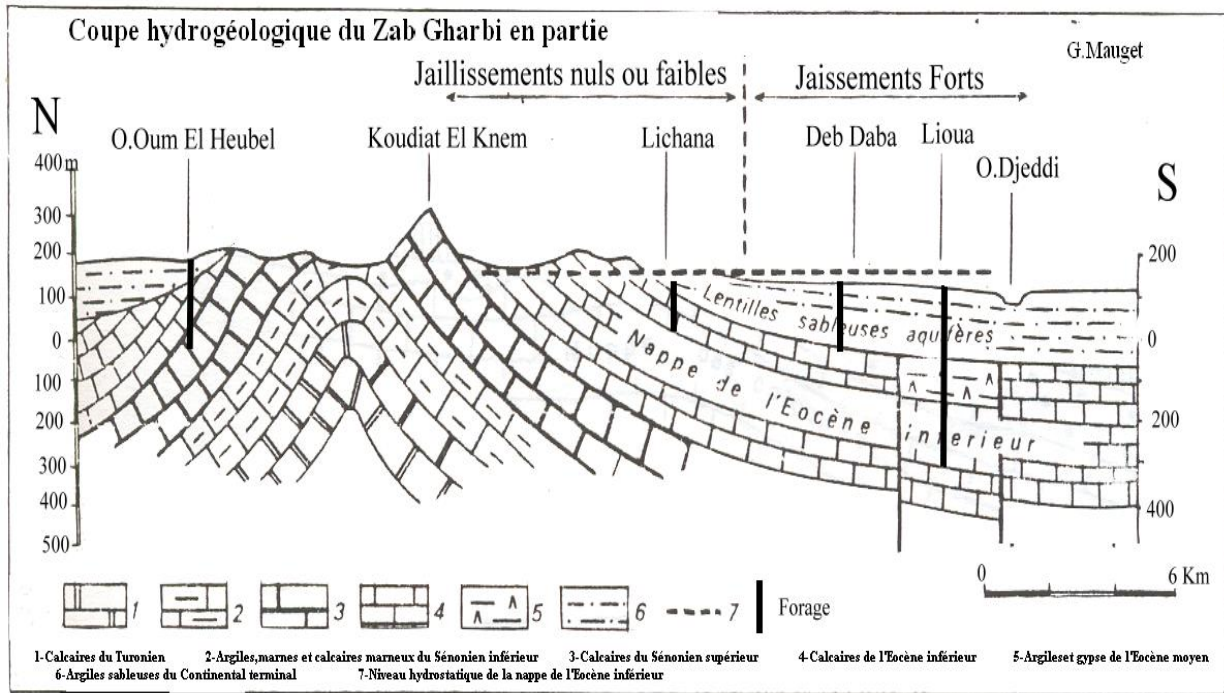


Figure III.40. Coupe hydrogéologique du Zab Gharbi ANRH 1979.

Les différents sondages réalisés dans cette région montre qu'il existe un contact hydraulique entre la nappe de l'Eocène inférieur et celle du Sénonien Supérieur sous-jacente, est parfois elle se sépare par une mince couche de marne et de marno-calcaire dans la zone d'Oumache et M'lili où la profondeur atteint 100 m.

Au Nord et au Nord Est de la Biskra cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien d'une profondeur comprise entre 200 et 900m et d'une bonne qualité chimique d'eau. On note par ailleurs l'existence de la nappe du Turonien qui n'est pas exploitée.

Les calcaires turoniens, tantôt affleurant, tantôt situés près du sol à la faveur des anticlinaux isolés, drainent eux aussi, grâce à leur fissures, une partie de la nappe, il donne ainsi plusieurs sources au pied des Aurès (source de Chetma), ou sur le flanc méridional du Dj Bou Rhezal (sources de Ain Ben Naoui et Bouchegroune) à l'Ouest de Biskra.

Le recouvrement des calcaires est constitué, soit par des formations argilo sableuses du Mio-Pliocène, soit par les marnes à anhydrite de l'Eocène moyen.

Ces formations imperméables contribuent à la mise en charge de la nappe des calcaires, qui est captive et artésienne sur une partie de son étendue. Ces calcaires sont parfois bien fissurés, tant

par les contraintes tectoniques, que par les eaux atmosphériques. Ils constituent un excellent réservoir pour l'eau et présentent une bonne perméabilité.

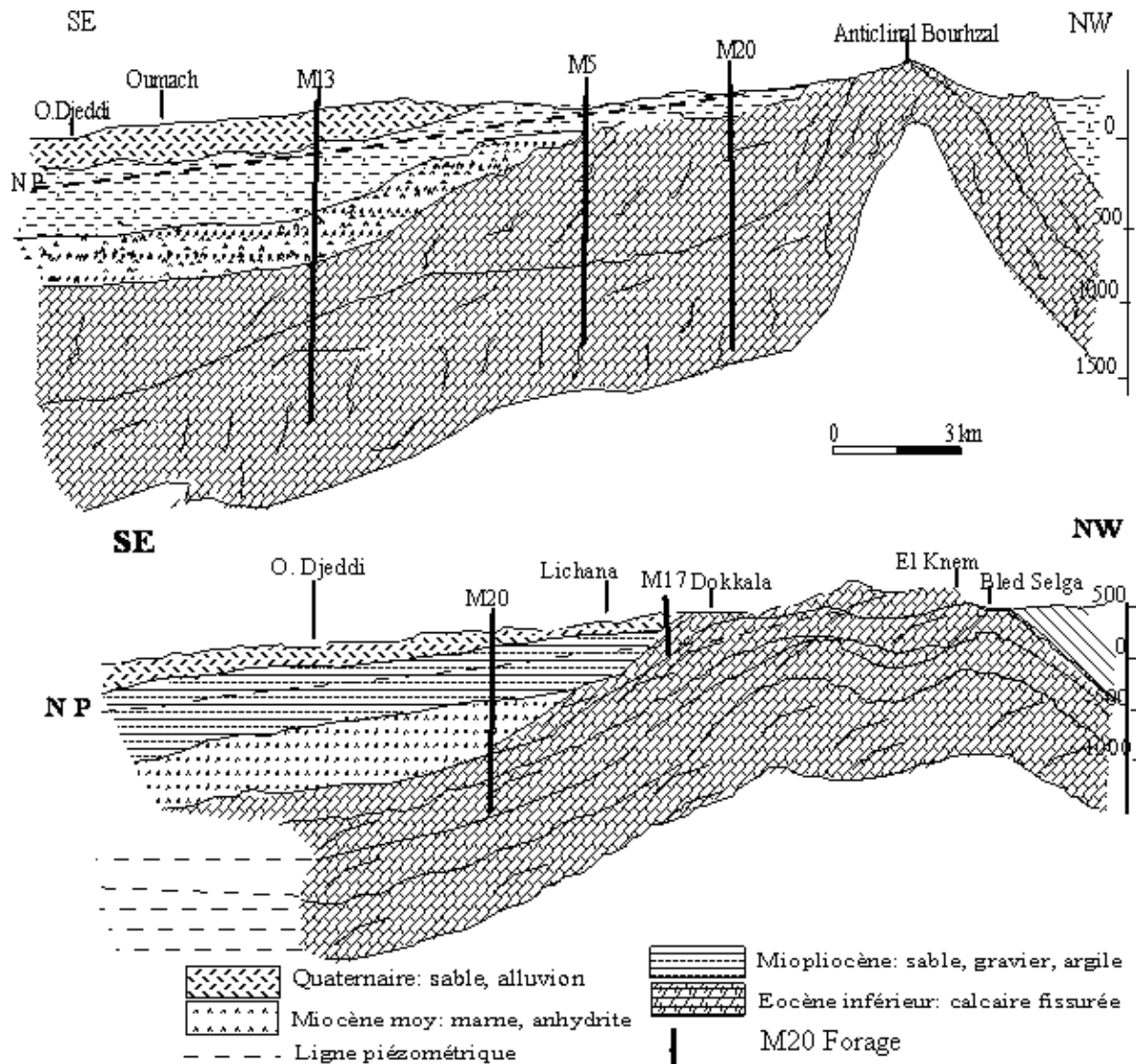


Figure III.41. Coupe hydrogéologique dans la nappe des calcaires (DHW de Biskra, 1990).

### II.5. L'inventaire des points d'eau dans la région de Biskra

L'analyse des données récoltées auprès des structures concernées à savoir : les DHW, les DSA, l'ANRH, et les communes relevant du territoire de l'aire d'étude, ainsi que l'exploitation des documents disponibles, a permis de présenter un état d'inventaire actualisé des points d'eau exploités pour les trois l'usage domestique et industriel et agricole et des superficies irriguées dans la région de Zibans.

La région de Biskra est incluse entièrement dans le bassin de chott Melghir avec 33 communes, les superficies irriguées inventoriées par les services agricoles sont de 103 566 ha, dont le volume d'eau extrait annuellement dépasse les 500 hm<sup>3</sup>, par le biais de 6481 points d'eau en exploitation (6151 forages, 329 puits et 1 source).

Les cultures dominantes dans la wilaya sont les céréales (29%), l'arboriculture (26%) et les maraîchères (25%) palmiers (15%). Les autres cultures comme fourragères et industrielles sont presque inexistantes.

Les communes qui se distinguent par les plus importantes exploitations agricoles irriguées sont Ain Naga (10395 ha), Doucen (5256 ha) et Sidi Okba (11000 ha).

L'alimentation de l'eau dans ces trois communes provient principalement des forages (1880) avec un volume soutiré de 165 hm<sup>3</sup>.

Le mode d'irrigation utilisé le plus fréquemment est l'irrigation gravitaire (69%), il a été constaté également la mise en place des systèmes goutte à goutte ou d'aspersion qui commence à se généraliser dans plusieurs exploitations agricoles, comme les zones de Biskra, Branis, Ech chiaba, El Haouche, Ain Zaatout, El Hadjeb



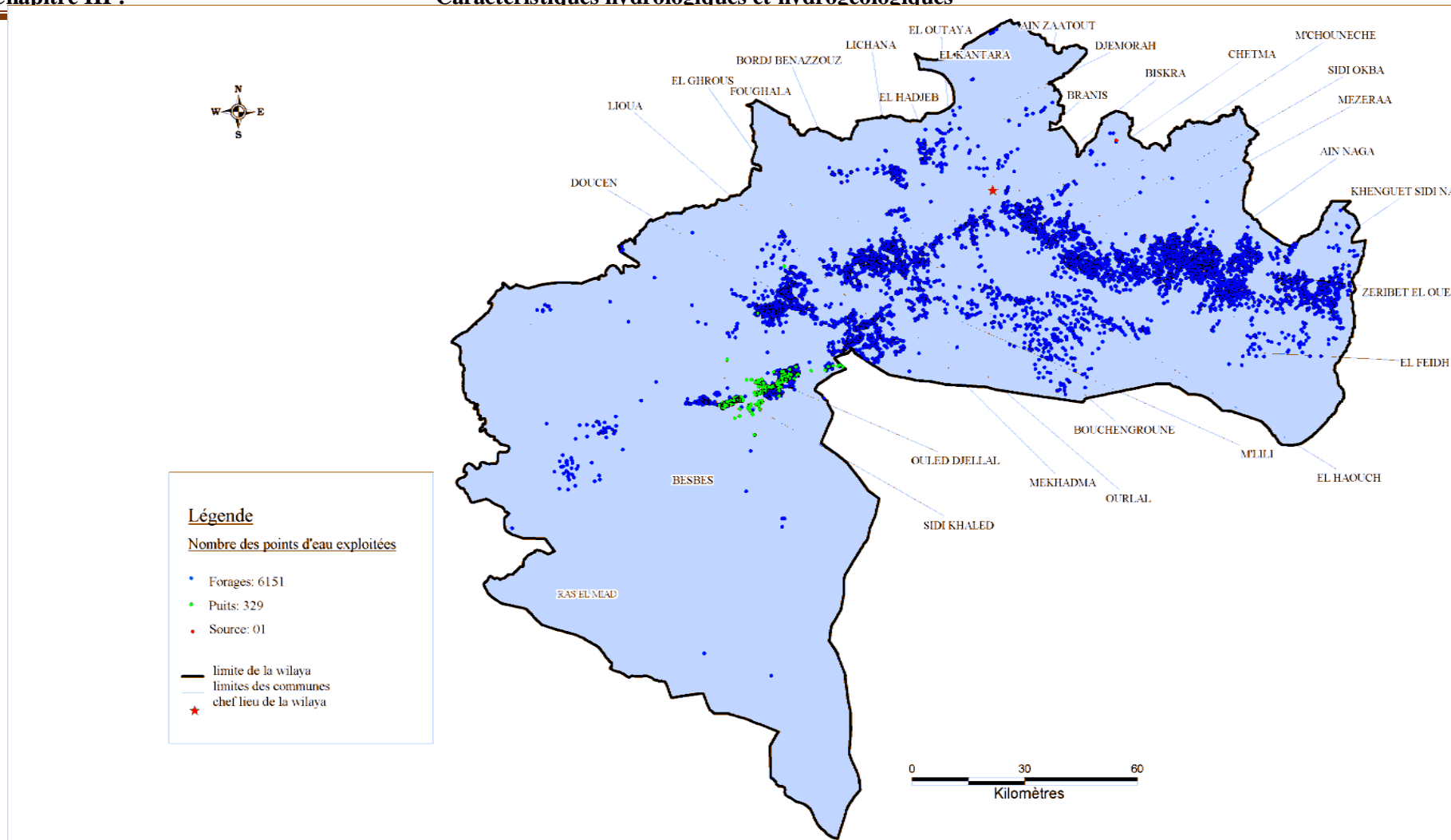


Figure III.42. Carte d'inventaire des points d'eau dans la région de Biskra ANRH Mai 2011.

### II.5.1. LA PIEZOMETRIE

Les mesures piézométriques réalisées au mois de Mai 2011 par la DHW et l'ANRH de Biskra, nous ont permis de dresser les cartes piézométriques pour bien visualiser l'écoulement des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra. L'écoulement dans son ensemble se fait du Nord vers le Sud de la plaine, avec quelques particularités.

#### II.5.1.1. Piézométrie de la nappe du quaternaire:

La carte piézométrique ('ANRH 1980), montre les directions de l'écoulement dans l'aquifère (figure III. 42). Ce dernier se fait selon deux directions :

La première se fait dans le sens du Sud-Ouest vers le sud Est, vers l'Oued Djeddi

La seconde va dans le sens du Nord vers le Sud, suivant l'Oued Biskra,

La surface piézométrique se trouve à plus de 200 m à l'Ouest et Sud-Ouest de Biskra ; par contre, elle peut baisser à moins de 25 m à l'Est.

Il faut signaler que l'écoulement des eaux souterraines présente une certaine convergence vers le centre de la plaine (le lit d'oued Djeddi) pour coïncider avec le tracé de l'oued Biskra pour s'évacuer dans le chott Melghrir.

Notons que, dans la zone méridionale et centrale de la nappe, les courbes iso pièzes se trouvent espacées suite à un gradient hydraulique faible variant entre 1.25‰ et 1.5‰ car c'est la zone d'accumulation des eaux souterraine. Au Sud de Biskra et à Sidi Okba, les courbes deviennent plus serrées indiquant un gradient de l'ordre de 6‰, on pense que la variation du gradient hydraulique est due, essentiellement, à l'hétérogénéité de la lithologie



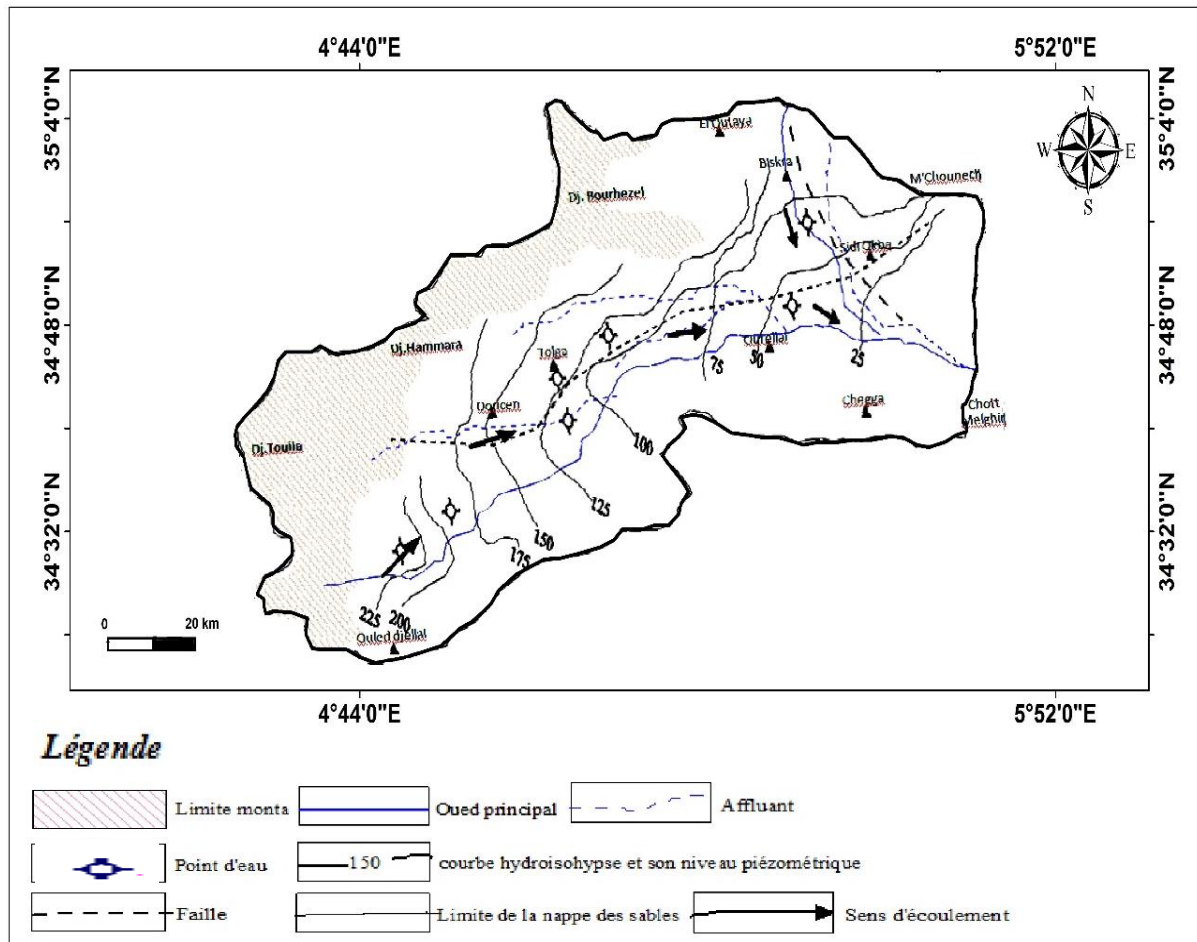


Figure III.43. Carte piézométrique de la nappe du quaternaire de Biskra (ANRH, 1980).

Après l'exécution d'une centaine de forages, au cours de la période allant de 1980 à 2000, dans la plaine d'El Outaya et la mise en service du Barrage fontaine des gazelles à l'amont d'oued Biskra, la nappe phréatique subit actuellement une diminution continue du débit des forages et l'abaissement de la pression piézométrique de la nappe.

L'insuffisance des piézomètres et l'inaccessibilité aux ouvrages profonds n'ont pas permis de tracer la carte piézométrique récente de la nappe libre (nappe du Quaternaire).

### II.5.1.2. Transmissivité et porosité :

On constate que la nappe des sables est très hétérogène ; il est constitué le plus souvent de couches aquifères de diverses perméabilités et d'épaisseurs. Les forages ne captent généralement que la partie la plus productive souvent la plus épaisse et la meilleure du point de vue qualité.

Ceci explique les variations latérales de la Transmissivité, Ainsi au niveau de cette nappe-là Transmissivité T, varie entre 6 à  $8.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, le coefficient d'emmagasinement varie de 0.5 à 0.1 tandis que la porosité moyenne est estimée à 30%.

## **II.5.2. Piézométrie de la nappe des sables :**

### **II.5.2.1. Carte piézométrique de 1997 :**

La carte piézométrique établit par l'ANRH, 1997 (figure III. 44), indique deux directions des écoulements souterrains.

Le premier se fait dans le sens Nord-Ouest- Sud Est et le second se faisant dans la direction Ouest - Est. Cependant l'Oued Biskra et l'Oued Djeddi constituent une ligne de partage des eaux, facilitant ainsi l'alimentation de la nappe par convergence des eaux.

Nous notons également un élargissement des lignes piézométriques dans la partie Sud, par contre au Nord-Ouest les isopièses sont serrées, ce qui indique un écoulement rapide dans cette partie de la carte. La côte piézométrique la plus haute est de 150mètres au sud-ouest est nul mètre en aval (chott Melghrir).

La pente des iso pièzes est de direction Nord et des ombilics creusés dans la zone de chott, ce qui explique que ce chott (Melghrir) joue le rôle d'exutoire pour toutes les eaux captives de la région.

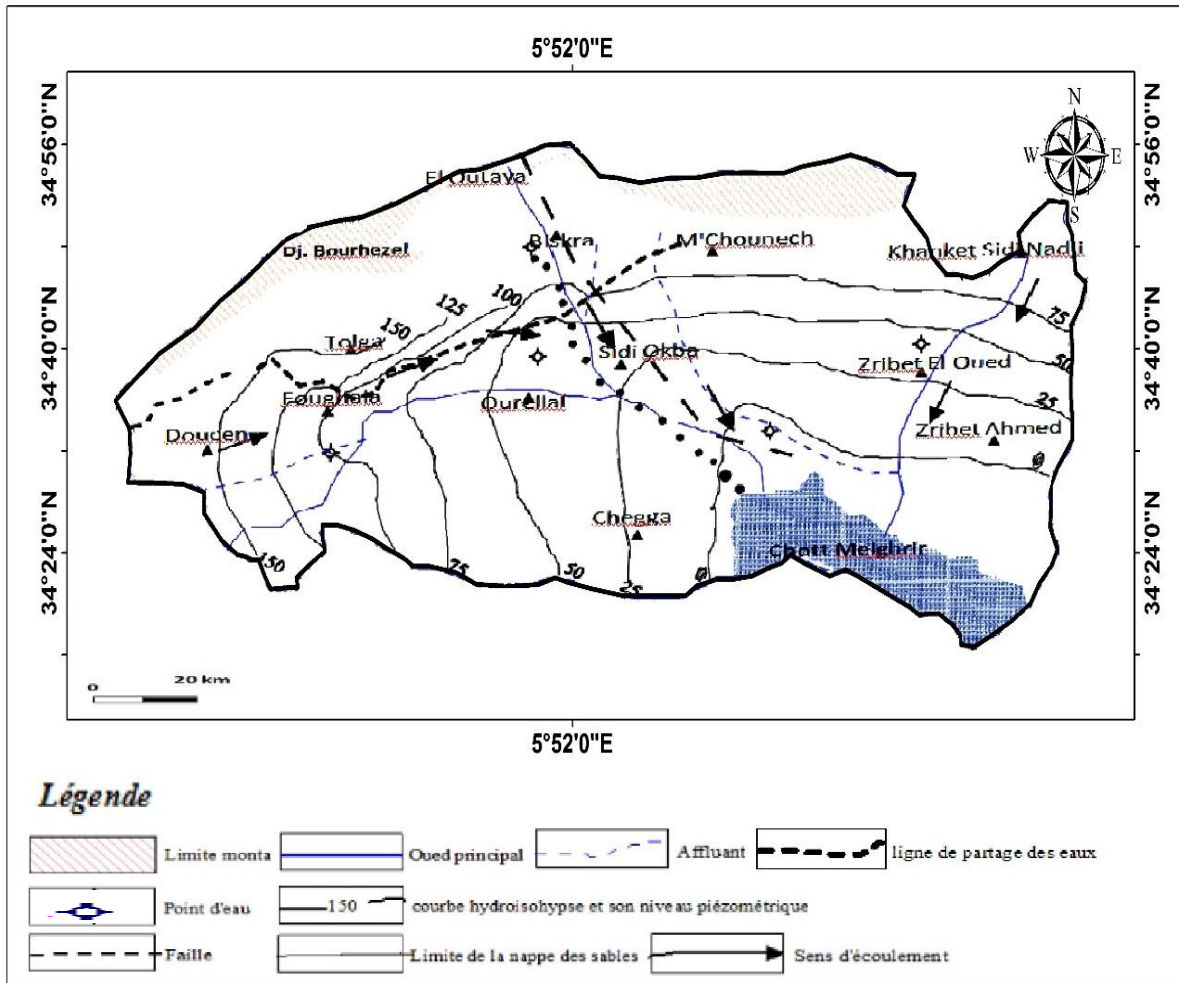


Figure III.44. Carte piézométrique de la nappe de sable de Biskra (ANRH, 1997).

**II.5.2.2. Carte piézométrique 2008 :**

La carte piézométrique 2008 (Figure III. 45) montre une surface piézométrique à courbes régulières avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0.2% entre la partie Sud-ouest (présence de sables très perméable) et 0.15% à oued Biskra.

Au niveau de la zone Zeribet El Oued apparaît un cône de dépression, mettant en évidence une surexploitation de la nappe (justifié par le nombre important des forages implanté dans cette région (ANRH de Biskra).

Les dépressions affectant les surfaces des isopièses sont, par contre, en rapport avec une densité de forage et elles constituent de ce fait des phénomènes locaux.



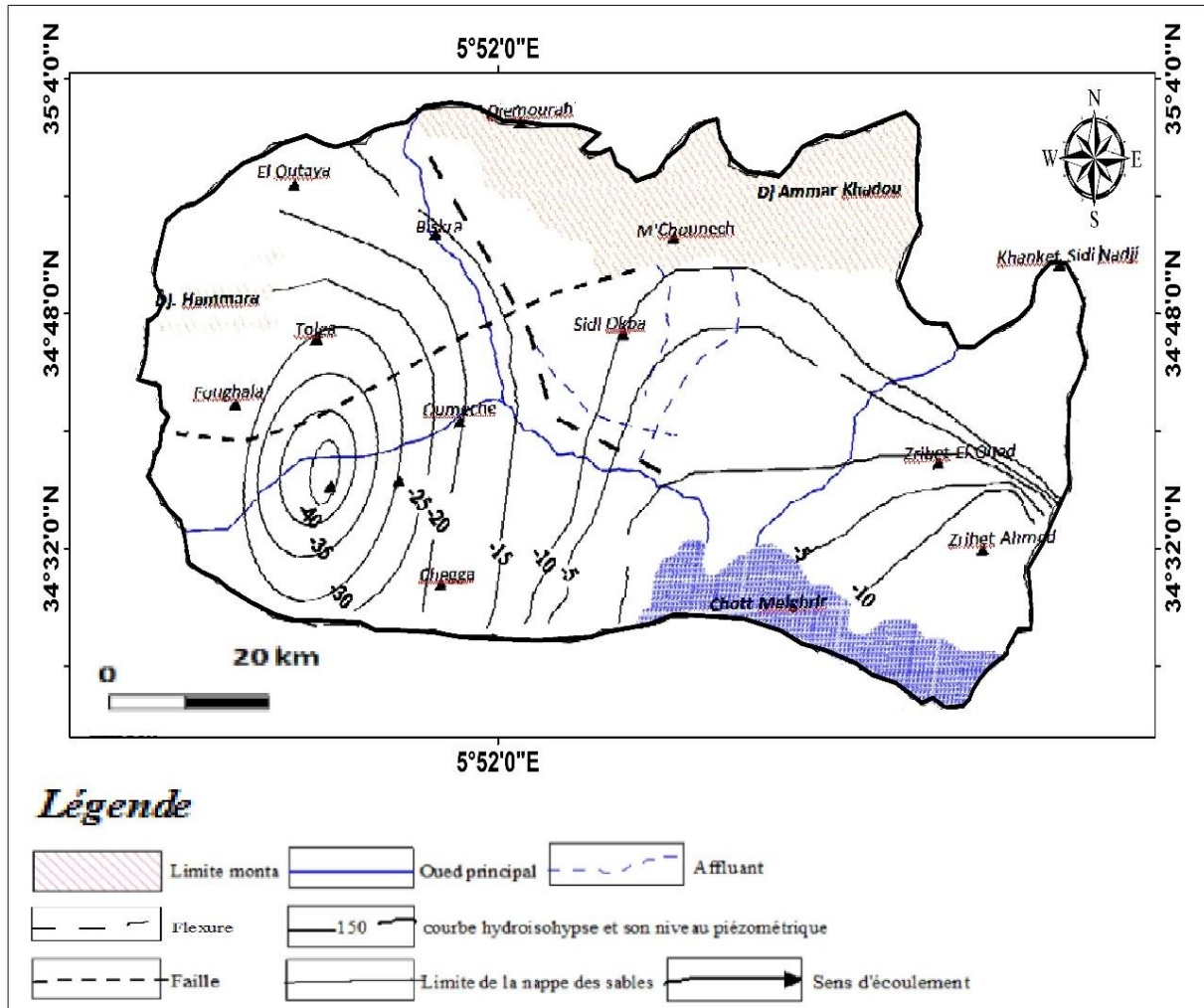


Figure III.45. Carte de battement de la nappe des sables 2008.

### II.5.3. Variations piézométriques de la nappe des calcaires :

La carte piézométrique réalisée par Messaoudi et al 1995, (figure III. 47), montre au niveau des parties Nord et Sud, des isopièses perpendiculaire aux limites de la nappe, mettant en évidence une limite étanche, par contre au niveau des zones NO et SE, l'allure des courbes met en évidence des échanges entre les limites et la nappe entrainant ainsi une alimentation de la nappe par les bordures.



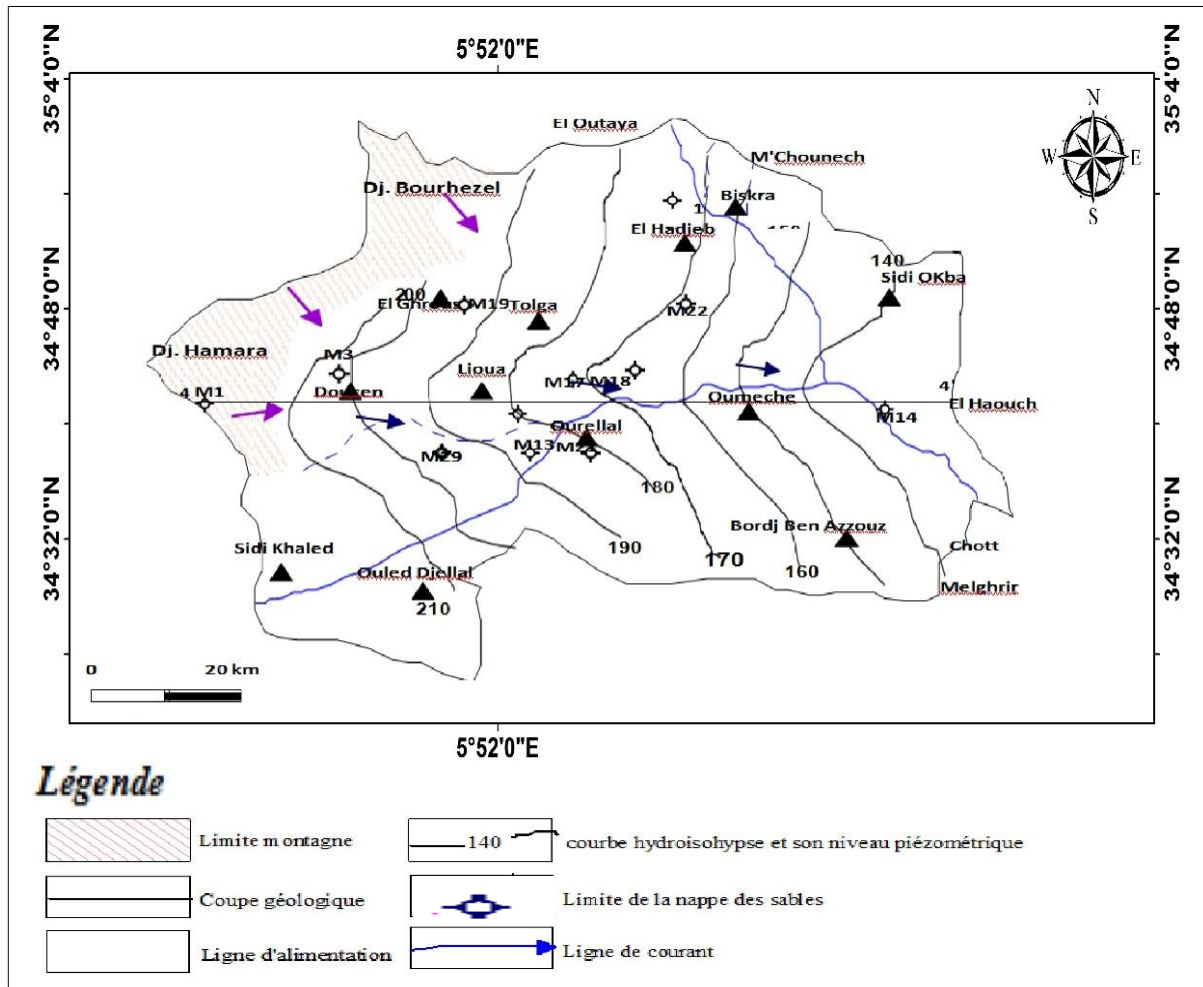


Figure III.47. Carte piézométrique de la nappe des calcaires (d'après Messoudi et Al, 1995 (modifiée)).

### II.5.3.1. Piézométrie 1980 :

L'observation de la carte (figure III. 48), montre que l'écoulement est caractérisé par deux sens d'écoulements :

- Le premier dirigé du Nord vers le Sud,
- Le second se fait dans la direction Sud –Ouest Nord- Est.

Nous remarquons que l'Oued Djeddi, joue le rôle d'un axe de drainage.

La partie amont de la carte se caractérise par un rétrécissement, ce qui entraîne un accroissement du gradient hydraulique il passe de 0.2 à 0.6%. Ceci se traduit par une baisse de la perméabilité et une accélération des écoulements.

A l'Ouest de Tolga, les filets d'écoulement sont, pratiquement parallèles aux massifs de bordures orientés Ouest- Est (Dj. Hamara). Notons que la nappe est alimentée par ces massifs. Par ailleurs

le sens d'écoulement semble être imposé par les massifs situés dans la zone Nord- Ouest et Sud-Est.

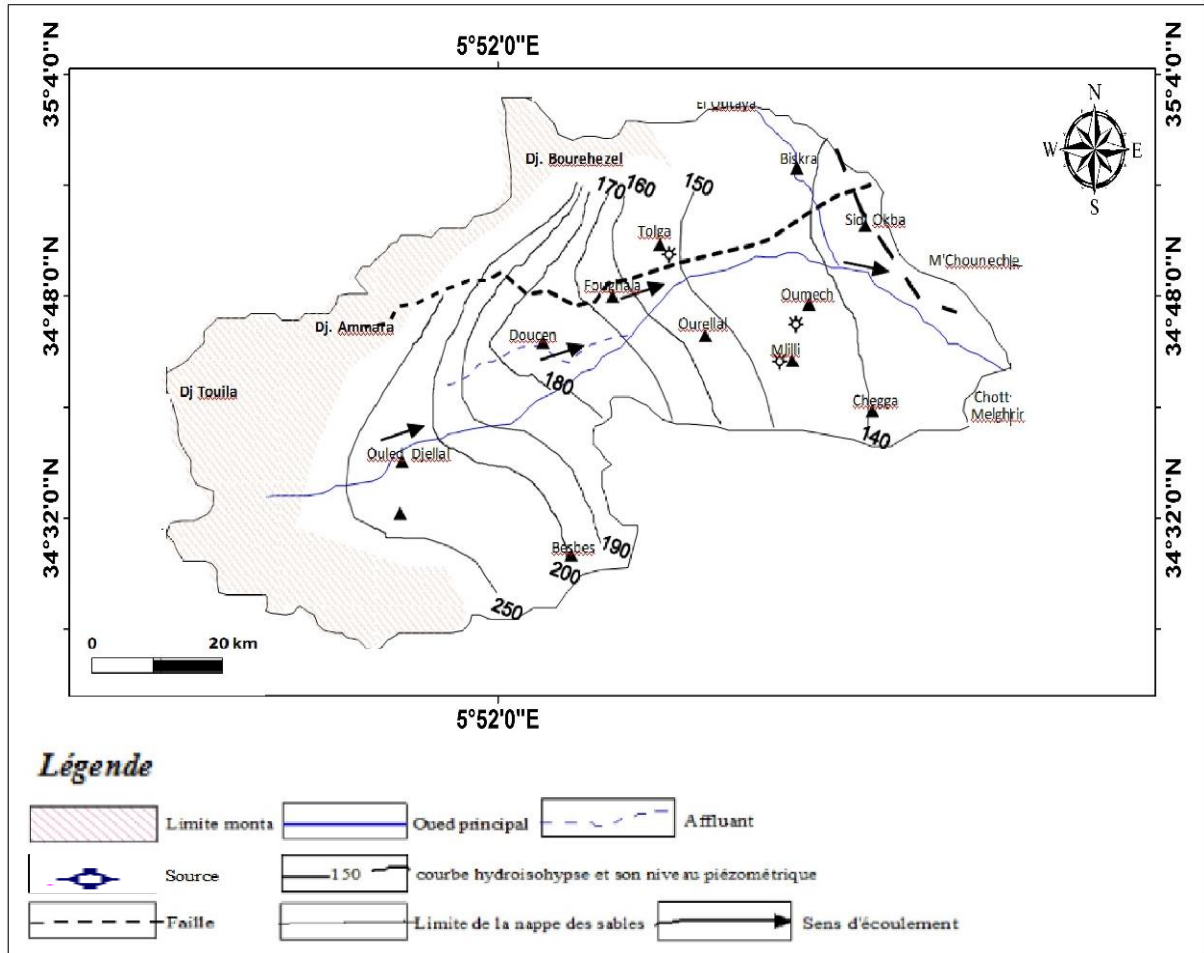


Figure III.48. Carte piézométrique de la nappe des calcaires de Biskra (ANRH, 1980).

**II.5.3.2. Piézométrie 2008:**

L'observation de la carte piézométrique (figure III. 49), montre que les écoulements convergent vers la grande dépression qui s'étend de Foughala à Bouchagroun, caractérisant une exploitation intense, générée par un nombre important de puits en exploitation dans cette zone. L'intense exploitation dans la zone de Lioua, Foughala, Bouchagroun et Tolga a provoqué l'infléchissement des courbes isopièzes, mettant en évidence une exploitation intense de la nappe.

La disparition de l'artésianisme dans cette zone confirme l'état de surexploitation des nappes dans cette région (SASS, 2003). Un autre signe de surexploitation est la disparition des importantes sources de M'Lili et d'Oumache (figure III. 49).

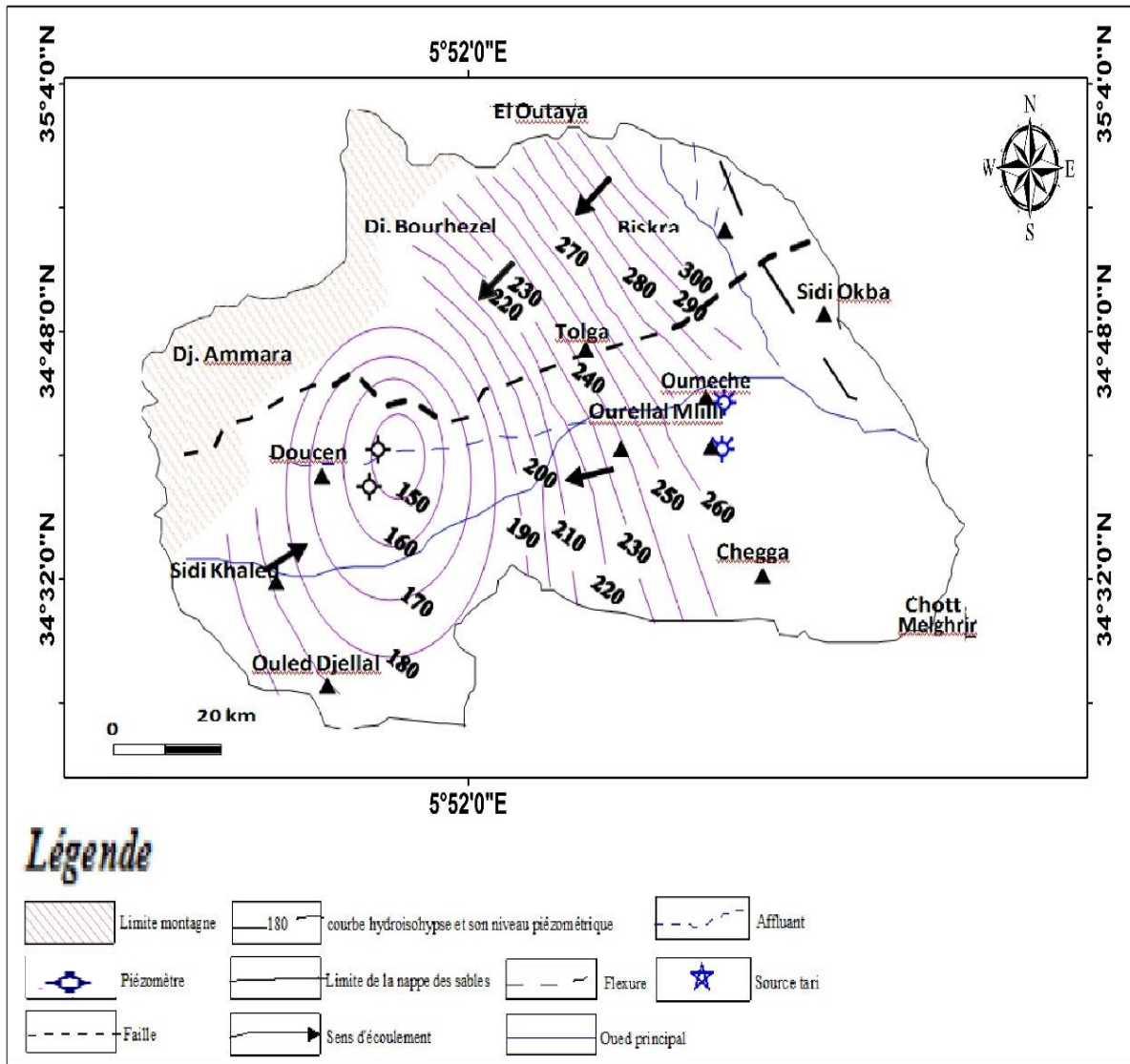


Figure III.49. Carte piézométrique de la nappe des calcaires de Biskra (2008).



## Conclusion

Dans ce chapitre, en fonction des données disponibles, nous avons tenté de caractériser les systèmes aquifères en présence, nous avons étudié les aspects géologique, hydrogéologique, et hydrodynamique.

La nappe phréatique du quaternaire est constituée de galets, de graviers et de sables. Sa couverture est composée des mêmes matériaux. Cette nappe est localisée à des profondeurs qui varient entre 4 à 10m alors que la conductivité est importante et peut atteindre 10-2m/s.

La nappe des sables du Miopliocène est constituée de galets, graviers et sable dans une matrice argileuse. L'importance de chaque élément varie selon les endroits. Au Nord, la granulométrie est plus grossière (galet, gravier) et la présence d'argile est sans importance. Au centre de la plaine de Biskra, la granulométrie est moyenne, alors qu'au Sud les dépôts fins sont dominants (sables et argiles sableuses). Cette variation conditionne la conductivité hydraulique qui est importante au Nord où elle atteint la valeur de 10-3m/s, au centre de l'Est de la plaine de Biskra elle oscille entre 10-3 et 10-4 m/s alors qu'au Sud de la plaine et aux environs de Tolga, Lioua et Ourellal, la conductivité hydraulique devient faible. Elle est toujours inférieure à 10-6 m/s.

La nappe des calcaires de l'éocène inférieur est constituée de calcaires fissurés. Cette nappe est couverte par une couche d'argiles sableuses du Miopliocène aux bordures des monts des Ziban dont l'épaisseur varie entre 15 à 60m et par une couche de marnes à gypse et à anhydrite dans la totalité de la plaine dont l'épaisseur dépasse 150m. La conductivité hydraulique est importante aux oasis de Tolga (Foughala jusqu'à El Hadjeb) où elle atteint 10<sup>-3</sup>m/s. Dans la zone Doucen Ourellale-Oumeche, la conductivité hydraulique est moins importante (probablement à cause du faible taux de fissuration), elle est inférieure à 10<sup>-6</sup> m/s. à l'Est de la plaine de Biskra, la nappe des calcaires est très profonde (>400m) et moins productive.

La comparaison des cartes piézométriques de 1997, 2000 et de 2008 montre l'apparition de dépressions piézométriques liées à la forte exploitation de la nappe des sables et celle des calcaires.

Tableau III.22. Synthèse géologique et hydrogéologique (D'après ENAGEO)

Unités stratigraphiques	Unités lithologiques	Unités litho stratigraphiques	Unités hydrogéologiques		
<b>Moi-pliocène</b>	Alternance d'argile et sables	Continental terminal	Nappe de sables et galets	Nappes du complexe terminal (sens strict)	Nappe du complexe terminal (Sens large)
<b>Eocène moyen</b>	Argiles gypseuses	Eocène argilo-évaporitiques	Semi perméable		
<b>Eocène inférieur</b>	Calcaires (Argiles)	Eocène carbonaté	Nappe des calcaires (Karst)		
<b>Cénomaniens supérieur</b> <b>Mæstrichtien – Campanien</b>	Calcaires	Sénonien carbonaté			
<b>Sénonien inférieur</b>	Argiles et évaporites	Sénonien lagunaire	<b>Imperméable</b>		
<b>Turonien</b>	Calcaires dolomitiques et dolomie	Turonien carbonaté	Nappe du turonien (Karst)		
<b>Sénonien</b>	Argiles, Marnes, Marno-calcaires et gypses	Sénonien argilo-évaporitiques	<b>Imperméable</b>		
<b>Albien</b>	Calcaires et marnes	Albien carbonaté	Nappes du continental intercalaires		
	Grès et argiles	Albien argilo gréseux			
<b>Aptien</b>	Grès, Argiles, Dolomies	Aptien grés-dolomitique			
<b>Barrémien</b>	Grès et passées d'argiles	Barrémien gréseux			

## **Chapitre IV**

# **Hydrochimie et qualité des eaux dans la wilaya de Biskra**

**Chapitre IV : Qualité des eaux.****Introduction.**

Malgré l'importance indéniable des aspects quantitatifs, les questions de qualité de l'eau sont au cœur des enjeux futurs. Il est primordial de souligner que le domaine de la préservation de l'écosystème et la protection des ressources en eau contre les différents types de pollutions, en tant que composante du système de la gestion intégrée des ressources en eau, présente un défi majeur pour les prochaines années, et un domaine promoteur de la protection de l'environnement ; il devrait en effet être intégrée à tous les secteurs d'activité susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement.

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

La qualité des eaux destinées pour l'Alimentation en Eau Potable et l'irrigation se pose avec acuité dans l'ensemble des régions sahariennes. D'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, de même que pour les besoins industriels proviennent surtout des eaux souterraines. De point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional), mais sa qualité physico-chimique (salinité) est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, notamment souterraine. (Salinisation secondaire)

Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et dès fois même à l'irrigation. En effet, la qualité des eaux destinées pour l'irrigation subit également une dégradation surtout par l'augmentation de la salinité, qui a une influence directe sur l'évolution des sols, le choix des aptitudes culturales et le rendement des cultures

**Hydrochimie**

Pour réaliser notre travail, nous disposons des analyses chimiques réalisées en 2011 et 2014. La première étape a été consacrée à la détermination des caractéristiques des eaux, cette dernière a été faite à partir des résultats des cinquante-huit échantillons prélevés et analysés (58) en 2014.

Les échantillons prélevés et analysés se rapportent aux forages situés à (Figure IV.59) Biskra, Tolga et Sidi Okba et El Ouetaya. Les eaux de ces forages sont destinées à l'AEP et l'irrigation.

L'étude hydrochimique est basée sur l'interprétation des analyses chimiques des échantillons prélevés en Avril 2011 au niveau de 13 forages et 28 forages en 2014 et 17 forages a été réalisée par Brinis 2014. Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie des eaux et des sols (Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques Direction Régionale Sud Ouargla).

Elles ont porté sur les éléments chimiques majeurs suivants :

- Les cations :  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ .
- Les anions :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  et  $\text{Cl}^-$ .

Les analyses ont révélé l'absence des ions  $\text{CO}_3$  dans les eaux prélevées.

Ainsi l'interprétation des résultats analytiques va nous permettre de classer les eaux selon différentes méthodes et d'établir un certain nombre de cartes de répartition spatiale des éléments chimiques.

Du fait de la spécificité des caractéristiques physico-chimiques des eaux, leur analyse s'avère un outil nécessaire à l'hydrogéologie. En effet, ce sont la température, le Ph, la conductivité et les teneurs en éléments chimiques dissous qui vont donner aux eaux leurs caractères spécifiques. Les caractères physico-chimiques des eaux, ayant été acquis au cours de leur transfert dans l'aquifère, seront fonction, aussi bien, de la nature lithologique des formations traversées, que du temps de transit et de la profondeur de la nappe.

Certains de ces paramètres physico-chimiques ont fait l'objet de mesures sur le terrain : il s'agit de la température et de la conductivité électrique. D'autres ont été effectués au laboratoire à partir d'échantillons prélevés sur le terrain : ce sont les ions  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Sr}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  et le résidu sec (RS).

Dans les aquifères en milieu poreux les variations du chimisme de l'eau sont plus lentes et présentent une amplitude moindre que celles observées dans le karst (**Bakalowicz,1979**) où l'on observe des variations rapides liées, aussi bien, au secteur où sont prélevés les échantillons qu'aux modifications ioniques qui interviennent, certes, en fonction du temps mais surtout avec le passage d'onde de crue ou le tarissement progressif des différents niveaux fissuraux.

Du fait de l'hétérogénéité au sein d'un même aquifère et de l'existence d'aquifères différents dans la même région, nous aurons, pour préciser les relations entre les différentes unités hydrogéologiques, à étudier les variations simultanées ou non du chimisme de l'eau.

Nous utiliserons pour ce faire la période où les variations du chimisme sont les plus faibles et où chaque échantillon offre sa meilleure représentativité. Cela correspond à la période d'étiage.

**I.1. Caractéristiques physicochimiques :** Quatre paramètres physico-chimiques (T, PH, minéralisation et conductivité) sont mesurés in situ directement après le prélèvement des échantillons à l'aide d'un appareil multi paramètres de marque WTW. Les analyses effectuées ont porté sur les paramètres physico chimiques suivants : la température (T), le potentiel d'hydrogène (pH), conductivité électrique(CE), le résidu sec, les éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl).

**I.1.1. Les températures :** La température de l'eau est un paramètre d'une grande utilité en ce qui concerne les études hydrogéologiques. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence. La concentration de certains éléments dissous ou les rapports des concentrations d'éléments entre eux, sont l'image de conditions d'équilibre qui sont, elles même, fonction de la température atteinte par l'eau souterraine. On peut en déduire des informations sur la profondeur de l'écoulement souterrain, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère (Les eaux souterraines sont influencées par les propriétés thermiques de la roche), ainsi que son origine. Habituellement, on mesure également la température de l'air (ou mieux encore, on donne une indication de la température moyenne du jour de mesure) qui permet de vérifier, après coup, les conditions climatiques dans lesquelles l'échantillonnage s'est déroulé et d'expliquer d'éventuelles anomalies dans les résultats des analyses géochimiques.

L'énergie calorifique apportée par le soleil se propage dans le sol sous forme d'ondes thermiques. Pour une valeur moyenne de la diffusivité,  $K = 0.0043$  unité C.G.S., la vitesse de propagation des ondes thermiques sera de 0.66 m/j (**Freeze and Cherry, 1979**). Les variations de température, même, les plus fortes ne se feront pas sentir au-dessus de 1 m/j dans un sol ordinaire et de 1.5 m/j dans les roches compactes. C'est ce qu'on appelle la zone d'hétérotherme journalière.

La profondeur au-delà de laquelle les variations de la température ne seront plus sensibles, inférieures à 0.01 seront de 15 à 17 mètres dans un sol ordinaire, de 24 à 27 mètres dans les

calcaires et de 34 à 39 mètres dans les granites. On est ici dans la zone d'homothermie. Au-delà de cette zone la température va s'accroître régulièrement avec la profondeur.

La température de la zone neutre est fonction de la latitude, de l'altitude et de l'exposition. Elle diminuera en moyenne de 0.44° C par tranche de 100 mètres. En choisissant la période d'étiage, nous savons que la température n'est influencée que par le gradient géothermique (profondeur de l'aquifère) et le degré de karstification.

Cependant des anomalies thermiques peuvent perturber l'évolution spatiale des températures des eaux en fonction du gradient géothermique. Ces anomalies se manifestent, généralement par la résurgence de sources thermales d'origine très profonde. Exemple des sources thermales de la région de Biskra (Hammam Essalhine et Ain Chetma) qui peuvent atteindre des températures de 45°C.

**I.1.2. Conductivité :** La conductivité qui est l'inverse de résistivité traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique. C'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution ; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation. La minéralisation globale (g/l) est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour une grande majorité des eaux souterraines (**Freeze et Cherry, 1979**). La conductivité augmente lorsque la température s'accroît. De ce fait on procède toujours à une correction par rapport à une température de référence (20°C ou 25°C).

**I.1.3. Le pH :** Le pH est par définition, une mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup> contenus dans une eau (Tarda-Henry, 1984). Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse ( $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ ). L'échelle de pH s'applique pour des activités comprises entre 10<sup>-4</sup> (pH = 14) et 1 (pH = 0). Il s'agit d'un paramètre capital pour le calcul des équilibres thermodynamiques. Il joue un rôle primordial, à la fois, dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité), dans les processus biologiques et dans l'efficacité des traitements des eaux. Le pH doit être mesuré le plus souvent et de préférence in situ.

**I.1.4. Le résidu sec :** Le résidu sec est obtenu par dessiccation à 110 ° C, il correspond à la totalité des sels dissous et donne donc une idée sur le degré de minéralisation des eaux. Le paramètre salinité est le plus fréquemment utilisé pour classer les eaux, notamment au niveau des grands aquifères. Tous les points d'eau recensés par l'agence des bassins hydrographiques du Sahara (**ABH Sahara**) ont fait l'objet de mesures systématiques de la minéralisation.

**I.1.5. Minéralisation :** La minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau. Nous l'avons déterminé à partir de la conductivité des échantillons prélevés, toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . De plus, elles correspondent à des valeurs de minéralisation totale dépassant les normes de l'O.M. S ; soit 1500 mg/l.

**I.1.6. La dureté :** La dureté de l'eau (TH) montre que les eaux de consommation sont très dures avec des TH supérieurs à la norme de 50°F. La dissolution du  $\text{Ca}^{2+}$  et du  $\text{Mg}^{2+}$  résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution est accrue couches superficielles du sol (**Tardat et Beaudry, 1984**). La dureté possède des propriétés gênantes telles que formation de dépôts durs dans les canalisations du réseau, gêne dans les opérations de lavage etc...

Les paramètres physicochimiques de la région d'étude sont représentés dans le tableau ANEX :

## **I.2. Résultats des analyses chimiques**

### **I.2.1. Les faciès chimiques**

#### **I.2.1.1. La formule ionique**

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction en (meq/l) des groupes anion et cation. Elle permet de définir les caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'aquifère en relation avec sa lithologie et de classer les eaux de même origine (Tableau IV.22).



Tableau IV.23. Détermination du faciès chimique des eaux souterraines de la région de Biskra par la formule ionique.

N	Formule ionique		Faciès chimique
F1	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < (Na^+ + K^+) < Ca^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F2	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F3	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F4	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F5	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < (Na^+ + K^+) < Ca^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F6	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F7	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F8	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F9	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F10	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F11	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < (Na^+ + K^+) < Ca^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F12	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F13	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F14	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté sodique
F15	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F16	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F17	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F18	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F19	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F20	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < (Na^+ + K^+) < Ca^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F21	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < (Na^+ + K^+) < Ca^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F22	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique
F23	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique
F24	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F25	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique
F26	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Ca^{+2} < Mg^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F27	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique
F28	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique
F29	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F30	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F31	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Ca^{+2} < Mg^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F32	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F33	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F34	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F35	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F36	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F37	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F38	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F39	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Ca^{+2} < Mg^{+2}$	Sulfaté –Sodique
F40	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$Mg^{+2} < Ca^{+2} < (Na^+ + K^+)$	Sulfaté – Magnésien
F41	$Cl^- < SO_4^{-2} < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F42	$Cl^- < SO_4^{-2} < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F43	$Cl^- < SO_4^{-2} < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Chloruré-sodique
F44	$SO_4^{-2} < Cl^- < HCO^{-3}$	$(Na^+ + K^+) < Mg^{+2} < Ca^{+2}$	Sulfaté Chloruré –Sodique

F45	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Sulfaté – Magnésien
F46	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F47	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Ca}^{+2} < \text{Mg}^{+2}$	Chloruré-sodique
F48	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F49	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F50	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté – Magnésien
F51	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Chloruré-sodique
F52	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F53	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F54	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Sulfaté – Magnésien
F55	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F56	$\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{-2} < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2}$	Chloruré Sulfaté-sodique
F57	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < \text{Ca}^{+2} < \text{Mg}^{+2}$	Sulfaté sodique
F58	$\text{SO}_4^{-2} < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{-}$	$\text{Mg}^{+2} < \text{Ca}^{+2} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Sulfaté – Magnésien

Il apparaît que le facies le plus dominant est sulfaté sodique (37,93% des échantillons) et à un degré moindre le facies sulfaté magnésien (34,48% des échantillons) ainsi que le facies Sulfaté Chloruré –Sodique (10,34% des échantillons), et le facies Chloruré Sulfaté-sodique (10,34% des échantillons), avec l'apparition d'un facies chloruré sodique de faible représentativité (6,89% des échantillons). La présence des eaux sulfatées magnésiennes et sulfatées sodiques peut être à l'origine d'un échange de base qui peut se produire entre le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{Mg}^{2+}$ .

#### I.2.1.2. Représentation graphique des analyses chimiques

Pour une bonne visualisation des résultats, on a représenté ces derniers sur les diagrammes de Stiff, Piper et le diagramme Schoeller-Berkaloff.

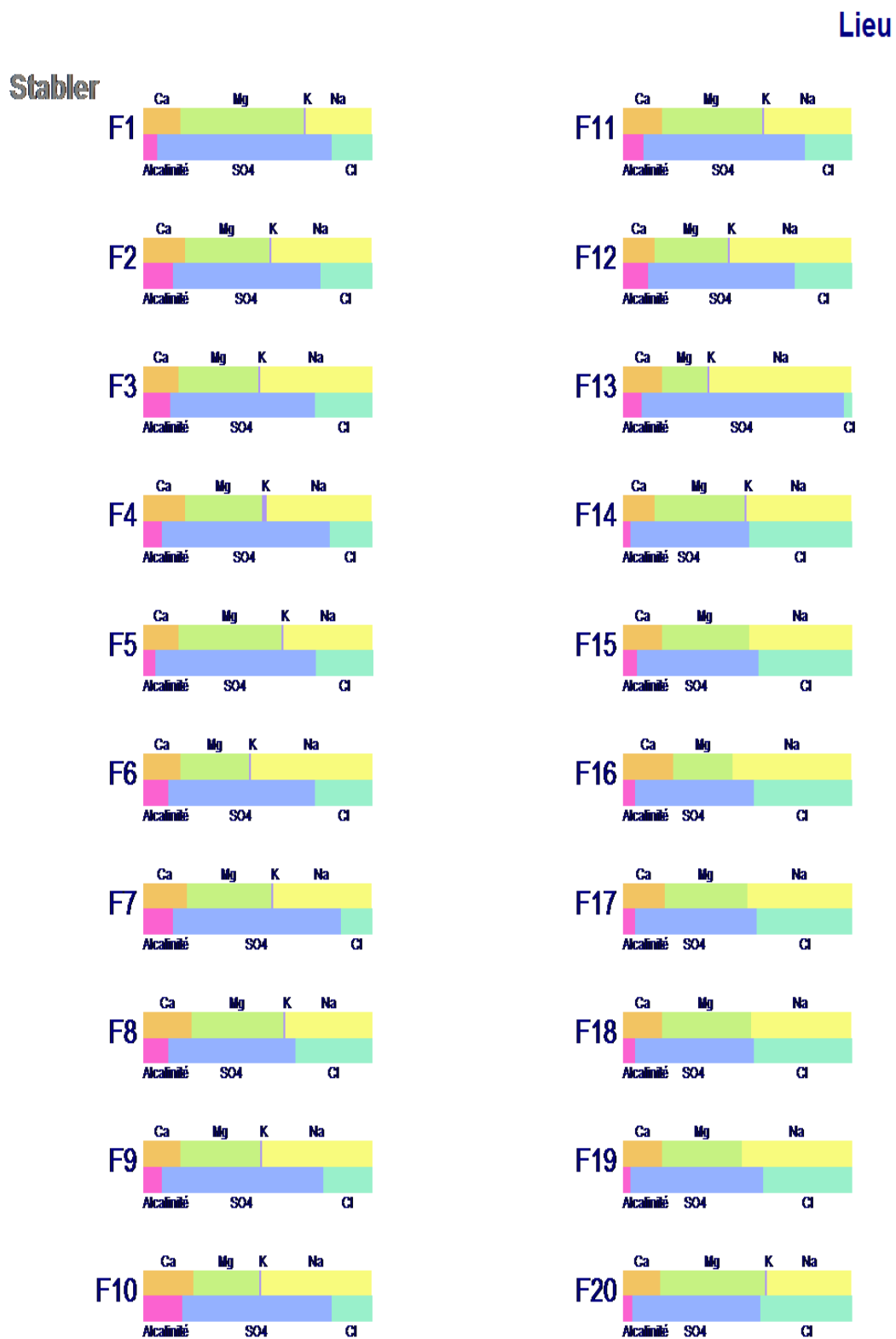


Figure IV.50. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stabler des eaux souterraines dans la région de Biskra

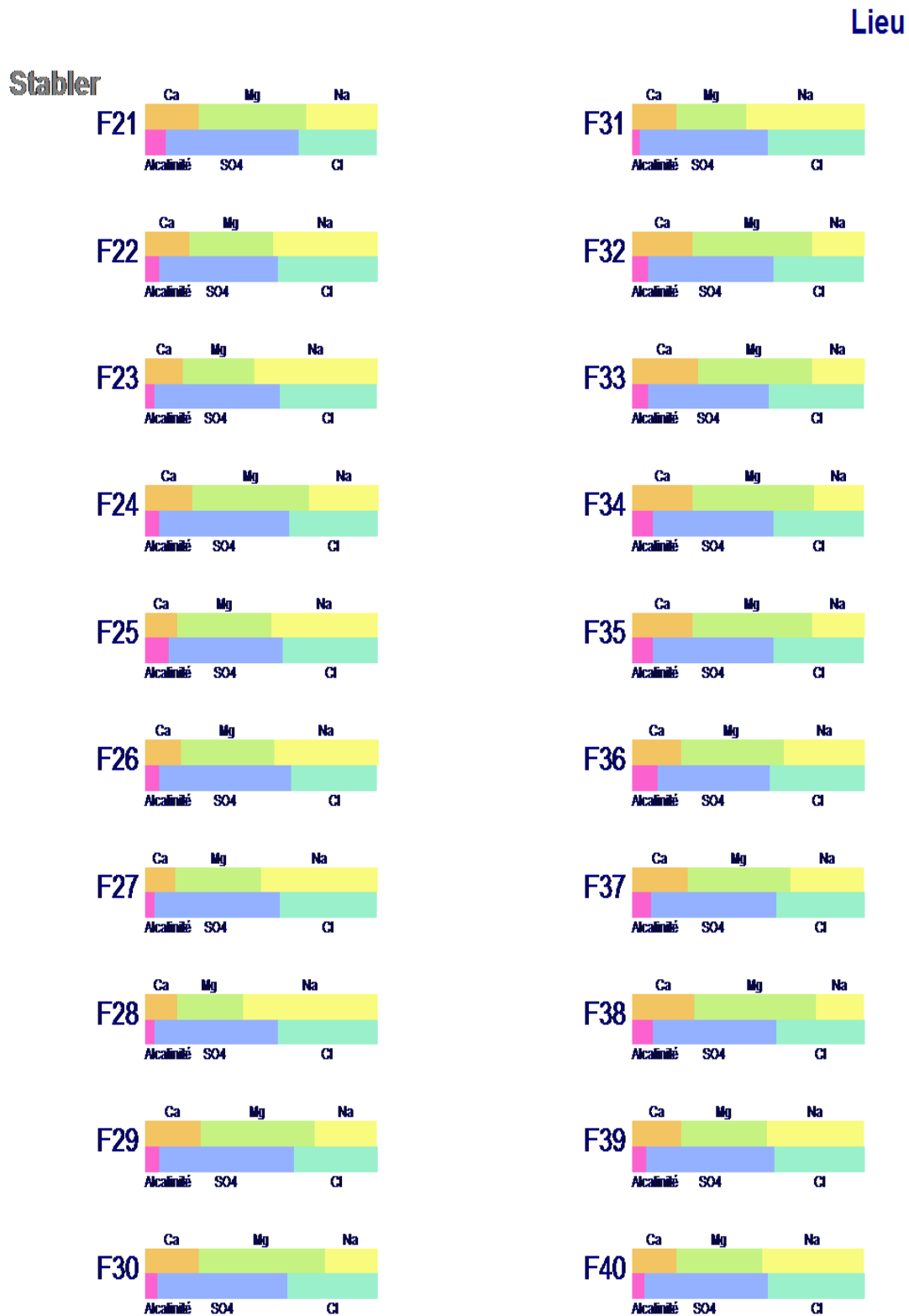


Figure IV.51. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la région de Biskra

Lieu

Stabler



Figure IV.52. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la région de Biskra

### I.2.2. Diagramme de Piper

Le diagramme triangulaire de Piper permettent d'évaluer les pourcentages des éléments chimiques ainsi que leur classification. Ils permettent, en outre, de suivre l'évolution spatiale et temporelle du chimisme entre les différentes campagnes.

Pour une bonne interprétation de cette représentation, on est obligé de bien expliquer la répartition des éléments sur les deux triangles, celui des cations et celui des anions, qui expliquent le losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs

Les eaux de la nappe du Continental Intercalaire représentées sur le diagramme de Piper montrent une faible diversité. Ces points sont regroupés au pôle chloruré et sulfaté calcique et magnésien ainsi que le pôle chloruré sodique et sulfaté sodique. Ces faciès dénotent l'influence des terrains triasiques salifères (djabel El Mellah) et le lessivage des terrains lagunaires gypsifères.

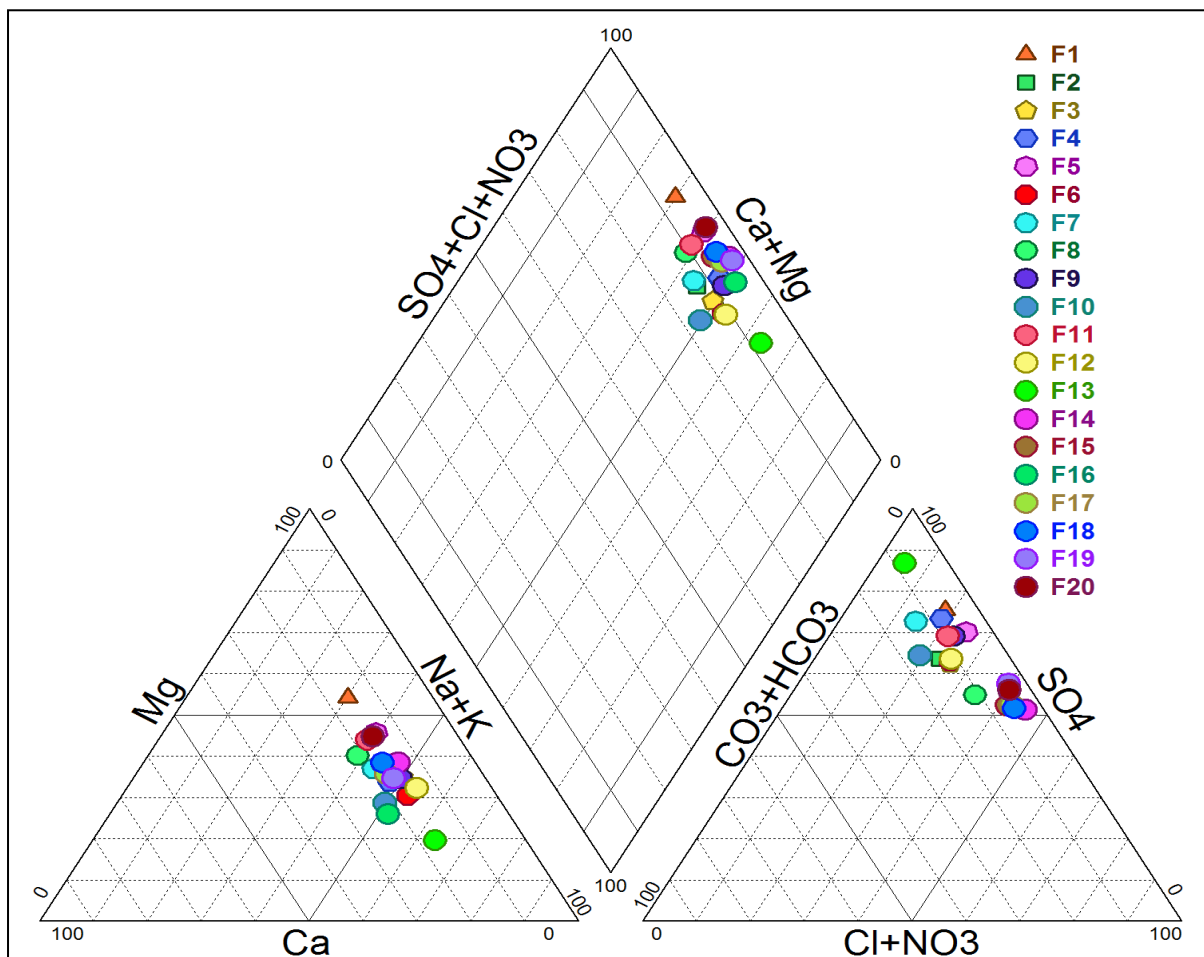


Figure IV.53. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.

Le diagramme de piper des eaux souterraines montre une grande variabilité du faciès chimique. Ces derniers apparaissent comme suit :

Faciès Sulfaté – Magnésien : Ce faciès se rencontre au niveau du F1, F5, F11, F20. Il provient des formations gypsifères qui forment le seul séparant des terrasses de la vallée ancienne et celle de la vallée actuelle.

Faciès Sulfaté Chloruré Sodique : F14

Faciès sulfaté sodique : ce faciès se rencontre au niveau du F2, F3, F4, F6, F7, F8, F9, F10, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F19. Provient des formations gypsifères et les formations argileuses.

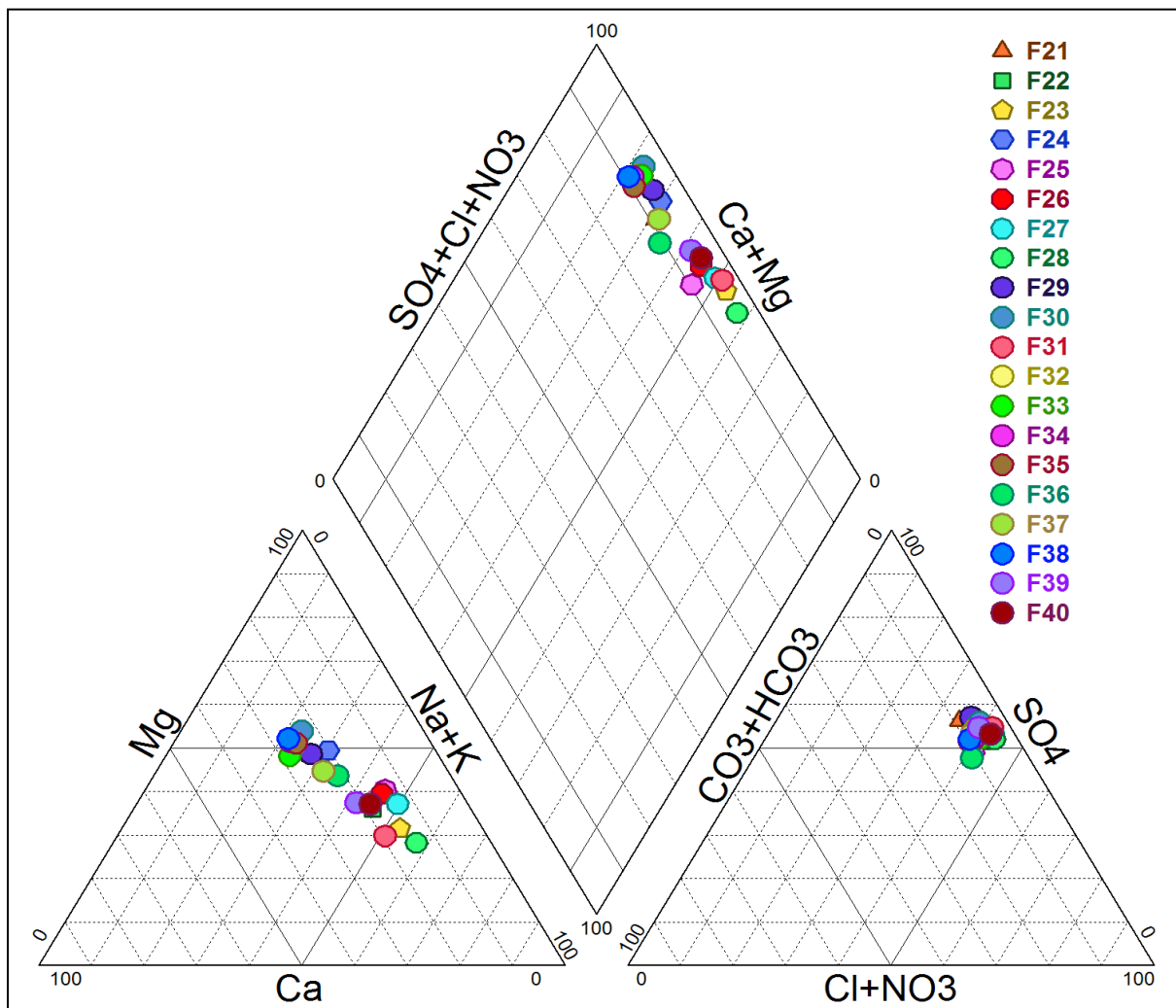


Figure IV.54. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.

Le diagramme de piper des eaux souterraines montre une grande variabilité du faciès chimique. Ces derniers apparaissent comme suit :

Faciès Sulfaté Chloruré Sodique : F22, F23, F25, F26, F27, F28, F31 Proviennent des formations gypsifères et les formations argileuses. Ce faciès se rencontre au niveau des puits (). En général, les eaux de ce faciès sont issues des formations marneuses, argileuses et gréseuses. Faciès Sulfaté – Magnésien (F21, F24, F29, F30, F32, F33 F34, F35, F36, F37, F38 F39, F40) provient des formations gypsifères qui forment le seul séparant des terrasses de la vallée ancienne et celle de la vallée actuelle

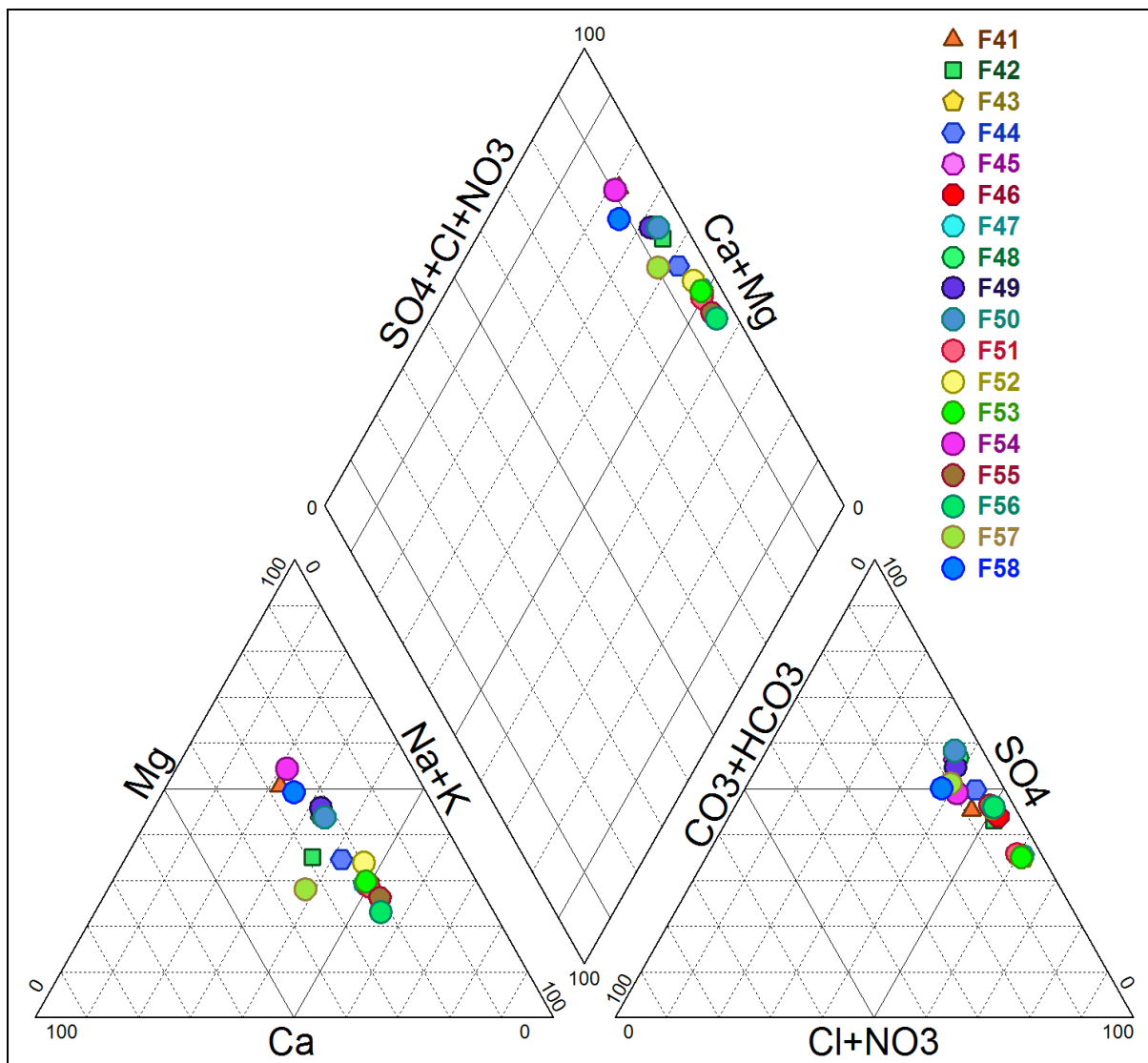


Figure IV.55. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.

Faciès chloruré sodique : se manifeste au niveau des puits (F43, F47, F51, F53). Ce faciès indique une dissolution évaporitiques riche en sels, cela est dû à l'existence des lentilles évaporitiques.



Chloruré Sulfaté Sodique : Ce faciès se rencontre au niveau des puits (F41, F42, F46, F52, F55, F56). En général, les eaux de ce faciès sont issues des formations marneuses, argileuses et gréseuses

Faciès Sulfaté – Magnésien (F45, F48, F49, F50, F54, F58) provient des formations gypsifères qui forment le seul séparant des terrasses de la vallée ancienne et celle de la vallée actuelle

Faciès Sulfaté Chloruré Sodique (F44). Provient des formations gypsifères et les formations argileuses.

Faciès Sulfaté Sodique : F57 Provient des formations gypsifères et les formations argileuses.

### I.2.3. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Dans ce diagramme on reporte directement les résultats des analyses chimiques en mg/l.

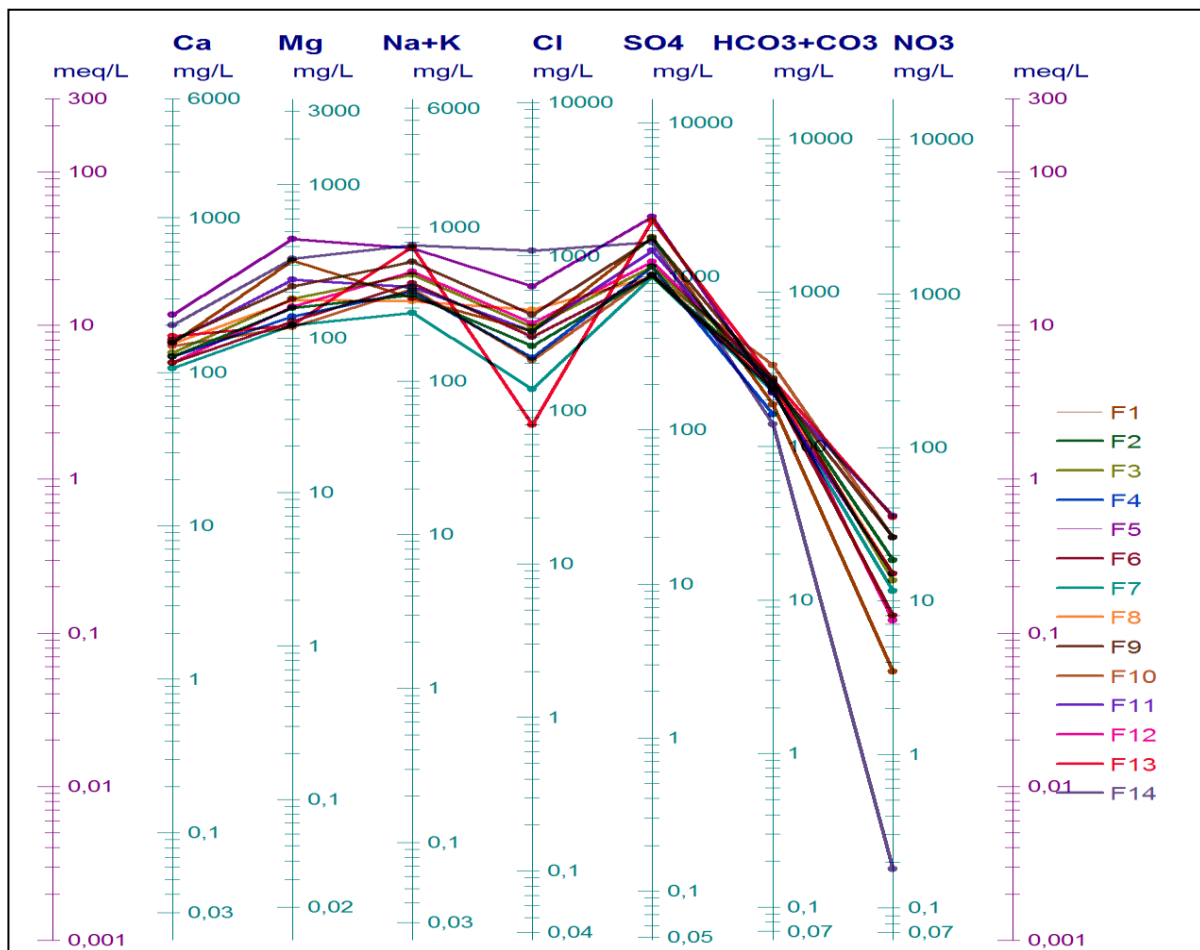


Figure IV.56. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra.

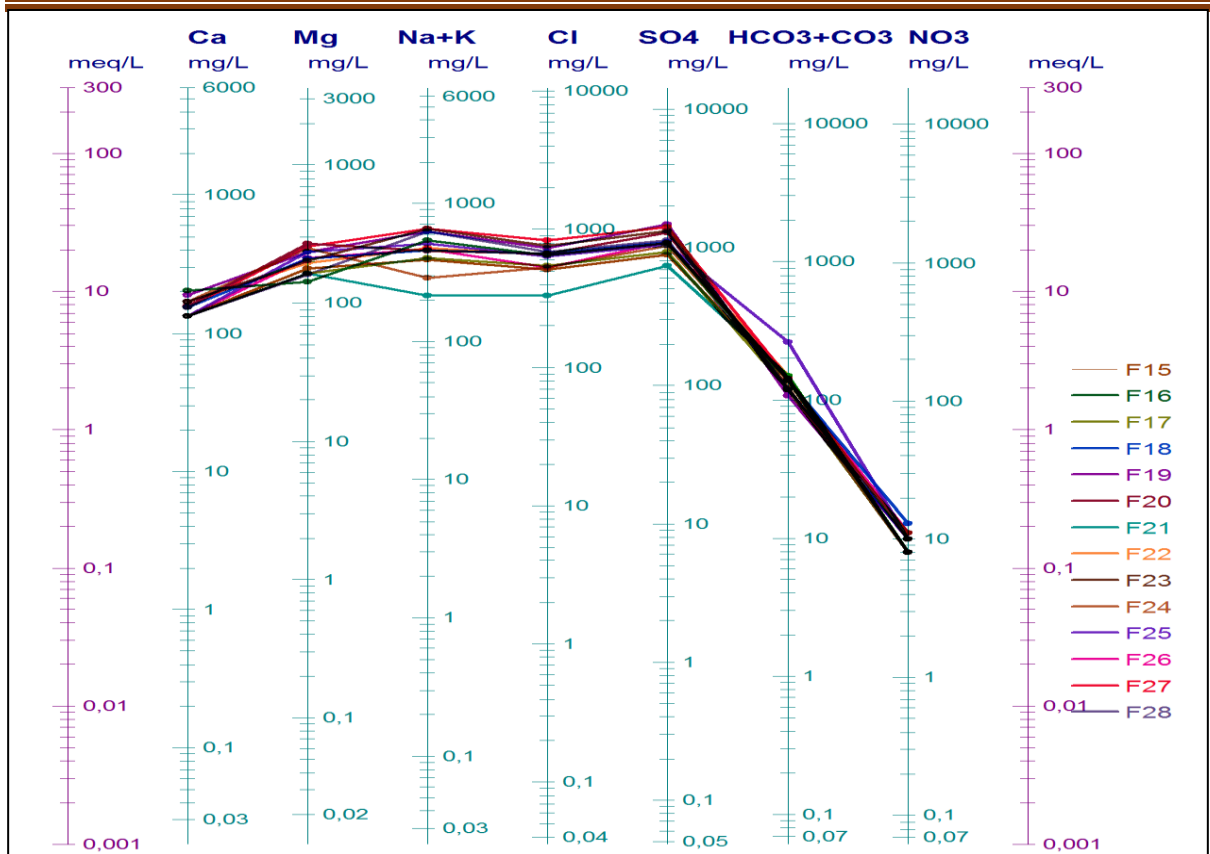


Figure IV.57. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra

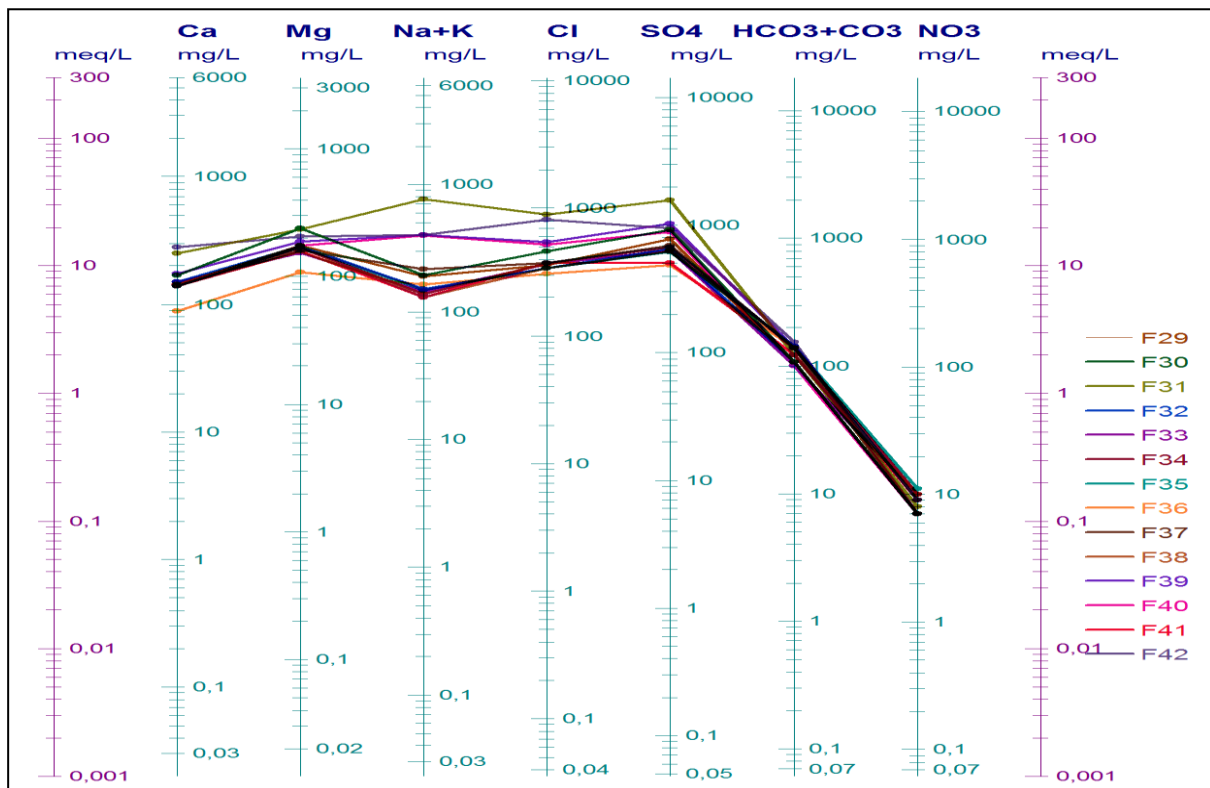


Figure IV.58. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra

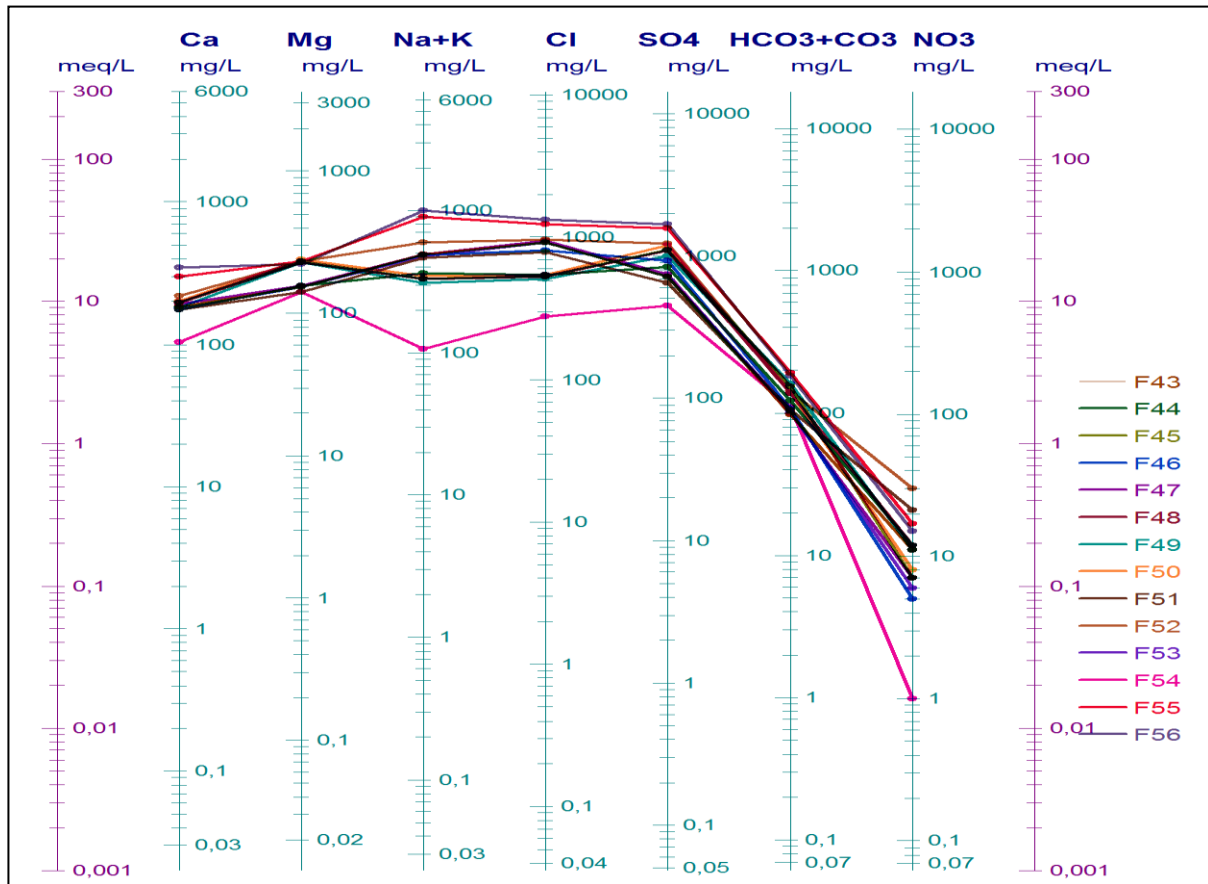


Figure IV.59. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff des eaux souterraines dans la wilaya de Biskra

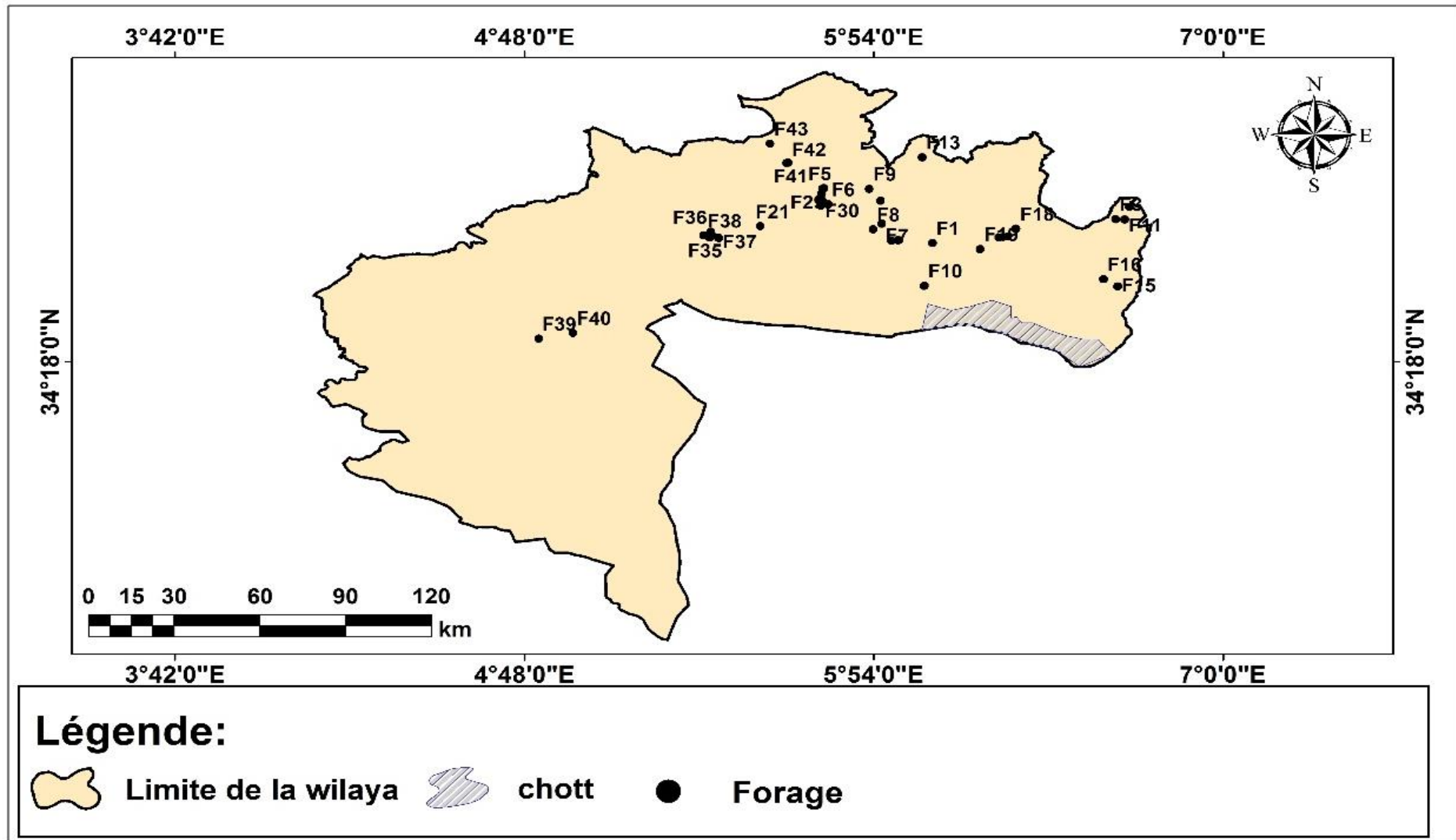


Figure IV.60. Carte d'inventaire des points de prélèvements dans la wilaya de Biskra. Boutouga F. 2016.

### I.3. Origine et signification géochimique des éléments chimiques :

**I.3.1. Les ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  :** ces ions ont toujours une origine interne au système. Ils proviennent, surtout, de la dissolution des roches calcaires et dolomitiques. Le calcium peut aussi provenir du gypse. Ils indiquent, principalement le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère.

**I.3.2. Les ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^{+2}$  et  $\text{K}^+$  :** ils sont d'origine, principalement, externe. Ils peuvent provenir des formations salifères du Trias ou des formations marneuses et argileuses. Na et K peuvent provenir de l'altération des minéraux silicatés. En revanche l'élément Cl peut avoir une origine météorique (lessivage des formations lithologiques par les apports pluviométriques). Ces ions sont, généralement, très peu abondants dans les terrains carbonatés, excepté dans des conditions particulières de gisement (**Bakalovicz, 1979**).

**I.3.3. Les ions sulfates  $\text{SO}_4^{-2}$  :** les eaux naturelles contiennent, pratiquement, toujours des ions sulfatés dans des proportions très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité des sulfates de calcium dans les roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures se trouvant dans les roches. Cependant, ils peuvent aussi provenir de l'oxydation dans l'atmosphère, de l'anhydrite sulfureuse par combustion des hydrocarbures (**Bakalovicz, 1979**).

**I.3.4. Les bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  :** l'origine des bicarbonates est attribuée elle aussi à la dissolution des formations carbonatées (calcaire), quelque puits révèle des teneurs assez élevées en  $\text{HCO}_3$  dans le F16 et F18.

### I.4. Fiabilité des analyses :

Le calcul de la balance ionique permet le calcul de l'erreur, selon la formule :

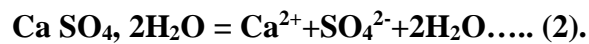
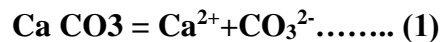
$$\text{BI} = (\Sigma c - \Sigma a / \Sigma c + \Sigma a) * 100.$$

Pour une erreur de 10%, nous déduisons que l'analyse est bonne. Le 10% se justifie par le fait que les eaux de la région sont très chargées et par le temps mis pour la réalisation de l'analyse.

### I.4.1. Normes de potabilité des éléments majeurs OMS 1994 (Teneurs maximales admissible pour l'A.E. P).

#### I.4.1.1. Le calcium $\text{Ca}^{+2}$ :

La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit à la dissolution des formations carbonatées ( $\text{Ca CO}_3$ ), soit la dissolution des formations gypseuses ( $\text{Ca SO}_4$ ).



Ils n'existent pas de limites pour la teneur en calcium, mais une eau dure présente de nombreux inconvénients. L'O.M. S donne des limites pour le  $\text{Ca}^{+2}$  de 100 à 200 mg/l.

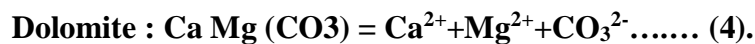
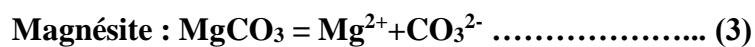
Les résultats de mesure obtenus au laboratoire montrent que tous les points d'eau de la plaine (eaux de la nappe du complexe terminal) présentent des concentrations supérieures à 100 mg/l, elles varient de 88 mg/l au niveau de forage F36 et 344 mg/l dans le forage F56.

Ce constat, nous permet de dire que les eaux restent dans les limites de potabilité.

L'ion  $\text{Ca}^{++}$ , peut provenir soit de la dissolution des formations carbonatées (1) et la dissolution des formations gypseuses (2).

#### I.4.1.2. Le magnésium $\text{Mg}^{++}$ :

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



Les teneurs en magnésium sont comprises entre 77 à 441,5 mg/l pour les eaux souterraines.

L'évolution des teneurs est identique à celle du calcium, la comparaison des concentrations avec les normes de potabilité montre qu'une grande partie des points d'eau possède des teneurs supérieures à la norme de potabilité (50mg/l).

**I.4.1.3. Les Chlorures  $\text{Cl}^-$  et le sodium  $\text{Na}^+$  :**

L'origine de ces éléments est liée principalement à la dissolution des minéraux salifères.

$\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \dots\dots\dots (5)$ .

La teneur en chlorures des eaux souterraine comprise entre 80 mg/l et 1328 mg/l).

Dans le cas des eaux des nappes étudiées, nous remarquons que la majorité des points d'eau dépassent la norme de 250 mg/l.

Les teneurs du Sodium sont comprises entre (102 et 997 mg/l) pour Les eaux souterraines

Les chlorures sont dangereux pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires, mais en général des teneurs de 700mg/l de Na Cl ne présentent aucun inconvénient pour l'homme.

**I.4.1.4. Le potassium  $\text{K}^+$  :**

Les résultats de mesure ont donné des teneurs de l'ordre de (1 à 23,5 mg/l), supérieures à la limite de potabilité (12mg/l) fixé par l'OMS.

**I.4.1.5. Les sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  :**

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypsifères. Les teneurs déterminées sont comprises entre (421 et 2463 mg/l).

**Remarque :** les concentrations observées, sont supérieures à la norme de potabilité (500mg/l pour les eaux souterraines). Cependant, certains points présentent des concentrations inférieures à la norme.

**I.4.1.6. Les bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  :**

Les bicarbonates résultent de la dissolution des roches calcaires. Les teneurs en bicarbonates déterminées sur l'ensemble des points d'eaux analysés varient entre 98 mg/l et 335,5 mg/l.

**I.4.1.7. Les nitrates  $\text{NO}_3^-$  :**

Ils représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble, sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

Les teneurs en nitrates sont faibles et varient de 0 et 35,5 mg/l).

**II. Analyse en composantes principales (A.C.P) :****II.1. Généralités**

La statistique multidimensionnelle a pour objet la description simultanée des données volumineuses, fournissant ainsi des informations à des éléments d'interprétation qu'on ne peut obtenir par les traitements classiques.

L'analyse en composante principale (A.C.P) permet une analyse des relations entre les nombreuses variables donnant ainsi des informations sur l'évolution du chimisme des eaux et la détermination des caractères dominants dans le milieu.

L'analyse en composante principale (A.C.P) est une méthode descriptive ayant pour objet la description des données contenues dans un tableau d'individus à caractères numériques (P caractères sont mesurés sur n individus).

Le schéma de l'A.C. P est une méthode de réduction du nombre des caractères permettant une représentation géométrique des individus et des caractères.

Cette réduction ne sera possible que si les P caractères initiaux ne soient pas indépendants et ont des coefficients de corrélation non nuls.

L'A.C. P est une méthode factorielle, car la réduction du nombre de caractères ne se fait pas sur une simple sélection de certains d'entre- eux, mais par la construction de nouveaux caractères synthétiques obtenus en combinant les caractères initiaux au moyen des facteurs.

C'est une méthode linéaire car il s'agit de combinaison linéaire. Partant d'un tableau de données sur lequel figurent en colonnes (P) variables et en lignes (n) échantillons, il est possible de représenter chaque échantillon par un point dans un espace à P dimension (espace de variable). Egalement chaque variable peut être représentée dans un espace à n dimensions (espace des échantillons).

On obtient ainsi un nuage de points dont il est impossible de visualiser la structure.

Aussi faut-il avoir recours à une représentation dans un espace à dimensions réduites (deux en général) déterminé à partir des axes principaux du nuage de points.

Chaque axe factoriel est choisi de façon à décrire le maximum de variance du nuage de points.

L'association deux à deux de ces axes aux facteurs permet une représentation graphique plane de ce nuage.

Généralement le calcul se poursuit jusqu'au facteur qui exprime 90% au moins de la variance totale.

Pour conserver au maximum la forme du nuage, donc son inertie par rapport au centre de gravité, on centre la variable, c'est-à-dire on fait passer les axes principaux de projection par le centre de gravité, il s'agit alors d'une A.C.P centré.



De plus, afin d'éliminer l'influence de la taille des variables dépendant des unités choisies, on considère comme variable dans l'A.C.P réduite le rapport de chaque valeur à son écart-type ; l'A.C.P est alors dite centrée réduite.

## II.2. Valeurs propres

Le premier axe principal a une valeur propre égale à 4.43, il explique 34,13% de la variance totale, la seconde égale à 2,91 explique 22,43% de la variance totale. Les pourcentages de variation ne sont pas assez élevés pour les deux premiers axes avec un cumule de 56,56%. Nous allons donc nous limiter à trois axes pour nos interprétations avec un cumule de 71,48%.

Tableau IV.24. Des valeurs propres (A.C.P)

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics (Biskra.sta) Active variables only				
	<b>Eigenvalue</b>	<b>% Total - variance</b>	<b>Cumulative - Eigenvalue</b>	<b>Cumulative - %</b>
<b>F1</b>	4,437656	34,13582	4,43766	34,1358
<b>F2</b>	2,916424	22,43403	7,35408	56,5698
<b>F3</b>	1,939155	14,91658	9,29323	71,4864
<b>F4</b>	1,143129	8,79330	10,43636	80,2797
<b>F5</b>	0,867548	6,67345	11,30391	86,9532
<b>F6</b>	0,539201	4,14770	11,84311	91,1009
<b>F7</b>	0,319108	2,45468	12,16222	93,5555
<b>F8</b>	0,278992	2,14609	12,44121	95,7016
<b>F9</b>	0,248160	1,90892	12,68937	97,6106
<b>F10</b>	0,164670	1,26669	12,85404	98,8773
<b>F11</b>	0,113830	0,87562	12,96787	99,7529
<b>F12</b>	0,025364	0,19511	12,99324	99,9480
<b>F13</b>	0,006762	0,05202	13,00000	100,0000

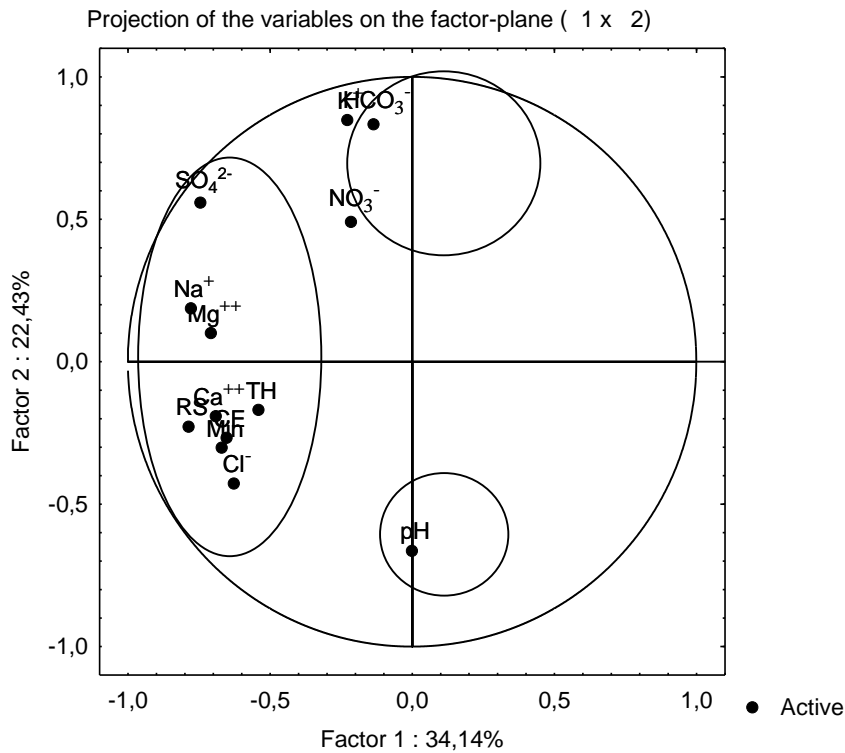


Figure IV.61. Projection des variables : Plan (F1-F2)

L'observation du cercle de la projection des variables sur le plan (F1-F2), présentant une variance cumulée de 56,57%, montre selon l'axe F1 qui regroupe dans son sens négatif un nuage de ponts ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  et RS), responsables des éléments de la minéralisation et des faciès chimiques.

L'axe F2 ayant une variance de 22,43% regroupe dans son sens positif les nitrates, le potassium et les bicarbonates et les oppose au pH, traduisant ainsi un axe de pollution. (Figure IV. 61) c.a.d ces eaux sont pauvres en bicarbonates et potassium.

Tableau IV.25. Matrice de corrélation :

	TH	RS	MIN	CE	PH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>
TH	1,000	<b>0,639</b>	<b>0,527</b>	0,457	0,038	0,087	0,421	0,147	0,041	0,091	0,260	-0,013	-0,116
RS	<b>0,639</b>	1,000	<b>0,668</b>	<b>0,614</b>	0,081	0,387	<b>0,598</b>	0,371	-0,098	0,366	0,400	-0,010	0,118
MIN ??	<b>0,527</b>	<b>0,668</b>	1,000	<b>0,963</b>	-0,003	0,255	0,232	0,286	-0,071	0,284	0,195	-0,046	0,000
CE	0,457	<b>0,614</b>	<b>0,963</b>	1,000	-0,044	0,268	0,193	0,290	-0,021	0,273	0,213	-0,064	0,026
PH	0,038	0,081	-0,003	-0,044	1,000	0,284	-0,105	0,019	<b>-0,567</b>	0,379	-0,295	-0,418	-0,086
Ca <sup>2+</sup>	0,087	0,387	0,255	0,268	0,284	1,000	0,457	<b>0,656</b>	-0,041	<b>0,767</b>	0,470	-0,079	0,146
Mg <sup>2+</sup>	0,421	<b>0,598</b>	0,232	0,193	-0,105	0,457	1,000	0,415	0,251	0,401	<b>0,665</b>	0,050	0,015
Na <sup>+</sup>	0,147	0,371	0,286	0,290	0,019	<b>0,656</b>	0,415	1,000	0,335	<b>0,711</b>	<b>0,757</b>	0,221	0,285
K <sup>+</sup>	0,041	-0,098	-0,071	-0,021	<b>-0,567</b>	-0,041	0,251	0,335	1,000	-0,204	<b>0,648</b>	<b>0,671</b>	0,210
Cl <sup>-</sup>	0,091	0,366	0,284	0,273	0,379	<b>0,767</b>	0,401	<b>0,711</b>	-0,204	1,000	0,255	-0,324	-0,074
So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0,260	0,400	0,195	0,213	-0,295	0,470	<b>0,665</b>	<b>0,757</b>	<b>0,648</b>	0,255	1,000	0,452	0,385
Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,013	-0,010	-0,046	-0,064	-0,418	-0,079	0,050	0,221	<b>0,671</b>	-0,324	0,452	1,000	<b>0,534</b>
No <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,116	0,118	0,000	0,026	-0,086	0,146	0,015	0,285	0,210	-0,074	0,385	<b>0,534</b>	1,000

D'après le tableau de la matrice de corrélation on constate que les variables qui sont bien corrélées entre-elles sont mentionnées en gras. On cite notamment les corrélations suivantes ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) avec un pourcentage de 0,66 et ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Na}^+$ ) :  $r=0,75\%$  et ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{K}^+$ ) : 0,64 ; ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ) et entre ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ) et ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), ( $\text{K}^+$ ,  $\text{pH}$ ) et entre (Ce, Min), (CE, Rs), (Th, RS), (Th, Min) et (RS,  $\text{Mg}^{+2}$ ).

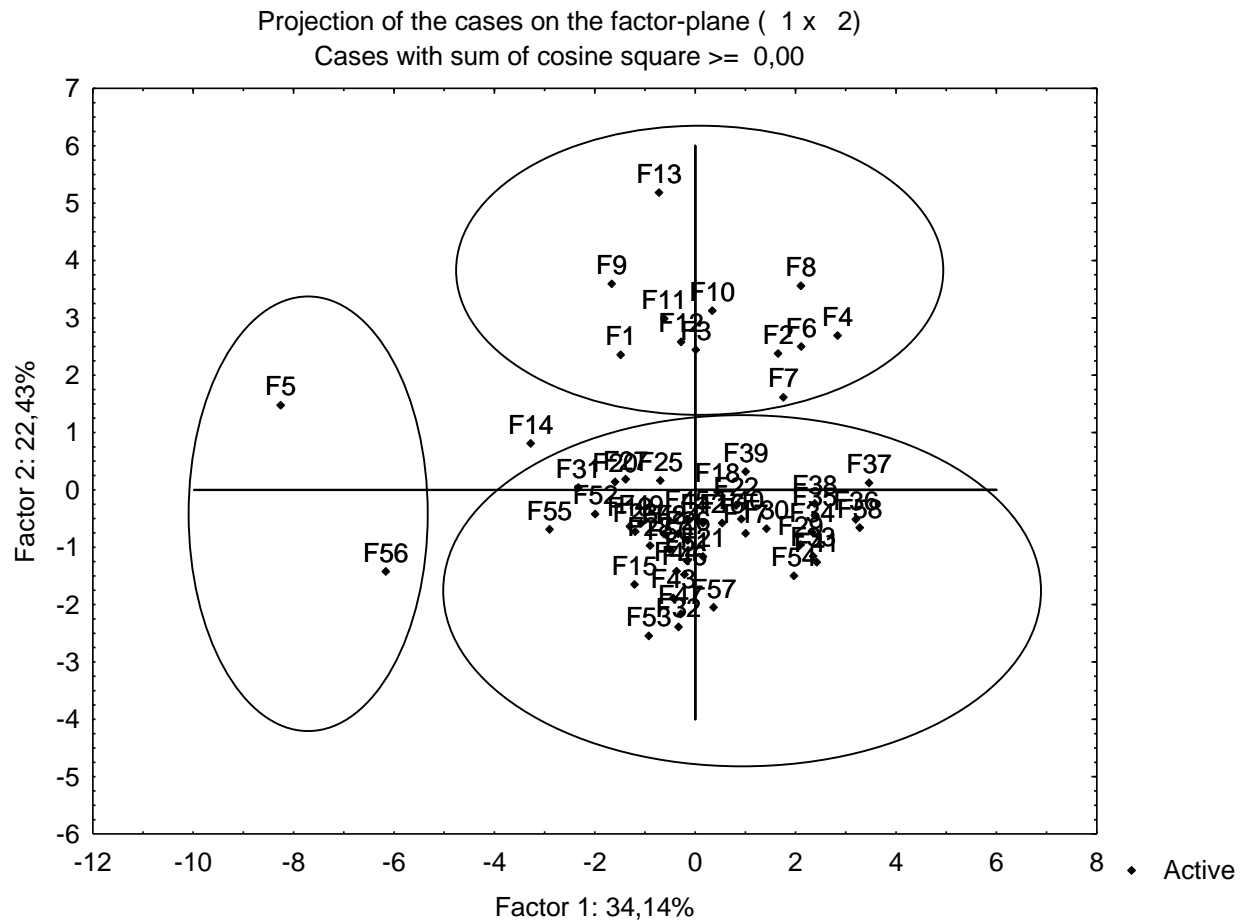


Figure IV.62. Projection des individus

Le plan de projection des variables selon le plan (F1-F2), montre que l'axe F1 regroupe dans son sens négatif les points F5 et F56 présentant une très forte minéralisation avec des valeurs très importantes en CE.

L'axe F2 regroupe dans son sens positif un nuage de points présentant les éléments à forte minéralisation (F13, F9, F11, F10, F8, F1, F2, F4, F2, F6 et F7), ils s'opposent à un nuage de points dans son sens négatif, caractérisés par des éléments à minéralisation moyenne.

En conclusion l'AC.C. P a regroupé les éléments analysés en fonction de leur minéralisation et la conductivité électrique.

**Conclusion :**

L'étude hydrochimie a été réalisée afin de caractériser la qualité des eaux souterraines et leurs aptitudes vis-à-vis l'utilisation agricole et pour l'AEP, et de connaître les facteurs naturels et anthropiques qui influent sur cette qualité. Plusieurs modes et outils d'interprétation ont été utilisés (diagrammes et ACP), qui ont montré :

L'interprétation des analyses chimique des eaux de surface et l'eau souterraine nous pouvons dire que les ions dominants sont le plus souvent les sulfates et les chlorures les parmi anions et le sodium et le magnésium parmi les cations. Aussi nous pouvons dire que les eaux de la région étudiée présentent deux faciès suivant le sens de l'écoulement, sulfaté magnésienne et sodique en amont avec une tendance à devenir chloruré sodique et potassique à l'aval. Compte tenu de l'évaporation intense, les nappes phréatiques sont souvent hyper chlorurées sodiques

Le chimisme des eaux dans la région de Biskra est caractérisé par une grande variabilité de la salinité dans l'espace. La minéralisation augmente progressivement d'Ouest vers le centre et l'aval de la nappe. Les eaux sont moins chargées en sels à l'Ouest, alors qu'elles présentent au centre et en aval une salinité assez élevée. Cette salinité est surtout contrôlée par les ions sulfates, chlorures, calcium et sodium ; La présence de plusieurs faciès chimiques marquant ainsi l'hétérogénéité de la lithologie.

En effet, on peut citer les faciès sulfatés et chlorurés résultant des formations évaporitiques et salifère, surtout dans la partie Nord de l'aquifère.

En conclusion l'AC.C. P a regroupé les éléments analysés en fonction de leur minéralisation et la conductivité électrique.

Concernant les individus, on note la présence de plusieurs classes pour les deux campagnes, les classes se diffèrent selon ; les degrés de minéralisation des échantillons (les valeurs de la CE), les anions et les cations dominants (faciès chimique), les concentrations en nitrates ainsi que la géolocalisation de ces points.

Pour les variables, on a trouvé la dépendance des éléments chimique entre elles à des degrés différents à l'exception des nitrates, bicarbonates et du potassium selon la campagne.

## **Chapitre V**

### **Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans la wilaya de Biskra**

**Chapitre V : Diagnostic quantitatif des ressources en eau dans la région de Biskra****Introduction.**

Nous avons mis en relief dans la première partie les conditions naturelles qui caractérisent les Zibans, à travers notamment un climat aride.

Il serait ici intéressant de faire une tentative d'évaluation des ressources potentielles en eau et des besoins, qui constituent la deuxième partie de notre travail.

Tout le développement de la région passe par l'extension et la rationalisation de ses activités, ce qui exige une maîtrise des problèmes de l'eau. Dans cette région du Nord Sahara l'eau est le facteur limitant du développement économique et surtout de l'activité agricole. C'est pourquoi il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur. L'étude de l'évolution des ressources souterraines a été réalisée auparavant, grâce aux travaux concernant les nappes aquifères de la région.

Les Zibans font partie d'un immense bassin sédimentaire qui est le Bas-Sahara. Ce bassin est particulièrement bien doté en formations perméables autorisant la circulation souterraine des eaux. Les unes, surmontées de terrains imperméables, permettent l'existence des nappes captives, tandis que les autres, situées au sommet des dépôts, sans couverture étanche, peuvent receler des nappes phréatiques.

Les eaux souterraines appartiennent donc, à un bassin hydrogéologique complexe dont les principaux éléments sont constitués par quatre ensembles aquifères superposés :

Nappe phréatique superficielle des alluvions

Nappe des sables du Moi-Pliocène

Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur

Nappe profonde des grès du continental intercalaire dit nappe albienne.

Les deux Oueds de la région sont les principaux affluents d'oued Biskra, dont les apports sont issus de la zone Nord des Zibans ; autrement dit, des versants sud des Aurès, qui s'écoulent vers la cuvette du Chott Melrhir. Ces apports illustrent dans un sens l'importance de la lame d'eau reçue, en plus de son impluvium propre à la région des Zibans, qui va alimenter les réservoirs souterrains.

## I. 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.

A l'image d'un climat capricieux d'eaux alimentant les Zibans ont un écoulement périodique très irrégulier. Les oueds les plus importants prennent naissance dans les Aurès (versant Sud), où les précipitations sont de l'ordre de 400 mm à 500 mm/an et plus. L'irrégularité des écoulements des oueds, accentuée par la faiblesse d'un équipement hydrométrique, rend extrêmement difficile la quantification des écoulements à différents niveaux des oueds.

En effet, les moyens dont nous disposons sont malheureusement très limités. Citerons en exemple la faiblesse et l'absence totale de relevés hydrométrique. Notamment sur les oueds Biskra et Djedi, Abiod et Oued El Arab, nécessaire à toute étude d'hydrologie. Les données obtenues le sont grâce aux stations situées en amont sur l'oued. Mais elles seront évidemment loin d'être précises. Ceux-ci constituent une approche des ressources disponibles. Ces oueds présentent un intérêt majeur pour l'alimentation des nappes phréatiques des Zibans.

### I.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. L'organisation de ce réseau hydrographique est parfaitement conforme à l'agencement des ensembles morpho-structuraux. Il existe toutefois des cas d'inadaptation où le réseau hydrographique suit une direction contraire à l'alignement des reliefs, à l'exemple de l'oued Messaad, lorsque celui-ci traverse les derniers reliefs gréseux du piémont Sud et de l'oued M'zi, lorsqu'il traverse le Djebel Lazreg, grâce à des accidents qui fractionnent ce massif à l'Est.



## I.2. Oued El Abiod

C'est l'oued le plus important du massif de l'Aurès. Entre 1950 et 1960, l'apport moyen était de  $21,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$ . Il est équipé depuis 1950 du barrage de Foum el Gherza, d'une capacité initiale de  $47 \text{ Mm}^3$ . Actuellement, le colmatage par les alluvions limite la capacité du réservoir à  $21 \text{ Mm}^3$  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  $18 \text{ Mm}^3$ . Il est suivi à la station de M'Chouneche, juste en amont du barrage. De 1972 à 1994, le débit moyen a été de  $11,7 \text{ Mm}^3$  ( $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ ), correspondant à une lame d'eau écoulée de 11 mm.

## I.3. Oued El Arab

Il sépare le massif des Aurès de celui des Némencha. 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  $31 \text{ Mm}^3$  ( $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ ), correspondant à une lame d'eau écoulée de 14 mm.

## I.4. Oued Biskra

Limité à Biskra, ce sous bassin couvre une superficie de  $2800 \text{ km}^2$ , 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 V.26. Les apports des oueds de la région des Zab Est de Biskra.

N°	Oueds	Longueur (Km)	Apport interannuel (m <sup>3</sup> /an)
1	Oued Djedi	92	32,70
2	Oued El Arab	112	31
3	Oued El Abiod	80	11,20
4	Oued Biskra	57	6,05

## II. Les eaux souterraines

La région de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées en plus de la nappe phréatique du quaternaire par deux systèmes aquifères, qui sont le complexe terminal et le continental intercalaire. Dans les pays en voie de développement à climat aride, le rôle des eaux souterraines est d'autant plus important qu'elles constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau potable et sont donc vitales pour le développement de ces pays (TRAVI, 1993).

Pour le Sahara Septentrional Algérien, l'essentiel des ressources est constitué par les eaux souterraines. Ces dernières, contenues dans les formations continentales du continental intercalaire (C.I) et du complexe terminal (C.T) constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970 ; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau (ANRH 1986) Les conditions lithologiques, hydrodynamiques et hydro-chimiques sont variées, notamment dans la partie Est de la région, et confèrent de ce fait un intérêt particulier à ces nappes (ERESS, 1972). Par ailleurs, diverses études entreprises depuis une trentaine d'années, ont montré que les eaux de cette région sont caractérisées par une minéralisation totale excessive, le plus souvent associées à une dureté élevée et des concentrations élevées en fluorures (ACHOUR, 1990 ; AZOUT et ABRAHAM, 1978 ; PINET et al., 1961).

## **II.1. Les nappes aquifères**

### **II.1.1. Nappe de Quaternaire**

Cette formation est constituée par des dépôts alluvionnaires qui renferment une nappe phréatique de faible profondeur, de faible débit et mauvaise qualité d'eau à l'exception de la nappe d'oued Biskra.

### **II.1.2. Nappe de Mio-pliocène**

C'est la nappe la plus sollicitée dans cette zone. Elle se caractérise par une profondeur moyenne de l'ordre 400 m, d'un débit de 15 l/s et d'une qualité chimique moyenne à bonne.

### **II.1.3. Nappe de Pontien**

C'est un aquifère important, exploité dans la partie Sud de la zone, il se caractérise par une profondeur qui va jusqu'à 900 m, d'un débit moyen de 30 l/s et d'une qualité chimique moyenne.

### **II.1.4. Nappe de Maestrichtien**

Cette formation est exploitée dans les zones montagneuses à une profondeur moyenne de 300 m, cet aquifère présente un débit de l'ordre de 20 l/s et une bonne qualité chimique de l'eau.

### **II.1.5. Nappe de l'Albien (Barrémien)**

Cette nappe exploitée principalement dans la ville de Biskra et la commune d'Ourelal, la profondeur dépasse le 2500 m.

### **II.1.6. Nappe d'Eocène inférieur**

Cette formation est exploitée dans la partie Nord et Nord-ouest de la région d'étude, il se caractérise par un débit moyen de 20 l/s avec une profondeur varie entre 90 à 500 m et une qualité d'eau moyenne.

### **II.1.7. Nappe de Sénonien**

Il est séparé de l'éocène inférieur au sud de la région de Biskra (Oumeche et M'lili) par une épaisse couche de marne argile, ou il atteint la profondeur de 1000 m, il se caractérise par un débit jaillissant de 25 l/s et d'une qualité chimique de l'eau moyenne.

**III. La ressource hydrique à Biskra**

Les potentialités hydriques de la wilaya sont estimées à 2113,86 hm<sup>3</sup>/an, 96.62% de ces potentialités (soit 2042,43 hm<sup>3</sup>), constituent les réserves en eaux souterraines (dont 43% seulement sont mobilisées), 3,38% représentent les eaux de surface (soit 71.43 hm<sup>3</sup>) mobilisées par les barrages fontaine des gazelles et Foum el Gherza.

En matière de satisfaction des besoins de la population en eau potable (taux de satisfaction de l'ordre de 93%), le taux moyen de raccordement au réseau de l'A.E. P est de 84%. La dotation journalière moyenne atteint 262 l/j/habitant en zone urbain et de 226 l/j/habitant en zone rurale. Ce taux reste supérieur à la moyenne nationale.

Tableau V.27. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra 2016.

Daira	Commune	Population hab	Réseau d'eau potable	Lien (%)	Dotation Réelle (l/J/hab)
Biskra	Biskra	250403	445891	99	260
	El-hajeb	12333	7147	96	195
Loutaya	Loutaya	13603	46 178	99	150
Djamourah	Djamourah	15312	58 143	95	170
	Branisse	5372	38235	95	217
El Kantara	El Kantara	13902	50806	92	219
	Ain Zaatout	4594	17420	96	150
Sidi Okkba	Sidi Okkba	40810	103488	98	255
	El Haouche	6471	21 850	97	455
	Ain Naga	14653	63754	96	543
	Chetma	16742	28286	95	177
Zribet El Oued	Zribet El Oued	26742	61000	95	262
	Khengeut Sidi Nadji	3703	17000	95	236
	El feidh	15529	35575	85	205
	El Mizaraa	9265	31310	88	285
M'Chouneche	M'Chouneche	12310	51059	98	479
Tolga	Tolga	68008	127696	96	180
	Bouchagroune	15983	46900	96	160
	Bordj ben Azzouz	15470	25450	95	150
	Lichana	12010	22 504	97	150
Foughala	Foughala	15209	32820	94	180
	El Ghrous	19982	33600	90	180
Ouled Djelal	Ouled Djelal	77013	125218	97	160
	El Daoussen	32446	41983	96	150
	Ech Chaiba	16262	29 332	98	160
Sidi Khaled	Sidi Khaled	52753	132870	90	150
	Besbes	13105	83523	90	150
	Ras El Miaad	26742	46814	90	150
Ourlal	Ourlal	9067	24 567	91	150
	M'lili	7912	33 872	95	150
	Mekhadma	6658	25 450	92	150
	Oumache	12759	40 069	93	150
	Lioua	26082	45487	93	150
Total		889205	1995297	94	220

### III.1. État de la fourniture de réseau d'eau potable et d'assainissement :

La majorité des zones de l'État ont été raccordées au réseau d'eau potable, la longueur du réseau au cours de l'année 2016, était estimée à 94%. La distribution journalière d'eau par habitant est de 220 litres / jour Le principal problème des eaux salines est la salinité de l'eau potable à 2 g / l pour les régions méridionales de l'Etat (Biskra, Al-Hawash, Zeribah Al-Wadi, Ain Al-Naqa) Il convient de signaler que l'Etat, en plus des stations d'épuration des eaux usées de Biskra et Jalal, a récemment bénéficié d'une autre station de Sidi Khaled qui ne disposait auparavant d'aucune station d'épuration, rejetée dans les wadis sans aucun traitement susceptible de polluer fortement l'environnement.

### III.2. Les demandes en eau au niveau de la wilaya

Le secteur de l'irrigation est d'une grande importance dans le domaine du développement, de sorte qu'il joue un rôle stratégique dans la politique publique de l'Etat en termes de fourniture des besoins fondamentaux du citoyen.

La quantité d'eau consommée au niveau de l'État est de 1146 millions de m<sup>3</sup>, dont 22 millions de m<sup>3</sup> d'eau de surface ou 1,12%, et 1124 millions de m<sup>3</sup> d'eaux souterraines ou 98,08%.

La quantité d'aquifères souterrains utilisés sont répartie comme suit :

- 875 millions de m<sup>3</sup> pour l'agriculture, soit 85%
- 137 millions de m<sup>3</sup> pour boire, soit 14%
- 12 millions de mètres cubes alloués à l'industrie 1%

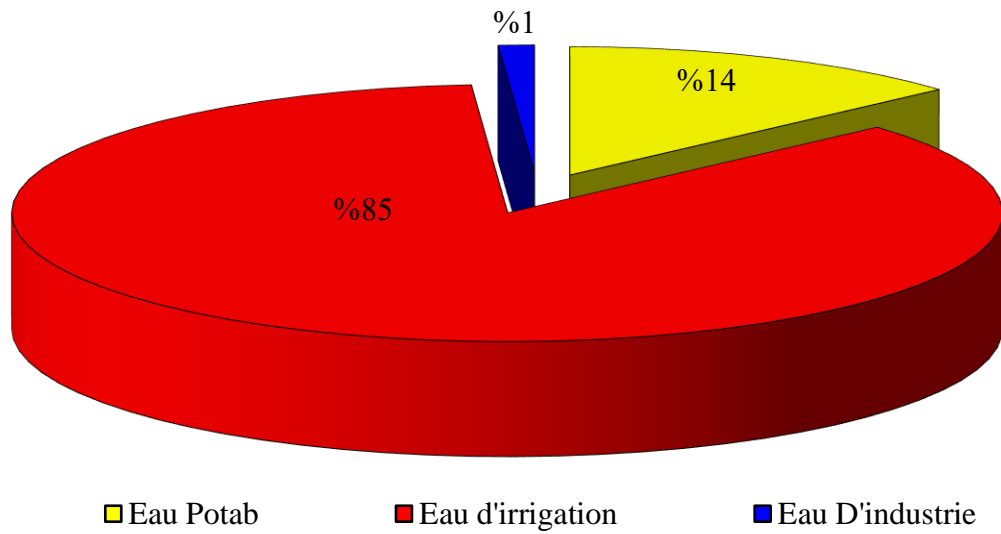


Figure V.63. Distribution de l'utilisation de l'eau dans la région de Biskra

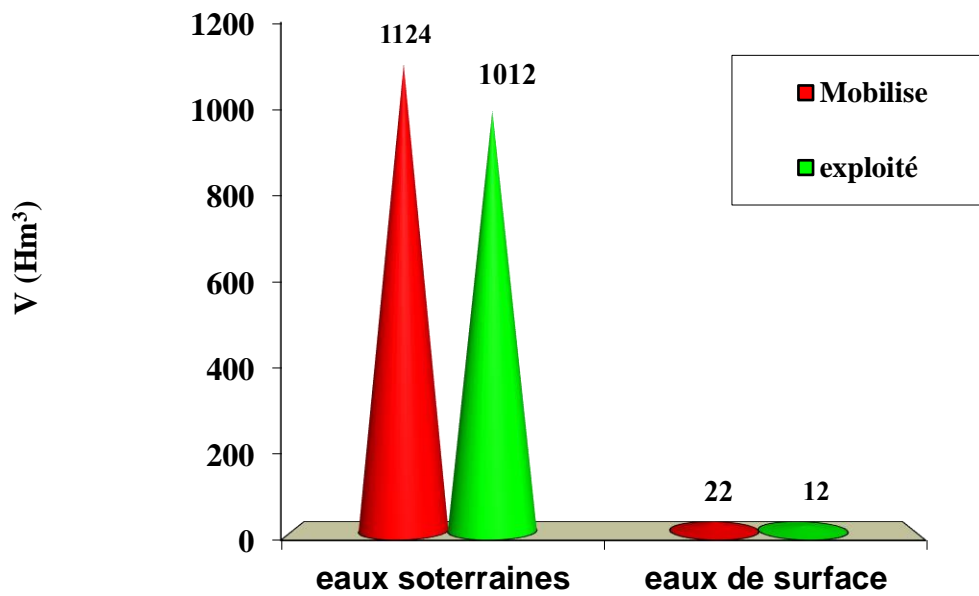


Figure V.64. Stock d'eau dans la région de Biskra

Le tableau V.28. Les volumes d'eau et leur répartition selon leur utilisation (AEP, Industrie et agriculture).

Repartition de la ressource	Volume exploité		Volume Mobilise	
	V (Hm3)	Pourcentage (%)	V (Hm3)	Pourcentage (%)
Eau Potable	137	14	151	13
Eau d'irrigation	875	85	982	86
Eau D'industrie	12	1	13	1
Total	1024	100	1146	100

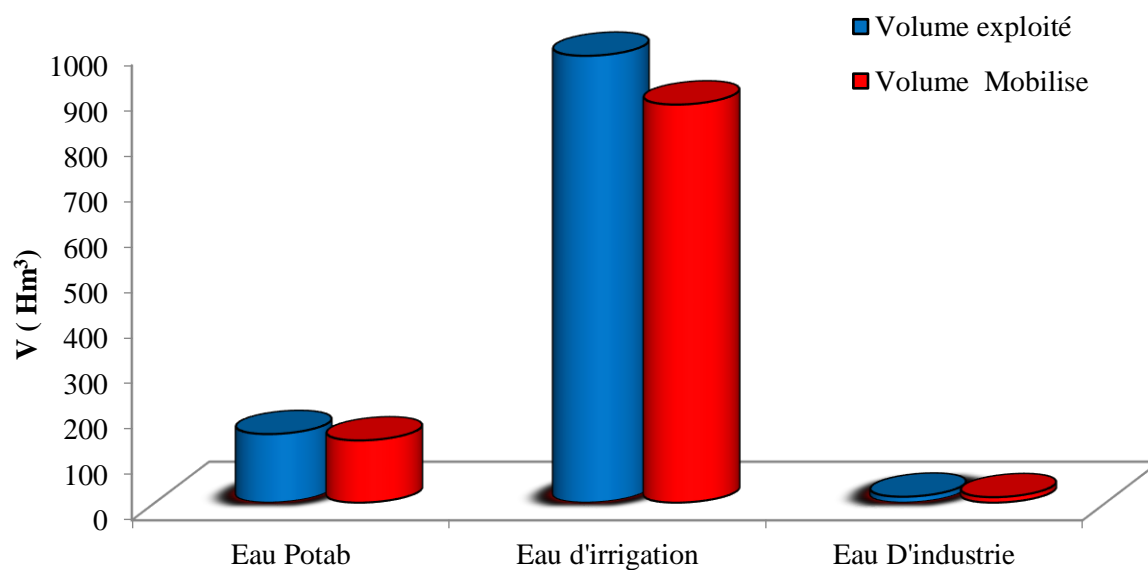


Figure V.65. Volume d'eau mobilisé et exploité par chaque type d'activité

On constaté que les ressources mobilisée dans la région de Zibans et de l'ordre de 30.79% pour les eaux de surface, 55 % pour les eaux souterraines (nappes phréatiques et profondes (Continental intercalaire et la nappe moins profonde du complexe terminal), ces chiffres de l'inspection de l'environnement de la wilaya de Biskra et concernent l'année 2016.



On observe aussi que les ressources exploitées de la wilaya de Biskra sont de 16.79% pour les eaux de surface, 49.54 % pour les eaux souterraines (nappes phréatiques et profondes (Continental intercalaire et la nappe moins profonde du complexe terminal), ces chiffres de l'inspection de l'environnement de la wilaya de Biskra et concernent l'année 2016.

Tableau V.29. Estimation du potentiel hydrique des ressources en eaux souterraines de la wilaya de Biskra.

Ressources Hydriques	Souterraines (Hm <sup>3</sup> )	Superficielles (Hm <sup>3</sup> )	Total (Hm <sup>3</sup> )
<b>Potentiel</b>	2042,43	71,43	2113,86
<b>Taux De Potentialité (%)</b>	96,62	3,38	100
<b>Mobilisées</b>	1124	22	1146
<b>Taux De Mobilisation (%)</b>	55	30.79	54.21
<b>Exploitées</b>	1012	12	1024
<b>Taux D'exploitation (%)</b>	49.54	16.79	48.44

### III.3. Potentiel des eaux de surface :

Ces eaux sont mobilisées par les deux barrages Foug El Gherza (1950) et Fontaines des Gazelles (2000) spécialement destinés à l'irrigation agricole.

#### III.3.1. Barrage de El Gherza :

Le barrage de Foug El Gherza est une voûte mince en béton qui collecte une surface de 1 300 Km<sup>2</sup> le long de Oued El Abiod , il reçoit moyennement un volume de 22.2 Mm<sup>3</sup> , conçu pour contenir 47 Mm<sup>3</sup> il se charge par 450 000 Mm<sup>3</sup> de vase chaque année, ce qui a réduit sa capacité depuis sa réalisation en 1952 à 21 Mm<sup>3</sup> en 1997 et 16.8 Mm<sup>3</sup> en 2003, le climat de la région lui subit une perte en évaporation de 2 482 mm soit 4,5 Mm<sup>3</sup> par an. Les précipitation du début de l'année 2004 l'a entièrement rempli au profit des agriculteurs des Oasis de Sidi Okba, Seriana, Garta Thouda dans la wilaya de Biskra, qui ont une réserve actuellement , qui avoisine les 8 Mm<sup>3</sup>.

### III.3.2. 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 d'Oued El Hai, alimenté par une surface de 1 660 Km<sup>2</sup>, ayant une capacité normale 55,5 Mm<sup>3</sup>, il est rempli actuellement à 100 %, mais une grande tranche de ce volume apparent, n'est que vasée et autres apports solides charriés lors des crues avec un débit solide de 360 000 m<sup>3</sup>/an. Le stock de ce barrage souffre aussi d'une grande perte par évaporation, qui dépasse les 06 Mm<sup>3</sup> par an, ce qui laisse juste 14 Mm<sup>3</sup> à régulariser pour les besoins d'irrigation.

Les eaux de surface, sont celles mobilisables par les deux barrages présents dans la région. La capacité de mobilisation d'eau par ces deux ouvrages hydrauliques est de 102.5Hm<sup>3</sup>, actuellement ne mobilisent que 24,80 hm<sup>3</sup>, a eu deux. Le tableau 54, montre la répartition de la ressource en fonction de chaque barrage.

Tableau V.30. Volume d'eau mobilisé par les barrages de la wilaya de Biskra. Eaux superficielles (Hm<sup>3</sup>)

Désignation	Année d'exploitation	Capacité (Hm <sup>3</sup> )	Volume régularisé (Hm <sup>3</sup> )
Barrage fontaine des gazelles	2001	47	14
Barrage Foum El Gherza	1974	55.5	08
<b>Total</b>		102.5	22

Sources DHW

### III.4. Estimation des potentialités hydriques de la région d'étude :

Les ressources souterraines et superficielles atteignent un total mobilisable de 919.5 Hm<sup>3</sup>. Le

Tableau V.30. Et la figure V.65, montrent la répartition des eaux de la région.

Tableau V.31. Répartition du potentiel hydrique en fonction de son origine dans la wilaya de Biskra.

Eaux superficielles (Hm <sup>3</sup> )		Eaux souterraines (Hm <sup>3</sup> )	
Barrage	Volume	Destination	Volume
Barrage fontaine des gazelles	14	AEP	137
Barrage Foug El Gherza	08	IRR	975
Total	22	IND	12
		Total	1124
Volume global utilisé		1146 Hm <sup>3</sup>	

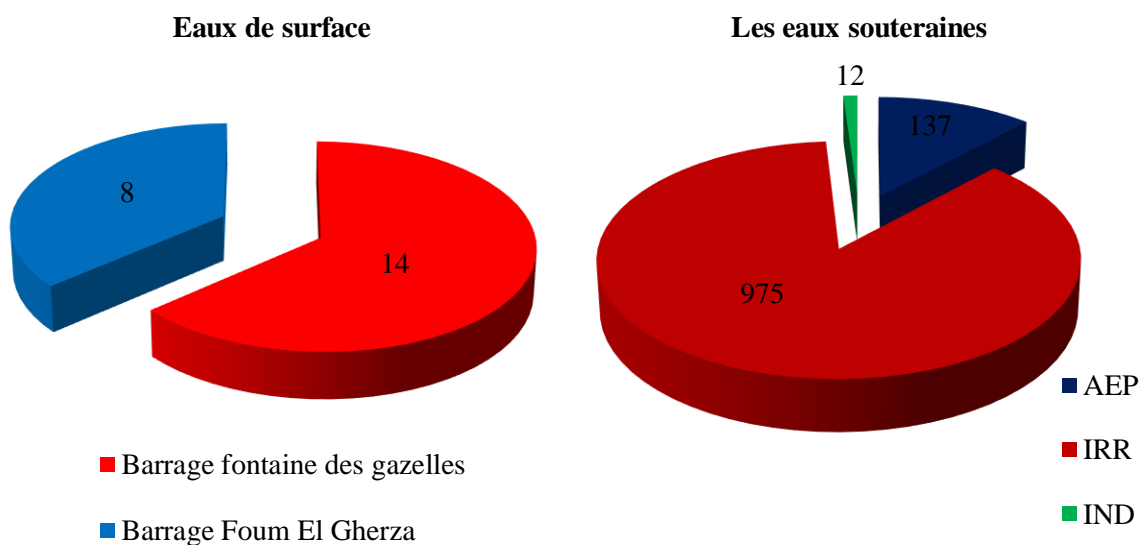


Figure V.66. Répartition de la ressource en fonction des besoins dans la wilaya de Biskra

**III.5. L'affectation des ressources en eau dans la wilaya de Biskra**

Concernant l'affectation des ressources en eau dans la région de zibans, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins agricole (utilisation pour l'irrigation), avec un volume de 875 Hm<sup>3</sup>/ an, soit un taux de 85 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins d'irrigation qui ne cessent à croître. Les besoins domestiques tiennent une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans la wilaya de Biskra avec un volume de 137 Hm<sup>3</sup>, soit 14 % de la totalité des ressources mobilisées. Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à 12 Hm<sup>3</sup> par an, soit 01 % des ressources mobilisées.

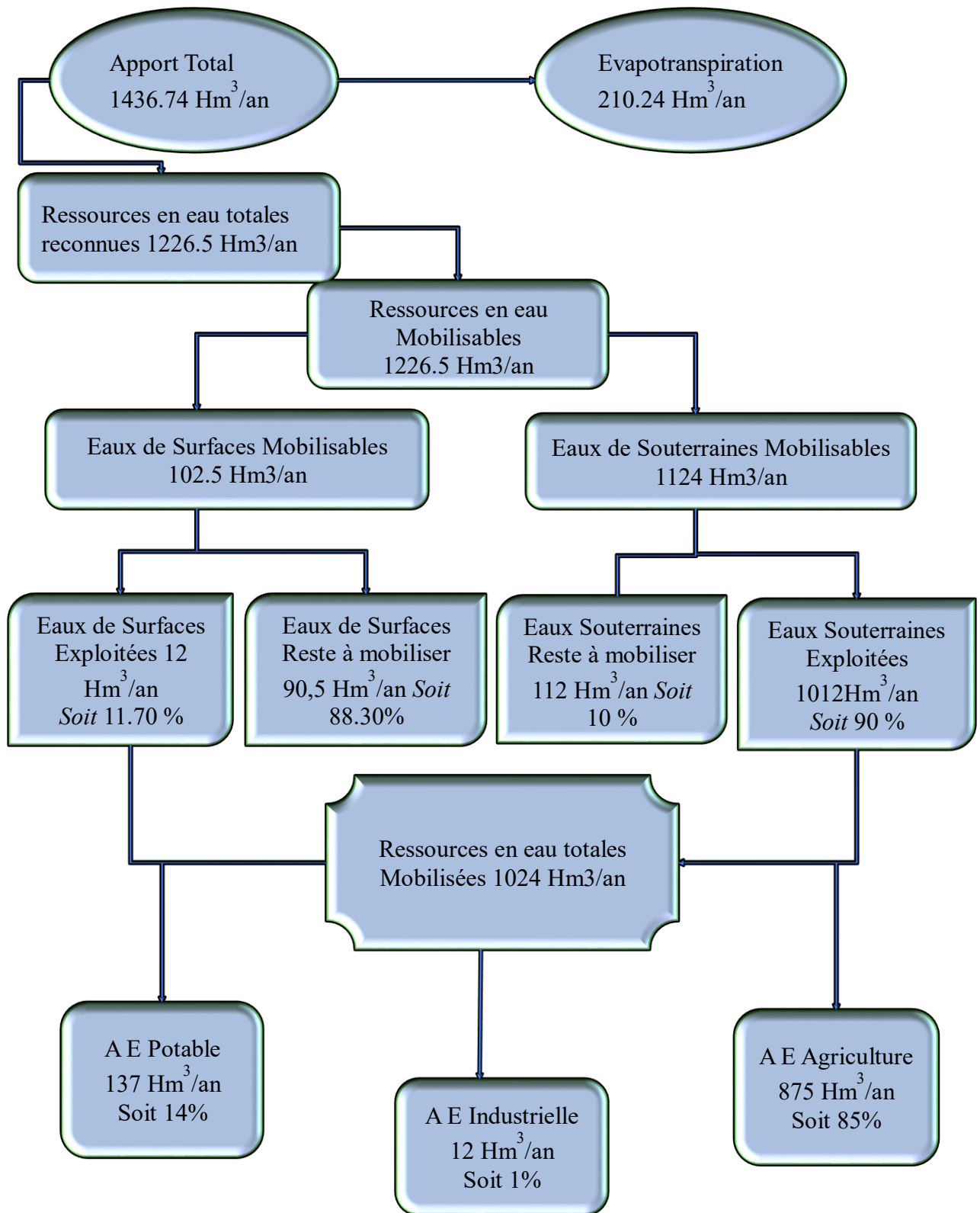


Figure V.67. Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la Wilaya de Biskra (2016).

#### **IV. Gestion intégrée des eaux dans la région de Biskra**

La comparaison entre ressources-besoins est un indicatif révélateur et très significatif qui nous oriente quant à l'avenir de la politique de l'eau que nous menons afin d'atténuer l'effet du déficit en eau selon l'espace géographique, le secteur d'utilisation et l'échéance considérée.

Les besoins en eau se rapportent aux quantités nécessaires à consommer pour assurer l'alimentation en eau potable (AEP), en eau d'irrigation (AEA) et en eau industrielle (AEI).

L'estimation quantitative des besoins en eau est basée sur deux paramètres essentiels sont à prendre en considération dans lors de l'évaluation des besoins actuels et futurs de l'AEP. Ces paramètres sont le taux de croissance démographique et la dotation selon des normes pour l'AEP et des normes techniques suivant les unités pour l'AEI.

##### **IV.1. Alimentation en eau potable**

L'une des préoccupations majeures des pouvoirs publics de Biskra a été de s'efforcer de résoudre l'épineuse équation entre les ressources en eau et la satisfaction des besoins eau des populations.

L'évaluation de cette demande en eau toujours croissante dépend de plusieurs facteurs socio-économiques tels que la démographie, le niveau de vie, le type d'habitat, les habitudes socioculturelles. Etc. Donc, en toute logique, on devrait rapporter la demande en eau potable au nombre d'habitants.

L'alimentation en eau potable de la région d'étude est assurée par les eaux souterraines extraites surtout de champs captant de moi-pliocène.

##### **IV.1.1. Evolution de la population :**

Du point de vue humain, Biskra représente la ville la plus importante de la région : la population de la commune est de 250403 habitants (Le chef-lieu de Biskra contient un plus que 28,2 % de la population générale qui est de l'ordre de 889205 habitants avec un taux de croissance de 2.3%) selon les chiffres de l'office national des statistiques en 2016.

#### IV.1.2. L'estimation de la population future :

La population totale du bassin est estimée à 889 205 habitants, à l'an 2016, en se basant sur l'année de référence ou RGPH (Recensement Général de Population et d'Habitats) de l'année 2016, avec un taux d'accroissement démographique de l'ordre de 2.3 % selon les indications de la direction de planification et d'aménagement du territoire DPAT. L'estimation de la population future dans la région de Zibans, suit un modèle exponentiel défini par la relation suivante :

$$P_n = P_0 (1+T)^n$$

D'où :  $P_n$  : La population future après n années.

$P_0$  : La population actuelle.

T : Le taux d'accroissement démographique.

N : Nombre d'années séparant l'année de référence de l'année considérée.

Le tableau ci-dessous résume l'évolution des besoins en eau en parallèle avec l'évolution de la population, selon une dotation théorique moyenne fixée par la DHW de Biskra à 360 l / j / hab.

Tableau V.32. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la région Biskra.

Année	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Population	889205	973878	1091146	1222530	1369735	1534665	1719454
Besoins AEP (Hm <sup>3</sup> /an)	116,84	127,96	143,37	160,60	179,98	201,65	225,93

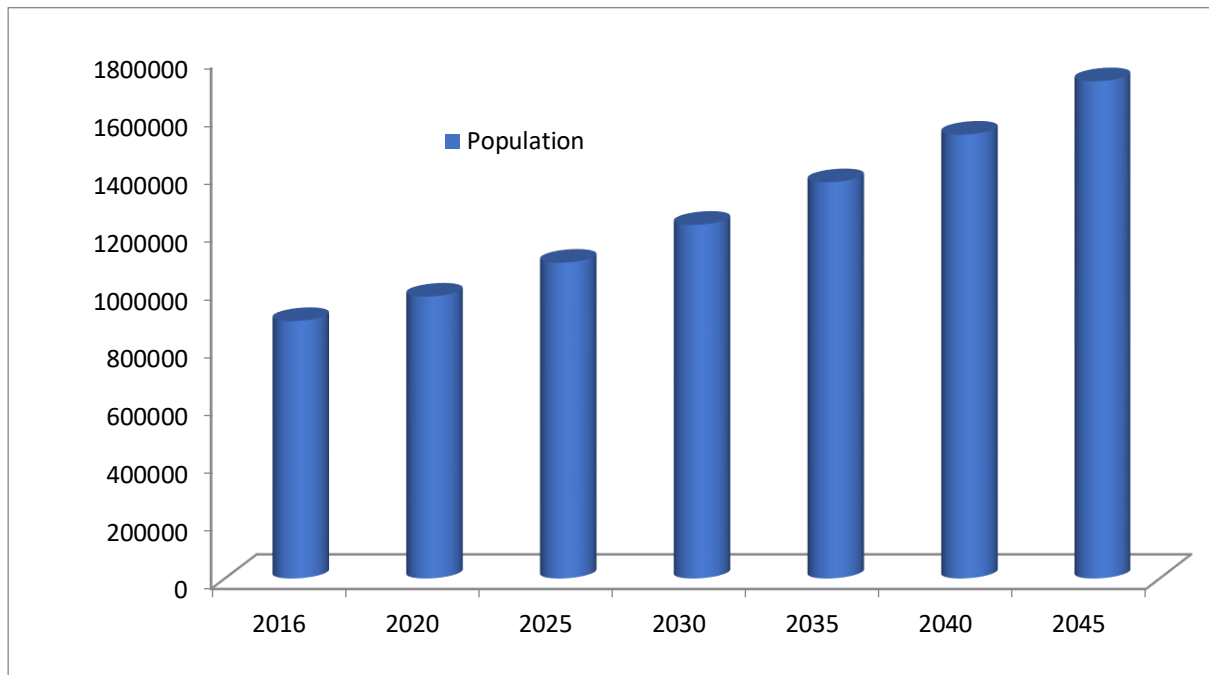


Figure V.68. Evolution dans le temps de la population dans la région de Biskra (2016-2045)

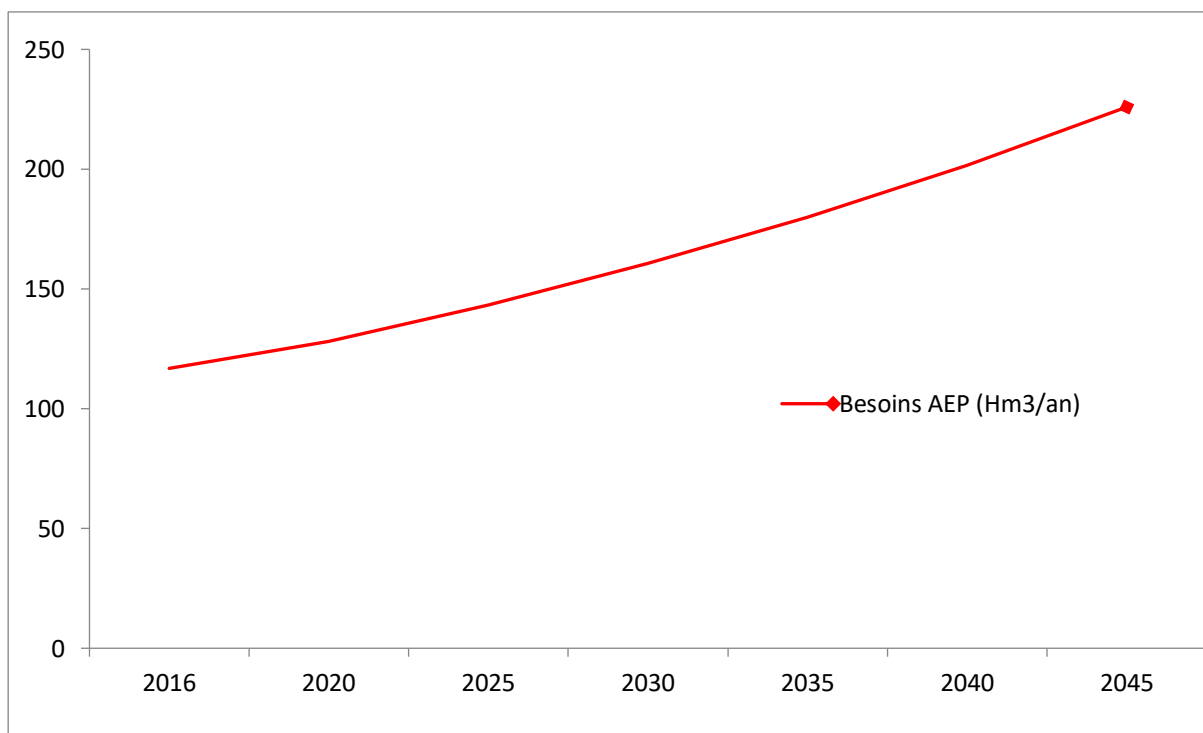


Figure V.69. Evolution dans le temps des besoins en eau potable dans la région de Biskra (2016-2045)



La population de la wilaya de Biskra est de l'ordre de 889205 habitants en 2016, et selon les projections, cette population peut dépasser les 1719454 habitants à l'horizon 2045. D'après le tableau précédent, on constate que les besoins en AEP ont augmentés de 116,84 millions de m<sup>3</sup> en 2016, pour atteindre en 2020 environ de 127,96 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveraient au total en 2045 à 51.71 % de leur volume actuel, qui correspond à environ 225,93 millions de m<sup>3</sup>.

Ces projections de l'évolution des besoins en eau potable dans la wilaya de Biskra sont risquées d'être sous estimées, parce qu'elles sont basées sur l'hypothèse de constance des demandes en eau potable par habitant (scénario tendanciel). Cette hypothèse a sans doute pour défaut de ne pas prendre en compte les croissances des demandes en eau potable par commune.

#### **IV.1.3. Les ressources et l'approvisionnement en eau potable**

En matière d'approvisionnement en eau potable, la dotation moyenne à travers la région de Biskra est fixée par la DHW de Biskra à 360 litres par jour et par habitant, les besoins en eau vont s'augmenter donc à 116.84 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2016. Cependant, le volume réellement produit pour couvrir ces besoins en eau domestiques est de l'ordre de 71.40 millions de m<sup>3</sup> par an, soit un taux de satisfaction <sup>(2)</sup> de près de 61 %.

Les dotations en eau présentées par habitant dans la région de Biskra sont globalement bien supérieures à la moyenne nationale (160 l/j/hab), elles seraient en moyenne de l'ordre de (360 l/j/hab).

C'est ainsi que la production en eau potable est passée de 116.84 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2016, à près de 127,96 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 2020, soit une augmentation moyenne annuelle de 2.78 million de m<sup>3</sup>.

Concernant le niveau de service, le taux de raccordement varie entre 95% à 98% pour la commune de Sidi Okba et 99% pour la commune de Biskra 96 pour la commune de el hadeb, et atteint les 98% à M'Chouneche, et varie entre 98% à 95% dans la commune de Zeribet El Oued et entre 95% et 97% à Tolga, soit un taux de raccordement moyen de 94% pour l'ensemble du bassin, d'un linéaire total de 1995297 km.

Tableau V.33. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra.

Daïra	Commune	Population hab	Dotation théorique (l/J/hab)	Dotation Réelle (l/J/hab)	Besoin en eau (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Volume produit (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Longueur du réseau (ml)	Taux de raccordement %
Biskra	Biskra	250403	360	260	32903,0	23 763,2	445891	99
	El-hajeb	12333	360	195	1620,6	877,8	7147	96
Loutaya	Loutaya	13603	360	150	1787,4	744,8	46 178	99
Djamourah	Djamourah	15312	360	170	2012,0	950,1	58 143	95
	Branisse	5372	360	217	705,9	425,5	38235	95
El Kantara	El Kantara	13902	360	219	1826,7	1 111,3	50806	92
	Ain Zaatout	4594	360	150	603,7	251,5	17420	96
Sidi Okkba	Sidi Okkba	40810	360	255	5362,4	3 798,4	103488	98
	El Haouche	6471	360	455	850,3	1 074,7	21 850	97
	Chetma	14653	360	543	1925,4	2 904,2	63754	96
	Ain Naga	16742	360	177	2199,9	1 081,6	28286	95
Zribet El Oued	Zribet E Oued	26742	360	262	3513,9	2 557,3	61000	95
	M'Zirâa	3703	360	236	486,6	319,0	17000	95
	El feidh	15529	360	205	2040,5	1 162,0	35575	85
	Khanguet Sidi Nadji	9265	360	285	1217,4	963,8	31310	88
M'Chouneche	M'Chouneche	12310	360	479	1617,5	2 152,2	51059	98

Tableau V.34. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région de Biskra.

Daira	Commune	Population hab	Dotation théorique (l/J/hab)	Dotation Réelle (l/J/hab)	Besoin en eau (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Volume produit (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an)	Longueur du réseau (ml)	Taux de raccordement %
Tolga	Tolga	68008	360	180	8936,3	4 468,1	127696	96
	Bouchagroune	15983	360	160	2100,2	933,4	46900	96
	Bordj ben Azzouz	15470	360	150	2032,8	847,0	25450	95
	Lichana	12010	360	150	1578,1	657,5	22 504	97
Foughala	Foughala	15209	360	180	1998,5	999,2	32820	94
	El Ghrous	19982	360	180	2625,6	1 312,8	33600	90
Ouled Djelal	Ouled Djelal	77013	360	160	10119,5	4 497,6	125218	97
	El Daoussen	32446	360	150	4263,4	1 776,4	41983	96
	Ech Chaiba	16262	360	160	2136,8	949,7	29 332	98
Sidi Khaled	Sidi Khaled	52753	360	150	6931,7	2 888,2	132870	90
	Besbes	13105	360	150	1722,0	717,5	83523	90
	Ras El Miaad	26742	360	150	3513,9	1 464,1	46814	90
Ourlal	Ourlal	9067	360	150	1191,4	496,4	24 567	91
	M'lili	7912	360	150	1039,6	433,2	33 872	95
	Mekhadma	6658	360	150	874,9	364,5	25 450	92
	Oumache	12759	360	150	1676,5	698,6	40 069	93
	Lioua	26082	360	150	3427,2	1 428,0	45487	93
Total		889205			116841,5	71 403,2	1995297	

## IV.2. Alimentation en eau d'irrigation

L'eau assure tout d'abord le contact entre le sol et les racines des plantes. C'est à travers elle que les plantes prélèvent dans le sol les éléments minéraux dont elles ont besoin. Elle est elle-même absorbée par les plantes. L'eau présente en abondance dans les tissus végétaux (jusqu'à 95 % de leur poids). Elle maintient leur turgescence et assure le transport et les échanges de matières dissoutes à l'intérieur des plantes.

Des critères essentiels s'imposent pour l'évaluation des besoins en eau d'irrigation. Les principaux facteurs déterminant la consommation d'eau agricole sont la superficie irriguée, le type de culture, les conditions climatiques et les techniques d'employées.

Les dotations en eau d'irrigation sont assez variables.

Biskra est l'un des principaux pays dans le domaine de l'agriculture et son climat favorable, riche en eaux souterraines et en terres arables, lui confère des avantages en termes de diversité et de productivité.

La superficie agricole totale est estimée à 1 652 751 hectares, soit environ 76,84% de la superficie totale de l'État. La superficie utile pour l'agriculture est estimée à 185 473 hectares, soit 8,62% de la superficie agricole, dont 109 500 hectares sont des terres irriguées et représentent 59,04% de la surface agricole propre à l'agriculture. Le processus d'arrosage dépend principalement de l'eau souterraine, ce qui nécessite des coûts élevés

### IV.2.1. Le périmètre irrigué dans la région de Biskra ; Présentation physique

Compte tenu des potentialités hydriques superficielles et souterraines et en sol dans la région de Biskra, cela permis la valorisation de la petite et la moyenne hydraulique, ainsi que l'irrigation des grands périmètres.

L'irrigation dans la wilaya de Biskra est devenue donc une condition nécessaire à la modernisation et à la sécurité des exploitations agricoles.

La plaine de la région de Zibans d'une superficie irriguée total de 538410 ha, dont la superficie équipée et irriguée est de 185 473 ha égal 8,629 %.

La wilaya de Biskra est incluse entièrement dans le bassin de chott Melghir avec 33 communes, les superficies irriguées inventoriées par les services agricoles sont de 109 500 ha, dont le volume d'eau extrait annuellement dépasse les 850 hm<sup>3</sup>, par le biais de 6481 points d'eau en exploitation (6151 forages, 329 puits et 1 source) avec les deux barrages de fontaine de ghazel.

Les cultures dominantes dans la wilaya sont les grandes cultures les palmiers et les céréales (51.64%), l'arboriculture (22.18%) et les maraîchères (23.84%). Les autres cultures comme fourragères et industrielles sont presque inexistantes (2%).

Les communes qui se distinguent par les plus importantes exploitations agricoles irriguées sont Ain Naga (13650 ha), Zribet E Oued (8464 ha) et Doucen (8 020 ha).

Les cultures maraîchères couvrent presque la moitié de la superficie irriguée dans la daïra Sidi Okba et présente 25.99% de la superficie totale irriguée à l'échelle de la wilaya de biskra.

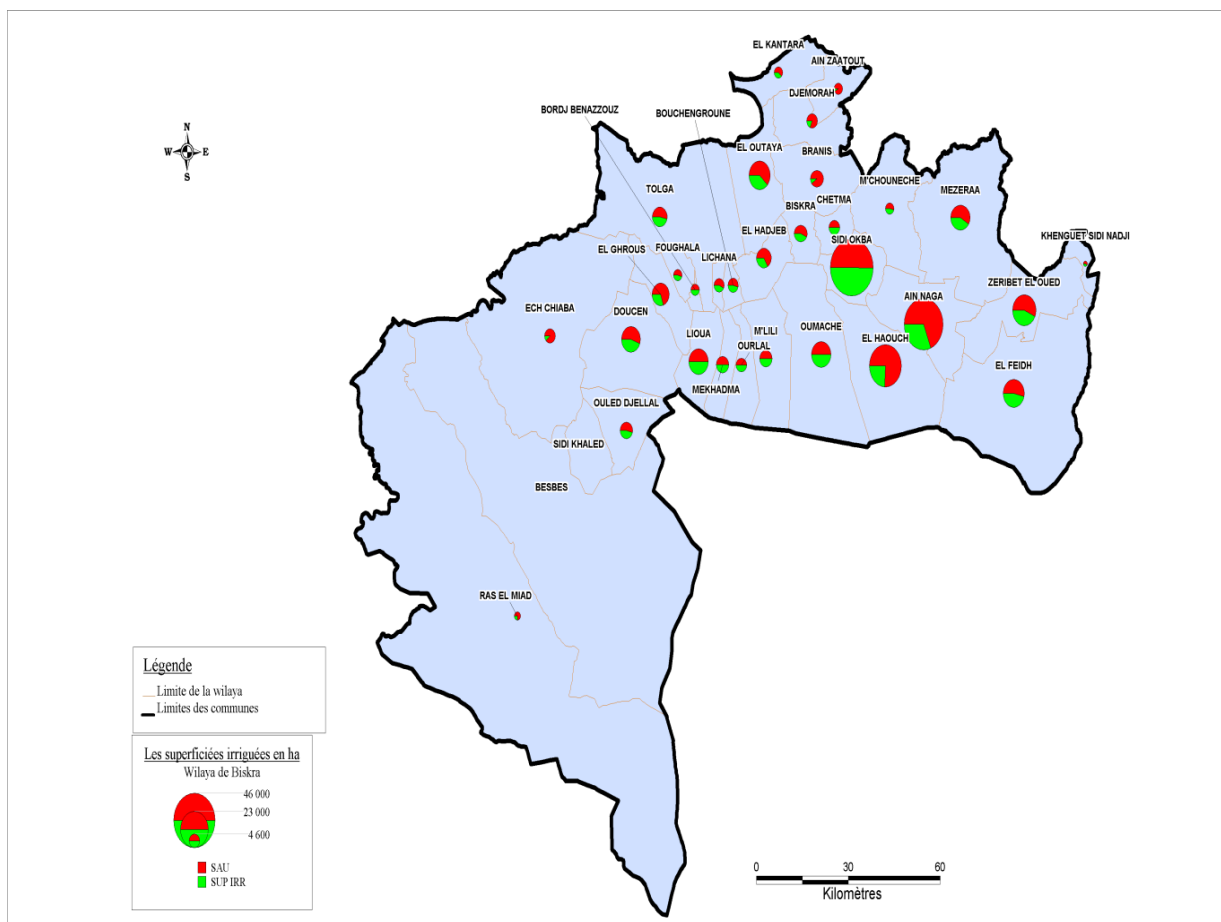


Figure V.70. : Carte des superficies irriguées de la wilaya de Biskra 2016.

Tableau V.35. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la zone d'étude

Daïra	Commune	SAT (ha)	SAU (ha)	SAU (%)
Biskra	Biskra	12 770	3 445	26,98
	El-hajeb	20 810	5 394	25,92
Loutaya	Loutaya	40 610	8 198	20,19
Djamourah	Djamourah	25 080	2 908	11,59
	Branisse	37 010	5 476	14,80
El Kantara	El Kantara	23 910	1 427	5,97
	Ain Zaatout	17 070	2 132	12,49
Sidi Okkba	Sidi Okkba	25 410	7 025	27,65
	El Haouche	75 490	18 067	23,93
	Chetma	11 020	1 928	17,50
	Ain Naga	50 780	22 150	43,62
Zribet El Oued	Zribet E Oued	50 090	13 652	27,25
	M'Zirâa	96 080	7 805	8,12
	El feidh	137 510	10 606	7,71
	Khanguet Sidi Nadji	8 010	1 217	15,19
M'Chouneche	M'Chouneche	50 440	1 601	3,17
Tolga	Tolga	121 430	4 384	3,61
	Bouchagroune	5 790	1 845	31,87
	B ben Azzouz	2 320	1 666	71,81
	Lichana	3 960	2 122	53,59
Foughala	Foughala	8 030	1 799	22,40
	El Ghrous	23 760	7 030	29,59
Ouled Djelal	Ouled Djelal	32 090	4 121	12,84
	El Daoussen	62 160	8 484	13,65
	Ech Chaiba	168 650	4 414	2,62
Sidi Khaled	Sidi Khaled	21 730	3 511	16,16
	Besbes	363 360	1 889	0,52
	Ras El Miaad	478 390	1 561	0,33
Ourlal	Ourlal	19 010	4 777	25,13
	M'lili	37 160	7 483	20,14
	Mekhadma	15 160	5 409	35,68
	Oumache	81 680	4 452	5,45
	Lioua	24 210	7 495	30,96
Total		2 150 980	185 473	8,62

#### IV.2.2. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations)

La wilaya de Biskra consent de gros investissements dans les aménagements hydro-agricoles pour mieux valoriser les ressources en eau et en sol. Entre-temps, l'agriculture irriguée doit relever plusieurs défis liés notamment à l'accroissement des tensions sur les ressources en eau limitées. Ces contraintes rendent nécessaires, d'une part, l'amélioration de l'efficacité et de l'efficacéité de l'utilisation de l'eau et, d'autre part, la modernisation des infrastructures et techniques d'irrigation dans les périmètres irrigués et la PMH.

Actuellement. Le mode d'irrigation utilisé le plus fréquemment est l'irrigation gravitaire (64.80%), il a été constaté également la mise en place des systèmes goutte à goutte (22,54%) ou d'aspersion (12.65 %) qui commence à se généraliser dans plusieurs exploitations agricoles, comme les zones de Biskra, Branis, Ech chiaba, El Haouche, Ain Zaatout, El Hadjeb. (D'après DHW de Biskra).

La reconversion vers la micro-irrigation et l'aspersion n'est pas la solution unique (difficulté à mettre en œuvre, problèmes techniques nombreux, efficacité...). Il faut encadrer le plus possible les offres techniques par la définition des normes techniques minimales avec l'appui de laboratoires.

En irrigation localisée, on délivre l'eau directement au niveau du sol et de façon fréquente. On ne mouille qu'une partie de la surface du sol. Au contraire, en irrigation par aspersion l'eau est apportée en général à de plus grands intervalles de temps. Elle est pulvérisée au-dessus du niveau du sol, les gouttes tombent donc avec une certaine intensité et une certaine force sur l'ensemble de la surface du sol (CTGREF, 1976).

Par conséquent, en dehors de toute autre considération (matériel, main-d'œuvre nécessaire, coût, etc.), ces deux méthodes présentent des différences notables sur le plan strictement agronomique, de par leur influence sur l'ensemble microclimat – sol - plante par rapport à l'irrigation gravitaire traditionnelle. Le passage plus ou moins forcé de l'agriculteur, par le biais des subventions, de la pratique traditionnelle vers des techniques performantes, mais dont la gestion est complexe par rapport à ses connaissances, se fait très souvent de manière empirique. On peut donc se poser la question de savoir dans quelles conditions se réalisent ces changements.

Tableau V.36. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations) dans la région d'étude.

Daïra	Commune	Superficies irriguées par mode d'irrigation (ha)			
		Gravitaire	Goutte à goutte	Aspersion	Total
<b>Biskra</b>	Biskra	480	1850	170	2 500
	El-hajeb	1000	1300	725	3 025
<b>Loutaya</b>	Loutaya	3065	930	114	4 109
<b>Djamourah</b>	Djamourah	670	80	0	750
	Branisse	397	634	0	1 031
<b>El Kantara</b>	El Kantara	473	52	140	665
	Ain Zaatout	46	110	0	156
<b>Sidi Okkba</b>	Sidi Okkba	3660	/	631	4 291
	El Haouche	2774	3797	879	7 450
	Chetma	1355	572	0	1 927
	Ain Naga	7554	/	6096	13 650
<b>Zribet El Oued</b>	Zribet E Oued	6734	1129	601	8 464
	M'Zirâa	3497	1555	1186	6 238
	El feidh	6822	961	187	7 970
	Kha Sidi Nadji	237	163	25	425
<b>M'Chouneche</b>	M'Chouneche	1107	366	67	1 540
<b>Tolga</b>	Tolga	2797	648	418	3 863
	Bouchagroune	682	121	0	803
	B ben Azzouz	655	368	176	1 199
	Lichana	1267	414	34	1 715
<b>Foughala</b>	Foughala	1555	100	0	1 655
	El Ghrous	1906	1547	0	3 453
<b>Ouled Djelal</b>	Ouled Djelal	3106	704	0	3 810
	Doucen	5520	2200	300	8 020
	Ech Chaiba	339	521	0	860
<b>Sidi Khaled</b>	Sidi Khaled	940	423		1 363
	Besbes	1130	386		1 516
	Ras El Miaad	790	245	0	1 035
<b>Ourlal</b>	Ourlal	1279	495	2	1 776
	M'lili	2717	1014	0	3 731
	Mekhadma	1920	297	38	2 255
	Oumache	2433	1415	17	3 865
	Lioua	2054	288	2048	4 390
<b>Total</b>		70 961	24 685	13 854	109 500



### **IV.2.3. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures**

#### **IV.2.3.1. Les cultures maraîchères**

Elles représentent 26 115 ha. Les espèces et variétés, ainsi que les techniques utilisées sont orientées vers les besoins locaux et les pratiques restent traditionnelles. Des tentatives de modernisation et d'intensification ont été faites ; les résultats sont restés médiocres en raison des carences du système de vulgarisation et de l'inefficacité de l'organisation de l'appui technique et logistique aux producteurs.

#### **IV.2.3.2. Les cultures fourragères**

Elles sont surtout représentées par la luzerne et l'orge en vert, utilisées pour les besoins de l'élevage caprin laitier. Les rendements sont très faibles et l'exploitation (irrationnelle).

#### **IV.2.3.3. Les cultures industrielles**

Représentées par le tabac et le henné, elles constituent une source de revenus importante pour les producteurs des zones des Zeribet el Oued et Sidi Okba. Ces cultures représentent un moyen efficace d'améliorer les revenus des agriculteurs.

#### **IV.2.3.4. L'arboriculture fruitière**

De même que pour le maraichage, les variétés locales de qualité médiocre dominent ; elles sont conduites de manière traditionnelle. Des améliorations sont possibles pour la diversification des espèces et l'application de techniques modernes de production. Certaines espèces telles que grenadier, figuier peuvent constituer des spéculations économiquement rentables.

#### **IV.2.3.5. Les légumes secs et céréales**

La céréaliculture est marginale et généralement limitée aux zones d'épandage de crues d'oueds. Elle est itinérante et pratiquée le plus souvent pour des besoins fourragers. Les légumes secs sont principalement représentés par les fèves, spéculation économiquement rentable.

Tableau V.37. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures dans la région d'étude.

Daïra	Commune	Superficies irriguées par types de cultures (ha)				total
		Maraîchage	Arboricultures	G. cultures	Cultures ind	
Biskra	Biskra	210	1420	400	470	2500
	El-hajeb	680	1435	765	145	3025
Loutaya	Loutaya	220	127	3762	0	4109
Djamourah	Djamourah	148	602	0	0	750
	Branisse	291	740	0	0	1031
El Kantara	El Kantara	52	222	391	0	665
	Ain Zaatout	0	126	30	0	156
Sidi Okkba	Sidi Okkba	1598	935	1678	80	4291
	El Haouche	1165	395	5890	0	7450
	Chetma	675	80	1120	52	1927
	Ain Naga	3350	2410	7890	0	13650
Zribet El Oued	Zribet E Oued	2988	998	3981	497	8464
	M'Zirâa	2506	1245	2374	113	6238
	El feidh	1712	715	4440	1103	7970
	Kh Sidi Nadji	207	76	125	17	425
M'Chouneche	M'Chouneche	1086	454	0	0	1540
Tolga	Tolga	893	230	2740	0	3863
	Bouchagroune	58	171	574	0	803
	B ben Azzouz	22	94	1018	65	1199
	Lichana	127	92	1496	0	1715
Foughala	Foughala	15	705	935	0	1655
	El Ghrous	765	511	2177	0	3453
Ouled Djelal	Ouled Djelal	587	27	3196	0	3810
	Doucen	1792	642	5586	0	8020
	Ech Chaiba	123	183	554	0	860
Sidi Khaled	Sidi Khaled	440	323	600	0	1363
	Besbes	330	386	800	0	1516
	Ras El Miaad	294	134	605	2	1035
Ourlal	Ourlal	82	1644	50	0	1776
	M'lili	658	2430	643	0	3731
	Mekhadma	194	1890	171	0	2255
	Oumache	197	2631	1037	0	3865
	Lioua	2650	220	1520	0	4390
Total		26 115	24 293	56 548	2 544	109 500

#### **IV.2.4. Répartition Générale de la SAU et Place de la Phoeniculture et nombre des palmiers**

La SAU de la région de Zab Est de Biskra, bien qu'ayant augmenté ces dernières années grâce aux opérations de mise en valeur de grandes superficies après la promulgation de la loi de l'APFA (Accession à la Propriété Foncière Agricole) et les programmes de la GCA (Générale des Concessions Agricoles) et du PNDA (Programme Nationale du Développement d'Agriculture), Elle reste néanmoins faible par rapport à la superficie et la SAT de la daïra, et au regard de la SAU de la wilaya. Cette faiblesse s'explique particulièrement par les conditions climatiques et écologiques défavorables de la région. Adaptée aux conditions édaphiques et climatiques, la Phoeniculture constitue, l'activité agricole principale des agriculteurs de cette région. Elle couvre actuellement 12993 ha soit près de 29% de la SAU de la région d'étude et le nombre total des palmiers est de l'ordre 1477436 palmier (58% deglet Nour, 18% ghars et dattes molles et 24% deglet Elida et dattes sèches).

Tableau V.38. Répartition des palmiers dans la région d'étude.

Daïra	Commune	Nombre total de palmiers		
		Palmiers	Palmiers Deglet Nouer	Total
Biskra	Biskra	184 580	83 330	267 910
	El-hajeb	238 749	153 644	392 393
Loutaya	Loutaya	71 920	63 250	135 170
Djamourah	Djamourah	21 330	11 230	32 560
	Branisse	47 306	25 026	72 332
El Kantara	El Kantara	27 750	10 260	38 010
	Ain Zaatout	3 060	0	3 060
Sidi Okkba	Sidi Okkba	379 322	216 922	596 244
	El Haouche	156 081	75 106	231 187
	Chetma	122 400	90 200	212 600
	Ain Naga	125 916	75 994	201 910
Zribet El Oued	Zribet E Oued	62 740	54 268	117 008
	M'Zirâa	31 451	20 741	52 192
	El feidh	66 498	54 946	121 444
	Khanguet Sidi Nadji	22 720	17 096	39 816
M'Chouneche	M'Chouneche	88 840	22 340	111 180
Tolga	Tolga	304 830	238 200	543 030
	Bouchagroune	111 540	79 400	190 940
	B ben Azzouz	143 220	119 900	263 120
	Lichana	140 700	133 600	274 300
Foughala	Foughala	118 900	76 300	195 200
	El Ghrous	179 760	155 750	335 510
Ouled Djelal	Ouled Djelal	214 439	126 101	340 540
	El Daoussen	192 706	178 815	371 521
	Ech Chaiba	22 698	20 644	43 342
Sidi Khaled	Sidi Khaled	111 280	71 200	182 480
	Besbes	39 252	37 200	76 452
	Ras El Miaad	30 840	29 400	60 240
Ourlal	Ourlal	190 500	59 123	249 623
	M'lili	220 592	82 340	302 932
	Mekhadma	205 337	82 774	288 111
	Oumache	209 689	80 769	290 458
	Lioua	249 412	132 298	381 710
Total		4 315 098	2 659 679	6 974 777

#### IV.2.5. Demandes en eau PMH

##### IV.2.5.1. Données PMH – Estimation à partir de recoupements sur le terrain

Les seuls chiffres mesurés connus proviennent du GPI d'El Outaya, qui est approvisionné par le barrage de Fontaine de Gazelles. Sur ce périmètre, il existe un compteur d'eau sous contrôle de l'administration du périmètre qui mesure le volume prélevé du barrage. En se basant sur les relevés du compteur, la demande moyenne calculée est de  $7000 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{an}$ .

Les cultures irriguées à El Outaya sont surtout l'arboriculture (oliviers, abricotiers) et le maraîchage. Comme le GPI d'El Outaya est relativement, le mode d'irrigation est pratiquement à 100 % la méthode localisée (goutte à goutte). Les pertes ne sont pas connues.

Les valeurs des surfaces par culture (cadastre Chott Melrhir) et les demandes pour l'irrigation par la méthode traditionnelle gravitaire (**selon ONID**) peuvent être combinées et donnent une valeur moyenne de  $22.640 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{an}$  pour la wilaya de Biskra (tableau suivant).

Les volumes prélevés pour l'irrigation seraient d'environ  $1298,31 \text{ hm}^3/\text{an}$  (cadastre Chott Melrhir). La répartition sur une surface irriguée de  $185\,473 \text{ ha}$  on arrive à une demande moyenne de  $7\,000 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{an}$ . Comme déjà décrit auparavant, les volumes prélevés sont probablement sous-estimés.

Selon de multiples informations des agriculteurs et des responsables des services agricoles, la consommation avec la méthode d'irrigation gravitaire est environ le double de la méthode localisée, ce qui correspond à peu près aux chiffres montrés ci-dessus.

Selon des informations de sources diverses (cadastres, DSA, GCA, DHW), entre 10% et 35% des surfaces irriguées le sont par la méthode localisée, tandis que le reste est irrigué par la méthode traditionnelle (segua).

Pour la surface irriguée de  $185\,473 \text{ ha}$  dans la région de Biskra on peut donc résumer les chiffres suivants :

##### IV.2.5.2. La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation

La superficie irrigable dans la wilaya de Biskra est estimée à  $109\,500 \text{ ha}$ , tandis que l'on des superficies agricoles valide actuellement que  $185\,473 \text{ ha}$ , soit un taux de 59 % de la superficie agricole valide totale.

Si l'on veut irriguer toute cette superficie avec une dotation de 7 000 m<sup>3</sup>/ha/an, on y a besoin d'un volume de 698 millions de m<sup>3</sup> annuellement. D'après la direction de l'agriculture.

**Tableau V.39. Les besoins en eau pour l'irrigation dans la région de Biskra.**

Daïra	Commune	Superficie irriguée ha	dotation m <sup>3</sup> /ha*an	Demande [hm <sup>3</sup> /an]
Biskra	Biskra	3 445	7000	24,12
	El-hajeb	5 394	7000	37,76
Loutaya	Loutaya	8 198	7000	57,39
Djamourah	Djamourah	2 908	7000	20,36
	Branisse	5 476	7000	38,33
El Kantara	El Kantara	1 427	7000	9,99
	Ain Zaatout	2 132	7000	14,92
Sidi Okkba	Sidi Okkba	7 025	7000	49,18
	El Haouche	18 067	7000	126,47
	Chetma	1 928	7000	13,50
	Ain Naga	22 150	7000	155,05
Zribet El Oued	Zribet E Oued	13 652	7000	95,56
	M'Zirâa	7 805	7000	54,64
	El feidh	10 606	7000	74,24
	Khanguet Sidi Nadji	1 217	7000	8,52
M'Chouneche	M'Chouneche	1 601	7000	11,21
Tolga	Tolga	4 384	7000	30,69
	Bouchagroune	1 845	7000	12,92
	B ben Azzouz	1 666	7000	11,66
	Lichana	2 122	7000	14,85
Foughala	Foughala	1 799	7000	12,59
	El Ghrous	7 030	7000	49,21
Ouled Djelal	Ouled Djelal	4 121	7000	28,85
	El Daoussen	8 484	7000	59,39
	Ech Chaiba	4 414	7000	30,90
Sidi Khaled	Sidi Khaled	3 511	7000	24,58
	Besbes	1 889	7000	13,22
	Ras El Miaad	1 561	7000	10,93
Ourlal	Ourlal	4 777	7000	33,44
	M'lili	7 483	7000	52,38
	Mekhadma	5 409	7000	37,86
	Oumache	4 452	7000	31,16
	Lioua	7 495	7000	52,47
Total		185 473	7000	1298,31

On constate que la demande en eau la plus élevée (plus de 344.2 millions de m<sup>3</sup>) est représentée par la daïra de Sidi Okba. Cette demande sera satisfaite les prochaines années à partir des eaux du barrage de Foug El Gherza et les eaux souterraines de la nappe Mio-Pliocène. La daïra de Biskra consomme un volume de 61.88 millions de m<sup>3</sup> par an. Et la daïra de Zeribet El Oued consomme un volume de 232.96 millions de m<sup>3</sup> par an.

Sur la base de cette méthode d'estimation, on arrive à une demande en eau pour l'irrigation comprise entre 1200 et 1300 hm<sup>3</sup>/an, dont environ 22 hm<sup>3</sup>/an sont fournis par les barrages. Donc, l'évolution des besoins en eau d'irrigation est liée directement à l'augmentation des terres irrigables, en effet, en projetant une augmentation de 2220 ha toute les cinq années avenir (hypothèse de développement : 1% par an) avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de 7 000 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent donc de 1298.31 millions de m<sup>3</sup> en 2016 à 1310.74 millions de m<sup>3</sup> en 2020, pour atteindre un volume de 1388.44 millions de m<sup>3</sup> en 2045.

Tableau V.40. Dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre de Biskra (2008-2035)

Année	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Superficie irriguée ha	185 473	187249	189469	191689	193909	196129	198349
Besoins en eau (hm3)	1298,31	1310,74	1326,28	1341,82	1357,36	1372,90	1388,44

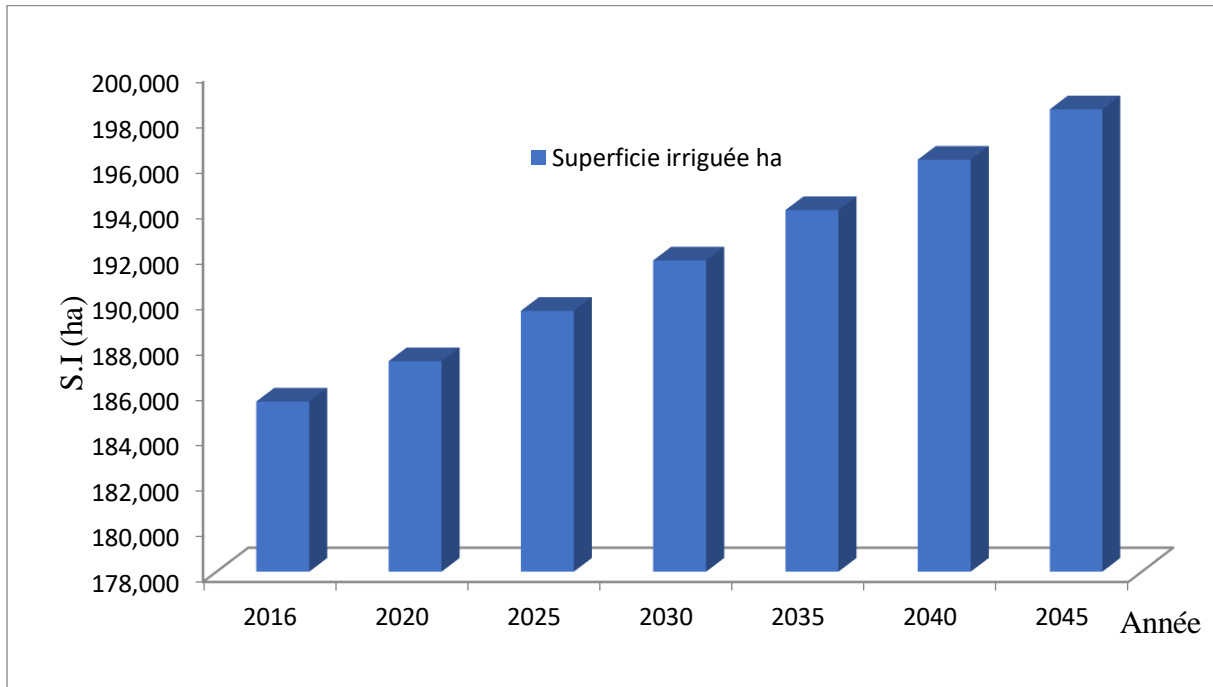


Figure V.71. Evolution dans le temps des superficies irriguées dans la région de Biskra (2016-2045)

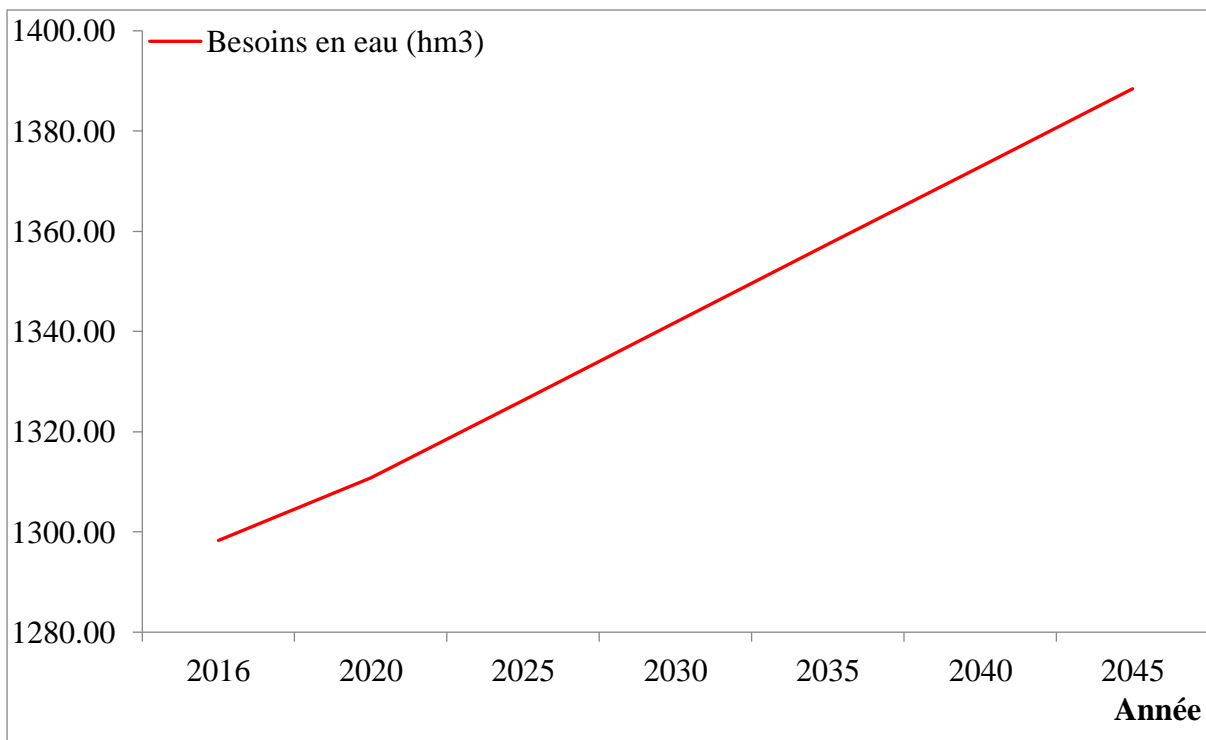


Figure V.72. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans la région de Biskra (2016-2045).



### IV.3. Alimentation en eau industrielle

La région de Biskra a connu l'essor industriel à la fin des années 70, avec l'installation du complexe de textile, dans le cadre d'une nouvelle politique d'aménagement du territoire et de développement de l'industrie à l'intérieur du pays ; cet essor de l'industrie s'est poursuivi avec la création de quelques unités industrielles prévues.

#### IV.3.1. Les besoins futurs en eau industrielle

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.

En effet, Les volumes calculés sont relatifs à la consommation en eau de l'année 1986 et pour les horizons avenir on peut faire une projection des besoins en eau pour l'industrie avec une augmentation de 10% des besoins actuels pour chaque cinq années on aboutira aux résultats mentionnés sur le tableau qui suit tableau V.39.

Tableau V.41. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Biskra (2016-2045)

Année	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Besoins en eau (hm <sup>3</sup> )	8	8.64	9.44	10.24	11.04	11.84	12.64

D'après le tableau et le graphe, on observe que les besoins en eau industrielle dans la région de Biskra sont en augmentation continue, ils s'élèvent de 08 millions de m<sup>3</sup> en l'an 2016 jusqu'au 8.64 millions de m<sup>3</sup> en 2020 et ils peuvent franchir les 12.64 millions de m<sup>3</sup> en l'an 2045 selon les projections.

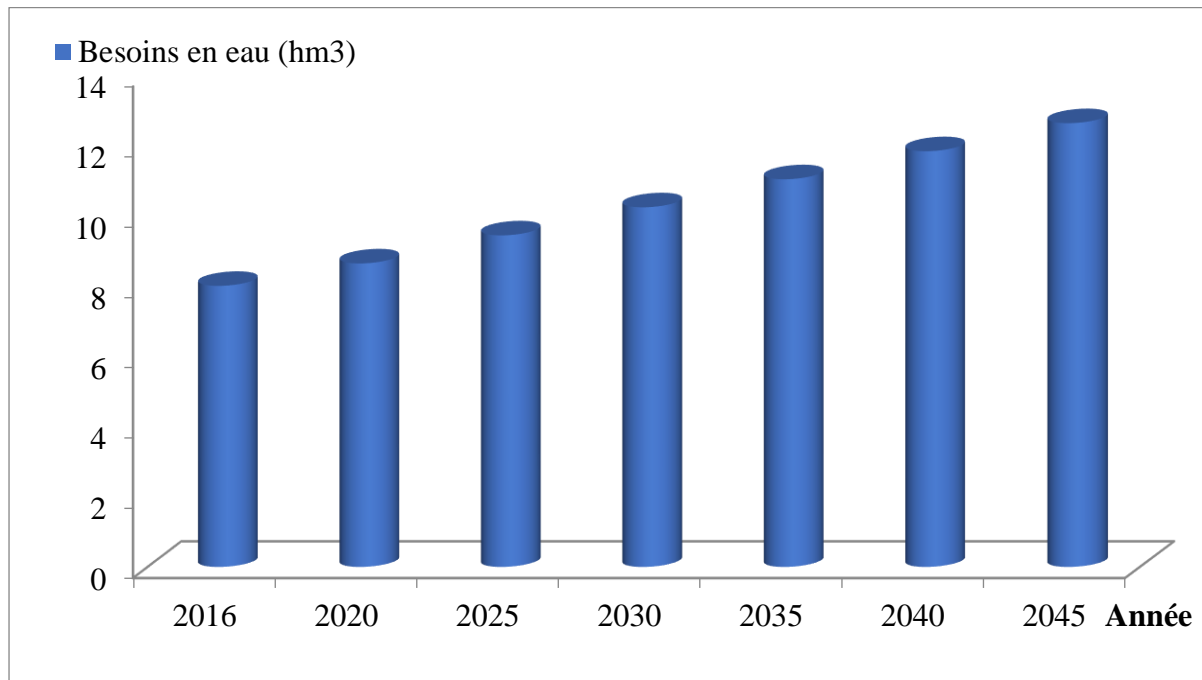


Figure V.73. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Biskra (2008-2035).

N.B : en admettant un taux d'accroissement annuel moyen de 10 %.

#### V. Les Besoins en eaux globaux dans la région de Zibans.

Les besoins en eau globaux pour les différents secteurs dans la région du Zab Est de Biskra s'élèvent actuellement à près de 1423.15 millions de m<sup>3</sup> par an, dont 99.6 % sont des besoins domestiques et agricoles. Et selon les projections dans le temps, les besoins en globaux se situeront en l'an 2020 à près de 1446.6 millions de m<sup>3</sup> par an, et ils s'élèveront moyen terme (2025) à plus de 1478.81 millions de m<sup>3</sup> par an. Ces besoins atteindront à l'horizon 2045 les 1626.57 millions de m<sup>3</sup> par an, dont plus 90 % sont proprement des besoins en eau agriculture.

Tableau V.42. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans la région de Biskra aux différents horizons (2016-2045)

Année	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Besoins AEP (Hm <sup>3</sup> /an)	116,84	127,96	143,37	160,60	179,98	201,65	225,93
Besoins AEA (hm <sup>3</sup> /an)	1298,31	1310,74	1326,28	1341,82	1357,36	1372,90	1388,44
Besoins AEI (hm <sup>3</sup> /an)	8	8,64	9,44	10,24	11,04	11,84	12,64
Total des besoins	1423,2	1447,3	1479,1	1512,7	1548,4	1586,4	1627,0

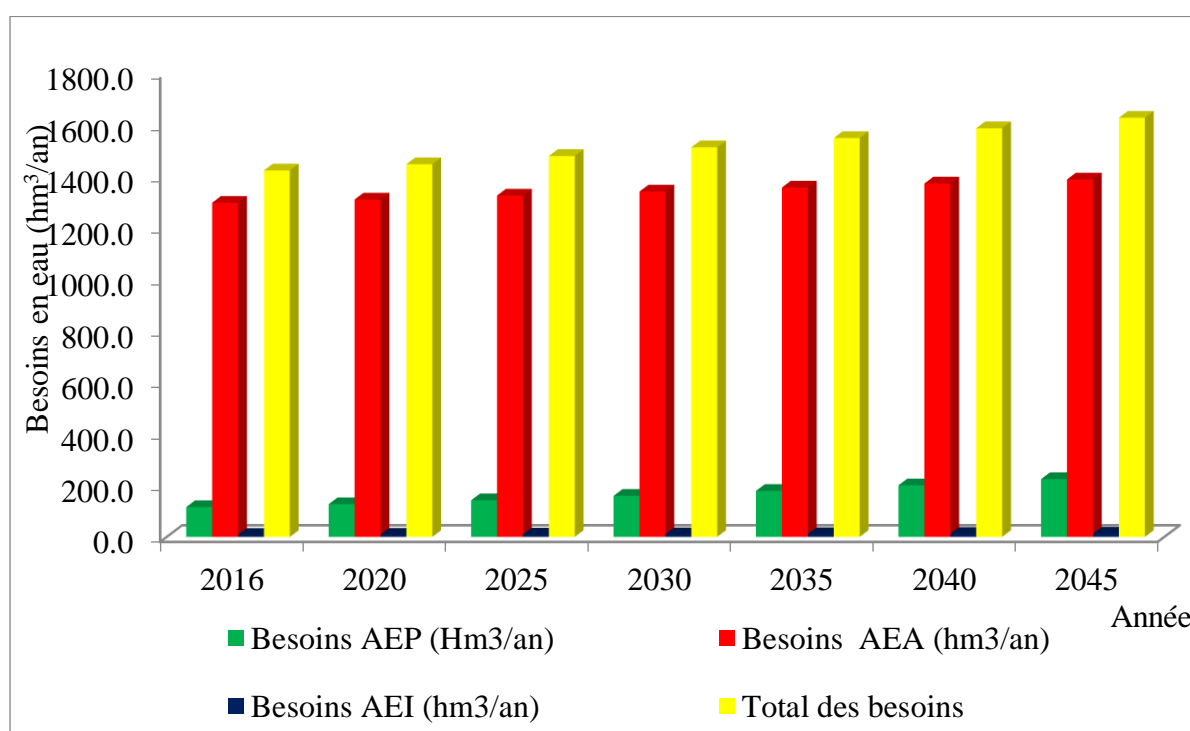


Figure V.74. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans

**La région de Biskra aux différents horizons (2016-2045).**

Les besoins en eau globaux dans la région de Zab Est de Biskra sont de l'ordre de 1423,2hm<sup>3</sup>/an à court terme, 1512,7 hm<sup>3</sup>/an à moyen terme et de l'ordre 1627,0 hm<sup>3</sup>/an à long terme.

Les besoins en eau domestique dans la région de Zab Est de Biskra sont de l'ordre 116,84 millions de m<sup>3</sup> par an à court terme, 160,60hm<sup>3</sup>/an à moyen terme et de l'ordre 225,931 hm<sup>3</sup>/an à long terme.

Les besoins en eau industrielle dans la région de Zibans est actuellement très faible et de l'ordre de 8 hm<sup>3</sup>/an à court terme, 10,24 hm<sup>3</sup>/an à moyen terme et de l'ordre de 12,64 hm<sup>3</sup>/an à long terme.

Les besoins en eau d'irrigation dans la wilaya de Biskra sont de l'ordre de 1298,31 millions de m<sup>3</sup> par an à court terme, 1341,82 hm<sup>3</sup>/an à moyen terme et de l'ordre 1388,44 hm<sup>3</sup>/an à long terme.

### V.1. Les mesures à envisager pour l'irrigation

Le premier objectif des investigations proposées ci-dessus (surveillance par indicateurs et système de mesures régulières) est d'arriver à une analyse fiable sur l'état de durabilité des nappes. Dans le cas où on trouvera une situation non durable, avec des pronostics indiquant un danger pour la situation de l'alimentation en eau, il faut prendre des mesures, afin d'éviter des effets négatifs sur la population et l'économie. Ces mesures doivent permettre d'arriver à un équilibre entre

L'offre, c'est à dire les volumes des eaux souterraines exploitables à moyen et long terme. Ces ressources ne doivent pas nécessairement être renouvelables, mais doivent assurer une alimentation à moyen et long terme. La demande, c'est à dire la consommation en eau, principalement de l'irrigation.

Comme indiqué dans le chapitre Conclusions on se trouve déjà en pleine surexploitation des ressources souterraines. Même s'il existait des ressources encore inutilisées, il est peu probable que ces ressources puissent changer la tendance générale des bilans comme on peut le constater dans le chapitre « Variantes de bilan ».

Néanmoins ces ressources doivent être explorées et – si possible – exploitées. Cette exploitation doit se dérouler comme exploitation alternative à l'exploitation actuelle et non comme exploitation additionnelle (c'est à dire avec, en même temps, une réduction de l'exploitation dans les zones déjà surexploitées).

En général, il est supposé que l'approche nécessaire pour équilibrer la situation de l'alimentation en eau est plutôt liée à la demande, avec des options présentées ci-dessous.

## V.2. Amélioration de l'irrigation

Dans une bonne partie des surfaces irriguées dans la région étudiée, les agriculteurs utilisent encore la méthode traditionnelle d'irrigation par submersion. Même dans les cas, où on a installé un réseau d'irrigation localisée, il s'agit plutôt d'une irrigation par submersion. En effet, l'eau est déversée par un système de tuyaux jusqu'à la plante, qui est alors submergée. Dans ces conditions, on épargne des pertes dans le système de distribution (des canaux ...) mais les pertes les plus importantes subsistent encore et se manifestent par évaporation des surfaces submergées et par infiltration à cause d'une offre en eau largement supérieure à la capacité des sols. Par ailleurs, l'infiltration de l'eau d'irrigation en excès engendre une remontée du niveau piézométrique dans la nappe phréatique et cause un autre problème, qui est au même temps gênant et coûteux.

La technique actuelle pour combattre ce problème consiste à réaliser des systèmes de drainage très coûteux, ce qui représente un gaspillage de ressources financières et hydrauliques. Dans tous ces cas, l'introduction des méthodes d'irrigation efficaces, avec une réduction des pertes par évaporation et par infiltration, peut amener à une amélioration significative.

Afin de ne pas compromettre la durabilité de la situation économique et sociale de la région, il faudra établir un système de surveillance qui accompagne les mesures prises et qui assure qu'aucun gaspillage n'est toléré dans les régions en danger.

## V.3. Amélioration de l'efficacité de cultures

L'analyse des données de l'ONID et de la GCA, montre que les différentes cultures consomment des volumes d'eau (en  $m^3/ha \cdot an$ ) fort variables. Afin d'arriver à une économie d'eau élevée, il est conseillé d'encourager un changement vers des cultures plus efficaces.

Comme le but de toute approche doit être une situation durable de la population, il est conseillé de ne pas utiliser comme indicateur d'efficacité des plantes, la consommation relative par rapport à la surface irriguée (en  $m^3/ha \cdot an$ ) mais plutôt la consommation par bénéfice récolté ( $m^3/DA$ ). Les données nécessaires pour le calcul de ces paramètres sont généralement disponibles au niveau des DSA.

**Conclusion :**

Le volume d'eau estimé des principales nappes souterraines est de 1423,2 Hm<sup>3</sup>/an pour un volume distribué de 1024 Hm<sup>3</sup>/an avec une dotation moyenne de 220 l/j/hab. le taux de perte (sur un réseau) est estimé à 20 à 40%.

La demande en eau dans la wilaya de Biskra est en augmentation constante pour tous les secteurs (AEP, irrigation et industrie).

D'après les études faites auparavant, à l'horizon 2045, tous les secteurs vont doubler leurs besoins ;

\_ Pour le secteur de l'industrie, les besoins sont estimés à 8 Hm<sup>3</sup>/an à 12,64 Hm<sup>3</sup>/an.

\_ Pour l'agriculture, ils passent de 1298,31Hm<sup>3</sup>/an à 1388,44 Hm<sup>3</sup>/an.

\_ Pour l'alimentation en eau potable, ils passent de 116,84 Hm<sup>3</sup>/an à près de 225,93 Hm<sup>3</sup>/an. Cette demande augmente avec l'accroissement de la population.

La croissance des besoins en eau pour les horizons 2016, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 et 2045 avec des volumes respectivement 1423,2, 1447,3, 1479, 1512,7, 1548,4, 1586,4 et 1627,0 Hm<sup>3</sup> impose une gestion rationnelle de la ressource, un meilleur entretien des infrastructures existantes et une investigation pour éventuellement d'autre ressources.

## Chapitre VI

### **Modélisation de la gestion intégrée des ressources en eau :**

#### **- Application du modèle WEAP -**

**Chapitre VI : Mobilisation et gestion des ressources en eaux application du modèle WEAP.****Introduction**

Les pressions accrues sur les ressources en eau liées aux changements climatiques et d'usages de l'eau ainsi que les compétitions grandissantes entre usagers sont reconnues comme des enjeux mondiaux. La gestion des ressources en eau est l'un des grands enjeux et défis relevés par la wilaya de Biskra Ses ressources en eau sont renouvelables mais limitées, or les besoins humains ne cessent de croître et les milieux sont de plus en plus transformés par l'homme ce qui présente de nombreuses incidences sur l'eau, en quantité comme en qualité.

Les écosystèmes, milieux producteurs et régénérateurs de cette ressource sont menacés, pollués et détruits en aval du bassin à vocation industrielle. Le défi actuel consiste à décrire la situation actuelle du bassin, évaluent la disponibilité des ressources et les demandes en eau futures selon des scénarios climatiques et socio- économiques, puis distribuent l'eau selon des règles prédéfinies.

Une pierre angulaire de la gestion intégrée et de planification de l'eau est l'utilisation de la simulation hydrologique pour étudier l'effet d'un climat changeant sur le processus des précipitations et du ruissellement et en variabilité temporelle et spatiale dans la demande de l'eau.

Pour ceci, une modélisation hydrologique des changements de structure et de paramètres des systèmes hydrauliques est adopté par le biais du modèle WEAP21 (Water Evaluation and Planning System) pour remédier les problèmes d'approvisionnement et de demande de l'eau sur des horizons de planification à long terme dans la wilaya de Biskra selon les projections de changement climatique et fournit une approche intégrée de la planification des ressources hydriques.

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.

**VI.I. Description du Logiciel**

Le WEAP est déjà utilisé dans divers pays, y compris les Etats-Unis, le Mexique, le Brésil, l'Allemagne, le Ghana, le Burkina Faso, le Kenya, l'Afrique du Sud, la Mozambique, l'Egypte,



l'Oman, l'Asie centrale, le Sri Lanka, l'Inde, le Népal, la Chine, la Corée du Sud, et la Thaïlande (carte d'utilisation de WEAP).

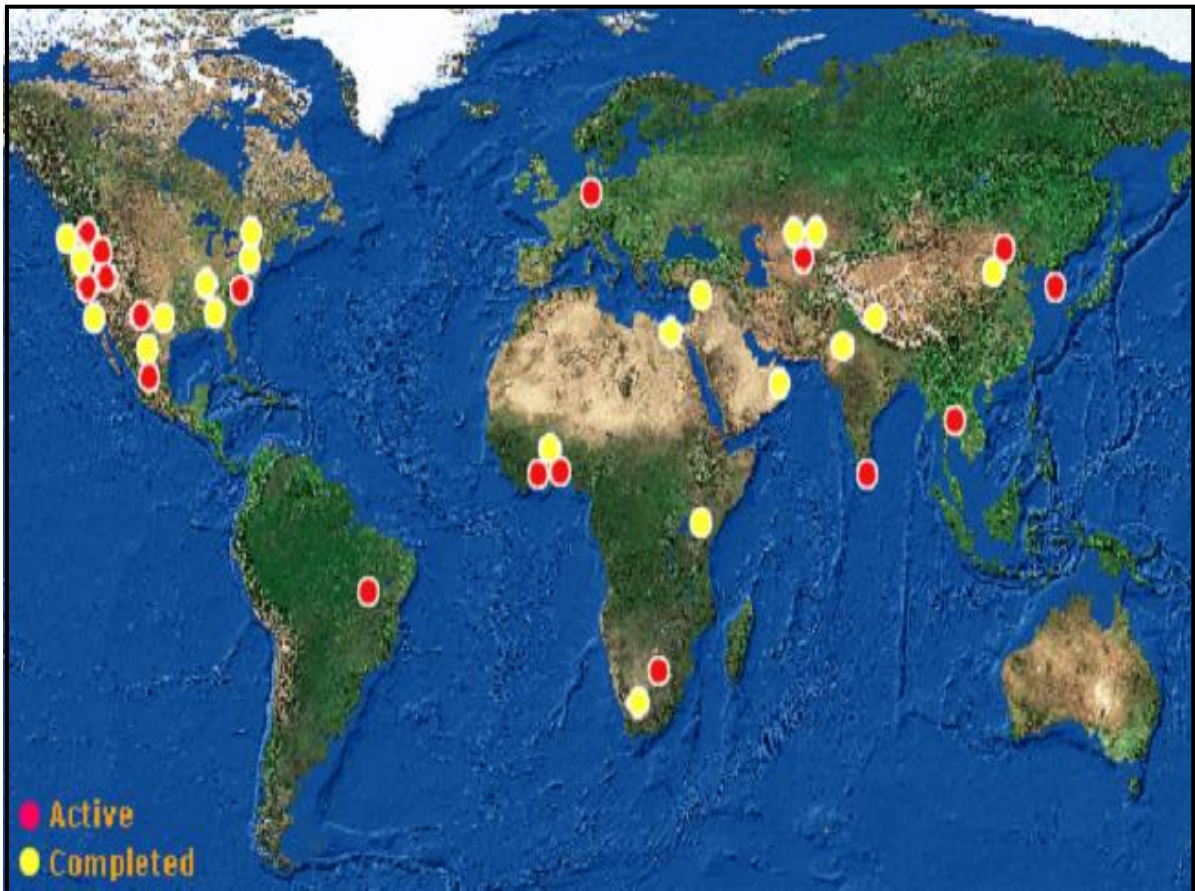


Figure VI.75. (Source : Tutorial de logiciel WEAP 2008)

### I.1. Présentation du logiciel WEAP

Le logiciel WEAP (Water Evaluation and Planning System) est un outil de simulation des ressources hydriques de surface et des eaux souterraines, basé sur les principes comptables d'équilibre de l'eau, crée par le "Stockholm Environnement Institute" (SEI, en 2005). Il peut tester des ensembles alternatifs de conditions pour l'approvisionnement et la demande en eau. Le WEAP est un logiciel qui utilise une approche intégrée de la planification des ressources hydriques. Il a connu une série de développements au cours de ses 20 années de vie. Le WEAP essaie de combler le vide entre la gestion de l'eau et l'hydrologie du bassin, et l'exigence qu'un modèle intégré et efficace sur les ressources hydriques soit utile, facile à utiliser, abordable et facilement disponible pour la communauté étendue des ressources hydriques. Il fournit également des fonctionnalités avancées qui permettent un accès rapide à d'autres modèles et logiciels, tels que MODFLOW, Excel, etc. La flexibilité de l'outil à s'adapter à différents

niveaux de disponibilité des données et son interface conviviale graphique en font un outil approprié à utiliser dans la wilaya de Biskra où les données peuvent être rares et les conflits entre les différents usagers de l'eau sont élevés.

Le WEAP intègre plusieurs processus hydrologiques physiques avec la gestion des demandes et des infrastructures installées de manière cohérente. Il permet une analyse de plusieurs scénarii, notamment les scénarii climatiques alternatifs et les facteurs de stress anthropogènes évolutifs, tels que les variations de l'utilisation des terres, les changements de la demande municipale et industrielle, les règles alternatives d'exploitation et les changements des points de déviation. La force du WEAP réside dans le traitement des problèmes de planification de l'eau et d'affectation des ressources et, il est important de noter qu'il n'est pas conçu pour être un modèle détaillé d'exploitation de l'eau pouvant être utilisé pour optimiser l'énergie hydraulique sur la base de prévisions hydrologiques, par exemple. WEAP est décrit par une priorité des demandes définies par l'utilisateur et des préférences d'approvisionnement fixées pour chaque site de demande et utilisées pour construire une routine d'optimisation qui affecte les fournitures disponibles. Les demandes sont définies par l'utilisateur, mais comprennent généralement la demande municipale et industrielle, les parties irriguées des sous-bassins et les besoins de flux environnementaux.

L'analyse de la demande dans le WEAP qui n'est pas couverte par la demande d'irrigation basée sur l'évapotranspiration suit une approche désagrégée, basée sur l'utilisation finale, pour déterminer les besoins en eau de chaque nœud de demande.

Les informations économiques, démographiques et d'utilisation de l'eau sont utilisées pour construire des scénarii alternatifs qui examinent la façon dont la consommation totale et désagrégée de l'eau évolue au fil du temps. Ces scénarios de demande sont calculés dans le WEAP et appliqués de façon déterministe à un algorithme d'affectation basé sur un programme linéaire.

L'analyse de la demande est le point de départ pour conduire une analyse intégrée de la planification de l'eau, étant donné que tous les calculs d'approvisionnement et de ressource dans le WEAP sont menés par la routine d'optimisation qui détermine la livraison finale à chaque nœud de demande, selon les priorités spécifiées par l'utilisateur. Il est important de noter qu'il existe une suite d'assistance en ligne et de documents de formation, notamment des

tutoriels en anglais, chinois, espagnol, français et farsi et un forum de discussion en ligne (en anglais).

Il existe également une liste étendue de publications couvrant son application dans plusieurs contextes de planification de l'eau, notamment des études spécifiques des répercussions et de l'adaptation au changement climatique, nombre d'entre elles pouvant être téléchargées à partir du site internet de WEAP. Il existe également des cours de formation réguliers et un réseau de départements universitaires qui englobent le WEAP dans leur cursus, et ont par conséquent une expertise nationale du logiciel. <[Http://www.weap21.org/](http://www.weap21.org/)>.

### **I.2. Acquisition du logiciel WEAP**

Le logiciel WEAP est téléchargeable sur site : <http://www.weap21.org>. Il est fonctionnel excepté que le dispositif « économiser données » est handicapé. Une version démo du logiciel est accessible à tout le monde. Par contre, pour le fonctionnel, il faut obtenir un permis ou licence d'utilisation pour les types d'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. Il est préférable que l'ordinateur soit relié à l'internet car le WEAP à un forum d'utilisateur sur le site : <http://forums.seib.org/weap>. Il faut un pseudo et un mot de passe pour entrer dans ce forum. Le forum peut aider l'utilisateur pendant la mise en marche du logiciel, le traitement de données et la mise à jour du logiciel. Le permis d'utilisation est valide pour une durée déterminée.

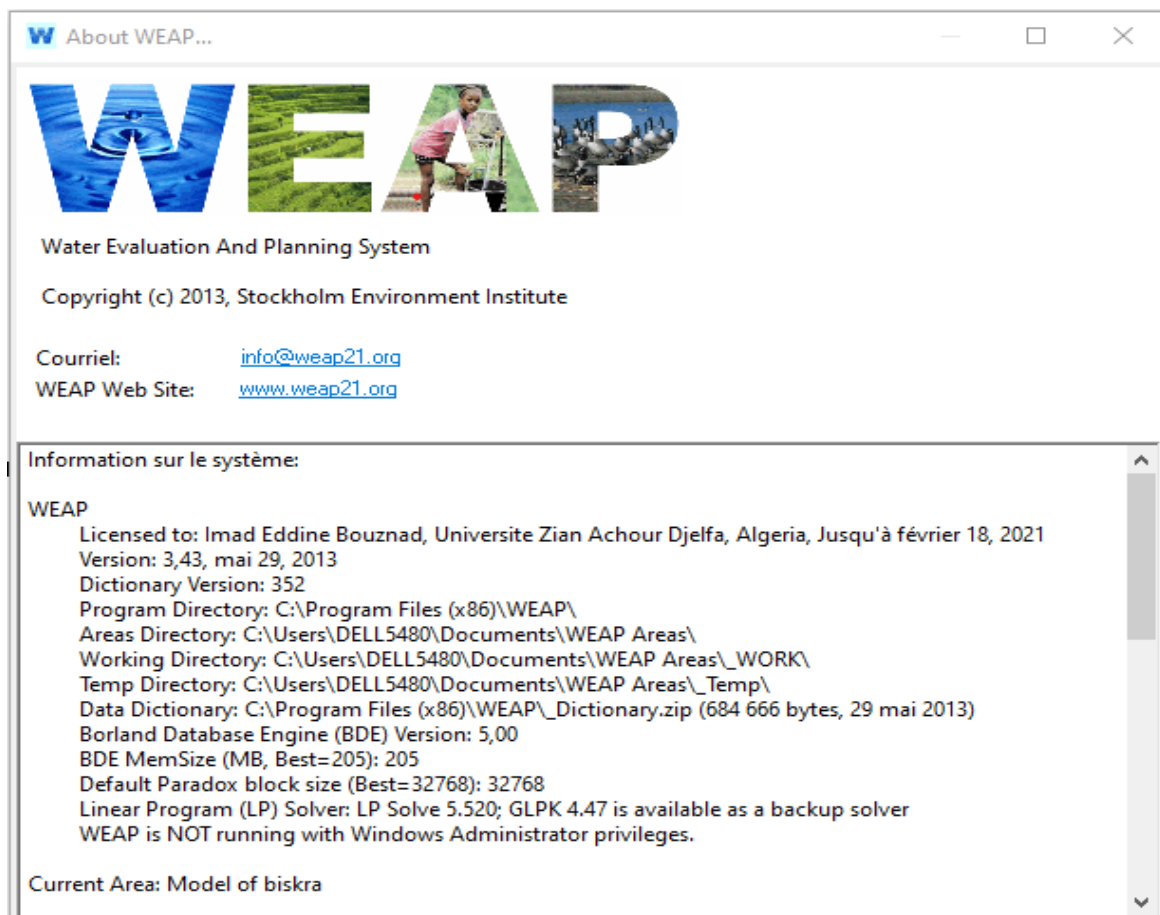
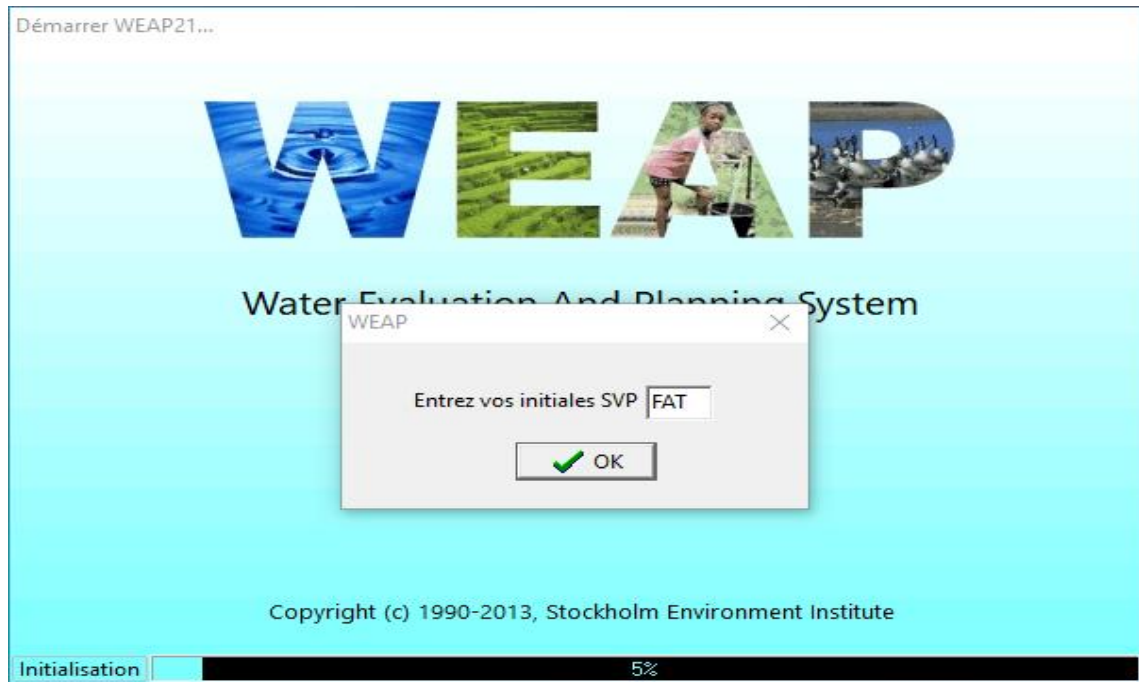


Figure VI.76. License WEAP acquise à partir du SEI (Stockholm Environnement Institute).

### I.3. Application du modèle WEAP dans Wilaya de Biskra

#### I.3.1. Cartographie

Dans le programme WEAP il existe déjà une carte du monde où on peut choisir et créer la zone d'étude (**Fig.74**). Ensuite on va ajouter une carte à vecteur à notre zone d'étude, cette carte peut nous aider pour orienter et construire notre système et raffiner les limites du projet. Les données vecteur fond de plan peuvent être ajoutées en cliquant sur « Add Vector Layer ».

WEAP lit l'information vectorielle dans le format « Shapefile ». Ce fichier de format peut être créé par la majorité des logiciels des systèmes d'information géographique « SIG » (Arc view, Arc Gis, QGIS ,GRASS, etc.). En sélectionnant la carte de wilaya de Biskra et après on a créé la carte du nouveau projet nommé "Biskra". (Fig.76).

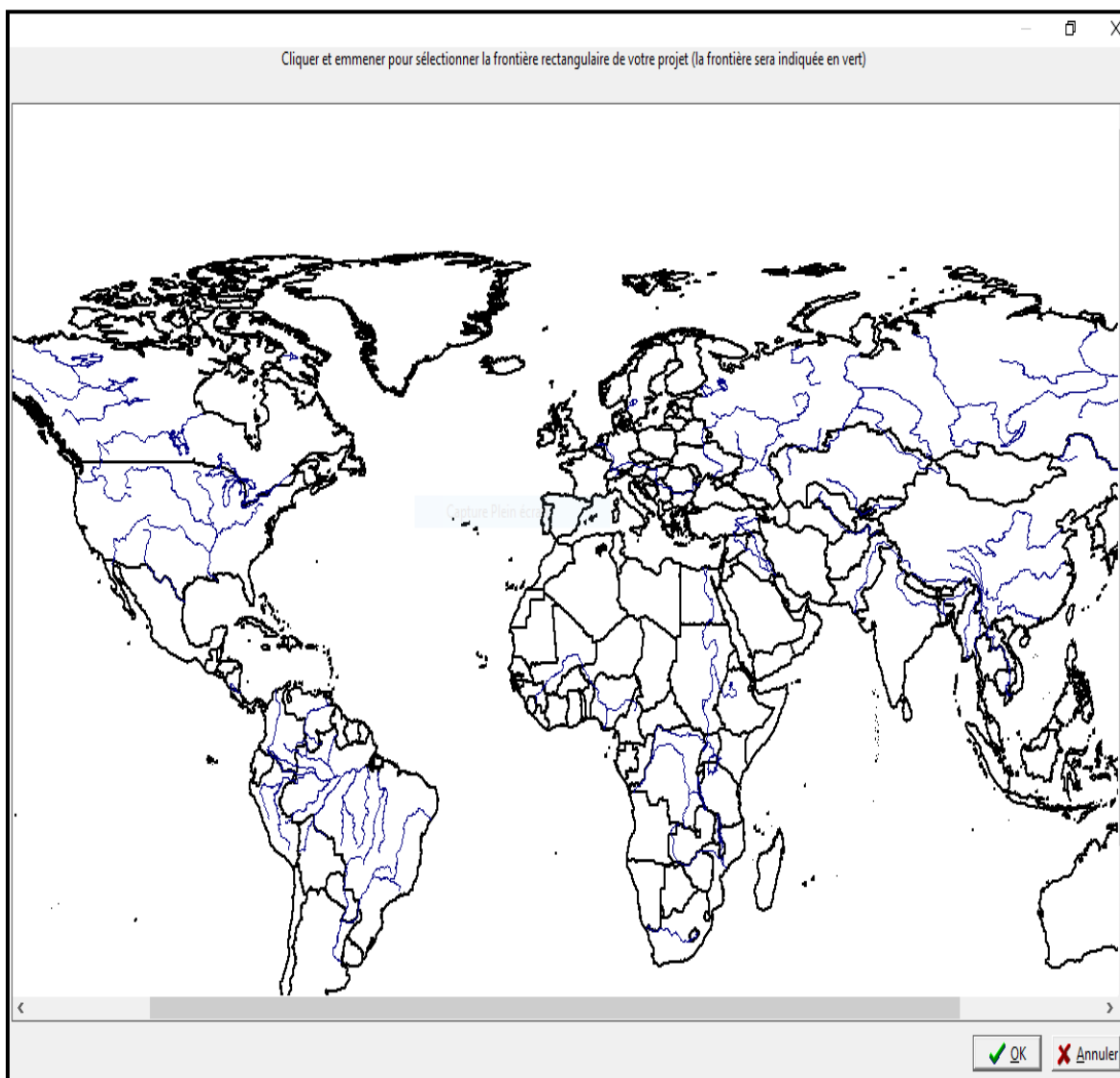


Figure VI.77. Carte du monde dans le logiciel WEAP.



**I.3.2. Réglage des paramètres généraux**

Dans cette partie, les paramètres temps devraient être réglés. Créer une année de comptes courants pour le projet. Dans cette étude, nous limitons entre 2017-2050 pour toutes informations sur le système (sites de demandes, données d'approvisionnement, etc.).

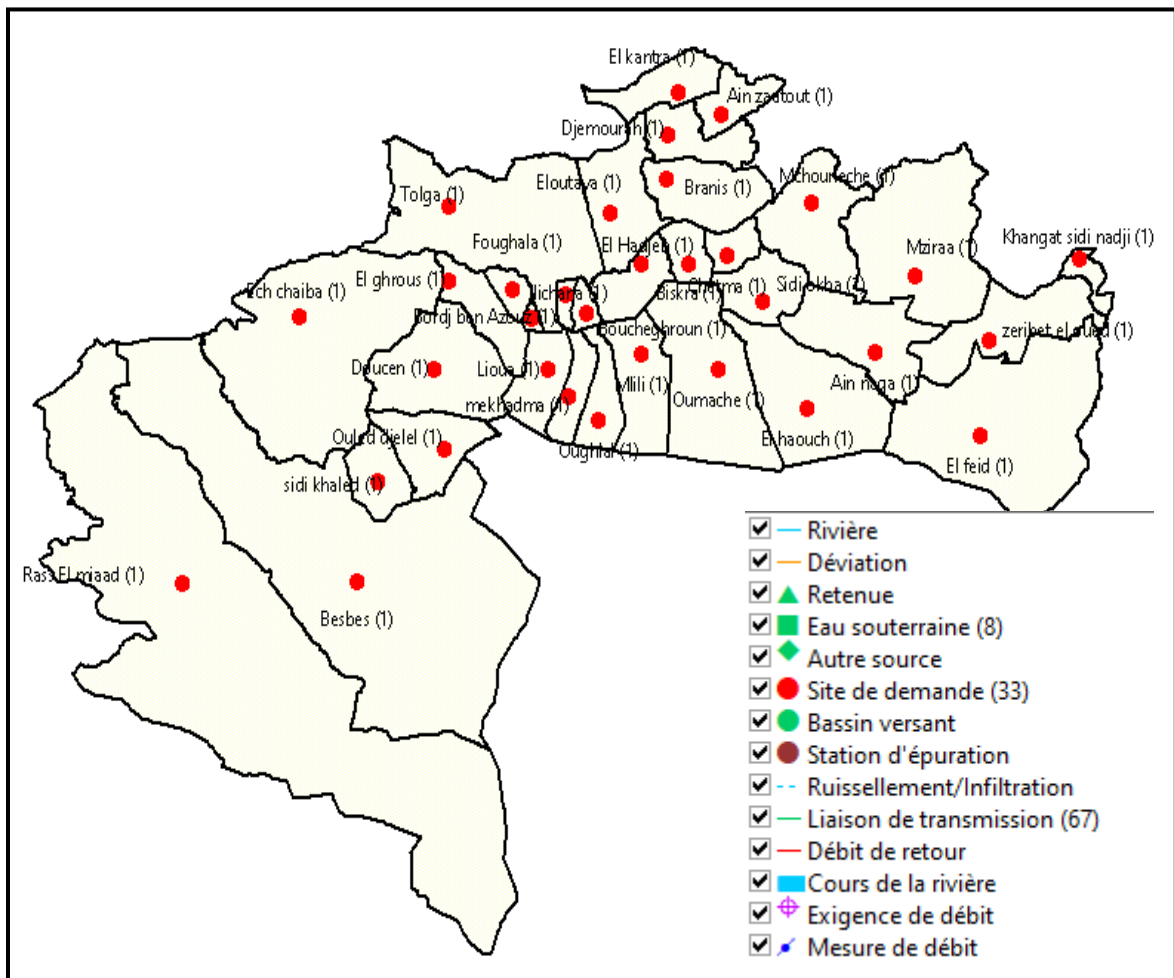


Figure VI.78. Carte de la wilaya de Biskra par Commune sous WEAP. Boutouga F. 2016.

**I.3.3. Fonctionnement du logiciel**

Le programme WEAP fonctionne donc suivant cinq (5) étapes :

**I.3.3.a : Création de la 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 Arcview. 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.

**I.3.3.b : Création des hypothèses clés et références :** Puisque le logiciel pourrait faire une simulation basée sur des calculs. Il est donc primordial de créer la base de données avec les différentes hypothèses clés et les différents scénarios.

**I.3.3.b.1 : Hypothèses clés :** Ce sont des variables définies par l'utilisateur du logiciel qui servent de clés principales pour faire l'analyse. Dans notre étude, nous avons (09) hypothèses clés servant comme données de base pour le logiciel.

**I.3.3.b.2 : Références :** Il est nécessaire d'avoir une année ou une période de référence pour servir de modèle. Toutes les données à utiliser doivent être comprises entre cette année ou période de référence.

**I.3.3.c Proposition des Scénario :** 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 scénarios pour évaluer les effets des changements socio-économiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur.

**I.3.3.d Saisie des données :** Les données sont à saisir en cliquant droit après avoir créé les éléments dans la zone d'étude (placer les emplacements urbains, industriels, élevages, etc.).

**I.3.3.e Présentation des résultats :** Les résultats se présentent sous forme de graphe et (où) de tableau. On aura deux résultats à comparer : les résultats de l'année de référence et de l'année de scénario de changements climatiques.

Les données collectées et portées dans WEAP concernent :

- Les sites de demandes avec leur emplacement : urbain (commune), les secteurs de demandes.
- Les ressources et les lieux de captage (site de l'offre) : eaux souterraines exploitées (forages, puits) données hydrogéologiques.

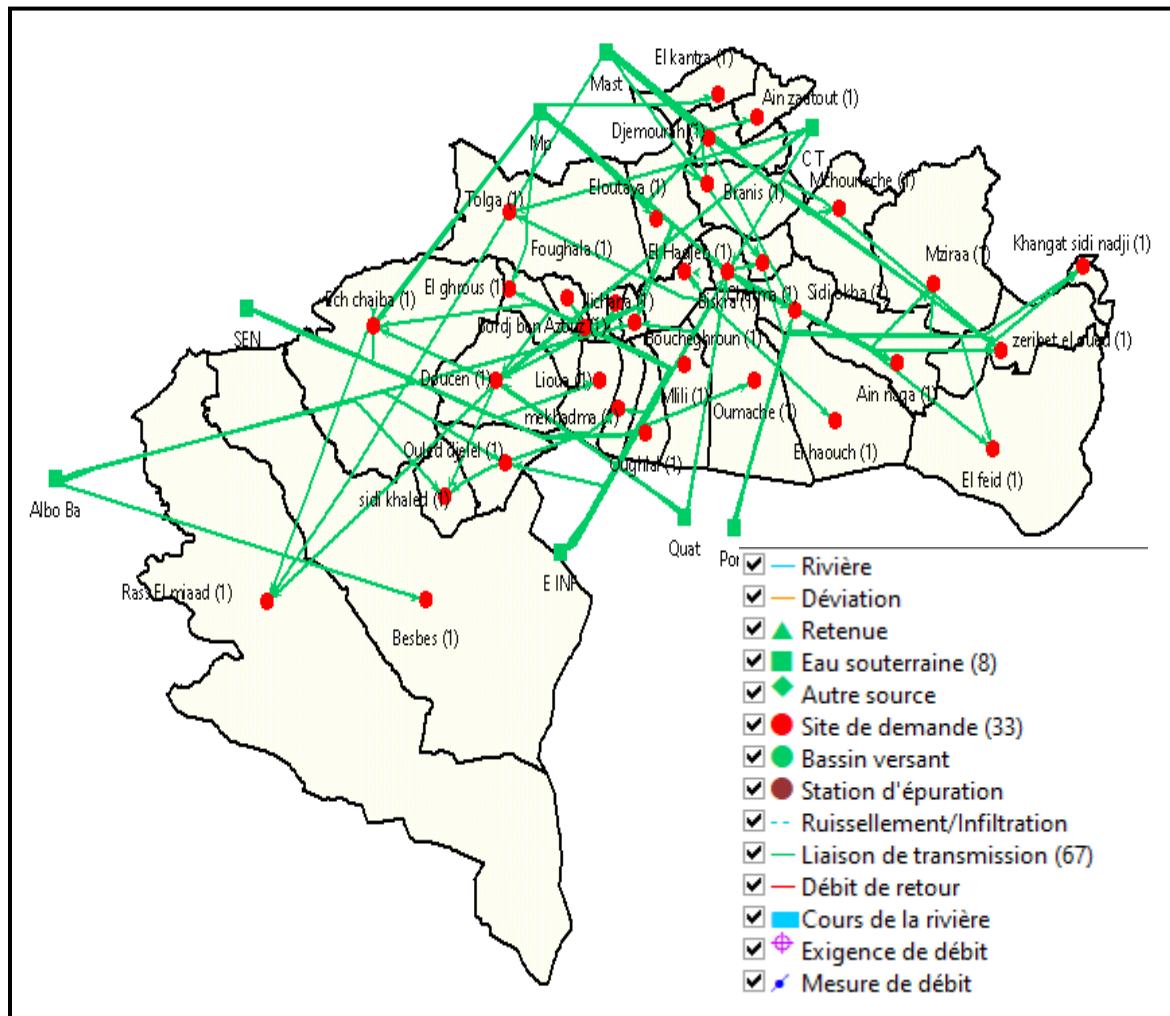


Figure VI.79. Schéma hydraulique de la wilaya de Biskra. Boutouga F. 2016.

## VI.II. Analyse et traitement des données nécessaires

Etant donné que le modèle WEAP est un outil informatique permettant de planifier la gestion intégrée des besoins en eau, la gestion intégrée des ressources en eau nécessite certaine connaissance aussi parfaite que possible sur : - La réserve et la ressource en eau, - Les sites de l'offre ou captage, - Les sites de demandes. Des données collectives à ces points ont été collectées au niveau de certaines institutions travaillant dans le secteur de l'eau et de l'assainissement dans le bassin, ainsi que dans des organismes régionaux. 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 des demandes

• **Le niveau d'activité annuelle** : qui détermine la demande tel que le nombre d'usagers de l'eau pour des motifs domestiques ou le niveau de consommation d'eau par unité d'activités. Donc, la demande annuelle représente le montant d'eau exigé par chaque demande. Les pertes, la réutilisation, et l'efficacité sont estimées séparément. La consommation de l'eau est calculée en multipliant le niveau de l'activité annuel par un taux d'usage de l'eau. Les Niveaux de l'activité sont utilisés dans l'analyse de la demande en eau de WEAP comme une mesure d'activité sociale et économique.

➤ Avant d'entrer les données il faut choisir l'unité, dans la fenêtre « Unité d'activité », sous le champ « Unité », nous avons choisi « Personne pour AEP » et cliquer sur « OK ».

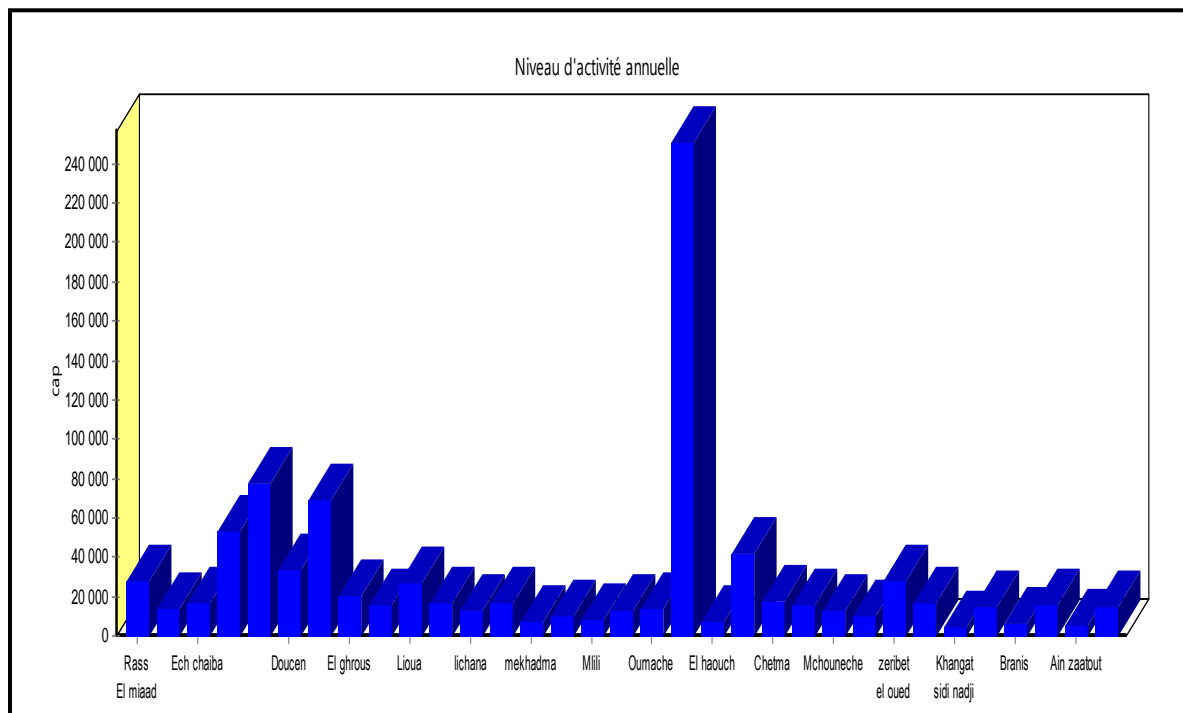


Figure VI.80. Niveau d'activité annuelle des sites des demandes domestiques.

• **La consommation annuelle** : c'est la consommation de l'eau annuelle moyenne par unité d'activité. WEAP affiche le dénominateur (personne, dans l'exemple au-dessous) accentuer que c'est un taux par unité, pas le montant total d'eau a utilisé. Cliquer sur la fenêtre « Consommation d'eau annuelle ». Nous avons choisi une dotation de l'ordre de "m<sup>3</sup>/Person/an."

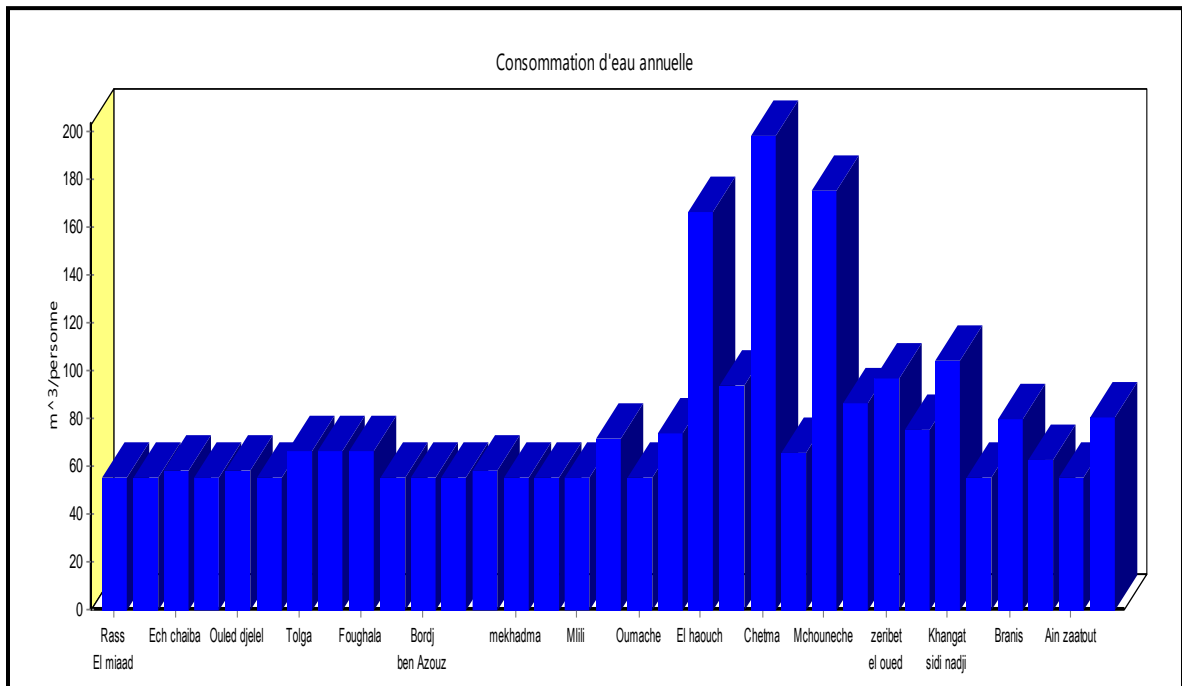


Figure VI.81. Consommation annuelle des sites des demandes domestiques  
-Compte d'état actuel, 2016-

- **Le taux de consommation** : ou le pourcentage du débit d'entrée consommé, cliquer sur la fenêtre « Consommation » et entrer 10 sous le champ nommé « 2016 ». Noter que l'unité est prédéfinie en pourcent (%).

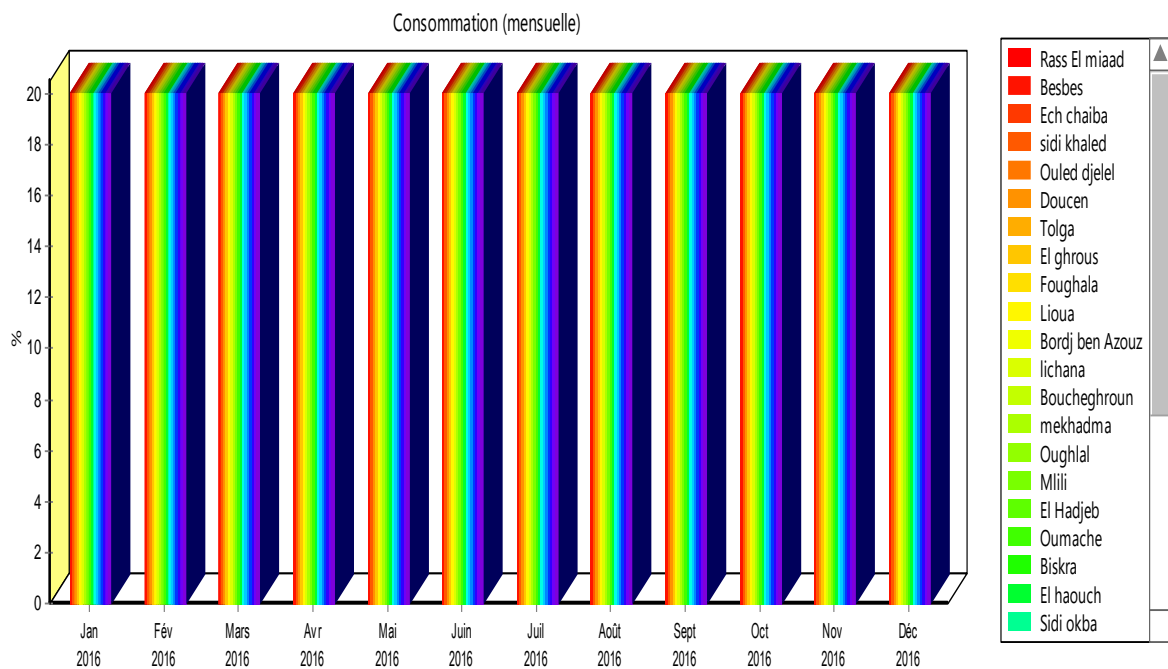


Figure VI.82. Le taux de consommation du débit d'entrée consommé  
-Compte d'état actuel, 2016-

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

- La capacité de stockage qui indique la capacité maximale théorique de l'aquifère.
- La quantité maximale ou Prélèvement maximal qui peut être prélevé de l'aquifère par les forages (c'est t-à-dire la capacité de pompage annuel).

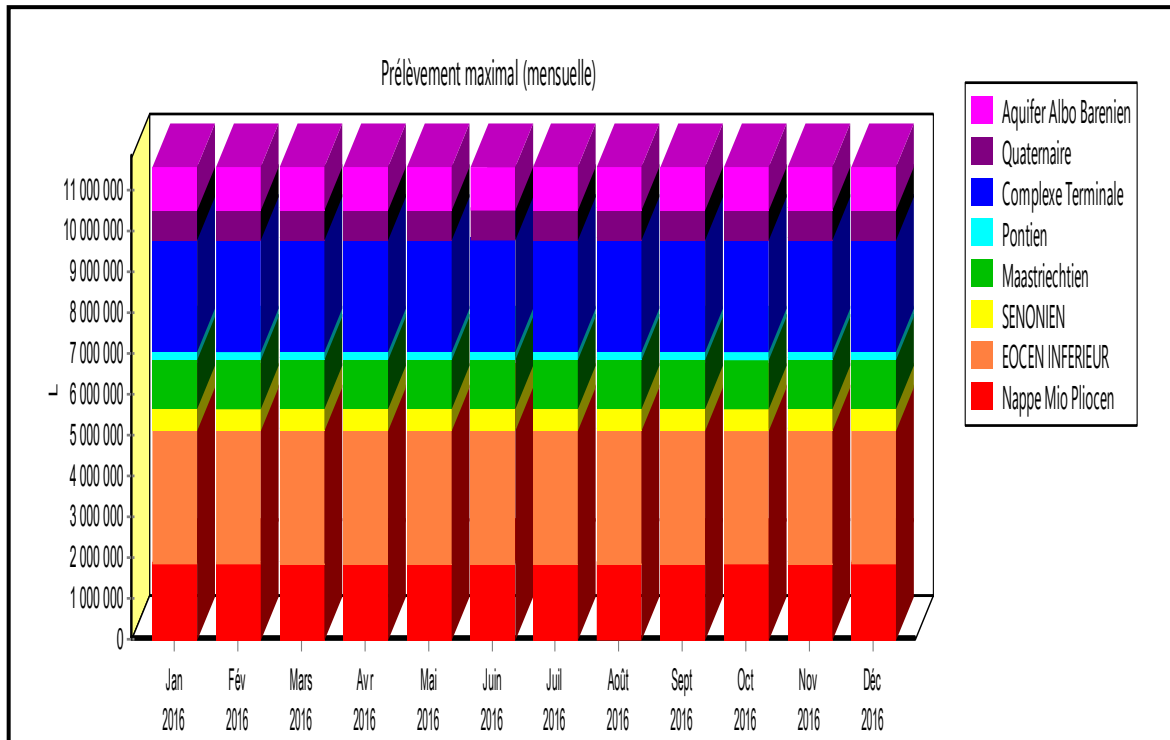


Figure VI.83. Prélèvement Maximum annuel des eaux souterraines

-Compte d'état actuel, 2016-

**II.3. Règles de liaison**

- Débit maximal annuelle (en volume), cliquer sur le bouton règles maximal volume ; et entrer le débit, après avoir choisie (m<sup>3</sup>/année) comme unité.

**II.4. 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 » ; 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, Hypothèses principales sont créées :

- ✓ Taux d'accroissement de la population faible 2.3%
- ✓ Taux d'accroissement de la population forte 3%
- ✓ Taux d'accroissement de la population faible 1,5%
- ✓ Dotation Actuel 360 l/j/personne.
- ✓ Dotation Sècheresse 210 à l/j/Personne.
- ✓ Dotation Selon l'OMS 160 l/j/Personne. LA REFERENCE , QUELLE ANNEE ???
- ✓ Les pertes 20%
- ✓ Les pertes 10%
- ✓ Les pertes 00%

Il faut noter que WEAP possède une fonction qui permet de calculer automatiquement le nombre de population future. Le logiciel modélise automatiquement les besoins en eau futur en fonction des utilisateurs.

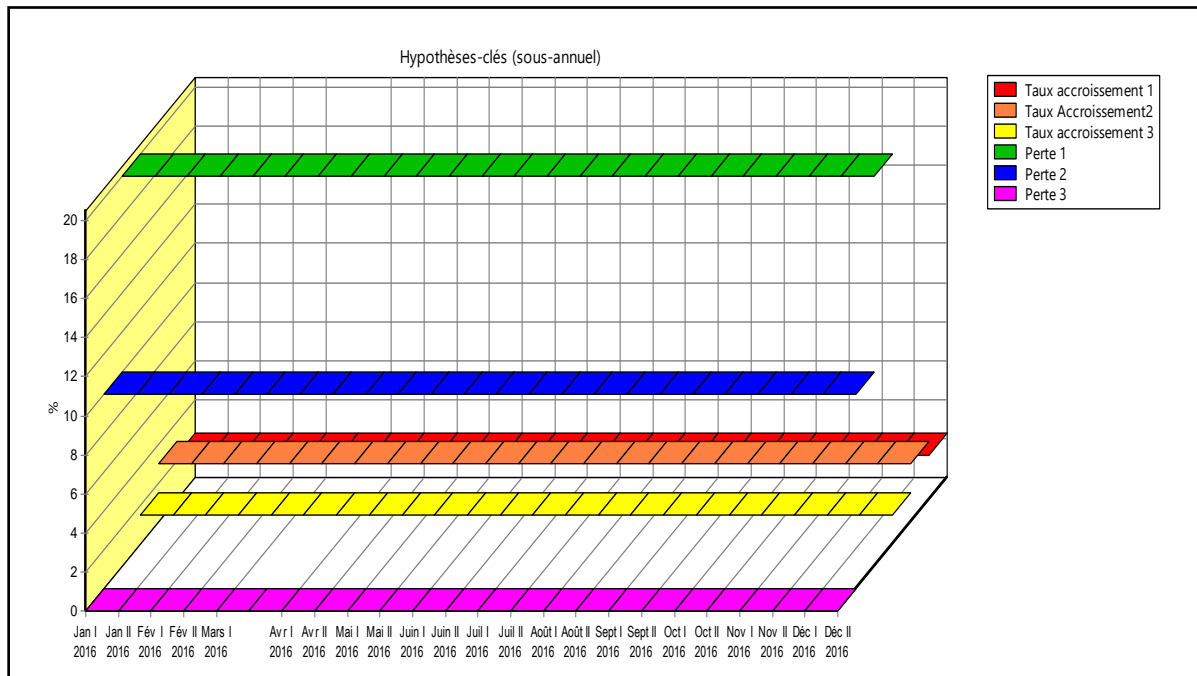


Figure VI.84. Les hypothèses clés dans la WEAP -Compte d'état actuel, 2016-

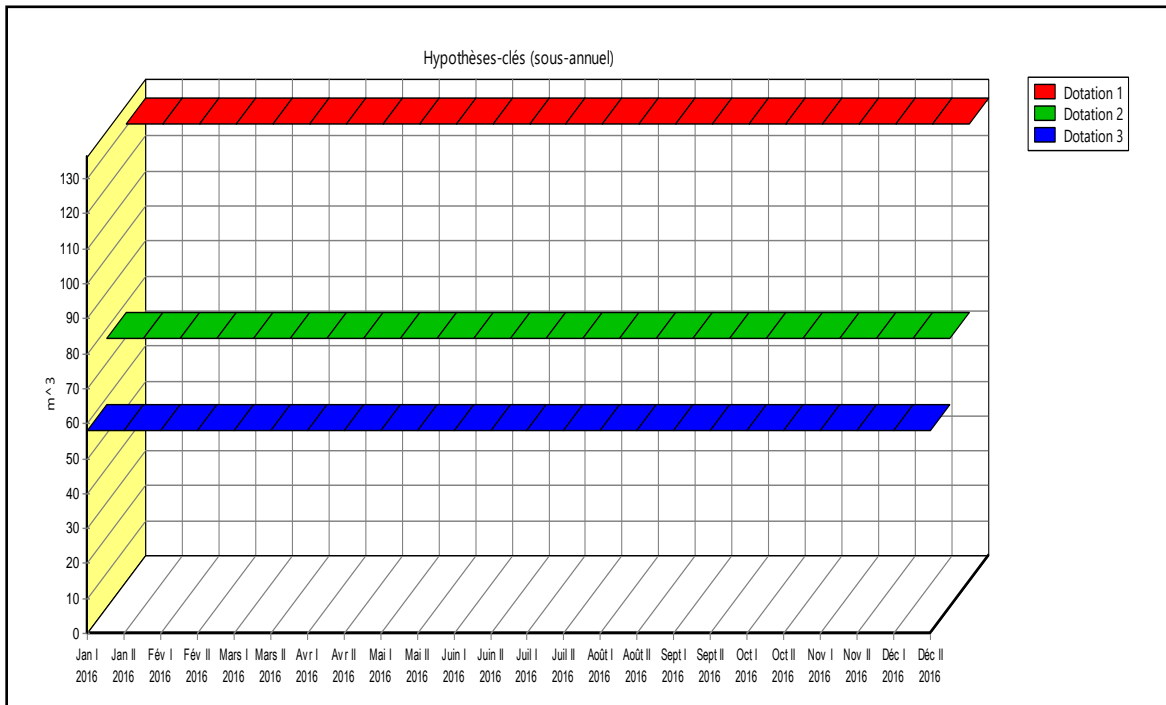


Figure VI.85. Les hypothèses clés dans la WEAP -Compte d'état actuel, 2016-

### II.4.1. 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 (l'année 2016) et année de fin des scénarios 2050.

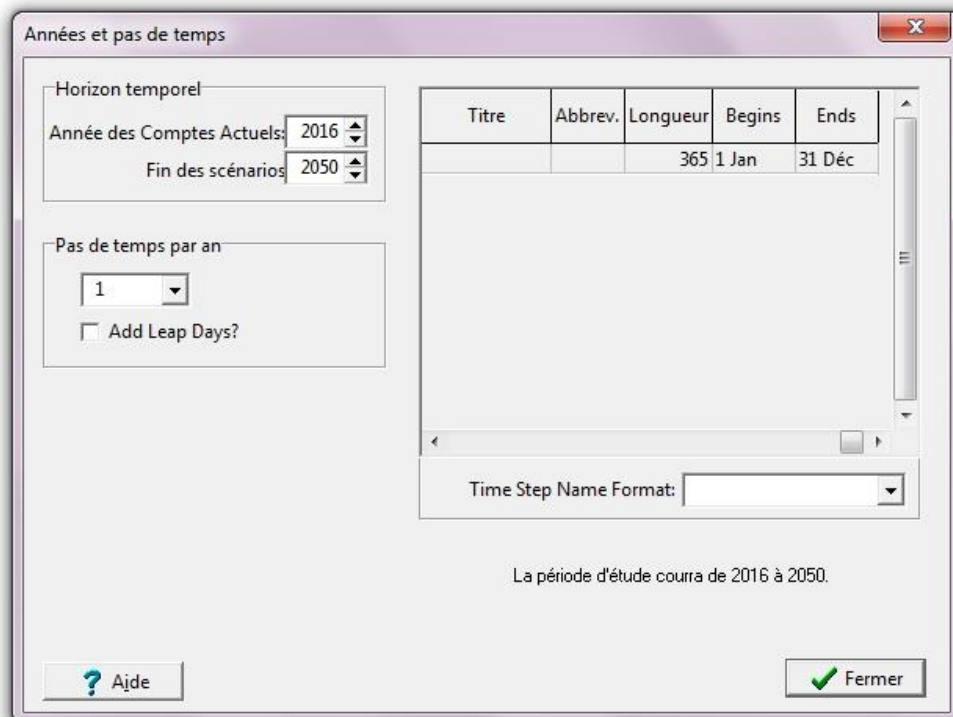


Figure VI.86. L'horizon de calcul pour le scénario.

### II.4.2. 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.

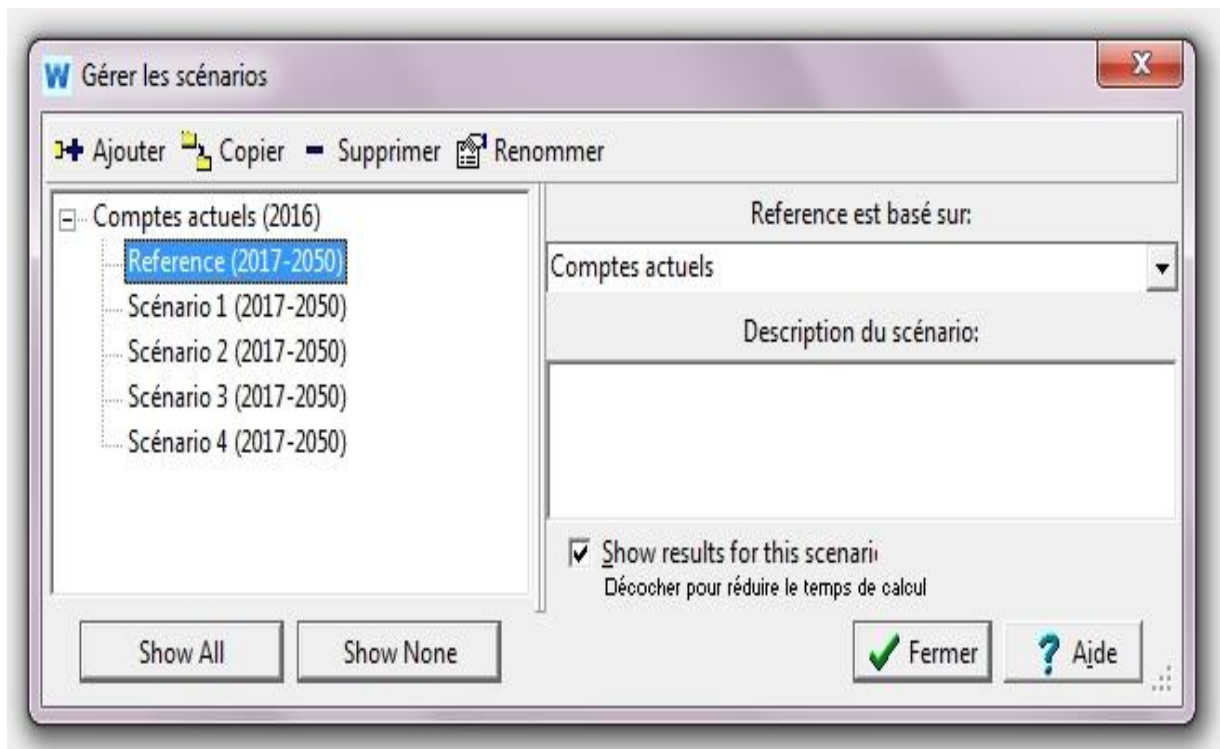


Figure VI.87. Scénario de base.

### II.4.3. Exécuter le Scénario « Référence »

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

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

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

Dans le but d'enrichir notre modèle et pour faire une meilleure prévision à long terme, nous avons établi les scénarios suivants :

- ✚ Scénario 1 : "Un Taux d'accroissement de la population faible" de l'ordre de 2,3 % avec une dotation 360 L /j/habitant, et qui correspond à 131 m<sup>3</sup>/habitant/an avec une perte d'eau égale 20%.
- ✚ Scénario 2 : Nous avons modifié le taux d'accroissement "Un Taux d'accroissement de la population fort" de l'ordre de 3 % avec une dotation moyenne dans la wilaya de Biskra 208 L /j/habitant, et qui correspond à 76 m<sup>3</sup>/habitant/an avec une perte d'eau de 10%.
- ✚ Scénario 3 : "Un Taux d'accroissement de la population faible" de l'ordre de 1.5 % avec une dotation Selon l'OMS 160 L /j/habitant, et qui correspond à 58 m<sup>3</sup>/habitant/an. (Site officiel de l'OMS) avec une perte d'eau de 0%.
- ✚ Scénario 4 : "Un Taux d'accroissement de la population fort" de l'ordre de 1,5 % avec une dotation Selon l'OMS 360 L /j/habitant, et qui correspond à 131 m<sup>3</sup>/habitant/an avec une perte d'eau de 0%.

La planification par scénarios n'a pas pour objectif de produire une image précise du futur. Par contre, elle aide les groupes de décideurs à prendre des décisions stratégiques quant à leur avenir, à collaborer et à orienter leur action. Une bonne planification par scénarios permet aux groupes de décideurs de concevoir une stratégie pouvant être adaptée à plusieurs futurs possibles. Le point de départ de la planification par scénarios est la situation actuelle, décrite en termes de système, avec le problème, ou ensemble de problèmes, auquel les groupes de décideurs sont confrontés [SELLAMNA, 2010].

Organisation des scénarios dans WEAP

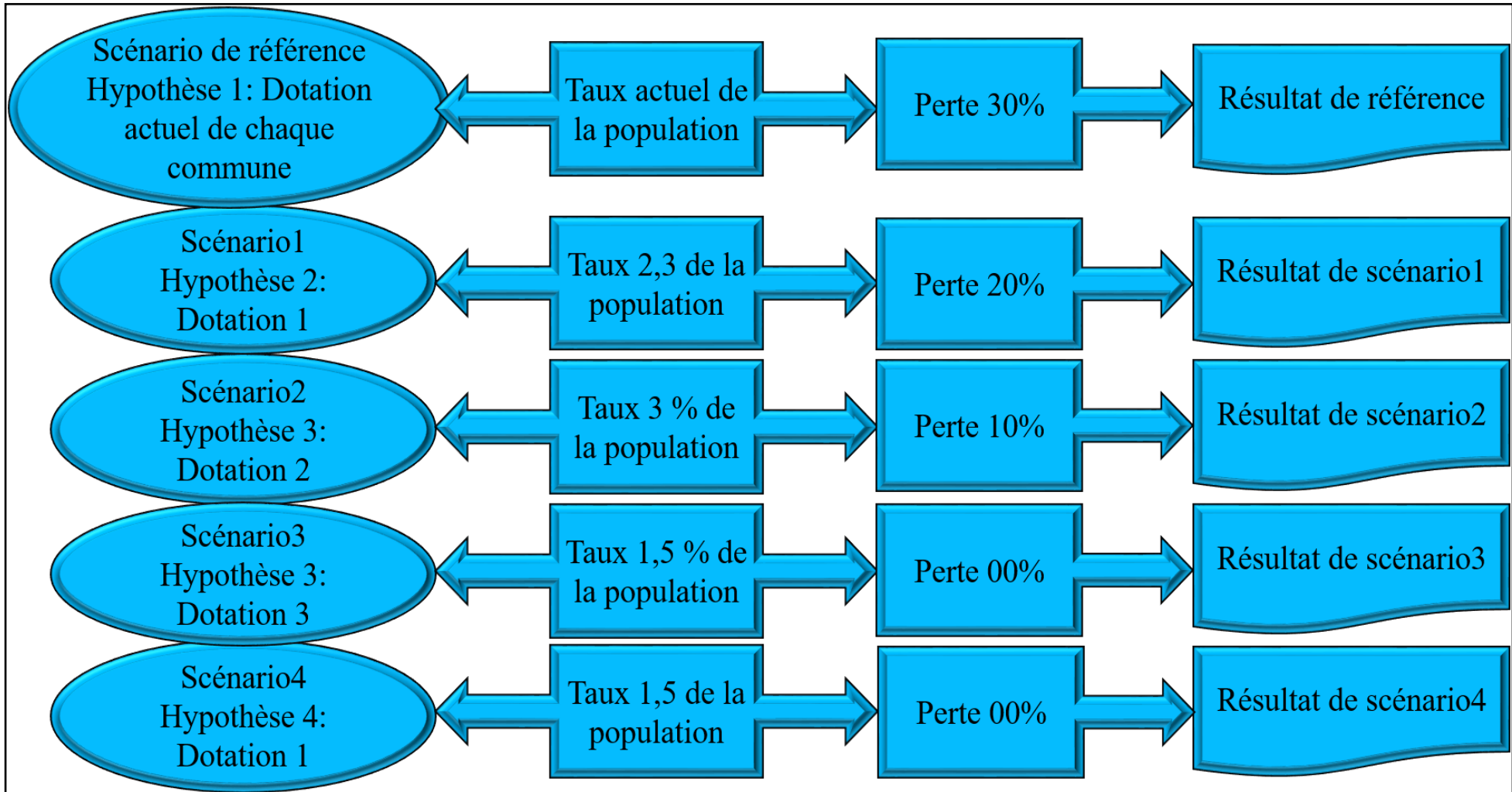


Figure VI.88. Organisation des scénarios dans WEAP pour le modèle AEP.



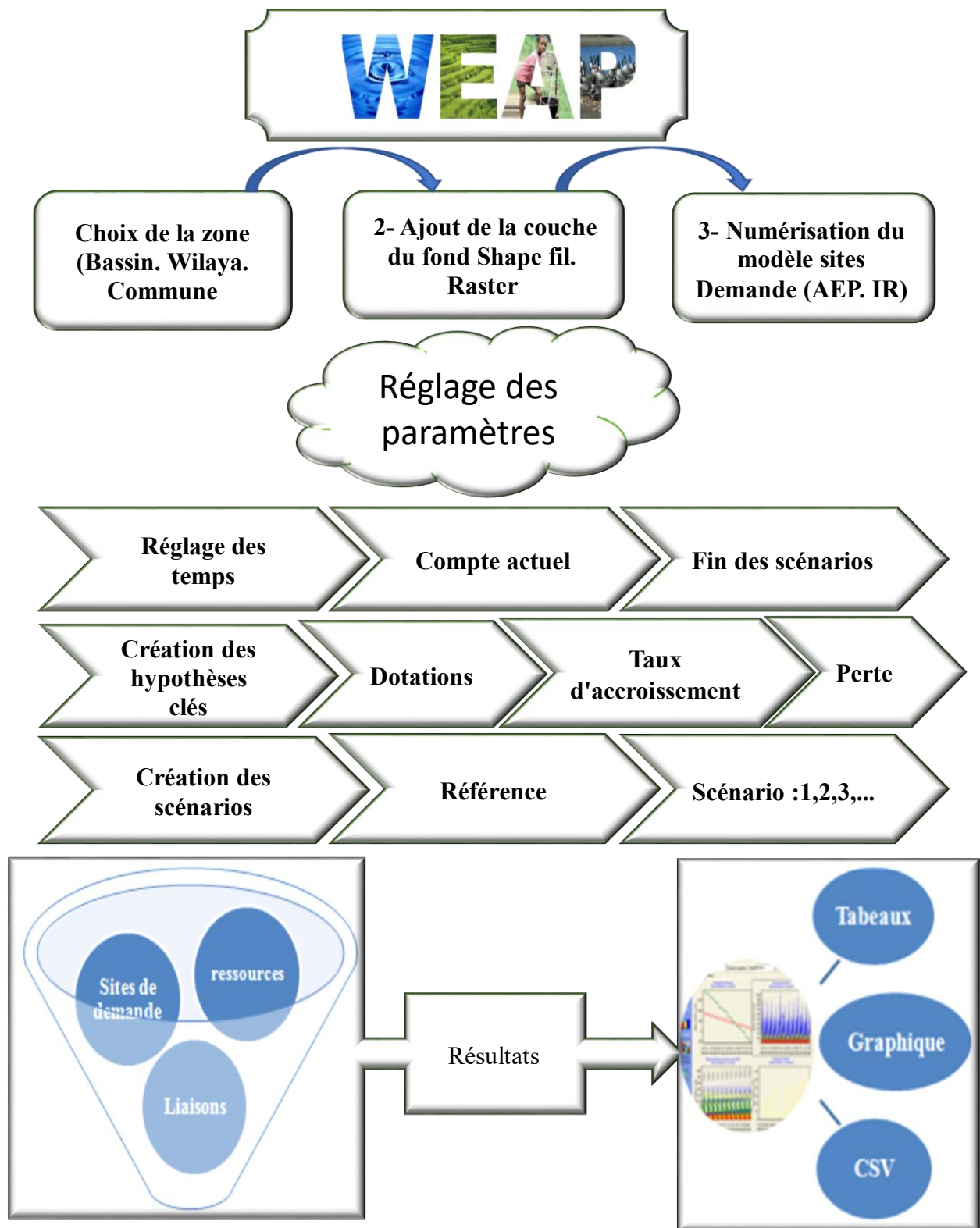


Figure VI.89. Organigramme du fonctionnement du logiciel WEAP.



**Discussion des résultats**

**Introduction**

Les résultats obtenus sont analysés selon quatre volets, de façon à faire apparaître les différentes facettes de la demande : commentaire des demandes sectorielles simulées par WEAP selon les scénarios choisis, analyse de la demande globale, comparaison entre scénarios et enfin discussion des résultats.

**I. Résultats**

Les résultats de notre application sont basés 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.

**I. 1. Evolution de la demande en eau**

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. Le graphique doit être similaire à celui en bas. Penser aux points suivants :

- Evolution de la demande en eau pour le Scénario référence.

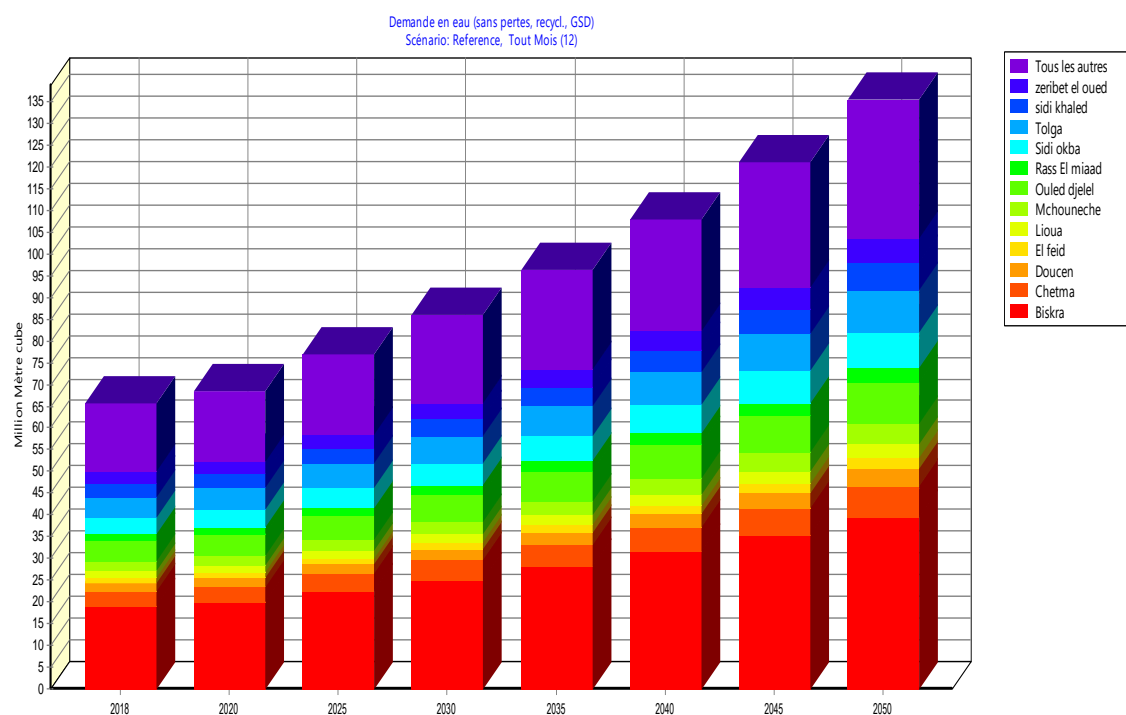


Figure VI.90. Evolution de la demande en eau pour le Scénario référence.

**I.1.1. Scénario 1 :** Le graphique de la figure ci-dessous présente l'accroissement de la demande en eau au scénario d'un taux d'accroissement moyen de la population de l'ordre de 2,3 % avec une dotation théorique dans la wilaya de Biskra 360 L /j/habitant avec une perte de 20%.

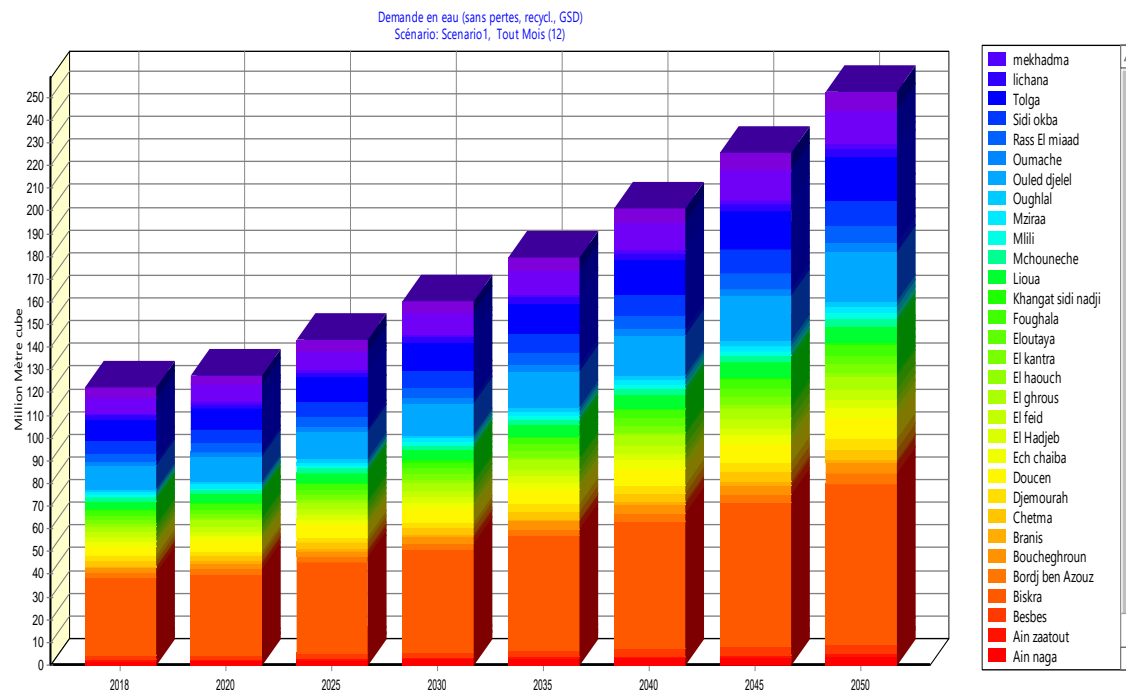


Figure VI.91. Evolution de la demande en eau pour le Scénario 1.

Cette figure montre que la demande en eau augmente régulièrement entre 2017 et 2050 : Elle atteint en 2030 un volume de 160,2 millions M<sup>3</sup>/an par rapport au scénario de référence qui était de l'ordre de 93,5 millions M<sup>3</sup>/an.

**I.1.2. Scénario 2 :** Dans ce scénario, le graphe présent au scénario d'un fort accroissement de la population de l'ordre de 3 % avec une dotation réel moyenne dans la wilaya de l'ordre 208 L /j/habitant avec une perte de 10%.

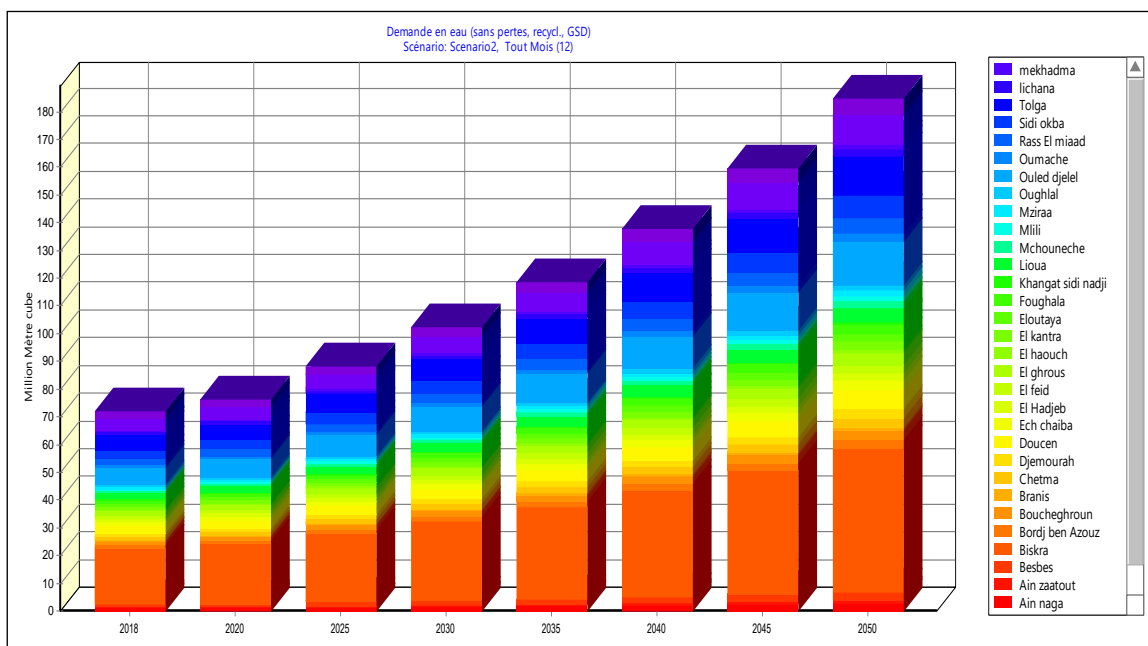


Figure VI.92. Evolution de la demande en eau pour le scénario 2  
 Cette figure montre que la demande en eau augmente régulièrement entre 2017 et 2050 : elle atteint en 2045 un volume de 161,4 millions M<sup>3</sup>/an par rapport au scénario de référence à raison de 131,5 Millions M<sup>3</sup>/an.

**I.1.3. Scénario 3 :** Le graphique de la figure ci-dessous présente l'accroissement de la demande en eau au scénario d'un faible accroissement de la population de l'ordre de 1.5 % avec une dotation Selon l'OMS 160 L /j/habitant.

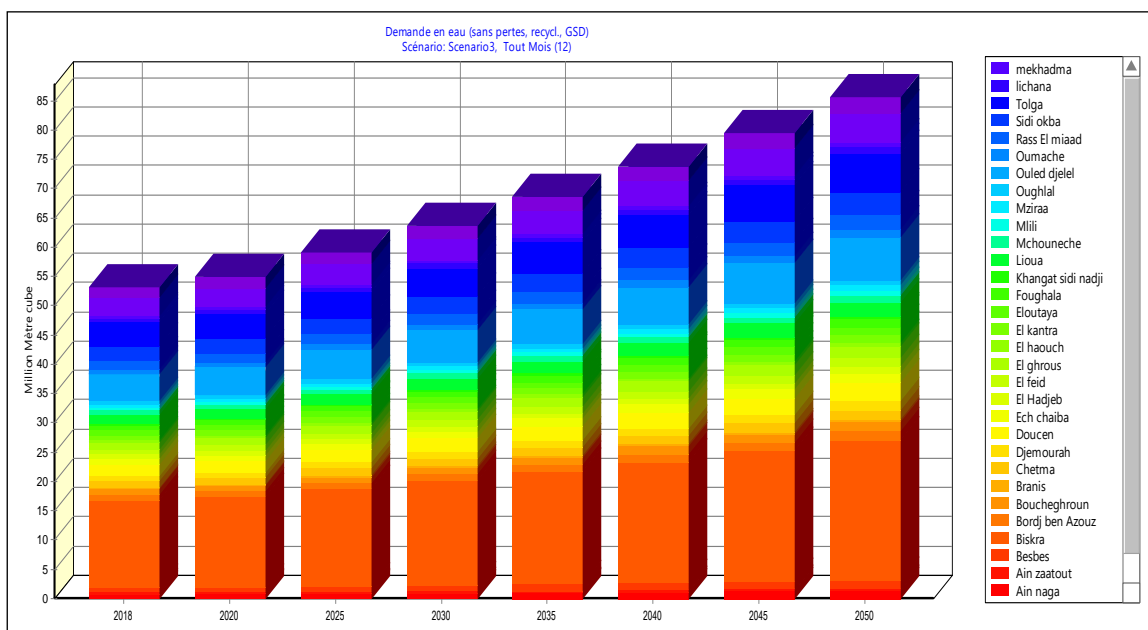


Figure VI.93. Evolution de la demande en eau pour le scénario 3

Quand à cette figure, montre que la demande en eau sera supérieure de 85,6 Millions de M<sup>3</sup>/an en 2050 par rapport au scénario de référence au lieu de 147,3 Millions de M<sup>3</sup>/an.

**I.1.4. Scénario 4 :** Le graphique de la figure ci-dessous présente l'accroissement de la demande en eau au scénario d'un fort accroissement moyenne de la population de l'ordre de 3,2 % avec une dotation théorique dans la wilaya de l'ordre de 360 L /j/habitant avec une perte égale à 0%

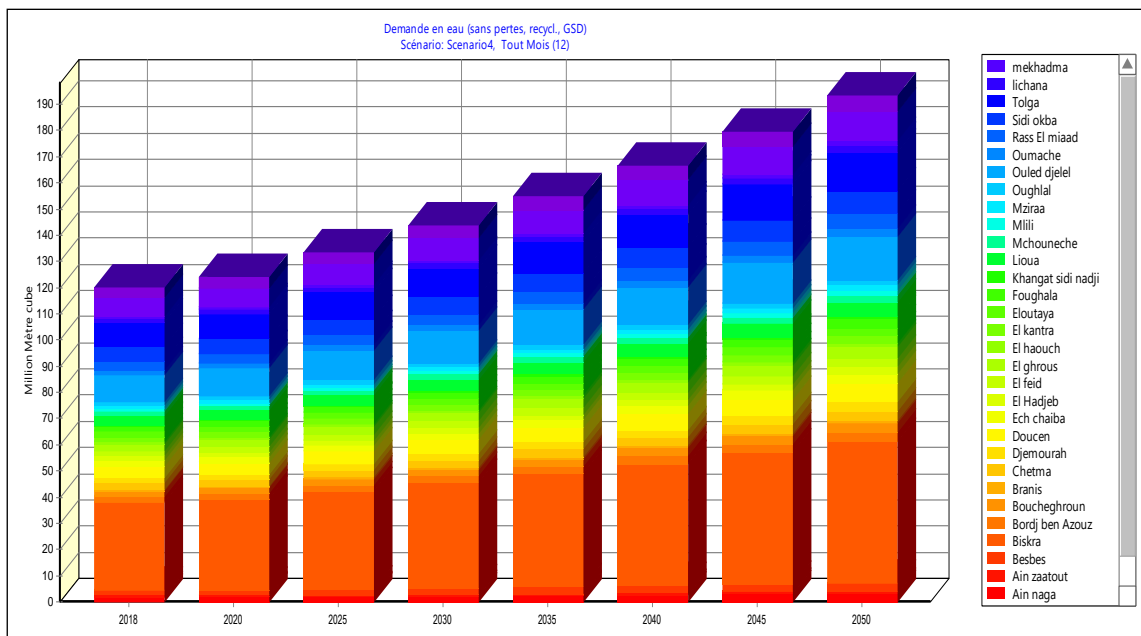


Figure VI.94. Evolution de la demande en eau pour le scénario 4

Quand à cette figure, montre que la demande en eau sera supérieure de 193,2 Millions de M<sup>3</sup>/an en 2050 par rapport au scénario de référence au lieu de 147,3Millions de M<sup>3</sup>/an.

## I.2. Comparaison entre les scénarios

### I.2.1. Entre le scenario 1 et référence

Le graphique de la figure ci-dessous présente la comparaison entre deux scénarios, le scénario 1 (avec un taux d'accroissement moyenne de la population égale à 1,5 % avec une dotation théorique de l'ordre de 360L /j/habitant) avec le scénario (référence).

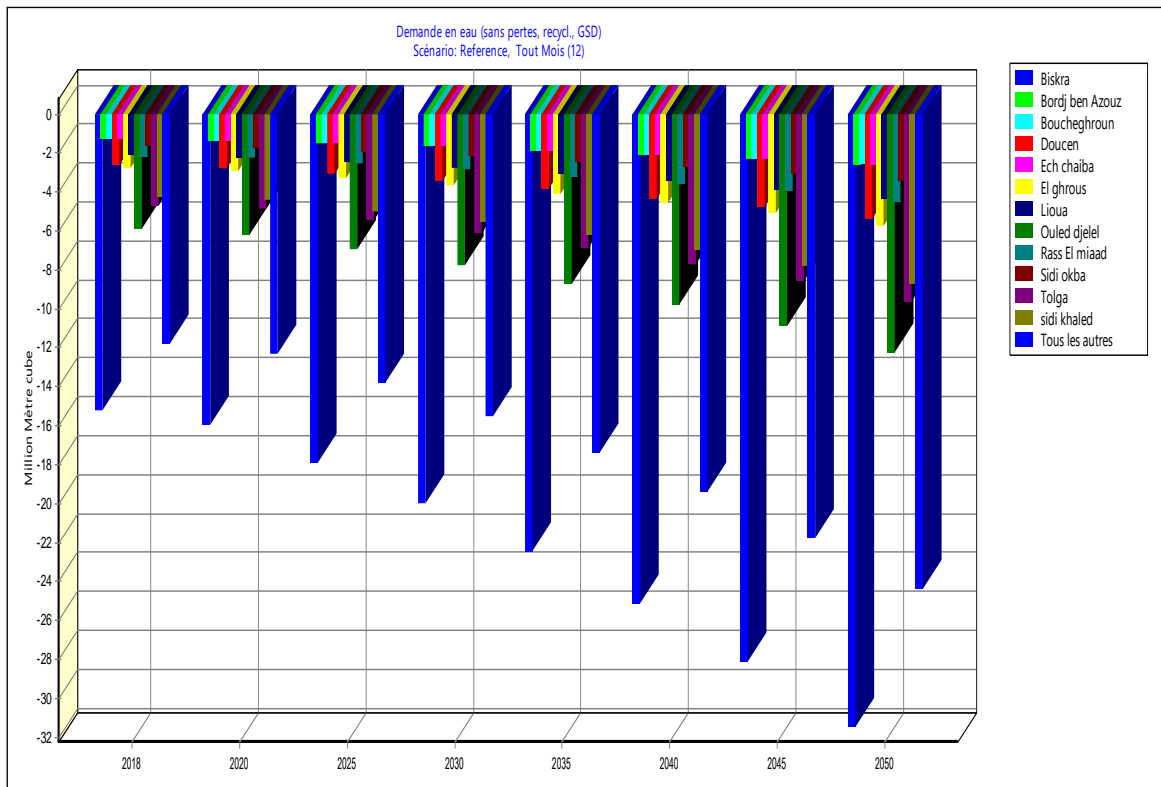


Figure VI.95. Comparaison entre Scénario 1 et référence.

La figure ci-dessus nous montre l'écart entre Scénario 1 et référence, la quantité que l'on peut gagner, si on utilise le scénario 1 dans toutes les communes de la wilaya de Biskra est de l'ordre de 50,7 millions M<sup>3</sup> en 2018 et 105,1 millions M<sup>3</sup> à en 2050 à la fin du scénario.

### I.2.2 Entre le scenario 2 et référence

Le graphique de la figure ci-dessous présente la comparaison entre Scénario 2 et référence, (le scénario fort l'accroissement de la population de 3 % avec une dotation moyenne réel dans la wilaya 208 L /j/habitant et une perte de 10%) avec (la référence).

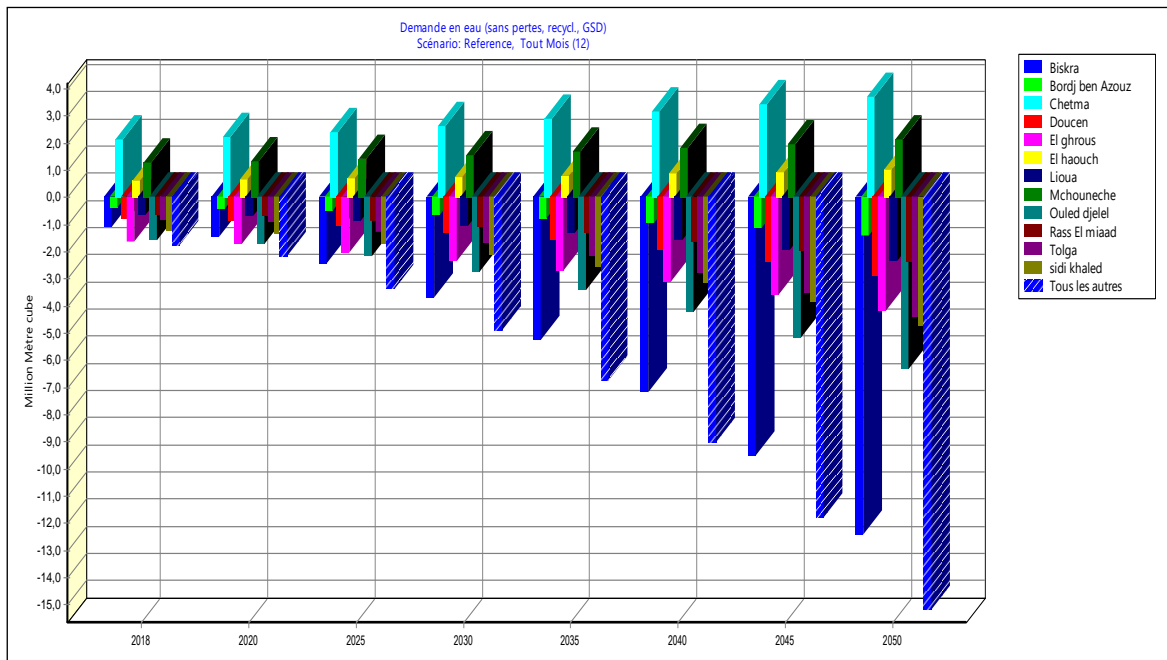


Figure VI.96. Comparaison entre Scénario 2 et référence.

On remarquera dans la figure ci-dessus et après La comparaison entre Scénario 2 et référence. La quantité que l'on peut gagner est 1,4 Million M<sup>3</sup> au débit, jusqu'à l'année 2050 une augmentation de La demande en eau dans la wilaya de de 1 Million M<sup>3</sup> à 39,8 Million M<sup>3</sup>.

### I.2.3. Entre le scenario 3 et référence

Le graphique de la figure ci-dessous présente la comparaison entre Scénario 3 et référence, le scénario faible l'accroissement de la population de 1.5 % avec une dotation Selon l'OMS 160 L /j/habitant avec une perte égale à 0%) avec (la référence).

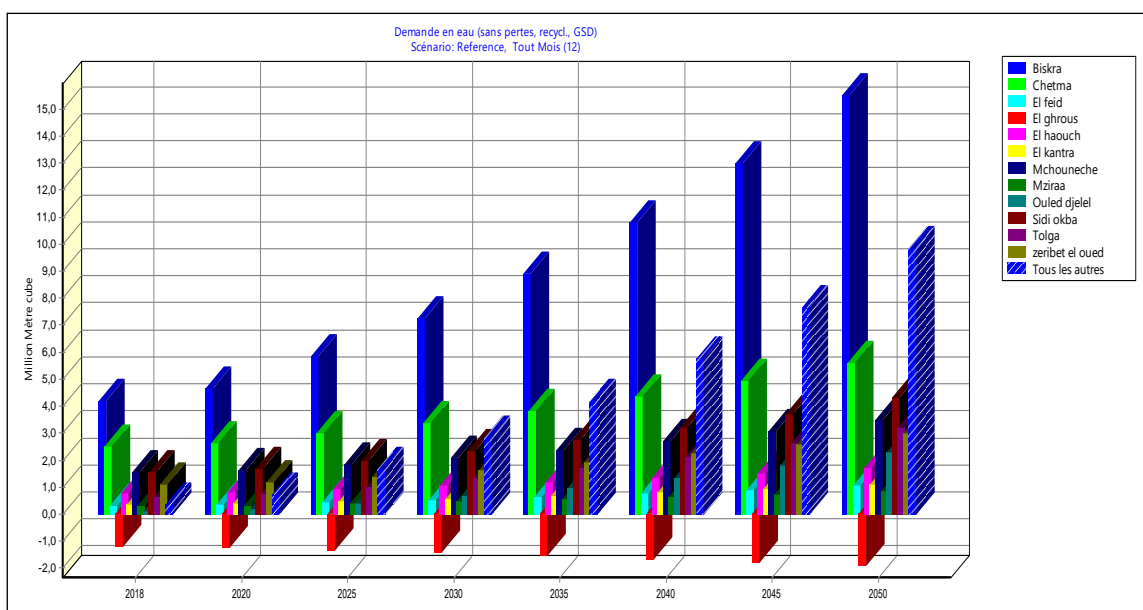


Figure VI.97. Comparaison entre Scénario 3 et référence.

On enregistre après La comparaison entre référence et Scénario 3. Une diminution de La demande en eau globale dans la wilaya de Biskra avec un valeur 18,1 Million M<sup>3</sup> en 2018 jusqu'à l'année 2050 une diminution de La demande en eau dans la wilaya de 61,7 Million M<sup>3</sup>.

**I.2.4. Entre le scenario 4 et référence**

Le graphique de la figure ci-dessous présente la comparaison entre Scénario 4 et référence, le scénario de taux d'accroissement moyenne de la population de 2,3 % avec une dotation théorique égale à 360 L /j/habitant avec un taux de perte de 0%) avec (la référence).

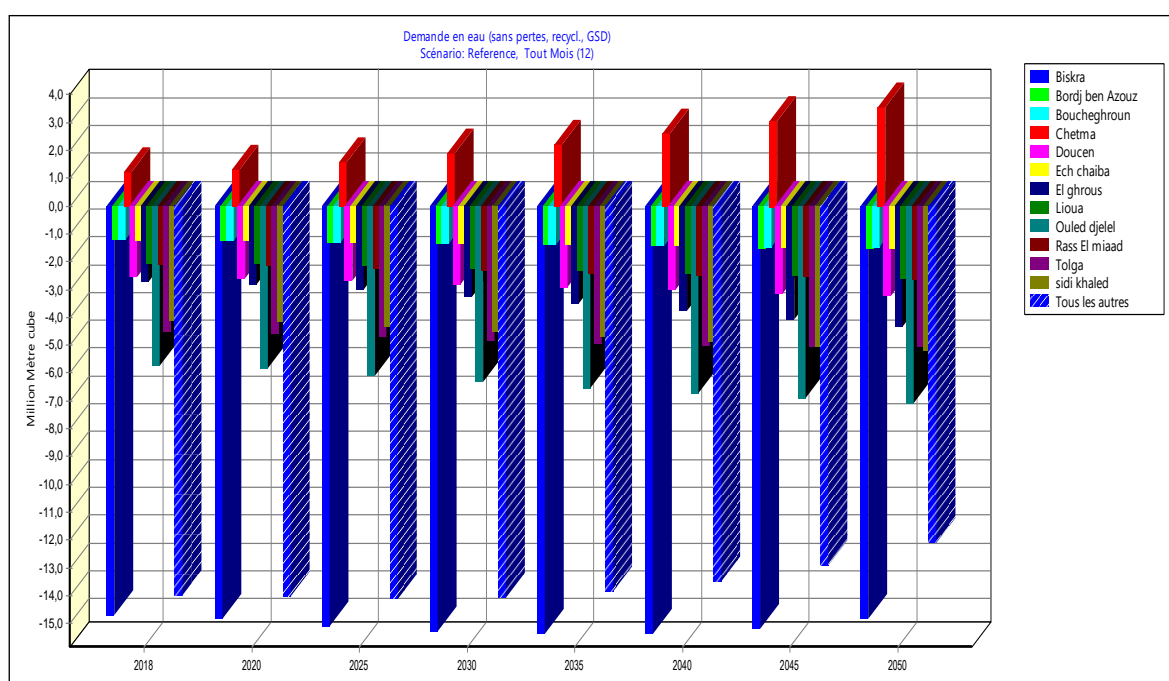


Figure VI.98. Comparaison entre Scénario 4 et référence.

On enregistre après La comparaison entre Scénario 4 et référence. Une augmentation de La demande en eau globale dans toutes les communes de 48,8 Million M<sup>3</sup> en 2018 jusqu'à 45,9 Million M<sup>3</sup> à la fin du scénario.



### I.3. Demande non satisfaite

La figure présente la demande en eau non satisfaite dans les quatre scénarios.

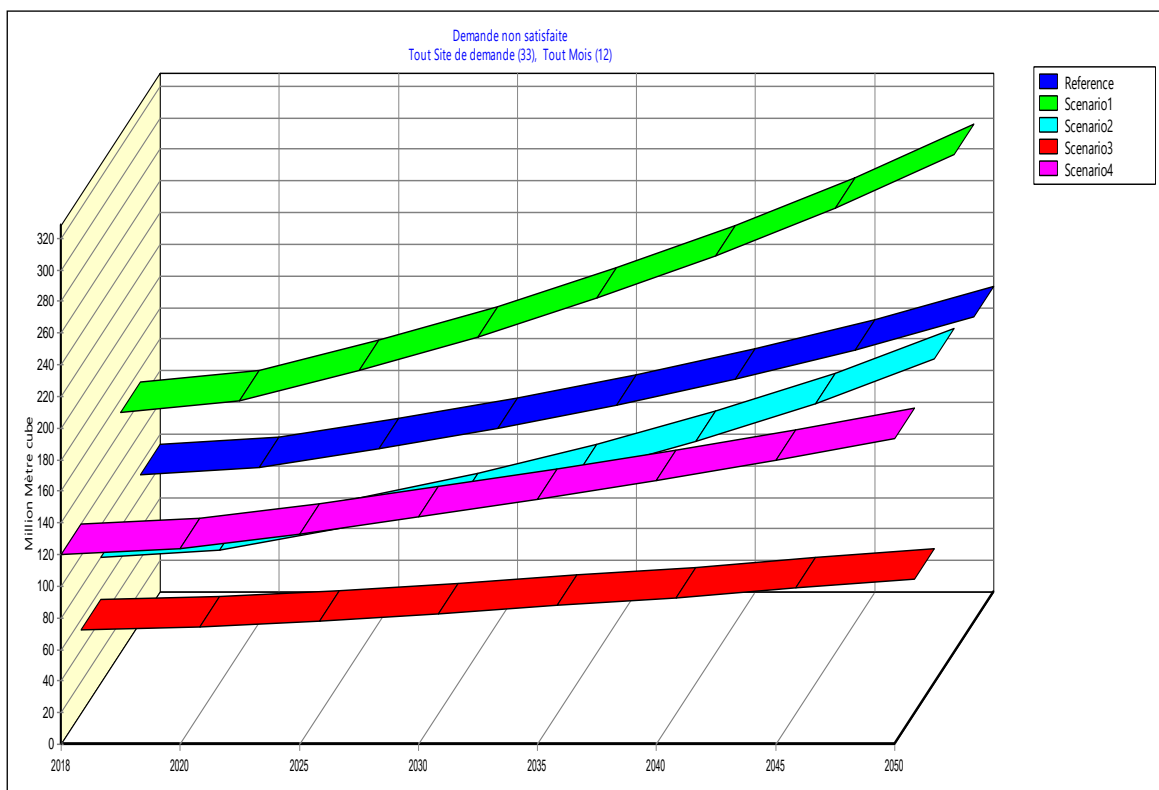


Figure VI.99. Demande non satisfaite

On remarque que la demande domestique des ressources en eau dans la wilaya de Biskra est non satisfaite pour les trois scénarios 1, 2 et 4 scénarios et augmente de scénario à l'autre mais le scénario 3 est satisfaite par rapport aux scénarios de référence :

1. Scénario 1 : elle présente la demande non satisfaite évolue de 121,9 millions M<sup>3</sup> en 2017, jusqu'à 252,4 millions M<sup>3</sup> en 2050.
2. Scénario 2 : elle présente la demande non satisfaite évolue de 72,6 millions M<sup>3</sup> en 2017, jusqu'à 187,1 millions M<sup>3</sup> en 2050.
3. Scénario 3 : elle présente la demande satisfaite évolue de 53,1 millions M<sup>3</sup> en 2018, jusqu'à 85,6 millions M<sup>3</sup> en 2050.
4. Scénario 4 : elle présente la demande non satisfaite évolue de 120 millions M<sup>3</sup> en 2018, jusqu'à 193,2 millions M<sup>3</sup> en 2050.

Les graphes mentionnés sur la figure ci-dessous montre bien comment la demande en eau s'évolue avec le temps du scénario 2017 -2050.

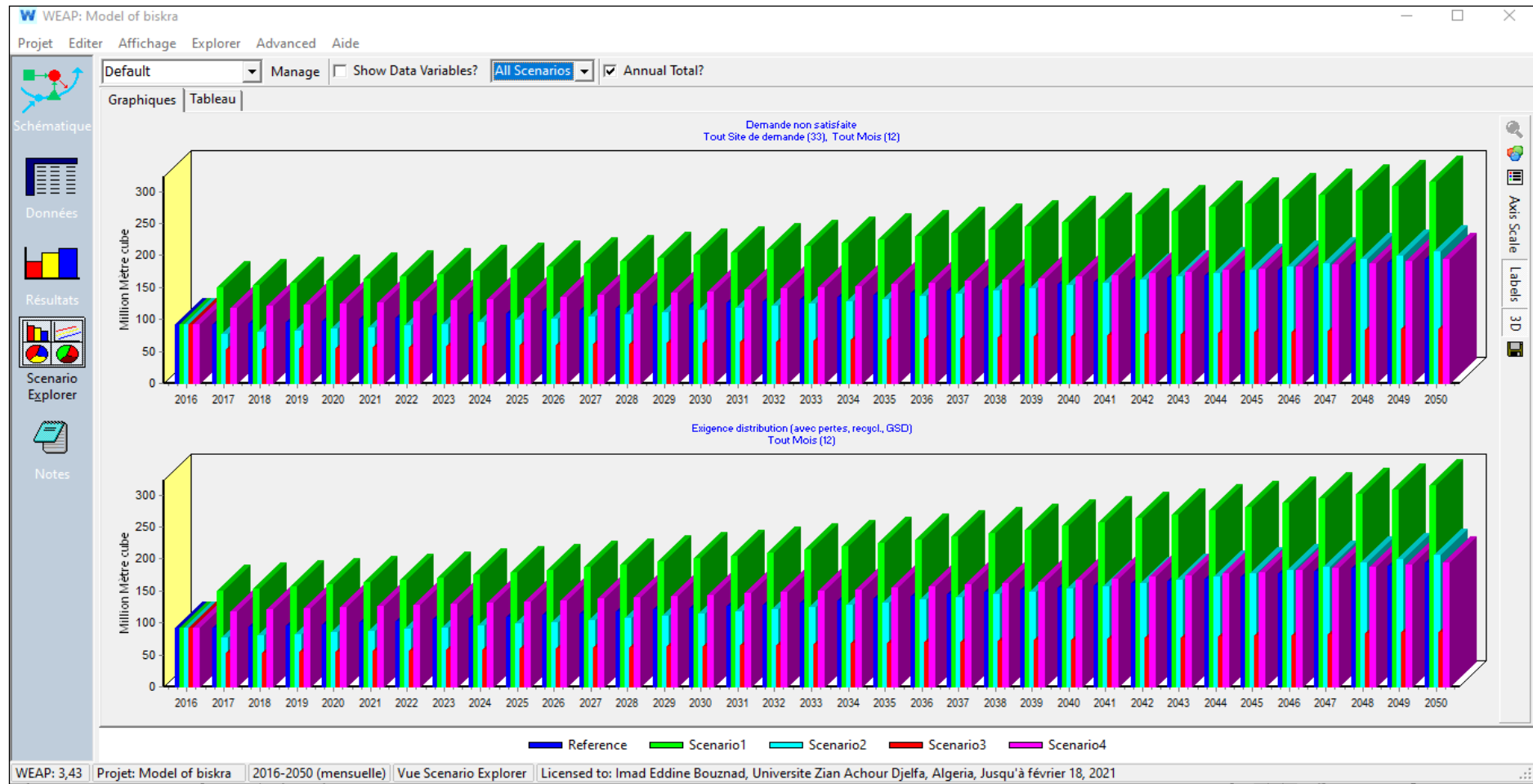


Figure VI.100. Représentation des résultats par le WEAP dans le cas de wilaya de Biskra

## II. Discussion des résultats

### II.1 Evolution de la demande en fonction des scénarios

Pour l'évolution de la demande en eau en fonction des différents scénarii. On observe une augmentation de la demande en eau domestique avec des volumes de l'ordre de 121,9 Mm<sup>3</sup> en 2018 et elles n'atteignent pas en 2050 les 252,4 Mm<sup>3</sup> pour le scénario1 qui prend en considération l'effet forte dotation (dotation théorique de 360L/J/Habitant) avec un taux un d'accroissement moyenne de la population de l'ordre de 2,3% et une perte d'eau égal à 20%.

On constate aussi pour le scénario2 (un taux d'accroissement fort égal 3% avec une dotation moyenne de l'ordre de 210 l/J/A) que la demande domestique des ressources en eau sont moins importantes par rapport aux scénario1, où on constate des volumes qui oscillent de 72,6 Mm<sup>3</sup> en 2018, et 103,6 Mm<sup>3</sup> en 2030 pour atteindre 187,1 Mm<sup>3</sup> en 2050.

On observe aussi que les évolutions de la demande en eau pour le scénario4 d'augmentation de la dotation en eau avec une faible taux d'accroissement sont supérieurs par rapport au scénario de référence avec des volumes de l'ordre de 120,0 Mm<sup>3</sup> en 2018 et 143,5 Mm<sup>3</sup> en 2030 et de l'ordre de 193,2 Mm<sup>3</sup> en 2050.

Aussi. On constater que l'évolution de la demande des ressources en eau pour le scénario3 (un taux d'accroissement faible et un dotation égale 160L/J/A donnée par l'OMS) sont inférieure par rapport au scénario de référence donc ce scénario le plus efficace pour la wilaya de Biskra.

Tableau VI. 43. Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Biskra  
- Comparaison des différents scénarios (2018-2050)

	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Reference	71,2	74,5	83,5	93,5	104,8	117,4	131,5	147,3
Scenarior1	121,9	127,6	142,9	160,2	179,4	201,0	225,3	252,4
Scenarior2	72,6	77,1	89,3	103,6	120,1	139,2	161,4	187,1
Scenarior3	53,1	54,7	59,0	63,5	68,4	73,7	79,4	85,6
Scenarior4	120,0	123,6	133,2	143,5	154,6	166,5	179,4	193,2

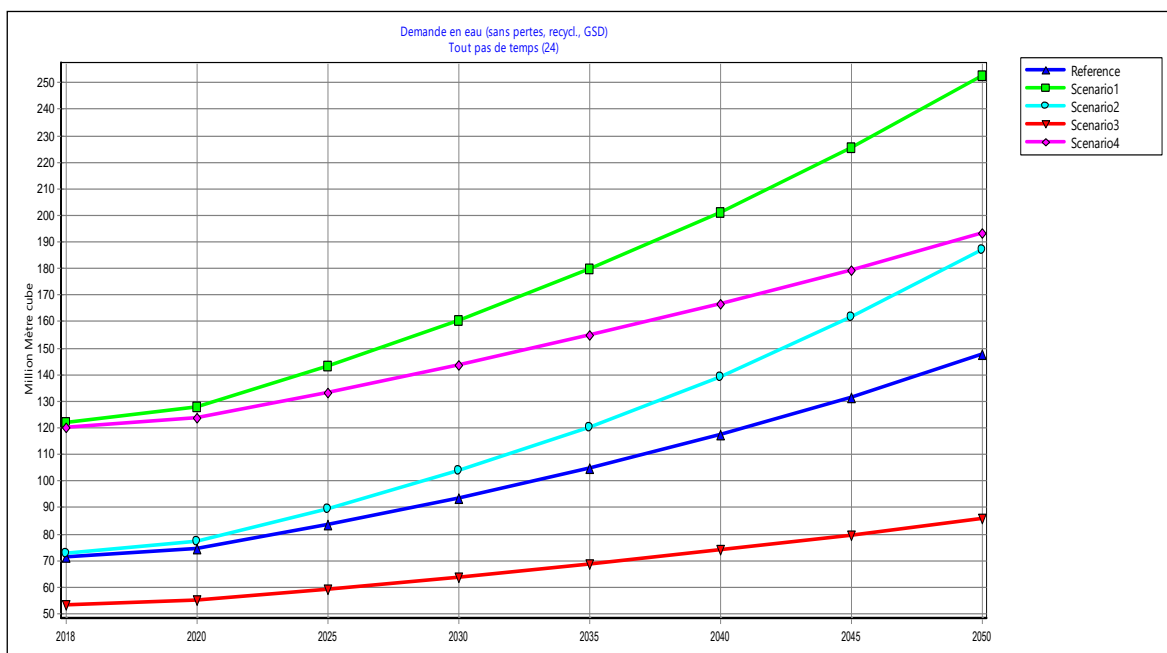


Figure VI. 101. Evolution de la demande en eau globale dans la wilaya de Biskra

- Comparaison des différents scénarios (2018-2050) -

Pour les exigences de distribution, on constate une augmentation de volume d'eau domestique avec des volumes de l'ordre de 152,4 Mm<sup>3</sup> en 2018 et elles n'atteignent pas en 2050 les 315,5 Mm<sup>3</sup> pour le premier scénario qui prend en considération l'effet d'un accroissement moyen de la population de l'ordre de 2,3% avec une dotation théorique de 360L/J/Habitant avec une perte d'eau de 20%.

On constate aussi pour le scénario2 un taux d'accroissement fort égal 3% avec une dotation moyenne de l'ordre de 210L/J/A, les exigences de distribution des ressources en eau sont moins importantes par rapport au scénario1, où on constate des volumes qui oscillent de 80,7 Mm<sup>3</sup> en 2015, et 115,1 Mm<sup>3</sup> en 2030 pour atteindre 207,8 Mm<sup>3</sup> en 2050.

On observe aussi que les exigences de distribution pour le scénario4 d'augmentation de la dotation en eau avec un faible taux d'accroissement sont supérieures par rapport au scénario de référence et ceci seulement sur la période allant de 2018 au 2039, et à partir de 2040, les courbes vont inverser.

Aussi. On constate que les exigences de distribution pour le scénario3 avec un taux d'accroissement faible et une dotation égale 160l/J/A donnée par l'OMS sont inférieures par rapport au scénario de référence.

Tableau VI. 44. Evolution des exigences de distribution dans la wilaya de Biskra. - Comparaison des différents scénarios (2018-2050) -

	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Reference	101,7	106,4	119,2	133,6	149,7	167,7	187,9	210,5
Scenario1	152,4	159,5	178,7	200,2	224,3	251,3	281,6	315,5
Scenario2	80,7	85,6	99,3	115,1	133,4	154,6	179,3	207,8
Scenario3	53,1	54,7	59,0	63,5	68,4	73,7	79,4	85,6
Scenario4	120,0	123,6	133,2	143,5	154,6	166,5	179,4	193,2

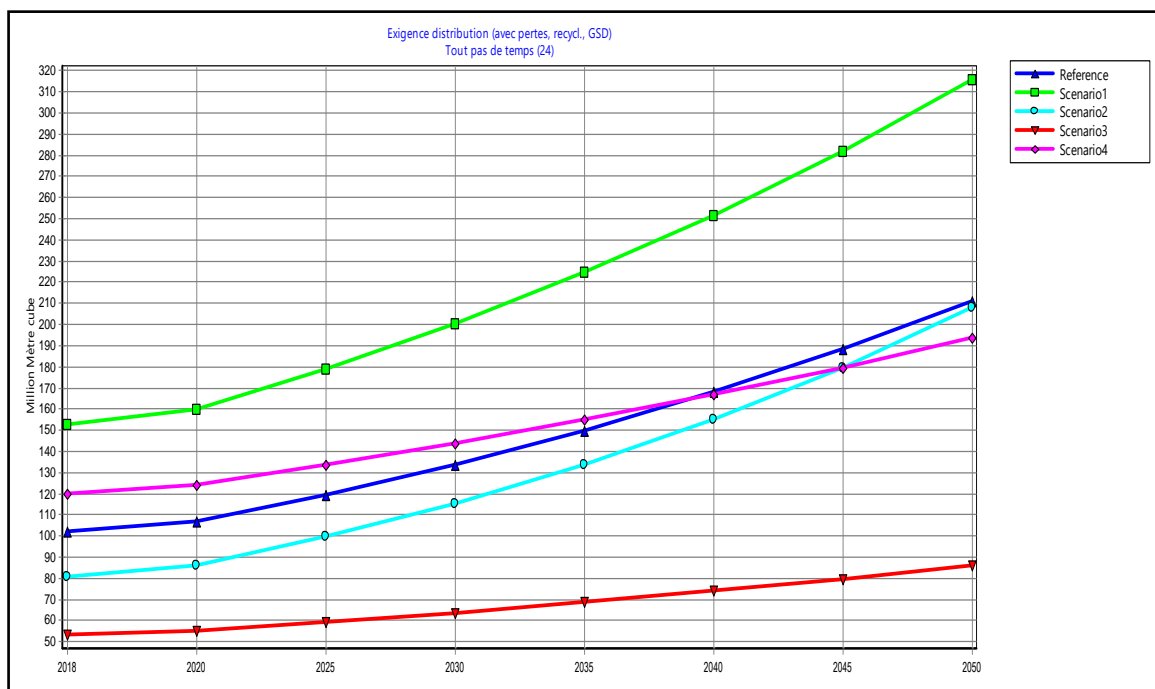


Figure VI. 102. Evolution des exigences de distribution dans la wilaya de Biskra.

- Comparaison des différents scénarios (2018-2050)-

## II.2. Analyse globale

Le modèle WEAP permet d'analyser les différents scénarios de gestion de l'eau qui peuvent répondre à un large éventail de questions [Alcamo and Jakeman, 2008]. Cela nous permet d'évaluer les implications de différents facteurs internes et externes de changement, et comment les changements qui en résultent peuvent être atténués par des politiques et/ou des interventions techniques.

Par exemple, WEAP peut être utilisé pour évaluer l'approvisionnement en eau et les impacts de la demande sous l'effet de l'évolution de la démographie, de l'utilisation des terres et du climat. Les résultats de ces analyses peuvent guider les décideurs à mieux adapter les infrastructures afin d'améliorer la productivité du système de l'eau [AICHOURI, 2016].

Les résultats obtenus montrent que la demande en eau potable ainsi que pour l'agriculture accroîtra d'une façon importante au cours des prochaines décennies et que la pénurie de l'eau ne peut que s'alourdir et s'aggraver. Il est donc important de prendre en compte une nouvelle approche en relation avec l'évolution des besoins et les ressources en eau à mobiliser dans le futur.

La confrontation entre les demandes et les ressources en eau a le sens d'une comparaison des données actuelles ou projetées, elle sert en principe à constater l'adéquation des ressources (elles sont significativement supérieures aux demandes), ou à révéler les problèmes posés par l'éventualité d'une pénurie d'eau plus ou moins long terme. [KHELFAOUI, 2014].

Donc la demande en eau globale étudiés dans la wilaya de Biskra s'élève progressivement avec le temps.

La quantité d'eau actuelle est suffisante à couvrir les besoins en eau dans la wilaya, malgré le climat favorable ont permis une bonne installation d'un réseau hydrographique. Mais ils ne sont pas intéressés par l'achèvement des installations à exploiter cette richesse.

Donc il sera nécessaire de réviser la situation hydraulique actuelle et d'adopter une nouvelle politique de gestion des ressources en eau.

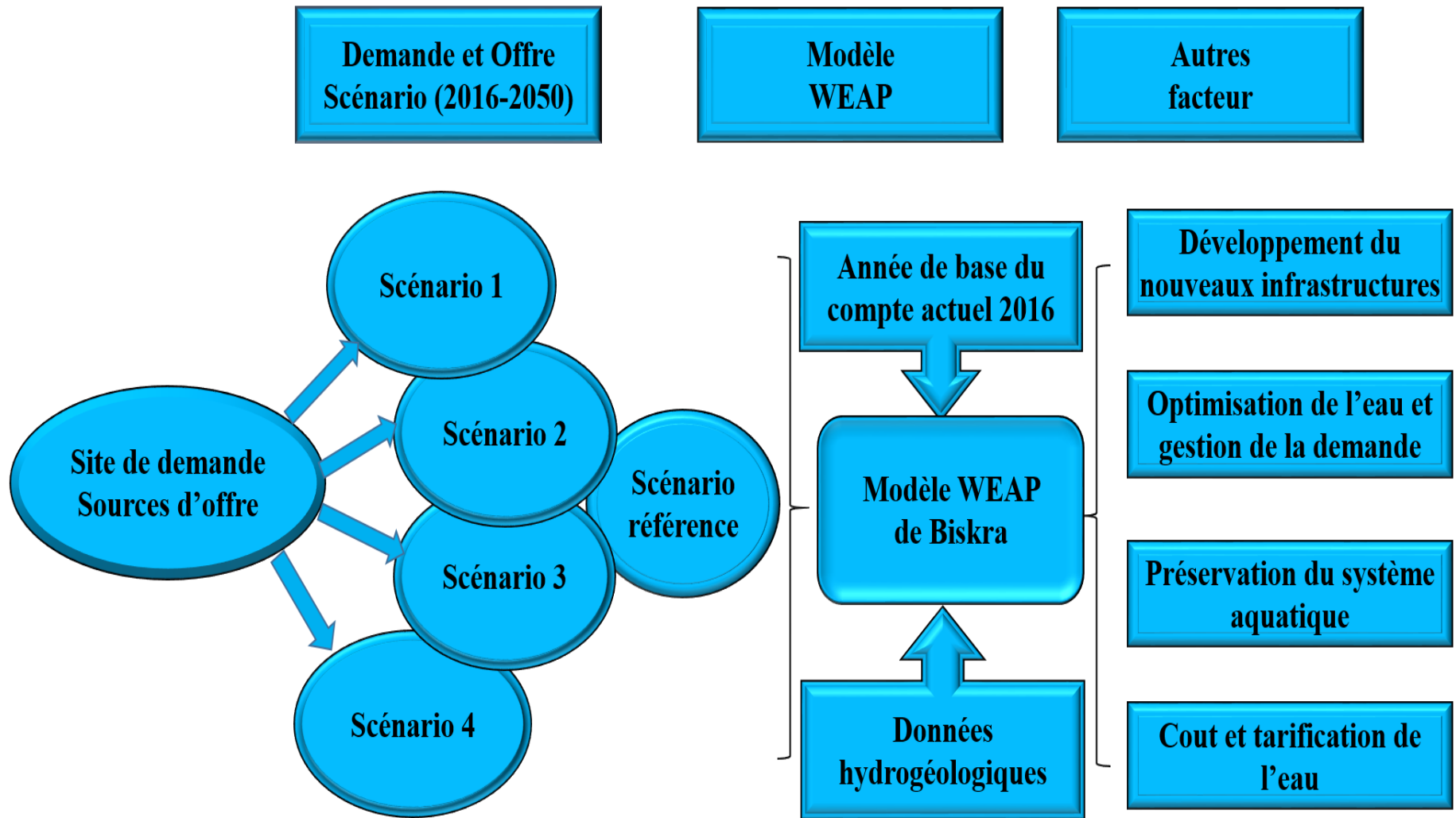


Figure VI. 103. Disposition des scénarios retenus et données de base du modèle WEAP dans la wilaya de Biskra

**Conclusion**

Par l'application du model WEAP sur notre zone d'étude, nous avons pu analyser avec les différents scénarios que nous avons créé un certain nombre de variantes à savoir la demande en eau, la demande non satisfaite, l'approvisionnement en eau etc. à l'aide des résultats obtenus avec le model WEAP nous pouvons évaluer l'impact du développement socio-économique futur sur les ressources en eau de la wilaya.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont permis d'estimer l'évolution de la demande en eau, cette demande nécessitera une augmentation de l'offre donc il faut adopter de nouvelles stratégies qui visent à mettre l'équilibre entre l'offre et la demande, il faut aussi conserver et développer des sites de l'offre contre la pollution et l'épuisement.



### CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé porte sur les aspects quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau, ainsi que sa gestion intégrée dans une région qui est complètement paradoxale.

La présente étude s'est effectuée sur les ressources en eaux souterraines et surfaces de la wilaya de Biskra appartenant au bassin versant de Chott Melghrir, au sud-est Algérien. Elle s'étend sur une superficie de 21.671,2 km<sup>2</sup>, ses limites géographiques sont : la wilaya de Batna au Nord, El Oued au Sud, la wilaya de Khanchela au Nord et à l'Est et enfin la wilaya de Djelfa au Sud-Ouest.

La wilaya de Biskra est l'une des régions majeures du Sahara septentrionale, connue par sa population et par ses activités économiques à caractère agricole. Les principales activités économiques de la wilaya Biskra sont liées à l'agriculture (culture des palmiers et la culture sous Serres) et à l'élevage, cette activité repose sur l'importance des ressources en eau souterraines. Ces dernières années, le développement hydro-agricole et l'accroissement de la population dans la wilaya ont engendré une demande importante en eau. À cet effet, une mobilisation de la ressource en eau par des forages s'est avérée nécessaire. Sauf que, la principale contrainte à ce développement réside dans l'insuffisance des ressources en eau dans cette région, surtout avec la prolifération des forages illicites.

Dans cette région l'accroissement très rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses activités humaines, a laissé apparaître des perturbations assez inquiétantes. Au cours des dernières décennies on a remarqué que le nombre de forages réalisés est devenu incalculable. Ceci sous la nécessité de satisfaire des demandes d'eau croissantes soit dans le domaine d'agriculture soit dans le milieu urbain. Dans cette région les ressources en eau souterraine sont caractérisées par un contexte géologique favorable malheureusement accentué par des cycles de sécheresses prolongés engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au niveau du pôle urbain soit de l'agriculture. Au niveau du secteur d'étude trouver de l'eau est un problème facile à résoudre, l'intéressé a devant lui un environnement favorable afin qu'il assure son propre service d'approvisionnement en eau tout en ignorant que ce service sera prochainement l'origine des problèmes locaux ou en d'autres points environnants. L'accroissement démographique favorisant de loin la détérioration quantitative et qualitative des eaux souterraines, une solution pour gérer cette eau s'impose, elle résiderait dans une étude hydrogéologique qui permettra de définir les possibilités d'exploiter des zones bien déterminées afin de diminuer la pression sur tel ou tel niveau aquifère. Pratiquement cette

## Conclusion générale et recommandation

---

exploitation se résumerait par l'établissement de cartes révélant les zones où pourrait s'effectuer d'éventuelles implantations de forages.

La nappe du Continental intercalaire est comprise dans les formations du barrémien et de l'albien, formée de sables argileux et de grès et a une épaisseur d'environ 500 mètres au niveau d'Ouled Djellal. Le complexe terminal comprend quant à lui deux grands ensembles : la nappe des calcaires (perspective surtout dans les formations du sénonien supérieur et de l'éocène inférieur) et la nappe des sables, sa profondeur se situe entre 100 et 500 mètres. La nappe de sable au Sahara, ainsi que celle du mio-pliocène et de l'inféroflux sont considérées comme secondaires par rapport à l'importance de la nappe de calcaire.

La zone d'étude faisant partie des zones arides à semi-arides est caractérisée par une faible pluviométrie avec une grande variabilité annuelle et interannuelle. Les moyennes annuelles des précipitations sont comprises entre 140,1 mm et 301 mm et une température moyenne d'ordre 23°C. Paradoxalement, cette zone comme le reste du Sahara recèle d'importantes réserves dont la recharge ne peut provenir que des périodes humides. En revanche, les nappes intermédiaires et superficielles sont alimentées par les eaux de surface qui s'écoulent du Nord (massifs des Aurès) et par transfert latéral à partir de nappes situées plus au Nord et au Nord-Ouest. L'évapotranspiration réelle est plus importante dans toutes les stations étudiées, avec un taux de 100 % de la totalité des précipitations. L'excédent est nul et la RFU épuisée durant toute l'année.

L'étude hydrogéologique, la lithologie et les considérations hydrodynamiques ont permis d'individualiser quatre unités aquifères principales qui ont une grande extension et débordent très largement le cadre de cette région. L'exploitation de ces nappes (continentales intercalaires, calcaires de l'éocène inférieur, sables du mio-Pliocène et nappes phréatiques du quaternaire) doit faire l'objet d'un suivi constant qui doit permettre d'éviter les effets d'une surexploitation.

Même si, cependant, les principaux aquifères de la région appartiennent à des systèmes aquifères plus vastes et dont les études antérieures ont tracé les principales caractéristiques et les schémas globaux d'écoulement, il reste que du point de vue local, une certaine spécificité plus complexe apparaît et exige des études plus détaillées. La connaissance des écoulements est biaisée par l'absence de données piézométriques plus fines.

L'usage de cartes aux 1/200 000 et le nombre important de points d'eau parfois non recensé ne permet pas de tracer des cartes piézométriques fiables. En outre, du fait de l'équipement de certains forages, il nous est permis de procéder, uniquement, à un

## Conclusion générale et recommandation

---

échantillonnage en vue des analyses hydrochimiques. Les mesures des pressions au niveau des forages artésiens sont impossibles sans l'intervention des agents s'occupant de la gestion des eaux.

L'écoulement général des eaux souterraines du Continental intercalaire et du complexe Terminal se fait vers le Nord-est (Zone des chotts tunisiens). Pour l'aquifère du complexe terminal, la configuration de la surface piézométrique, à l'échelle locale est plus complexe. L'exploitation intensive de la nappe du calcaire a provoqué des perturbations dans les directions d'écoulement, avec l'apparition de zones d'appel (zones de dépressions piézométriques). L'évaluation des échanges verticaux, très importants, dans le système multicouche, exige une approche plus fine incluant un suivi simultané de l'évolution des niveaux piézométriques dans les différents aquifères ainsi qu'un suivi géochimique intégrant des techniques isotopiques.

L'exploitation des eaux souterraines est la principale ressource pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région de Biskra. En fait l'exploitation de deux barrages sur la région ne se fait que pour l'irrigation des cultures.

D'après l'interprétation des analyses chimiques des eaux de surface et l'eau souterraine nous pouvons dire que les ions dominants sont le plus souvent les chlorures et les sulfates parmi les anions et le calcium et le magnésium parmi les cations.

Aussi nous pouvons dire que les eaux de la région étudiée présentent deux faciès suivant le sens de l'écoulement, chloruré et sulfaté calcique et magnésienne en amont avec une tendance à devenir chloruré sodique et potassique à l'aval. Compte tenu de l'évaporation intense, les nappes phréatiques sont souvent hyper chlorurées sodiques.

La région de Biskra présente des ressources en eau souterraines très importantes, représentées par les nappes des deux systèmes aquifères du Sahara septentrional, le complexe terminal et le continental intercalaire. (ERESS, 1972).

L'exploitation des eaux souterraines est la principale ressource pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région de Biskra. En fait l'exploitation de deux barrages sur la région ne se fait que pour l'irrigation des cultures.

Les caractéristiques chimiques de l'eau ont un impact déterminant non seulement au niveau de la santé publique et de la potabilité de l'eau mais encore au niveau de certains secteurs, et en particulier l'agriculture qui est de loin celui qui consomme le plus d'eau au Sahara (ACHOUR, 1990)

## Conclusion générale et recommandation

---

D'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues globalement médiocres avec des valeurs non conformes aux normes de potabilité, notamment en ce qui concerne les nappes les plus exploitées (Nappes du complexe terminal).

La répartition spatiale des éléments chimiques a confirmé que l'origine de ces faciès est fortement liée à la nature lithologique de la nappe. La dissolution des formations carbonatées et évaporitiques est à l'origine de cette distribution ; en effet, on peut citer les faciès sulfatés et chlorurés résultant des formations évaporitiques et salifères, surtout dans la partie Nord de l'aquifère.

En conclusion l'AC.C.P a regroupé les éléments analysés en fonction de leur minéralisation et la conductivité électrique.

Concernant les individus, on note la présence de plusieurs classes pour les deux campagnes, les classes se diffèrent selon ; les degrés de minéralisation des échantillons (les valeurs de la CE), les anions et les cations dominants (faciès chimique), les concentrations en nitrates ainsi que la géolocalisation de ces points.

Pour les variables, on a trouvé la dépendance des éléments chimiques entre elles à des degrés différents à l'exception des nitrates, bicarbonates et du potassium selon la campagne. À chaque usage (domestique, industriel ou agricole), correspond des besoins en eau très variables en quantité et en qualité, suivant les secteurs et surtout les saisons. Le volume d'eau estimé des principales nappes souterraines est de 1423,2 Hm<sup>3</sup>/ans pour un volume distribué de 1024 Hm<sup>3</sup>/ans avec une dotation moyenne de 220l/j/hab. le taux de perte (sur un réseau) est estimé à 20 à 40%. La demande en eau dans la wilaya de Biskra est en augmentation constante pour tous les secteurs (AEP, irrigation et industrie).

D'après les études faites auparavant, à l'horizon 2045, tous les secteurs vont doubler leurs besoins ;

\_ pour le secteur de l'industrie, les besoins sont estimés à 8 Hm<sup>3</sup>/ans à 12,64 Hm<sup>3</sup>/ans.

\_ Pour l'agriculture, ils passent de 1298,31 Hm<sup>3</sup>/ans à 1388,44 Hm<sup>3</sup>/ans.

\_ Pour l'alimentation en eau potable, ils passent de 116,84 Hm<sup>3</sup>/ans à près de 225,93 Hm<sup>3</sup>/ans.

Cette demande augmente avec l'accroissement de la population. La croissance des besoins en eau pour les horizons 2016, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 et 2045 avec des volumes respectivement 1423,2, 1447,3, 1479, 1512,7, 1548,4, 1586,4 et 1627,0 Hm<sup>3</sup> impose une

## **Conclusion générale et recommandation**

---

gestion rationnelle de la ressource, un meilleur entretien des infrastructures existantes et une investigation pour éventuellement d'autres ressources.

Le développement des régions sahariennes est conditionné impérativement par la pérennité des ressources en eau et leur possibilité d'utilisation dans le temps. Au Sahara, l'agriculture constitue l'activité principale et un facteur de stabilisation des populations. Le développement ne se limite pas à étendre les superficies irriguées ou à augmenter le débit soutirait à partir des forages, mais surtout d'améliorer la productivité agricole et son appareil de production. Les techniques d'aménagement et d'exploitation hydro-agricole, la maîtrise de la croissance urbaine et des équipements collectifs des agglomérations. L'évolution décroissante des ratios de ressources naturelles par habitant, qu'il s'agisse des ressources en eau ou des terres irriguées indique clairement la nature et l'importance des enjeux liés à leur préservation et à leur valorisation.

Aussi, la réussite des politiques de développement fondées sur une définition cohérente et adaptée des politiques sectorielles (eau, agriculture, environnement) implique telle que des mesures techniques et organisationnelles appropriées, soient mises en œuvre à court et moyen terme pour que les effets attendus ne soient pas irrémédiablement compromis par une gestion non maîtrisée et non performante.

### **Recommandations**

Cependant, des efforts restent à faire dans le domaine de la protection quantitative et qualitative de ces ressources en eau, les recommandations suivantes sont proposées pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans la wilaya de Biskra :

#### **Au niveau des infrastructures**

Maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (barrages, retenues, forages, etc.) et la préservation des infrastructures hydrauliques déjà existantes.

Le développement du traitement des eaux usées par les STEP et leur réutilisation dans le secteur agricole. En effet, ils permettent non seulement d'augmenter les capacités d'irrigation et de soulager l'exploitation des nappes souterraines.

#### **Au niveau des économies dans les prélèvements**

Il s'agit de développer et de vulgariser les méthodes d'irrigation modernes qui permettent de réaliser des économies de l'efficacité des systèmes d'irrigation et l'introduction des méthodes de goutte à goutte permet de réduire les prélèvements.

## **Conclusion générale et recommandation**

---

Une gestion active des ressources en eau et de leur distribution doit permettre de réduire les pertes dans le réseau de distribution et la demande exprimée à travers des campagnes de sensibilisation au niveau des secteurs utilisateurs. Une tarification plus large de l'eau faisant payer plus chères les tranches de consommation supérieures pouvant être envisagées pour inciter les utilisateurs à un moindre gaspillage de cette ressource rare.

### **Au niveau de la gestion des ressources en eau**

Est proposé d'établir un système d'indicateurs afin d'arriver aux objectifs décrits ci-dessus. Ce système sera basé sur des données déjà disponibles ou faciles à obtenir. Les indicateurs serviront d'instrument pour identifier les problèmes, pas pour les résoudre. Mais une fois un problème identifié et des mesures appropriées définies et mises en œuvre, les indicateurs serviront pour contrôler les effets et donc l'efficacité des mesures.

Comme la situation des nappes représente un système dynamique, mais à vitesse de changement limitée, des observations à court terme ne servent pas à comprendre et planifier des processus à long terme. Il est indispensable d'établir des observations du type historique, afin de distinguer entre des changements transitoires et des développements à long terme.

### **Indicateurs**

#### **Indicateurs basés sur les données disponibles.**

Il est recommandé d'établir les indicateurs suivants :

Eau souterraine comme pourcentage de l'eau utilisée pour l'alimentation en eau potable

Eau souterraine comme pourcentage de l'eau utilisée pour l'agriculture

Nombre d'habitants dépendant de l'agriculture comme pourcentage du nombre total des habitants

L'indicateur (1) montre la dépendance de la population de l'eau souterraine comme moyen de survie

L'indicateur (2) donne une idée sur l'impact des eaux souterraines sur la production des produits alimentaires

L'indicateur (3) montre – en combinaison avec (2) - la vulnérabilité de la situation économique d'une région étudiée par rapport à la situation des nappes  
Les indicateurs définis ci-dessus peuvent être établis facilement sur la base des données déjà disponibles. La zone de référence – bassin versant, commune, wilaya ou même choix arbitraire

## **Conclusion générale et recommandation**

---

– est à définir en fonction de la disponibilité des données et la logique du cadre administratif et de gestion.

Les indicateurs seront représentés sous forme de couches SIG. Les cartes donneront (p.ex. avec des échelles de couleurs graduées) une vision rapide sur la répartition de l'importance des eaux souterraines pour la population et l'économie dans la région. Ces cartes permettront d'identifier les régions cibles pour des études approfondies et pour un renforcement des moyens en vue d'améliorer la situation des nappes. D'ailleurs, il est recommandé d'établir ces indicateurs dans toutes les Régions Hydrographiques du pays

### **Indicateurs basés sur un réseau d'observation**

Il est recommandé d'établir les indicateurs suivants :

Surface d'une nappe avec observation de rabattement comme pourcentage de la surface totale de la nappe. Surface d'une nappe avec observation d'une dégradation de la qualité chimique d'eau comme pourcentage de la surface totale de la nappe. Ces indicateurs servent à identifier les zones ayant une dégradation soit des volumes disponibles (déstockage), soit de la qualité chimique. Une évolution de ce type menacera la durabilité de la situation écologique et économique de la zone étudiée. Ces indicateurs dépendent d'un réseau d'observation à mettre en place dans la région.

### **Système de surveillance**

#### **Points d'observation**

Pour la surveillance de la surface piézométrique et du comportement chimique des nappes il faut un réseau de points d'observation bien situés pour observer les différentes nappes.

Les points d'observation devraient avoir les propriétés suivantes :

Forages avec une coupe géologique connue, afin d'être sûr d'observer la bonne nappe  
Forages qui captent seulement une nappe, afin d'éviter un mélange entre nappes indépendantes et afin de pouvoir identifier les influences entre les nappes par échanges verticaux (et pas par le massif de gravier du forage, ou le forage même). Forages non exploités ou abandonnés. Le paramètre à surveiller étant le niveau statique dans le forage, il faut des points de mesures qui ne soient pas (ou peu) influencés par des prélèvements voisins.

## **Conclusion générale et recommandation**

---

Pour la surveillance de la situation hydrochimique, il faut des forages exploités d'une façon continue, car la composition chimique des eaux stagnantes change vite.

Pour les deux réseaux (piézométrique et hydrochimique) il faudrait choisir des forages accessibles et situés d'une façon optimale pour un déroulement des campagnes de mesure sur le terrain aussi confortable et efficace que possible.

Les premières discussions avec les collègues de la DHW à Biskra, on peut supposer qu'un nombre de 250 à 300 forages seraient suffisants pour observer toutes les nappes dans la wilaya de Biskra. Une campagne d'observation pour un tel réseau de points, il faudrait compter une période d'un mois.

### **Paramètres hydro- chimiques à surveiller**

L'objectif de la surveillance de la composition chimique des eaux souterraines est de servir de système d'alarme. Les deux dangers à envisager sont : l'infiltration des eaux salées, soit des nappes salées, soit des chotts, qui peut être provoquée par des pompages excessifs des nappes exploitées.

La pollution des nappes par infiltration des eaux usées ou des eaux d'irrigation chargées avec des produits phytosanitaires ou des engrais.

De telles dégradations seront facilement identifiables avec un nombre limité de paramètres. Il est recommandé d'utiliser les paramètres suivants :

Cl<sup>-</sup>, comme indicateur pour une intrusion d'eau salée

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, comme indicateur pour les eaux usées et d'engrais divers

Conductivité, comme indicateur de la charge totale en sels

La température est enregistrée automatiquement avec la conductivité.

Afin d'arriver à une surveillance maniable et efficace, il est recommandé d'utiliser des sondes électro- chimiques et électro -physiques pour l'observation. Avec ce type de sonde on peut réaliser des analyses sur le terrain en quelques minutes seulement et sans avoir besoin d'un échantillonnage sophistiqué.



## **Conclusion générale et recommandation**

---

### **Variation saisonnières et périodes d'observation**

Selon l'administration du GPI d'ElOutaya, 60 % de la consommation en eau se situe entre juin et septembre. Cette consommation concentrée dans une période limitée entraîne une forte variation saisonnière du niveau piézométrique (jusqu'à 10 m dans la zone de Tolga) et probablement aussi de la composition chimique.

On peut donc supposer que la tendance générale de la surface piézométrique et de l'hydrochimie est plus faible que les variations saisonnières, qui sont largement réversibles. En plus, les variations saisonnières varient localement en fonction de l'intensité de prélèvements et des paramètres hydrodynamiques de la nappe exploitée (épaisseur, coefficient d'emménagement).

Pour un système de surveillance de la surface piézométrique et de l'hydrochimie il est donc indispensable d'éliminer les variations saisonnières afin d'arriver à de donner fiables sur le comportement des nappes à long terme.

Pour les deux premières années de surveillance, il est donc recommandé de faire des observations à des intervalles aussi courts que possibles. Après le développement des tendances de variation sur des données mesurées, on peut réduire progressivement le nombre d'observations par année.

Le suivi systématique de la piézométrie permet d'avoir une convergence numérique du potentiel souterrain disponible et de généraliser la modélisation au niveau des administrations de l'hydraulique comme un outil d'analyse et d'aide à la décision.

Au niveau de protection du milieu naturel et aquatique

La maîtrise et l'atténuation des impacts négatifs de la pollution sur le potentiel des ressources en eau par la surveillance permanente de la qualité des eaux. Éviter le déversement direct des rejets urbains et industriels dans les oueds de la wilaya de Biskra et ses affluents sans traitements préalables. Installation de stations d'épuration pour le traitement des eaux usées urbaines. Réalisation des périmètres de protection autour des sources potentielles d'approvisionnement en eau (forages, barrages, retenues, etc).

### **Résultats attendus**

**Le réseau de surveillance donnera des informations fiables sur :**

Les zones de surexploitation, avec des problèmes de rabattement continue le développement de la piézométrie à envisager L'étendue des nappes : de forts écarts dans le niveau statique entre des forages voisins marque des discontinuités dans la nappe

## **Conclusion générale et recommandation**

---

La fiabilité des résultats des modèles mathématiques des nappes (SASS, Modèle de Biskra), donc les résultats du réseau pourront servir pour les calages Les zones avec une situation des nappes stable, où il existe des possibilités pour une augmentation du taux de prélèvement Les effets et donc l'efficacité des mesures prises pour une amélioration de la situation dans des régions en cours de dégradation

De veiller à une meilleure gestion des eaux en évitant l'exploitation anarchique des eaux souterraines par les nombreux forages implantés ; Un contrôle permanent de l'écoulement superficiel pour éviter les pertes importantes des eaux de ruissellement ;

Maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (barrages, retenues, forages, etc.) et la préservation des infrastructures hydrauliques déjà existantes dans la partie Est de la wilaya de Biskra.

Mettre en place les conditions institutionnelles et les outils nécessaires pour une gestion intégrée des ressources en eau.

Développer la connaissance dans le domaine de la prévision hydrométéorologique, de suivi et de contrôle des ressources en eau.

L'amélioration du réseau d'observation hydrométrique par l'implantation des stations de jaugeage et des stations pluviométriques.

Le suivi systématique de la piézométrie permet d'avoir une convergence numérique des ressources en eau souterraines disponibles.

La maîtrise et l'atténuation des impacts négatifs de la pollution sur le potentiel des ressources en eau par la surveillance permanente de la qualité des eaux.

## **Bibliographie et références**

- ABHSahara** : Etude du cadastre hydraulique du bassin versant du Chott Melghir. Mission V. Qualité des eaux. Rapport 32 pages.
- ABHS 2005** : Banque de données des forages de Chott Melghir (Wilaya de Biskra).
- JOSEPH ALCAMO 2008**. Chapitre six L'approche SAS: combiner les connaissances qualitatives et quantitatives dans les scénarios environnementaux
- AICHOURI Imen**. Thèse de Doctorat 2016. Modélisation de l'intrusion marine dans l'aquifère côtier d'Annaba. Apport des analyses salinométriques 14p
- AIDAOUIS (1994)** : Ressources en eau et aménagement hydro agricole dans la région de Biskra. Thèse de doctorat. Université de Nancy. (297 P).
- BAAZI .H**, Thèse Magistère : 2001 « Etude de faisabilité d'un ouvrage de substitution dans la vallée de l'Oued l'Abiod ».
- BAKALOWICZ M**. Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification, Thèse d'Etat, 1979.
- BALLAIS J.I.**, 1982- Thèse de Doctorat : « Géomorphologie dans les Aurès ».
- BALLAIS J.L (2010)** : Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara Algérien. Physio-géo. Vol 4. 2010.p107-127
- BEKADDOUR S. et All. 2018**. Effets de l'irrigation en milieu aride : Conséquences sur la salinité des sols dans l'oasis de Sidi Okba (Biskra) SAGREN Vol 02, No 01, pp 01-08, Janvier 2018
- BEL F. et DEMARGNE F.** (1966) : Etude géologique du continental Intercalaire ; DEMRH. Alger
- BEL F. et CUCHE D.** (1970) : Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique, DHW, Ouargla.
- BENABDERRAHMANE A.** (1988) : Simulation numérique de la pollution saline d'un système aquifère dans une région semi-aride à aride. Exemple des systèmes aquifères de la plaine de M'Sila (Hodna Algérie). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle Besançon. 177p.
- BENAZZOUC M.T.** (2003): A new chronologic of upper Holocene Aeolian sands in the Zibans range, Alegria. Suppl. Géogr. Fis. Dinam. Quat. Pp 47-54.
- BENSAADA et al. 2008, ABSI R., 2013**. Analyse de la diversité variétale du Palmier Dattier (Phoenix dactylifera L.) : Cas des Ziban (Région de Sidi Okba). Mémoire de magister.

**BESBES M., et all** (2003) : Système Aquifère du Sahara septentrional. Gestion commune d'un bassin transfrontière. Eau et environnement ; la houille blanche/N°5-2003

**BOUCHEMAL. F.**2017 Thèse de Doctorat. Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra 179 p

**BOUTOUGA. F.** 2012 mémoire magister. Ressources et Essai de Gestion Intégrée de la partie du Zab Est de Biskra 172 p

**BOUTOUGA. F. et all** 2018. Water resources and management in the Biskra Eastern Zab, South-eastern- Algeria dans la revue Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), ISSN: 2220-6663 (Print), 2222-3045 (Online), Vol.1-3, n" 2, p.288-296.

**BOUZNAD Imad Eddine** (2017 Thèse de Doctorat) : Ressources en eau et gestion intégrée dans la vallée d'Oued Righ (Sahara septentrional algérienne). 202 p

**BRINIS Nafaa** (mémoire magister 2003) : Essai d'explication de la salinité des eaux de la nappe du Mio-pliocène d'El Outaya (w de Biskra), université d'Annaba.

**BRINIS Amir** Thèse de Doctorat2014. Etude de la variabilité génomique de trois espèces d'Atriplex (halimus L, nummularia, canescens) et sélection de caractères de tolérance au stress salin. 145p

**BRIVES A.** (1924) : Notes géologiques sur les Ziban. Bull. Serv. Carte géologique Algérie.

**BUSSON G.** (1971) : Le mésozoïque saharien, 1ère et 2ème partie. Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. C.R.Z.A., série géologie, N° 11, Edition CNRS.

**BUSSON.G,** (1972) : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional par UNESCO Utilisation des modèles pour l'établissement des programmes d'exploitation. VOL 5.

**BUSSON G.** (1989) : Dynamique sédimentaire de plate-forme épicontinentale : Le Crétacé moyen du Sahara algéro-tunisien, Editions Technip, pp 125-144. Sc., Paris, 238 p.

**BUROLLET P.F.** (1972) : Le Mésozoïque saharien. Essai de synthèse des données des sondages Algéro-Tunisiens. Sédiment. Géol. Vol. 8

**BRL** (1998a) : Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. Rapport sur les connaissances d'ensemble. A.N.R.H. Algérie.

**CASTANY G.** (1982) : Bassin sédimentaire du Sahara septentrionale (Algérie-Tunisie). Aquifères du Continental intercalaire et du complexe terminal. Bull. BRGM 2 III, 127-147.

**CHABOUR N.** (2003) : La remontée des eaux dans les régions du Sud : une solution le lagunage. Journée d'étude sur les applications des données géologiques et géotechniques aux plans d'aménagement. Univ. Constantine.

**CHABOUR N.** (2005) : Caractérisation et modèle numérique de la nappe « des calcaires » : nappe du Complexe Terminal dans la région de Tolga. 2eme SGCC International.

Constantine.

**CHABOUR Nabil** (mémoire doctorat 2006): Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie

**CTGREF**; Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts; Division Hydraulique Souterraine, Drainage; Antony (FRA) | Paris [FRA] : CTGREF Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts | 03/1978

**CORNET, A. & ROGNON, P.H (1964)** : Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. Géog,phys et Géol, Dyn. Vol VI, fasc 1, 5-72.

**DEROKOY A.M. (1975)** : Etudes hydrogéologiques dans le bassin du Chott El Hodna. Programme des Nations Unies pour le Développement. Rome 1975.

**DEMNATI F (2013)** Biodiversité et Enjeux Socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas du Chott Merouane et Melghir. Dissertation, University Mohamed Khider, Biskra, Algeria

**DEMRH (1980)** : carte hydrogéologique de Biskra ; Notice explicative. Service hydrogéologie.

**DUBIEF J. (1963)** : Le climat du Sahara. Institut de Recherches sahariennes, Algérie, Mémoire hors-série.

**ERESS, 1972.** Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. UNESCO, Paris. (7 Vols. And Annexes).

**FABRE, (1974)** : Le Sahara : un musée géologique, La Recherche N°42. Février.

**FLANDRIN J. (1941)** : Rapport sur l'hydrogéologie du bas Sahara. DEMRH Alger.

**FORKASIEWICZ J. Margat J. (1982)** : exploitation des réserves d'eau souterraines en zones arides et semi-arides. Essai de synthèse. B.R.G.M. Section III. N° 2. PP. 115-126.

**FREEZE, R.A. and CHERRY, J.A. (1979)** Ground water. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, Vol. 7632, 604. GUIRAUD R. (1990). Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie. Mémoire n°3 ; Pub.ONG, Alger, ministère des Mines. 259 p.

**HALILAT M. T., 1998-** Etude expérimentale de sable additionne d'argile. Comportement physique et organisation en condition salines et sodique. Thèse. doct, I.N.A.P-G, Paris, 206p.

**GUENDOZ A. et All (2003)**: Hydro geochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara. Hydrogéologie journal (20003) 11 : 483-495.

**KHELFAOUI.F.2014.** Qualité et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant du saf-saf (nord-est algérien) Thèse de doctorat, Université de Annaba. 303 p

**KHELFAOUI. F, et All. 2010.** Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien) Revue « Nature et Technologie ». n° 03/Juin 2010.

**Laff »ite R. (1939)** : Etude géologique de l'Aurès. Thèse, Paris, Bull. Serv. Carte géologique Algérie, Alger, 2eme édition, 484 p.

**MEHAOUA Mohamed Seghir 2014** Doctorat. Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte. 125 P

**MARSAUD B. (1996)** : Structure et fonctionnement de la zone noyée des karsts à partir des résultats expérimentaux. Thèse, Univ.Paris XI Orsay.

**MASMOUDI (2012).** Etude de certains paramètres de durabilité des systèmes de production céréaliculture-élevage dans le contexte de l'intégration des techniques de l'agriculture de conservation. 64 p Magister

**MOHAMED Chebbah** (mémoire doctorat 2007): litho-stratigraphique, sédimentologie et modèles de bassin des dépôts néogènes de la région de Biskra. De part et d'autre de l'accident Sud Atlasique (Zibans Algérie).

**MOULA A. S. et Guendouz A. (2003)** Etude des ressources en eau souterraines en zones arides (Sahara algérien) par les méthodes isotopiques. Hydrologie of the Mediterranean and Semi-arid regions (proceedings of an international symposium held at montpellier, April 2003),

IAHS Publ. No. 278, 2003.

**NEMOUCHI A. (2001)** Géographie hydrologique du bassin versant endoreique du Chott Hodna. Thèse de Doctorat. Univ. Constantine. 295 p.

**NESSON C. (1975)** : L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara algérien ; Recherches sur l'Algérie. Mémoires et documents. Service de doc. Et de cartographie géographiques. CNRS. Nouvelle série, V17. pp. 7- 99.

**OULD Baba Sy, M. (2005).** Recharge et paléo recharge du système aquifère du Sahara Septentrional, Thèse Doctorat, Université El MANAR de TUNIS, 261p

**OULD Baba Sy M. (2005)** Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse Doctorat en Géologie, Univ. Tunis, El Manar.

**PLAGNES V. (2000)** : Structure et fonctionnement des aquifères karstiques. Caractérisation par la géochimie des eaux. Documents du BRGM 294.

**RACHID MASMOUDI.** Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides cas de la région de Biskra 183 p.

**RAPPORT de synthèse (2010) :** Etude du plan directeur des ressources en eau du bassin versant de chott Melrhir

**RAPPORT élaboré (ANRH 2008) :** Inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra

**SEDRATI. N. 2011** Thèse de Doctorat. Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-sud est algérien- Thèse de doctorat, Université de Annaba. 252 p

**SELLAMNA N (2010) :** La Recherche-Action des origines à nos jours, in Guy Faure et al : Innover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat ; Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, Collection : Agricultures tropicales en poche. Ouvrage disponible en ligne à : [http://publications.cta.int/media/publications/downloads/1569\\_PDF.pdf](http://publications.cta.int/media/publications/downloads/1569_PDF.pdf)

**SELTZER P. (1948) :** le climat de l'Algérie. Bull. hors série. IMPGA. 219 p.

**SENOUCI M. et AII. (2000)** Etude hydrogéologique de la vallée d'Oued El Abiod (Aurès, W. Batna). Sonatrach, division opération, Hassi-Messaoud.

**TABOUCHE N.1 , ACHOUR S.2** étude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien larhyss journal, issn 1112-3680, n° 03, juin 2004, pp.99-113

**TARDAT-HENRY M, BEAUDRY J. (1984),** Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.

**TÓTH J., 1963.** A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. Journal of Geophysical Research 68-16; pp. 4795-4812.

Travi, Y. (1993) Hydrologie et Hydrochimie des aquifères du Sénégal ; Hydrogéochimie du fluor dans les eaux souterraines. Sciences Géologiques, Mémoire 95, 29-32, Strasbourg, Université Louis Pasteur et CNRS.

**TRAVY Y. (1994)** The evolution of alkaline groundwater in the continental intercalaire aquifer of Irhazer Plain, Niger. Water resources research. Vol. 30, N° 1, pp 45-61.

Tutorial. Stockholm Environment Institute 2008. Une collection de modules autonomes pour aider à apprendre le logiciel WEAP

**UNESCO (1972).** Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Nappe du Continental Intercalaire, Proj. ERESS. Rapport final.

**UNESCO (1983) :** Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final. 490 p

<[Http://www.weap21.org/](http://www.weap21.org/)>.

## Annexes

Station pluviométrique de T'Kout

ANNEES	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
73\74	0,0	0,0	1,0	17,4	0,0	6,0	11,4	0,0	10,0	5,7	0,0	0,0	51,5
74\75	0,0	3,0	0,0	1,4	8,0	3,8	6,2	6,0	15,9	0,0	8,5	18,6	71,4
75\76	35,1	0,0	18,0	21,9	0,0	39,4	30,7	8,0	33,7	44,7	39,5	8,2	279,2
76\77	70,2	49,2	43,8	36,6	77,6	6,2	0,0	23,7	161,0	36,4	3,1	14,3	522,1
77\78	0,0	10,3	22,0	0,0	13,0	27,0	2,4	23,1	26,5	0,0	0,0	78,9	203,2
78\79	0,3	23,7	0,0	1,0	32,5	24,5	12,4	41,5	2,1	27,6	4,5	1,7	171,8
79\80	87,9	41,2	14,0	0,0	4,9	28,8	58,6	51,3	39,9	0,0	0,0	3,0	329,6
80\81	35,1	14,2	75,0	78,5	20,8	32,2	18,4	20,5	0,0	34,7	0,0	16,3	345,7
81\82	38,3	8,6	26,4	37,4	20,1	19,6	12,6	14,6	10,2	2,8	8,5	5,5	204,6
82\83	33,2	46,6	53,4	21,9	20,8	2,2	3,8	2,2	26,5	19,4	0,0	14,1	244,1
83\84	35,1	28,8	9,0	8,2	2,0	75,7	6,0	5,7	0,7	20,5	8,0	24,5	224,2
84\85	3,2	84,1	6,6	11,6	33,6	10,9	64,0	10,6	51,7	1,6	0,0	0,0	277,9
85\86	29,7	41,5	27,0	12,2	20,8	30,9	91,6	30,5	3,2	6,5	0,5	13,2	307,6
86\87	48,1	63,4	18,2	0,0	15,7	25,3	8,7	7,5	17,2	0,7	2,9	1,0	208,7
87\88	1,4	25,2	18,1	56,1	20,8	1,0	11,0	9,4	26,2	40,9	1,5	24,1	235,7
88\89	13,6	4,8	52,5	31,8	4,6	31,1	8,3	26,1	8,5	68,2	1,4	103,8	354,7
89\90	12,8	7,0	14,3	11,7	59,7	0,0	33,7	59,9	99,3	4,2	13,6	65,9	382,1
90\91	20,7	3,2	53,0	16,4	2,5	15,5	47,8	26,1	3,5	16,2	5,0	24,4	234,3
91\92	34,7	61,2	11,7	19,6	15,1	16,2	20,6	37,4	52,1	19,4	17,7	7,4	313,1
92\93	46,7	11,6	37,9	5,3	4,5	56,2	21,5	13,0	23,2	6,6	0,0	7,8	234,3
93\94	12,1	3,2	17,3	14,9	21,5	19,3	32,4	17,3	0,3	8,2	8,5	18,6	173,6
94\95	68,0	51,6	13,4	1,9	9,8	0,0	63,2	9,1	5,9	21,3	3,1	15,9	263,2
95\96	67,3	35,8	28,8	39,8	48,6	72,7	86,7	48,2	13,2	61,1	40,2	9,8	552,2
96\97	35,1	0,0	0,1	21,9	14,6	9,5	17,1	44,2	3,7	19,4	0,2	8,6	174,4
97\98	44,8	25,1	71,3	20,7	7,2	13,3	7,7	39,5	23,1	39,4	0,0	12,1	304,2
98\99	35,1	11,7	26,4	4,7	23,5	7,7	4,9	5,1	17,3	18,2	17,3	38,0	171,9
99\00	19,7	13,9	37,7	54,6	0,0	0,6	12,4	8,6	84,0	5,3	8,5	18,6	263,9
00\01	59,6	35,1	5,1	32,5	23,4	10,9	1,3	2,7	35,3	0,0	3,2	20,0	229,1
01\02	55,6	13,5	36,2	14,7	6,7	1,3	10,8	18,8	11,0	9,8	2,4	40,8	221,6



02/03	11,2	23,1	72,6	7,0	66,8	7,7	19,3	69,9	12,7	47,2	7,9	16,6	345,4
03/04	28,3	77,4	28,4	32,3	6,1	38,5	92,7	61,3	60,8	40,9	0,0	27,8	494,5
04/05	84,0	10,4	48,2	124,6	0,0	31,5	16,0	9,0	7,4	42,4	7,6	5,4	386,5
05/06	30,0	12,5	22,3	21,0	20,8	44,1	6,7	33,4	59,0	15,8	50,8	15,5	331,9
06/07	26,1	13,3	26,8	17,4	6,9	9,1	14,3	47,4	21,5	2,1	21,6	6,1	212,6
07/08	65,7	28,8	28,3	8,4	7,8	4,6	2,0	0,8	43,3	14,3	53,6	41,9	299,5
08/09	36,4	28,8	1,9	89,2	44,1	20,2	70,1	65,5	71,2	4,1	4,9	50,5	486,9
09/10	123,3	15,3	3,1	29,0	49,3	94,1	26,9	50,7	15,0	59,8	8,8	7,0	482,3
10/11	16,4	44,4	49,0	4,1	15,6	13,0	87,5	51,3	26,5	40,5	8,3	15,6	372,2
11/12	24,4	162,8	8,6	1,1	1,8	0,0	29,9	29,6	2,6	15,0	3,9	15,5	295,2
12/13	28,5	34,0	94,0	5,3	24,8	9,9	50,4	86,8	15,0	19,4	5,4	31,0	404,5
13/14	18,5	18,9	0,5	16,0	34,3	14,4	15,7	3,7	26,6	26,2	3,2	0,0	178,0
14/15	45,7	4,7	23,7	7,5	24,1	53,0	60,6	26,1	26,5	19,4	8,5	18,6	318,4
moy	35,3	28,4	27,3	22,8	19,9	22,1	28,5	27,3	28,4	21,1	9,1	20,3	290,4

Station pluviométrique de Doucen

ANNEES	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
73\74	15,2	10,3	9,0	11,3	9,2	0,4	33,8	0,0	4,0	8,0	0,8	5,6	52,6
74\75	7,1	0,0	9,0	11,3	9,2	6,4	12,8	10,8	0,8	0,0	0,8	0,0	68,2
75\76	28,3	0,0	0,5	1,8	0,0	10,2	18,0	0,0	4,0	42,1	12,2	0,0	117,1
76\77	0,0	0,0	26,4	11,3	0,0	0,0	0,0	18,0	22,6	0,0	5,5	3,4	87,2
77\78	1,7	1,0	7,3	0,0	1,3	9,2	0,0	0,0	7,4	8,0	0,0	1,2	37,1
78\79	0,0	10,3	0,0	0,0	15,0	5,1	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	1,6	33,7
79\80	13,1	2,0	1,0	0,0	1,0	24,5	12,0	26,0	2,0	0,0	0,0	0,0	81,6
80\81	4,5	0,0	24,5	7,1	0,0	1,5	0,0	11,6	0,0	11,5	0,0	3,4	64,1
81\82	4,5	0,0	0,0	2,6	17,0	0,0	1,0	35,3	1,7	0,0	0,0	0,0	62,1
82\83	0,0	22,7	47,5	76,5	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	153,7
83\84	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,8	2,2	13,0
84\85	15,2	10,3	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	1,2	20,4	0,0	0,0	0,0	66,1
85\86	15,2	10,3	9,0	12,6	6,3	2,2	20,5	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	62,0
86\87	17,8	10,1	23,5	0,0	9,3	14,4	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	77,6
87\88	0,0	10,5	1,8	2,0	1,5	1,5	5,7	4,1	0,0	109,0	0,0	2,2	138,3
88\89	6,0	0,0	4,3	1,2	8,0	3,1	12,8	10,8	M	8,0	0,0	12,5	66,7
89\90	36,1	13,0	1,0	3,1	12,5	0,0	2,1	7,0	67,9	3,7	0,0	15,2	161,6

90\91	10,8	0,0	11,5	24,5	9,2	12,8	36,9	10,8	1,8	8,0	0,8	2,2	129,3
91\92	15,2	10,3	9,0	11,3	9,2	6,5	6,0	10,8	7,4	8,0	0,8	2,2	96,7
92\93	15,2	10,3	17,0	11,3	0,0	6,5	6,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	70,3
93\94	1,0	0,0	8,2	1,5	3,7	3,7	27,9	0,0	0,0	0,5	0,8	0,0	47,3
94\95	86,0	80,9	2,3	0,0	0,0	0,0	5,6	0,9	0,4	13,0	0,0	4,7	193,8
95\96	27,9	3,0	12,1	31,5	54,7	17,2	44,5	0,0	0,0	11,1	0,0	2,2	204,2
96\97	10,5	0,0	0,0	8,3	1,5	0,0	0,6	61,2	0,0	8,2	0,0	3,4	93,7
97\98	37,4	11,0	24,6	27,0	1,6	13,0	3,7	8,4	9,9	15,1	0,0	0,0	151,7
98\99	6,3	0,5	0,7	0,0	71,0	5,9	1,2	4,2	3,7	10,0	0,8	0,0	33,3
99\00	17,4	0,8	37,7	45,2	0,0	0,0	11,1	0,2	32,0	0,8	0,0	0,0	145,2
00\01	0,0	0,0	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	1,2	6,2
01\02	8,4	1,7	0,2	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,6	30,5
02\03	15,2	0,0	9,0	11,3	9,2	6,3	8,0	13,3	1,5	1,5	0,2	0,8	61,1
20/04	9,8	37,8	3,0	11,3	11,3	11,3	78,4	0,0	0,0	0,0	0,8	2,3	166,0
20/05	12,3	2,0	18,9	27,6	0,0	6,8	1,6	0,0	0,0	1,0	2,0	2,2	74,4
20/06	15,2	10,3	9,0	11,3	57,0	27,7	12,8	10,8	7,4	8,0	0,0	6,2	129,9
06/07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,1	13,0	32,1	6,5	2,1	0,0	1,1	57,3
07/08	28,2	0,4	0,0	0,0	5,4	3,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	42,5
08/09	15,2	53,6	0,0	24,2	35,2	6,2	52,1	30,1	1,6	0,2	1,9	0,6	205,7
09/10	60,3	10,3	1,0	6,3	6,9	19,4	9,7	13,2	4,6	0,7	2,4	0,0	134,8
10/11	1,7	11,4	7,6	0,0	4,4	1,0	44,3	57,1	57,2	9,5	0,0	3,6	197,8
11/12	5,4	72,6	3,5	0,0	0,9	3,0	4,7	5,2	0,0	0,0	0,0	1,5	96,8
12/13	27,9	3,0	12,1	31,5	54,7	17,2	44,5	0,0	0,0	11,1	0,0	2,2	204,2
13/14	10,5	0,0	0,0	8,3	1,5	0,0	0,6	61,2	0,0	8,2	0,0	3,4	93,7
14/15	37,4	11,0	24,6	27,0	1,6	13,0	3,7	8,4	9,9	15,1	0,0	0,0	151,7
MOY	15,2	10,3	9,0	11,3	9,2	6,4	12,8	10,8	7,4	8,0	0,8	2,2	103,4

Station pluviométrique de Bouzina

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AO	TOT
73\74	40,5	5,0	11,6	39,8	5,8	20,0	62,9	23,9	5,1	12,1	0,0	2,0	228,7
74\75	19,4	3,5	2,5	0,0	9,6	56,4	33,1	34,0	27,5	27,5	4,6	11,9	230,0
75\76	40,5	35,8	29,1	25,1	21,8	26,1	32,7	34,0	27,5	27,5	4,6	0,0	304,7
76\77	65,0	35,8	27,8	25,1	21,8	26,1	32,7	34,0	97,3	7,5	4,6	11,9	389,6

77\78	40,5	35,8	29,1	8,0	15,5	17,5	12,5	35,0	12,6	0,0	0,0	24,0	230,5
78\79	4,5	59,1	3,4	6,0	33,8	23,0	20,8	42,3	2,7	15,7	0,0	4,0	215,3
79\80	35,3	35,8	28,1	0,0	6,8	16,6	47,7	41,3	42,4	3,5	0,0	7,8	265,3
80\81	39,0	0,0	65,7	55,6	1,0	28,0	21,8	18,0	3,0	18,0	0,0	6,5	256,6
81\82	37,7	10,1	1,0	39,7	5,0	37,0	33,0	55,6	6,0	0,0	0,5	11,9	237,5
82\83	18,5	41,0	88,5	12,0	0,0	13,0	6,5	35,0	8,0	8,5	0,0	17,0	248,0
83\84	0,0	318,0	3,5	6,0	5,0	35,5	7,8	14,5	13,0	19,5	0,0	18,0	440,8
84\85	3,5	63,0	24,0	14,7	15,0	28,5	37,7	10,5	72,5	0,0	0,0	0,0	269,4
85\86	17,5	40,5	45,5	26,0	15,0	42,5	90,0	24,0	2,5	7,0	0,0	5,0	315,5
86\87	85,5	58,0	23,2	26,0	16,0	37,0	9,5	15,0	17,0	19,0	10,0	1,5	317,7
87\88	8,0	33,0	25,5	52,5	12,0	2,0	16,7	19,5	17,0	58,6	0,0	0,0	244,8
88\89	84,0	11,0	24,5	55,5	1,0	62,5	6,5	46,0	47,0	44,0	4,6	47,6	434,2
89\90	26,5	30,0	13,5	16,0	19,0	0,0	26,5	62,5	90,5	13,5	30,0	61,0	389,0
90\91	14,5	70,0	38,0	41,5	6,0	30,5	24,5	22,0	1,0	5,0	1,0	26,2	280,2
91\92	0,0	47,0	12,0	21,0	23,0	17,0	31,5	23,5	61,5	0,0	15,5	5,5	257,5
92\93	58,0	13,5	41,0	21,0	2,0	33,5	12,5	8,0	25,0	0,0	2,0	4,0	220,5
93\94	18,5	6,5	13,0	23,0	23,0	6,5	30,5	7,5	0,0	15,5	4,6	9,8	158,4
94\95	78,0	49,0	19,0	7,0	30,5	2,0	43,0	20,5	18,5	16,5	0,0	13,0	297,0
95\96	89,5	32,0	26,0	49,6	64,0	114,5	89,0	27,5	28,5	10,0	16,0	7,0	553,6
96\97	16,5	0,0	0,0	20,0	43,0	27,3	10,5	57,0	0,0	15,5	0,0	16,0	205,8
97\98	57,0	21,5	122,5	36,5	12,5	19,5	13,0	65,5	20,5	34,5	0,0	7,0	410,0
98\99	21,5	14,5	15,5	18,0	20,5	11,8	14,5	9,0	12,0	36,0	1,5	9,5	169,8
99\00	32,5	17,0	64,5	52,0	0,0	0,0	3,0	10,0	86,5	0,0	0,0	0,0	265,5
00\01	30,5	4,0	11,0	63,0	52,5	7,0	0,0	1,5	31,5	0,0	0,0	0,0	201,0
01\02	51,5	3,0	32,0	12,5	8,0	6,5	6,5	28,5	27,7	14,8	3,6	11,7	206,3
02\03	40,5	35,8	29,1	25,1	37,6	26,1	32,7	34,0	27,5	14,9	4,6	11,9	319,8
03\04	40,5	35,8	29,1	25,1	37,6	26,1	32,7	34,0	27,5	14,9	4,6	11,9	319,8
04\05	40,5	35,8	29,1	25,1	37,6	26,1	18,0	34,0	10,5	30,5	0,0	11,9	299,1
05\06	40,5	2,0	47,0	31,5	39,5	43,5	15,0	48,5	81,0	13,0	33,5	9,0	404,0
06\07	58,6	9,0	47,0	23,2	16,0	30,5	45,0	57,5	6,0	2,0	0,0	4,5	299,3
07\08	59,5	20,5	33,0	23,2	6,0	1,0	26,0	13,0	49,0	2,0	0,0	5,5	238,7
08\09	40,5	35,8	29,1	8,0	72,0	50,5	96,0	84,5	62,0	25,0	17,0	8,5	528,9
09\10	119,1	35,8	16,5	34,0	60,0	37,5	34,5	39,0	10,0	26,0	8,0	30,5	450,9

10/11	40,5	35,8	0,0	9,5	15,3	49,5	94,0	96,0	74,0	5,0	3,0	0,0	422,6
11/12	36,0	107,0	11,5	1,5	0,0	4,0	35,0	60,0	0,0	4,0	0,0	0,0	259,0
12/13	25,0	28,0	58,0	16,0	17,5	24,0	51,5	63,5	2,0	11,0	1,0	48,0	345,5
13/14	31,0	2,0	0,0	25,1	37,6	0,0	38,5	0,0	8,5	27,0	0,0	0,0	169,7
14/15	30,5	3,0	21,0	25,1	42,5	46,5	55,0	34,0	27,5	14,9	4,6	11,9	316,5
MOY	39,0	35,2	28,4	24,9	21,6	26,5	32,6	33,9	28,3	14,8	4,3	11,7	301,2

Station pluviométrique de Biskra

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	TOT
73\74	13,5	12,9	13,5	9,7	0,0	7,8	22,8	3,7	2,5	8,1	2,7	1,8	49,4
74\75	0,2	0,0	0,0	0,3	8,4	11,6	6,3	31,7	45,7	0,0	0,0	0,0	114,6
75\76	38,5	0,0	6,5	19,0	0,7	36,5	18,1	3,1	8,5	22,0	4,1	0,0	157,0
76\77	29,0	12,8	2,0	9,9	42,2	2,8	6,6	19,4	64,1	2,6	2,3	0,0	164,7
77\78	0,0	0,0	17,3	0,0	14,4	3,7	4,7	6,1	0,0	1,6	0,0	0,0	47,8
78\79	0,0	12,8	0,0	0,2	0,0	5,0	3,0	9,6	6,3	0,0	0,0	0,0	36,9
79\80	66,5	0,3	0,0	0,0	0,0	18,9	13,1	9,6	6,3	23,0	0,0	7,0	144,7
80\81	0,0	0,0	39,8	10,3	0,0	9,2	11,5	8,5	0,0	23,0	0,0	7,9	110,2
81\82	0,0	0,2	0,0	17,7	5,4	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3
82\83	0,0	40,8	58,3	0,0	0,0	9,1	1,5	0,0	5,5	0,0	0,0	22,5	137,7
83\84	0,0	3,8	3,5	4,0	0,5	3,6	7,6	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	26,5
84\85	1,0	14,7	19,2	1,0	11,0	1,1	32,0	1,6	25,9	0,0	0,0	0,0	106,5
85\86	2,3	9,9	16,6	13,5	31,0	3,6	49,0	0,3	17,4	0,0	0,0	0,0	143,6
86\87	26,3	10,7	11,5	11,4	10,7	12,0	3,8	1,0	5,8	1,0	2,3	2,6	99,1
87\88	0,0	15,5	4,5	11,8	4,5	0,0	4,1	16,6	1,0	22,7	0,0	0,0	80,7
88\89	2,5	0,0	13,5	4,9	4,6	10,9	0,0	10,9	10,6	20,6	0,0	8,6	87,1
89\90	6,6	2,0	11,5	3,0	28,0	0,0	9,0	20,4	32,0	4,5	0,5	7,0	124,5
90\91	5,6	0,0	14,5	20,6	17,0	13,0	60,4	3,5	3,1	2,0	0,0	26,0	165,7
91\92	13,0	33,5	4,0	9,9	18,9	2,3	22,0	6,6	5,0	0,0	4,5	20,5	140,2
92\93	20,5	0,0	50,5	3,5	0,0	4,4	11,5	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	94,4
93\94	2,5	0,0	6,3	3,2	14,4	5,0	22,6	1,4	0,0	1,5	0,0	7,3	64,2
94\95	37,3	36,2	3,2	0,0	4,5	2,0	7,0	11,5	0,0	4,0	0,5	0,0	106,2
95\96	31,8	2,6	25,0	19,5	63,9	25,1	46,2	5,4	2,7	3,7	3,4	0,0	229,3
96\97	31,7	0,0	0,0	4,3	3,8	2,6	1,4	88,9	0,0	5,1	0,0	0,0	137,8
97\98	16,6	4,9	41,6	13,9	0,0	0,4	11,0	47,1	12,1	7,4	0,0	0,0	155,0

98\99	0,0	3,6	0,1	0,1	82,3	0,5	0,2	0,0	5,2	18,3	0,0	2,5	112,3
99\00	21,3	11,4	47,4	33,2	0,0	0,0	0,0	4,0	8,3	0,0	0,0	0,0	125,6
00/01	12,8	3,0	10,0	2,5	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	77,0
01/02	1,2	2,6	21,9	10,1	1,1	0,0	1,5	2,8	0,3	0,0	0,0	3,6	45,1
02/03	0,6	16,2	17,9	1,4	81,7	2,9	6,6	3,1	0,3	0,2	0,0	0,2	131,1
03/04	6,3	37,5	4,3	10,9	0,1	0,3	32,8	70,7	34,0	1,0	0,0	0,5	198,4
04/05	6,7	6,2	31,4	53,9	0,0	21,9	1,9	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	123,7
05/06	2,5	3,7	4,5	9,0	58,6	35,8	13,0	13,3	8,0	0,6	0,0	0,9	149,9
06/07	19,7	9,8	47,3	8,0	0,0	41,0	12,5	40,1	2,6	0,0	0,0	2,5	183,5
07/08	28,1	0,0	2,3	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	0,0	61,4
08/09	25,1	59,8	0,0	45,9	72,9	16,8	51,8	18,3	20,2	0,0	0,0	0,0	310,8
09/10	42,1	1,2	0,0	19,6	8,4	24,1	29,4	28,4	7,0	27,3	0,0	5,6	193,1
10/11	11,6	12,4	37,1	0,0	7,9	0,6	52,1	60,8	69,5	0,0	0,0	3,5	255,5
11/12	6,3	89,0	7,1	0,0	0,0	3,3	8,7	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	121,3
12/13	0,0	18,4	40,3	3,8	17,3	2,5	12,6	48,7	0,7	21,3	0,0	6,8	172,4
13/14	23,1	38,8	0,0	18,7	11,3	3,5	17,0	0,0	4,4	1,1	0,0	3,5	121,4
14/15	15,9	12,9	6,5	0,0	7,6	40,0	36,5	0,0	10,9	5,5	0,5	3,5	139,8
moy	13,5	12,9	13,5	9,7	16,3	9,3	15,6	14,4	10,9	5,5	0,5	3,5	139,8

Station pluviométrique de Mena

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	TOT
73\74	52,8	0,0	17,2	0,0	0,0	14,2	59,2	11,3	0,0	16,2	3,5	4,1	178,5
74\75	52,8	0,0	17,2	0,0	7,4	31,9	26,5	12,5	91,0	0,0	0,0	5,2	244,5
75\76	42,5	0,0	18,9	9,7	0,0	50,6	19,7	5,2	31,1	38,4	0,0	8,0	224,1
76\77	105,7	35,4	40,6	17,2	92,9	0,0	2,5	33,1	98,4	0,0	0,0	6,0	431,8
77\78	45,0	0,0	26,2	28,4	9,0	12,5	3,0	17,2	7,5	M	0,0	34,9	183,7
78\79	4,0	11,7	0,0	0,0	24,9	17,3	29,9	40,3	0,0	6,0	0,0	0,0	134,1
79\80	35,4	24,4	0,0	0,0	13,5	44,5	38,5	35,6	38,4	2,0	0,0	0,0	232,3
80\81	31,6	0,0	75,9	59,6	0,0	21,0	15,2	27,2	0,0	13,8	0,0	5,0	249,3
81\82	33,5	9,0	0,0	40,5	0,0	40,7	13,4	50,1	0,0	0,0	0,0	0,0	187,2
82\83	19,4	59,0	75,4	4,0	0,0	16,6	45,0	0,0	82,0	0,0	0,0	16,9	318,3
83\84	0,0	24,5	0,0	1,7	5,0	65,2	10,5	0,0	0,0	16,2	0,0	19,8	142,9
84\85	0,0	41,3	33,3	4,0	38,6	41,2	67,9	11,5	57,0	M	0,0	0,0	294,8
85\86	0,0	16,8	46,3	15,9	18,7	46,8	73,8	12,2	0,0	0,0	0,0	5,0	235,5

86\87	49,5	64,1	18,2	21,9	11,7	25,4	9,7	0,0	5,5	5,0	0,0	0,0	211,0
87\88	7,5	33,8	10,2	58,0	8,0	0,0	14,2	8,2	12,2	39,6	0,0	0,0	191,7
88\89	35,3	2,4	10,4	31,1	M	44,8	0,0	35,7	16,1	55,8	0,0	12,8	244,4
89\90	35,3	12,3	13,9	9,0	21,9	0,0	25,4	47,2	52,2	0,4	0,0	22,5	240,1
90\91	10,4	0,0	17,1	8,8	2,1	21,4	49,5	11,3	0,0	0,5	0,0	7,2	128,3
91\92	7,0	65,2	15,2	21,6	28,0	15,1	29,3	16,2	72,5	M	33,0	12,0	315,1
92\93	21,8	10,0	33,0	0,0	0,0	30,9	17,1	0,0	19,4	16,4	0,0	0,0	148,6
93\94	1,6	25,9	34,5	11,9	19,4	16,3	31,2	2,5	0,0	5,7	0,0	0,0	149,0
94\95	50,9	54,1	22,9	0,0	16,7	0,0	26,8	6,0	0,0	3,6	0,0	10,5	191,5
95\96	76,7	29,8	0,0	26,2	52,5	8,6	104,0	33,1	10,4	31,9	38,0	41,0	452,2
96\97	9,6	0,0	0,0	10,3	21,7	7,4	52,0	54,6	0,0	6,7	0,0	94,0	256,3
97\98	22,0	9,2	83,5	23,5	7,8	10,7	12,0	50,4	14,3	40,4	0,0	0,5	274,3
98\99	19,6	11,8	62,0	6,7	19,7	4,3	3,4	5,6	7,7	0,7	0,0	16,7	158,2
99\00	23,0	10,0	40,4	36,5	1,0	0,0	3,6	15,4	4,0	0,0	0,0	0,0	133,9
00\01	31,8	25,9	5,5	40,4	39,6	6,8	0,0	7,1	13,4	0,0	3,5	11,3	185,3
01\02	69,6	2,5	34,4	16,2	21,3	0,6	29,7	0,0	M	6,5	0,0	32,2	213,0
02\03	7,7	29,4	69,2	17,3	84,0	111,0	14,2	46,6	9,6	40,4	13,5	5,3	448,2
03\04	14,0	64,5	15,8	26,7	13,6	8,7	50,5	23,9	56,8	35,3	0,0	8,4	318,2
04\05	5,2	25,7	40,1	97,7	0,0	25,5	10,0	7,6	8,0	11,5	0,0	11,3	242,6
05\06	32,4	23,0	36,8	20,6	32,0	37,0	0,0	30,4	23,6	11,7	20,1	7,5	275,1
06\07	66,4	14,4	36,9	12,5	5,7	19,4	23,5	35,0	2,9	0,0	0,0	4,6	221,3
07\08	49,9	3,4	4,1	2,4	10,2	0,0	0,0	4,8	31,1	11,5	44,8	0,7	162,9
08\09	32,4	88,1	0,7	28,4	50,5	27,6	69,6	66,9	4,2	0,0	0,0	0,0	368,4
09\10	71,7	7,3	6,0	29,3	39,3	33,1	110,9	31,7	7,2	23,3	0,0	0,0	359,8
10\11	16,0	24,9	20,5	9,5	12,3	24,6	75,3	85,5	70,7	11,5	2,7	0,0	353,5
11\12	29,6	33,2	5,9	0,0	0,0	1,5	21,5	20,8	0,0	1,0	0,0	0,0	113,5
12\13	21,1	26,8	66,9	0,0	22,6	16,7	39,6	46,5	5,0	11,5	0,0	67,4	324,1
13\14	0,0	0,0	14,2	27,3	33,6	86,4	10,8	0,0	22,7	0,0	0,0	0,0	195,0
14\15	0,0	0,0	1,8	28,4	21,3	22,9	29,7	23,9	22,7	11,5	3,5	11,3	177,0
MOY	29,5	21,9	25,5	19,1	19,7	24,0	30,2	23,2	21,9	12,2	3,9	11,5	242,6

Station pluviométrique de Djemorah

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	TOT
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

73\74	0,0	0,8	1,4	4,9	0,0	0,0	8,9	4,0	0,0	0,2	0,0	0,0	20,2
74\75	8,5	0,0	0,2	0,1	2,2	9,0	16,8	13,7	64,0	0,0	0,7	0,0	115,2
75\76	7,0	1,0	1,0	4,1	0,0	26,5	10,4	0,0	13,1	30,6	0,0	8,0	101,7
76\77	0,0	15,0	40,9	5,6	15,3	1,3	0,0	17,2	102,7	0,0	0,0	0,0	198,0
77\78	47,3	0,0	6,9	0,2	7,0	4,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,7	67,0
78\79	0,0	14,9	2,5	1,6	17,0	7,2	24,4	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6
79\80	27,6	11,3	4,2	2,5	47,1	37,1	29,8	26,1	8,2	0,0	0,7	0,0	194,6
80\81	2,0	0,0	45,4	29,0	0,0	19,5	12,1	13,6	0,0	16,9	0,0	0,0	138,5
81\82	12,4	2,3	0,0	19,5	4,3	8,4	5,0	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0
82\83	12,4	11,8	29,9	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	22,4	99,5
83\84	0,0	6,6	0,0	3,2	0,7	33,0	1,8	1,8	0,0	15,1	0,0	21,7	83,9
84\85	0,3	11,8	19,6	11,0	39,8	5,4	32,6	0,0	39,9	0,0	0,0	0,0	160,4
85\86	5,2	10,9	31,0	7,3	6,3	12,1	51,3	5,0	2,2	0,0	0,0	0,0	131,3
86\87	57,5	18,8	19,8	23,2	19,3	25,5	7,5	2,4	6,9	2,7	0,0	4,5	188,1
87\88	0,0	21,6	15,3	13,0	3,3	15,0	6,9	16,7	3,4	11,0	0,0	0,0	106,2
88\89	12,4	0,0	9,4	15,1	0,0	16,6	0,0	20,7	13,1	27,3	0,0	23,6	138,2
89\90	1,3	2,1	14,8	4,1	17,4	0,0	11,8	18,1	32,3	2,9	0,7	10,5	116,0
90\91	0,0	0,0	24,0	5,7	8,6	23,4	0,0	66,0	2,5	0,0	0,0	18,6	148,8
91\92	4,7	47,0	3,6	23,3	36,0	78,0	22,4	9,5	29,9	4,2	14,2	0,0	272,8
92\93	5,3	0,0	25,8	9,6	0,0	62,6	0,0	0,0	9,0	3,7	0,0	0,0	107,0
93\94	3,5	0,0	14,0	0,4	13,4	14,1	22,5	3,7	0,0	2,8	0,7	0,0	61,1
94\95	9,1	34,2	9,8	0,0	6,9	4,8	4,6	16,7	0,0	2,9	0,0	7,4	96,4
95\96	44,2	21,3	19,3	17,2	42,2	39,3	51,7	16,3	N\R	10,5	10,2	0,0	272,2
96\97	17,0	0,0	0,0	5,7	21,2	5,7	0,0	77,2	0,0	0,0	0,0	0,0	126,8
97\98	16,7	4,8	45,0	19,1	3,5	9,8	7,7	41,9	7,9	11,4	0,0	0,0	167,8
98\99	0,0	2,3	2,8	3,6	59,5	5,3	0,0	0,0	13,0	9,5	3,7	0,0	99,7
99\00	12,1	0,0	76,0	29,3	0,0	0,0	0,0	3,8	19,9	0,0	0,0	0,0	141,1
00/01	0,0	0,0	0,0	11,6	28,8	2,5	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	55,8
01/02	7,0	8,6	16,2	23,5	3,7	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	100,8
02/03	0,0	13,3	37,7	0,0	159,6	4,7	14,1	12,3	4,5	0,0	0,0	9,4	255,6
03/04	7,6	68,5	6,4	15,4	0,0	0,0	40,1	77,1	43,6	0,0	0,0	0,0	258,70
04/05	0,0	0,0	31,6	85,4	0,0	29,8	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	157,4
05/06	4,9	0,0	49,8	22,4	54,2	38,4	0,0	13,7	26,6	0,0	0,0	0,0	210,0

06/07	39,8	5,0	14,8	16,0	0,0	0,0	14,4	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	118,9
07/08	15,8	2,4	14,8	14,2	5,4	1,1	2,4	0,0	15,6	2,4	0,0	2,3	76,4
08/09	14,1	52,0	0,0	44,8	38,0	22,9	31,0	66,8	36,3	0,0	0,0	0,0	305,9
09/10	72,6	15,8	0,0	18,6	11,7	40,7	15,7	33,0	0,0	22,1	0,0	0,0	230,2
10/11	15,7	24,9	24,0	0,0	0,0	0,0	37,2	62,1	36,1	0,0	0,0	1,3	201,3
11/12	6,8	67,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,1
12/13	11,7	17,5	0,0	11,7	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	87,1
13/14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	25,3	0,0	0,0	0,7	4,5	49,4
14/15	12,4	11,8	14,8	14,2	23,8	15,0	11,8	16,7	12,8	4,2	0,7	4,5	142,7
moy	12,3	12,5	16,1	12,8	16,6	15,5	12,7	18,2	13,9	4,5	0,8	4,8	140,7

Station pluviométrique de Tenit Alabed

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	TOT
73\74	0,0	4,5	1,4	25,0	0,0	4,8	0,0	32,5	20,5	10,0	0,0	8,5	107,2
74\75	8,2	0,0	11,0	0,0	16,8	25,9	36,2	26,1	29,1	13,9	3,9	10,9	182,0
75\76	46,0	7,7	20,4	18,5	2,1	72,9	24,0	14,9	28,4	82,5	32,5	28,2	378,1
76\77	84,3	71,7	20,4	50,4	81,4	5,0	0,0	23,5	13,0	0,0	0,0	46,0	395,7
77\78	11,0	0,0	29,0	0,0	6,0	26,0	7,0	35,0	28,2	0,0	0,0	69,6	211,8
78\79	16,4	72,8	0,0	7,0	35,9	27,9	32,6	51,2	3,0	26,5	0,0	0,0	273,3
79\80	98,9	32,8	18,4	7,0	0,0	16,2	164,7	42,3	64,6	8,2	0,0	20,4	473,5
80\81	56,1	0,0	23,9	86,3	0,0	34,0	23,9	30,5	0,0	9,7	0,0	3,6	268,0
81\82	61,5	15,2	0,0	59,6	20,4	64,6	8,2	66,9	16,4	0,0	3,9	8,2	324,9
82\83	36,7	50,2	96,8	42,0	16,8	116,4	0,0	0,0	5,4	8,0	0,2	8,2	380,7
83\84	0,0	19,9	5,0	18,4	16,8	60,6	0,0	0,0	0,0	24,6	0,0	32,8	178,1
84\85	0,0	41,8	20,4	29,6	35,6	0,0	31,7	0,0	95,2	13,9	0,0	0,0	268,2
85\86	52,0	22,4	64,1	23,0	29,5	14,5	167,6	18,2	20,5	22,4	0,0	10,9	445,1
86\87	105,5	0,0	8,0	18,0	10,0	20,1	11,9	13,3	20,5	0,4	7,0	5,0	219,7
87\88	8,0	36,6	16,2	47,3	5,5	0,0	6,0	26,1	10,0	52,5	5,8	4,0	218,0
88\89	34,6	44,6	9,0	24,2	3,0	24,6	5,0	89,6	8,2	56,6	0,0	10,9	310,3
89\90	31,4	6,0	11,0	9,0	30,4	0,0	91,8	91,8	76,2	0,0	0,0	10,9	358,5
90\91	36,7	0,0	29,7	41,7	16,8	1,0	46,4	26,1	0,0	13,9	0,0	24,4	236,7
91\92	168,8	60,0	6,0	19,2	13,2	2,5	62,8	26,1	47,0	0,0	36,6	10,0	452,2
92\93	40,6	63,2	6,0	26,4	1,0	55,1	26,0	6,0	24,8	3,0	0,0	4,0	256,1
93\94	7,0	0,0	32,8	18,4	13,2	23,2	25,1	14,4	20,5	13,9	3,9	34,8	207,2



94\95	66,3	49,0	15,7	1,0	11,0	0,0	53,0	14,2	0,0	6,0	3,9	14,0	234,1
95\96	37,4	24,9	34,6	42,8	13,4	86,3	79,2	24,6	15,3	71,0	15,2	4,0	448,7
96\97	0,0	0,0	2,0	0,0	21,0	3,0	19,0	26,7	0,0	10,9	0,0	13,0	95,6
97\98	7,0	12,0	88,0	8,2	8,2	8,5	8,2	67,4	14,2	8,2	0,0	0,0	229,9
98\99	8,0	12,3	9,5	4,0	32,0	4,0	1,0	1,0	13,2	27,6	8,2	34,4	155,2
99\00	25,8	36,9	24,4	49,2	0,0	20,1	4,0	4,0	40,1	0,3	0,0	0,0	204,8
00\01	24,0	6,0	0,0	50,4	35,8	0,0	0,0	0,0	30,1	0,0	0,0	0,0	146,3
01\02	27,8	2,8	29,7	6,2	3,0	6,0	4,0	26,1	0,0	13,9	3,9	9,0	132,4
02\03	22,1	33,1	51,6	35,9	26,4	0,0	8,2	60,4	4,0	9,5	1,0	4,0	256,2
03\04	20,7	97,0	16,0	20,5	4,5	12,2	6,4	7,5	19,7	13,9	0,0	0,0	218,4
04\05	62,4	3,0	20,4	50,4	33,2	15,5	20,5	4,0	8,2	21,6	0,7	0,0	239,9
05\06	48,7	4,5	22,2	15,8	39,5	31,1	11,2	27,4	55,2	22,2	17,2	0,0	295,0
06\07	70,6	8,2	20,4	13,0	7,3	20,0	32,5	40,1	4,0	0,0	0,0	10,9	227,0
07\08	24,7	14,2	6,0	35,8	10,6	1,5	0,0	5,3	6,0	1,0	11,0	0,0	116,1
08\09	12,7	25,8	7,0	23,0	16,7	16,7	26,0	44,4	14,2	0,0	4,0	12,2	202,7
09\10	46,7	10,2	0,0	7,3	11,1	1,8	11,3	7,4	6,0	14,0	7,1	2,0	124,9
10\11	8,7	29,3	32,5	3,3	18,2	23,6	86,0	64,1	63,4	20,2	3,9	4,0	357,2
11\12	5,0	148,4	10,4	0,0	1,7	0,0	16,4	22,7	1,0	0,5	0,0	11,2	217,3
12\13	36,7	17,2	50,0	32,8	24,4	18,0	52,2	26,1	0,0	0,0	0,0	10,9	268,3
13\14	8,2	25,8	0,0	3,0	23,4	4,0	51,3	0,0	20,5	10,0	0,0	0,0	146,2
14\15	5,0	0,0	6,0	17,2	10,7	14,0	46,1	26,1	20,5	13,9	3,9	10,9	174,3
MOYEN	35,1	26,4	20,9	23,6	16,8	21,0	31,1	27,0	20,6	14,9	4,1	11,7	253,2