

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la terre et de l'Univers  
Filière : Géologie  
Spécialité/Option: Hydrogéologie et Géothermie  
Département: Sciences de la Nature et de la Vie

---

**Thème :**

**Qualité, gestion intégrée et cartographie  
des ressources en eau de la wilaya de Biskra**

---

**Présenté par : HELAL Fayçal**

**Devant le jury composé de :**

<b>Président:</b>	<b>KACHI Salim</b>	<b>Professeur</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>BENACER Leila</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Encadreur :</b>	<b>GHRIEB Lassaad</b>	<b>MCA</b>	<b>Université de Guelma</b>

**Juin 2016**

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

Je voudrais tout d'abord exprimer un très chaleureux remerciement à : Monsieur **LASSAAD GHRIEB**, mon encadreur, qui m'a guidé et suivi tout au long de ce travail. Il m'a conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et de multiples suggestions. Ses critiques fructueuses ont été pour moi, une source d'enrichissement. Son aide et sa disponibilité m'a permis d'avancer dans le travail et de finaliser cette étude.

J'adresse également mes vifs remerciements à :

Monsieur **KACHI Salim** qui m'a fait l'honneur de présider ce jury

Madame **BENNACER Leila** Qui a acceptée de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent au corps des enseignants des sciences de la terre du département, pour le soutien et les conseils avisés qu'ils ont su me donner tout au long de ma formation en master II.

Par ailleurs, j'exprime ma gratitude aux personnels de la DRE, DSA, ABH et l'ANRH de Biskra de m'avoir aidé notamment en matière de données.

Merci à ma famille et à tous mes proches pour leur patience et soutien de tous les jours, particulièrement mes chers parents.

A mes collègues et camarades de la promotion 2015/2016, qui m'ont accordé une partie de leur temps précieux lors de la préparation de ce mémoire.

A tous ceux que je n'ai pas pu citer, qu'ils m'accordent toute leur indulgence.

## Résumé

La région de Biskra est en croissance rapide, en particulier dans le domaine de l'agriculture, elle est classée la première au niveau national en termes de superficie irriguée. Ce qui a accéléré le rythme d'exploitation de l'eau, en particulier les eaux souterraines. Cette situation exerce une pression sur les nappes, sachant que la wilaya de Biskra est située dans une zone aride avec un taux d'évaporation très élevée, ce qui est traduit par un déséquilibre au niveau des systèmes aquifères de Biskra. A cet effet la gestion intégrée et durable des ressources en eau est devenue une nécessité pour préserver et mieux gérer les ressources en eau qui possèdent un taux de recharge relativement faible afin d'assurer la continuité de développement économique. Ce travail de recherche est dans l'objectif de faire un équilibre entre la demande de ressources en eau et l'offre. Un aperçu sur tous les aquifères de la zone d'étude avec un zoom sur les nappes les plus exploitées. La qualité des eaux est acceptable dans l'ensemble, mais reste hors normes de potabilités. Enfin l'élaboration d'un bilan avec différents scénarios pour différents horizons afin de chercher la meilleure variante d'équilibre du bilan. Le bilan est déficitaire à cause des fortes demandes en eau d'irrigation, pour l'équilibrer il faut jouer sur les paramètres de planification notamment sur les techniques d'irrigation pour ressortir un bilan légèrement excédentaire.

**Mots clés :** Gestion intégrée, Biskra, Isotopes, Qualité des eaux, hydrogéologie, Bilan, planification.

### ملخص

تشهد منطقة بسكرة نموا متسارعا لاسيما في مجال الزراعة حيث تعد الاولى وطنيا من حيث المساحات المسقية مما أدى الى تسارع وتيرة استغلال المياه لاسيما الجوفية منها حيث أصبح هناك ضغط مستمر على الطبقات المائية الجوفية بالإضافة الى وقوعها في منطقة جافة ونسب التبخر عالية جدا مما أثر سلبا على نظم الطبقات المائية الجوفية لمنطقة بسكرة لذلك فان التسيير المستدام للموارد المائية أصبح ضرورة من اجل الحفاظ على الموارد المائية القليلة التجدد وضمان استمرار النشاط الاقتصادي. جاء هذا البحث من اجل اجراء موازنة بين حجم الطلب على الموارد المائية والحجم المتوفر. حيث تم دراسة كل الطبقات المائية لولاية بسكرة مع التركيز على الطبقات الاكثر استغلالا كما تطرق البحث الى دراسة نوعية المياه، هاته الاخير تعد مقبولة لكنها تبقى خارج المقاييس المعمول بها وفي الاخير تم وضع استراتيجية للتسيير العقلاني للمياه في الولاية. حيث ان الموازنة بين العرض والطلب على المياه كانت سلبية حيث تم تغيير العديد من المعايير لاسيما المتعلقة بتقنيات الري للوصول الى موازنة ايجابية.

**الكلمات المفتاحية:** التسيير المدمج، بسكرة، نوعية المياه، الهيدرولوجيا، الموازنة، التخطيط.

### **Abstract**

Region of Biskra is growing rapidly, particularly in the field of agriculture, it was classed the first prefecture in Algeria in terms of cultivated area. This has accelerated the exploitation of water, especially groundwater; this puts pressure on the groundwater resource, knowing that Biskra is located in an arid area with a very high evaporation rate, these results in an imbalance in aquifer systems in Biskra. For this purpose the integrated and sustainable management of water resources has become a necessity to preserve it and better manage of water resources and to ensure the continuity of economic development for the future generations. The objective of this research is to make a balance between: the offer of water resources and demand. In this work we tried to present all aquifers in the study area with a focus on the most exploited aquifers. Water quality is generally acceptable, but only for irrigation and not for drink water. Finally the development of a balance with different scenarios for different future years looking for the best alternative to the balance. We have a deficit in our balance because of use strong for irrigation water, for good balance we need to change the plans parameters, including the irrigation techniques, to preserve water and to have in the balance a small plus.

**Keywords:** integrated management, Biskra, water quality, hydrogeology, Bilan, plans.

## Table des matières

Remerciements.....	
Résumé en français.....	
Résumé en arabe.....	
Abstract.....	
Tables des matières.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	

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

### **Chapitre I : Situation géographique et description de la zone d'étude**

1. Introduction :.....	3
2. Cadre géographique.....	3
3. Cadre administratif.....	5
4. Population.....	6
5. Géomorphologie de la zone d'étude.....	7
6. La végétation.....	7
7. Aspect socioéconomique :.....	7
7.1. Contexte agricole.....	8
7.2. Contexte Industriel.....	9
7.3. Le tourisme.....	9
8. Conclusion.....	10

### **Chapitre II : Aperçu Climatique**

1. Introduction.....	11
2. Étude des précipitations.....	11
2.1. Précipitations mensuelles observées.....	11
2.2. Précipitations interannuelles.....	12
3. Les températures.....	14
4. Évaporation :.....	15
5. L'évapotranspiration :.....	16
5.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :.....	16
5.1.1. La formule de Thornthwaite :.....	16
5.1.2. Formule de Serra :.....	17
5.2. L'évapotranspiration réelle (ETR) :.....	19
5.2.1. Calcul Par la méthode de TURC :.....	19
5.2.2. Bilan de Thornthwaite :.....	19
6. Réseau hydrographique.....	21
7. Conclusion :.....	22

### **Chapitre III : Aperçu Géologique et Géophysique**

1. Introduction :.....	23
2. Géologie de Biskra.....	23
2.1. LE MÉSOZOÏQUE.....	24
2.1.1. LE TRIAS.....	24

2.1.2.	LE JURASSIQUE .....	24
2.1.3.	LE CRÉTACÉ .....	24
2.2.	LE TERTIAIRE : .....	27
2.2.1.	L'Éocène : .....	27
2.2.2.	Le Miocène : .....	27
2.2.3.	Le Pliocène : .....	27
2.3.	LE QUATERNAIRE : .....	28
2.3.1.	Les Terrasses anciennes : .....	28
2.3.2.	Le Quaternaire Moyen : .....	28
2.3.3.	Le Quaternaire actuel : .....	28
3.	La Tectonique : .....	28
4.	Géophysique de la région de Biskra .....	29
4.1.	Carte en isopaches : .....	30
4.1.1.	Carte d'égal épaisseur des sables: .....	30
4.1.2.	Carte d'égal épaisseur des calcaires : .....	31
5.	Conclusion .....	32

### Chapitre IV : Aperçu HydroGéologique

1.	Introduction : .....	33
2.	La nappe du Quaternaire : .....	33
3.	La nappe des sables du Mio-Pliocène : .....	34
4.	La Nappe des calcaires : .....	36
4.1.	Nappe de l'éocène : .....	37
4.2.	Nappe de Sénonien : .....	37
5.	La nappe des calcaires du Turonien (CT) : .....	38
6.	La nappe du Continental Intercalaire (CI) : .....	38
7.	Nombre de points d'eau : .....	39
8.	Conclusion : .....	40

### Chapitre V : Aperçu Hydrochimique

1.	Introduction .....	41
2.	Inventaire des points d'eau .....	41
2.1.	Prélèvement .....	41
3.	Balance ionique .....	42
4.	Analyse statistique .....	42
4.1.	La nappe d'Albo Barrémien .....	43
4.2.	Les nappes de calcaire et le Mio-plio-quaternaire .....	43
5.	Faciès chimiques dans la région .....	44
5.1.	Diagramme de Piper .....	44
5.2.	Diagramme de Schöeller-Berkaloff .....	45
6.	Cartographie Hydrochimique .....	47
6.1.	Nappe de Mio-plio-quaternaire .....	47
6.1.1.	Teneur en calcium .....	47
6.1.2.	Teneur en magnésium .....	48
6.1.3.	Teneur en sodium et en potassium .....	48
6.1.4.	Teneur en chlorures .....	48
6.1.5.	Teneur en sulfates .....	49
6.1.6.	Teneur en bicarbonates .....	49
6.1.7.	Teneur en nitrates .....	49

6.1.8.	La dureté.....	49
6.1.9.	Le PH :.....	50
6.1.10.	La Conductivité .....	50
6.2.	La nappe des calcaires (Éocène sénonien) .....	50
6.2.1.	Teneur en Calcium (Ca) .....	51
6.2.2.	Teneur en Magnésium (Mg).....	51
6.2.3.	Teneur en Sodium et Potassium (Na), (K) .....	51
6.2.4.	Teneur en Chlorures (Cl).....	51
6.2.5.	Teneur en Sulfates (SO <sub>4</sub> ).....	52
6.2.6.	Teneur en Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> ).....	52
6.2.7.	Teneur en Nitrates .....	53
6.2.8.	La dureté.....	53
6.2.9.	Le pH.....	53
6.2.10.	La conductivité.....	53
7.	Aptitude des eaux de la région à l'irrigation .....	54
8.	L'indice d'échange de base "i.e.b" : .....	56
9.	Conclusion :.....	57

### Chapitre VI : Gestion intégrée

1.	Introduction.....	58
2.	Données de base prises en compte dans le calcul du Bilan.....	58
2.1.	Ressources en eaux souterraines.....	58
2.2.	Ressources en eaux superficielles.....	58
2.2.1.	Barrages.....	58
2.2.2.	Retenues collinaires.....	59
2.3.	Ressources en eaux non conventionnelles.....	59
2.3.1.	STEP et lagunage.....	59
2.4.	Transfert.....	60
3.	Scénarios de base de calcul de la demande en eau.....	61
3.1.	Population et évolution démographique.....	61
3.2.	Mesures de base de développement de demandes.....	61
3.2.1.	Demande en eau Potable.....	62
3.2.2.	Demande en eau Agricole.....	62
3.2.3.	Demande en eau industrielle.....	63
4.	Evaluation du Bilan hydrique.....	64
4.1.	Variante de base.....	66
4.1.1.	Analyse et commentaire des résultats.....	66
4.2.	Variante équilibrée (Amélioration du Bilan).....	68
4.2.1.	Analyse et commentaire.....	70
5.	Conclusion.....	71
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>72</b>

### Références Bibliographiques .....

Annexe I.....

Annexe II.....

## Liste des figures

Fig.01:Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra. ....	4
Fig.02:Carte des sous bassins versants de Chott El Melhrir.....	4
Fig.03:Carte de découpage administratif de la wilaya de Biskra. ....	5
Fig.04:Carte de la population de la wilaya de Biskra.....	6
Fig.05:Histogramme montrant l'évolution de la population de Biskra selon les RGPHs (1966-2008)- Source ONS.....	7
Fig.06 : Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra.....	8
Fig.07 : Précipitations moyennes mensuelles aux différentes stations de Biskra. (source ANRH). ....	12
Fig.08:Variation interannuelle des précipitations à Biskra (1973-2015). (Source ANRH).....	12
Fig.09:Variation des années déficitaires et excédentaires à Biskra (1973-2015), (Source ANRH). ....	12
Fig.10:Carte des précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Biskra. ....	13
Fig.11:Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Biskra(2001 à 2015). (ONM) ...	14
Fig.12 : Variation interannuelle des températures moyennes à Biskra (2001 à 2015). (ONM). ....	15
Fig.13 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle à la station de Biskra (2001-2011). ( ONM).	16
Fig.14 : variation de l'ETP mensuelle selon la méthode de Thornthwaite et Serra. ....	18
Fig.15 : moyenne pluriannuelle des éléments climatiques.....	20
Fig.16 : Carte de réseau hydrographique de Biskra. ....	21
Fig.17 : Carte simplifiée d'esquisse géologique de la wilaya de Biskra. ....	23
Fig.18 : Diapir de Sel d'El-Outaya d'après Cartes hydrogéologique ANRH 1980.....	24
Fig.19 : Coupe lithostratigraphique de la région de Biskra (D.M.R.H 1980). ....	26
Fig.20 : Coupe géologique synthétique de la wilaya de Biskra.....	17
Fig.21 : Esquisse tectonique extraite de la carte structurale (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973).....	29
Fig.22 : Répartition des sondages électriques dans la région d'étude (ANRH, 2005). ....	30
Fig.23 : Carte en isopaches de la nappe des sables du Miopliocène.. ....	31
Fig.24 : Carte en isopaches des calcaires.. ....	32
Fig.25 : Carte de la nappe du quaternaire d'après ANRH 2009.....	34
Fig.26 : Carte piézométrique de la nappe du quaternaire de Biskra (ANRH, 1980).....	34
Fig.27 : carte de la nappe du Mio-Pliocène d'après ANRH 2009.....	35
Fig.28 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Pliocène (ABHS, 2012). ....	36
Fig.29: Carte de la nappe des calcaires d'après ANRH 2009. ....	36
Fig.30 : Carte piézométrique de la nappe des calcaires (ABHS, 2012). ....	37
Fig.31 : Carte des ressources en eau souterraine (Continental Intercalaire et Complexe Terminal).....	38
Fig.32 : carte d'implantation des points d'eau de la wilaya de Biskra (inventaire ABHS 2015).....	39
Fig.33 : Carte d'inventaire des points prélevés et analysés selon la nappe captée.....	42

## Liste des figures

---

Fig.34 : concentrations moyennes des éléments chimiques majeurs (Albo Barrémien).....	43
Fig.35 : Concentrations moyennes des éléments chimiques majeurs pour les trois nappes.....	44
Fig.36 : Diagramme de Piper de l'albo barrémien.....	45
Fig.37 : Diagramme de Piper de Turonien.....	45
Fig.38: Diagramme de Piper de Eo-Sénonien.....	45
Fig.39: Diagramme de Piper de Moiploquatenaire.....	45
Fig.40: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de l'albo barrémien.....	46
Fig.41: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Turonien.....	46
Fig.42: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Eo-Sénonien.....	46
Fig.43: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Mioploquatenaire.....	46
Fig.44 : Carte des teneurs en $Ca^{++}$ du MPQ.....	48
Fig.45 : Carte des teneurs en $Mg^{++}$ du MPQ.....	48
Fig.46 : Carte des teneurs en $Na^{+}$ et $K^{+}$ du MPQ.....	48
Fig.47 : Carte des teneurs en $Cl^{-}$ du MPQ.....	48
Fig.48 : Carte des teneurs en $SO_4^{-}$ du MPQ.....	49
Fig.49 : Carte des teneurs en $HCO_3^{-}$ du MPQ.....	49
Fig.50 : Carte des teneurs en $NO_3^{-}$ du MPQ.....	49
Fig.51 : Carte de la dureté du MPQ.....	50
Fig.52 : Carte du pH du MPQ.....	50
Fig.53 : Carte de la conductivité du MPQ.....	50
Fig.54 : Carte des teneurs en $Ca^{++}$ de Séno-éocène.....	50
Fig.55 : Carte des teneurs en $Mg^{++}$ de Séno-éocène.....	51
Fig.56 : Carte des teneurs en $Na^{+}$ et $K^{+}$ de Séno-éocène.....	51
Fig.57: Carte des teneurs en $Cl^{-}$ de Séno-éocène.....	52
Fig.58 : Carte des teneurs en $SO_4^{-}$ de Séno-éocène.....	52
Fig.59 : Carte des teneurs en $HCO_3^{-}$ de Séno-éocène.....	52
Fig.60: Carte des teneurs en $NO_3^{-}$ du Séno-éocène.....	52
Fig.61 : Carte de la dureté du Séno-éocène.....	53
Fig.62 : Carte du pH du Séno-éocène.....	54
Fig.63 : Carte de la conductivité du Séno-éocène.....	54
Fig.64 : L'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Riverside.....	55
Fig.65 : Carte de la répartition spatiale de SAR pour l'ensemble des nappes.....	55
Fig.66 : Carte de la répartition spatiale de l'I.E.B pour l'ensemble des nappes.....	56
Fig.67 : Carte de transferts en études pour la wilaya de Biskra.....	61
Fig.68 : Carte de Bilan hydrique de la variante de base par commune.....	68
Fig.69 : Carte de Bilan hydrique de la variante équilibrée par commune.....	70

## Liste des Tableaux

Tab.01: Précipitations moyennes mensuelles aux différentes stations de Biskra. (ANRH).....	11
Tab.02: Températures minimales, moyennes et maximales mensuelles à Biskra (2001-2015).....	14
Tab.03 : Valeurs de l'Évaporation mensuelle à la station de Biskra (2001-2011).(ONM).....	15
Tab.04 : L'ETPc moyenne mensuelle calculée par la formule de Thornthwaite. ....	17
Tab.05 : L'ETPc moyenne mensuelle, calculée par la formule de Serra. ....	18
Tab.06 : Bilan hydrique de Thornthwaite pour la station de Biskra.....	20
Tab.07 : Synthèse de l'évapotranspiration. ....	20
Tab.08 : nombre des échantillons prélevés pour chaque nappe. ....	41
Tab.09 : Barrages en exploitation.....	58
Tab.10 : Grands Barrages et petits barrages (en Projets et en études).....	58
Tab.11 : Retenues collinaires en exploitation.....	59
Tab.12 : Retenues collinaires (Étude de faisabilité).....	59
Tab.13: STEP en cours de réalisation.....	60
Tab.14: STEP en Projet. ....	60
Tab.15: STEP en études. ....	60
Tab.16 : transferts en études pour la wilaya de Biskra. ....	61
Tab.17 : Taux d'accroissement par wilaya. ....	62
Tab.18: Population totale de la wilaya par horizon et par strate. ....	62
Tab.19 : Paramètres de planification de demandes en eau. ....	64
Tab.20 : Choix des variantes du bilan. ....	65
Tab.21: Bilan hydrique de la variante de base. ....	66
Tab.22: Demande en eau potable par type d'agglomération en Hm <sup>3</sup> . ....	67
Tab.23 : Evolution de demande en eau de la variante de base. ....	67
Tab.24 : Bilan Absolu de la variante équilibrée. ....	69
Tab.25 : Evolution de l'offre et la demande de la variante amélioration du bilan. ....	69
Tab.26 : synthèse des demandes en eau de la wilaya de Biskra. ....	70

**Liste des abréviations**

ABH	Agence de Bassin Hydrographique
ADE	Algérienne des eaux
AEI	Alimentation en eau industrielle
AEP	Alimentation en eau potable
ANAT	Agence Nationale d'aménagement de territoire
ANBT	Agence Nationale des barrages et transferts
Année MES	Année de mis en service
ANRH	Agence Nationale des Ressources en Eau
BDD	Base de données
BV	Bassin versant
BV06	Bassin versant de Chott Melrhir (n°06 selon la codification ANRH)
CI	Continental Intercalaire
CT	Complexe Terminal
DA	Déficit agricole
DEAH	Direction des Etudes d'Aménagement Hydraulique
DHW	Direction de l'Hydraulique de Wilaya
DRE	Direction des ressources en eau
DSA	Direction des Services Agricoles
DSA	Direction des services agricoles
Eq.hab	équivalent habitant
ESR	eaux souterraines renouvelables
ETP	Evapotranspiration Potentielle
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FMD	Industrie
FMD P	Industrie perte
G à G	Goutte à Goutte
GB AEP	Grand Barrage AEP
GB IRR	Grand Barrage IRR
GCA	Générale des Concessions Agricoles
GPI	Grand Périmètre Irrigué
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
IND	industrie
IRR	Irrigation
MNT	Modèle numérique de terrain
MPQ	Mioplioquaternaire
MRE	Ministère des Ressources en Eau
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONA	Office national de l'assainissement
ONID	Office National de l'Irrigation et du Drainage
ONM	Office national de météorologie
ONS	Office national des statistiques
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PDARE	Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
RC	retenu collinaire
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
Rural P	perte rurale
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
SIG	Système d'information Géographique
SQL/Server	Logiciel de Bases de données
STEP	Station d'épuration
TRF BES	Transfert Biskra
TRF RES	Transferts des ressources souterraines
URB P	perte Urbaine
USEET	Usée traité
V	Variante

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## Introduction générale

Le développement de la population, de l'industrie et particulièrement l'activité agricole qu'a connaît la région de Biskra se traduit par un besoin croissant en eau. Ce dernier est assuré en grande partie à travers le captage des eaux souterraines. Cette pression exercée sur les eaux souterraines pour satisfaire les différents besoins a engendré des graves conséquences sur les nappes sollicitées, notamment la surexploitation et la dégradation de la qualité des eaux.

A cet effet la gestion intégrée et rationnelle des ressources en eau devenue un outil indispensable, afin d'assurer un développement durable surtout dans une zone aride comme la région de Biskra, où la pluviométrie est inférieure à 150 mm par an et les eaux de surface sont limitées et ne contribuent pas largement à l'approvisionnement des différents secteurs.

Notre projet de fin d'études a un objectif de faire un état des lieux de la gestion intégrée de l'eau dans la région de Biskra, basé sur l'établissement d'un bilan qui tient en compte tous les paramètres nécessaires pour faire rechercher l'équilibre entre l'eau disponible et les besoins dans différents horizons jusqu'à 2040.

Pour cela, nous avons exploité les données disponibles aux différents organismes notamment DRE, ANRH, ONA, ADE, ONS, ONM, de l'année 2015, ayant un rapport avec les travaux réalisés auparavant dans la région et qui comporte toutes les données géologiques, hydrogéologiques, géophysiques, hydroclimatologiques, hydrologiques, de populations, AEP.

C'est dans cette optique que ce thème a été élaboré. Durant notre travail de recherche, nous avons suivi le plan de travail ci-dessous :

- ⊙ Une présentation générale : une brève présentation sur la zone d'étude et les activités économiques de la région,
- ⊙ Un aperçu climatique : une simple étude climatique sur la base des données disponibles.
- ⊙ Un Aperçu géologique et géophysique décrit la colonne stratigraphique locale et les formations susceptibles d'être aquifères.

- ⊙ Un chapitre hydrogéologique définit les particularités hydrogéologiques et piézométriques pour les aquifères les plus sollicités.
- ⊙ Un Aperçu hydrochimique : Constitue une partie importante dans notre étude, qui consiste de suivre l'évolution des éléments chimiques dans l'eau dans les nappes les plus exploitées.
- ⊙ Gestion intégrée : c'est la partie principale de notre travail, dont l'objectif est de faire des prévisions de bilan à court, à moyen et à long terme.

À la fin du document une Conclusion générale avec quelques recommandations.

**Chapitre I:**

**SITUATION GÉOGRAPHIQUE  
ET DESCRIPTION DE LA ZONE  
D'ÉTUDE**

## 1. Introduction

Ce chapitre est consacré pour la présentation de la wilaya de Biskra, notamment le cadre géographique, administratif, la population et la géomorphologique. Cette présentation va toucher aussi l'aspect socioéconomique de la wilaya sachant que l'agriculture constitue l'activité principale de la région et c'est le premier secteur consommateur d'eau.

## 2. Cadre géographique

La wilaya de Biskra est située au sud Est du pays, et plus exactement au Sud des Aurès qui constituent sa limite naturelle au Nord. Elle s'étend au Sud-Est jusqu'à la zone des Chotts (Chott Melghir) et au Sud-Ouest jusqu'au commencement du grand erg oriental. (Fig.01).

Elle constitue un trait d'union entre le nord et le sud, elle est située au sud-est de l'Algérie et considérée comme une porte du Sahara. Le chef-lieu de la wilaya est situé à 400km au sud-est de la capitale, avec une altitude moyenne de 120m par rapport au niveau de la mer.

La wilaya est constituée de grands ensembles géographiques :

- Une zone de montagne et de hauts plateaux au Nord.
- Une zone de plaines steppiques sur l'axe El Outaya –Doucen.
- Une zone de Chott à l'Est de la wilaya.
- Une zone de plateaux au Sud de la wilaya (Ouled Djellal).

La wilaya de Biskra s'étend sur une superficie de **20 986** km<sup>2</sup>. Et un périmètre de **1 132** km. Elle se limite par les coordonnées suivantes :

- 33° 19' 28'' et 35° 17' 41" de latitude Nord
- 04° 07' 10'' et 06° 48' 30'' de longitude EST

Pour la région d'étude, la principale chaîne montagneuse est celle des Aurès. Elle est caractérisée par un relief très accidenté, ainsi que des pentes fortes dans le haut du versant. La région de M'Ziraâ, où se trouve le point culminant de la wilaya, le djebel Taktiout (1931m). La majorité des terres de la wilaya ont une grande étendue plate suivie d'une zone dépressionnaire, celle du Chott Melghir.

La wilaya de Biskra fait partie du grand bassin versant de chott Melghir, (bassin N° :06) (Fig.02) selon le découpage hydrologique adopté par l'ANRH, qui a une superficie de **68 750** km<sup>2</sup>, composé de 30 sous-bassins versant, il se distingue par un important cours d'eau, qui est celui d'Oued Djedi. [01-26]

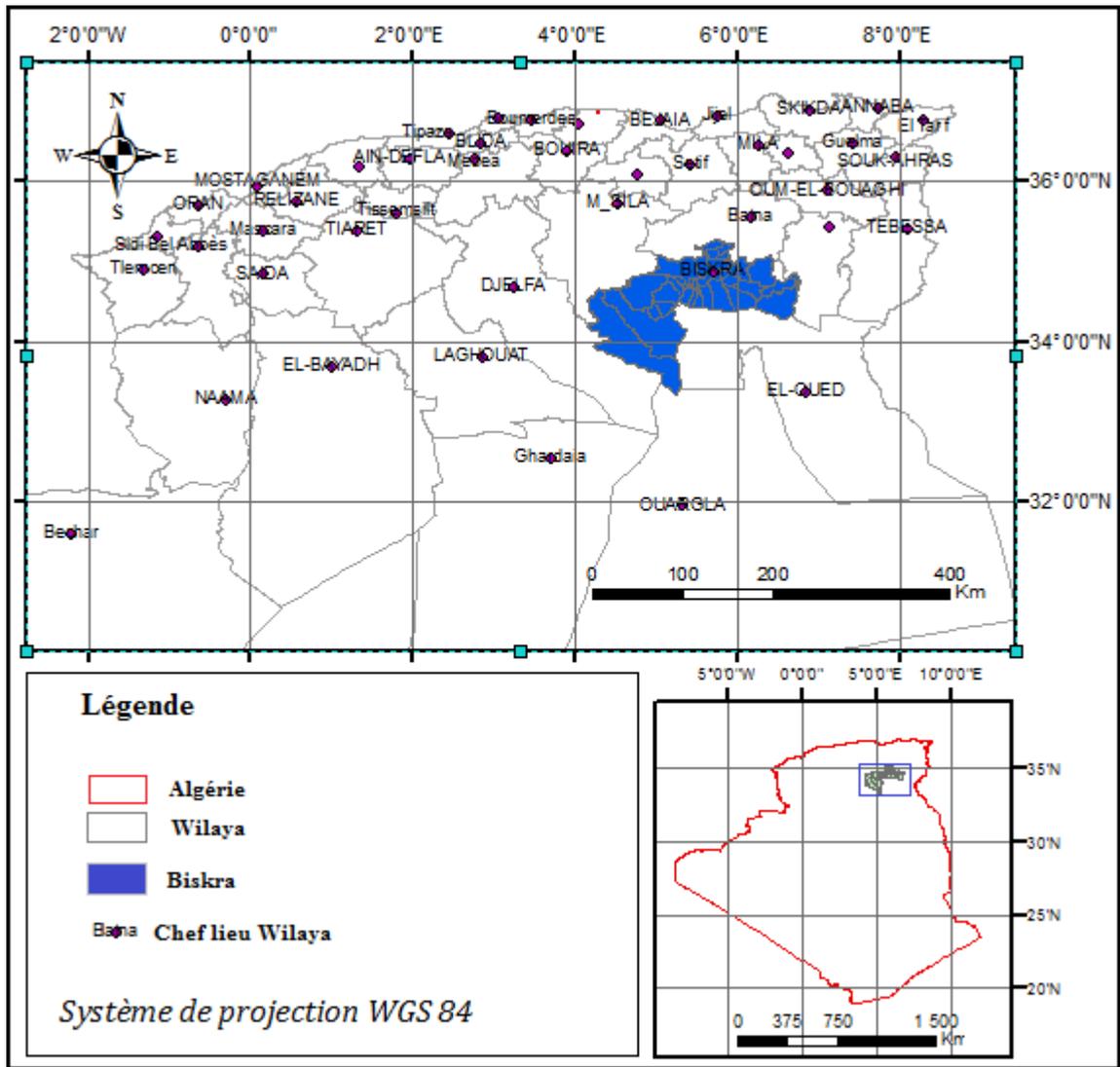


Fig.01: Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra.

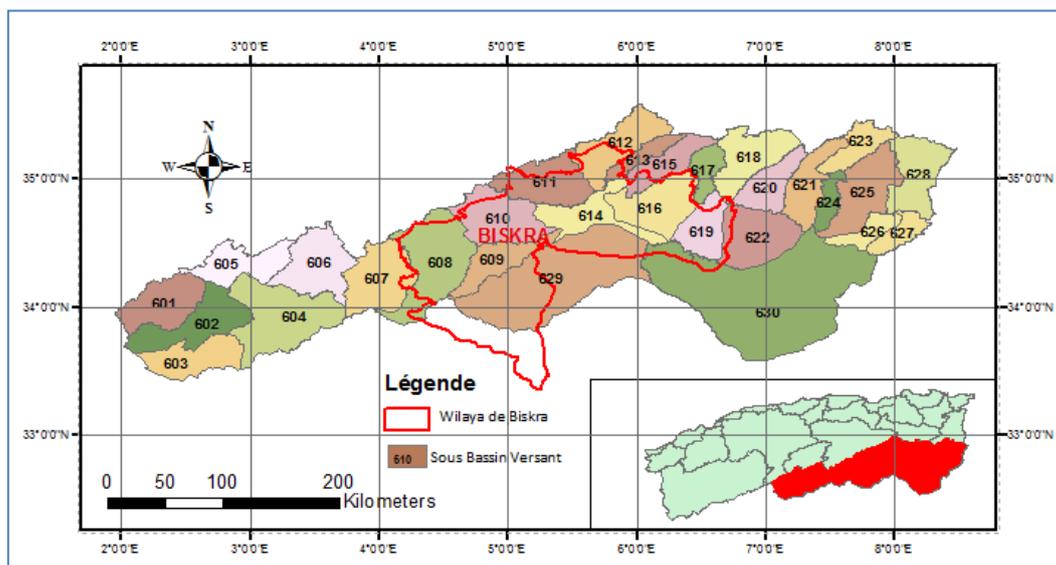


Fig.02: Carte des sous bassins versants de Chott El Melhir.

### 3. Cadre administratif

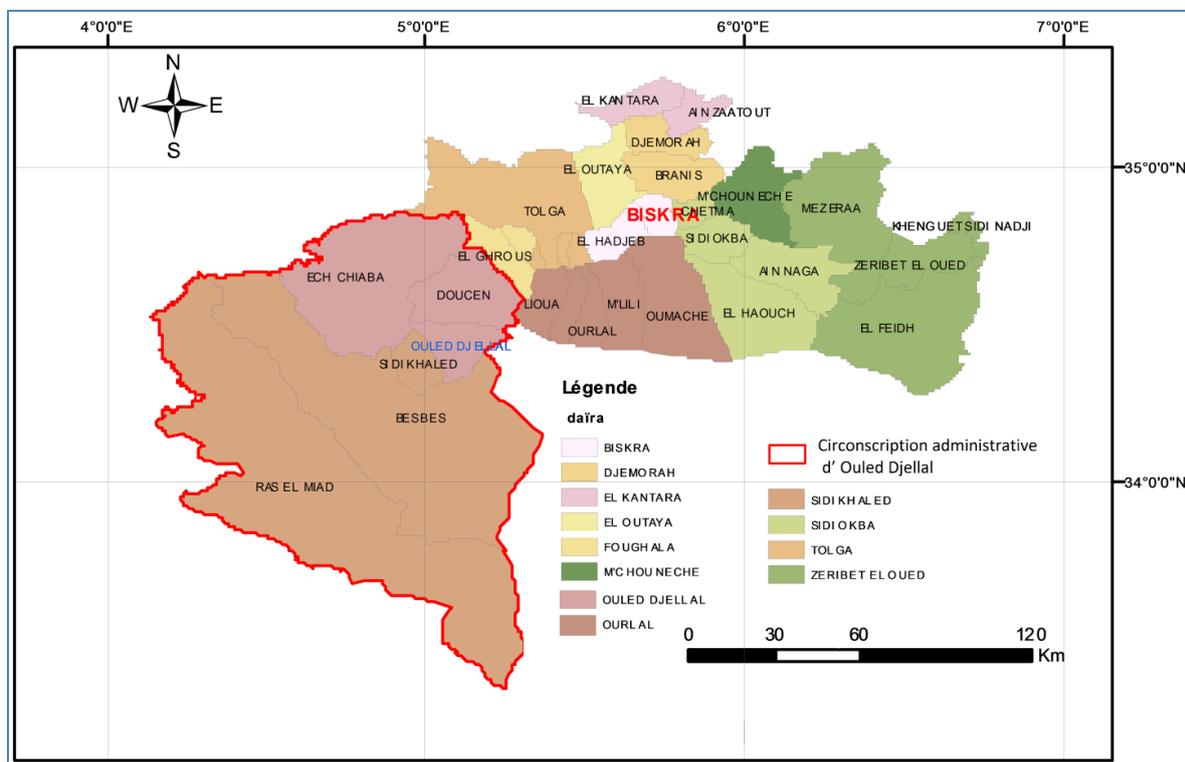
Créée après le découpage administratif de 1974, la wilaya de Biskra se composait de six (06) dairates et vingt-deux (22) communes. Avec le découpage administratif de 1984, elle s'est scindée en deux parties, donnant naissance à une nouvelle Wilaya (Wilaya d'El Oued). En 1991 une autre organisation faite au niveau de daïras, enfin en 2015 la création de circonscription administrative de Ouled Djellal. [04]

Depuis le mois de Mai 2015, la wilaya de Biskra se compose de circonscription administrative d'Ouled Djellal, trente-trois (33) communes et douze dairates, dont les Chefs-lieux sont : Tolga, Ouled Djellal, Sidi Okba, El Outaya, El Kantara, Ourlal, M'chounèche, Z.El Oued, Sidi Khaled, Foughala, Djemourah et Biskra. (Fig.03).

La wilaya de Biskra est issue du découpage administratif crée en 1974 et couvre 33 communes, réparties en 12 Daïras selon le dernier découpage administratif 2015.

D'une superficie de **20 986 km<sup>2</sup>**, la Wilaya de Biskra est limitée par :

- la Wilaya de Batna au Nord ;
- la Wilaya de M'Sila au Nord-Ouest ;
- la Wilaya de Djelfa au Sud-Ouest ;
- la Wilaya de El Oued au Sud ;
- la Wilaya de Khenchela au Nord et à l'Est.



**Fig.03:** Carte de découpage administratif de la wilaya de Biskra.

#### 4. Population

La population selon le dernier recensement (RGPH) de 2008 est à **721 356** habitants, estimée en 2015 à **819 228** habitants. Le chef-lieu de la wilaya de Biskra compte plus de 200 000 habitants tandis que les communes de Tolga, Ouled djalall, sidi Khaled et Ras el Miad situent entre 50 000 et 100 000 habitants, en troisième position la commune de Doucen, Sidi Okba, Lioua et Zribet El oued avec une population variant entre 20 000 et 50 000. Le reste des communes sont inférieure à 20 000 habitants.

En 2015, la population de la wilaya de Biskra est estimée à **819 228**, soit 2,02 % de la population nationale. En 2008, année du dernier Recensement général de la Population et de l'Habitat, la région de Biskra comptait 721 486 habitants.

La wilaya de Biskra, qui couvre 0,88 % de la superficie du pays, abrite actuellement 2,02% de la population nationale en 2015. Ce qui se traduit par le haut niveau de la densité régionale qui est d'environ 39 habitants au Km<sup>2</sup>, contre environ 16 au niveau national. La densité la plus élevée est enregistré à la commune de Biskra

Les communes englobent une population supérieure à 50 000 habitants, sont caractérisées par une urbanisation modéré, par contre les communes couvrant une population inférieure à 50 000 habitants sont moins urbanisées ou rurales.

La population de la wilaya de Biskra qui s'est élevée à **721 356** habitants en 2008 contre **589 697** en 1998 a enregistré un taux d'accroissement démographique de 1,37% contre 1,22% pour la période 1987-1998. L'évolution du taux d'accroissement démographique de la région révèle que cet indicateur a connu une décroissance de 0,15 point, du fait qu'il est passé de 1,37% durant la période 1987-1998 à 1,22% pour celle de 1998-2008, contre respectivement 2,06% et 2,4% enregistrés au niveau national. (Figure 4 et 5).

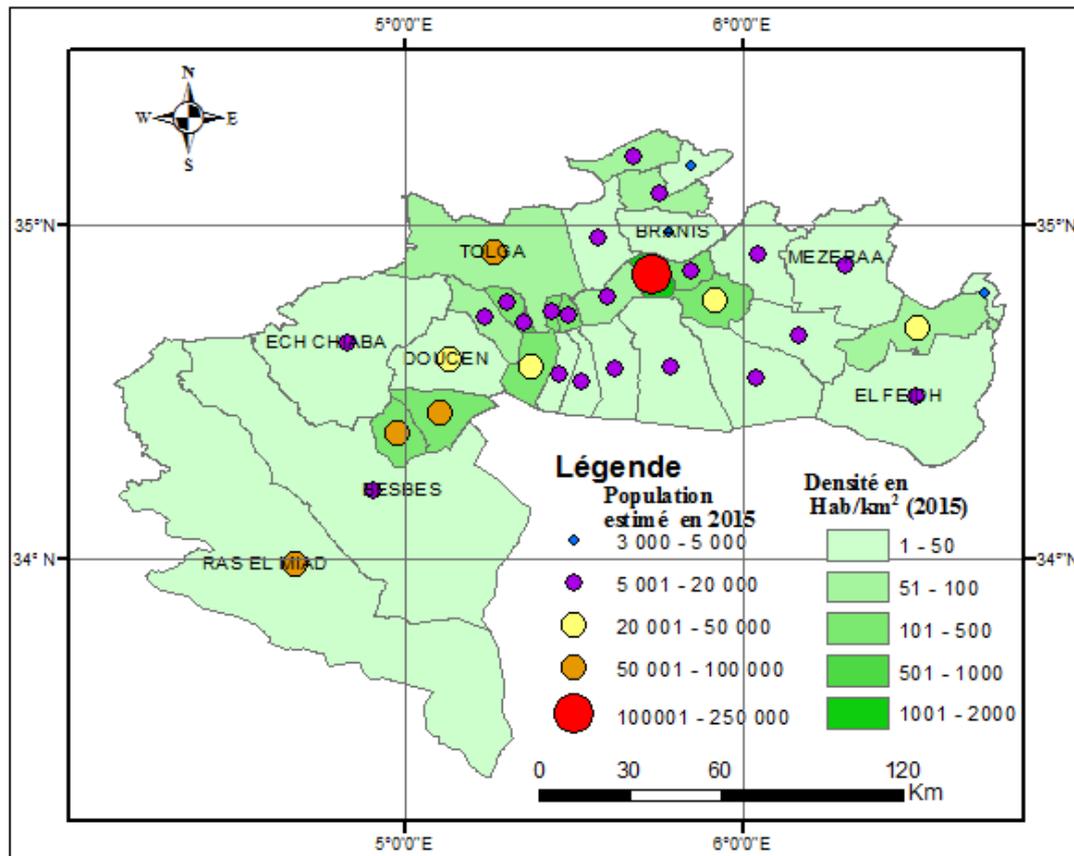
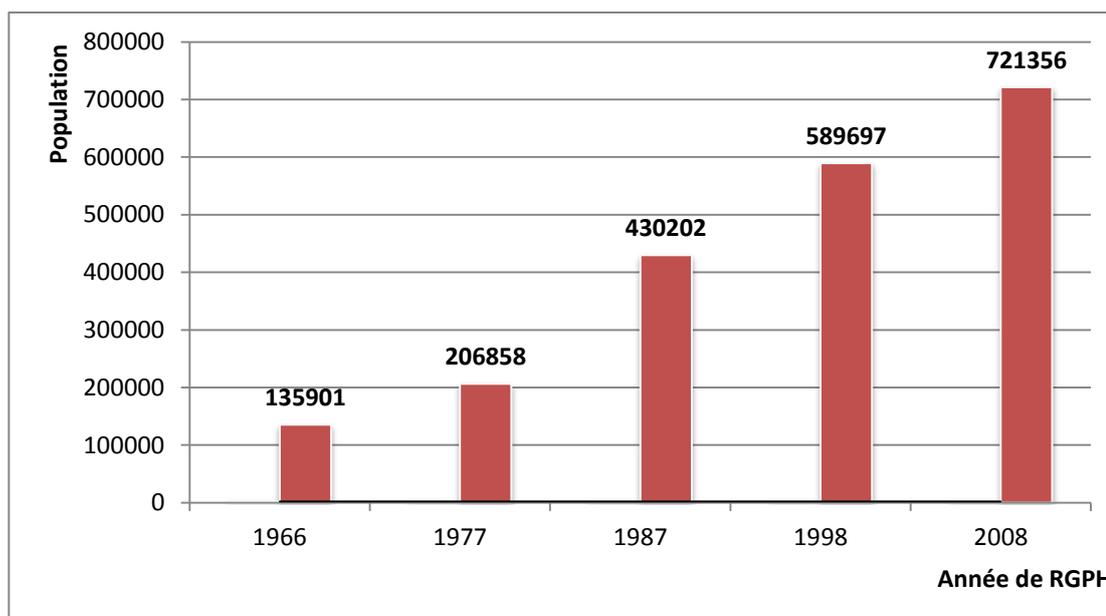


Fig.04: Carte de la population et la densité de la wilaya de Biskra.



**Fig.05:** Histogramme montrant l'évolution de la population de Biskra selon les RGPHs (1966-2008)- Source ONS

## 5. Géomorphologie de la zone d'étude

La région de Biskra constitue une partie de la transition entre le domaine atlasique plissé du Nord (Atlas Saharien) et les étendues plates et désertiques du Sahara. Ces derniers caractérisés en particulier par les régions très plates. L'ensemble de ces étendues est appelé la plateforme Saharienne. (Figure 6).

## 6. La végétation

La végétation naturelle dépend en grande partie des conditions hydrologiques et des sols. Il a été constaté que sur le terrain au niveau où la nappe se trouve à une grande profondeur, on rencontre des plantes du type *SALSOLA VERMICULATA*. *SUEDA MOLLIS* du type *SAREX PACHYSTYLIS*. L'état des plantes herbacées est très médiocre et pratiquement toute la surface du sol subit l'action directe des rayons du soleil. La végétation est mieux développée et plus variée là où la profondeur de la nappe est faible. La phytoflore est représentée essentiellement par *SALSOLA VERMICULATA*, *SALSOLA BARIOSHA*, *CAREX BACHYSTYLIS* et par des graminées. [37]

## 7. Aspect socioéconomique

L'aspect socioéconomique de la wilaya de Biskra est décrit dans cette partie, pour une meilleure connaissance sur les activités pratiquées dans la wilaya. L'agriculture occupe la grande partie avec 44% (175 889 employé), puis l'administration autour de 14 %, l'industrie est représentée uniquement par 7 %. Les autres secteurs sont relativement faibles comme le commerce et le transport et le secteur des services. On va cibler uniquement les secteurs consommateurs d'eau notamment l'agriculture comme premier consommateur, l'industrie et le tourisme. [46]

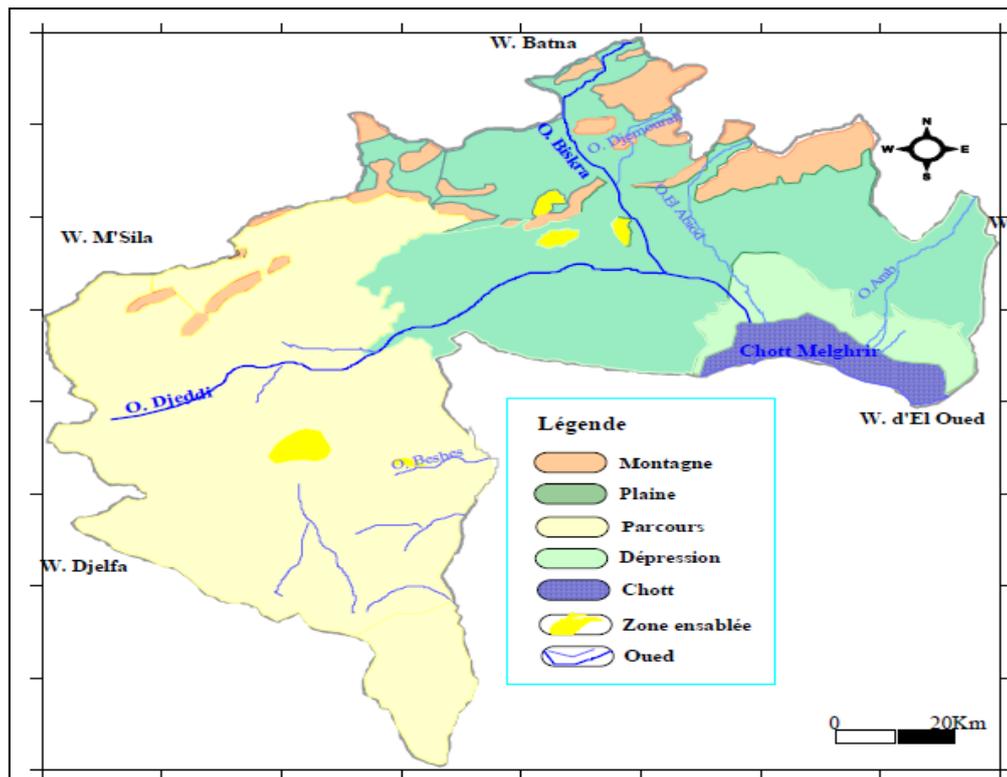


Fig. 06 : Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra.

### 7.1. Contexte agricole

La wilaya de Biskra dispose d'une superficie agricole utile de 174 132 ha (étude d'inventaire PMH 2008), ce qui représente 8.1% de la superficie totale de la wilaya. La PMH couvre une superficie de **104 079** ha en 2014. L'agriculture constitue l'activité principale de wilaya de Biskra. (Voir l'annexe II).

Les cultures irriguées sont dominées par les palmiers avec 42% de la superficie irriguée. Le mode d'irrigation le plus pratiqué est l'irrigation gravitaire qui prédomine dans toutes les régions (66% sur l'ensemble de la wilaya).

Les terres agricoles de la wilaya de Biskra sont principalement irriguées à partir d'eaux souterraines, 95% des superficies irriguées à partir de forages et puits.

Il existe un GPI sur la wilaya de Biskra, il s'agit de du périmètre de M'Kimnet à El Outaya, ayant une superficie globale de 1 137 ha. Ce périmètre est géré par l'ONID. La ressource en eau provient du barrage Fontaines des Gazelles.

Un second barrage de Foum El Gharza irrigue la palmeraie de Sidi Okba. Cependant ce périmètre n'est pas géré par l'ONID contrairement au premier, il est donc considéré comme faisant partie de la PMH. [46]

L'agriculture est observée sur 174 132 ha avec une très grande variété de cultures, Les principaux systèmes de cultures pratiques sont :

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

**Production végétale :**

- Céréales : 531 662,00 Qtx
- Cultures maraîchères : 1 496 311,00 Qtx
- Les cultures sous serres : 4 049 849,00 Qtx

**Phoeniculture:**

- Total palmier : 4 286 354 dont Deglet Nour : 2 638 253 Palmiers
- Total palmier productif : 3 894 898 dont : 2 334 566 Palmier Deglet Nour

**Production Animale :**

- Ovins : 985 699 Têtes
- Bovins: 3 996 Têtes
- Caprins: 291 448 Têtes
- Camelin: 3 050 Têtes
- Equins : 817 Têtes

**7.2. Contexte Industriel**

Le tissu industriel est relativement faible dans l'ensemble des communes de la wilaya, sauf le chef-lieu de la wilaya qui dispose d'une industrie relativement importante. Le type de l'industrie pratiquée à travers le territoire de la région de Biskra varie entre matériaux de construction et produits alimentaires.

L'alimentation en eau industriel se fait essentiellement à partir des forages appartenant de l'institution elle-même, tandis que certaines unités sont connectées seulement au réseau public, d'autres industries bénéficient d'une alimentation mixte (réseau AEP et Forage). Les volumes d'eau affectés à l'industrie sont relativement faibles.

L'ensemble des rejets industriels se jette directement dans les oueds et leurs affluents drainant la région. Sans aucun processus de traitement et qui présente un risque de pollution pour les eaux de surface et les eaux souterraines à faible profondeur. [21]

Selon l'office national des statistiques (2013) on note :

- Nombre de zone industrielle : .....01 .....163,77 ha
- Nombre de zone d'activité : .....12 .....272,27 ha
- Nombre de zone d'Equipement : .....02.....70,83 ha
- Nombre de zone des Parcs : .....02.....147,46 ha

**7.3. Le tourisme**

Le potentiel touristique est important, des zones de montagne, canyon, des ruines islamiques et des sources thermales. L'activité touristique représente l'une de source important de la wilaya.

## 8. Conclusion

La wilaya de Biskra est située au sud Est du pays, elle s'étend sur une superficie de 20 986 km<sup>2</sup>. Et un périmètre de 1132 km. Créée après le découpage administratif de 1974, actuellement se compose de circonscription administrative, trente-trois (33) communes et douze dairates.

Selon le dernier recensement de 2008 la wilaya de Biskra compte 721 356 habitants, en 2015 la population estimée est de 819 228 hab. le chef-lieu de la wilaya de Biskra compte plus de 200 000 habitants. La wilaya de Biskra, qui couvre 0,88 % de la superficie du pays, abrite actuellement 2,02% de la population nationale en 2015. Ce qui se traduit par une densité régionale élevée d'environ 39 habitants au Km<sup>2</sup>, contre 16 au niveau national.

La région de Biskra constitue une partie de la transition entre le domaine atlasique plissé du Nord (Atlas Saharien) et les étendues plates et désertiques du Sahara. Ces derniers caractérisés en particulier par les régions très plates. L'ensemble de ces étendues est appelé la plateforme Saharienne.

L'agriculture constitue l'activité principale de la wilaya, tandis que le tissu industriel est relativement faible et se concentre autour de la ville de Biskra. Le secteur agricole consomme près de 88 % des ressources disponibles de la wilaya. Les terres agricoles de la wilaya de Biskra sont principalement irriguées à partir d'eaux souterraines, 95% des superficies irriguées à partir de forages et puits.

**Chapitre II:**

**APERÇU CLIMATIQUE**

## 1. Introduction

L'objet de ce chapitre est l'étude des paramètres hydroclimatologiques mesurés sur différentes stations existantes à Biskra, représentative du climat régnant sur notre zone d'étude. Nous analyserons successivement : les valeurs mensuelles et annuelles des précipitations, les températures de l'air, l'évaporation, l'évapotranspiration, le bilan hydrique et enfin un aperçu sur le réseau hydrographique.

## 2. Étude des précipitations

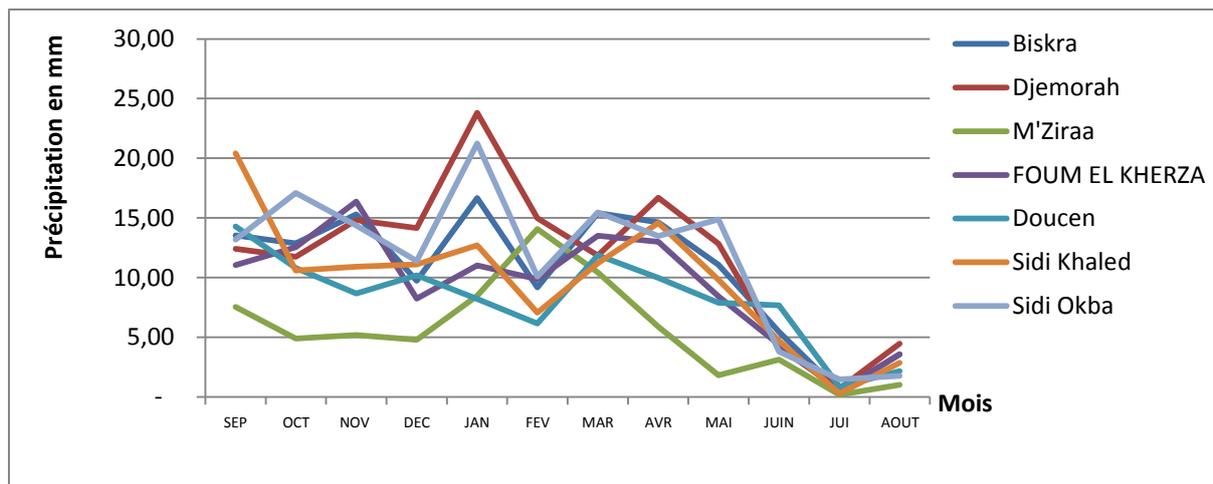
### 2.1. Précipitations mensuelles observées

La wilaya de Biskra est équipée d'un réseau pluviométrique de 07 postes gérés par l'Agence nationale des ressources, réparti assez uniformément à travers la wilaya : Biskra, Djemorah, M'Ziraa, FOUM EL KHERZA, Doucen, Sidi Okba et Sidi Khaled. Les données pluviométriques recueillies auprès des services de l'agence nationale des ressources hydrauliques ont permis de constater que le réseau pluviométrique est fonctionnel à 77 % notamment pour M'Ziraa et Doucen. Signalons que la station de la ville de Biskra est représentative pour l'ensemble de la wilaya, notamment ce qui concerne les différents calculs de l'ETP, ETR et le bilan hydrique. (Voire les données en annexe I).

Le tableau ci-dessous donne les précipitations moyennes mensuelles observées durant différentes périodes et diverses stations de la wilaya de Biskra. (Tableau 1).

**Tab.01:** Précipitations moyennes mensuelles aux différentes stations de Biskra. (ANRH).

Station	Période d'observation	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU T	An
Biskra	1974/2015	13,54	12,86	15,30	9,73	16,66	9,17	15,41	14,64	11,07	5,45	0,48	3,57	<b>127,89</b>
Djemorah	1970/1914	12,40	11,75	14,82	14,17	23,81	14,98	11,85	16,69	12,84	4,15	0,70	4,47	<b>142,64</b>
M'Ziraa	1993/2013	7,54	4,91	5,19	4,81	8,49	14,08	10,43	5,89	1,83	3,14	0,20	1,03	<b>67,52</b>
FOUM EL KHERZA	1972/2013	11,04	12,55	16,37	8,24	11,03	9,88	13,51	13,00	8,43	4,39	0,49	3,58	<b>112,51</b>
Doucen	1974/2012	14,27	10,81	8,68	10,18	8,21	6,16	11,88	9,98	7,90	7,69	0,85	2,17	<b>98,77</b>
Sidi Khaled	1978/2013	20,43	10,60	10,92	11,10	12,70	7,07	11,21	14,59	9,81	4,71	0,30	2,86	<b>116,30</b>
Sidi Okba	2001/2011	13,18	17,10	14,37	11,39	21,25	10,08	15,45	13,48	14,88	3,80	1,47	1,77	<b>138,22</b>
<b>Moyenne</b>		<b>13,20</b>	<b>11,51</b>	<b>12,24</b>	<b>9,95</b>	<b>14,59</b>	<b>10,20</b>	<b>12,82</b>	<b>12,61</b>	<b>9,54</b>	<b>4,76</b>	<b>0,64</b>	<b>2,78</b>	<b>114,84</b>

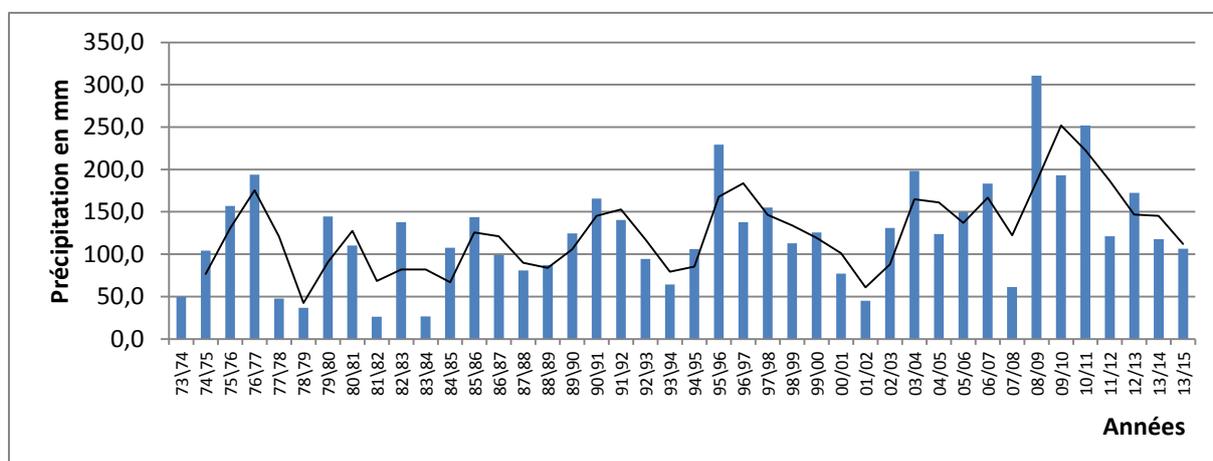


**Fig.07** : Précipitations moyennes mensuelles aux différentes stations de Biskra. (source ANRH).

L'histogramme (Fig.07) montre que les précipitations sont relativement importantes à partir du mois de septembre jusqu'au mois d'avril alors que le reste de l'année reste faible (particulièrement en juillet et août). Le graphe montre la même répartition mensuelle des précipitations pour les différentes stations.

La lame précipitée mensuelle moyenne varie entre 0,6 et 15 mm et le total moyen annuel est autour de 114 mm.

## 2.2.Précipitations interannuelles



**Fig. 08:** Variation interannuelle des précipitations à Biskra (1973-2015). (Source ANRH).

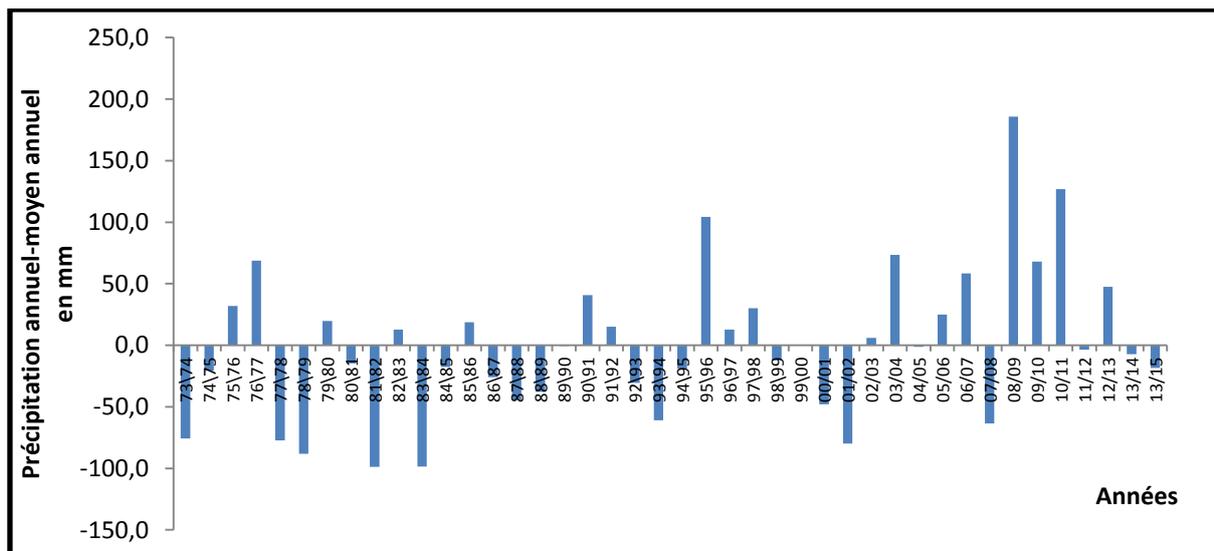


Fig. 09: Variation des années déficitaires et excédentaires à Biskra (1973-2015), (Source ANRH).

Les variations interannuelles des précipitations de la station de Biskra montrent une irrégularité assez marquée (figure 8 et 10) ; ceci témoigne du caractère aride de la région. Les années par rapport à la moyenne sont nettement supérieures par rapport à celles excédentaires.

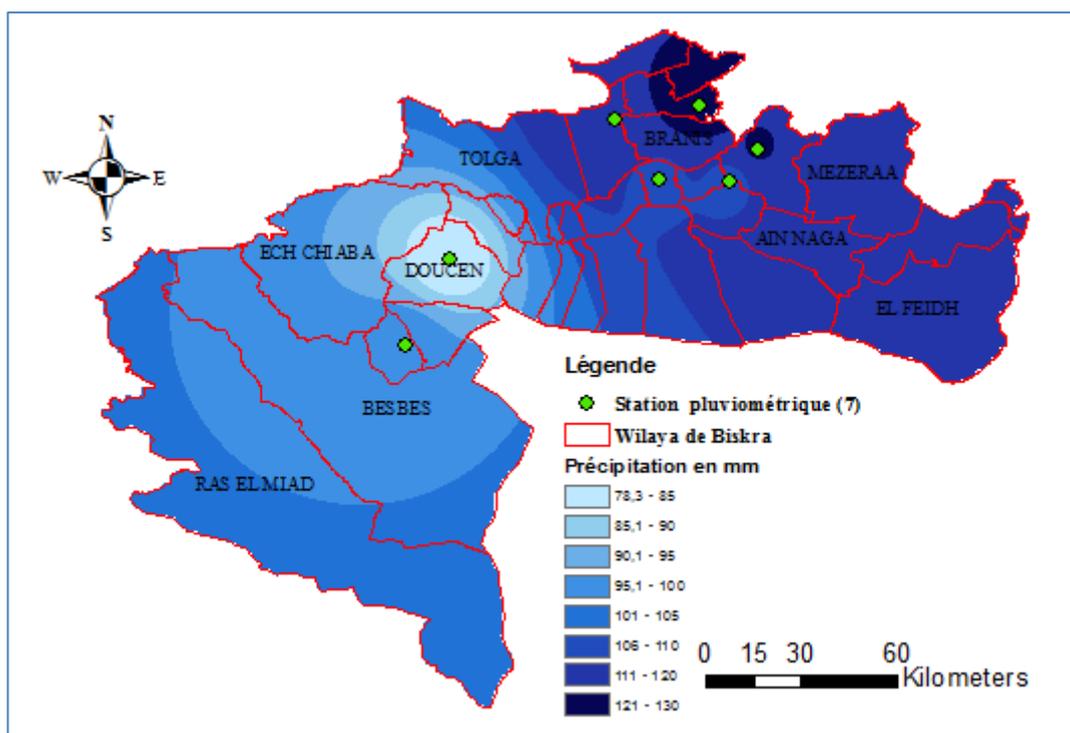


Fig. 10: Carte des précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Biskra.

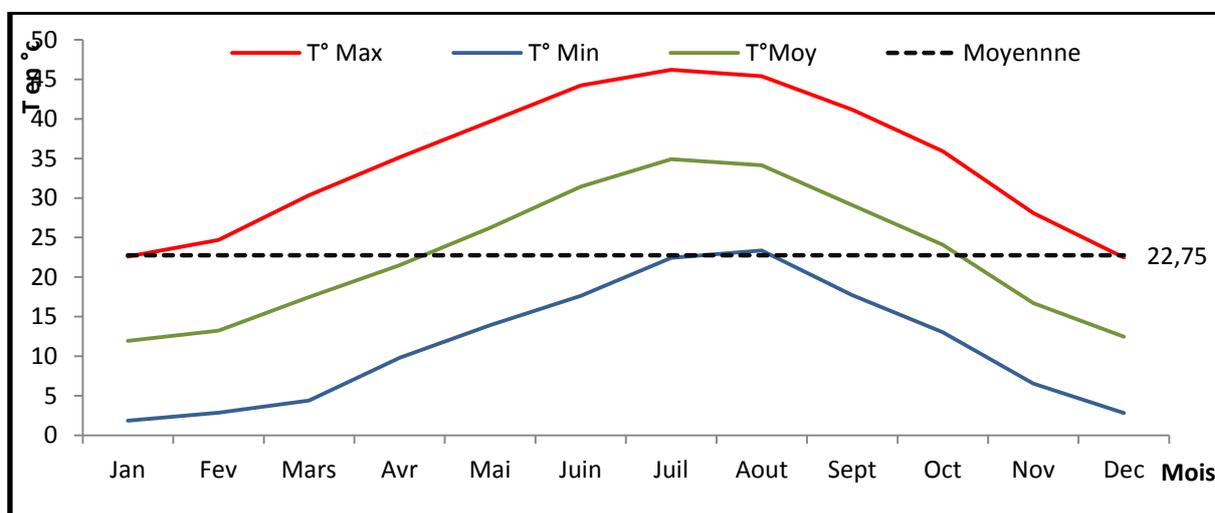
La pluviométrie annuelle est relativement faible et irrégulière sur l'ensemble de la wilaya, particulièrement le sud (Fig.10). En effet, la quantité annuelle de précipitations est généralement inférieure à 130 mm. Elle diminue du nord au sud autant que de l'Est à l'Ouest.

### 3. Les températures

Les températures moyennes annuelles et mensuelles par leurs variations influencent les phénomènes biologiques, tels que l'évaporation et la transpiration. Elles conditionnent le déficit ou l'excédent, elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. Le tableau suivant (Tab.02) donne les valeurs des températures minimales, moyennes et maximales mensuelles observées à la station de Biskra, durant la période 2001-2015 (voire l'annexe I). [39]

**Tab.02:** Températures minimales, moyennes et maximales mensuelles à la station de Biskra (2001-2015).

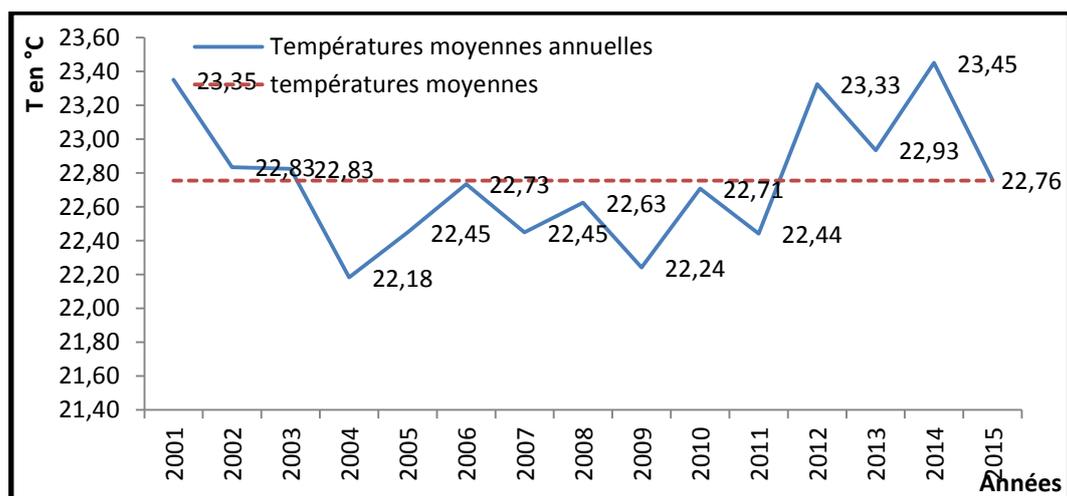
	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
T°C Max	22,59	24,70	30,33	35,16	39,69	44,23	46,21	45,42	41,15	35,91	28,10	22,45	34,66
T°C Min	1,84	2,86	4,39	9,79	13,90	17,64	22,43	23,34	17,69	13,04	6,52	2,79	11,35
T°C Moy	11,92	13,21	17,45	21,49	26,24	31,43	34,90	34,13	29,07	24,07	16,68	12,46	22,75



**Fig.11:** Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Biskra (2001-2015). (Source ONM).

La courbe qui découle de ce tableau illustre les variations mensuelles de la température. On constate que les valeurs les plus élevées s'observent entre le mois de mai et septembre (>25°C), et les plus basses s'observent au mois de décembre, janvier et février, avec respectivement 12.46, 11.92 et 13.21°C. La moyenne annuelle est de 22,75°C. On note que l'écart mensuel entre les températures maximales et les températures minimales est important variant de 19 à 26°C.

Le maximum de température est atteint au cours des mois de juillet et Août, il est autour de 45°C à Biskra. La température minimum enregistrée est de 1.84°C à Biskra au mois de janvier. L'année est divisée, en deux saisons thermiques (Fig.11).



**Fig.12 :** Variation interannuelle des températures moyennes à la station de Biskra (2001 à 2015). (ONM).

La courbe des variations interannuelles des températures marque deux épisodes distincts où on remarque des valeurs nettement inférieures à la moyenne pendant le premier épisode. Durant le second (2011-2015), les valeurs sont supérieures à la moyenne traduisant ainsi un léger réchauffement de l’atmosphère (Fig.12). [39]

#### 4. Évaporation

L'évaporation dans la région d'étude est très importante, elle s'accroît particulièrement durant la période de sirocco. La figure 13 indique, une forte évaporation en été, celle-ci provoque un besoin en eau maximum s'étalant du mois de mai jusqu'au mois de juillet (Tab.03). La période allant du mois de novembre jusqu'au mois de février correspond à une demande minimum en eau et correspond à la période de précipitations. Un pic d'évaporation est enregistré au mois de juillet avec 373 mm à la station de Biskra. La faible évaporation est enregistrée au mois de décembre, elle est de 89 mm. Signalons que le total annuel de l'évaporation est de 2457 mm.

De ce fait pour compenser ce besoin en eau, il sera nécessaire d'apporter de l'eau pendant la période estivale, de forme d'irrigation intense dans cette zone au cours de cette période.

**Tab.03 :** Valeurs de l'Évaporation mensuelle à la station de Biskra (2001-2011). (ONM).

Années	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
2001/2011	94,73	106,55	165,45	191,18	258,09	316,18	373,45	340,73	235,64	167,36	117,82	89,82	2457,00

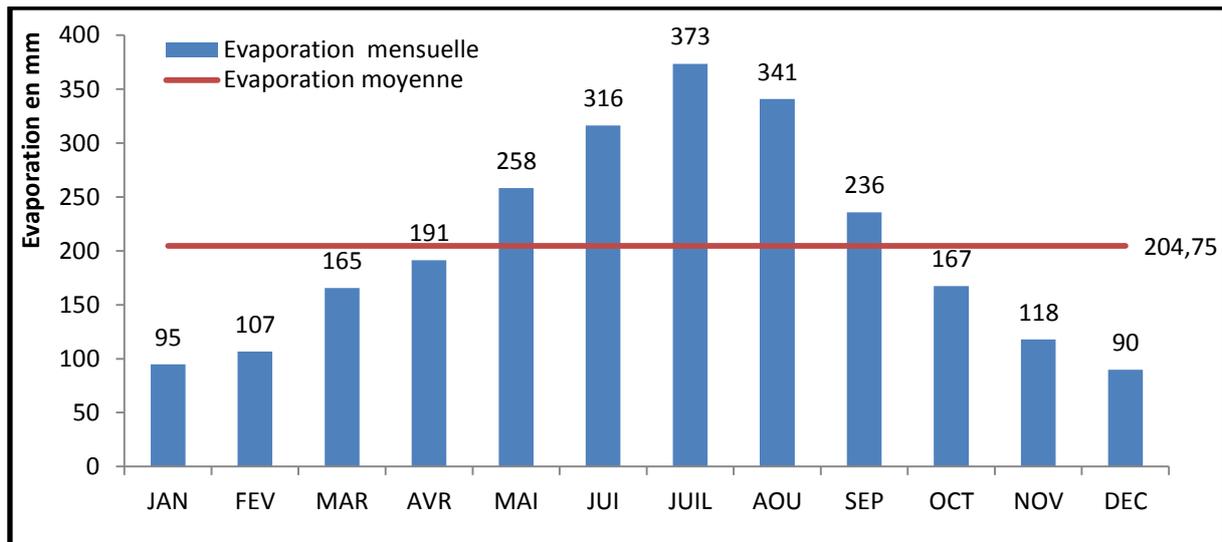


Fig.13 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle à la station de Biskra (2001-2011). (ONM).

## 5. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est déterminée par l'ensemble des processus d'évaporation (phénomène physique) et de transpiration (phénomène biologique). On distingue alors l'évapotranspiration potentielle (**ETP**) qui correspond à la quantité d'eau pouvant être restituée par la transpiration des végétaux et l'évaporation à partir du sol et l'évapotranspiration réelle (**ETR**) qui correspond à la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée.

### 5.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

De nombreux auteurs ont établi des formules empiriques donnant une approximation de l'ETP à partir de paramètres climatiques facilement accessibles.

L'ETP se calcule par les deux formules suivantes :

- La formule de Thornthwaite.
- La formule de Serra.

#### 5.1.1. La formule de Thornthwaite

C'est une des plus anciennes formules mises au point, elle reste très employée en hydrologie, car sa résolution ne nécessite que la connaissance de la température moyenne, un facteur correctif (**K**) prend en compte la durée du jour ; il est lu sur des tables qui donnent sa valeur en fonction de la latitude et du mois considéré.

L'ETP par la formule de Thornthwaite s'écrit :

$$\text{Elle est exprimée par la relation : } ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a$$

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).

T : température moyenne mensuelle en (°C).

I : indice thermique obtenu par la formule  $I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$

a : indice dépendant de la température, et calculé par la formule  $a = 0.49239 + (1792 \cdot 10^{-5} \times I) - (771 \cdot 10^{-7} \times I^2) + (675 \cdot 10^{-9} \times I^3)$

Les valeurs de ETP, calculées pour chaque mois sont corrigées à l'aide d'un facteur de correction K (Tab.04) , qui tient compte du nombre de jours du mois et le nombre de jours d'ensoleillement.

**Tab.04** : L'ETPc moyenne mensuelle calculée par la formule de Thornthwaite.

mois	T°c	i	ETP mm	k	ETPc en mm
jan	11,92	3,73	14,01	0,88	12,33
fev	13,21	4,35	18,75	0,85	15,94
mar	17,45	6,64	41,38	1,03	42,62
avr	21,49	9,09	74,69	1,00	74,69
mai	26,24	12,30	131,75	1,20	158,10
jun	31,43	16,17	219,89	1,20	263,87
jui	34,90	18,95	296,15	1,22	361,30
aout	34,13	18,32	278,04	1,16	322,53
sep	29,07	14,37	176,28	1,03	181,57
oct	24,07	10,80	103,06	0,07	7,21
nov	16,68	6,20	36,38	0,87	31,65
dec	12,46	3,98	15,89	0,86	13,67
	<b>22,75</b>	<b>124,90</b>	<b>1406,28</b>		<b>1485,48</b>

Les résultats des calculs de l'ETP mensuelle pour la station de Biskra (2001-2015) répertoriés sur le tableau ci-dessus la valeur annuelle de l'ETP pour la station de Biskra est égale à environs 1406 mm/an. En introduisant le facteur K, qui change de valeurs selon le mois allant de 0.85 à 1.21, la valeur de l'ETP corrigée devient 1485 mm/an.

### 5.1.2. Formule de Serra

L'ETP exprimée par la formule de Serra s'écrit :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a \text{ et } I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = 0,09T^{3/2}$$

$$\text{Avec: } a = \left( 1,6 \frac{I}{100} + 0,5 \right) ;$$

ETP: Évapotranspiration potentielle.

T: Température moyenne mensuelle en °c.

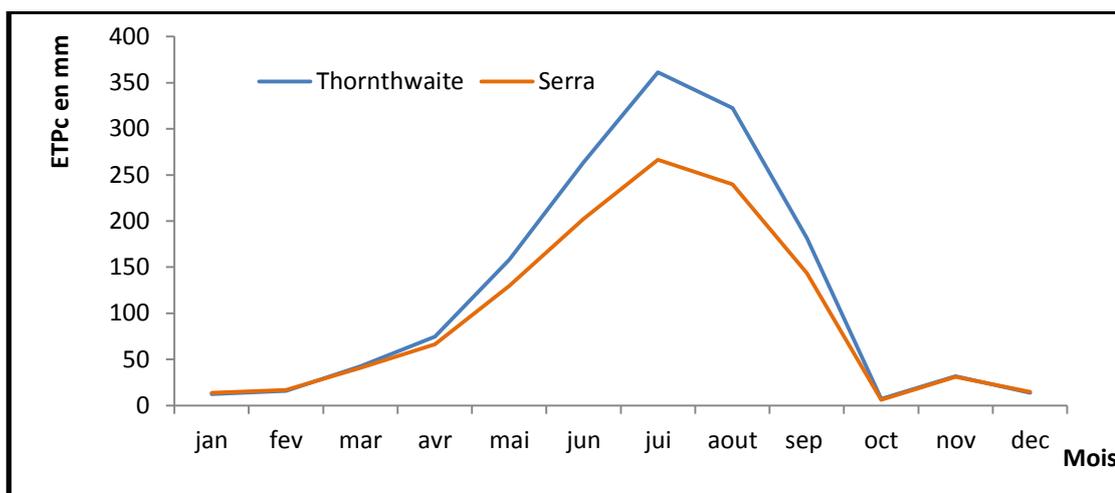
I : Indice thermique annuel.

i : Indice thermique mensuel.

**Tab.05** : L'ETPc moyenne mensuelle, calculée par la formule de Serra.

mois	T°c	i	ETP mm	k	ETPc en mm
jan	11,920	3,70	15,54	0,88	13,67
fev	13,207	4,32	19,99	0,85	16,99
mar	17,453	6,56	39,70	1,03	40,89
avr	21,487	8,96	66,20	1	66,20
mai	26,240	12,10	108,24	1,2	129,89
jun	31,427	15,86	168,69	1,2	202,43
jui	34,900	18,56	218,32	1,22	266,35
aout	34,133	17,95	206,71	1,16	239,78
sep	29,073	14,11	139,30	1,03	143,47
oct	24,067	10,63	87,50	0,07	6,13
nov	16,680	6,13	35,51	0,87	30,89
dec	12,460	3,96	17,33	0,86	14,90
	<b>22,75</b>	<b>122,83</b>	<b>1123,03</b>	<b>.....</b>	<b>1171,60</b>

Les valeurs de l'ETP mensuel selon cette formule figurent sur le Tableau ci-dessus (Tab.05) . Nous obtenons un ETPc annuel de 1171 mm/an pour la station de Biskra.



**Fig.14** : variation de l'ETP mensuelle selon la méthode de Thornthwaite et Serra.

L'augmentation des valeurs de l'ETP au printemps et en été pourrait s'expliquer par la faiblesse des précipitations, qui s'accompagnent d'une élévation des températures conduisant à la baisse de l'humidité.

Nous remarquons quand les températures sont élevées et les précipitations rares (durant surtout les mois de l'été) un écart important entre les valeurs de l'ETP calculée par la méthode de Serra et de Thornthwaite (Fig.14). En revanche, on remarque durant le mois de septembre au mois d'avril que les valeurs de l'ETP sont presque identiques pour les deux méthodes.

Quel que soit la méthode de calcul de l'ETP, cette dernière est largement supérieure aux précipitations enregistrées à la station de Biskra, qui est traduit par un déficit important.

## 5.2. L'évapotranspiration réelle (ETR)

Le calcul de l'ETR peut se faire à partir de plusieurs formules. On utilise la formule de Turc et le bilan hydrique de Thornthwaite.

### 5.2.1. Calcul Par la méthode de TURC

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

ETR : L'évapotranspiration réelle

P : précipitation moyenne annuelle en mm

L : pouvoir évaporant de l'atmosphère telle que  $L=300+25T+0,05T^3$

T : Température moyenne

Alors

**ETR = 134,80 mm**

L'E.T.R calculé par la méthode de Turc dépasse de peu les précipitations.

### 5.2.2. Bilan de Thornthwaite

Le calcul du bilan d'après la méthode de THORNTHWAITE fait intervenir l'évapotranspiration potentielle et la pluviométrie. Le principe est le suivant :

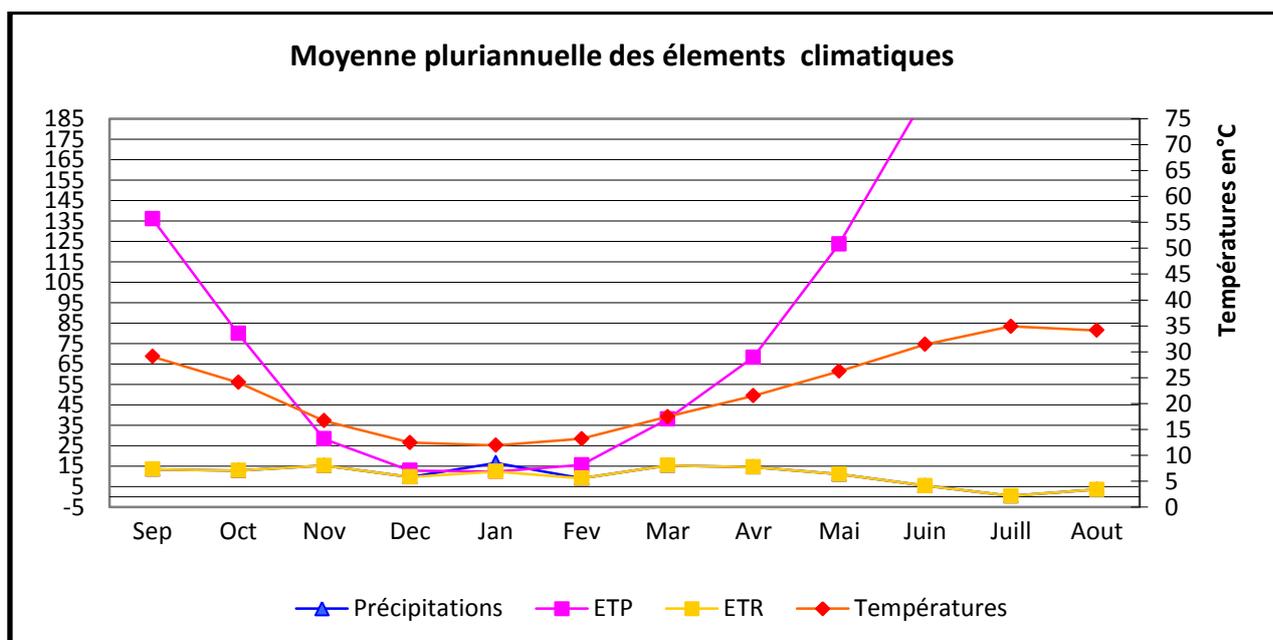
- Si  $P > ETP \Rightarrow ETR = ETP$
- Si  $P < ETP \Rightarrow$  toute la pluie sera évaporée et on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR.

Thornthwaite, dans ces calculs utilise une valeur moyenne de réserve en eau facilement utilisable (RFU) égale à 100 mm, mais dans notre cas (région Aride) on prend RFU égale à 50 mm (d'après les agronomes de l'Institut National d'Agronomie d'Alger).

Les résultats obtenus montrent que le bilan est totalement déficitaire au niveau de la région de Biskra à cause des fortes températures et l'importance de l'évapotranspiration (Tab.06). Les précipitations annuelles à Biskra sont de l'ordre de 127,9 mm/an. Nous constatons que durant toute l'année, exceptée le mois de Janvier, les ETPs sont supérieures aux précipitations. Le déficit agricole annuel (DA) est de l'ordre de 1070,3mm, atteignant son maximum au mois de juillet (Fig.15). La reconstitution du stock s'observe au mois de janvier avec une RFU=4.3 mm.

**Tab.06** : Bilan hydrique de Thornthwaite à la station de Biskra (1974-2015).

	<b>Tp</b>	<b>IT</b>	<b>CL</b>	<b>ETP</b>	<b>Pr</b>	<b>BH</b>	<b>CH</b>	<b>VR</b>	<b>RFU=50</b>	<b>ETR</b>	<b>Def</b>	<b>Exc</b>
<b>Sep</b>	29,073	14,4	1,03	136,1	13,541	-122,5	-0,9	0,0	0,0	13,5	122,5	0,0
<b>Oct</b>	24,067	10,8	0,97	79,9	12,858	-67,0	-0,8	0,0	0,0	12,9	67,0	0,0
<b>Nov</b>	16,680	6,2	0,86	28,3	15,302	-13,0	-0,5	0,0	0,0	15,3	13,0	0,0
<b>Dec</b>	12,460	4,0	0,81	12,9	9,7317	-3,2	-0,2	0,0	0,0	9,7	3,2	0,0
<b>Jan</b>	11,920	3,7	0,87	12,4	16,661	4,3	0,3	4,3	4,3	12,4	0,0	0,0
<b>Fev</b>	13,207	4,4	0,85	15,6	9,1707	-6,5	-0,4	-4,3	0,0	9,2	2,2	0,0
<b>Mar</b>	17,453	6,6	1,03	38,0	15,415	-22,6	-0,6	0,0	0,0	15,4	22,6	0,0
<b>Avr</b>	21,487	9,1	1,10	68,3	14,641	-53,6	-0,8	0,0	0,0	14,6	53,6	0,0
<b>Mai</b>	26,240	12,3	1,21	123,7	11,065	-112,6	-0,9	0,0	0,0	11,1	112,6	0,0
<b>Juin</b>	31,427	16,2	1,22	195,7	5,45	-190,3	-1,0	0,0	0,0	5,5	190,3	0,0
<b>Juill</b>	34,900	18,9	1,24	258,5	0,4825	-258,0	-1,0	0,0	0,0	0,5	258,0	0,0
<b>Aout</b>	34,133	18,3	1,16	228,8	3,5684	-225,2	-1,0	0,0	0,0	3,6	225,2	0,0
<b>Annuel</b>	<b>22,8</b>	<b>124,9</b>		<b>1198,2</b>	<b>127,9</b>	<b>-1070,3</b>				<b>123,6</b>	<b>1070,3</b>	<b>0,0</b>



**Fig.15** : moyenne pluriannuelle des éléments climatiques.

**Tab.07** : Synthèse de l'évapotranspiration.

<b>Méthode</b>	<b>ETP &amp; ETR</b>	<b>Valeur</b>
SERRA	<b>ETP</b>	<b>1171,60 mm</b>
THORNTHWAITE	<b>ETP</b>	<b>1485,48 mm</b>
TURC	<b>ETR</b>	<b>134,80 mm</b>
THORNTHWAITE	<b>ETR</b>	<b>123,6 mm</b>

## 6. Réseau hydrographique

La wilaya de Biskra drainé vers la zone des chotts, par un réseau hydrographique relativement moins intense, avec des pentes faibles à l'ouest de la wilaya et moyennes à la partie Nord Est de la wilaya (Fig16).

Les débits des oueds présentent une forte irrégularité saisonnière et intra annuelle ce qui limitées les apports des ressources en eau de surface, cette situation engendre un faible régime d'écoulement et très irrégulière durant l'année. [24]

La totalité des apports des principaux oueds (oued El-Hai, oued El Arab, oued Biskra, oued Abiod et oued djedi) se développe en période hivernale, lors d'épisodes pluvieux, s'étalant sur quelques heures à quelques jours, avec un débit relativement faible variant entre 50 et 250 hm<sup>3</sup>/an. Aux mois d'été, les oueds sont pratiquement à sec ; ceci en raison du climat aride et de la faiblesse et l'irrégularité des précipitations.

La wilaya de Biskra est dotée de deux infrastructures hydrauliques collectant les eaux de surface. Ces aménagements ne permettaient pas de répondre à la demande en eau pour les différents secteurs de la région notamment agricole. Les eaux de surfaces régularisées par les deux barrages, sont généralement servies à la mise en valeur des terres et au développement agricole surtout à proximité du barrage. [04-16]

Deux ouvrages hydrauliques ont été construits durant les années antérieures, régularisant annuellement un volume de 27 Hm<sup>3</sup>, qui représente le quart de la capacité initiale de l'ensemble des barrages, elle est de l'ordre de 102 Hm<sup>3</sup>. La capacité totale est largement diminuée par les apports solides ou l'envasement accompagne les ruissèlements des oueds, durant la période d'exploitation des barrages. [01-22]

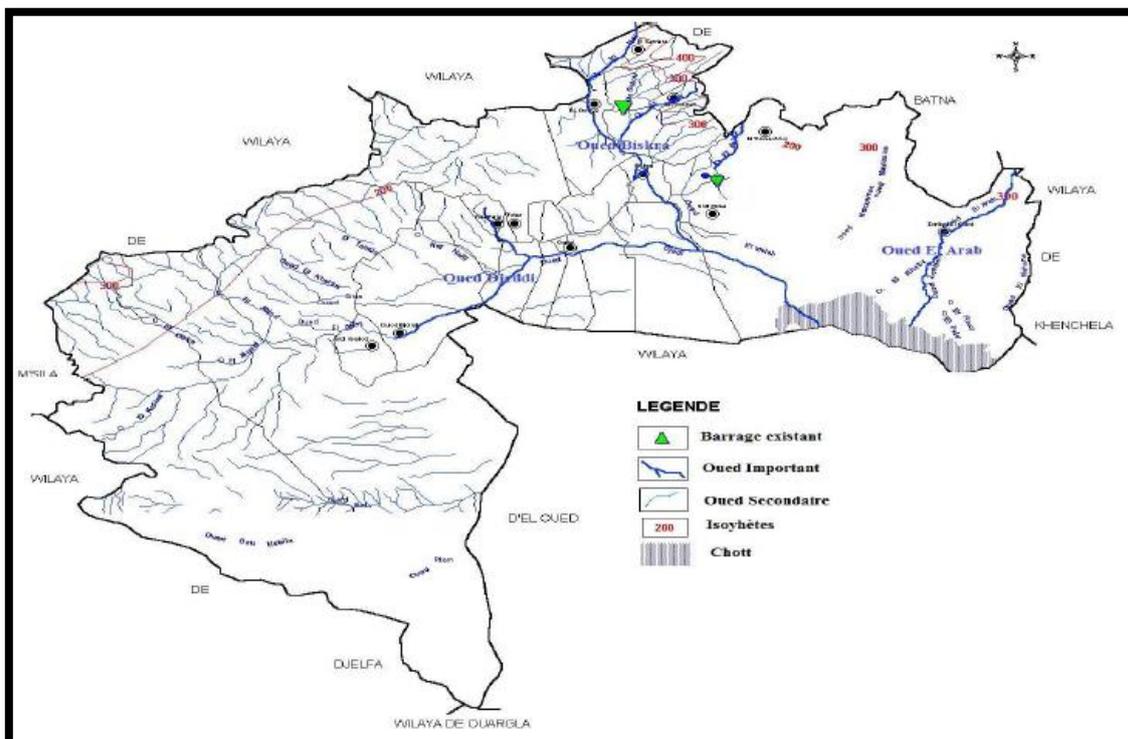


Fig.16 : Carte de réseau hydrographique de Biskra. [44]

## 7. Conclusion

L'analyse climatique effectuée a montré que la région de Biskra se caractérise par un climat de type aride à influence saharienne. La chaîne de l'Atlas Saharien formant une barrière aux influences méditerranéennes, par contre le caractère aride s'accroît par la proximité du grand désert algérien. Les régions montagneuses de l'Atlas Saharienne caractérisées par un hiver froid et un été relativement chaud, par contre les régions présahariennes sont caractérisées par un hiver modéré et un été chaud.

La pluviométrie annuelle est relativement faible et irrégulière sur l'ensemble de la wilaya, particulièrement le sud. En effet, la quantité annuelle de précipitations est généralement inférieure à **130 mm**, elle diminue du nord au sud autant que de l'Est à l'Ouest, générant des ruissèlements qui varient entre 5 et 30mm. Les périodes pluvieuses s'étalent entre septembre et avril présentant généralement une grande fluctuation spatiale et temporelle, les pluies sont souvent concentrées sur quelques jours ou quelques heures.

La quantité faible et irrégulière des précipitations recueillies sur la wilaya contribue souvent à la recharge des nappes souterraines, particulièrement les moins profondes, ainsi que le remplissage des barrages.

La température est l'un des facteurs qui caractérise le climat du bassin, elle est élevée dans l'ensemble du bassin, particulièrement durant la saison sèche estivale. Les températures sont élevées, **22,75°C** en moyenne annuelle pouvant atteindre **46,21°C** au mois de juillet et descendre à moins de **2°C** au mois de janvier et de ce fait les valeurs de l'évapotranspiration sont très importantes et dépassent largement la moyenne des précipitations.

L'évapotranspiration potentielle est de **1 485,48 mm** selon la formule de Thornthwaite, Alors que l'évapotranspiration réelle est de **123,6 mm** en dépassant légèrement les précipitations de la station de Biskra. Le bilan hydrologique de Thornthwaite fait ressortir un déficit pluviométrique annuel de l'ordre de **1 070,3 mm** pour la station de Biskra.

La wilaya de Biskra drainée vers la zone des chotts, par un réseau hydrographique relativement moins intense et simple, qui ne fonctionne pratiquement qu'en hivers ou pendant les épisodes pluvieux de quelques heures à quelques jours. Signalons que l'Oued Djedi constitue le collecteur naturel de tous les oueds de l'Atlas saharien dans la région de Biskra.

**Chapitre III:**

**APERÇU GÉOLOGIQUE ET  
GÉOPHYSIQUE**

## 1. Introduction

La région de Biskra a fait l'objet de plusieurs études géologiques, et géophysiques dont celle de R.Laffitte (1939), N.Gousskov (1964), Cornée(1989), G.Mauget (1967), C.G.G, E.NA.GEO, SONATRACH, ANRH et I.F.E.S qui constituent les références de base utilisées dans la synthèse géologique et géophysique du Sahara Algérien. Ces études, ont énormément contribué à la connaissance géologique et géophysique dans la région de Biskra.

Sur la base des études géologiques et géophysiques réalisées sur la région de Biskra, on va synthétiser dans ce volet les travaux réalisés sur la géologie et la géophysique de la région. L'analyse géologique et géophysique ci-dessous décrit les principales strates repérées sur cette région en allant du plus ancien vers le plus récent.

## 2. Géologie de Biskra

Du point de vue géologique, la région d'étude représente un pays de transition structurale et sédimentaire ; au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud, c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles, d'orientation est-ouest, appelées « accidents sud atlasiques ». La région de Biskra se caractérise par des terrains sédimentaires, allant de l'ère Mésozoïque à la base jusqu'au Quaternaire (Fig.17).

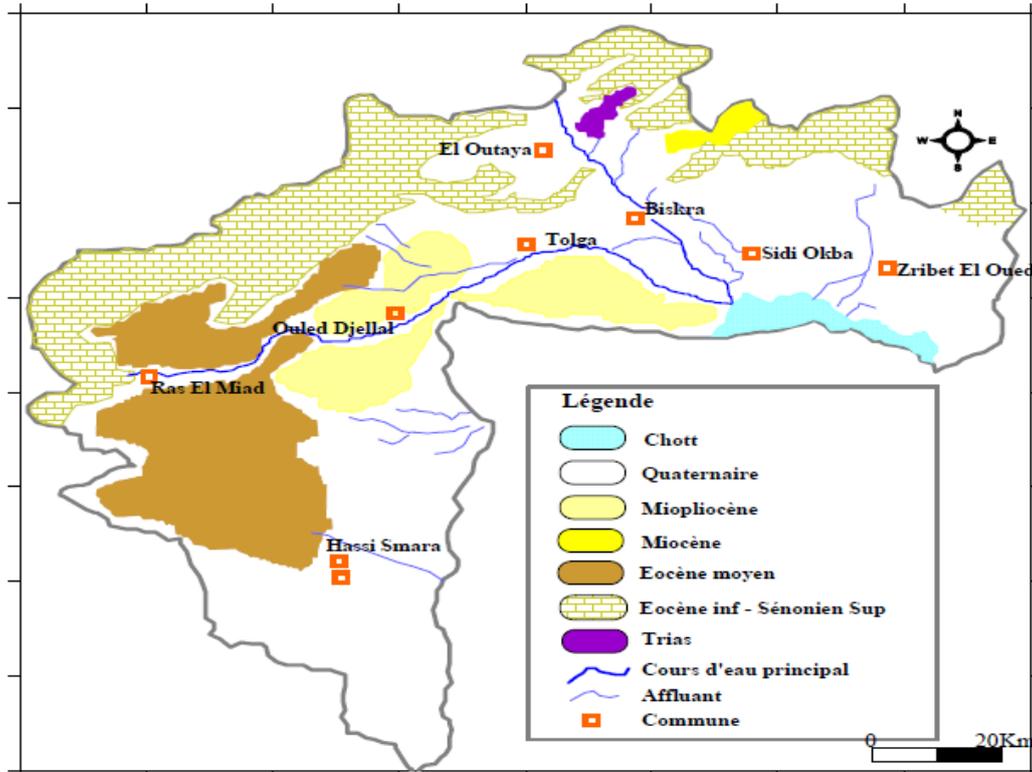


Fig.17 : Carte d'esquisse géologique de la wilaya de Biskra.

## 2.1. LE MÉSOZOÏQUE

Le Mésozoïque forme les principaux reliefs imposants dans toute la région d'étude comme dans l'ensemble de l'Atlas saharien. Il est, en grande partie, constitué de terrains crétacés où domine une sédimentation argilo-carbonatée.

### 2.1.1. LE TRIAS

Le Trias constitue les plus anciennes formations reconnues dans la région. Il se rencontre en position stratigraphique anormale ou éjectée au sein des séries encaissantes à la faveur des cassures. Il est formé d'argiles (bariolées ou violettes) gypsifères et salifères à cristaux d'aragonite, d'anhydrite, de quartz bipyramidé ou encore d'hématite dus à des transformations secondaires et englobantes des amas de roches diverses de l'ensemble de la couverture post-triasique. [12-18-29]

Il se manifeste en un grand dôme à El Outaya (Dj. El Melah) où il est associé à des lambeaux dolomitiques liasiques ou en petits affleurements d'argiles bariolées (fontaines des gazelles, Branis et Djemora) (Fig.18).

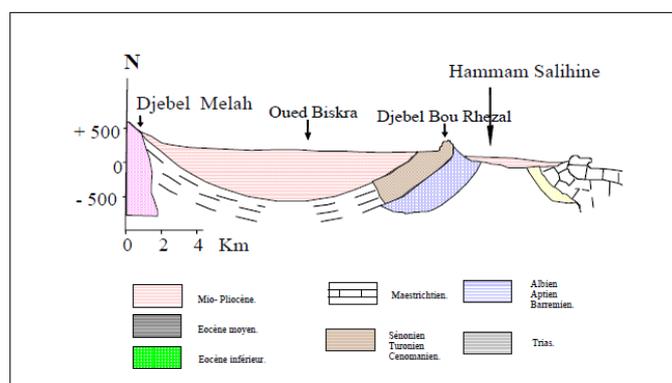


Fig.18 : Diapir de Sel d'El-Outaya d'après Cartes hydrogéologique ANRH 1980.

### 2.1.2. LE JURASSIQUE

Le Jurassique n'affleure pas dans le Sahara. Il est composé de sédiments marins et lagunaires. Le Jurassique supérieur est composé de grès, de calcaire et d'argiles ; le Jurassique moyen est lui composé de grès d'argiles et d'anhydrites ; le tout repose sur le jurassique inférieur composé de marnes dolomitiques, de sel et d'anhydrites.

### 2.1.3. LE CRÉTACÉ

Le Crétacé affleure dans l'Atlas saharien et sur les bords du Sahara. L'importance du Crétacé vient, premièrement, du fait de l'étendue des affleurements très importante et de la grande extension qui a permis le dépôt de séries sédimentaires sur une aire très étendue et qui sont le siège d'importants aquifères au Sahara.

Deux séries s'individualisent dans les formations crétacées : une série gréseuse basale du Crétacé inférieur (Berriasien - Albien) et une série marno-calcaire sommitale du Crétacé supérieur (Cénomaniens – Maestrichtien).

#### 2.1.3.1. Le Crétacé inférieur

Pendant le Crétacé inférieur, l'Atlas saharien oriental dans la région comprise entre le Hodna et les Aurés correspondait au prolongement septentrional de la plate-forme saharienne. Il était soumis alternativement à des influences marines et deltaïques.

**a. Le Barrémien**

Cette période est caractérisée par une régression maximum. Dans l'atlas saharien le Barrémien se compose essentiellement d'une mégaséquence argilo-gréseuse continentale et d'alternance de calcaires plus ou moins dolomitiques. Dans le Nord-Est de la plateforme saharienne, il est constitué par des grès rouges avec des intercalations argileuses. Cette couche affleure uniquement vers Chaïba.

**b. L'Aptien**

Dans l'Atlas saharien, l'Aptien, partout, se termine par une barre calcaro-dolomitique qui est un excellent repère morphologique et stratigraphique. Dans la plate-forme saharienne, l'Aptien présente un faciès lagunaire avec intercalations marines : argiles et marnes, anhydrites, calcaires dolomitiques et dolomies. Dans la région de Biskra, sa puissance est d'environ 60 m. Cette couche est visible seulement vers Chaïba.

**c. L'Albien**

Il est très difficile, au niveau de l'atlas saharien de le différencier de l'Aptien. Il affleure au niveau des anticlinaux de Chaïba et du djebel Bourhzel, à la limite nord du Bas Sahara. Dans l'atlas saharien, l'albien inférieur est argilo-gréseux (épaisseur 350 m) alors que l'Albien supérieur est calcaro-dolomitique (350 m). Au sud dans la plate-forme saharienne il est constitué en grande partie par des grès avec des intercalations d'argiles. l'Albien supérieur annonce la transgression marine qui va durer du Crétacé supérieur à l'Éocène.

**2.1.3.2. Le Crétacé supérieur**

Le crétacé supérieur forme l'essentiel des affleurements mésozoïques dans la région. Il est bien développé dans le massif de l'Aurès et ses régions limitrophes. Les dépôts du Crétacé supérieur correspondent à un cycle sédimentaire marin qui se caractérise par l'alternance des formations dolomitiques et calcaires avec des dépôts argilo-marneux contenant parfois du gypse ou de l'anhydrite.

**a. Le Cénomaniien**

Le Cénomaniien inférieur et moyen est principalement marneux ou marno-calcaire dans l'Atlas saharien avec présence des dépôts lagunaires (gypses et anhydrites), dont son épaisseur est très variable. Les forages d'Ouled Djellal et Sidi Khaled donnent des formations composées par des argiles dolomitiques grises à vert foncé avec des passées d'anhydrites massives, de dolomies brunes et de calcaires argileux gris ou clairs. À Ouled Djellal l'épaisseur est d'environ 300 m.

**b. Le Turonien :**

Au Turonien, le régime marin persiste dans le Bas Sahara et la mer présente le maximum d'extension. Au pied sud des Zibans, le Turonien est composé par des calcaires cristallins, calcaires marneux et des calcaires dolomitiques. Sa puissance varie entre 300 et 400 m. Il est très homogène de part et d'autre de la flexure sud atlasique.

**c. Le Sénonien :**

Il s'agit d'une sédimentation marno-calcaire à lumachelles. La série marneuse est souvent gypseuse. À Ouled djellal, le Sénonien inférieur est composé de calcaires gris ou blancs alternant régulièrement avec des marnes grisâtres parfois gypseuses. Sa puissance est de 300 à 400 m, alors que le Sénonien supérieur présente à la base une alternance de calcaires marneux avec des marnes et des dolomies (250 m) et au sommet une série à dominante carbonatée, composée de dolomies et de calcaires marneux à passées d'anhydrites blanches et

argiles (250 m). Dans l'Atlas saharien, le sénonien est très réduit, dans la partie orientale. On distingue dans cette région le Coniacien, le Santonien et le Campagnien qui sont marneux ou marno-calcaires et le Maestrichien qui est calcaire (Fig.19 et 20). [12-18-27]

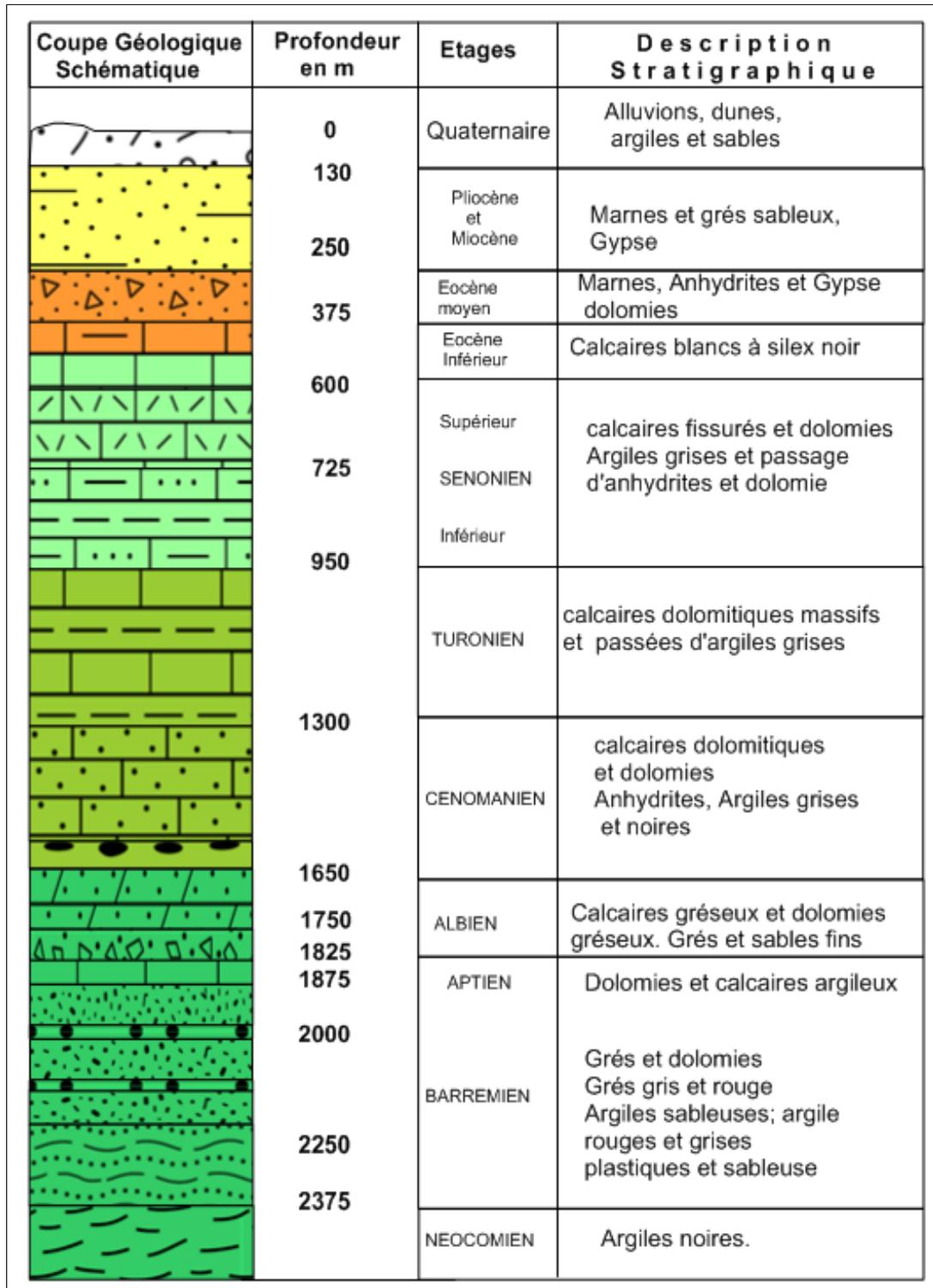


Fig.19 : Coupe lithostratigraphique de la région de Biskra (D.M.R.H 1980). [23]

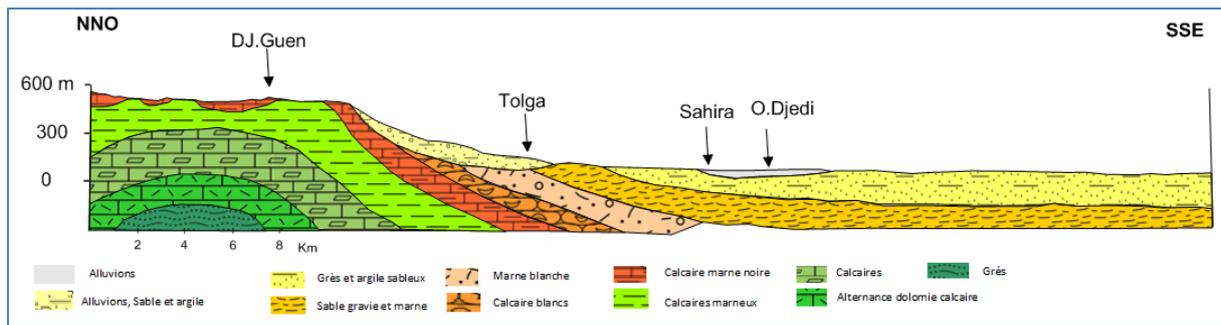


Fig.20 : Coupe géologique synthétique de la wilaya de Biskra.

## 2.2. LE TERTIAIRE :

### 2.2.1. L'Éocène :

Dans le Bas-Sahara, l'Éocène inférieur est composé d'une succession de bancs calcaires cristallins durs blancs ou gris, de calcaires crayeux, de dolomies argileuses et de marnes, quelques passées de gypses. À Ouled Djellal, la puissance de l'Éocène inférieur est estimée 200 m. L'Éocène moyen est composé d'une alternance d'argiles, de gypses, d'anhydrites et de calcaires dolomitiques. Cette série atteint les 160 m au forage d'Ouled Djellal. L'Éocène supérieur est composé de marnes argileuses et d'une alternance de passées gréseuses. L'Éocène inférieur affleure au nord de Tolga, sa puissance varie entre 150 et 200 mètres représentée par des calcaires blancs riches en silex noir [08-18].

### 2.2.2. Le Miocène

Il est le siège d'une très grande transgression. Ses formations sont transgressives sur tous les termes antérieurs et affleurent principalement au niveau des plaines et des piémonts.

R. Guiraud distingue quatre ensembles :

- **Le Miocène 1** présente souvent des faciès détritiques et continentaux : conglomérats, grès et argiles.
- **Le Miocène 2** est marqué par une transgression. Il débute par des conglomérats, des grès et argiles et se termine par des marnes. Dans la région d'El Outaya, la série est composée de marnes jaunes et verdâtres légèrement gypseuses avec des calcaires. Le Miocène 1 et 2 correspondent au Burdigalien.
- **Le Miocène 3** est représenté dans l'Atlas saharien par une épaisse série de marnes gypso-saline et des intercalations gréseuses.
- **Le Miocène 4** est essentiellement continental et lagunaire aux abords de l'Atlas saharien et des Aurès. Il s'agit d'une formation marno-gréseuse et gypses.

#### 2.2.2.1. Miocène Supérieur (Pontien)

Il affleure seulement dans la dépression (combe) de l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal. Il est représenté par des argiles et des marnes multicolores souvent très sableuses. C'est un dépôt continental détritique : argiles, sables, graviers et marnes

### 2.2.3. Le Pliocène

Dans la région d'El Outaya, il est composé de poudingues, de grès et de conglomérats à ciment marno-gréseux. Au pied des monts du Zab, le Mio-Pliocène est composé de poudingues, bancs de grès et argiles sableuses, passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine. Au sommet, une croûte calcaréo-gypseuse de quelques mètres d'épaisseur dite « croûte saharienne » recouvre les anciennes formations.

## 2.3. LE QUATERNAIRE

### 2.3.1. Les Terrasses anciennes

Cette terrasse est bien développée dans la partie Est de la région, vers l'Oued Biskra. Aux environs des régions montagneuses, elle est principalement formée de poudings remplacés progressivement par un dépôt sableux et argileux vers le sud de Biskra.

### 2.3.2. Le Quaternaire Moyen

Il se présente sous forme de Croûte dite « deb- deb » dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. C'est une formation calcaire- gypseuse atteignant jusqu'à deux mètres d'épaisseur, elle occupe les contours des montagnes qui présentent des flancs calcaires (Tolga, Bouchagroun, Lichana, Ain Ben Noui), des travertins de sources anciennes qui datent aux environs des sources Oumach, Mlili et Megloub. Les sources actuelles sondent 4 à 5m au-dessous des anciens dépôts travertineux. Des alluvions sablonneuses et argileuses dans toutes les grandes plaines sur la rive gauche de l'Oued Djeddi.

### 2.3.3. Le Quaternaire actuel

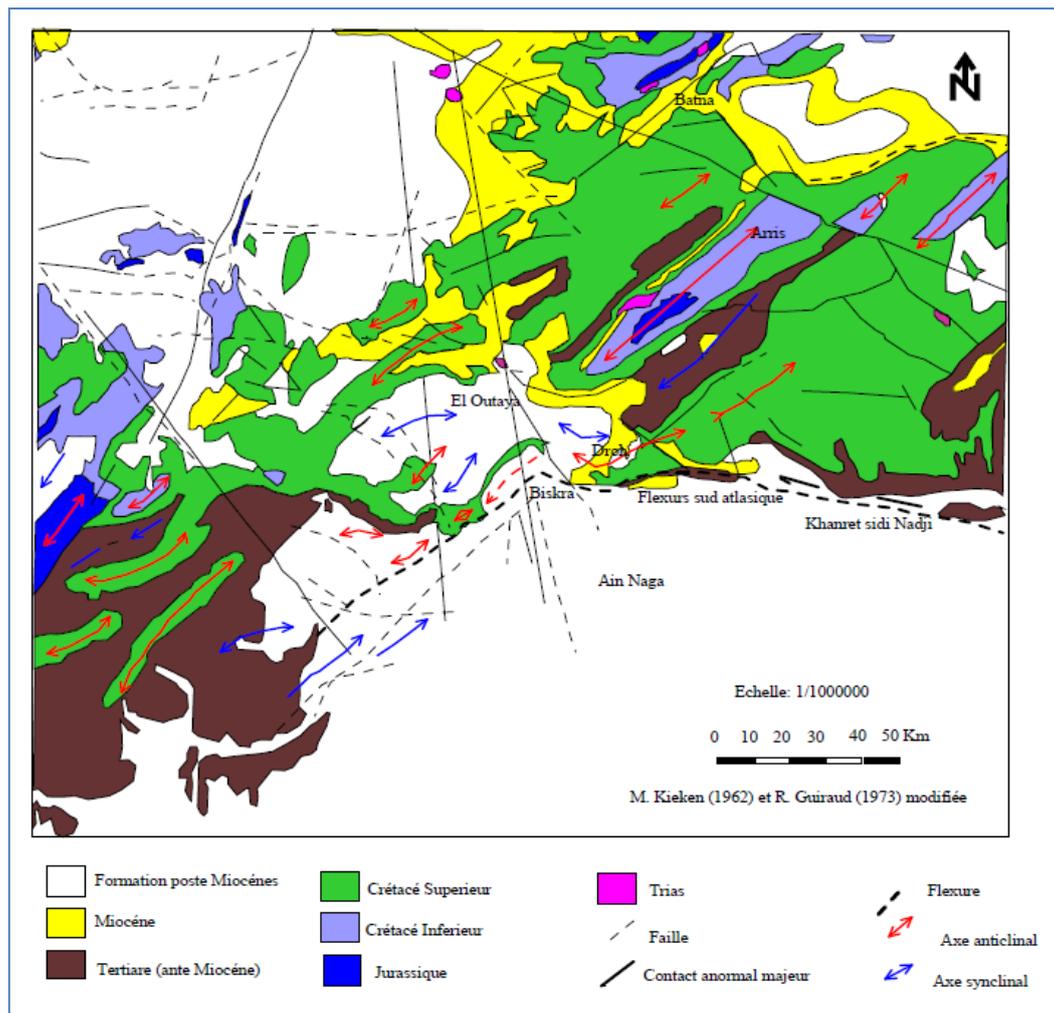
Ce sont principalement des éboulis et les cailloutis aux pieds des montagnes et sur les pentes, des dunes constamment en mouvement et des alluvions sableuses et caillouteuses dans les lits actuels des oueds.

## 3. 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 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 (Fig.21).

Il ressort que la structure de la région de Biskra, comme celle du domaine atlasique, résulte de l'action conjuguée de plusieurs tectoniques de style et d'extension variables dont la tectogenèse majeure se situe durant l'Éocène moyen (phase atlasique) ; Elle a engendré de vastes plis (concentrique orientés entre N 40 et N 60° E) et de nombreux accidents à la faveur desquels des pointements triasiques ont vu le jour et qui ont été suivis d'une autre phase de rajeunissement des reliefs à l'Oligocène. La phase du Quaternaire basal n'a sérieusement affecté que les régions méridionales particulièrement la chaîne de Rhélliss. Les accidents montrent des directions très variées et leur répartition n'est pas homogène dans l'ensemble du domaine atlasique ; seule la région M'Doukal-Biskra est affectée par toute la gamme des accidents qu'on peut rencontrer dans ce domaine. [8-11-18-29]



**Fig.21** : Esquisse tectonique extraite de la carte structurale (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973). [29].

#### 4. Géophysique de la région de Biskra

Plusieurs organismes ont travaillé sur la géophysique de Biskra notamment : C.G.G, E.NA.GEO, I.F.E.S (Icosium forage engineering service) et l'ANRH dont l'objectif est de :

- Délimiter les zones susceptibles de présenter un intérêt aquifère d'eau ou un gisement pétrolier.
- Déterminer les meilleurs emplacements pour l'implantation des ouvrages de captage (forages) destinés à l'alimentation en eau des populations et à l'irrigation.

Dans cette partie de géophysique on va récapituler les travaux de la dernière étude géophysique réalisée par l'ANRH en 2005, qui vise la nappe des Moi-plio-quadernaire et la nappe des calcaires.



#### 4.1.1. Carte d'égal épaisseur des sables

L'examen de cette carte révèle la présence des faibles épaisseurs des sables au niveau de la partie Sud-ouest, par contre les épaisseurs les plus importantes se situent dans la partie Est de Biskra. Nous notons une baisse des épaisseurs d'Est en Ouest. [44]

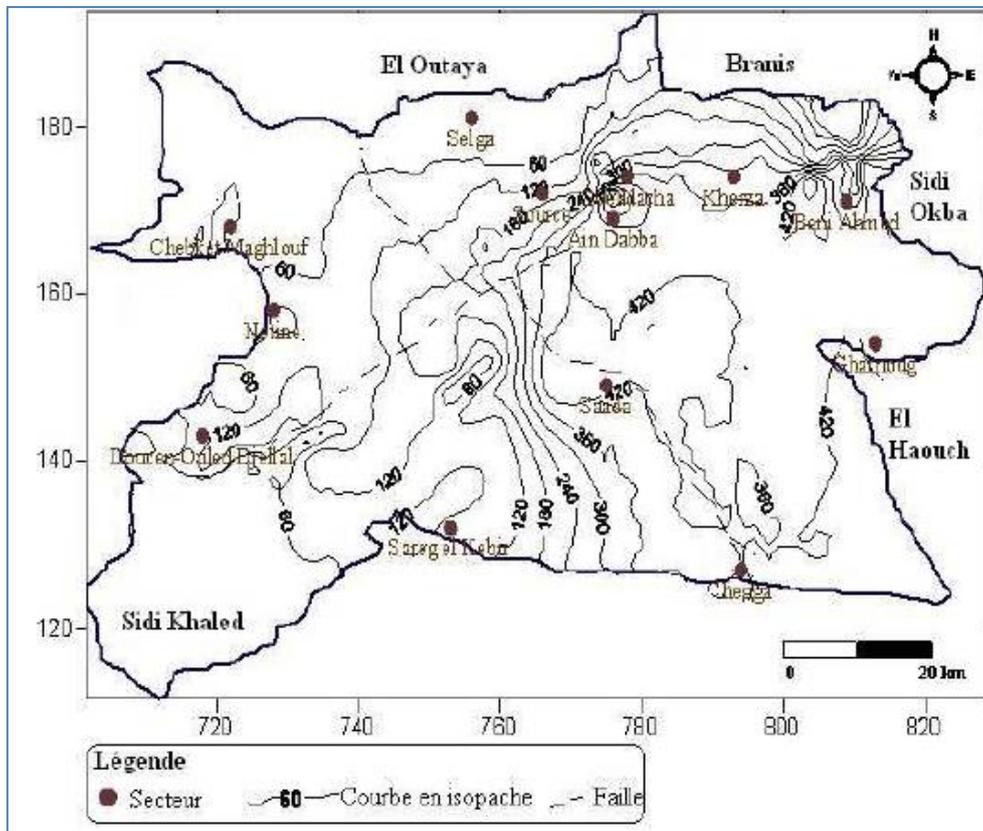


Fig.23 : Carte en isopaches de la nappe des sables du Miopliocène. [44].

#### 4.1.2. Carte d'égal épaisseur des calcaires

Les épaisseurs les plus importantes se situent au Sud-Ouest de la région Biskra. En comparant la présente carte à la précédente, on remarque que les épaisseurs sont moins importantes, le maximum est de 220 m. Au niveau des autres zones les épaisseurs sont moins importantes, mais la nappe peut receler des ressources non négligeables.

On conclut, la zone centrale et Sud Est demeurée favorable pour la nappe des sables, car l'aquifère est bien représenté du point de vue extension et épaisseur. Par contre la zone Ouest et Sud-Ouest est représentative pour la nappe des calcaires. La répartition des nappes déterminées à partir de l'étude géophysique montre que la présence de ces dernières suit la flexure sud atlasique et les forages réalisés dans la plaine confirment les constatations qui ont été faites. [44-47].

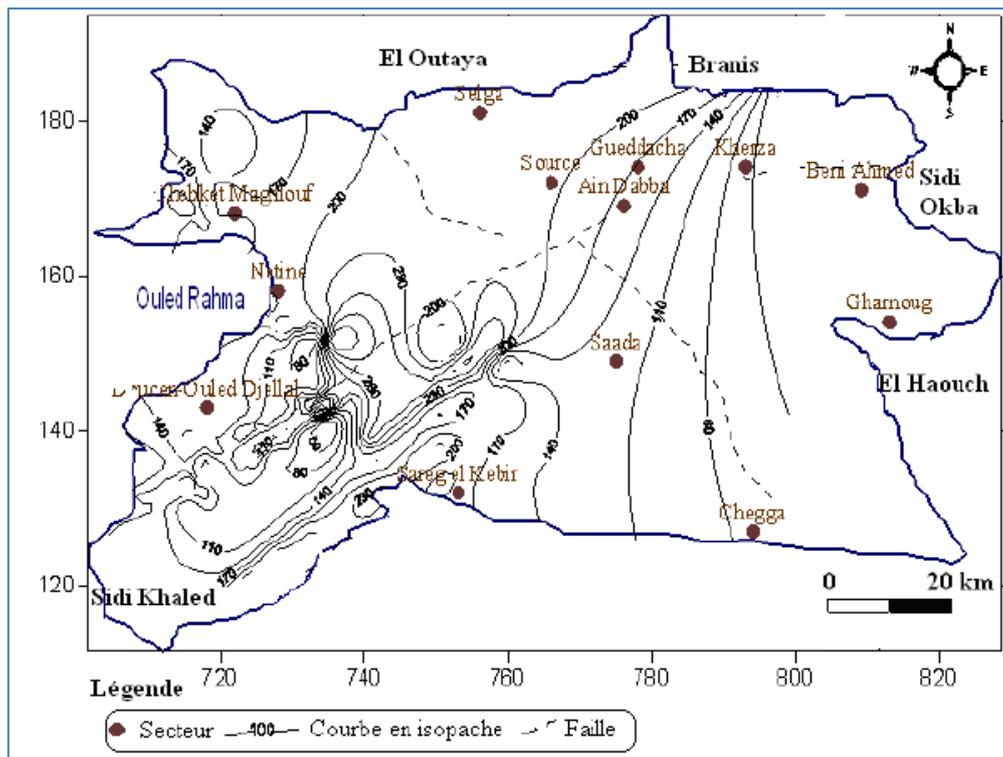


Fig.24 : Carte en isopaches des calcaires éocène – sénonien. [44].

## 5. Conclusion

Située dans une région fortement tectonisée, représentant la zone de transition structurale et sédimentaire entre deux domaines distincts : l'Atlas saharien, surélevé au Nord et le Sahara, pays effondré au Sud. La région de Biskra occupe un vaste synclinal, affecté par un ensemble de plis et de failles ainsi qu'une succession de petits synclinaux et anticlinaux.

L'ensemble de la litho stratigraphie de cette plaine est constitué par les terrains crétacés formés de grès, marnes, calcaires et argiles. Le turonien est composé essentiellement par des séries des calcaires. L'Eocène et le sénonien sont représentés par des calcaires fissurés, marnes, argiles et gypses, et les formations Mio-pliocène sont bien développées et constituées de grès, sables et des marnes, au sommet. Le Quaternaire est formé par des alluvions, travertins de sources et des éboulis de pentes et de piémonts.

La combinaison de l'outil géologique et la géophysique, a permis de déterminer la lithologie, la géométrie de quatre ensembles hydrogéologiques importants post jurassique dans la région de Biskra.

Sur le plan tectonique l'accident sud atlasique subdivise la région en deux domaines : le domaine atlasique ayant subi plusieurs phases tectoniques et le domaine plate-forme saharienne au sud qui est tectoniquement calme. Cet accident sud atlasique déforme légèrement la continuité lithologique et favorise l'intercommunication entre les formations aquifères particulièrement dans la partie nord.

**Chapitre IV:**

**APERÇU HYDROGÉOLOGIQUE**

### 1. Introduction

Ce volet de l'étude a pour objectif de recenser les ressources en eau souterraines de la région de Biskra. Elles sont contenues dans des aquifères à différentes profondeurs : les nappes superficielles, alimentées généralement par les eaux des oueds, les précipitations et les eaux d'irrigation, captées à une dizaine de mètres entre 20 et 120 m. les nappes de complexe terminale, à moyennes profondeurs de 100 à 900 m se situent dans les zones centrales tandis que la plus profonde nappe au sud, captée à plus de 2000 mètres s'appelant le continental intercalaire.

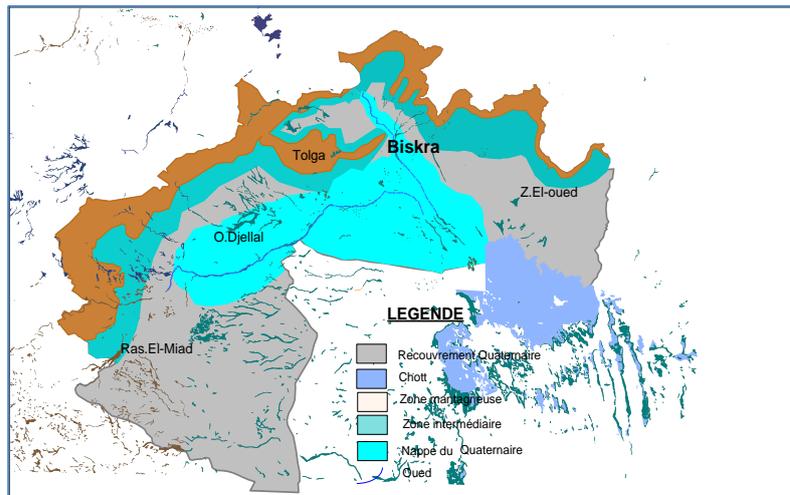
La région de Biskra présente plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de par leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères appartiennent aux étages suivants :

- Le Mio-Plio-Quaternaire (représenté par la nappe des sables et la nappe superficielle du Quaternaire).
- Nappe des calcaires.
- Nappe du turonien
- L'albien et le Barrémien (nappe du continental intercalaire)

### 2. La nappe du Quaternaire

Cette formation du quaternaire est représentée essentiellement par la nappe phréatique de l'Oued Djeddi et de l'oued Biskra, qui représente la ressource la plus importante pour l'irrigation des palmeraies de Sidi Khaled et Ouled Djellal (Fig.25). Et également une grande partie de l'Alimentation en Eau potable de la ville de Biskra. La profondeur de cette nappe varie entre 20 et 90 m avec un débit moyen de 15 l/s et une qualité d'eau mauvaise à moyenne et bonne au Sud de Lioua.

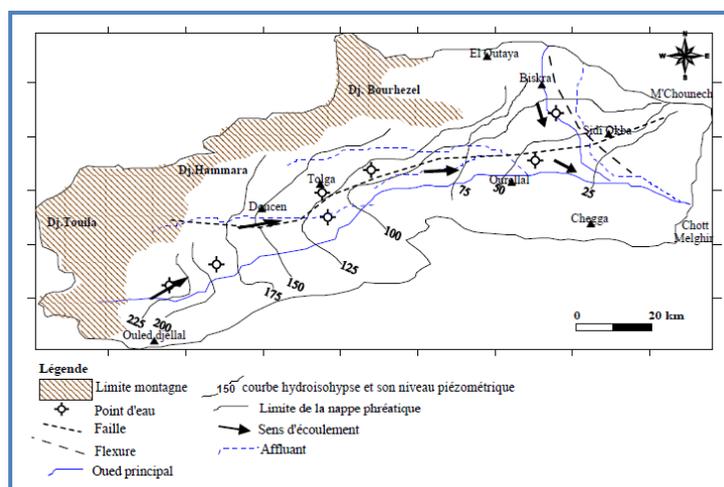
L'alimentation de ces formations alluvionnaires est assurée par les précipitations atmosphériques, l'infiltration des eaux des oueds en période de crue et par les eaux d'irrigation. Signalons que l'infiltration par les précipitations atmosphériques se développe surtout dans la partie nord de Biskra où le bilan hydrique est légèrement excédentaire.



**Fig.25** : Carte de la nappe du quaternaire d'après ANRH 2009.

Selon la carte piézométrique ('ANRH 1980), montre les directions de l'écoulement dans l'aquifère (Fig.26). Le sens d'écoulement de cet aquifère suit le parcours des oueds notamment oued Biskra et oued Djeddi. Les deux oueds ainsi que le sens d'écoulement de la nappe convergent vers la zone de Chott Melghir sud Est de la wilaya de Biskra. [23-44]

Il faut signaler que l'écoulement des eaux souterraines présente une certaine convergence.



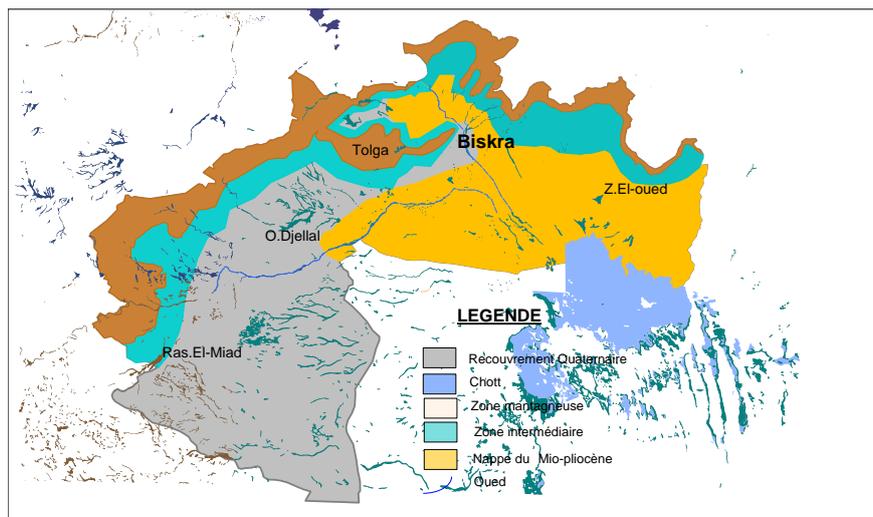
**Fig.26** : Carte piézométrique de la nappe du quaternaire de Biskra (ANRH, 1980). [44].

### 3. La nappe des sables du Mio-Pliocène

Cette nappe qui couvre une grande superficie de la wilaya, elle est fortement exploitée dans la partie Est. Du point de vue hydrodynamique, cette nappe présente un système très hétérogène, car elle est constituée par des couches de diverses perméabilités. L'épaisseur de

l'aquifère des sables varie entre 80m et 140m tandis que la profondeur de cette nappe varie de

100 à 300 m, avec un débit moyen de 15 l/s. Elle est constituée par une alternance de niveaux d'argile, sable et cailloutis d'âge du Mio-Pliocène (Fig.27). 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 principal de la nappe des sables est vers la zone du chott Melghir. [04-06-09-31]



**Fig.27** : carte de la nappe du Mio-Pliocène d'après ANRH 2009.

La carte piézométrique établit par l'ABHS, 2012 indique l'écoulement souterrain. Dans le sens Nord Ouest- Sud Est vers la zone des chotts (Fig.28). Oued Biskra et Oued Djeddi sont les principales zones d'alimentation de la nappe.

La cote piézométrique la plus haute est de 180 mètres au nord Est et elle atteint moins de 40 mètres 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.

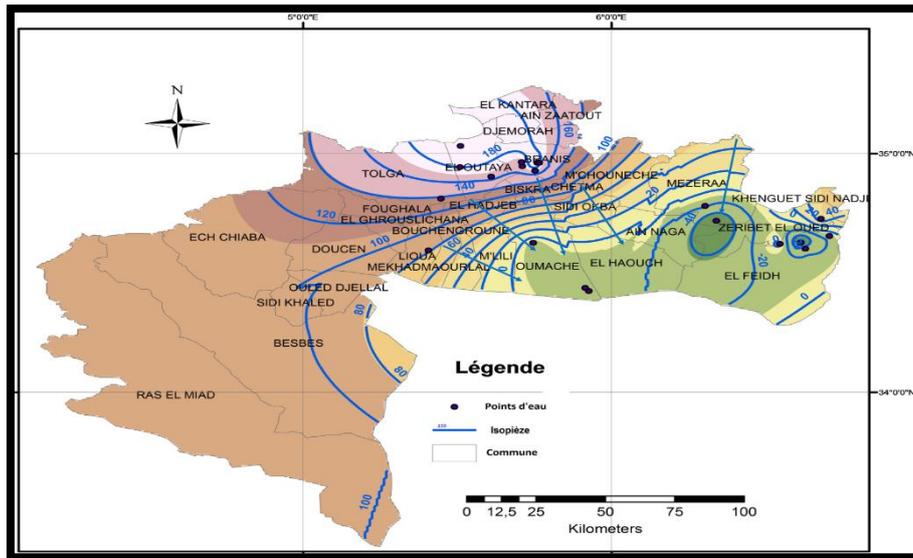


Fig.28 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Pliocène (ABHS, 2012).

#### 4. La Nappe des calcaires

Cette nappe englobe plusieurs niveaux aquifères de calcaire de l'éocène moyen au sénonien supérieur. La profondeur varie de dizaine de mètre à plusieurs centaines de mètre. Elle est localisée en grande partie dans la région de Biskra. Elle est plus exploitée à l'Ouest qu'à l'Est de Biskra à cause des faibles profondeurs relatives de captage (Fig.29). A l'Ouest, la profondeur varie de 30 à plus que 200 m alors qu'à l'Est, la profondeur dépasse les 400 m. Cette nappe recèle d'importantes réserves qui sont liées d'une part aux faciès et à l'état de fissuration de la roche, et d'autre part à sa recharge souterraine à partir de l'Atlas saharien. Son toit est constitué par des formations argilo-sableuses du Mio-pliocène au nord et des marnes à gypses de l'Eocène moyen au Sud contribuant à sa mise en charge. [09-17-23-26]

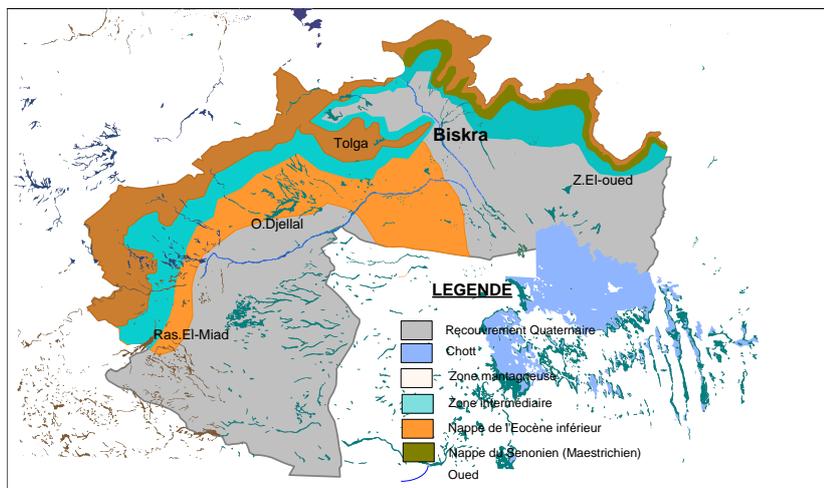


Fig.29: carte de la nappe des calcaires d'après ANRH 2009.

#### 4.1. Nappe de l'éocène

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés d'âge Eocène inférieur. Elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, où elle 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. [06-09-13]

#### 4.2. Nappe de Sénonien

Il s'agit d'une sédimentation marno-calcaire à lumachelles. La série marneuse est souvent gypseuse. A Ouled djellal, le Sénonien inférieur est composé de calcaires gris ou blancs alternant régulièrement avec des marnes grisâtres parfois gypseuses.

Selon la carte piézométrique (2012) de la nappe des calcaires, cet aquifère est alimenté à partir de la zone montagneuse située au nord de l'axe Tolga-Oued Djellal (Fig.30). 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 et des forages en exploitation dans cette zone. L'intense exploitation dans la zone de Tolga a provoqué l'infléchissement des courbes isopièzes, mettant en évidence une exploitation intense de la nappe.

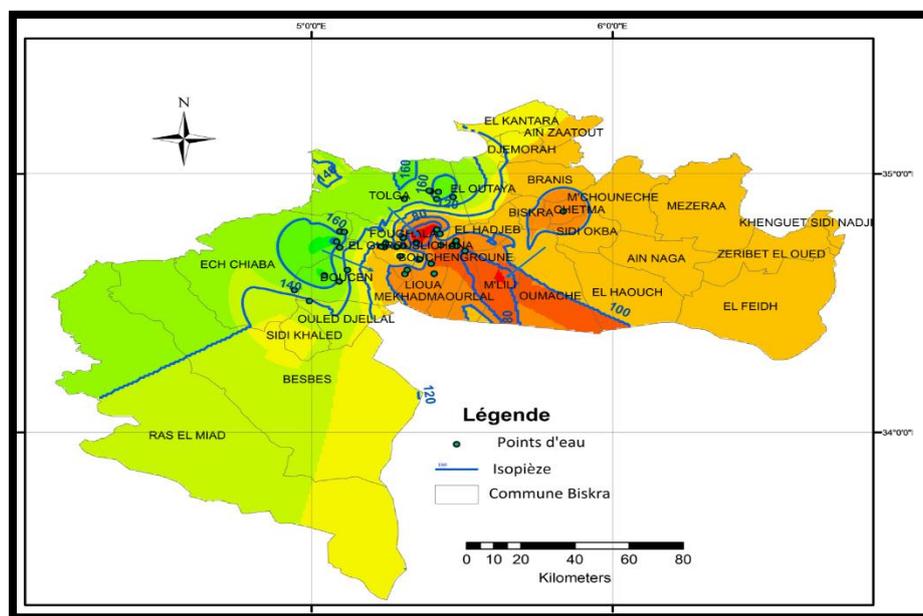


Fig.30 : Carte piézométrique de la nappe des calcaires (ABHS, 2012).

## 5. La nappe des calcaires du Turonien (CT)

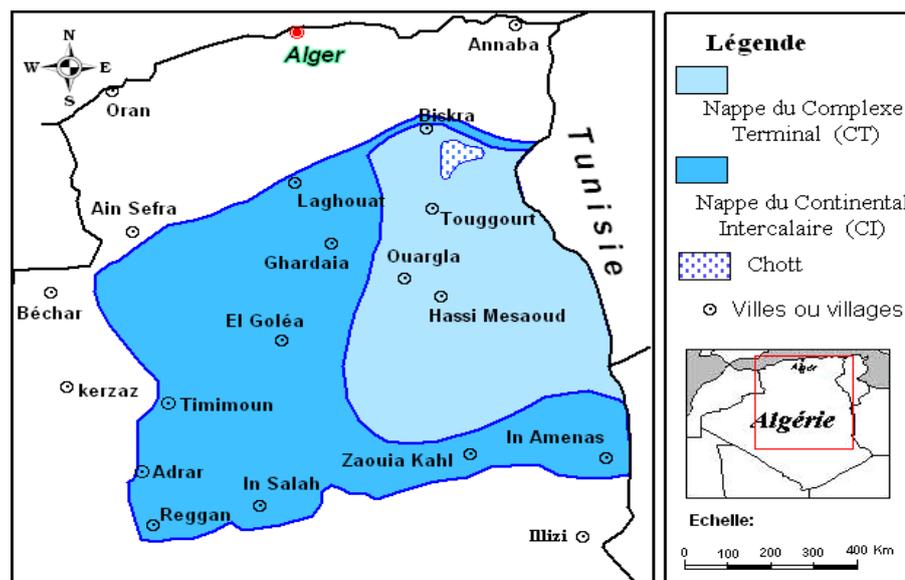
Cette nappe est constituée essentiellement des calcaires cristallins, calcaires marneux et des calcaires dolomitiques d'âge Turonien, elle est très homogène de part et d'autre de la flexure sud atlasique. Elle est située au Nord de la wilaya de Biskra d'une profondeur comprise entre 900 et 1200m. D'une bonne qualité chimique d'eau, cet aquifère est très faiblement exploité.

## 6. La nappe du Continental Intercalaire (CI)

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie algérienne du continental intercalaire couvre 600 000 Km<sup>2</sup> (**Fig. 31**). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m<sup>3</sup> environ. [26].

Située à plus de 2100 m de profondeur dans la région de Biskra, cette nappe est plus connue sous la dénomination d' « Albien », nom de l'étage géologique qui renferme la couche aquifère supérieure du « Continental Intercalaire », qui est la plus exploitée. Le terme de continental intercalaire, par contre, désigne l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara, entre deux cycles marins.

Cette nappe s'est chargée au cours des périodes pluviales du Quaternaire. Actuellement, elle reçoit une très faible recharge, surtout à partir du piémont de l'Atlas saharien : à travers la quantité d'eau tombent annuellement sur les affleurements du crétacé inférieur.



**Fig.31** : Carte des ressources en eau souterraine (Continental Intercalaire et Complexe Terminal). [26-45]

A Biskra l'albien C'est un réservoir très important constitué essentiellement de Grès et de marnes d'âge Albien et Barrémien. Son exploitation est devenue très coûteuse en raison de sa profondeur qui dépasse les 2000m. La température de l'eau peut dépasser les 60° C. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages. Cette nappe est connue également dans la wilaya par des sources hydrothermales qui sont : la source de Hammam Essalhines dans la commune de Biskra et celle de Sidi El Hadj dans la commune d'El-Outaya. [20-23-26-38]

## 7. Nombre de points d'eau

La demande en eau accroit d'une manière exponentielle, particulièrement l'eau agricole ce qui exerce une pression énorme sur les nappes sollicitées à l'exploitation. Cette situation provoqué le fonçage de plus de 15 000 points d'eau à travers la wilaya de Biskra. La gestion des ressources souterraine devient un sérieux problème notamment avec l'augmentation de demande de forage d'une part et le rabattement des nappes d'autre part. Avec au taux de recharge des aquifères relativement faibles, les dernières estimations de prélèvements des eaux souterraines proches de 1.4 milliard de m<sup>3</sup> ce qui présente un grand risque d'asséché les nappes dans le proche futur. [03]

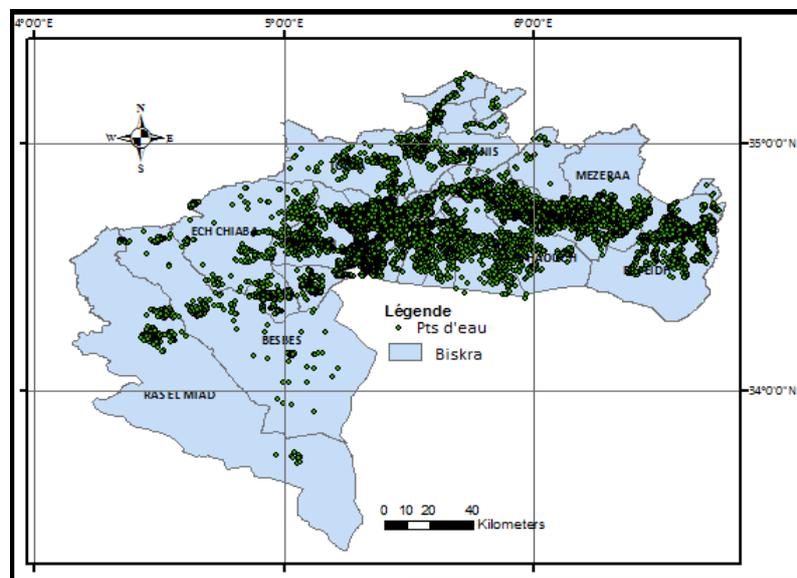


Fig.32 : carte d'implantation des points d'eau de la wilaya de Biskra (inventaire ABHS 2015).

## 8. Conclusion

La région de Biskra englobe plusieurs niveaux aquifères dans différentes formations avec des conditions hydrodynamiques et hydrogéologiques distincts. 88 % de ces ressources sont exploiter à l'irrigation particulièrement la nappe de mio-plio-quaternaire et la nappe des calcaires. La nappe albienne profonde et non renouvelable est exploitée par 19 forages à la wilaya de Biskra.

La nappe de mio-plio-quaternaire est trop sollicitée par les agriculteurs de la région Est de Biskra, essentiellement elle formée par des formations continentale et détritique se forme des alluvions a la surface et de l'alternance d'argile et de sable en profondeur.

La nappe des calcaires à l'ouest de Biskra est fortement exploitée par les cultivateurs des palmiers dattiers, constitué par une formation marine et carbonatée d'âge Sénonien-Eocène, elle est actuellement encore jaillissante dans certaine région, mais de faible débit, à cause de la surexploitation, dans d'autres régions le jaillissement a disparu, mais la nappe reste captive. Alimenté à partir de la zone montagneuse des calcaires, située au nord de l'axe Tolga-Oueled Djellal. Les écoulements souterrains convergent vers la zone de forte exploitation sur l'axe de Tolga. Un rabattement important de la nappe s'accroît pendant les mois d'été.

Le Continental intercalaire (CI) est constitué par des sédiments déposés entre le Trias à l'Albien et représentés par une alternance des couches grésos-sableux et argileuses où les niveaux perméables sont prédominants. A Biskra, la nappe est captive, artésienne, située à plus de 2100m de profondeur et la température de l'eau est autour de 60°C.

La remontée de la nappe phréatique, salinisation de sol, le rabattement des nappes et la dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines sont parmi les conséquences générés par l'augmentation de nombre des forages d'eau et qui va accentue dans le futur avec d'autres problèmes environnementaux plus compliqués.

**Chapitre V:**

**APERÇU HYDROCHIMIQUE**

## 1. Introduction

Les nappes d'eau souterraine sont formées par la percolation de l'eau de pluie et de ruissellement à travers les sols et les roches. Le processus d'infiltration est plus ou moins rapide selon les caractéristiques du sous-sol et la nature des roches, mais au cours de ce transfert, qui peut durer de quelques jours à plusieurs dizaines d'années, l'eau acide dissout les roches et se charge de quelques-uns de ses éléments chimiques les plus solubles. Ainsi, l'eau des nappes supposée être de très bonne qualité après le filtre naturel du sous-sol ne l'est pas toujours.

La qualité naturelle des eaux souterraines est donc naturellement influencée par la nature géochimique du terrain traversé. La composition chimique des eaux souterraines est en relation étroite avec la composition minéralogique des terrains qui les abritent, mais aussi avec les échanges que les nappes ont avec les eaux de surface.

L'objectif principal de ce chapitre, est l'étude hydrochimique des eaux de la région de Biskra, à savoir : l'identification des faciès chimiques des eaux, leur qualité de portabilité, le suivis de l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et la détermination de leurs origines géologiques. Dans cette partie nous allons interpréter les données des analyses physicochimiques des différents aquifères de la région d'étude réalisée en 2014 par ANRH.

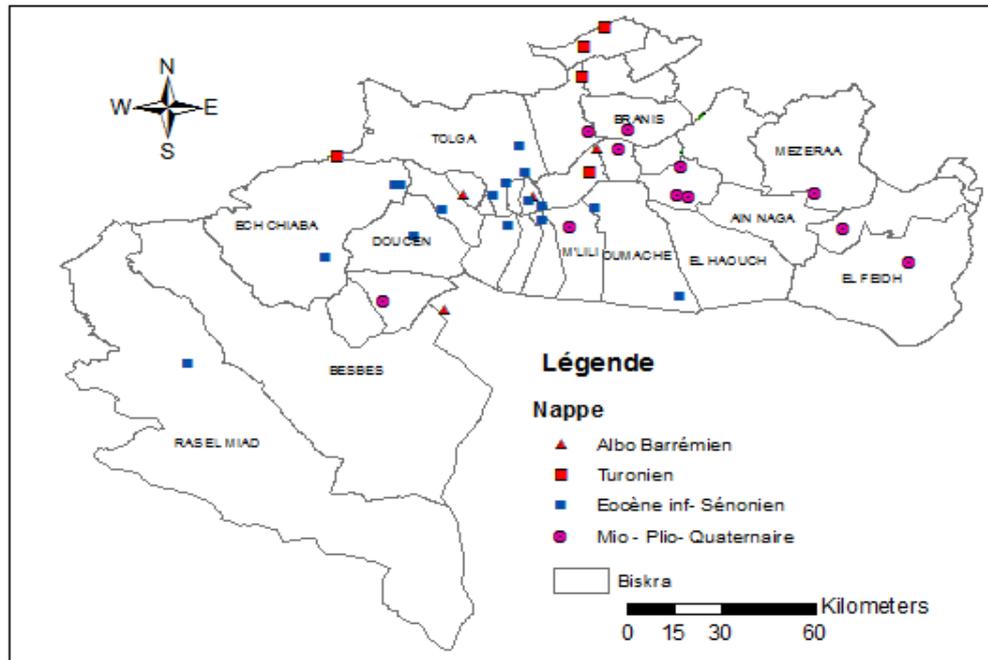
## 2. Inventaire des points d'eau

### 2.1. Prélèvement

36 échantillons ont été prélevés en 2014 par l'ANRH en touchant nombreuses formations géologiques qui contiennent des eaux souterraines, notamment : Albo Barrémien, Turonien, Eocène inf- Sénonien et Mio-Plio-Quaternaire (Tab.08 et Fig.33). Ces échantillons ont été analysés au laboratoire de l'ANRH de Ouargla, où il a été tenu compte des paramètres physicochimiques suivants ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Conductivité, minéralisation et pH). Répartis comme suit :

**Tab.08** : nombre des échantillons prélevés pour chaque nappe.

Aquifère	Nombre des échantillons
Albo Barrémien (sable et gravier)	4
Turonien (calcaire)	5
Eocène inf- Sénonien (calcaire)	16
Mio - Plio- Quaternaire (sable et gravier)	11



**Fig.33** : Carte d'inventaire des points prélevés et analysés selon la nappe captée.

### 3. Balance ionique

Avant de traiter et d'interpréter les analyses des eaux prélevées au niveau des différents points, il faut analyser la fiabilité des résultats de ces analyses. La méthode utilisée est la Balance Ionique (BI).

Elle est exprimée sous forme d'un écart relatif par la formule :

$$BI = \frac{\sum \text{Cations} - \sum \text{Anions}}{\sum \text{Cations} + \sum \text{Anions}} \times 100$$

Les calculs de la BI ont concerné les eaux provenant de plusieurs sites de la région de Biskra. Au total, 38 analyses ont été traitées par le logiciel DIAGRAMME, les résultats obtenus sont exprimés comme ci-dessous.

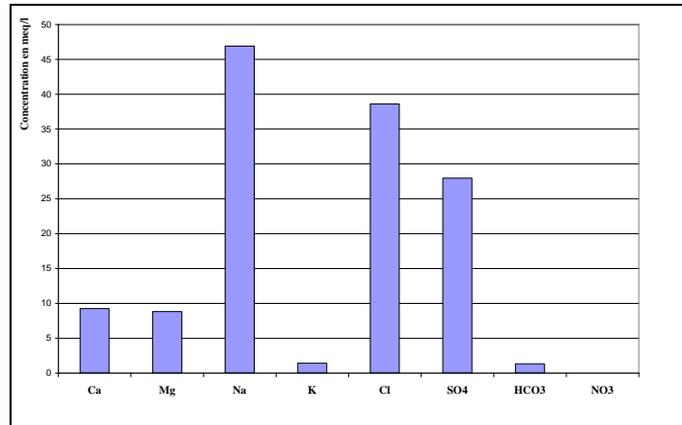
- 100% des analyses sont fiable et bonnes où la balance est inférieure à 5 (BI<5).

### 4. Analyse statistique

Comme une étape préliminaire à l'étude hydrochimique, une analyse statistique simple montre les éléments les plus dominants à travers l'élaboration d'un histogramme.

La conception d'histogrammes des concentrations est basée sur les analyses des éléments chimiques majeurs en meq/l. les moyennes arithmétiques de chaque élément sont calculées, ensuite représentées sous forme d'histogramme.

#### 4.1. La nappe d'Albo Barrémien

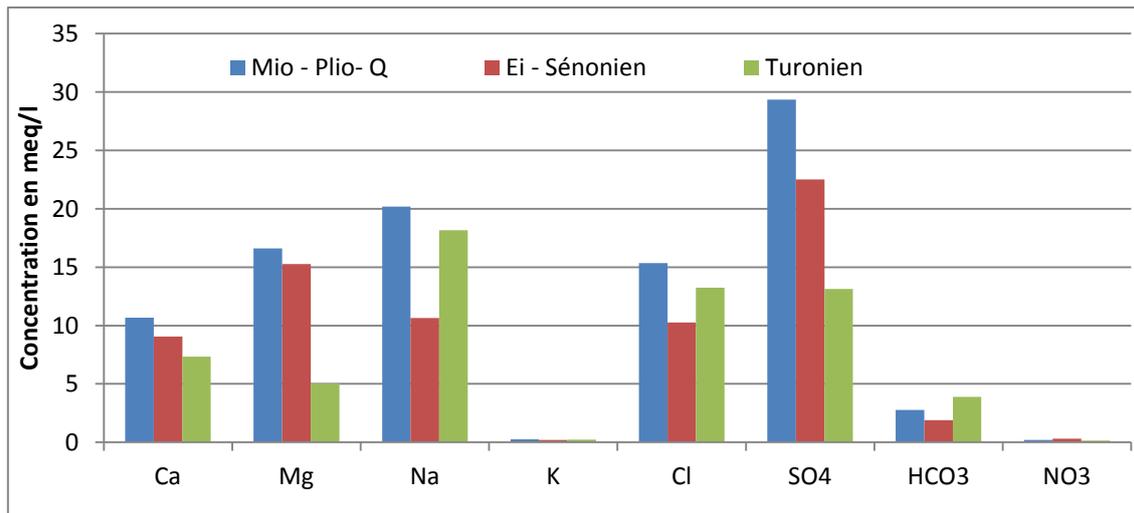


**Fig.34** : Concentrations moyennes des éléments chimiques majeurs (Albo Barrémien).

L'histogramme ci-dessus (Fig.34) montre que : le sodium, le chlore et les sulfates sont les éléments dominants pour la nappe de l' Albo Barrémien, par contre les autres éléments sont moins importants.

#### 4.2. Les nappes de calcaire et le Mio-plio-quaternaire

L'histogramme suivant réalisé selon les données d'analyse chimique en milliéquivalent par litre pour les trois nappes : Mio-plio-quaternaire, Eo-sénonien et le Turonien montre d'une manière générale, que pour les trois nappes, des concentrations élevées des sulfates, des chlorures, du sodium et du magnésium (Fig.35). Les concentrations du calcium sont moins élevées par rapport aux éléments précédents. Les bicarbonates sont faiblement représentés pour les trois nappes, tandis que les nitrates et le potassium sont presque invisibles sur l'histogramme. [28-30]



**Fig.35** : Concentrations moyennes des éléments chimiques majeurs pour les trois nappes.

## 5. Faciès chimiques dans la région

Les faciès chimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition des eaux naturelles. La nécessité d'une comparaison aisée voire une classification des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques. Dans notre étude, seules deux représentations graphiques qui seront utilisées : le diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff et le diagramme de Piper pour chaque nappe.

### 5.1. Diagramme de Piper

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Dans notre cas les résultats pour les quatre nappes sont les suivants :

- Le faciès de la nappe d'Albo-barrémien est chlorurées sodique secondairement sulfatée sodique (Fig.36).
- La nappe du turonien présente deux faciès : le premier est chloruré sulfaté calcique magnésien et le second est chloruré sodique (Fig.37)
- La majeure partie des échantillons de la nappe d'Eo-Sénonien caractérisé par la dominance du faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, par contre le faciès chlorurés sodique est faiblement représenté (Fig.38).
- Au niveau de la nappe de Mio-plio-quaternaire, la présence de deux familles d'eau, la première caractérise, les eaux chlorurées sulfatées magnésiennes calciques et la seconde indiquant la présence d'eau sulfatée sodique ou chlorurée sodique (Fig.39).

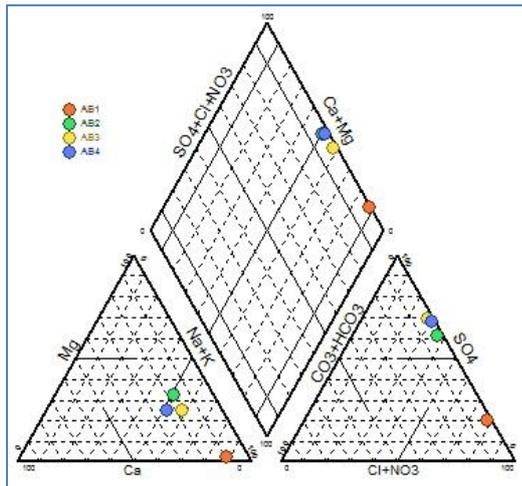


Fig.36: Diagramme de Piper de l'albo barrémien

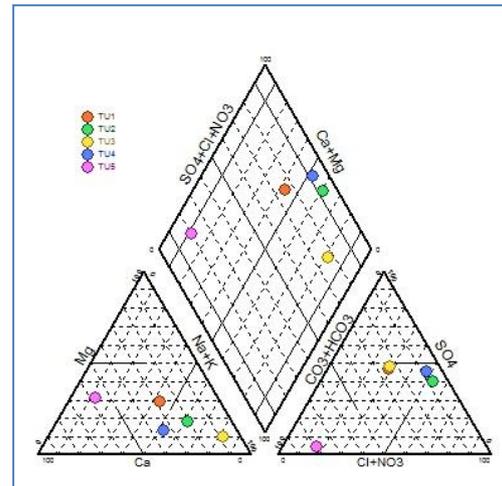


Fig.37: Diagramme de Piper de Turonien

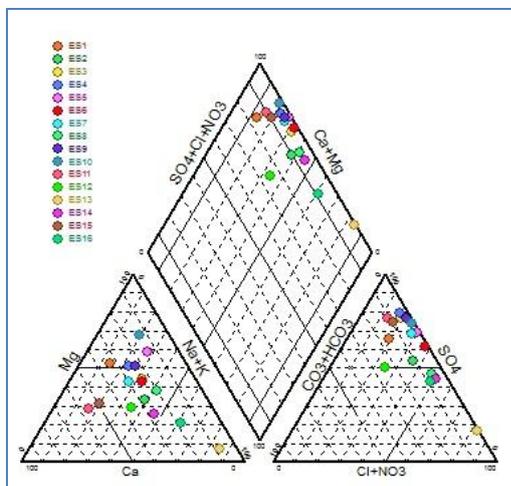


Fig.38: Diagramme de Piper de Eo-Sénonien

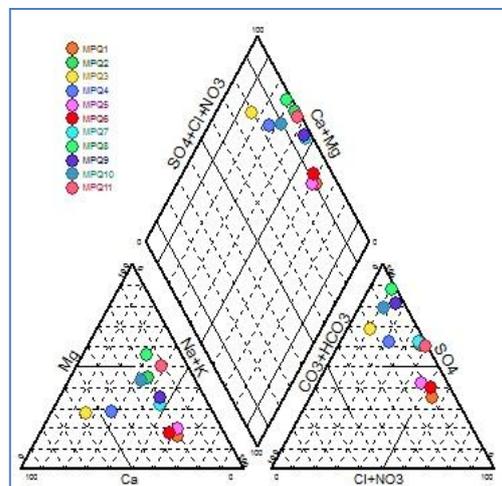


Fig.39: Diagramme de Piper de Moiploquaternaire

## 5.2. Diagramme de Schöeller-Berkaloff

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff est une représentation graphique semi-logarithmique sur laquelle les différents ions sont représentés sur l'axe des abscisses et la teneur réelle en mg/l sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites. En effet, le diagramme de Schöeller-Berkaloff indique pour chaque eau analysée la teneur moyenne (mg/l) en éléments majeurs de ces eaux, compare des éléments en traces et aide à établir les faibles variations entre les éléments chimiques.

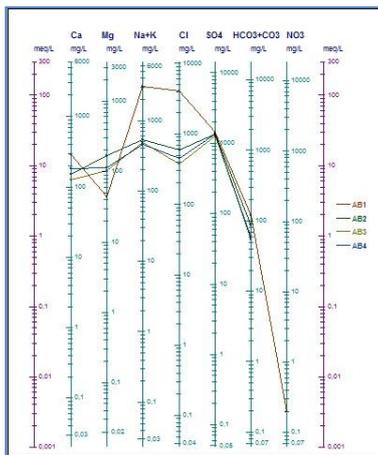


Fig.40: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de l'albo barrémien.

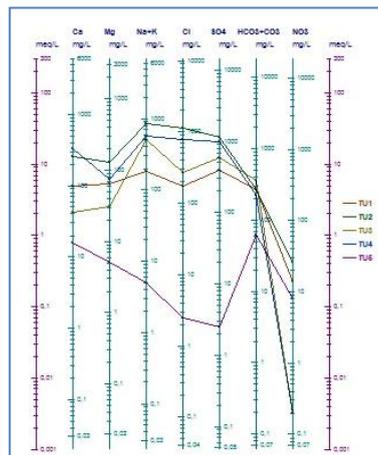


Fig.41: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Turonien.

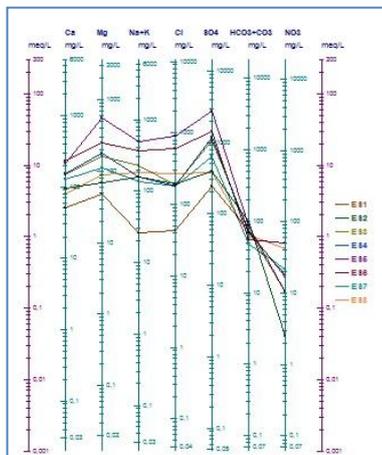


Fig.42: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Eo-Sénonien.

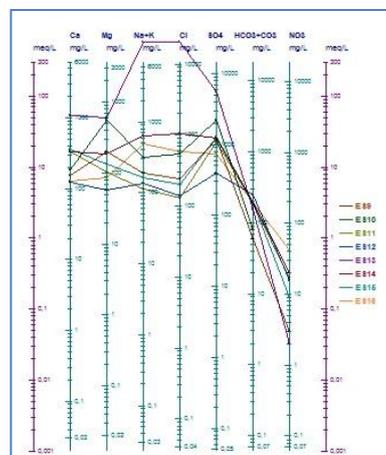


Fig.43: Diagramme de Schöeller-Berkaloff de Mio-plioquaternaire.

- La nappe d'Albo-barrémien se distingue par la dominance du faciès chloruré sodique. La nappe d'Albo-barrémien est riche en chlorures et en sodium qui dépend de l'échange en profondeur avec les matériaux pénétrés (Fig.40). [10]
- La nappe du turonien est partagée entre trois faciès : Sulfaté sodique, chloruré sodique et Bicarbonaté calcique. Selon le faciès chimique, les eaux de la nappe sont très riches en sulfates, en chlorures et en sodiums qui proviennent de la géologie de l'aquifère (Fig.41).
- La moitié des échantillons présentent un faciès sulfaté magnésien sur la nappe d'Eo-Sénonien (08 échantillons), la deuxième moitié est partagée entre trois faciès : Sulfaté sodique (03), chloruré sodique (03) et sulfaté calcique (02). Les eaux de la nappe ont séjourné dans des formations carbonatées, qui sont la principale source des magnésiums et de calciums (Fig.42).
- La nappe de Mio-plio-quadernaire est aussi partagée entre quatre familles de faciès : Sulfaté sodique (02), Sulfaté magnésien (04), sulfaté calcique (02) et chloruré sodique (03). Cette nappe est la plus proche de la surface, composée essentiellement par des matériaux détritiques et ce qui est traduit sur le plan chimique par plusieurs familles de faciès (Fig.43). [11]

## 6. Cartographie Hydrochimique

### 6.1. Nappe de Mio-plio-quadernaire

Le travail de cartographie a été élaboré à l'aide d'un logiciel (Arcgis) qui donne la possibilité de présenter les données numériques relatives à la qualité chimique des eaux de la nappe de Mio-Plio-quadernaire, sous forme de cartes thématiques montrant la distribution spatiale des paramètres physico-chimiques.

#### 6.1.1. Teneur en calcium

La teneur en calcium varie entre 80 et 532 mg/l, dont 5 échantillons sont supérieurs à la norme de l'OMS (200 mg/l). Le centre de Biskra présente des concentrations élevées. Sur les côtés Est et Ouest les concentrations sont modérées (Fig.44). La présence des niveaux de gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), d'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ) et de marne font augmenter les teneurs en calcium.

### 6.1.2. Teneur en magnésium

Les teneurs de magnésium varient entre 76 et 461 mg/l, pratiquement tous les points dépassent le seuil admissible de l'OMS [50 mg/l]. La partie centrale et l'extrême oriental de Biskra enregistrent des valeurs très élevées, par contre les concentrations les plus faibles figurent dans la partie nord de Biskra (Fig.45). L'existence des dolomies dans les formations mio-pliocène c'est la source principale du magnésium.

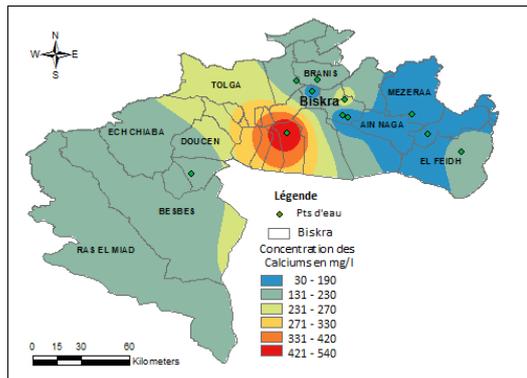


Fig.44 : Carte des teneurs en  $Ca^{++}$  du MPQ.

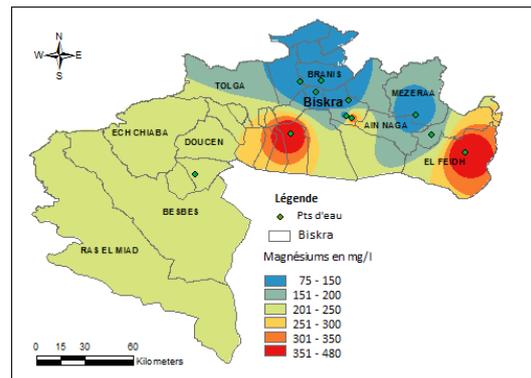


Fig.45 : Carte des teneurs en  $Mg^{++}$  du MPQ .

### 6.1.3. Teneur en sodium et en potassium

Toujours la partie centrale de Biskra qui présente des teneurs élevées de Sodium, les teneurs de Na varient entre 85 et 1300 mg/l par contre les teneurs du potassium varient entre 4 et 26 mg/l (Fig46). La présence de dôme triasique dans la région de l'Outaya et l'intercalation des formations salifères dans les niveaux aquifères particulièrement dans le sud fait augmenter les teneurs de sodiums et de chlorure.

### 6.1.4. Teneur en chlorures

Les chlorures varient entre 53 et 1460 mg/l. les valeurs les plus élevées, des chlorures sont enregistrés, au centre de la wilaya de Biskra (Fig.47). La présence des Argiles riches en silicates constituent une source des chlorures.

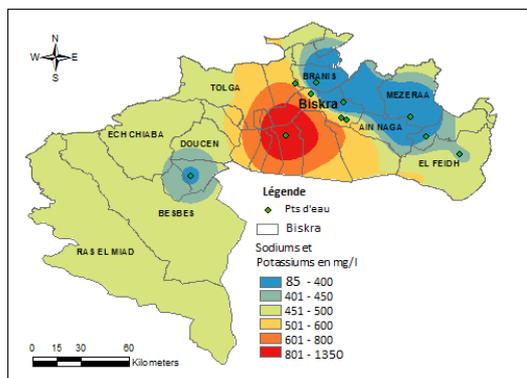


Fig.46 : Carte des teneurs en  $Na^+$  et  $K^+$  du MPQ.

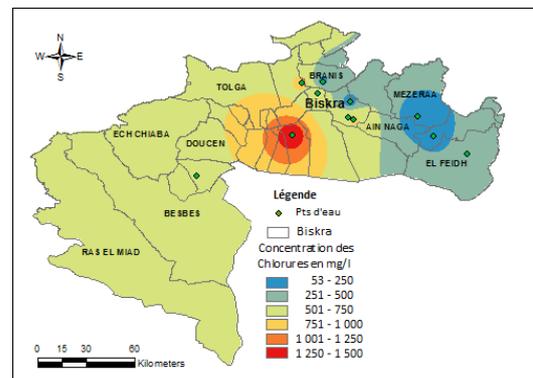


Fig.47 : Carte des teneurs en  $Cl^-$  du MPQ.

### 6.1.5. Teneur en sulfates

Les sulfates ( $\text{SO}_4$ ) contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse. Ce dernier est un sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble. Les eaux de la nappe de Mio-Plio-quaternaire ont des teneurs comprises entre 570 et 3600 mg/l. Au centre de Biskra, des fortes teneurs en sulfates ont été enregistrées (Fig.48). Les sulfates existants proviennent essentiellement de la présence du gypse.

### 6.1.6. Teneur en bicarbonates

L'augmentation de la concentration du bicarbonate augmente d'avantage la minéralisation des eaux. Les Bicarbonates sont présents dans la nappe avec des teneurs entre 48 mg/l et 308 mg/l. le nord de Biskra où se concentre la pluviométrie on a enregistré les fortes valeurs de bicarbonate.

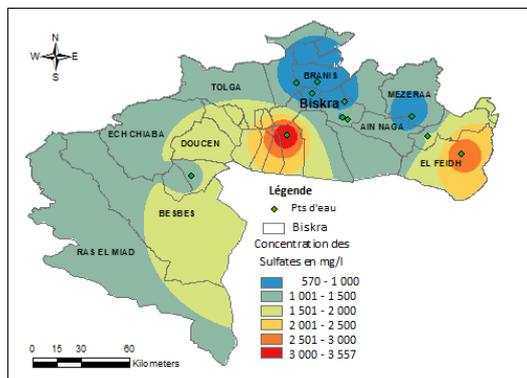


Fig.48 : Carte des teneurs en  $\text{SO}_4^{--}$  du MPQ.

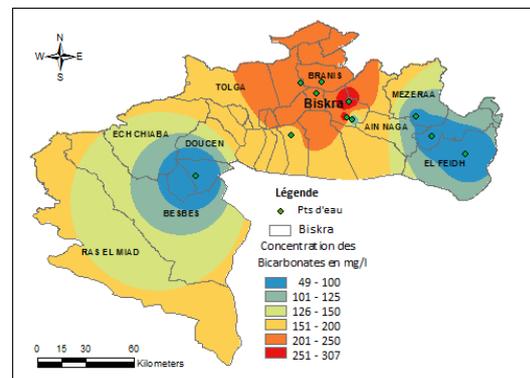


Fig.49 : Carte des teneurs en  $\text{HCO}_3^-$  du MPQ.

### 6.1.7. Teneur en nitrates

La carte de qualité de la nappe en matière de nitrates, montre la présence des anomalies au niveau de deux points d'eau : ouled djallal et Mili, mais ces valeurs ne dépassent pas la concentration admissible de l'OMS qui est de [50 mg/l]. La quantité des nitrates dans la nappe varie entre 0 et 33 mg/l (Fig.50). La source principale des nitrates c'est les engrais chimique et parfois les eaux usées surtout au sein de la nappe phréatique.

### 6.1.8. La dureté

Dans la nappe de Mio-Plio-quaternaire le titre hydrotimétrique est compris entre 55 et 350 °F. Nous constatons que la totalité des eaux prélevées est manifestement très dure particulièrement dans la partie centrale et l'extrême Est de la wilaya de Biskra (Fig.51). Cette dureté élevée est due à la présence des formations gypseuses et carbonatés dans l'aquifère.

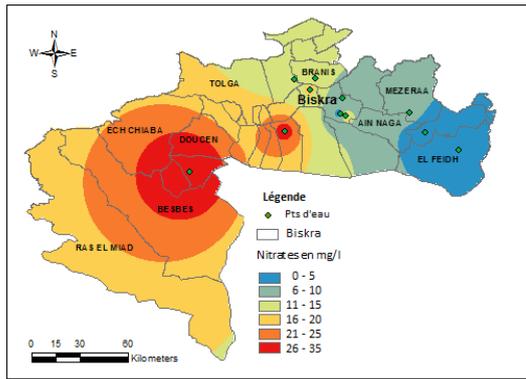


Fig.50 : Carte des teneurs en  $\text{NO}_3^-$  du MPQ.

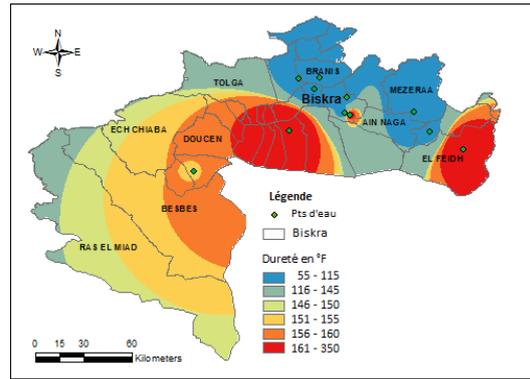


Fig.51 : Carte de la dureté du MPQ.

### 6.1.9. Le PH :

La carte de pH montre un pH légèrement basique sur l'ensemble de la wilaya, il est compris entre 7.18 et 8.09 et qui lui rendre dans les normes OMS. Les valeurs de pH augmentent progressivement du nord vers le sud de la zone d'étude (Fig.52), cela est peut être dû à l'influence des eaux de pluie dans le nord.

### 6.1.10. La Conductivité

La conductivité est comprise entre 1080 à 10 060  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Le Forage de Mlili fait l'exception par une valeur de Conductivité très élevée qui est plus de 10 000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ce forage est probablement accidenté ce qui fait l'eau est en contact avec des formations salifères, cette situation fait augmenter la minéralisation des eaux. Elle est inférieure de 3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à l'Est de Biskra et augmente vers le centre de la wilaya.

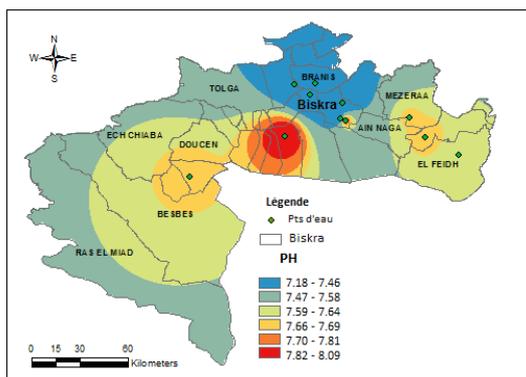


Fig.52 : Carte du pH du MPQ.

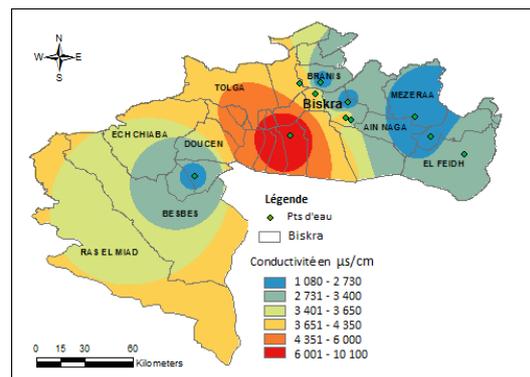


Fig.53 : Carte de la conductivité du MPQ.

## 6.2. La nappe des calcaires (Éocène sénonien)

Cette partie est réservée pour la présentation des éléments chimiques et les paramètres physico-chimiques de la nappe des calcaires sous formes de cartes d'isovaleur. Cette présentation cartographique nous permet de voir la répartition spatiale de chaque élément.

### 6.2.1. Teneur en Calcium (Ca)

Les teneurs en calcium sont généralement moyennes, elles varient de 50 à 360 mg/l; les plus fortes se concentrent aux alentours de la commune de chaiba, et Tolga mg/l. Dans la nappe des calcaires, le nombre d'échantillons supérieurs à la norme admissible recommandé par l'OMS est de 5 sur 15 échantillons (Fig.54). L'eau a séjourné dans des formations carbonatés ce qui explique les fortes concentrations du calcium.

### 6.2.2. Teneur en Magnésium (Mg)

Les teneurs en magnésium sont relativement élevées ; elles varient de 47 à 554 mg/l. Les valeurs les plus élevées sont observées à Tolga et à Oumache. Un seul échantillon sur 15 qui répond aux normes OMS (Fig.55). Le magnésium provient des formations dolomitiques existantes dans l'aquifères des calcaires sous forme des intercalations.

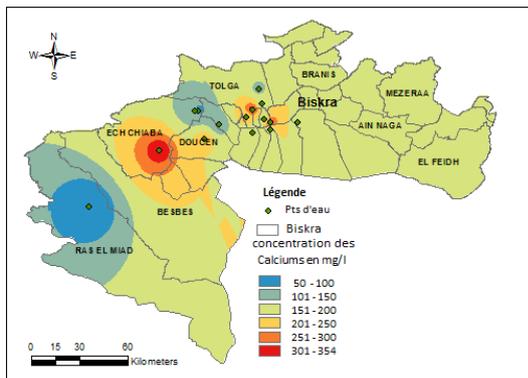


Fig.54 : Carte des teneurs en Ca<sup>++</sup> de Séno-éocène.

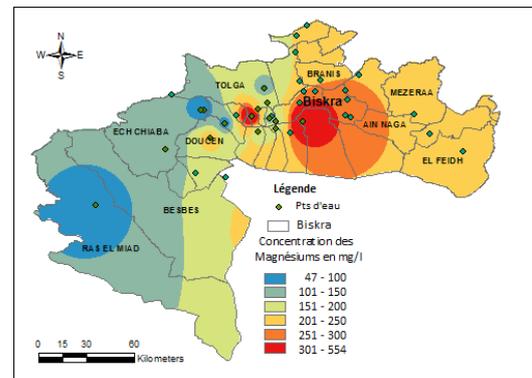


Fig.55 : Carte des teneurs en Mg<sup>++</sup> de Séno-éocène.

### 6.2.3. Teneur en Sodium et Potassium (Na), (K)

Les concentrations en (Na<sup>++</sup> K<sup>+</sup>) varient dans l'ensemble de la nappe des calcaires de 20 à 227 mg/l, les plus fréquentes sont de l'ordre de 100 à 180 mg/l. six points sur 15 sont supérieurs à la concentration maximale admissible [200 mg/l] fixée par l'OMS (Fig.56). Les fortes concentrations se situent aux alentours de la commune d'el Outaya à cause de la présence d'un gisement d'extraction de sel.

### 6.2.4. Teneur en Chlorures (Cl)

Les fortes teneurs en chlorures dans la nappe des calcaires atteignent 1041 mg/l au niveau du de la région de Tolga. Les faibles concentrations sont plus à l'ouest de Biskra que le centre (Fig.57). Seulement six échantillons dépassent les normes OMS. Le dôme triasique existant au niveau de l'Outaya fait enrichir les eaux par les chlorures.

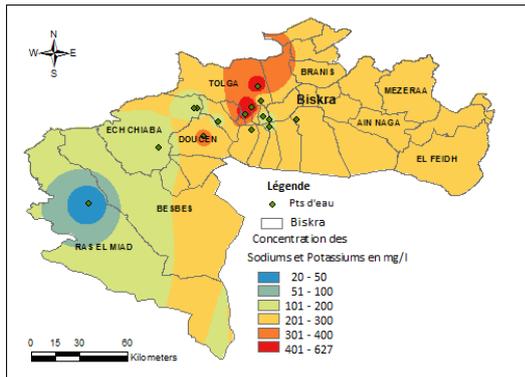


Fig.56 : Carte des teneurs en  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  de Séno-éocène.

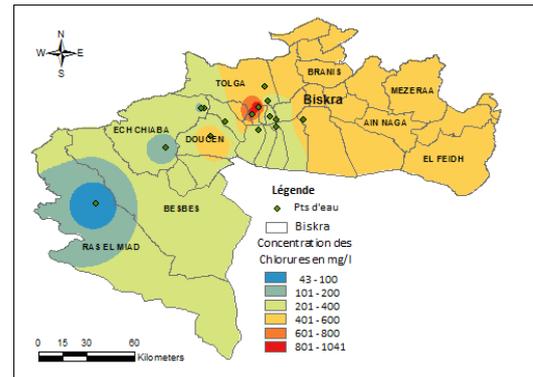


Fig.57: Carte des teneurs en  $\text{Cl}^-$  de Séno-éocène.

### 6.2.5. Teneur en Sulfates ( $\text{SO}_4$ )

Les concentrations en ions  $\text{SO}_4^{--}$  sont comprises entre 245 à 2800 mg/l. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande comme valeur limite 400 mg/l. Uniquement 4 échantillons répondent à cette limite. D'une manière générale les sulfates s'accroissent de l'ouest vers l'Est de Biskra (Fig.58). L'intercalation des formations calcaires par le gypse et l'anhydrite particulièrement dans la partie ouest de Biskra fait augmenter les concentrations des sulfates.

### 6.2.6. Teneur en Bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ )

Les bicarbonates sont présents à des concentrations modérées et sont compris entre 49 et 246 mg/l. Les fortes concentrations sont observées au nord de l'axe de Tolga et Chaiba, qui est la zone d'alimentation de la nappe des calcaires (Fig.59). Les teneurs des bicarbonates diminuent du Nord vers le Sud.

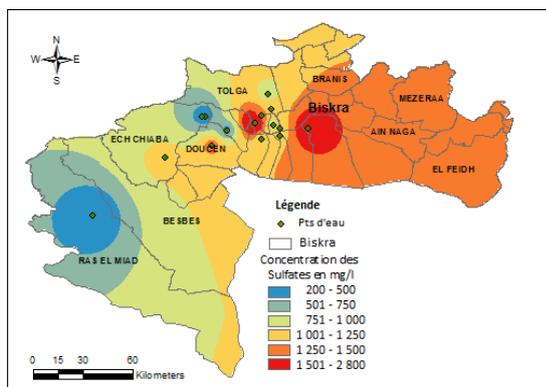


Fig.58 : Carte des teneurs en  $\text{SO}_4^{--}$  de Séno-éocène.

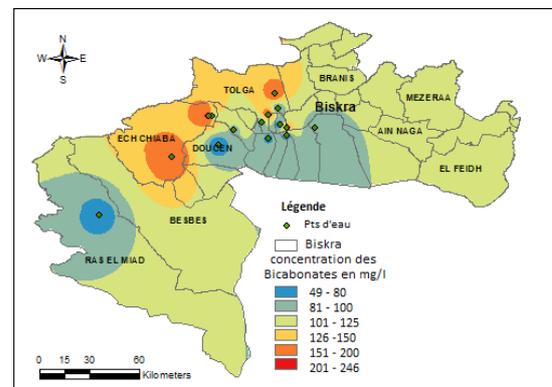


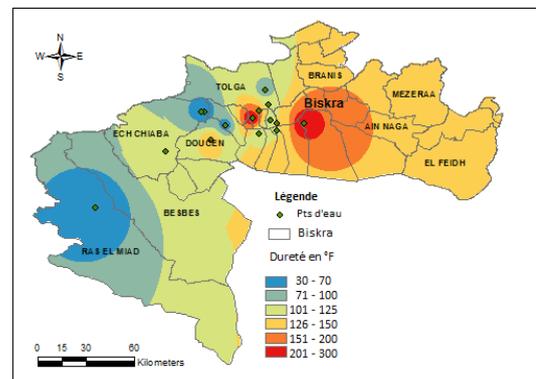
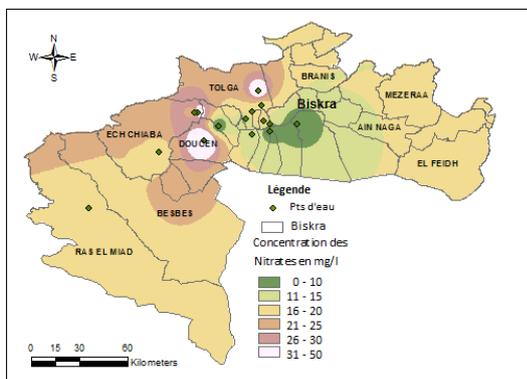
Fig.59 : Carte des teneurs en  $\text{HCO}_3^-$  de Séno-éocène.

### 6.2.7. Teneur en Nitrates

Les Nitrates varient entre 0 et 50 mg/l; toutes les teneurs sont inférieures à la concentration maximale admissible [50 mg/l] fixée par l’OMS. Les nitrates sont très faibles aux alentours du centre de Biskra et commence d’augmenter vers le nord Est (Fig.60). Les fertilisants chimiques sont la principale source de présence des nitrates notamment dans la région de Tolga et Doucen.

### 6.2.8. La dureté

La nappe des calcaires présente une eau très dure. Les valeurs du TH obtenu varient de 31 à 282°F. Cette dureté est due principalement à la nature de la roche (calcaire) que les eaux d’infiltration traversent (Fig.61). Elle augmente progressivement de l’ouest vers le centre de Biskra.



**Fig.60:** Carte des teneurs en  $\text{NO}_3^-$  du Séno-éocène.

**Fig.61 :** Carte de la dureté du Séno-éocène.

### 6.2.9. Le pH

Le pH est compris entre 7.17 et 8.05, donc c’est une eau équilibrée entre l’alcalinité et l’acidité, mais il y a une très légère tendance vers la basicité (Fig.62). Il décroît depuis les bordures nord et Ouest vers le Centre de la wilaya.

### 6.2.10. La conductivité

La conductivité s’échelonne entre 530 et 5300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  les valeurs de la conductivité sont faibles à l’ouest et s’accroissent graduellement au centre de la wilaya (Fig.63), cela est dû à la géologie de la région d’une part et d’autre part à la mauvaise exploitation de la nappe à travers le captage des différentes formations aquifères par le même forage (Crépinage multiple) et la surexploitation surtout pendant la saison estivale où l’alimentation de la nappe est très faible.

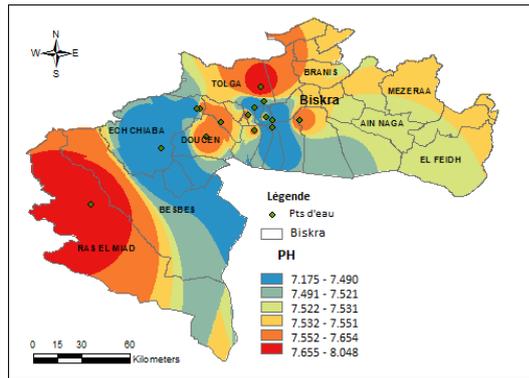


Fig.62 : Carte du pH du Séno-éocène.

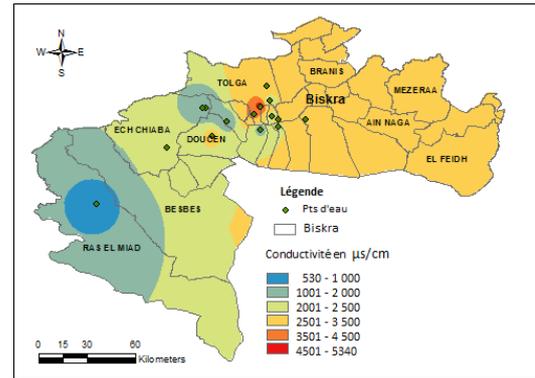


Fig.63 : Carte de la conductivité du Séno-éocène.

## 7. Aptitude des eaux de la région à l'irrigation

La salinisation et l'alcalinisation des eaux sont les principaux risques qui peuvent encourir les eaux destinées à l'irrigation. Dans le but d'évaluer ces deux risques, les résultats des analyses physicochimiques ont été projetés sur le digramme Riversids. Sur cette représentation graphique, le risque de salinité est estimé par la conductivité exprimé en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Alors que le risque d'alcalinisation des sols est quantifié par le S.A.R (sodium Adsorption Ratio). Ce dernier coefficient est calculé ainsi :

$$S.A.R = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{rCa^{++} + rMg^{++}}{2}}}$$

Avec :  $rNa^{++}$ ,  $rCa^{++}$  et  $rMg^{++}$  exprimée en meq/l.

Ce coefficient permet d'évaluer le risque d'alcalinisation du sol par l'eau d'irrigation, selon le risque croissant, les eaux sont classées de S1 à S4.

- S.A.R < 10 : eau utilisée avec peu de danger d'alcalinisation des sols.
- 10 < S.A.R < 18 : eau utilisée avec un danger appréciable d'alcalinisation.
- 18 < S.A.R < 26 : eau pouvant provoquer un danger d'alcalinisation.
- S.A.R > 26 : eau présentant un danger d'alcalinisation très fort.

Le SAR varie entre 0.11 et 43 les plus fréquentes sont de l'ordre de 0.11 et 9.08 mg/l pratiquement tous les points d'eau présentent un taux d'alcalisation de sol faible à l'exception de 3 points. Selon le diagramme de Riversids il existe 4 groupes de pouvoir d'alcalisation d'eau : Faible, Moyen, fort et hors échelle (Fig.64).

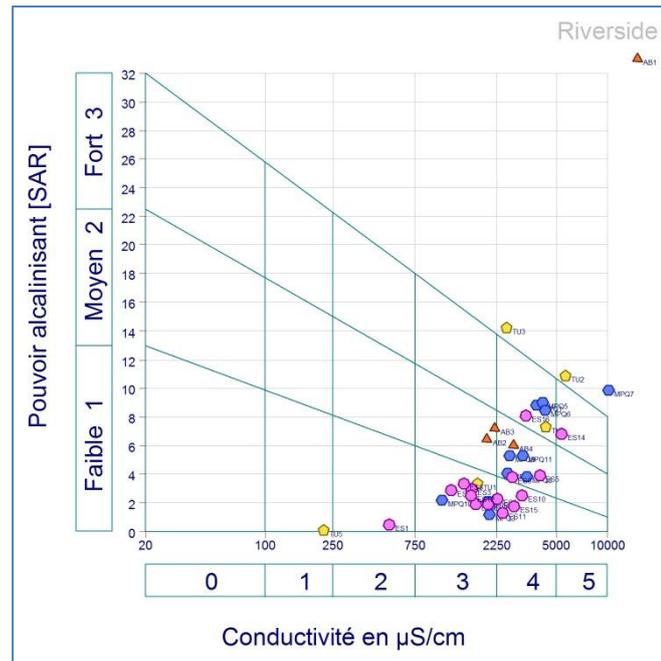


Fig.64 : L'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Riverside

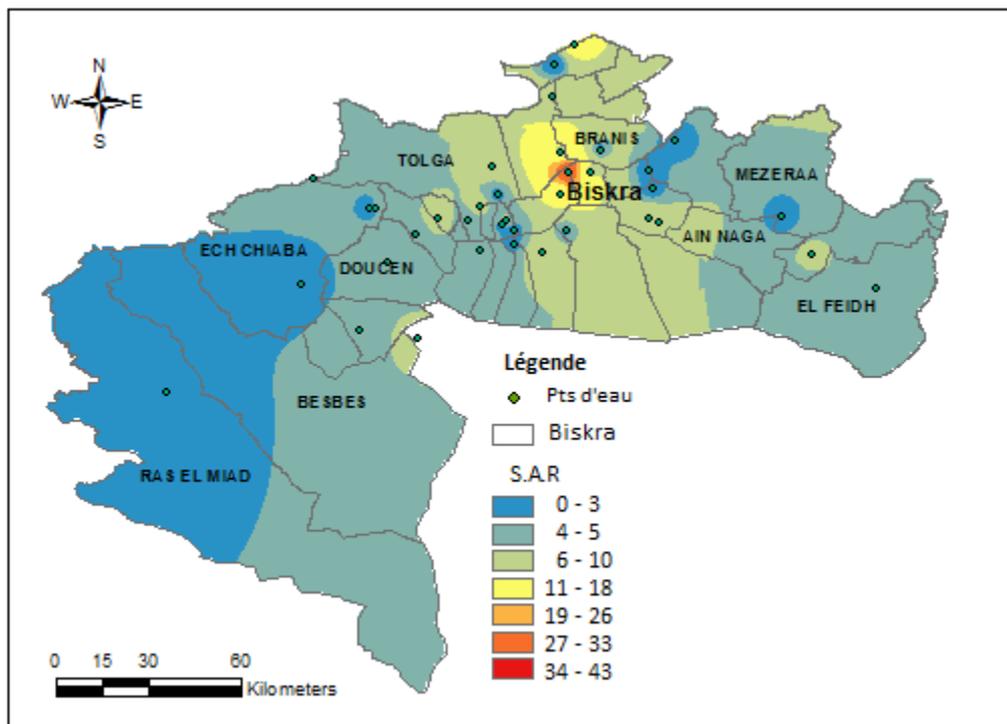


Fig.65 : Carte de la répartition spatiale de SAR pour l'ensemble des nappes.

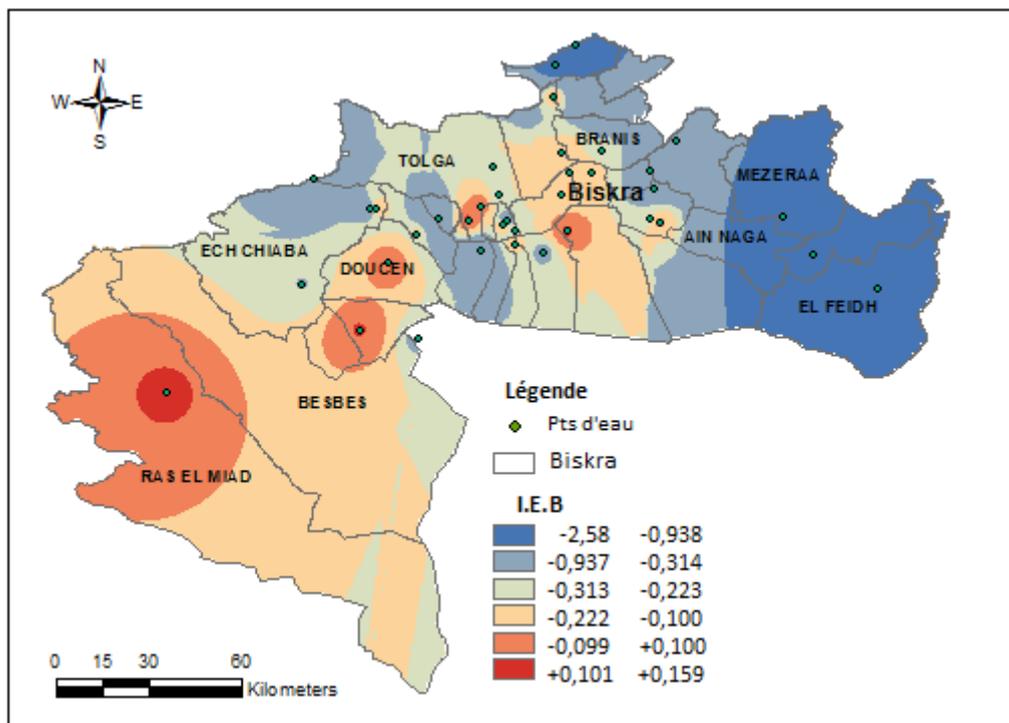
Selon la carte du SAR de Biskra il n'y a pas un danger d'alcalinisation des sols sur l'ensemble de la wilaya sauf autour de l'Outaya ou il y a le trias qui est présenté en rouge sur la carte ce qui indique qu'il y a un danger d'alcalinisation des sols, mais le reste de la wilaya est très bon particulièrement la partie est et Ouest (Fig.65).

## 8. L'indice d'échange de base "i.e.b"

Schoeller a défini en 1943 l'indice d'échange de base selon l'expression suivante :

$$i.e.b = \frac{rCl^- - r(Na^+ + K^+)}{rCl^+}$$

- Si :  $i.e.b = 0$  → il y a un équilibre chimique entre les compositions chimiques de l'eau et l'encaissant.
- Si :  $i.e.b < 0$  → l'encaissant libère les ions  $Na^+, K^+$  et fixe les ions  $Ca^{++}, Mg^{++}$  de l'eau.
- Si :  $i.e.b > 0$  → les eaux échangent des ions  $Na^+, K^+$  contre les ions  $Ca^{++}, Mg^{++}$  du Terrain encaissant.



**Fig.66** : Carte de la répartition spatiale de l'I.E.B pour l'ensemble des nappes.

L'I.E.B est compris entre -0.8 et +0.1, mais les majeures parties des échantillons sont négatives, ce qui signifie qu'il y a un équilibre chimique entre les compositions chimiques de l'eau et la roche réservoir. Seulement 6 échantillons sont positifs localisés dans la partie ouest de Biskra. Les faibles valeurs sont observées sur la région Est, le centre présente des valeurs modérées et les plus fortes sont enregistrées sur l'Ouest de Biskra (Fig.66).

## 9. Conclusion

Dans les régions arides, il est déjà très difficile de trouver de l'eau. Sa quantité n'est pas le seul souci, mais encore faut-il qu'elle soit utilisable. Il est important alors de connaître les processus géochimiques dans ces régions, afin de caractériser les eaux de ces systèmes aquifères. Cette étude hydrochimique nous a permis de renseigner sur la qualité chimique de l'eau, dans la région de Biskra, à travers une analyse statistique pour l'ensemble des nappes. Puis une classification des eaux et la répartition spatiale des éléments avec un zoom sur les deux nappes les plus sollicitées par les exploitants : Mio-plio-quadernaire et Eocène-sénonien.

L'analyse statistique montre le sodium, le chlore et les sulfates comme les éléments les plus dominants pour la nappe de l'Albo Barrémien. Les sulfates, les chlorures, les sodiums et les magnésiums avec des concentrations élevées pour les nappes de Mio-plio-quadernaire, Eocène-sénonien et le turonien. L'analyse statistique des données hydrochimique a révélé une minéralisation moyenne à forte des eaux souterraines.

D'après les résultats de la classification des eaux selon les méthodes Piper et Schöeller-Berkaloff des échantillons prélevés, nous avons un faciès chimique dominant pour chaque nappe :

- chlorurées sulfatées pour la première nappe du Mio-plio-Quadernaire.
- sulfaté magnésien pour la deuxième nappe sénonien éocène
- chloruré sulfaté pour la troisième nappe du Turonien.
- Chloruré sodique pour la nappe de l'Albo-barrémien.

La cartographie hydrochimique affirme une augmentation graduelle de la minéralisation depuis les bordures nord et ouest vers le centre et l'Est de la wilaya, qui suit conformément le sens d'écoulement des eaux vers la cuvette de Biskra et puis en direction des chotts. La présence de dôme triasique à l'Outaya fait ressortir que les eaux dans cette commune sont très minéralisées.

La plupart des points d'eau présentent un taux d'alcalisation de sol faible. Selon le diagramme de Riversids il existe 4 groupes de pouvoir d'alcalisation d'eau : Faible, Moyen, fort et hors échelle.

**Chapitre VI:**

**GESTION INTÉGRÉE**

## 1. Introduction

L'objectif essentiel de ce travail est l'évaluation des ressources en eau mobilisables, en vue de la satisfaction des besoins des différents secteurs d'activités, axés principalement sur le développement sectoriel à court, moyen et long termes.

L'étude comporte l'évaluation des ressources en eau mobilisables conventionnelles et non conventionnelles, sur la base d'une exploitation rationnelle de la ressource, et la proposition des scénarios de développement des ressources et demandes permettant d'établir un bilan hydrique équilibré dans une optique d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau dans la wilaya.

## 2. Données de base prises en compte dans le calcul du Bilan

### 2.1. Ressources en eaux souterraines

Les potentialités en eau souterraine dans la wilaya de Biskra sont évaluées à près de 800 hm<sup>3</sup>, dont 45% de ces ressources ne sont pas renouvelables.

### 2.2. Ressources en eaux superficielles

#### 2.2.1. Barrages

Les tableaux 09 et 10 donnent les caractéristiques des barrages en exploitation et ceux en projet et en étude dans la zone d'étude.

**Tab.09** : Barrages en exploitation (source ANBT-2015).

Barrage	Oued	Année MES	Superficie BV (Km <sup>2</sup> )	Apport moyen (hm <sup>3</sup> /an)	Capacité (hm <sup>3</sup> )	Affectation	Volume Régularisé (Hm <sup>3</sup> )
F. El Guerza	El Abiod	1950	1 300	14.5	47	Irrigation	13
Fontaine des Gazelles	El Hai	2000	1 660	18.9	55	Irrigation	14

**Tab.10** : Grands Barrages et petits barrages (en Projets et en études) (Source DRE 2015).

Barrage	Code de l'ouvrage	Oued	Année MES	Capacité (hm <sup>3</sup> )	Affectation	Volume Régularisé (Hm <sup>3</sup> )
Branis	BP0601	Selsou	2 020	20	Irrigation	6.6
Kherboucha	BP0602	Kherboucha	2 020	20	Irrigation	2.5
El-Arab	GB0604	El-Arab	2 020	39	Irrigation	12
Djemoura	GB0610		2020		Irrigation	20

### 2.2.2. Retenues collinaires

Deux retenues collinaires (Bassin d'accumulation de 70 000 et 10 000 m<sup>3</sup>) dans la commune d'Ain Zaatout, alimente les petits périmètres collectifs (Tab.11).

**Tab.11** : Retenues collinaires en exploitation. (Source DRE 2015)

Code Ouvrage	Nom	Commune	Etat	Cap (hm <sup>3</sup> )
RC0619	Ain Zaatout 1	Ain Zaatout	Exploité	0,01
RC0620	Ain Zaatout 2	Ain Zaatout	Exploité	0,07

Il est prévu d'augmenter la capacité de stockage des eaux superficielles de la wilaya par la Construction de nouvelles retenues collinaires (Tab.12).

**Tab.12** : Retenues collinaires (Étude de faisabilité). (Source DRE 2015)

Code Ouvrage	Nom	Commune	Annee_Sce	Cap (hm <sup>3</sup> )
RC0630	Mestaoua	Mazeraa	2020	0.5
RE0631	Megraoua	El Outaya	2020	0.5
RC0632	Ngoub	El Outaya	2020	0.5
RC0633	El Koucha	El Kantra	2020	0.5
RC0634	Geuddil	Ain Zaatout	2020	0.5
RC0635	Beni Souik	Djemoura	2020	0.5
RC0636	Mechouneche	Mechouneche	2020	0.5
RC0637	Masmoudi	Mezeraa	2020	0.5
RC0638	Khangeut	K. Sidi Nadhi	2020	0.5
RC0639	El ghrouss	El Gherous	2020	0.5
RC0640	ElBesbes	Sidi Khaled	2020	0.5

### 2.3. Ressources en eaux non conventionnelles

#### 2.3.1. STEP et lagunage

Actuellement, les eaux usées de la wilaya de Biskra ne sont pas traitées, cependant un programme de construction des stations d'épurations et lagunages est en cours. Le tableau ci-après résume la situation et les caractéristiques de ces stations :

Les STEPs recensées sont au nombre de 14, réparties comme suit :

- Quatre (4) stations en réalisation à Biskra, El Kantara, Fontaine des Gazelles et Sidi Okba. Elles totalisent une capacité d'épuration de près de 381 000 Eq.hab (Tab.13).

- Deux (2) en projet, (Tab.14) de capacité totale de 131 832 Eq.hab dont la mise en exploitation est prévues pour 2016.
- Huit (08) en phase d'étude, (Tab.15) prévues majoritairement pour 2020.

**Tab.13:** STEP en cours de réalisation. (Source DRE et ONA 2015)

Code Step	Nom Step	Capacité (Eq/hab)	Année mise en sce	Débit_epur m3/j
SE0605	Biskra	330000	2015	74000
SE0625	El Kantara	15000	2015	7600
SE0626	Fontaine de Ghazelles	6000	2015	3400
SE0627	Sidi Okba	30000	2015	27200

**Tab.14:** STEP en Projet. (Source DRE et ONA 2015)

Code Step	Nom Step	Capacité (Eq/Hab)	Année mise en sce
SE0610	Ouled Djellal	67394	2016
SE0611	Tolga	64438	2016

**Tab.15:** STEP en études. (Source DRE 2015)

Code Step	Nom Step	Capacité (Eq/Hab)	Année mise en sce
SE0630	OUMACHE	10600	2020
SE0631	AIN ZAATOUT	10600	2020
SE0632	BIR NAAM	6000	2020
SE0633	EL OUTAYA	13000	2020
SE0634	DOUCEN	32600	2020
SE0635	BANIAN	8500	2020
SE0636	EL HADJEB	10000	2018
SE0637	MECHOUNECHE	25000	2018

## 2.4. Transfert

Les systèmes de transfert sont des infrastructures de transport d'eau entre des sites de production et des lieux de consommation (villes, champs d'irrigation, ;;). Considérés dans leur ensemble, les systèmes de transfert permettent d'assurer l'équilibre offre – demande en eau au niveau d'une unité de bilan déficitaire à partir de ressources mobilisables dans une unité de bilan excédentaire. [41]

### • Transfert vers Biskra

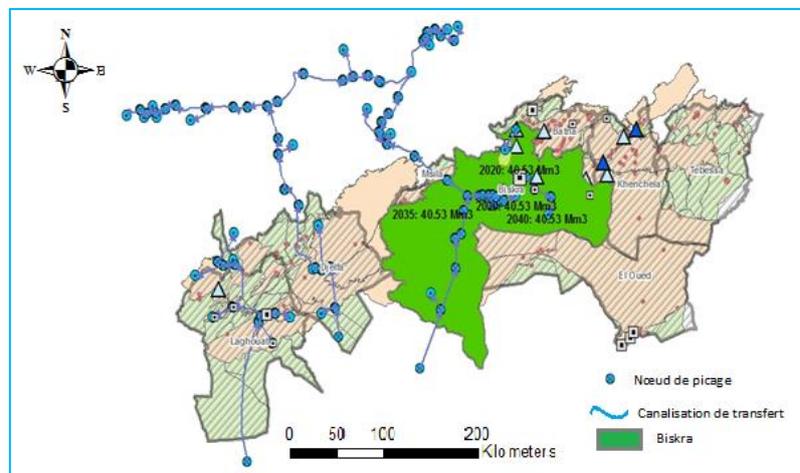
La ville de Biskra et les localités avoisinantes sont actuellement alimentées à partir de la nappe de Tolga, de la nappe du Continental Intercalaire. Ces ressources sont actuellement fortement sollicitées pour l'irrigation et l'AEPI. La quantité d'eau transférée à partir du champ

de captage P2 (Laghouat 2020) est de 40 hm<sup>3</sup> (Tab.16 et Fig.67). La répartition des volumes transférés par site est présentée comme suit :

**Tab.16** : Transferts en études pour la wilaya de Biskra. [41]

Système de transfert	Volume (hm <sup>3</sup> )	Site alimenté	Système de transfert	Volume (hm <sup>3</sup> )	Site alimenté
P2 (Laghouat 2020)	0.18	Besbes	P2 (Laghouat 2020)	0.26	Mlili
P2 (Laghouat 2020)	2.59	Sidi Khaled	P2 (Laghouat 2020)	1.02	El Ghrous
P2 (Laghouat 2020)	3.97	Ouled Djellal	P2 (Laghouat 2020)	0.58	Oumache
P2 (Laghouat 2020)	1.45	Doucen	P2 (Laghouat 2020)	3.88	Tolga
P2 (Laghouat 2020)	0.15	Chaiba	P2 (Laghouat 2020)	0.84	Lichana
P2 (Laghouat 2020)	0.88	Foughala	P2 (Laghouat 2020)	1.03	Bouchegroun
P2 (Laghouat 2020)	0.76	Bordj Ben Azzouz	P2 (Laghouat 2020)	17.42	Biskra
P2 (Laghouat 2020)	0.89	Lioua	P2 (Laghouat 2020)	0.69	Chetma
P2 (Laghouat 2020)	0.24	Mekhedma	P2 (Laghouat 2020)	2.04	Sidi Okba
P2 (Laghouat 2020)	0.41	Ourlal	P2 (Laghouat 2020)	0.46	Ain Naga

• **Bilan du Transfert vers Biskra P2(2020)**



**Fig.67** : Carte de transferts en études pour la wilaya de Biskra.

**3. Scénarios de base de calcul de la demande en eau**

**3.1. Population et évolution démographique**

Le nombre d’habitants par agglomération, pour les divers horizons est établi à partir des résultats du recensement de la population réalisé par l’ONS en 2008, et de l’étude du PNE en 2010, et ce, pour des taux d’accroissement calculés jusqu’à l’horizon 2040 (Tab.17).

Les taux d'accroissement des populations retenus de la wilaya de Biskra sont présentés dans le tableau suivant :

**Tab.17 :** Taux d'accroissement par wilaya.

Wilaya	(15-19)	(20-24)	(25-29)	(30-34)	(35-39)
Biskra	1.86	1.66	1.45	1.35	1.21

Selon le RGPH de 2008, la population dans la wilaya de Biskra est de 721 486 habitants, elle serait passée à **819 228** habitants en 2015 et atteindrait les 1150831 à l'horizon 2040 (Tab.18). L'évolution de la population totale de la wilaya, par horizon et par strate se présente comme suit :

**Tab.18:** Population totale de la wilaya par horizon et par strate.

Population	2015	2020	2030	2040
Urbain	434194	472382	542366	610112
Rurale	273447	297462	341448	384015
Éparse	111587	121387	139334	156704
<b>Total</b>	<b>819 228</b>	<b>891 231</b>	<b>1 023 148</b>	<b>1 150 831</b>

### 3.2. Mesures de base de développement de demandes

#### 3.2.1. Demande en eau Potable

L'évaluation de la demande en eau, est faite à partir d'une dotation moyenne, en fonction du type d'agglomération et applicable au niveau régional.

Pour fixer les dotations en eau, il y a lieu de tenir compte du contexte climatique en dans la wilaya de Biskra qui se distingue par un climat semi-aride, qui a une influence sur la mobilisation de la ressource en eau (limitée en quantité). Les dotations nettes prises dans le calcul à l'échelle de la wilaya, varient de 80 à 100 l/j/hab, et ce, selon l'importance de la zone urbaine (strate). [45]

#### 3.2.2. Demande en eau Agricole

La demande en eau pour l'irrigation est calculée à partir de dotations globales intégrant les conditions du sol et du climat, et différenciées par région, et ce, à partir de la formule : **(Superficies irriguées [ha] x dotations spécifiques [m<sup>3</sup>/ha/an]).**

Dans la wilaya de Biskra, le secteur agricole est le plus grand consommateur d'eau. Le constat sur terrain met en évidence que, l'eau destinée à l'irrigation n'est pas utilisée de manière efficiente et économique. Il est impératif, de prévoir une importante réduction de la consommation spécifique, qui devra s'opérer progressivement jusqu'à l'horizon 2040 (par l'amélioration des techniques d'irrigation).

On considère dans une première approche, une augmentation globale de 1% des superficies irriguées en PMH jusqu'à l'horizon 2040, et ce, à partir de ce qui irrigué actuellement (2015), avec une dotation moyenne en eau de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/an.

Les scénarios définis pour la PMH sont basés sur la variable climatique et la variable technique d'économie d'eau. Cette dernière variable intègre les pertes dans les réseaux et les pertes à la parcelle.

Pour ce faire, il a été opté pour trois (3) coefficients de la variable technique, qui caractérisent le niveau de la demande. [02-45-46]

### 3.2.3. Demande en eau industrielle

Les besoins en eau des unités industrielles les plus importantes sont connus par l'utilisation autonome de leurs consommations en eau (forage individuel). La demande en eau industrielle dépend du développement des activités industrielles, la consommation d'eau augmente, si des mesures d'économie ne sont pas prises en considération.

Dans l'approche pour les PDARE, on considère une augmentation moyenne de 1,5% par an à partir de 2015. [02-45]

Les paramètres de base de développements de demandes sont récapitulés dans le tableau ci-après (**Tableau 19**) :

**Tab.19** : Paramètres de planification de demandes en eau. [02]

Thèmes	Scénario S1 (Situation actuelle)	Scénario S2 (Objectif Cible en 2040)
<b>Dotation en eau potable</b>	Population urbaine : 100 l/j/hab Population rurale : 80 l/j/hab Population Éparse : 40 l/j/hab	
<b>Réseaux d'assainissement</b>	<b>Taux de branchement :</b>	<b>Taux de branchement :</b>
	Pas d'évolution jusqu'en 2040	Evolution linéaire à 2040
	Urbain : 87%	Urbain : 87% à 90%
	Rural : 75%	Rural : 75% à 85%
	<b>Réduction des Pertes :</b>	<b>Réduction des Pertes :</b>
Pas d'évolution jusqu'en 2040 (Taux actuel : 40%).	Réduction des pertes à 20% (2040)	
<b>Développement des infrastructures d'eau potable</b>	<b>Taux de branchement :</b>	<b>Taux de branchement :</b>
	Pas d'évolution par horizon	Evolution linéaire à 2040
	Agglom Urbaines : 90%	Agglom U : 90% 98%
	Agglom Rurales : 75%	Agglom R : 75% 90%
<b>Pertes dans les réseaux d'eau potable</b>	<b>Réduction des Pertes :</b>	<b>Réduction des Pertes :</b>
	Pas d'évolution jusqu'en 2040 (Taux actuel : 40%).	Réduction des pertes à 20% (2040)
<b>Développement de la PMH</b>		
<b>Situation actuelle</b>	Superficie irriguée : évolution de 1% par an jusqu'à 2040 Dotation 10 000m <sup>3</sup> /an/ha	
<b>Niveau1</b>	Superficie irriguée : évolution de 1% par an jusqu'à 2040 Dotation 10 000m <sup>3</sup> /an/ha	
<b>Niveau 2</b>	Superficie irriguée : évolution de 0% par an jusqu'à 2040 Dotation 9 000m <sup>3</sup> /an/ha	
<b>Coefficient de réduction de la demande</b>	On considérera 3 coefficients qui caractérisent le niveau de la demande :	
<b>Situation actuelle</b>	Coef = 1, correspondant à la demande unitaire du périmètre en m <sup>3</sup> /ha/an.	
<b>Niveau 1</b>	Coef = 0.9, correspondant à une économie d'eau de 10%	
<b>Niveau 2</b>	Coef = 0.75, correspondant à une économie d'eau de 25%	

#### 4. Evaluation du Bilan hydrique

Le bilan hydrique est la confrontation des ressources et des demandes en eau à un moment donné, d'un point de vue global et quantitatif, pour un système géographiquement défini (Wilaya, Commune, région, ...) et qui se traduit par la mise en évidence d'un déficit ou d'un excédent.

La démarche du bilan vise à :

- Confronter les demandes en eau et les ressources en eau
- Identifier les déficits et excédents
- Analyser l'évolution du bilan à long terme au niveau de différentes régions et, à différents horizons.

Pour rechercher un bilan équilibré entre demandes et ressources en eau, nous avons calculé un bilan ressource - demande à l'aide du logiciel de bilan en considérant plusieurs variantes. Ces variantes traduisent différentes évolutions des demandes en eau et des ressources, définies à

partir des hypothèses et variables décrites plus haut. Elles sont basées sur les paramètres suivants :

- Partant de l'évaluation du déficit dû à l'évolution tendancielle des superficies irriguées en maintenant les ressources exploitées à leur niveau actuel (V1), avec une augmentation de 1% des superficies irriguées en PMH
- Les variantes V2 et V3 introduisent des mesures de réduction des pertes respectivement pour les agglomérations urbaines et la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH).
- Dans la variante V4 on mobilise toutes les ressources des infrastructures en projet et en études (Barrage, RC et STEP, transfert).

Les variantes V5 et V6 et V7 introduisent un développement de l'irrigation avec différentes options d'économie d'eau.

La définition des variantes élaborées et les critères des scénarios de demande et ressource sont récapitulées dans le tableau ci-après :

**Tab.20** : Choix des variantes du bilan. [2]

Variantes	Critères d'élaboration des variantes
Variante de base (V1)	Le maintien des ressources exploitées à leur niveau actuel L'évolution de 25% des superficies irriguées, jusqu'à l'horizon 2040
Variante (V2)	Réduction des pertes dans les réseaux d'AEP (20% à l'horizon 2040)
Variante (V3)	Economie d'eau de la PMH
Variante (V4)	Mobilisation de toutes les ressources (Barrages, retenues collinaires, Transferts, STEP)
Variante (V5)	Economie d'eau de la PMH de niveau 1
Variante (V6)	Economie d'eau de la PMH de niveau 2
Variante (V7)	Maintien l'extension des superficies irriguées et dotation en eau agricole adaptée

Le Bilan de la wilaya de Biskra est dominé quasi exclusivement par deux thèmes :

- Les eaux souterraines qui représentent 95% des ressources en eau.
- La demande en eau de la PMH qui représente plus de 85% de la demande.

Plusieurs variantes et scénarios du bilan ont été formulés. Les résultats de différentes simulations des ressources et demandes de la variante de base et la variante équilibrée (V7) sont présentées comme suit [02-33]:

#### 4.1. Variante de base

Pour la description de l'état actuel, les scénarios sont composés à partir :

- Des offres en eau telles qu'elles sont évaluées et mobilisées en 2015 par le secteur de l'hydraulique (nappes, barrages, RC, transferts);
- es demandes en eau évaluées sur la base d'hypothèses pour une satisfaction normale (alimentation en eau potable et industrielle, y compris les pertes dans les réseaux) et l'irrigation (GPI et PMH).

Les ressources proviennent pour presque leur totalité des eaux souterraines (95%) alors que les eaux de surface sont marginales (5%).

La demande en eau d'irrigation représente 94% de la demande totale et concerne essentiellement la demande en eau de la PMH.

La confrontation des ressources et de la demande montre que le bilan est globalement en déficit au niveau de la wilaya.

Le bilan de la situation actuelle et l'évolution tendancielle, est présenté comme suit (Tab.21):

**Tab.21:** Bilan hydrique de la variante de base.

Ressources	2015	2020	2025	2030	2035	2040
ESR	800,14	800,14	800,14	800,14	800,14	800,14
GB AEP	0	0	0	0	0	0
GB IRR	27	27	27	27	27	27
RC	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
USEE T	4,15	4,48	4,81	5,14	5,45	5,79
TRF – RES	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99
<b>Total offre</b>	<b>845,29</b>	<b>845,62</b>	<b>845,95</b>	<b>846,28</b>	<b>846,59</b>	<b>846,93</b>
Demande	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Urbain	25,00	27,13	29,15	31,17	33,11	35,16
URB-P	16,67	18,09	19,44	20,78	22,11	23,44
FMD	0,65	0,67	0,68	0,70	0,73	0,75
FMD-P	0	0	0	0	0	0
Tonrtistique	0,88	0,98	1,06	1,13	1,18	1,26
Tonrtistique-P	0,59	0,66	0,71	0,76	0,80	0,86
Rural	5,99	6,47	6,98	7,44	7,89	8,34
Rural -Perte	2,92	3,19	3,42	3,65	4,87	4,07
GPI	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02
PMH	982,84	1030,55	1078,26	1125,97	1173,68	1221,39
TRF-BES	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99
<b>Total demande</b>	<b>1069,55</b>	<b>1121,75</b>	<b>1173,71</b>	<b>1225,61</b>	<b>1277,35</b>	<b>1329,28</b>
<b>Bilan</b>	<b>-224,26</b>	<b>-276,13</b>	<b>-327,76</b>	<b>-379,33</b>	<b>-430,76</b>	<b>-482,35</b>

##### 4.1.1. Analyse et commentaire des résultats

- La demande en eau totale s'élève actuellement à **1 069** million de m<sup>3</sup> par an.

Au niveau de l'AEPI, la demande en eau est de 50,47 M m<sup>3</sup>, y compris les pertes dans les réseaux estimées à 40%. Cette demande devrait évoluer avec l'accroissement des populations à près de 71 millions de m<sup>3</sup> en 2040 comme le montre le tableau ci-après (Tab.22):

**Tab.22:** Demande en eau potable par type d'agglomération en Hm<sup>3</sup>.

Horizon	Besoins Urbaine	Pertes Urbaine	Demande urbaine	Besoins Rurale	Pertes Rurale	Demande rurale	Demande totale
<b>2015</b>	25.00	16.67	<b>41.67</b>	05.99	02.92	<b>08.74</b>	<b>50.47</b>
<b>2020</b>	27.13	18.09	<b>45.22</b>	06.47	03.19	<b>09.66</b>	<b>54.88</b>
<b>2030</b>	31.17	20.78	<b>51.95</b>	07.44	03.65	<b>11.09</b>	<b>63.04</b>
<b>2040</b>	35.16	23.44	<b>58.60</b>	08.34	04.07	<b>12.41</b>	<b>71.01</b>

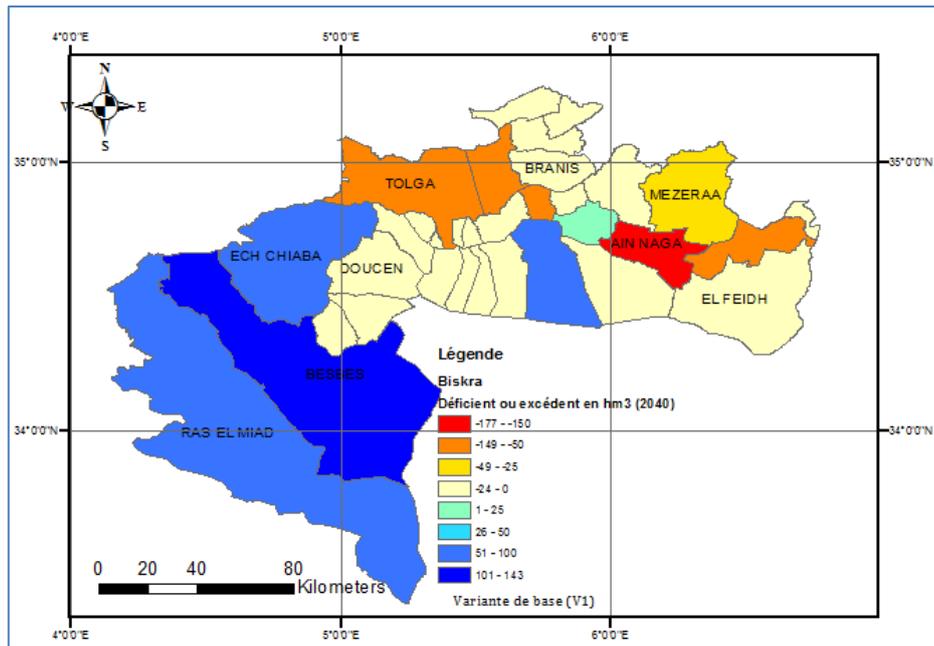
En 2015 les pertes en eau dans les réseaux d'AEP sont estimées à 19,59 hm<sup>3</sup>, dont 16.67 hm<sup>3</sup> dans les agglomérations urbaines et 2.92 hm<sup>3</sup> dans les agglomérations rurales, tandis qu'en 2040 les pertes atteindront un volume de 27.51 hm<sup>3</sup>.

- L'agriculture est le secteur le plus important au niveau de l'approvisionnement en eau. Actuellement la demande est déjà de **982** hm<sup>3</sup>. Des réductions de cette demande peuvent être réalisées avec différentes mesures, comme des techniques d'irrigation plus efficaces, la formation des utilisateurs et les types d'assolement.
- Le bilan se distingue par un déficit en eau, qui augmente rapidement à partir de l'année de 2015 jusqu'à l'horizon 2040, en passant d'un volume de -224 hm<sup>3</sup> à -482 millions de m<sup>3</sup>.
- Le déficit de - **482** millions de m<sup>3</sup> constaté à l'horizon 2040, pour tout le bassin, est dû pour l'essentiel à la demande en eau de la PMH pour couvrir les besoins de 29 106 ha supplémentaires (développement tendanciel) par rapport à l'année 2015.

La synthèse des demandes en eau de la wilaya est résumée dans le tableau suivant (Tab.23):

**Tab.23 :** Evolution de demande en eau de la variante de base.

Usage	Demandes V1 (hm <sup>3</sup> )		
	Demande 2015	Demandes 2040	Evolution
<b>AEP</b>	<b>50,47</b>	<b>71</b>	<b>20,53</b>
<b>IRR</b>	<b>982,84</b>	<b>1241</b>	<b>258,16</b>
<b>IND</b>	<b>0,66</b>	<b>0,75</b>	<b>0,09</b>
<b>Total</b>	<b>1 033,97</b>	<b>1 312,75</b>	<b>278,78</b>



**Fig.68** : Carte de Bilan hydrique de la variante de base par commune.

Les régions de forte exploitation agricole se situent autour de Tolga et Ain Naga se manifestant par un déficit important (Fig.68), à l'exception de la ville de Biskra où le déficit est dû à la Demande d'AEP et d'AEI par contre les zones vierges situées surtout dans la partie ouest de Biskra, Oumache et Sidi Okba se comportent positivement avec un excédent relativement important.

#### 4.2. Variante équilibrée (Amélioration du Bilan)

Cette variante consiste à réviser les objectifs d'extension des superficies de PMH et même les dotations en eau par hectare. Elle est établie lorsque le déficit du bilan est persistant malgré la mobilisation de toutes les ressources. [02]

Pour améliorer le Bilan de la wilaya et chercher à un bilan équilibré à l'horizon 2040, nous avons préconisés les simulations suivantes :

- Réduction des pertes d'eau dans les réseaux urbains de 40% à 20% en 2040, soit une réduction de 1.3% par an.
- Evolution du taux de raccordement au réseau d'AEP :
  - ✓ de 90% à 98% pour les agglomérations urbaines
  - ✓ de 75% à 90% pour les agglomérations rurales.
- Evolution du taux de raccordement au réseau d'assainissement :
  - ✓ de 87% à 90% pour les agglomérations urbaines.
  - ✓ de 75% à 85% pour les agglomérations rurales.

- Introduction des mesures d'économie d'eau au niveau de la PMH (les dotations en eau par hectare). Ce qui se traduit par une nouvelle répartition des modes d'irrigation (Niveau N2).

Technique d'irrigation pour la wilaya de Biskra :

- ✓ En 2015 : gravitaire 66%, aspersion 4%, goutte à goutte 30%.
- ✓ En 2040 : gravitaire 50%, aspersion 5%, goutte à goutte 45%.

- Mobilisation de toutes les ressources (Barrages, Retenues collinaires, STEP et Transfert) en projet et en étude, pour le but d'augmenter l'offre en eau.

Le Bilan Absolu de cette variante présente les résultats suivants (Tab.24):

**Tab.24 :** Bilan Absolu de la variante équilibrée.

Wilaya	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Biskra	<b>-97.51</b>	<b>+5.47</b>	<b>+13.70</b>	<b>+12.01</b>	<b>+20.71</b>	<b>+28.31</b>

Le bilan de la présente variante de la balance hydrique (Offre/Demande) enregistre un excédent en eau à partir de l'horizon 2020 avec un surplus de 5.47 h m<sup>3</sup>.

L'évolution des ressources et de la demande globale générée par la variante équilibrée est présentée dans le tableau (Tab.25) ci-après :

**Tab.25 :** Evolution de l'offre et la demande de la variante amélioration du bilan.

offre	2015	2020	2025	2030	2035	2040
ESR	800,14	800,14	800,14	800,14	800,14	800,14
GB AEP	0	0	0	0	0	0
GB IRR	27	59	59	59	59	59
RC	0,09	23,14	23,14	23,14	23,14	23,14
USEET	4,99	6,26	7,33	8,48	9,85	11,38
TRF – RES	13,99	601,72	601,72	601,72	601,72	601,72
<b>Total offre</b>	<b>846,21</b>	<b>1490,26</b>	<b>1491,33</b>	<b>1492,48</b>	<b>1493,85</b>	<b>1495,38</b>
Demande	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Urbain	25,18	27,77	30,31	32,89	35,46	38,50
URE-Perte	14,79	14,30	13	12,16	10,59	9,62
INDS_Perte	0,65	0,67	0,68	0,70	0,73	0,75
INDS-Perte	0	0	0	0	0	0
Tonrtistique	0,89	1,01	1,12	1,21	1,31	1,45
Tonrtistique-P	0,52	0,55	0,50	0,48	0,43	0,40
Rural	6	6,60	7,18	7,81	8,43	9,12
Rural -P	2,93	3,26	3,54	3,92	4,23	4,60
GPI	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02	20,02
PMH	858,75	849,42	840,09	840,09	830,75	821,42
TRF -BES	13,99	561,19	561,19	561,19	561,19	561,19
<b>Total demande</b>	<b>943,72</b>	<b>1484,79</b>	<b>1477,63</b>	<b>1480,47</b>	<b>1473,14</b>	<b>1467,07</b>
<b>Bilan</b>	<b>-97,51</b>	<b>+5,47</b>	<b>+13,70</b>	<b>+12,01</b>	<b>+20,71</b>	<b>+28,31</b>

**4.2.1. Analyse et commentaire**

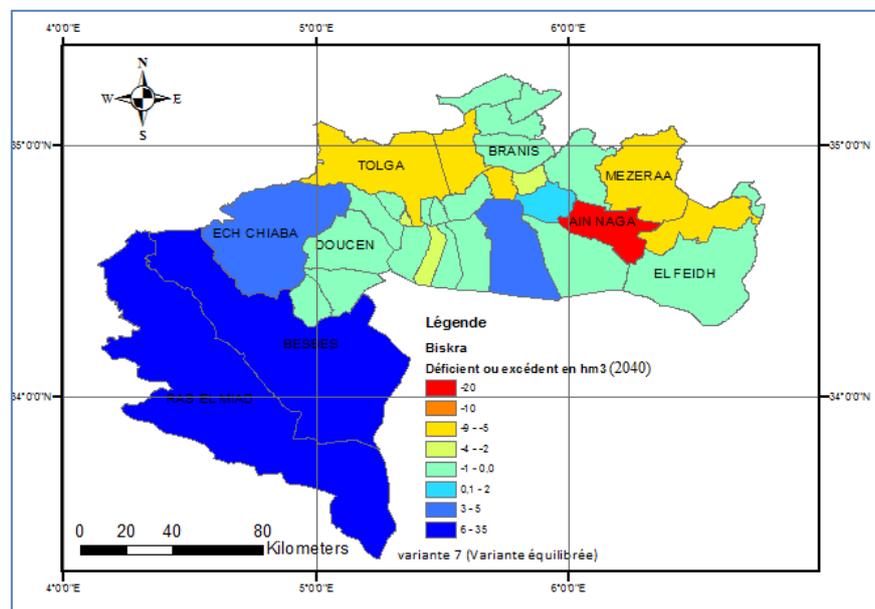
Le bilan dans la région de Biskra présente un faible excédent en eau, qui tend vers une légère augmentation à partir de 2020 jusqu'à 2040, en passant d'un volume d'eau de 5 à 28 hm<sup>3</sup>.

En changeant les techniques d'irrigation et les cultures grandes consommatrices en eau par des cultures peu consommatrices, la réduction de la demande en eau pour la PMH atteindrait jusqu'à 821 hm<sup>3</sup>/an en 2040.

La synthèse des demandes en eau de la wilaya est résumée dans le tableau (Tab.26) suivant :

**Tab.26 : synthèse des demandes en eau de la wilaya de Biskra.**

Usage	Demandes V7 (hm3)		
	Demande 2015	Demandes 2040	Evolution
<b>AEP</b>	<b>50,47</b>	<b>61,84</b>	<b>11,37</b>
<b>IRR</b>	<b>858</b>	<b>821</b>	<b>-37</b>
<b>IND</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>909,22</b>	<b>883,59</b>	<b>-25,63</b>



**Fig.69 : Carte de Bilan hydrique de la variante équilibrée par commune.**

Le déficit est amoindri dans l'ensemble des communes notamment sur l'axe de Tolga et Biskra (Fig.69), tandis que la zone d'Aïn Naga présente un déficit relativement important. On a enregistré un équilibre pour la moitié des communes avec un léger excédant pour les communes Ouest, Oumache et Sidi Okba.

## 5. Conclusion

Cette analyse présente un instrument de base pour la planification en matière de gestion intégrée et durable des ressources en eau au sein de la wilaya de Biskra.

D'après les simulations des scénarios des ressources et de demandes de la situation actuelle de la wilaya Biskra, montre que, Si aucune mesure de planification supplémentaire ne sera pas prise en compte au cours des prochaines années et avec l'augmentation de la demande en eau au niveau des différents secteurs, notamment celui de l'agriculture, le déficit à l'échelle de la wilaya est en progression continue.

Les calculs des différentes variantes de bilan montrent que les ressources actuellement exploitées proviennent pratiquement en grande partie des réserves des nappes et dépassent largement les ressources renouvelables.

Cette exploration a montré qu'il est difficile d'envisager un développement durable sans changer le mode de gestion de l'eau dans un contexte de ressources en eau limitées. Les résultats de la variante 7 (Variante équilibrée), présente un léger équilibre à long terme est possible et permet un approvisionnement en eau potable et agricole de toutes les régions de la wilaya.

Si on vise une exploitation durable des ressources en eau dans la wilaya, tout en assurant l'approvisionnement en eau des populations, qui ne cessent d'augmenter, il est nécessaire d'exploiter uniquement les ressources renouvelables et donc garder les superficies irriguées en conséquence, changer le système d'irrigation tout en généralisant l'irrigation localisée.

En conclusion la wilaya de Biskra doit chercher comment augmenter les ressources en eaux à travers la mobilisation de toute la ressource renouvelable et développée des techniques moins gaspillant de l'eau particulièrement dans le domaine agricole, pour garder la durabilité du développement des terres agricoles.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS**

### Conclusion générale

La wilaya de Biskra, située au sud Est du pays, elle s'étend sur une superficie de 20 986 km<sup>2</sup>. Elle abrite 819 228 habitants qui représente 2.02 % de la population nationale Ce qui se traduit par une densité régionale élevée d'environ 39 habitants au Km<sup>2</sup>, contre 16 au niveau national. Environ 30% de la population est concentrée au niveau de la commune de Biskra. Sur le plan socioéconomique le secteur de l'agriculture constitue l'activité principale de la région par contre le développement de l'industrie reste faible dans l'ensemble de la wilaya.

Ce fort développement en matière de l'agriculture irriguée consomme près de 88 % des ressources hydriques dont 95% sont des eaux souterraines, ce qui a provoqué la surexploitation des nappes qui va limiter l'évolution des superficies irriguées à moyen terme.

Le climat est de type aride à influence saharienne, chaud et sec en été, assez froid en hiver surtout sur les hauteurs, Présentant une pluviométrie relativement faible et irrégulière sur l'ensemble de la wilaya variant de 100 à 130mm/an. La quantité faible et irrégulière des précipitations recueillis sur la wilaya contribue souvent à la recharge des nappes souterraines.

La région de Biskra est marquée par des fortes températures estivales, Les températures moyennes maximales pouvant atteindre 46,21°C au mois de juillet qui provoque une forte évaporation. Le bilan hydrologique reste déficitaire d'environ 1070 mm/an.

Les débits des oueds présentent une forte irrégularité saisonnière et intra annuelle. Aux mois d'été, les oueds sont pratiquement à sec.

L'étude géologique et géophysique ont permis de distinguer quatre ensembles hydrogéologiques dans la région de Biskra à savoir : Le continental intercalaire défini par deux niveaux grés-sableux, aquifères l'Albien et le Barrémien ;

Le turonien composé essentiellement par des séries des calcaires ;

L'Eocène et le sénonien représentés par des calcaires fissurés, marnes, argiles et gypses et les formations Mio-pliocène qui sont bien développées et constituées par des grès, sables et des marnes, au sommet. Le Quaternaire est formé par des alluvions, travertins de sources et des éboulis de pentes et de piémonts.

Sur le plan tectonique l'accident sud atlasique subdivise la région en deux domaines : le domaine atlasique ayant subi plusieurs phases tectoniques et le domaine plate-forme saharienne au sud qui est tectoniquement calme

La région de Biskra englobe plusieurs niveaux aquifères dans différentes formations avec des conditions hydrodynamiques et hydrogéologiques distincts. 88 % de ces ressources sont exploités dans l'irrigation, particulièrement la nappe de mio-plio-quaternaire et la nappe des calcaires

A Biskra, la nappe du Continental intercalaire est captive et artésienne. Située à plus de 2100 m de profondeur ses eaux sont chauds ( $\approx 60^{\circ}\text{C}$ ). Dans la zone d'étude, elle est exploitée par 19 forages, avec un débit total oscillant autour de 1200 l/s.

La nappe des calcaires à l'ouest de Biskra est trop sollicitée, généralement elle est alimentée à partir de la zone montagneuse des calcaires, située au nord de l'axe Tolga-Oueled Djellal. Les écoulements souterrains convergent vers la zone de forte exploitation sur l'axe de Tolga. Un rabattement important de la nappe s'accroît pendant les mois d'été

La nappe de mio-plio-quaternaire est trop sollicitée par les agriculteurs de la région Est de Biskra, ce qui a engendré une surexploitation. Les eaux de la nappe sont drainées vers la zone des chotts.

L'étude hydrochimique a renseigné sur la qualité chimique de l'eau, dans la région de Biskra. Généralement elles sont relativement chargées ; chose confirmée par les analyses obtenus.

L'analyse statistique montre une dominance des éléments sodium, chlore et sulfates pour la nappe de l'Albo Barrémien. Les sulfates, les chlorures, les sodiums et les magnésiums ont des concentrations élevées pour les nappes de Mio-plio-quaternaire, Eocène-sénonien et le turonien.

La classification des eaux selon les méthodes Piper et Schöeller- Berkloff des échantillons prélevés, fait ressortir un faciès chimique dominant pour chaque nappe :

- chlorurées sulfatées pour la première nappe du Mio-plio-Quaternaire.
- sulfaté magnésien pour la deuxième nappe sénonien éocène
- chloruré sulfaté pour la troisième nappe du Turonien.
- Chloruré sodique pour la nappe de l'Albo-barrémien.

La cartographie hydrochimique affirme une augmentation graduelle de la minéralisation depuis les bordures nord et ouest vers le centre et l'Est de la wilaya, qui est conjoint avec le sens d'écoulement des eaux vers la cuvette de Biskra et puis en direction des chotts. La présence de dôme triasique à l'Outaya fait ressortir que les eaux dans cette commune sont très minéralisées. Signalons que la zone des chotts est aussi une zone très sensible en matière de la qualité des eaux, elle nécessite une surveillance de près pour contrôler l'échange entre les eaux des nappes et les eaux des chotts.

L'élaboration des bilans de gestion des ressources en eau pour la wilaya de Biskra pour les différents usages a fait ressortir un bilan déficitaire sachant que le secteur agricole constitue le grand consommateur. Si on maintient la situation actuelle jusqu'à 2040 le déficit va s'accroître et devient ingérable.

Pour une gestion rationnelle et durable des ressources en eau, il est souhaitable de prendre des mesures afin de réduire le déficit. Pour cela il est nécessaire de taper sur le secteur agricole dont l'objectif est de minimiser les consommations et valoriser les ressources superficielles à travers le changement des techniques d'irrigation et la sensibilisation des agriculteurs. Il est préférable de préserver ce qui existe comme terrains irrigués au lieu de les perdre tous en cas d'assèchement des eaux souterraines.

Après la mobilisation de toutes les ressources renouvelables et l'application de toutes les techniques pour réduire la consommation particulièrement agricole avec la limitation de tous les développements des superficies irriguées, nous avons enregistré un léger excédent pour la variante équilibrée.

En conclusion la wilaya de Biskra doit chercher comment augmenter les ressources en eaux à travers la mobilisation de toute la ressource renouvelable et de développer de nouvelles techniques contre le gaspillage d'eau, particulièrement dans le domaine agricole, et cela pour garder la durabilité du développement des terres agricoles.

Il est recommandé de :

- Encourager les forages collectifs ;
- Réutiliser les eaux de drainage pour l'irrigation ;
- Garder ce qui existe comme superficie irriguées
- Procéder à un suivi périodique quantitatif et qualitatif des nappes par la mise en place d'un réseau de surveillance.
- Encourager l'irrigation localisée.

- Penser à exploiter les eaux des chotts afin de réduire le niveau de l'eau.
- Exiger aux bénéficiaires des autorisations de forage un suivi technique.
- Exploiter la technique de la recharge des nappes, notamment pour les moins profonds.
- Encourager les agriculteurs de cultiver des espaces moins consommateur d'eau

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

- [01] **ABHS, 2005** : cadastre hydraulique du bassin hydrographique de chott melghir. 160 pages
- [02] **ABHS, 2008** : Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau.
- [03] **ABHS, 2015** : l'inventaire des ouvrages et infrastructures de prélèvement d'eau du Domaine Publique Hydraulique à usage agricole. 200 pages.
- [04] **ANAT, 2003** : Schéma directeur des ressources en eau .Wilaya de Biskra- Phases II.
- [05] **ANRH, 2005**: Etude géophysique.
- [06] **ANRH, 2008** : Inventaire des points d'eau dans la wilaya de Biskra.
- [07] **ANRH, 2015** : données climatologique.
- [08] **AISSAOUI. D, 1984** : Les structures liées à l'accident sud-atlasique entre Biskra et le Djebel Mandra, Algérie. Evolution géométrique et cinématique. Thèse 3ème cycle, Strasbourg. 105p
- [09] **BESBES .M (OSS) et AI 2005**: étude sur modèle mathématique de système aquifère de la région de Biskra -système aquifère du Sahara septentrional-« SASS »Gestion commune d'un bassin transfrontière Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005.
- [10] **BOUZIANE. M.T et AI, 2009**: Les Eaux Profondes de la Région de Biskra (Algérie). European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X Vol.25 No.4 (2009), pp.526-537.
- [11] **BRINIS.N, 2011** : Caractérisation de la salinité d'un complexe aquifère en zone aride cas de l'aquifère d'el-Outaya région nord-ouest de Biskra. Algérie. Thèse Doctorat, Univ Mohamed Kheider – Biskra. 250 pages
- [12] **BUSSON.G, 1970** : Le Mésozoïque saharien (essai de synthèse des données de sondages Algéro-tunisiens. Tome II).
- [13] **BUSSON.G, 1971**: Etude des ressources en eau du Sahara septentrional par UNESCO. Utilisation des modèles pour l'établissement des programmes d'exploitation. Vol 5.
- [14] **CASTANY, G. 1998**: Hydrogéologie: principes et méthodes. Dunod. Paris. 238 p.
- [15] **C.G.G (Campagne générale de Géophysique) 1971**: Etude géophysique.
- [16] **C.D.A.R.S, 1999** : Etude du Plan Directeur Général de Développement des régions Sahariennes. 350 pages.
- [17] **CHABOUR. N, 2008** : Hydrogéologie du domaine de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. Thèse de doctorat d'état de l'Université mentouri. 176p.
- [18] **CHEBBAH. M, 2007**: Lithostratigraphie, Sédimentologie et Modèles de Bassins des dépôts néogènes de la région de Biskra, de part et d'autre de l'Accident Sud Atlasique (Zibans, Algérie) . Thèse de doctorat de l'Université mentouri.479 p.

- [19] **CORNET. A ,1961:** Initiation à l'hydrogéologie Saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires Sahariennes. Service des études scientifiques. Birmandreis, Alger, 1961,108p.
- [20] **CORNET, A. et ROGNON, P.H, 1964:** Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. Géog, phys et Géol, Dyn. Vol VI, fasc 1, 5-72.
- [21] **DEMRH N° 184:**Renseignements hydrologiques sur la zone industrielle de Biskra.
- [22] **DEMRH 73/SHYL/O15:** Etude hydrologique de faisabilité des barrages de Fontaine des Gazelles.et Khanga Sidi Nadji.
- [23] **DEMRH, 1980:** Notice explicative de la carte hydrogéologique de Biskra, Direction des études de milieu et de la recherche hydraulique, servise hydrogéologique.
- [24] **DUBIEF. J, 1959, 1963:** Le climat du Sahara. Institut de recherche saharienne, Algérie, mémoire hors série, tome 1, 312p. Tome 2, 275p.
- [25] **E.NA.GEO, 19821 :** Etude géophysique
- [26] **ERESS, 1972:** Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. UNESCO, Paris. 7 Vols.
- [27] **GOUSKOV. N ,1964:** Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000. Biskra. Serv. Géol. De l'Algérie. Alger.
- [28] **GUENDOZ, A., 1985:** Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara nord-est septentrional, Algérie. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris-Sud, Orsay.
- [29] **GUIRAUD, R, 1973 :** Evolution post Triasique de l'avant pays de la chaîne Alpine en Algérien d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines.
- [30] **HAMEL .A, 2009 :** hydrogéologie des systèmes aquifères En pays montagneux à climat semi -aride. Cas de la vallée d'oued el abiod (Aurès). Thèse Magister, (option : Hydrogéologie). Univ. Mentouri –Constantine. 230 pages.
- [31] **HAOUCHINE A. 2010 :** Hydrogéologie en zone semi-aride et aride : région de Biskra (Algérie). Thèse Doct. d'état, (option : Hydrogéologie). Univ. Houari boumediene -Alger. 155 p.
- [32] **I.F.E.S, 2005 :** Etude géophysique.
- [33] **KHECHANA.S, 2014 :** Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien) Thèse Doctorat, Univ. Badji Mokhtar-Annaba. 150 pages.

- [34] **LABORDE, 2003**: Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500000. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, projet PNUD/ALG/88/021, une carte avec notice explicative, 44 p.
- [35] **LAFFITTE. R, (1939)** : Etude géologique de l'Aurès et esquisse géologique des Aures, Thèse, Paris, Bull. Service de la carte géologique de L'Algérie, Alger, 2eme édition, 484 p.
- [36] **LEDOUX. E, (2003)** : Modèles Mathématiques en Hydrogéologie
- [37] **NACEUR .F, 2005**: Les espaces verts urbains à Biskra. Support de Violence et source d'insécurité. Mémoire de Magistère.
- [38] **MAUGET.G, 1967**: L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du bas Sahara algérien. Recherches sur l'Algérie. Edition CNRS Paris. Pages 68 – 75.
- [39] **O.N.M, 2015** : Données climatiques sur la région de Biskra.
- [40] **OUALI S, 2006**: Etude géothermique du Sud de l'Algérie. Mémoire de Magistère.
- [41] **SAFAGE, 2004** : Etude du transfert des eaux du Sahara septentrional vers les régions du Nord de l'Algérie. 350 page.
- [42] **SEDRATI .N ,2008**: Etat de sollicitation des nappes d'eau souterraines dans la région de Biskra, journée d'étude et de la sensibilisation à la gestion de la ressource en eau dans les régions arides et semi arides. .C.R.S.T.R.A de Biskra le 15 mars 2008.
- [43] **SEDRATI. N et AI ,2010**: Impact des néo facteurs sur les ressources en eau à Biskra - Sud Est algérien. Colloque international sur l'eau Annaba 2010.
- [44] **SEDRATI. N, 2011** : origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est algérien. Thèse Doctorat, (option : Hydrogéologie). Univ. Badji Mokhtar-Annaba. 250 pages.
- [45] **SOFRECO, 2010**: Etude d'actualisation du plan national de l'eau, Tome 1, 500 pages.
- [46] **SOGREAH, 2009** : étude d'inventaire et de développement de la PMH wilaya de Biskra, 87 pages.
- [47] **SONATRACH, (1999)**, Géologie de l'Algérie, 93 pages

**Carte:**

- Carte topographique de Biskra 1/50000 : feuille n°320-8 14 – C24.
- Carte hydrogéologique de Biskra 1/50000.
- Carte géologique au 1/200.000 de la région de Biskra.
- Esquisse géologique des Aurès au 1/200.000 par R. Laffilte.

# **ANNEXES**

## Annexe I : Chapitre aperçu Hydroclimatologique.

### DONNEES PLUVIOMETRIQUES 1973/2015 STATION DE BISKRA-ANRH-

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOUT	TOTAL
73\74					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	104,2
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	193,7
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	107,5
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	112,8
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		252,0
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		117,9
14\15	15,9		6,5	0,0	7,6	40,0	36,5	0,0					106,5

**DONNEES PLUVIOMETRIQUE 1969/2014 STATION DE DJAMOURAH-ANRH-**

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
69\70			4,0	0,7	189,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	196,8
70\71	0,2	0,0	0,0	96,0	189,0	29,0	0,7	1,3	6,9	0,0	0,0	0,0	323,1
71\72	0,0	0,0	4,0	0,7	0,0	1,1	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	2,2	9,5
72\73	43,1	3,0	0,0	18,2	14,4	6,1	5,2	2,0	2,0	0,0	0,0	0,2	94,2
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	N\R	0,0	114,5
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	N\R	0,0	193,9
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	N\R	2,3	0,0	19,5	4,3	8,4	5,0	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	84,6
82\83	N\R	N\R	29,9	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	22,4	75,3
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	N\R	19,6	11,0	39,8	5,4	32,6	0,0	39,9	0,0	0,0	0,0	148,6
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	N\R	6,9	N\R	3,4	11,0	0,0	0,0	74,5
88\89	N\R	0,0	9,4	15,1	0,0	16,6	0,0	20,7	13,1	27,3	0,0	23,6	125,8
89\90	1,3	2,1	N\R	4,1	17,4	0,0	N\R	18,1	32,3	2,9	N\R	10,5	88,7
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	N\R	14,2	0,0	268,6
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	N\R	0,0	60,4
94\95	9,1	34,2	9,8	0,0	6,9	4,8	4,6	N\R	0,0	2,9	0,0	7,4	79,7
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	258,7
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	m	16,0	0,0	0,0	14,4	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	104,1
07\08	15,8	2,4	m	m	5,4	1,1	2,4	0,0	15,6	2,4	0,0	2,3	47,4
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			44,2

**DONNEES PLUVIOMETRIQUES STATION DU BARRAGE FOUM EL KHERZA****1971/2013 –ANRH-**

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
71\72	M	M	22,1	2,5	10,1		17,0	20,9	3,1	0,0	0,0	0,0	75,7
72\73	22,8	27,0	16,0	17,5	14,5	1,5	0,0	9,5	3,5	5,4	0,0	0,0	117,7
73\74	0,0	0,0	4,5	10,7	0,0	3,7	19,5	1,8	1,6	7,4	0,0	0,4	49,6
74\75	0,0	1,0	9,0	0,0	9,5	27,0	3,4	21,4	8,7	0,0	0,0	0,0	80,0
75\76	40,0	2,9	4,1	1,5	0,0	12,0	18,0	4,5	6,6	31,4	9,3	3,0	133,3
76\77	37,0	11,1	42,6	7,0	9,2	2,0	7,3	10,0	40,0	3,0	0,0	1,3	170,5
77\78	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	23,0	2,7	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	33,5
78\79	0,0	4,0	0,0	M	2,0	3,0	12,0	11,0	1,0	0,0	0,0	0,0	33,0
79\80	15,0	4,5	1,5	0,0	0,5	14,0	3,0	M	6,0	0,0	0,0	0,0	44,5
80\81	0,0	0,0	42,5	10,0	0,0	24,0	2,5	7,5	3,0	6,0	2,0	23,0	120,5
81\82	4,0	27,4	0,0	9,7	7,0	1,0	0,9	28,0	0,0	4,5	0,0	0,0	82,5
82\83	0,0	21,5	79,5	M	0,0	12,0	0,0	1,8	8,0	7,5	0,0	20,0	150,3
83\84	M	M	1,5	8,2	0,5	9,0	6,8	M	1,5	M	0,0	1,0	28,5
84\85	0,0	29,0	17,5	0,0	15,0	0,5	32,0	0,0	41,0	M	0,0	0,0	135,0
85\86	0,5	13,5	M	2,5	7,0	3,0	58,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	98,5
86\87	20,0	2,0	15,0	12,0	11,0	16,0	9,0	0,0	4,0	0,0	0,0	2,0	91,0
87\88	M	16,0	2,5	9,0	0,0	0,0	4,5	10,0	0,0	M	M	0,0	42,0
88\89	1,0	0,0	17,5	2,4	0,3	10,4	0,0	11,3	7,5	34,9	0,0	28,8	114,1
89\90	1,5	0,2	9,2	3,0	20,0	0,0	19,0	70,0	20,0	2,0	2,0	30,0	176,9
90\91	0,0	0,0	11,5	21,0	8,0	7,5	34,0	4,5	3,0	0,0	0,0	2,5	92,0
91\92	23,0	37,5	4,0	11,0	M	15,0	26,0	14,0	6,0	M	M	0,0	136,5
92\93	26,0	4,5	23,0	0,0	0,0	48,0	6,5	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	116,5
93\94	2,5	0,0	15,2	5,5	25,0	7,0	25,0	0,0	0,0	M	M	0,0	80,2
94\95	20,0	34,5	3,0	0,0	4,0	3,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	69,8
95\96	31,0	0,5	23,0	9,6	49,0	16,0	29,0	4,0	1,5	M	0,0	0,0	163,6
96\97	20,0	M	0,0	3,5	2,5	2,5	7,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,5
97\98	8,5	5,2	34,5	6,0	0,0	M	6,5	27,5	3,6	24,5	0,0	0,0	116,3
98\99	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	2,5	0,5	0,0	8,0	0,0	N\R	N\R	51,0
99\00	0,0	11,4	46,2	39,1	0,0	0,0	0,9	3,0	8,5	0,0	0,0	0,0	109,1
00\01	4,3	0,0	1,5	5,9	27,6	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	40,7
01\02	3,6	11,8	22,1	12,1	2,2	0,0	2,6	2,0	0,0	0,3	0,0	M	56,7
02\03	0,8	7,5	15,6	1,2	111,0	4,8	4,1	8,5	1,6	0,1	0,0	2,0	157,2
03\04	25,9	18,4	3,1	11,7	0,2	0,5	88,2	32,2	31,0	0,9	0,0	0,6	212,7
04\05	7,8	3,0	35,5	45,7	0,0	22,9	2,5	0,0	0,0				117,4
05\06					31,6	21,5	0,0	8,9	10,0	1,2	0,8	0,1	74,2
06\07	16,5	10,5	12,6	7,5	0,0	32,5	10,0	21,8	10,9	0,0	0,0	4,3	126,5
07\08	16,7	28,3	18,2	32,5	2,4				10,9	0,0	0,0	m	109,0
08\09													
09\10	15,2	4,7	26,5	1,8	10,3	18,3	23,4	39,3	5,5	11,5	0,0	1,0	157,5
10\11	15,2	4,7	26,5	1,8	6,3	0,0	36,7	41,5	54,3		0,0	7,0	194,0
11\12	0,0	107,0	4,1	0,0	0,0	0,7	5,8		0,0	0,0	0,0	0,0	117,6
12\13	29,8	14,9	25,5	1,3	14,3								85,8

**DONNEES PLUVIOMETRIQUES STATION DE DOUCEN 1973/2012 –ANRH-**

ANNEES	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
73\74					M	0,4	33,8	0,0	4,0	M	M	5,6	43,8
74\75	7,1	0,0	M	M	M	M	M	M	0,8	0,0	M	0,0	7,9
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	M	0,0	0,0	0,0	18,0	22,6	0,0	5,5	3,4	75,9
77\78	1,7	1,0	7,3	0,0	1,3	9,2	0,0	0,0	M	M	0,0	1,2	21,7
78\79	0,0	M	0,0	0,0	15,0	5,1	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	1,6	23,4
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	M	M	M	2,0
84\85	M	M	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	1,2	20,4	0,0	0,0	0,0	40,6
85\86	M	M	M	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	M	136,1
88\89	6,0	0,0	4,3	1,2	8,0	3,1	M	M	M	M	0,0	12,5	35,1
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	M	12,8	36,9	M	1,8	M	M	M	98,3
91\92	M	M	M	M	M	6,5	6,0	M	M	M	M	M	12,5
92\93	M	M	17,0	M	0,0	6,5	6,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	33,5
93\94	1,0	0,0	8,2	1,5	3,7	3,7	27,9	0,0	0,0	0,5	M	0,0	46,5
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	M	0,0	32,5
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	M	0,0	M	M	M	M	8,0	13,3	1,5	1,5	0,2	0,8	25,3
03\04	9,8	37,8	3,0	M	M	M	78,4	0,0	0,0	0,0	M	2,3	131,3
04\05	12,3	2,0	18,9	27,6	0,0	6,8	1,6	0,0	0,0	1,0	2,0	M	72,2
05\06	M	M	M	M	57,0	27,7	M	M	M	M	0,0	6,2	90,9
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	M	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	M	1,0	6,3	6,9	19,4	9,7	13,2	4,6	0,7	2,4	0,0	124,5
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

**DONNEES PLUVIOMETRIQUE STATION DE SIDI KHALED 1976/2013 –ANRH-**

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	TOTAL
76\77					N\R	N\R	N\R	N\R	N\R	0,0	0,0	0,0	0,0
77\78	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	24,7
78\79	0,0	37,0	0,0	0,0	N\R	10,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	47,8
79\80	90,0	16,0	2,5	0,0	4,0	31,0	31,4	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	243,8
80\81	0,0	0,0	12,3	12,4	N\R	N\R	N\R	N\R	N\R		0,0	0,0	24,7
81\82	15,0	0,0	0,0	14,0	19,7		5,3	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	72,3
82\83	0,0	18,0	20,5	0,0	0,0	7,0	0,0	14,0	11,8	5,3	0,0	6,2	82,8
83\84	0,0	15,0	6,9	4,6	7,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	46,3
84\85	0,0	14,5	7,4	3,0	14,7	3,0	14,3	0,0	44,9	0,0	0,0	0,0	101,8
85\86	11,0	9,6	24,5	8,2	17,0	0,0	24,7	0,7	7,2	0,0	0,5	6,0	109,4
86\87	23,0	23,1	40,7	1,7	11,0	11,7	13,0	0,0	7,2	20,0	5,0	0,0	156,4
87\88	40,0	7,5	5,5	8,9	17,0	10,0	22,0	7,0	0,0	8,3	0,0	5,0	131,2
88\89	25,0	7,0	5,0	0,0	4,0	5,5	0,0	8,0	0,0	20,0	0,0	10,0	84,5
89\90	80,0		8,0	4,5	19,4	0,0	0,0	23,0	62,4			8,0	205,3
90\91	21,0	0,0	29,0	19,0	4,0	7,0	16,0	0,5	6,5		0,0	1,0	104,0
91\92	13,1	19,5	5,0	5,5	0,0	12,0	29,0	15,0	27,5		3,0	0,0	129,6
92\93	40,0	4,0	55,0	4,0	0,0	27,0	10,0	0,0	20,0	1,0	0,0	2,0	163,0
93\94	0,0	0,0	6,0	10,0	2,0	2,0	3,0	0,0	0,0	5,0	N\R	14,0	42,0
94\95	58,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0		143,0
95\96	46,8	8,0	9,3	59,8	49,0	23,5	45,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,4
96\97	0,0	N\R	0,0	10,0	6,6	0,0	18,0	57,5	0,8	0,0	0,0	11,7	104,6
97\98	16,0	5,7	20,0	59,9	0,0	16,0	10,0	32,0	51,0	37,1	0,0	0,0	247,7
98\99	8,0	2,3	1,5	0,0	87,9	0,0	0,0	5,5	1,5	9,0	26,2	0,0	115,7
99\00	42,0	0,0	48,0	38,2	0,0	0,0	5,5	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	150,2
00\01	1,7	14,5	1,0	1,0	7,5	0,0	M	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	29,7
01\02	16,7	0,0	11,0	11,5	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	51,2
02\03	0,0	0,0	6,0	0,0	43,0	0,0	2,0	16,0	0,0	2,0	0,0	3,0	72,0
03\04	6,0	18,0	6,0	9,0	0,0	0,0	48,0	48,0	0,0	15,0	0,0	4,0	154,0
04\05	18,0	1,0	33,0	27,0	0,0	18,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,0
05\06		2,0	0,0	1,0	45,5	5,4	0,0	17,0	23,0	0,0	0,0	10,0	103,9
05\06	15,0	2,0	0,0	1,0	45,5	5,4	0,0	17,0	23,0	0,0	0,0	1,0	109,9
06\07	16,0	0,0	16,0	70,5	0,0	0,0	6,0	23,0	0,0	0,0	0,0	5,0	136,5
07\08	23,0	0,0	0,0	2,0	9,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	50,0
08\09	4,0	m	0,0	20,0	M	M	m	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0
09\10	74,0	0,0	0,0	0,0	18,0	16,0	5,0	47,0	0,0	5,0	0,0	0,0	165,0
10\11	5,0	M	7,0	0,0	0,0	0,0	45,5	60,0	MAI	3,0	0,0	0,0	120,5
11\12	27,0	60,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0
12\13	0,0	20,0	17,0	4,0	0,0	0,0	10,0	18,0	0,0		0,0	0,0	69,0

**DONNEES PLUVIOMETRIQUES STATION DE M'ZIRAA 1992/2013 –ANRH-**

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	TOTAL
92\93					0,0	165,0	31,0	N\R	N\R	N\R	N\R	N\R	196,0
93\94	N\R	N\R	N\R	N\R	50,0	60,0	66,0	0,0	0,0	N\R	0,0	0,0	176,0
94\95	N\R	39,5	0,0	0,0	34,0	0,0	0,5	0,0	0,0	N\R	N\R	0,0	74,0
95\96	90,0	0,0	31,0	29,5	22,5	19,9	11,3	2,4	0,0	0,0	2,0	0,0	208,6
96\97	1,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1
97\98	2,0	0,0	2,1	3,6	0,5	7,5	0,5	10,9	1,7	18,0	0,0	0,0	46,8
98\99	0,0	9,0	0,5	1,2	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
99\00	8,6	6,0	3,0	8,2	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4
00\01	0,0	0,0	0,0	1,3	6,3	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1
01\02	4,3	0,0	14,9	8,9	2,3	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	1,8	2,8	40,9
02\03	0,0	2,9	11,6	0,0	8,5	0,6	0,5	3,2	0,1	11,8	0,0	0,0	39,2
03\04	6,2	14,2	2,7	5,7	0,0	5,5	32,5	4,8	2,5	6,5	0,0	0,0	80,6
04\05	2,5	2,5	1,2	6,5	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	N\R	18,8
05\06	2,0	0,5	0,8	9,0	7,6	25,0	0,0	0,8	5,5	0,0	0,0	0,0	51,2
06\07	5,5	5,0	1,4	0,2	0,0	0,0	NR	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5
07\08	5,4	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9
08\09	0,8	7,4	0,0	14,0	9,4	6,5	12,9	0,0	17,5	0,0	0,0	0,0	68,5
09\10	3,3	1,0	0,0	0,7	2,5	2,7	10,3	2,0	0,0	9,5	0,0	0,0	32,0
10\11	1,8	0,1	28,3	0,0	10,0	0,0	34,4	24,4	2,5	7,5	0,0	10,0	119,0
11\12	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	5,6	0,0	0,0	0,0	3,0	17,7
12\13	1,9	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0	4,8	5,1	0,8	0,0	0,0	3,7	17,2

**DONNEES PLUVIOMETRIQUES STATION DE SIDI OKBA –ONM-**

ANNEE	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	TOTAL
2001	0,7	12,1	18,2	11,7	18,6	0	0	0	0,7	0	0,5	0	62,5
2002	0,4	24,4	17,5	1,9	1,3	0	1,5	3,9	2,1	1,3	1,5	6,1	61,9
2003	5,5	32,1	XX	11,4	69,6	1,9	3,1	8,9	2,8	5,7	0	6	147
2004	6,3	6,5	40,5	30,1	1,6	XX	84,3	22,5	21,8	1,2	0	0	214,8
2005	11,9	0	3,3	9,7	0	22,7	0	0	0	13,6	4,1	0	65,3
2006	17,2	0	27,8	9,6	65,4	35	0	19,7	23,1	0	0	0	197,8
2007	24,4	0	0	0	0	2	7,9	18,9	XX	0	XX	0	53,2
2008	19,5	53,6	0	35,8	3,5	0	0	0,7	15,7	1,3	0	1,5	131,6
2009	49,6	1,4	0	15,1	50,2	13,7	13,8	5,6	34,4	0	2	2	187,8
2010	9	2,8	35,4	0	18,3	15,4	20,8	31,5	4,6	14,2	0	XX	152
2011	0,5	55,2	1	0	5,2	XX	38,6	36,6	43,6	4,5	6,6	2,1	193,9

**TEMPERATURE MINIMALE en °C STATION DE BISKRA 2001/2015 –ONM-**

ANNEE	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	AN
2001	1	2,9	5	9,5	13,1	21,6	23	24,6	20,3	16,4	10,8	2,3	<b>12,54</b>
2002	0	4,5	7,5	10,8	13,5	18,6	22,7	21,8	16,5	10,5	6,5	5,5	<b>11,53</b>
2003	1,5	3	5,9	8,9	15,7	21,9	26,4	23,5	19,2	12,8	6,6	0,2	<b>12,13</b>
2004	0,5	3	5	8,9	11,5	18,5	24	22,5	14	14,3	5,9	1,9	<b>10,83</b>
2005	0,6	2	2,2	8,8	13,8	20,9	25,6	20,5	17,7	14,8	2	1,5	<b>10,87</b>
2006	0,5	3,9	6	12,3	15,5	13,1	25,2	22,1	16,5	13,8	9	4,1	<b>11,83</b>
2007	2,7	6	5,6	9,8	13,1	15,2	23,2	23,4	18,6	13	3,5	-0,2	<b>11,16</b>
2008	3,1	1,6	4,6	8	13,8	19,6	25,8	24,8	15,9	10,2	5,4	1,7	<b>11,21</b>
2009	3,5	0,6	5,5	9	12,6	21	25,3	24	17,1	11,3	7,5	4	<b>11,78</b>
2010	-0,6	0,8	5,6	13,4	12,2	20,8	24,2	26	18	9,9	8,6	2	<b>11,74</b>
2011	8,3	3,8	5,4	10	15,3	18,3	23,5	24,5	18,9	12	9,1	5,2	<b>12,86</b>
2012	-1	1,5	6	9,1	15	23	23	25	17,1	12,7	4	2,6	<b>11,50</b>
2013	4,5	2,4	5,1	9	15,4	0	20,5	18,5	18,4	16,1	4,4	4	<b>9,86</b>
2014	3	4	5,9	12	14	13,2	24	25,4	19,5	14	8	4	<b>12,24</b>
2015	0	2,9	-9,5	7,4	14	18,9	0	23,5	17,7	13,8	6,5	3	<b>8,18</b>

**TEMPERATURE MOYENNE en °C STATION DE BISKRA 2001/2015 –ONM-**

ANNEE	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	AN
2001	11,6	13,3	21	21,1	26,3	32,5	35,9	34,1	29,9	26,5	17	11	<b>23,35</b>
2002	10,5	14,5	19	21,4	26,3	31,8	34,2	33,2	28,8	23,1	17,3	13,9	<b>22,83</b>
2003	11,8	11,9	16,3	21,4	26,9	32,4	36,4	34,4	28,9	24,3	17,3	11,9	<b>22,83</b>
2004	12,8	14,8	17,3	19,6	23	30,1	33,3	34,7	28,3	24,5	15,5	12,3	<b>22,18</b>
2005	10	10,7	17,8	21,8	27,9	31,7	35,9	33,6	28,5	24	16,7	10,8	<b>22,45</b>
2006	9,9	12	17,7	23,2	28,4	31,6	34,4	33,8	27,3	24,6	16,9	13	<b>22,73</b>
2007	12,2	15,5	16,4	20,3	26,6	34	33,6	34,2	29,1	24	10,9	12,6	<b>22,45</b>
2008	12,1	13,7	17,8	22,5	26,5	30,7	36,1	34,4	29,4	22,3	15,2	10,8	<b>22,63</b>
2009	11,9	12	15,9	18,5	26,2	32	35,8	34,7	27,1	22,9	16,8	13,1	<b>22,24</b>
2010	12,6	14,5	18,8	22	24,2	31	35,1	34,4	28,6	22,3	16,6	12,4	<b>22,71</b>
2011	12,1	13,1	15,8	22	24,8	29,7	34,8	34	30,3	22,2	17,3	13,2	<b>22,44</b>
2012	12	11,6	17,1	21,2	26,6	33,7	36,1	35,7	29,5	24,9	18,4	13,1	<b>23,33</b>
2013	14,6	12,7	18,3	22	26	29,3	34	32,1	29,8	26,2	17,5	12,7	<b>22,93</b>
2014	13,1	15,2	16,4	22,8	26,5	30	34,2	34,5	31,2	25,6	18,7	13,2	<b>23,45</b>
2015	11,6	12,6	16,2	22,5	27,4	30,9	33,7	34,2	29,4	23,6	18,1	12,9	<b>22,76</b>

**TEMPERATURE MAXIMALE en °C STATION DE BISKRA 2001/2015 –ONM-**

ANNEE	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	AN
2001	19,9	22,9	35,7	33	41,9	43	46,5	45,5	41,8	37,2	28,9	23	34,94
2002	23	26	32,5	36	39,4	44,5	45,7	46,4	39,6	33,5	27	22,2	34,65
2003	24,5	21	26,4	38,2	39	46	47,2	46,3	42,8	40,2	25,5	21,8	34,91
2004	23,4	29,1	29,1	30	34,5	44,5	43,6	45,8	40,8	35,4	27	22,8	33,83
2005	22,1	20,6	32,6	36,6	39,9	43,7	47,9	46,4	39,2	33	31,1	21	34,51
2006	18,5	20,9	31,5	34,5	43,9	46,6	46,2	45,1	38	37,9	32	21,8	34,74
2007	24,1	25,2	30,4	31,6	39,7	46,6	43,8	43,2	39,2	38,1	25,2	23,4	34,21
2008	23	26,7	33	38,5	40,2	44,2	48,4	45,5	42	30,8	24,1	20,9	34,78
2009	21,2	20,9	27,7	32	40,6	41,2	46	44,8	43,8	33,8	28,3	23,5	33,65
2010	21,1	31	31,6	32	36,5	45,6	47,5	44,4	39,6	37,1	26,8	27	35,02
2011	23,5	23	28,1	35,5	36,9	43	46	47,4	42,5	32,7	25,7	21,8	33,84
2012	21,5	29,8	28,8	34,5	39	44,8	48	47,4	40,5	37,9	32,5	22,4	35,59
2013	25,2	25,5	29,5	36,5	39,4	41,7	45,5	42	42,8	37,5	31,5	21,6	34,89
2014	24	27	27,1	36,5	41,2	42	46,1	45,1	42	37,5	28,2	22	34,89
2015	23,9	20,9	31	42	43,2	46	44,8	46	42,7	36	27,7	21,6	35,48

**EVAPORATION en mm STATION DE BISKRA 2001/2011 –ONM-**

ANNEE	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
2001	93	118	229	219	303	358	413	317	219	174	105	67	2615
2002	82	115	177	205	273	330	356	317	221	139	147	98	2460
2003	95	108	135	237	247	275	375	353	232	157	113	89	2416
2004	100	115	152	176	209	241	282	298	203	159	91	82	2108
2005	112	96	167	251	276	298	385	322	182	120	111	63	2383
2006	67	71	158	199	229	302	319	383	235	178	84	77	2302
2007	97	129	167	123	232	390	373	357	254	224	148	122	2616
2008	98	70	173	141	288	302	425	320	271	105	99	55	2347
2009	88	100	146	203	283	362	386	403	207	170	127	67	2542
2010	95	119	167	173	304	348	399	361	275	237	130	135	2743
2011	115	131	149	176	195	272	395	317	293	178	141	133	2495