

N° d'ordre : /DSTU/2013

MEMOIRE

Présenté

à

L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER ACADEMIQUE

Spécialité

Géo-Ressources

Par

Abdelkader MEGUENNI-TANI

**CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE DU MIO-PLIO-
QUATERNAIRE DE LA REGION SUD DE LA VILLE DE BISKRA, ALGERIE.**

Soutenu le 03 Juillet, devant les membres du jury :

M.Mohamed ADACI, Maître de conférences (B), Univ. Tlemcen	Président
M. Sabrine GUETTAIA, Maître assistante (A), Univ. Tlemcen	Encadreur
M. Abderrezak BOUDJEMA, Maître assistant (A), Univ. Tlemcen	Co-Encadreur
M. Abderrezak BAGHLI, Maître assistant (A), Univ. Tlemcen	Examineur
M. M. Kamel TALEB, Maître assistant (A), Univ. Tlemcen	Examineur

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents pour leurs sacrifices.

Ma grand-mère,

Mes sœurs,

Mon cousin Salim et son fis Abdelkader,

Mes oncle et tantes,

Mes neveux,

Mon ami TALBI Ilyas et sa famille,

Et à tous mes amis.

Abdelkader.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je commence par remercier le bon Dieu qui m'a doté de la volonté, du courage et surtout de la patience pour produire ce travail et qui m'a aidé à faire face à toutes les difficultés rencontrées lors de son élaboration.

Mes sincères remerciements vont à mes parents qui ont sacrifié leur vie pour mon éducation et à mes professeurs qui ont sacrifié leur temps pour ma formation, durant mes études.

J'exprime ma reconnaissance à mes encadreurs : **M. BOUDJEMA.A** et **Mme. GUETTAIA.S**, pour leurs encadrements tout le long de ce projet et pour leurs aides, orientations et conseils très efficaces.

Mes remerciements vont également à :

M.ADACI. M^{ed}, pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury.

M.TALEB.K. et **M. BAGHLIA**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie **M. TALBI Ahmed**, pour son aide et ses valeureux conseils, durant tout mon cursus universitaire.

Je remercie **M. LATRACHE.C** et **M. KECHAD.F**, ingénieurs d'état à l'ONM (Biskra), M^r le Directeur régional de l'ANRH-Ouargla et **M. HAMEL.A**, ingénieur chef de l'ANRH de Biskra de m'avoir facilité le travail, en me fournissant toute la documentation et les données nécessaires.

Je remercie tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

A tous, je dis merci.

RESUME

La ville de Biskra, est située au Sud-Est de l'Algérie, à environ 480 km d'Alger.

La région d'étude est caractérisée par un climat aride, dépendant exclusivement des ressources en eau souterraine. La plaine de Biskra contient une nappe importante, localisée dans le Mio-Plio-Quaternaire.

L'étude hydrogéologique a permis de reconnaître les différentes formations aquifères de la plaine de Biskra. L'analyse des cartes piézométriques disponibles a montré que le sens d'écoulement des eaux souterraines se fait du Nord-Ouest vers le Sud-Est, traduisant une alimentation par les bordures du Nord et de l'Ouest par les formations perméables du Mio-Pliocène et du Sénonien.

Mots-clés : Biskra, Nappe du Mio-Plio-Quaternaire, carte piézométrique, rabattement.

ABSTRACT

The city of Biskra is located in the south-east of Algeria, about 480 km from Algiers. The study area is characterized by an arid climate, depending only on groundwater resources. The plain of Biskra contains a large aquifer, located in the Mio-Plio-Quaternary.

This hydrogeological study helps to find the different aquifers of the plain of Biskra. The analysis of the existing piezometric maps shows that the groundwater flow direction is from northwest to southeast, reflecting supply from northern and western borders with pervious Mio-Pliocene and Senonian formations.

Keywords: Biskra, Mio-Plio-Quaternary Aquifer, Piezometric Map, Drawdown.

TABLE DES MATIERES

Dédicace.	
Remerciements.	
Résumé.	
Abstract.	
	p.
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 01 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	
Généralités.....	2
I. Situation géographique	2
II. Aspects socio-économiques.....	3
II.1. La population et son évolution.....	3
II.2. L'activité économique.....	5
II.2.1. Le taux d'activité	5
II.2.2. Les grands secteurs d'activité	5
II.2.3. L'activité agricole.....	5
II.3. La situation sociale.....	5
II.3.1. L'enseignement.....	5
II.3.2. La santé	6
CHAPITRE 02 : CADRE GEOLOGIQUE	
Cadre Géologique.....	7
I. INTRODUCTION	7
II. ANALYSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE.....	7
II.1. Le Crétacé supérieur.....	8
II.2. Les formations du Tertiaire (CENOZOIQUE)	10
a-Série marine du Nummulitique (Eocène inférieur et moyen)	10
b-Série continentale du Nummulitique (Eocène supérieur)	10
II.2.1. Le Miocène marin	11
II.2.2. Le Miocène continental.....	11
II.3. LE QUATERNAIRE	12
III. ANALYSE STRUCTURALE	12
IV. CONCLUSION.....	15

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 03 : CADRE CLIMATIQUE

I. INTRODUCTION	16
II. ETUDE DES PRECIPITATIONS	16
II.1. ETUDE DES PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES	16
II.2. ETUDE DES PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES	17
II.3. PRECIPITATIONS SAISONNIERES	17
III. ETUDE DES TEMPERATURES	19
IV. LE VENT	21
V. L'HUMIDITE RELATIVE.....	21
VI. SYNTHESE CLIMATIQUE	22
VI.1. Courbe Ombrothermique	22
VI.2. Indices climatiques	23
A. Indice d'aridité.....	23
B. Climagramme.....	25
VII. L'évapotranspiration	27
VII.1. L'évapotranspiration potentielle : (ETP).....	27
VII.2. EVAPOTRANSPIRATION ET DEFICIT D'ECOULEMENT	28
A. Méthode de Turc.....	28
B. La méthode de Wundt.....	29
C. Méthode de Thornthwaite.....	30
Conclusion.....	32

CHAPITRE 04 : CADRE HYDROLOGIQUE

I. INTRODUCTION	33
II. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	33
II.1. Présentation	33
II.2. Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Biskra et ses affluents	36
II.3. Profil en long.....	37
III. ETUDE DES ECOULEMENTS	37
III- 1 ETUDE DES DEBITS ANNUELS.....	39
III- 2 ETUDE DES DEBITS MENSUELS	40
CONCLUSION.....	42

CHAPITRE 05 : CADRE HYDROGEOLOGIQUE

I. INTRODUCTION	43
-----------------------	----

TABLE DES MATIERES

II. LES NAPPES SOUTERRAINES	43
II.1. La nappe phréatique	43
II.2. La nappe des sables	43
II.3. La nappe des calcaires.....	44
II.4. Le Continental Intercalaire.....	44
III. ETUDE DE LA NAPPE DU MIO-PLIO-QUATERNAIRE	44
III.1. Alimentation de la nappe	44
III.2. Interprétation des cartes piézométriques.....	45
III.3. Carte de rabattements.....	49
Conclusion.....	50
CONCLUSION GENERALE	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54
Liste des Abréviations	
Liste Des Figures	
Liste Des Tableaux	
Annexe	

INTRODUCTION GENERALE :

En Algérie et particulièrement dans les zones situées au Sud de l'Atlas Saharien, la rareté et le caractère aléatoire des précipitations, conjuguée à une désertification de plus en plus inquiétante, résultant à la fois des actions anthropiques et de la rigueur des conditions climatiques, sont une réelle menace au développement durable de ces zones.

Parallèlement aux conditions naturelles défavorables, le développement des activités industrielles et agricoles et l'extension des périmètres irrigués en particulier, n'ont pas été sans conséquences sur l'environnement en général et sur la ressource en eau plus particulièrement. En effet, l'implantation de zones urbaines, accompagnées de zones industrielles et un développement accru de l'activité agricole, ceci a été la cause d'une dégradation de la ressource en eau, tant sur le plan quantitatif que sur celui de la qualité.

Devant le quasi inexistance de ressources hydriques superficielles, l'exploitation des eaux souterraines reste le seul moyen pour parvenir à la satisfaction des divers besoins (AEP, agriculture, industrie...).

La surexploitation des eaux souterraines, liée à la forte pression démographique et aux activités d'agriculture, a accentué la tendance à la baisse des niveaux des nappes. Il s'avère donc nécessaire de mettre en œuvre, parallèlement aux programmes d'exploitation, des études globales pour la reconnaissance des ressources en eaux.

Située sur le flanc sud des monts de l'Aurès et s'inscrivant ainsi dans le domaine de l'Atlas Saharien, plus exactement dans la zone de transition entre l'Atlas Saharien et le Sahara, la région de Biskra se trouve confrontée à d'énormes difficultés alliant rareté et faible qualité de la ressource hydrique.

Une meilleure connaissance du fonctionnement hydrodynamique des aquifères de la région, contribuerait à une gestion durable de l'eau.

Généralités

I. Situation géographique :

La Wilaya de Biskra se situe au Sud-Est de l'Algérie, elle occupe une superficie de 21671 Km², son altitude est de 128 mètres/au niveau de la mer. (ANAT).

La wilaya de Biskra est limitée :

- ▶ Au Nord : par la wilaya de Batna et de M'sila.
- ▶ Au Sud : par la wilaya de Ouargla et d'El-Oued.
- ▶ A L'Est : par la wilaya de Khenchela.
- ▶ A L'Ouest : par la wilaya de Djelfa.

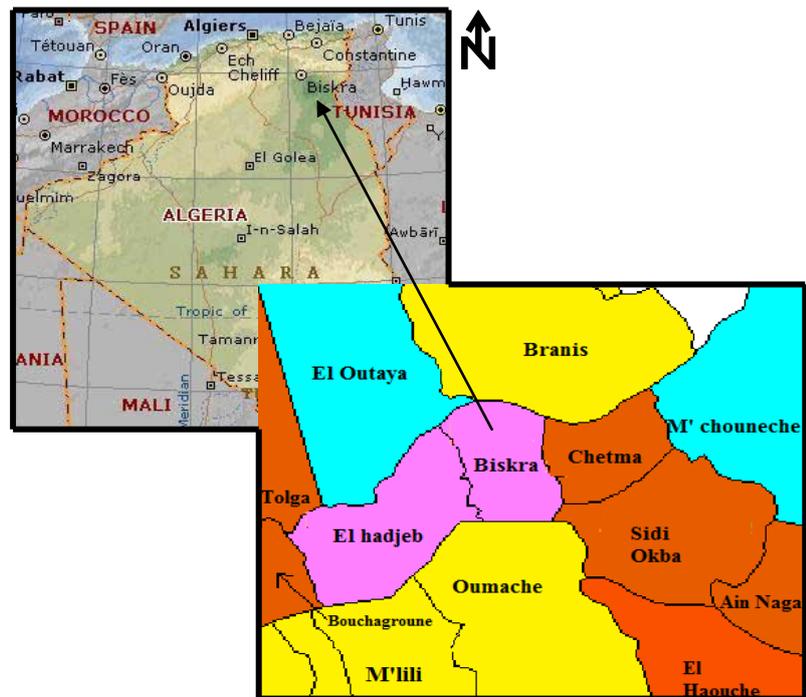


Figure n° 01 : Carte de situation géographique de la ville de Biskra (H.P.E 2005).

La zone d'étude, circonscrite dans la wilaya de Biskra, est située au Sud-Est de l'Algérie, à environ 480 km au Sud-Est d'Alger.

D'une superficie de 127.55 Km², la ville de Biskra est limitée au Nord, par la commune de Branis, au Nord-Ouest par la commune d'El Outaya, à l'Est par la commune de Chetma, au Sud-Est par la commune de Sidi Okba, au Sud- Ouest par la commune d'Oumache et à l'Ouest par la commune d'El Hadjeb. (Fig n° 01).

II. Aspects socio-économiques :

II.1. La population et son évolution :

Par manque de données, l'analyse de l'évolution démographique de la ville de Biskra s'est limitée au quatre recensements qu'a connu le pays (RGPH de 1966, 1977, 1987 et 1998) et qui informent sur la situation de cette évolution et sa répartition spatiale (voir tableau n°01 et figure n°02).

Cette évolution fait ressortir les principaux points suivants :

- Une population, en rapide extension.
- Un taux d'accroissement encore plus élevé que la moyenne du pays (2,94% contre 2,15% entre 1987 et 1998).
- Et bien sur, cette évolution à une influence sur la croissance urbaine.

Tableau n° 01 : Evolution de la population (1966-1977-1987-1998).

	Population (Hab)				Taux d'accroissement (%)		
	1966	1977	1987	1998	1966/77	1977/87	1987/98
Centre ville	52,519	96,988	128,281	177,088	3,89	5,23	2,94
Commune	58,561	90,471	128,924	178,064	4,44	3,60	2,94

(HPE Constantine ,2005)

*** Projection de la population aux horizons 2010-2020 :**

Tableau n° 02 : Evolution de la population attendue à 2010-2020

Organisme	Projection population			Taux d'accroissement (%)
	2010	2020	2000 /2010	2010/2020
PAW	271.303	314.860	3,62	1,50
PDAU	330.862	453.361	5,34	3,20
MCU*	200.000	220.000	1,02	0,95

(H.P.E Constantine ,2005)

PAW : Plan d'aménagement de la willaya, achevé en 1989.

PDAU : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.

MCU* : Maîtrise de la croissance urbaine de la ville de Biskra, réalisée en 1998.

Partant de cet état de fait , en sachant que la ville de Biskra ne peut en aucun cas aller au delà d'un seuil maximal, tout en préservant un cadre de vie acceptable. Le but attendu de cette estimation future est de planifier les actions à entreprendre pour la

réalisation des équipements, des accompagnements ayant trait à l'amélioration du cadre de vie, des besoins en logements et en équipements de l'agglomération de Biskra.(A.BOUMESSENEGH, 2007).

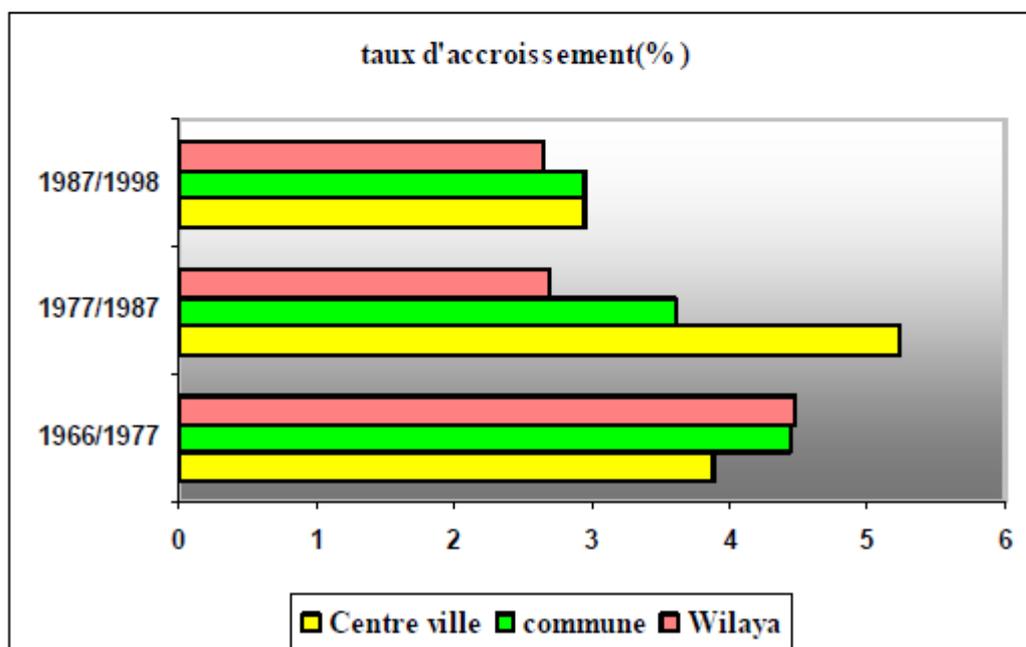
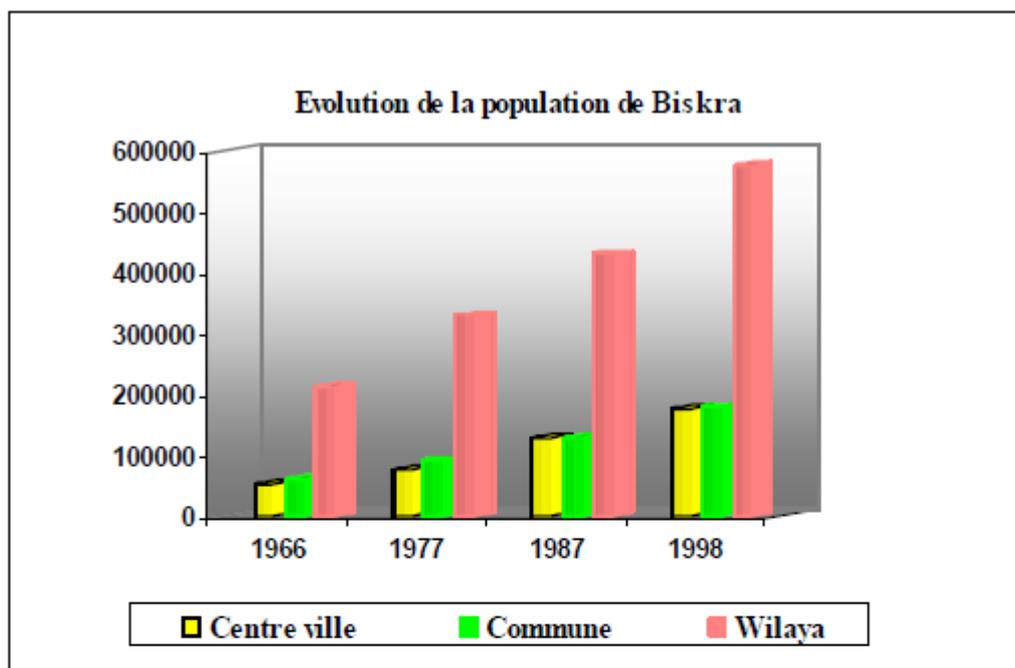


Figure n° 02 : Evolution de la population de la ville de Biskra.

(1966, 1977, 1987 et 1998). H.P.E Constantine ,2005

II.2. L'activité économique :

II.2.1. Le taux d'activité :

D'après les recensements de 2004, 280 000 personnes en âge de travailler, vivent à Biskra, soit 50% environ de la population totale, dont 115 000 ont déclaré avoir un emploi, cela représente 41% de la population active, ce qui est supérieur à la moyenne saharienne (34%). En comptant les représentants des deux sexes, le taux d'occupation oscille entre 14% à Ain Zaâtout et 75% à Chetma. (BRL, 2004)

II.2.2. Les grands secteurs d'activité :

Il apparaît que le tiers des emplois sont offerts par le secteur public (42 000) et le reste par le secteur privé. L'agriculture à elle seule, occupe 38% des personnes qui travaillent (ce qui est 7% de plus que la moyenne saharienne), avec des variations locales importantes : 5% seulement à Biskra, mais entre 80% et 95% à El Ghrous, El Hadjeb, El Haouche, Foughala, Meziraa... (BRL, 2004).

II.2.3L'activité agricole :

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

II.3. La situation sociale :

II.3.1. L'enseignement :

Avec 110 000 élèves dans l'enseignement fondamental (plus de 230 enfants pour 1000 habitants) les jeunes de la région sont remarquablement scolarisés, les garçons presque toujours plus nombreux que les filles, mais avec des écarts relativement modérés. Cet effort mobilise plus de 4 500 enseignants.

L'enseignement secondaire et technique compte 13 400 élèves dont 6 000 filles. Les établissements sont localisés dans les 12 chefs lieux de daïra. (BRL 2004).

II.3.2. La santé

On compte 239 médecins à Biskra, dont 112 spécialistes, ce qui donne une moyenne de 6 médecins pour 10 000 habitants. La distribution est très inégale : on trouve 10 médecins pour 10 000 habitants à Biskra la capitale, mais seulement 5 à Lichana et 2 à Mezira par exemple. Il y a au moins un médecin par commune, sauf à Ain Zaâtout, El feidh et M'Lili qui n'en comptent aucun. Les dentistes sont plus rares : si 48 d'entre eux exercent à Biskra, 11 communes sont complètement dépourvues, les autres localités en comptent au moins 1. On en trouve 4 à Tolga. Les pharmaciens présentent le même type de distribution.(BRL, 2004).

Cadre Géologique

I. INTRODUCTION :

Du point de vue géologique, la région de Biskra 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 » (Fig n°03).

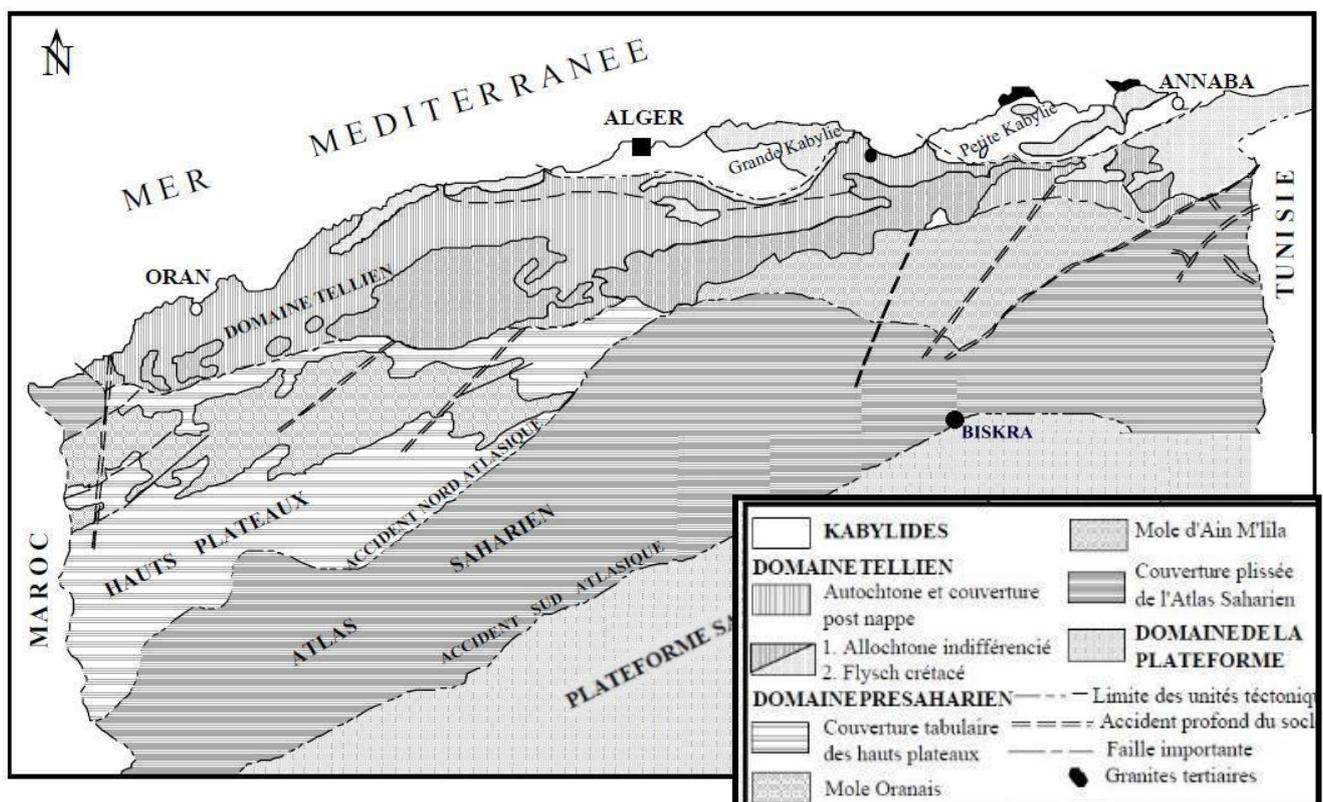


Figure n° 03 : Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie. (Hadj-Saïd, 2007)

II. ANALYSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE:

La région de Biskra forme une zone de transition progressive entre le domaine atlasique et le domaine saharien septentrional (Fig n°03), car la continuité géologique

de part et d'autre de l'accident sud atlasique est vérifiée entre Branis et Chetma. C'est une région « syn-orogénique », liée principalement à la tectonique de l'orogénèse atlasique (alpine). A tous moments, les phénomènes tectoniques syn sédimentaires d'ampleurs diverses, commandent la sédimentation, par conséquent le devenir des bassins. Les relations tectonique-sédimentation sont étroitement liées. La région a vécu du Miocène au Quaternaire et en partie à l'actuel. Elle appartient à un ensemble d'aires sédimentaires, plus ou moins indépendantes qui se sont sur- imposées à l'orogénèse tellienne ou hercynienne (Guiraud, 1990).

***La série lithostratigraphique comprend de bas en haut les termes suivants:**

II.1. Le Crétacé supérieur :

Le Sénonien : il existe dans tous les synclinaux de l'Aurès ainsi qu'autour des anticlinaux. Il est très épais (2000m en moyenne) et occupe en affleurement des surfaces considérables. Sa partie supérieure, formée généralement de calcaires massifs, donne des crêtes immenses et continues qui sont un des éléments caractéristiques de l'orographie de la région.

Au Nord-Est d'El Outaya, au Djebel el Mellah, le noyau de percement triasique a amené en affleurement un petit îlot de marnes noires et de calcaires crayeux assez fossilifères, situé au pied de cette montagne, attribué par R. Laffite au Campanien. Au Nord et à l'Est de ces marnes, affleurent des calcaires massifs que cet auteur, à cause de leur position au dessus du Campanien et de leur faciès, attribuait au Maestrichtien. Sur le versant nord de l'anticlinal de Boughezal, le Sénonien est représenté par d'importantes masses calcaires maestrichtiennes, sur une épaisseur de 400 à 500m environ, en même temps que se développe un faciès à rudistes exceptionnel. (A.Haouchine, 2010).

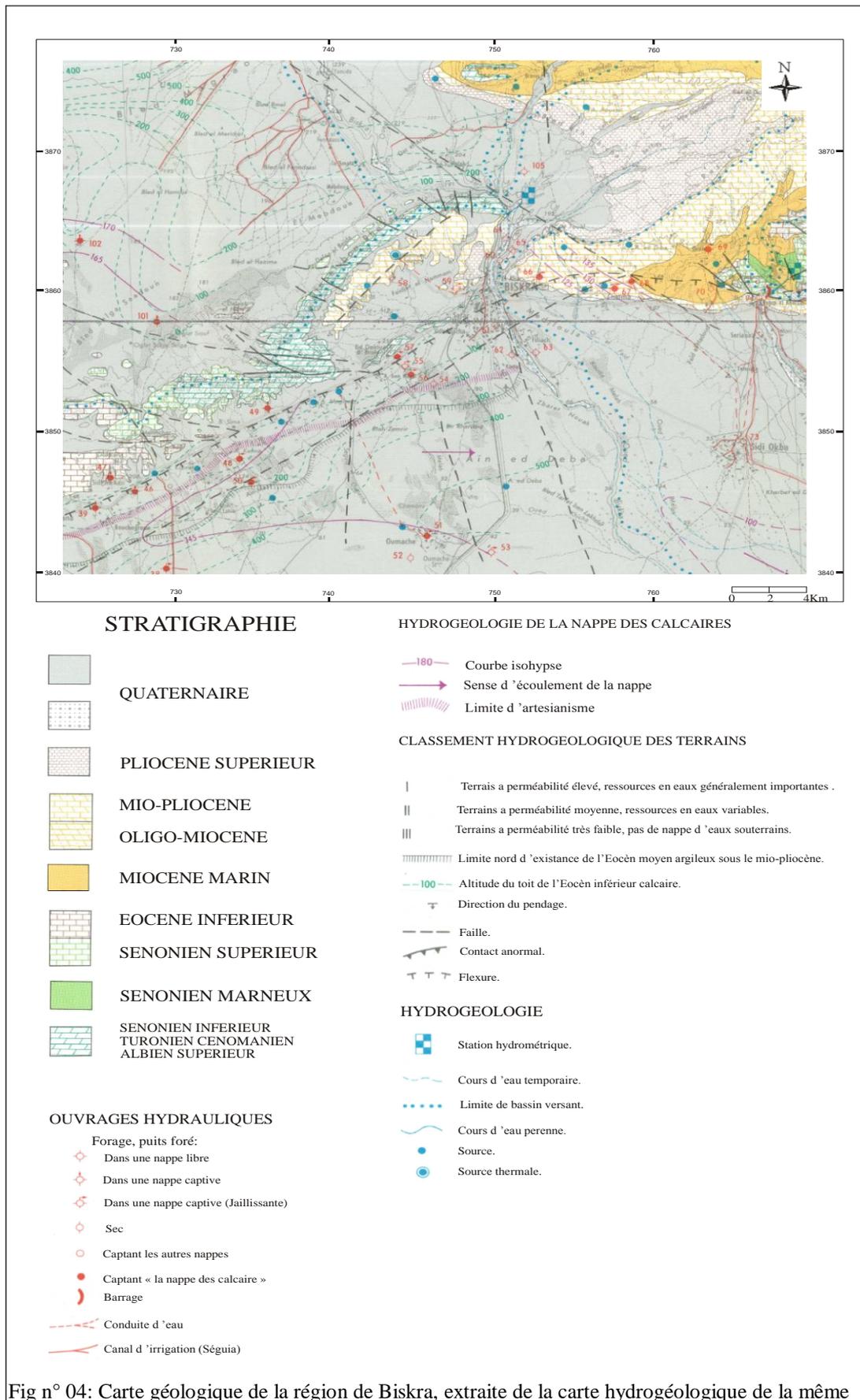


Fig n° 04: Carte géologique de la région de Biskra, extraite de la carte hydrogéologique de la même région, (D.M.R.H, 1979).

II.2. Les formations du Tertiaire (CENOZOIQUE) :

***Paléogène (LE NUMMULITIQUE) :**

a-Série marine du Nummulitique (Eocène inférieur et moyen) :

Aucun sédiment marin plus ancien que le Lutétien n'est connu dans l'Aurès. Avant le Burdigalien qui repose en transgression et en discordance sur tous les terrains sans exception, seuls les terrains continentaux s'intercalent parfois entre le Lutétien et le Burdigalien. Cette période correspond à l'émersion et au plissement de la région.

- **L'Eocène inférieur** : il affleure à l'Est-Sud-Est de Djebel El Mellah. Il est représenté par quelques dizaines de mètres de marnes jaunes verdâtres, légèrement gypseuses et des calcaires argileux à lamellibranches.

Un banc de calcaire micro-conglomératique, marque l'implantation de la sédimentation marine. Cette formation affleure également à l'Est d'El Outaya (Djebel Ahmar) où elle est représentée par des calcaires riches en silex noir et souvent fissurés.

- **L'Eocène moyen** : il affleure à l'Est de Biskra, sur le flanc nord de Djebel Ahmar. Il est caractérisé par une sédimentation lagunaire de type : argiles, gypses, anhydrites et calcaires ; sa puissance varie de 100 à 400m environ (A.Haouchine, 2010).

b-Série continentale du Nummulitique (Eocène supérieur) :

Le Nummulitique continental se trouve dans deux situations différentes :

- Dans les synclinaux, où il commence à se former, dès l'émersion de la région, recouvrant en discordance le Burdigalien.
- En discordance, sur tous les termes des séries plus anciennes affleurantes dans l'Aurès, jusqu'au Trias.

*** Le Néogène:**

Le Néogène est bien développé dans les plaines, facilement accessibles de la périphérie de l'Aurès, notamment entre Biskra et El Kantara. Il est subdivisé en deux sous-étages : le Néogène marin (Miocène inférieur) et le Néogène continental (Miocène supérieur et Pliocène).

II.2.1. Le Miocène marin :

Le Miocène marin affleure au Nord d'El Outaya, sur le flanc nord de Djebel Modiane, Djebel Magraoua et à l'Est de la région de Branis. Il est représenté par des marnes rouges à gypse et silex.

Plus au Nord, à Sebâa Mgataâ, le Miocène est formé de molasses marno-calcaires, riches en pectinidés et en mollusques. Au dessus, viennent des marnes, sans fossiles avec gypses diffus. L'épaisseur totale est d'environ 200 à 300m (A.Haouchine, 2010).

II.2.2. Le Miocène continental :

Au dessus du Miocène marin, viennent des assises continentales très développées au Sud de l'Aurès, où elles acquièrent une épaisseur considérable.

➤ **Le Miocène supérieur** : il affleure au Nord- Est de Biskra, à Bled Salaouine, sous forme de couches marno-calcaires brunes rougeâtres. A l'Ouest, sur le flanc sud de Djebel Maghraoua et surtout sur Djebel Moddiane, le Miocène supérieur est constitué de conglomérats et de brèches, pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

A l'Est d'El Outaya, R. Laffite a observé des couches rouges reposant sur le Miocène marin fossilifère ce sont des marnes rouges, conglomérats, sables, des grès grossiers avec de rares bancs de graviers, de poudingues mal cimentés et des poudingues grossiers qu'il attribue au Miocène supérieur. La puissance de cet ensemble est d'environ 500m.

➤ **Le Pliocène** : le Pliocène forme une série d'affleurements très continus au Nord et au Nord- Est de Biskra. Il est également représenté par la croûte calcaro-gypseuse, englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers dans le Sud de l'Oued Djedi. (A.Haouchine, 2010).

II.3. LE QUATERNAIRE :

Il est représenté par des alluvions récentes, formées le long des oueds ainsi que les terrasses, les formations de pentes et des glacis sont souvent encroutés. Les alluvions récentes sont localisées dans la partie basse, depuis le Sud de Sidi Okba jusqu'à El Feidh. Ce sont les alluvions limoneuses, imperméables. Cela, détermine des nappes phréatiques facilement exploitables ; elles sont répandues dans tous les Zibans. Les formations du Quaternaire sont aquifères, elles donnent naissance aux sources qui se déversent dans les alluvions. Ces alluvions forment une nappe phréatique d'inféoflux des oueds (nappe des alluvions de l'oued de Biskra). (S.AIDAOU, 1994).

Profond mètre	Coupe Géologique Shématique	Nappes	Etages	Descriptions stratigraphiques
0		Inféoflux des oueds phréatiques		Alluvions, Dunes, Argiles et Sables
130		mio- pliocène	Pliocène et Miocène	Marnes et Grés Sableux, Gypse
250			Eocène moyen	Marnes, Anhydrites et Gypse dolomies
375		EOCENE inférieur	Eocène inférieur	Calcaires blancs à Silex noire
600			SENONIEN supérieur	Sénonien supérieur

Fig n° 05 : Coupe lithostratigraphique de la région de Biskra (D.M.R.H 1979).

III. ANALYSE STRUCTURALE :

La flexure ou l'accident sud atlasique, s'est développé lors de la phase paroxysmale pliocène et post-pliocène de la surrection de l'Aurès. Cette phase est également responsable de toutes les déformations du continental néogène (Mio-Pliocène).

Suite à la phase pliocène, des effondrements le long des accidents tectoniques ont eu lieu; l'érosion intense des reliefs ainsi surélevés, commence à combler les dépressions provoquées par les mouvements tectoniques. En effet, à mesure que se produisait l'exhaussement des zones atlasiques et aurésiennes, il s'est créé un affaissement méridional : le sillon sud aurésien, réceptacle des produits de démantèlement des

reliefs naissants. C'est ainsi que nous trouvons au Nord de la flexure, le point culminant de l'Atlas (Djebel Chelia : 2326m) et au Sud, les dépressions les plus profondes de l'Algérie : les chotts Melghir et Merouane (-40m).

Il existe deux systèmes de failles, de directions différentes : les failles orientées NW-SE et les failles SW-NE ; le premier type est connu sur l'ensemble de l'Atlas Saharien.

Cette région est localisée dans un synclinal affecté d'un ensemble de plis et de failles ainsi qu'une succession de petits synclinaux et anticlinaux. Dans le détail, il s'agit d'une ligne brisée dont les tronçons successifs de celle-ci se répartissent en trois familles principales de cassures, de directions proches d'E – W, NE – SW et NW – SE (cette direction ne se rencontre que dans la région de Biskra). Aussi, il représente une limite assez complexe, tant du fait de son tracé que de son histoire, car il correspond à une succession d'accidents indépendants les uns des autres ayant joués ou rejoués lors de diverses phases tectoniques. (N.Brinis, 2011).

Dans la région de Biskra on note, qu'entre Chaïba (Ouest) et Foug El Gherza (Est), les accidents NW – SE à WNW – ESE sont liés à des décrochements dextres et se poursuivent dans le domaine atlasique. Cependant, il semble que la faille de Chaïba, limitant le bassin d'El Outaya à l'Ouest, n'ait pas rejoué après le Miocène, ce qui n'est pas le cas pour les décrochements qui se manifestent à l'Est de Biskra (Chetma, Foug El Gherza) et qui décalent les séries pliocènes de façon dextre, en les laminant parfois (principalement entre Biskra et Chetma) (Guiraud R. 1990).

L'âge des déformations Est atlasique est de l'Eocène moyen, dans le secteur Ouest (Chaïba), et fin-Pliocène, ailleurs (Biskra – Khanguet Sidi Nadji). (N.Brinis, 2011 et R. Laffitte, 1939).

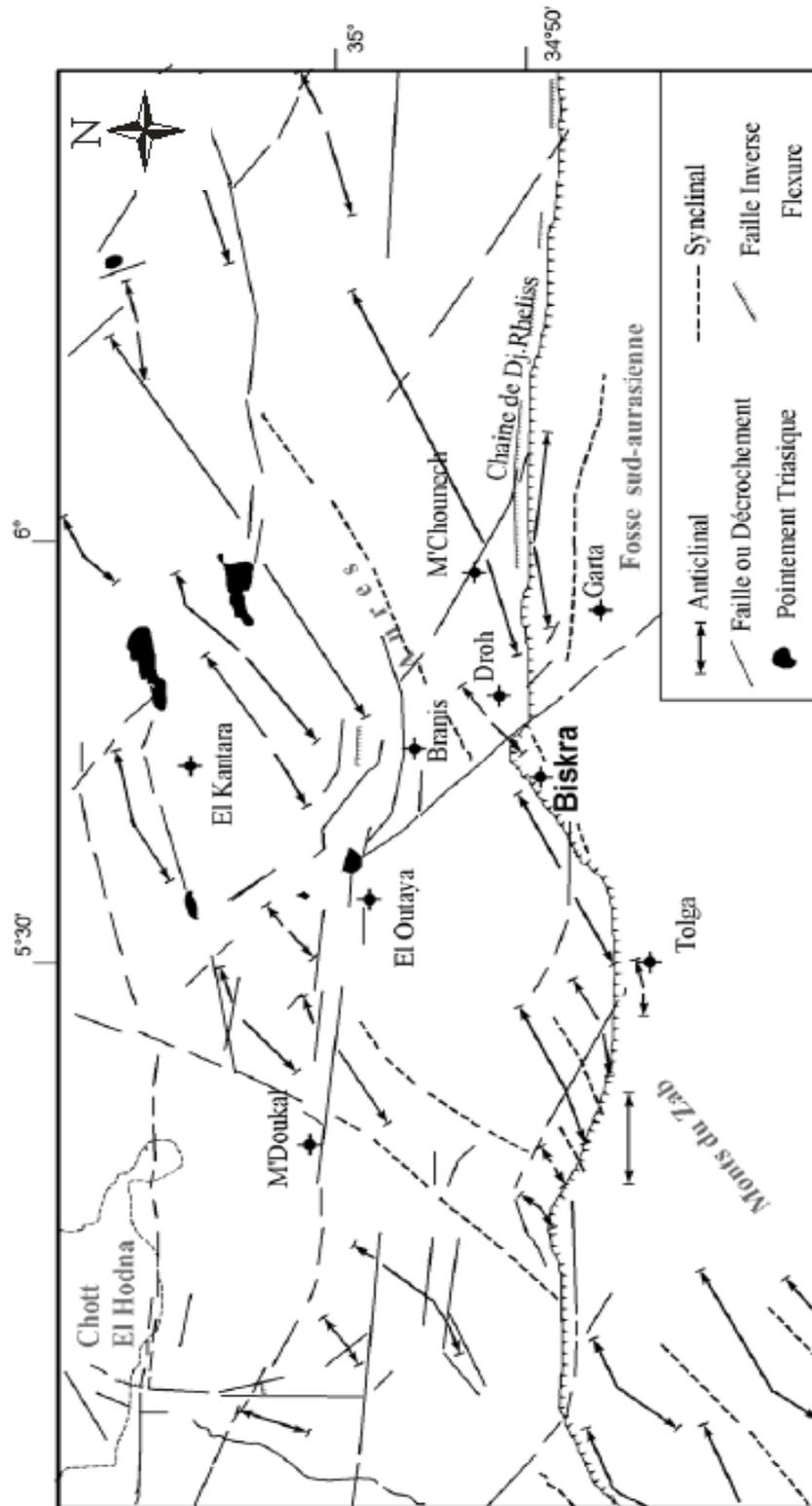


Figure n° 06 : Schéma structural de la région de Biskra (M.CHEBBAH ,2007).

IV. 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.

L'Eocène est représenté par des calcaires fissurés, marnes, argiles et gypses, et les formations néogènes sont bien développées et constituées de calcaires et de calcaires marneux ,à la base et de conglomérats, 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 structure à valeur synclinale de la région d'étude et l'analyse litho stratigraphique, ont permis de relever les formations suivantes ,comme étant les plus intéressantes pour la formation des aquifères :

*Formations favorables au développement d'aquifères poreux :

Elles sont représentées par les sables, grès, poudingues et graviers du Mio-Pliocène ainsi que les couches quaternaires correspondant à des éboulis, sables et alluvions ,au niveau des oueds.

*Formations favorables au développement d'aquifères fissurés et karstiques :

Celles-ci sont représentées par les calcaires cristallins et les calcaires marneux du Turonien, les calcaires et les calcaires dolomitiques du Sénonien et enfin, par les calcaires de l'Eocène inférieur. Le développement des aquifères et leur importance dans ces formations, dépendent du degré de leur fissuration et karstification.

I. INRODUCTION :

L'Algérie est caractérisée par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du Sud, en passant par le climat montagneux des plateaux, nous serons donc amenés, avant toutes choses, à préciser le type du climat du secteur que nous avons étudié.

Pour notre région d'étude, nous nous sommes basés sur les observations disponibles, relevées dans la station de Biskra.

-Station météorologique de Biskra (période : 1992 – 2012).

Tableau n° 03 : Caractéristiques de la station de mesure.

Caractéristiques de la station	Altitude (m)	Coordonnées Lambert		Observations
		X	Y	
Biskra	85	778.27 km	171.54 km	fonctionnelle

Source : O.N.M

II. ETUDE DES PRECIPITATIONS :

Le terme « précipitations » englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que se soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle). Dans notre région d'étude, les précipitations sont faibles.

II.1. ETUDE DES PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES :

Tableau n° 04 : Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra. (1992-2012)

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

D'après cette série de 21 ans « 1992-2012 » tableau (04), La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de **173.05 mm**. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité inter- annuelle des précipitations (Fig. n°07) montre une irrégularité assez prononcée, avec des périodes humides qui ont des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à 342.69 mm (1994) et

des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne, jusqu'à 47 mm (2002).

II.2. ETUDE DES PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES :

Le tableau (05) donne les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, mesurées à la station de Biskra, sur la période allant de 1992 à 2012.

Tableau n° 05 : Précipitations moyennes mensuelles (1992-2012).

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	août	sep	oct	nov	déc	Annuelle
P (mm)	19,69	8,50	21,75	15,67	10,27	3,38	8,17	2,08	30,94	14,87	20,50	17,23	173.05

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

II.3. Précipitations saisonnières :

Les quatre saisons de l'année correspondent à :

- Hiver (Décembre, Janvier, Février).
- Printemps (Mars, Avril, Mai).
- Eté (Juin, Juillet, Août).
- Automne (Septembre, Octobre, Novembre).

Et leurs précipitations équivalentes sont données par le tableau suivant :

Tableau n° 06 : Répartition saisonnière des précipitations.

Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Station de BISKRA P(mm)	45.42	47.68	13.62	66.31

La distribution saisonnière des précipitations (fig n° 09) montre que l'été correspond à la saison la plus sèche. L'Automne étant la saison la plus humide.

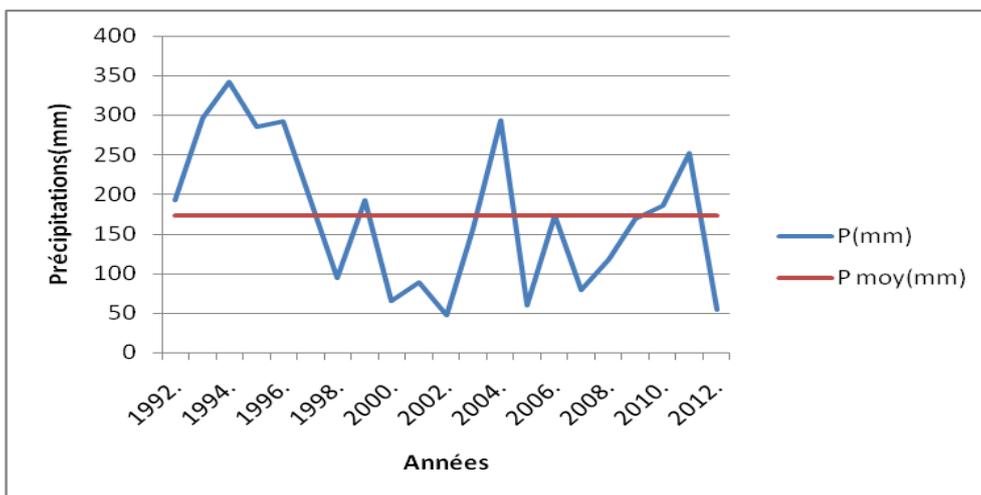


Figure n° 07 : Variations inter- annuelles des précipitations .Station de Biskra (1992-2012)

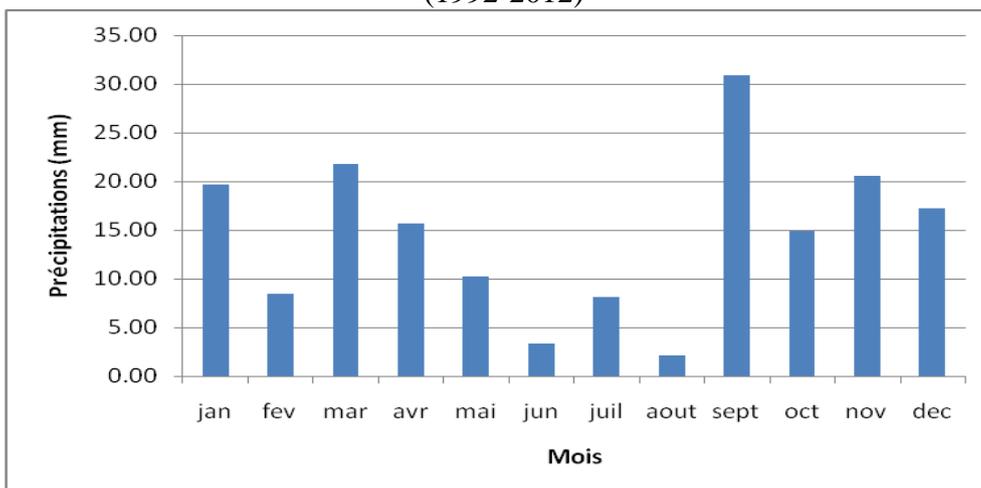


Figure n° 08 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles. Station de Biskra (1992 -2012).

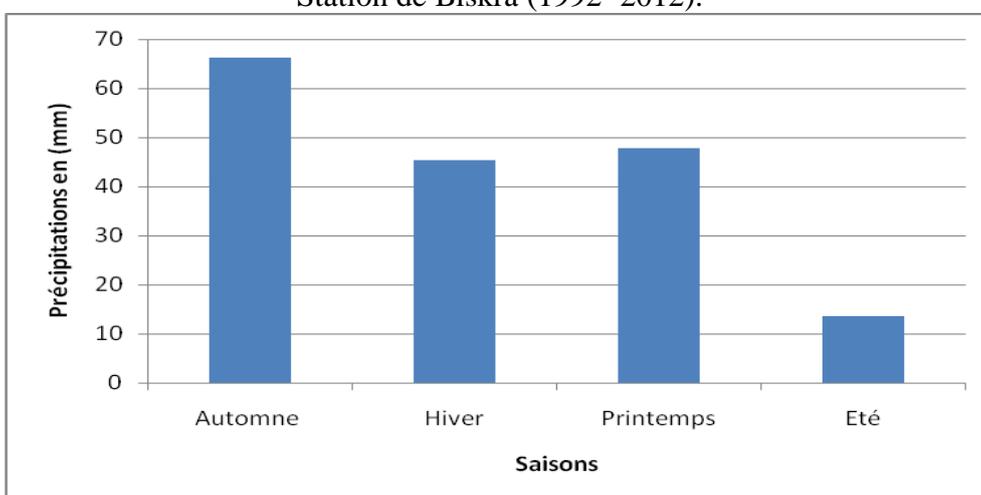


Figure n° 09: Histogramme des précipitations saisonnières à la station de Biskra (1992-2012)

III. ETUDE DES TEMPERATURES :

La température est le second facteur, après la précipitation qui conditionne le climat d'une région. Elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement. La température moyenne annuelle est de 22.57°C. Le tableau (07) donne les températures moyennes mensuelles, pour une période de 21 ans (1992-2012).

Tableau n° 07 : Températures moyennes mensuelles (1992-2012).

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	août	sept	Oct	nov	déc	Moyenne
T (°C)	11.65	13.36	17.18	20.89	26.41	31.55	34.59	34.15	28.81	23.31	16.49	12.42	22.57

On note que la température moyenne mensuelle ,la plus élevée, est celle du mois de Juillet (34.59°C) alors que la température ,la plus basse est celle du mois de janvier (11.65°C) (Fig n° 10).

Tableau n° 08 : Valeurs des températures enregistrées à la station de Biskra.
(1992-2012)

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
TM °C	17,13	19,08	23,14	26,76	31,95	37,70	40,94	40,07	34,16	28,94	22,10	17,69	28,30
Tm °C	6,89	8,06	11,30	14,84	19,97	24,81	27,84	27,80	23,20	18,00	12,01	8,05	16,90
Tmoy °C	11,65	13,36	17,18	20,89	26,41	31,54	34,59	34,15	28,81	23,31	16,49	12,42	22,57

- TM en °C : Moyennes mensuelles des températures maximales.
- Tm en °C : Moyennes mensuelles des températures minimales.
- (Tmoy) : $(M+m)/2$ en °C : Températures moyennes mensuelles.

A partir du tableau(08), les variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales, représentées dans la figure (11), montrent en général que le mois de Janvier est le mois le plus froid, avec une température de 6 .89°C, et que les mois de Juillet et Août sont les plus chauds ,avec une température allant de 40.94°C et 40.07°C , respectivement.

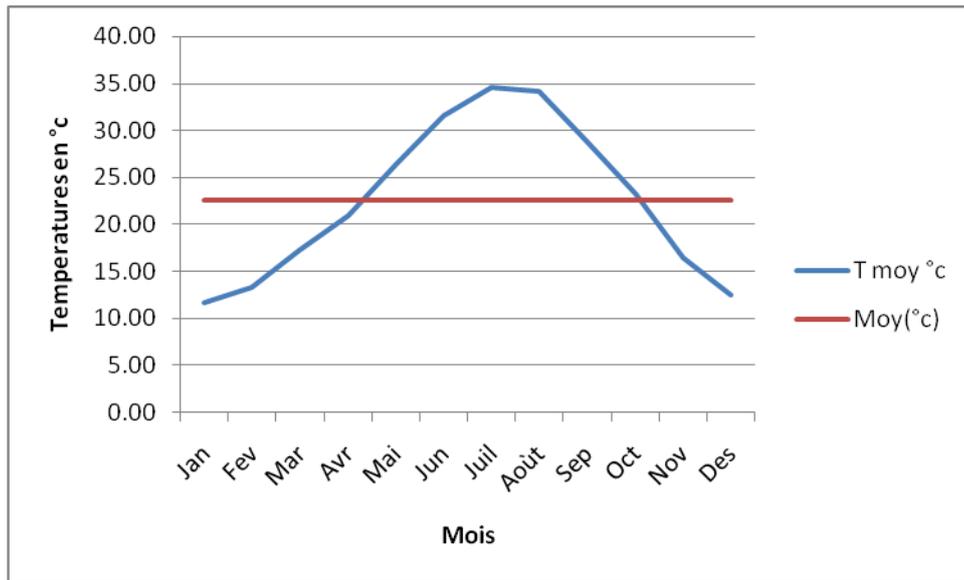


Figure n° 10 : Variation mensuelle des températures à la station de Biskra (1992/2012)

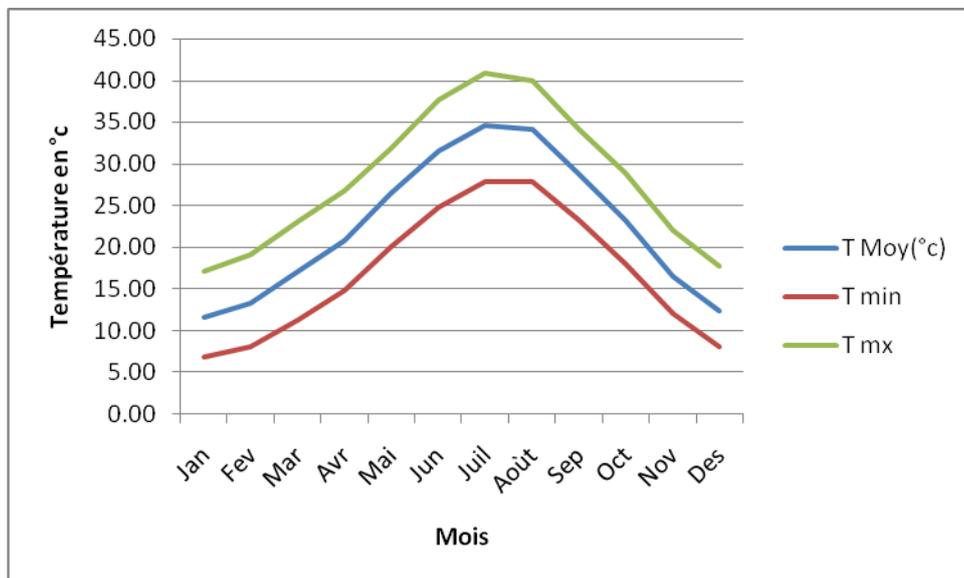


Figure n° 11 : Variations des températures mensuelles moyennes, minimales et maximales de la station de Biskra (1992-2012)

IV. LE VENT :

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de 4.31 m/s environ ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'avril et mai (respectivement 5.71 et 5.35m/s).(Tableau n°09).

Durant la saison sèche, les vents dominants sont de secteur Sud-Est. En effet, durant cette période arrivent souvent des siroccos, d'une moyenne de 58 jours/an. (A.Haouchine, 2010)

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

Tableau n° 09 : Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy. annuelle
Vitesse moyenne (m/s)	4,09	4,46	4,87	5,71	5,35	4,26	3,84	3,59	3,93	3,59	3,96	4,03	4,31

V. L'HUMIDITE RELATIVE

Ce paramètre est relativement faible dans la zone d'étude ; la moyenne est de 42.14%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara. Les valeurs moyennes mensuelles sont insérées dans le tableau n°(10), ci-dessous.

Tableau n° 10 : Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy. annuelle
Humidité relative (%)	58,13	49,47	42,33	38,87	33,80	28,20	25,73	28,73	39,93	46,67	54,40	59,40	42,14

VI. SYNTHÈSE CLIMATIQUE :

VI.1. Courbe Ombrothermique: (Bagnouls et Gaussien, 1952).

L'observation de la figure n°12, relative à la courbe ombrothermique montre, que le climat de la région étudiée est caractérisé par une seule saison sèche, s'étalant sur toute l'année. C'est d'ailleurs, un des paramètres marquant le climat des zones arides, en plus de la forte évaporation et l'irrégularité dans le régime pluviométrique.

Tableau n° 11: Températures et précipitations moyennes mensuelles (1992-2012).

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
P (mm)	19.69	8.5	21.75	15.67	10.27	3.38	8.17	2.08	30.94	14.87	20.5	17.24
T (C°)	11.66	13.37	17.19	20.9	26.42	31.55	34.59	34.15	28.82	23.32	16.5	12.43
2T (C°)	23.32	26.74	34.38	41.8	52.84	63.1	69.18	68.3	57.64	46.64	33	24.86

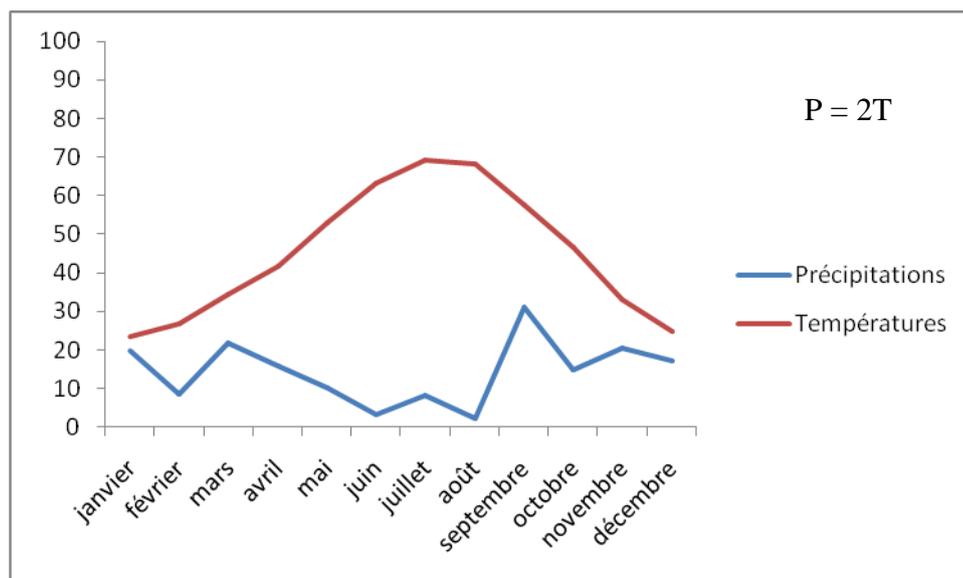


Figure n° 12: Diagramme ombrothermique.

VI.2. Indices climatiques :

A. Indice d'aridité:

L'aridité peut s'exprimer quantitativement par différents *indices d'aridité* conventionnels et empiriques. La plupart, sont est un simple rapport hydro-thermique, fondé principalement sur des grandeurs moyennes de précipitations et de températures, qui sont utilisées pour définir les degrés d'aridité .Ils ont été proposés par des climatologues, des morphologues, des géographes, des botanistes. Les plus connus, sont ceux de E. De Martonne (1926), L. Emberger (1932), C.W. Thornthwaite (1948), J. Dubief (1950), R. Capot-Rey (1951), H. Gaussen, F. Bagnouls (1952) et P. Birot (1953).

Suivant l'ampleur du déficit hydrique déterminant, plusieurs degrés d'aridité peuvent être différenciés, se définir par des classes d'indices d'aridité convenues et recevoir des qualifications particulières, applicables à des zonalités climatiques. Il est devenu classique de distinguer *trois degrés dans l'aridité* :

- Hyper-aride,
- Aride,
- Semi-aride.

*Indice d'aridité annuel de De. MARTONNE :

De Martonne (1923) a défini un indice appelé « indice d'aridité annuel » « I », donné par :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

P : Précipitations annuelles moyennes (mm).

T : Températures annuelles moyennes (C°).

Classification des climats, en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne :

I<5: Climat hyper-aride

5<I<10: Climat aride

10<I<20: Climat semi-aride

20<I<30: Climat semi-aride

I>30:Climat humide.

Le tableau (12) montre la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle, et l'indice d'aridité calculé pour la station de Biskra, sur la période (1992-2012).

Tableau n° 12: Indice de l'aridité.

P (mm)	T (C°)	I
173.05	22.57	5.31

Le résultat du calcul de l'indice de DE MARTONNE, est conforme aux valeurs attendues pour la zone de *climat aride* (figure 13).

*** Indice d'aridité mensuel de De. Martonne :**

Un indice d'aridité peut être calculé par mois :

Il est défini par :

$$a=12p/(t+10)$$

p: précipitations mensuelles moyennes (mm)

t : températures mensuelles moyennes(C°)

Les valeurs de l'indice d'aridité mensuel sont reportées au tableau n° 13.

Tableau n° 13 : Les valeurs d'indices d'aridité mensuels (a) de De. Martonne, à la station de Biskra (1992/2012)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
P (mm)	19,69	8,50	21,75	15,67	10,27	3,38	8,17	2,08	30,94	14,87	20,50	17,24
T (°C)	11,65	13,36	17,18	20,89	26,41	31,54	34,59	34,15	28,81	23,31	16,49	12,42
a	10,91	4,36	9,60	6,09	3,38	0,98	2,20	0,57	9,57	5,36	9,29	9,23

D'après les résultats, le mois de Janvier est classé comme semi-aride et les mois de Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre sont caractérisés par un régime aride, tandis que le reste des mois sont globalement hyper-arides.

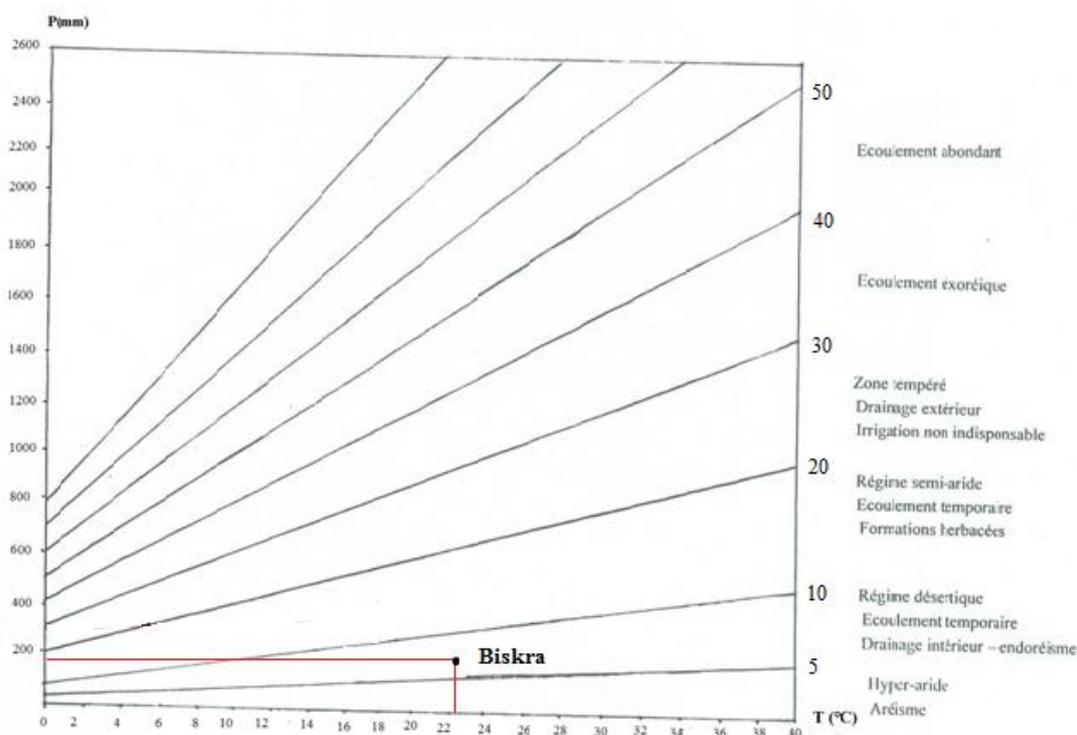


Figure n° 13 : Indice annuel d'aridité de De.Martonne

B. Climagramme :

*** La classification bioclimatique d'Emberger:**

L'indice climatique d'Emberger, est défini par la formule:

$$Q = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

- Q: quotient pluviométrique d'Emberger.
- P: précipitations moyennes annuelles en mm.
- M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, en degré absolu T°C+ 273(°K).
- m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid, en degré absolu T°C+ 273 (°K).

Tableau n° 14 : Indice d'Emberger.

P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q
173.05	313.94	279.9	17.12

La valeur du Q de la station de Biskra est de 17.12, en reportant cette valeur sur le climagramme d'EMBERGER qui comporte, en ordonnées les valeurs du Q et en abscisses, la moyenne des minima du mois le plus froid (janvier) en degré celcius, on peut constater que la région est soumise à un climat « **aride** ».

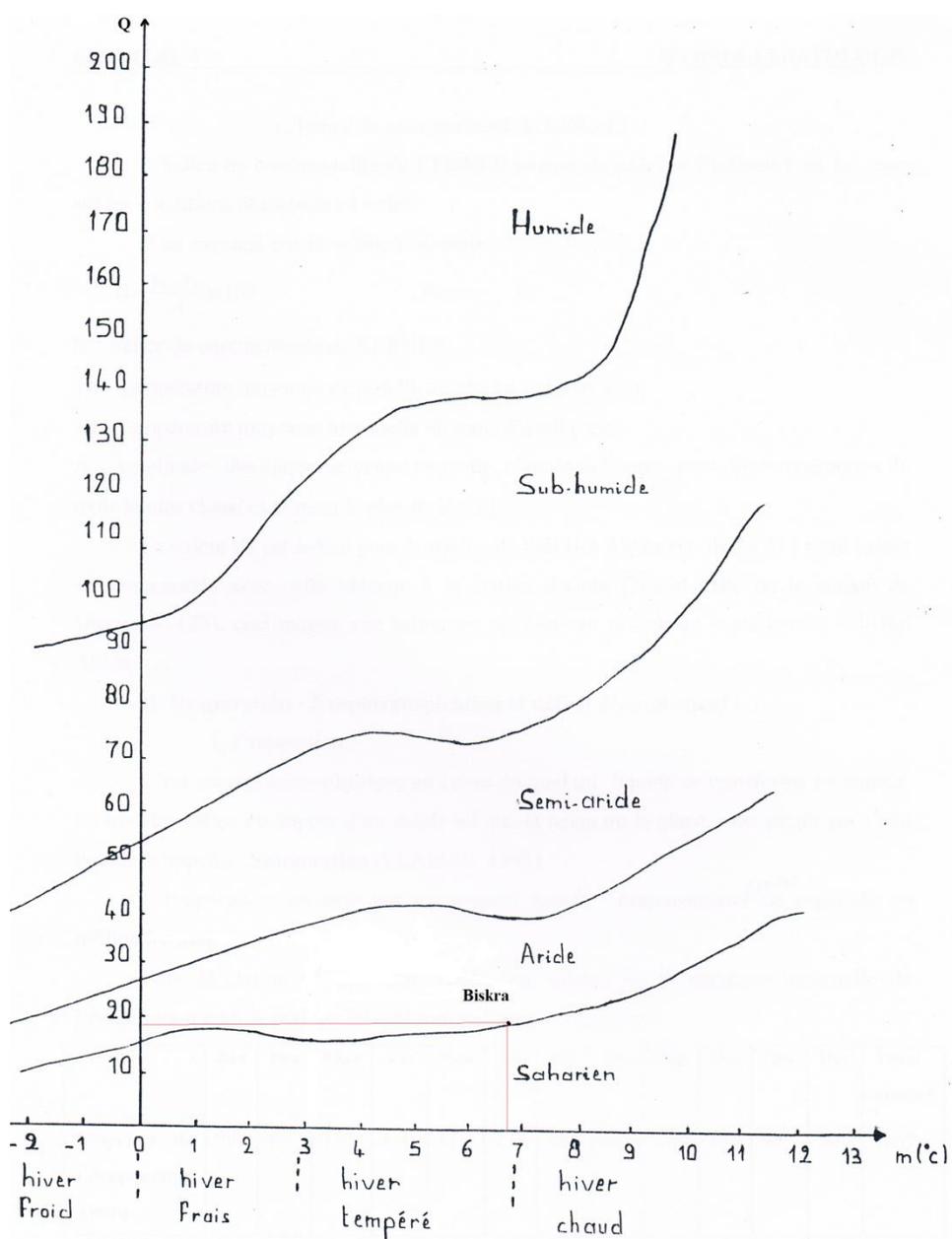


Figure n° 14 : Climagramme d'Emberger

VII. L'évapotranspiration :

VII.1. L'évapotranspiration potentielle : (ETP):

Définition :

L'ETP est un facteur déterminant dans l'évaluation du bilan hydrique d'une région. C'est un phénomène important du cycle hydrologique. Elle résulte de deux phénomènes, l'un physique; l'évaporation et l'autre biologique; la transpiration.

Pour l'estimation de ce paramètre, on utilise la formule de Thornthwaite.

***Formule de Thornthwaite :**

$$E.T.P (mm)= 16 (10 T/ I)^a$$

T : température moyenne mensuelle (°C)

$$I=\sum i \text{ avec } i = (T/5)^{1.514}$$

$$a= 0.492+1.79.10^{-2} I - 7.71.10^{-5} I^2 + 6.75.10^{-7} I^3$$

Tableau n° 15: Calcul et correction des valeurs de l'ETP.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Annu
T	11.65	13.36	17.18	20.89	26.41	31.55	34.59	34.15	28.81	23.31	16.49	12.42	22.57
I	3.60	4.43	6.48	8.71	12.43	16.26	18.69	18.33	14.18	10.29	6.09	3.97	123.46
ETP(mm)	13.60	19.96	40.36	69.77	134.52	221.33	286.36	276.27	171.62	94.83	35.98	16.27	1380.88
K	1.03	0.97	0.80	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	/
ETP corr(mm)	14.01	19.36	32.29	59.31	117.04	188.13	294.95	301.14	207.66	114.75	44.26	18.87	1411.75

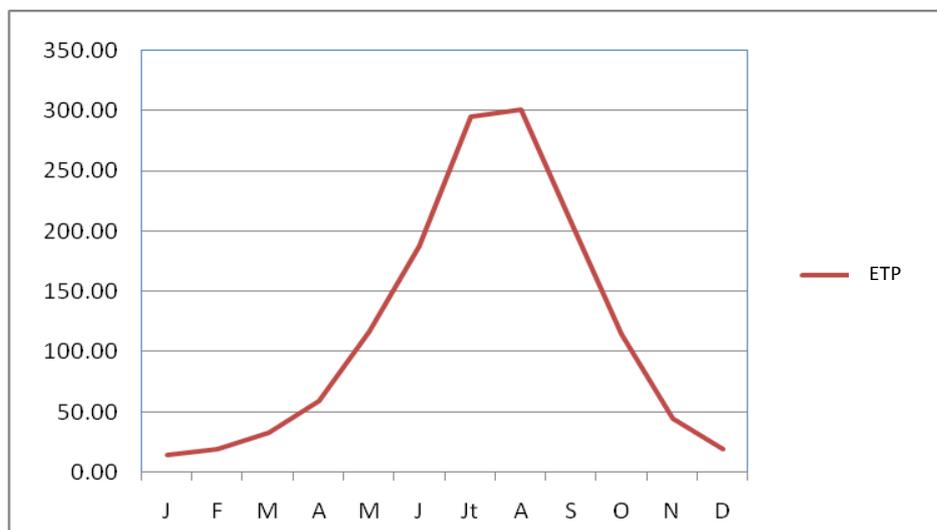


Figure n° 15 : Evolution de l'ETP, d'après Thornthwaite.

L'analyse de la figure(15) correspondante à l'évolution de l'ETP calculée par la méthode de Thornthwaite ,dans la station de Biskra, montre que les valeurs minimales sont observées entre Décembre, janvier et Février et les valeurs maximales sont enregistrées en Juillet et Août.

VII.2. EVAPOTRANSPIRATION ET DEFICIT D'ECOULEMENT :

❖ Le terme évapotranspiration correspond à un phénomène complexe, regroupant à la fois :

- Des processus d'évaporation physique de l'eau, contenue dans le sol ;
- Des processus de transpiration correspondant à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau du sol, par les végétations et au retour de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Le déficit d'écoulement est la différence entre la pluviométrie tombée sur un bassin versant et le total de la quantité d'eau écoulée. Plusieurs méthodes ont été proposées pour le calcul du déficit.

A. Méthode de Turc :

$$E.T.R (mm)=P / \sqrt{0.9 + P^2/L^2}$$

P : pluviométrie moyenne annuelle, en (mm).

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

T : température moyenne annuelle, en C°.

ETR : évapotranspiration réelle annuelle, en mm.

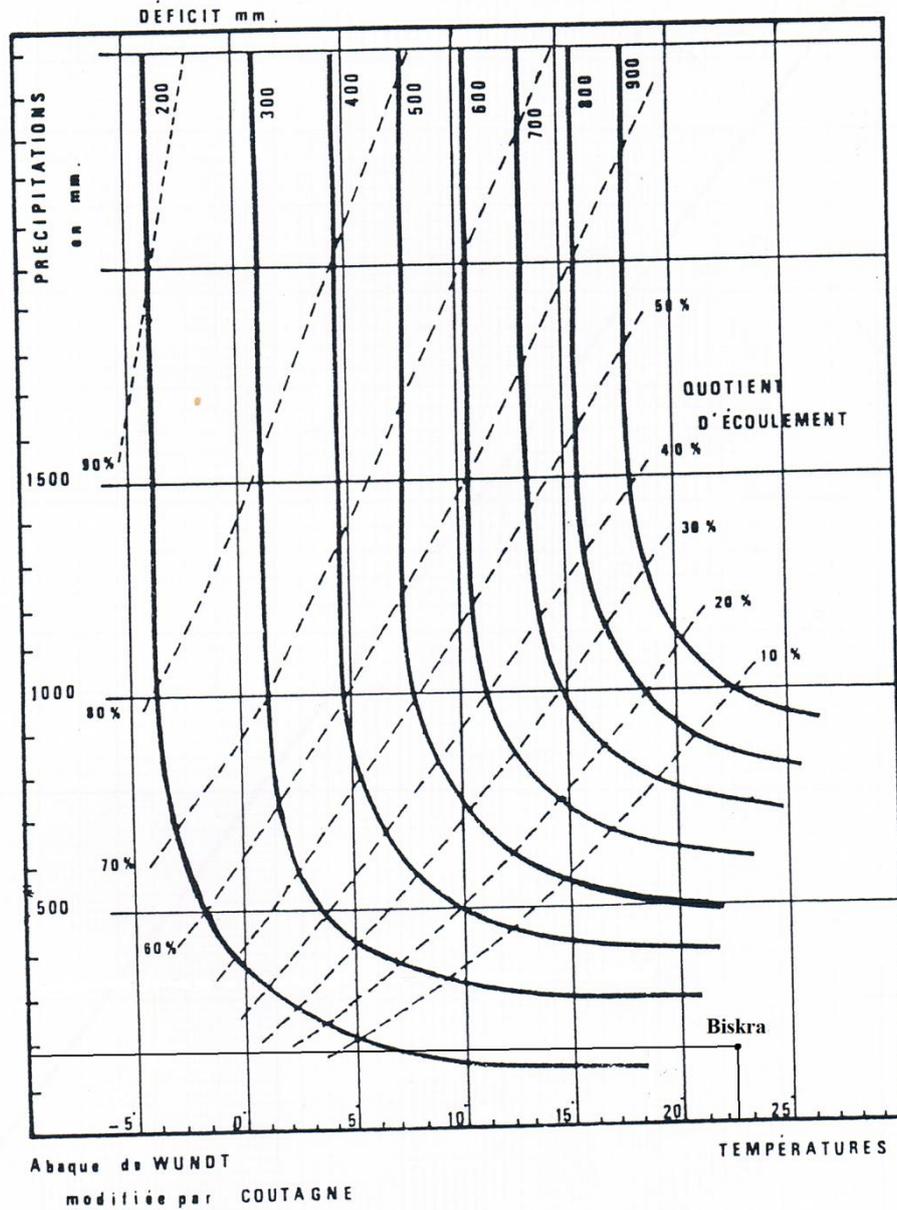
Le résultat est reporté au tableau (16), ci-dessous.

Tableau n° 16 : Calcul d'ETR par la méthode de Turc.

Station	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm/an)	Écoulement (P-ETR) (mm)
Biskra	173,05	22,57	1 439,11	180,95	-

B. La méthode de Wundt :

Sur l'abaque de Wundt qui tient compte des températures et des précipitations moyennes annuelles, en reportant le point qui a pour coordonnées (22,57°C-173,05mm) (fig n°16), la valeur de l'ETR obtenue est de 200mm, pour la région de Biskra.



Abaque de WUNDT
modifiée par COUTAGNE

Evaluation de l'écoulement et du déficit
en fonction
des Températures moyennes et des Précipitations.

Figure n° 16: abaque de Wundt, appliqué à la station de Biskra. (Période 1992-2012)

C. Méthode de Thornthwaite :

Le bilan d'eau, proposé par Thornthwaite, permet d'estimer mensuellement l'évapotranspiration réelle, en tenant compte de la recharge des sols, due aux précipitations et de la décharge, due à l'ETP.

Ce bilan fait intervenir la notion de réserve facilement utilisable (RFU) ; l'estimation de ce paramètre est basée sur l'application de la formule de Hallaire.

$$RFU = \frac{1}{3} * D_a * H_e * P$$

Où :

- D_a : densité apparente du sol estimée à 1.4 g/cm³
- H_e : Humidité équivalente en %, égale à 42.9%
- P : Profondeur d'enracinement, estimée à 50 cm.

Nous obtenons, alors une valeur de RFU sensiblement égale à 100mm.

Evapotranspiration réelle est liée à la réserve en eau disponible. Nous considérons deux possibilités :

- Si : $P > ETP \rightarrow ETR = ETP$
- Si : $P < ETP$ on a deux conditions :

{	ETP = ETR ; s'il y a la réserve.
	ETR = P ; s'il n'ya pas de réserve.

Tableau n° 17 : Eléments du bilan hydrologique, calculés pour la station de Biskra (1992-2012) (R.U = 100mm)

Paramètres	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An
P (mm)	30.94	14.87	20.5	17.24	19.69	8.5	21.75	15.67	10.27	3.38	8.17	2.08	173.06
ETP (mm)	14.0086	19.3587	32.285	59.3052	117.035	188.132	294.95	301.14	207.66	114.749	44.2557	18.8732	1411.75
RU	16.9314	12.44265	0.6576	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.0316
ETR (mm)	14.0086	19.3587	32.285	17.8976	19.69	8.5	21.75	15.67	10.27	3.38	8.17	2.08	173.06
Déficit agricole (mm)	0	0	0	41.408	97.345	179.63	273.2	285.5	197.39	111.37	36.086	16.793	1238.7
R(mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

On constate que le terme évaporation est largement supérieur aux précipitations, ce qui a provoqué un déficit agricole, égal à 1238.7mm.

- **Estimation du bilan hydrique :**

L'équation générale du bilan peut s'écrire :

$$P=E+R+I$$

P : précipitation moyenne annuelle, en mm

E : évapotranspiration réelle.

R : ruissellement de surface ,en mm

I : infiltration.

- **Le Ruissellement :**

Le ruissellement est donné par la méthode de TIXERONT et BERKALLOF.

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2}$$

Avec : R : ruissellement (mm).

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle (mm).

Tableau n° 18 : Valeur du ruissellement (Tixeront – Berkaloff)

Station	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
Biskra	173,04	1411.75	0,87

- **Détermination de la recharge de la nappe « l'infiltration » :**

La détermination de l'infiltration dans la région de Biskra est selon la formule suivante :

$$I = P - E - R$$

P : précipitations moyennes annuelles ,(mm)

E : Evapotranspiration réelle « ETR ».

R : ruissellement (mm).

I : infiltration (mm).

Tableau n° 19: Valeurs de l'infiltration et du ruissellement, selon la méthode de Turc.

P (mm)	D (mm) (méthode de Turc)	R (mm)	I
173,05	180.95	0,94	-

Conclusion :

La région étudiée est caractérisée par un climat aride, avec une température moyenne annuelle de 22.57°C et une précipitation moyenne annuelle de 173.05 mm. A l'échelle saisonnière, on constate qu'on a deux saisons : une relativement pluvieuse, de Septembre à Mai et une autre sèche, pour le reste de l'année.

Les méthodes estimant l'indice d'aridité (*De.Martonne et Emberger*) s'accordent, en donnant un caractère aride au climat de la région.

L'évapotranspiration potentielle est de 1411.75mm par an, ce qui provoque la consommation de-la totalité des précipitations, donnant un déficit, sur toute l'année qui dépasse 1238.7mm.

Selon les méthodes empiriques (*Thornthwaite, Tixeront-Berkaloff ...*), les termes ruissèlements (R) et infiltrations (I) sont nuls et le bilan hydrologique est largement déficitaire.

En résumé, tous les facteurs par lesquels se manifeste l'aridité à savoir; les faibles moyennes annuelles de la pluviométrie avec une irrégularité dans l'espace et dans le temps ainsi que les fortes évaporations sont réunis dans le climat de cette région.

INTRODUCTION :

Les facteurs qui régissent les processus de l'écoulement sont multiples et interdépendants, ils sont d'ordre morphologiques, lithologiques, biogéographique et surtout climatiques. Ces derniers, de part leur caractère irrégulier, sont les plus dominants. Les cours d'eau alimentant la région de Biskra ont un écoulement périodique très irrégulier, accentué par la faiblesse (sinon l'absence) d'un équipement hydrométrique qui rend extrêmement difficile la quantification des écoulements, à différents niveaux des oueds.

I. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE :

Le bassin hydrographique, ou bassin versant est l'unité ou le cadre de toute étude hydrologique. Les limites d'un bassin sont formées par les lignes de partage des eaux ; qui le séparent des bassins adjacents. Elles sont facilement réparables dans les régions où le relief est bien marqué, il n'en est pas de même dans les régions très plates, où les eaux divaguent dans celles où les écoulements temporaires se perdent dans les sables ou dans les cuvettes désertiques.

Dans un bassin hydrographique, la topographie ou le système de pentes commande la trajectoire des écoulements et l'organisation du drainage ou réseau hydrographique, celui-ci dépend de l'alimentation en eau. Le terme de bassin hydrographique est parfois remplacé par celui du bassin versant ; qui désigne la surface d'interception des précipitations, alimentant un cours d'eau.

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous affluents permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

II.1. Présentation :

L'oued Biskra ; c'est le principal cours d'eau dans la région, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement, venants du Sud-Ouest de l'Aurès. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued Djemourah, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km², dont la confluence donne

naissance à l'oued Biskra, à une altitude de 200m (A.BOUMESSENEGHI, 2007). (Figure n° 17).

L'oued El Hai prend son origine sur les flancs de l'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala, issu du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO.

Les cours d'eau qui alimentent l'oued El Hai ont un caractère d'écoulement périodique : seul l'oued El Hai demeure relativement permanent, mais lui aussi se perd par endroits, dans les dépôts de sables et de graviers de son lit, pendant les périodes d'étiages.

L'oued Djemoura résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi et oued Bouzina.

L'oued Abdi prend sa source du Djebel Lazreg (1937m) et Djebel Boutlarimine (2178m), il coule vers le Sud-Ouest.

L'oued Bouzina coule dans le synclinal de Bouzina, depuis sa source (Djebel El Mahmal 2321m) en contre bas de la plaine de Nerdi, jusqu'au Khanguet El Anseur où il traverse le flanc Sud- Est du synclinal pour rejoindre l'oued Abdi à Menaâ, formant l'oued Djemoura ; qui reçoit sur sa rive gauche l'oued Bouguatou.

L'oued Lafrah prend son origine de Djebel Ich Oumared (1270m), mais en réalité c'est un petit ravin saisonnier, qui menace en période de crue. (A.BOUMESSENEGHI, 2007).

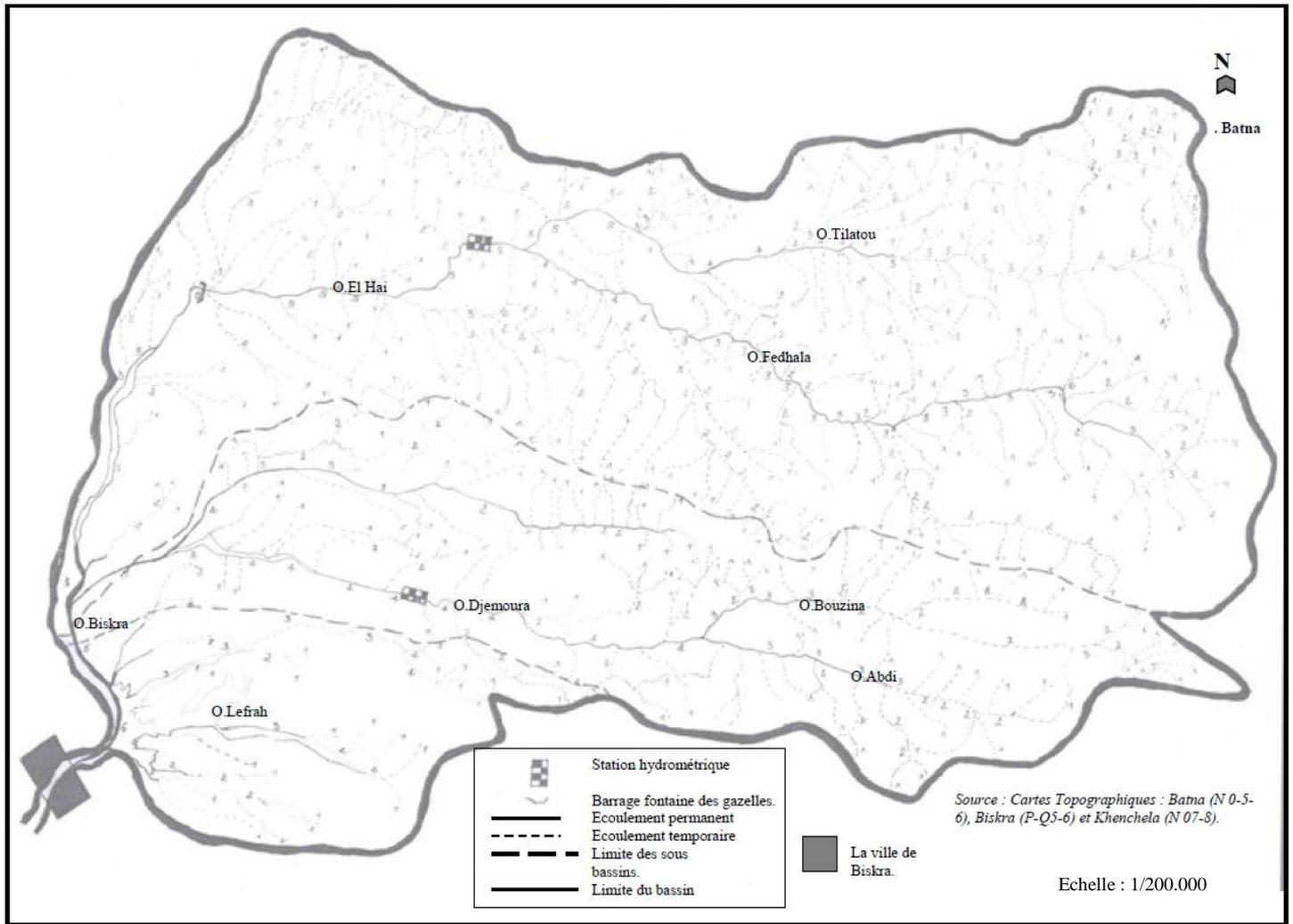


Figure n° 17 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l’oued Biskra.
(A.BOUMESSNEG, 2007).

II.2. Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Biskra et ses affluents :

Tableau n° 20 : Caractéristiques des sous bassins de l'Oued Biskra.

Paramètre	Unité	El Hai	Djemoura	Biskra. Complémentaire	Biskra
Surface du bassin	km ²	1788	906	93	2787
Périmètre du bassin	km	229	184	99	250
Indice de compacité		1,52	1,71	2,87	1,33
Altitude maximale	m	2091	2321	1270	2321
Altitude moyenne	m	200	200	150	150
Altitude minimale	m	956	998	410	950
Altitude médiane	m	1060	1200	400	1080
Longueur du rectangle équivalent	m	95,17	79,92	47,10	95,22
Indice de pente de roche		0,315	0,146	1,30	0,14
Indice de pente globale		14,71	16,78	16,98	14,49
Dénivelée spécifique	m	622	505,07	163,797	764,957
Densité de drainage globale	km/km ²	0,50	0,71	1,84	0,61
Densité de drainage permanent	km/km ²	0,082	0,098	0,34	0,096
Densité de drainage temporaire	km/km ²	0,42	0,062	1,50	0,52
Longueur du talweg principal	km	107	93	57	108

Source :(A.BOUMESSENEGH, 2007).

II. 3. Profil en long :

Un talweg est dit principal, lorsqu'il s'agit d'un talweg collecteur de toutes les eaux de ruissellement sur le bassin versant. Deux affluents principaux (l'oued El Hai et l'oued Djemoura) qui forment l'oued principal (l'oued Biskra) diffèrent considérablement, par leurs longueurs et leurs pentes.

Le profil en long, relatif au cours d'eau principal du l'oued Biskra et ses principaux affluents, permettent d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage, au vu du rôle déterminant des pentes des talwegs sur le ruissellement superficiel et surtout sur les vitesses d'écoulement, lors des crues (Fig n° 18).

En générale, le talweg principal de l'oued Biskra avec une longueur totale de 108km, peut être divisé en trois tronçons bien distincts : l'amont 50km de longueur, avec une pente relativement élevée, dans le sens d'une accentuation de la vitesse de propagation des crues, le tronçon moyen (environ 30km) avec une faible pente et l'aval (28km) avec une pente encore plus faible, d'où un encaissement du lit et absence du champ d'inondation. Les accentuations de pentes correspondantes peuvent également engendrer, surtout à l'échelle de petits bassins, un accroissement rapide des vitesses d'écoulement.

III. ETUDE DES ECOULEMENTS :

Les données, que nous disposons, sont malheureusement très limitées, cela est dû au manque des relevés hydrométriques, notamment sur l'oued Biskra, à la confluence des deux oueds (oued El Hai et oued Djemourah), nécessaires à toute étude hydrologique.

Tableau n° 21 : Stations hydrométriques des sous bassins versants étudiés.

Station	Période	Nombre d'année	Superficie (Km ²)
ElKantara (Oued El Hai)	1980-1995	15	1788
Djemourah (Oued Djemourah)	1980-1995	15	906

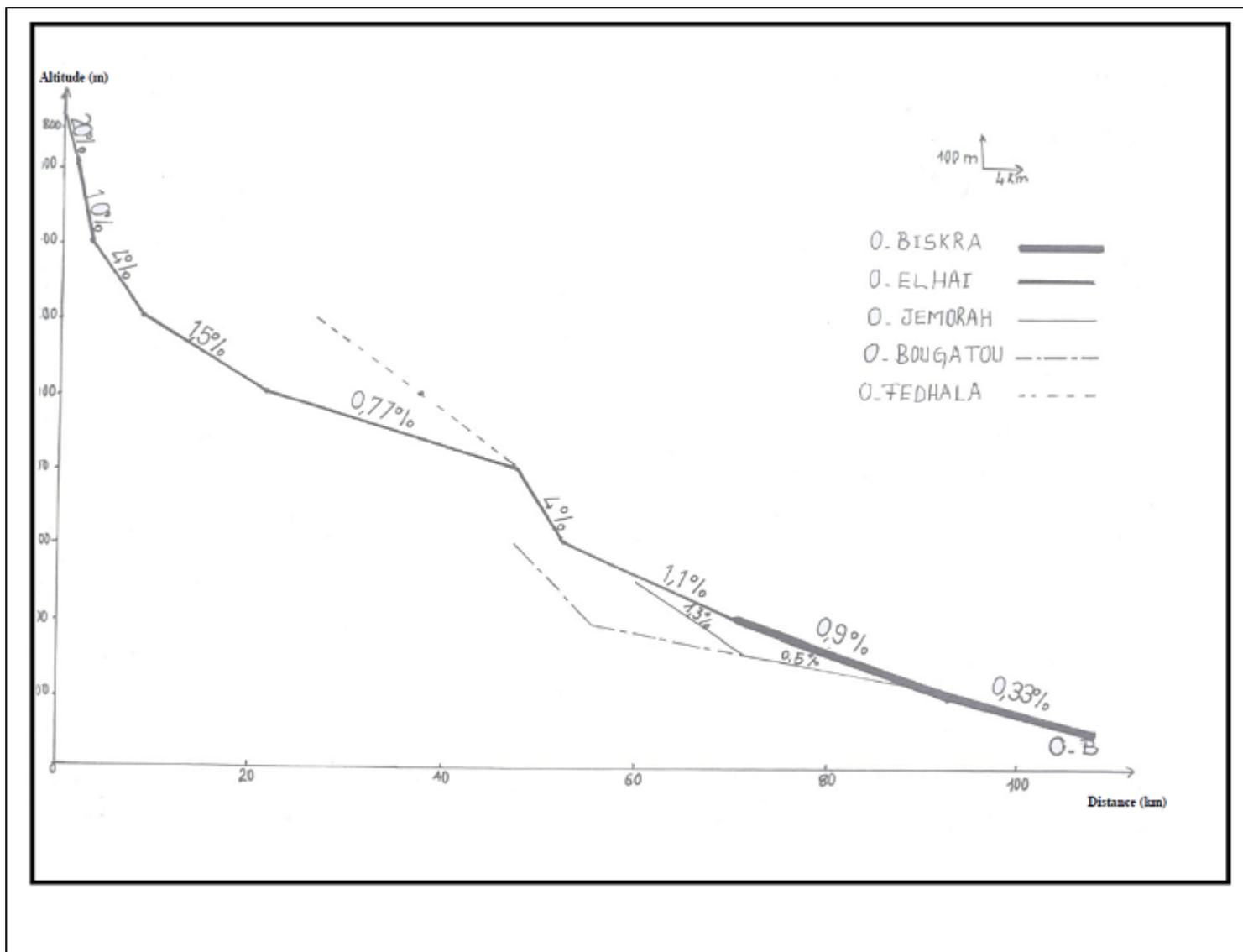


Figure n° 18 : Profils en long de l'oued Biskra et de ses principaux affluents

Source :(A.BOUMESSENEGH, 2007).

III- 1 ETUDE DES DEBITS ANNUELS :

Les valeurs des débits moyens annuels, relevées dans les deux stations, sont présentées au tableau ci-dessous :

Tableau n° 22 : Débits moyens annuels (en m³/s), période (1980-1995):

<i>Stations</i>	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
El Kantara	0.576	0.736	0.139	0.312	0.183	0.357	0.416	0.373	0.064	0.156
Djemourah	0.271	0.389	0.134	0.30	0.208	0.522	0.30	0.241	0.041	0.205
<i>Stations</i>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	<i>Moyenne</i>			
El Kantara	0.355	0.317	0.44	0.337	0.009	0.175	0.33			
Djemourah	0.264	0.28	0.275	0.119	0.083	0.22	0.26			

Source : ANRH

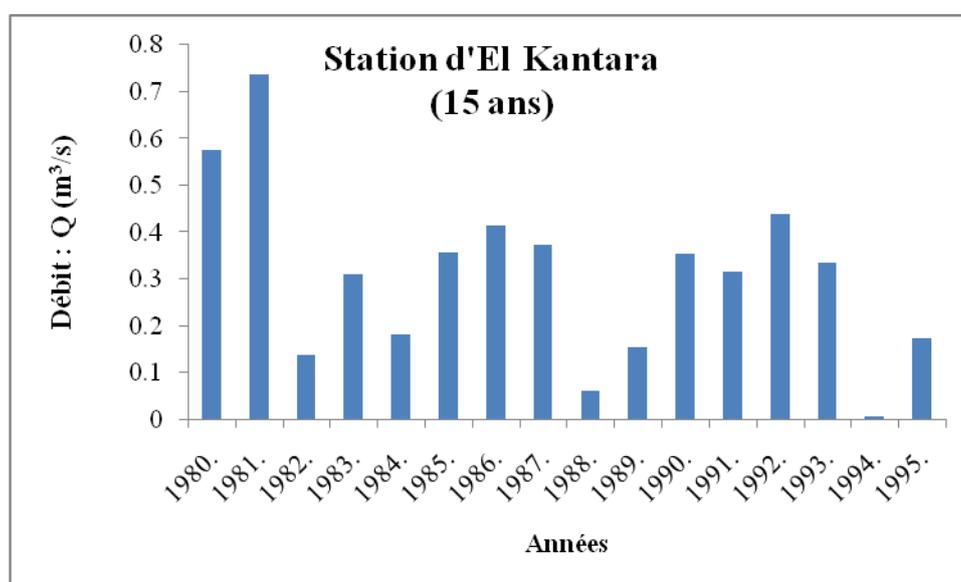


Figure n° 19: Débits moyens annuels de l'oued El Hai (1980-1995).

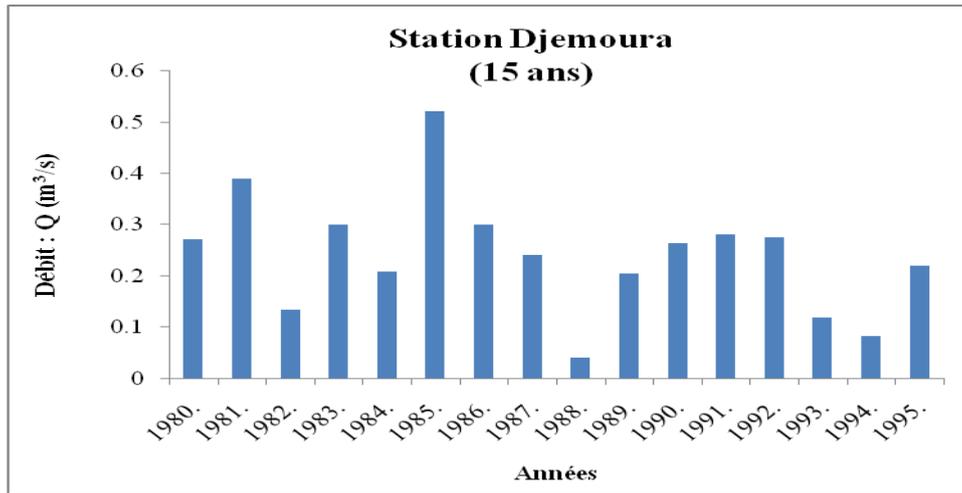


Figure n° 20: Débits moyens annuels de l'oued Djemourah (1980-1995).

Les figures n°(19,20) montrent que l'évolution des débits moyens annuels, dans les deux stations (El Kantara et Djemourah) est très irrégulière, en effet :

- A la station d'El Kantara, le maximum de débit moyen annuel est de 0.73 m³/s, enregistré durant l'année 1981 et le minimum est de 0.009 m³/s, relevé en 1994, pour une moyenne de 0.33 m³/s.
- A la station de Djemourah, la valeur maximale du débit moyen annuel est de 0.522 m³/s, enregistrée en 1985 et le minimum est de 0.041 m³/s qui correspond à l'année 1988. La moyenne des débits annuels est de 0.26 m³/s.

III- 2 ETUDE DES DEBITS MENSUELS :

Les moyennes mensuelles des débits, enregistrées dans les deux stations sont données au tableau n° (23) :

Tableau n° 23: Débits moyens mensuels (m³/s), période (1980-1995):

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
El Kantara	0.78	0.301	0.38	0.16	0.08	0.28	0.45	0.35	0.12	0.14	0.1	0.04
Djemourah	0.328	0.285	0.289	0.2	0.171	0.428	0.471	0.235	0.189	0.085	0.042	0.055

Source : ANRH

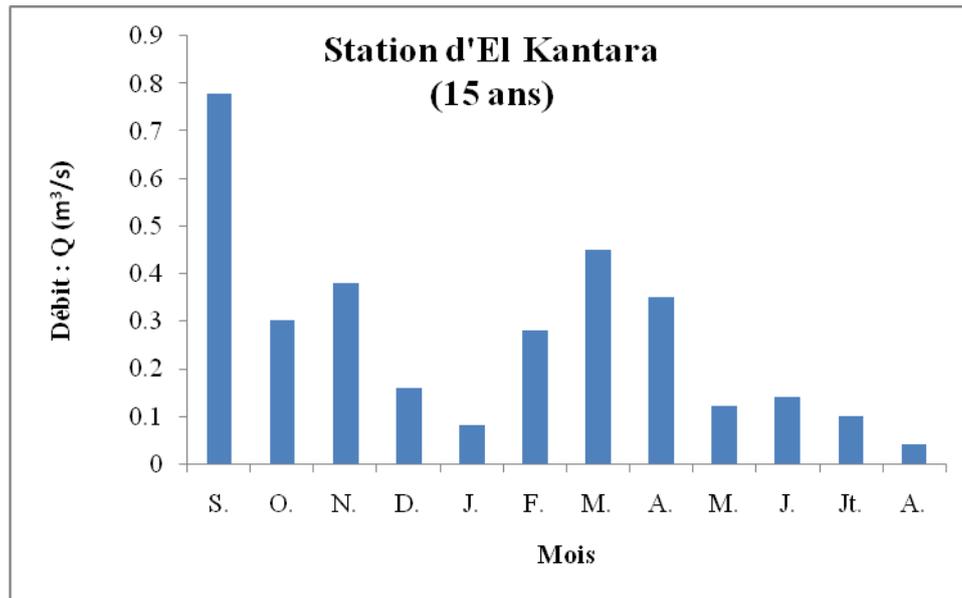


Figure n° 21: Débits moyens mensuels de l'oued El Hai (1980/1995)

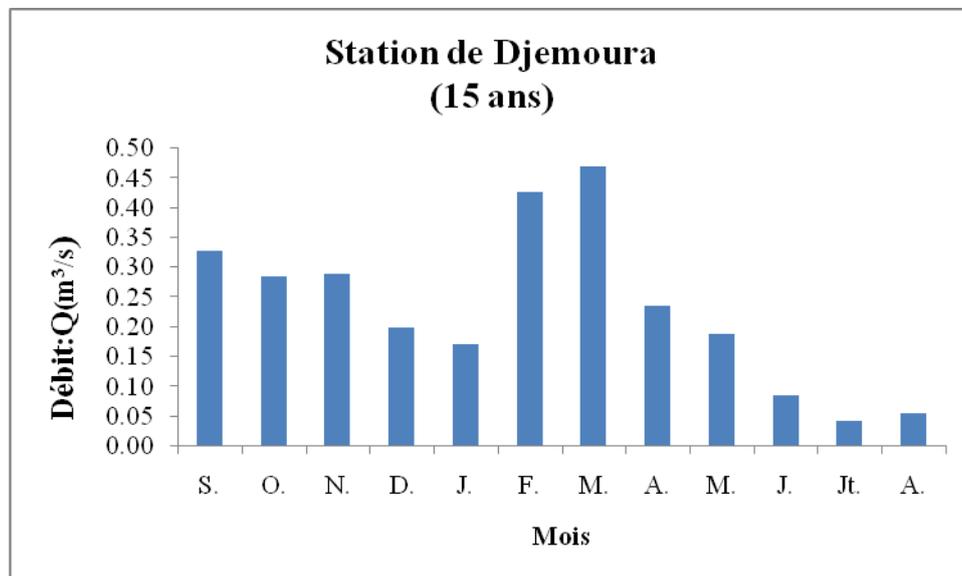


Figure n° 22: Débits moyens mensuels de l'oued Djemourah (1980/1995)

Le débit moyen mensuel se caractérise par un minimum correspondant au mois de juillet ($0,042 \text{ m}^3/\text{s}$), pour le sous bassin de l'oued Djemourah et au mois d'août ($0,04 \text{ m}^3/\text{s}$), pour le sous bassin de l'oued El Hai, alors que le maximum est enregistré en mois de Septembre ($0,78 \text{ m}^3/\text{s}$), pour oued El Hai et en mois de Mars ($0,471 \text{ m}^3/\text{s}$), pour oued Djemourah.

CONCLUSION :

Malgré la faible étendue des séries d'observation, nous avons constaté qu'il y a une variabilité annuelle et mensuelle des débits, liée à l'irrégularité du régime pluvial.

Comme nous l'avons déjà indiqué auparavant, la station d'El Kantara (sous bassin de l'oued Hai) enregistre un débit moyen annuel de $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$, sur une série d'observation de 15 ans (1980-1995).

A la station de Djemourah (sous bassin de l'oued Djemourah), le débit moyen annuel est de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$, allant de la période (1980-1995).

Pour les débits moyens mensuels, relevés à la station d'El Kantara, leur maximum est atteint en mois de Septembre, avec une valeur de $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$. Le minimum est enregistré en mois d'Août ($0,044 \text{ m}^3/\text{s}$), pour une moyenne annuelle de $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$. En ce qui concerne le débit moyen mensuel maximal, enregistré à la station de Djemourah, en mois de Mars, il est de $0,471 \text{ m}^3/\text{s}$. Le minimum est de $0,042 \text{ m}^3/\text{s}$, atteint en Juillet. La moyenne annuelle est de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$.

La variabilité de l'écoulement est liée au caractère aléatoire des précipitations et aux nuances physico-géographiques, que présentent les effluents du bassin de l'oued Biskra, car le débit d'un oued dépend des impulsions pluviométriques et de la réponse de la structure physique du bassin (lithologie, géologie, couvert végétal et la déclivité du versant).

I. INTRODUCTION :

La détermination des caractéristiques hydrogéologiques est une opération indispensable pour la connaissance et l'identification des aquifères. Cependant, elle reste tributaire de l'existence et de la disponibilité de l'information.

La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères:

- Nappe phréatique du Quaternaire.
- Nappe des Sables du Mio-pliocène.
- Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien.
- Nappe des grès du continental Intercalaire. (Ould Baba Sy.M, 2005).

II. LES NAPPES SOUTERRAINES :

II.1. La nappe phréatique:

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation.

Cette nappe est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05L /s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones. (SDRE, 2010).

II.2. La nappe des sables:

L'aquifère est Constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. La profondeur de cette nappe varie de 100m à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s. (SDRE, 2010).

A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène, connue dans cette région.

II.3. La nappe des calcaires:

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua. (SDRE, 2010).

Au Nord et au Nord Est de la wilaya de Biskra, cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien, d'une profondeur comprise entre 200m et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau. (SDRE, 2010).

II.4. Le Continental Intercalaire:

C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grés et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très coûteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60 °c. (SDRE, 2010). Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydrothermales qui sont les sources de Hammame Essalhines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya. (Chabour.N, 2006).

III. ETUDE DE LA NAPPE DU MIO-PLIO-QUATERNAIRE:

III.1. Alimentation de la nappe :

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

- Les précipitations : alimentation superficielle, par des apports pluviométriques.

- L'autre origine est souterraine, l'alimentation est par les couches calcaires sous-jacentes. (Aidaoui.S, 1994).

III.2. Interprétation des cartes piézométriques :

Vu le manque de données, concernant les relevés piézométriques dans la nappe du Mio-Plio-Quaternaire, ainsi que les essais de pompage, nous nous sommes limités à l'étude de la piézométrie de la nappe, en se basant sur deux campagnes piézométriques disponibles (2008 et 2010).

L'analyse des deux cartes piézométriques, établies en 2008 et 2010 (Fig 23, Fig 24), nous a montré que le sens d'écoulement des eaux souterraines de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire dans la région de Biskra, se fait du Nord-Ouest vers le Sud-Est.

L'apport d'eau dans la zone d'étude semble provenir des bordures nord et ouest, formées par les calcaires du Sénonien et les formations perméables du Mio-Pliocène.

La distribution des isopièzes indique que l'oued Biskra coïncide avec l'axe de drainage principal de la nappe. La partie Est est considérée comme l'exutoire des eaux du Mio-Plio-Quaternaire, dans la région d'étude. On note aussi, la présence d'une ligne de partage des eaux, dans la partie Sud-Ouest, due au soulèvement du substratum de la nappe (Eocène moyen, de formation argileuse).

Figure n° 23 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2008).

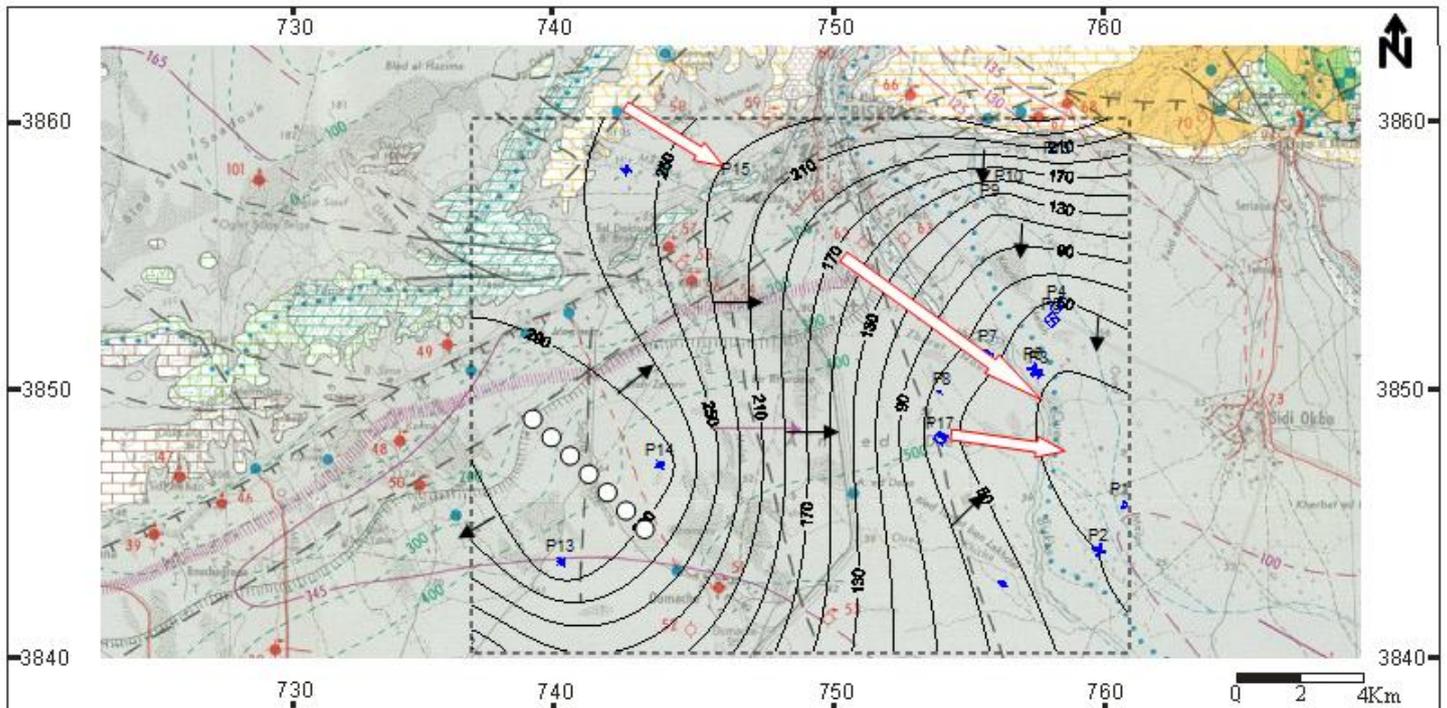
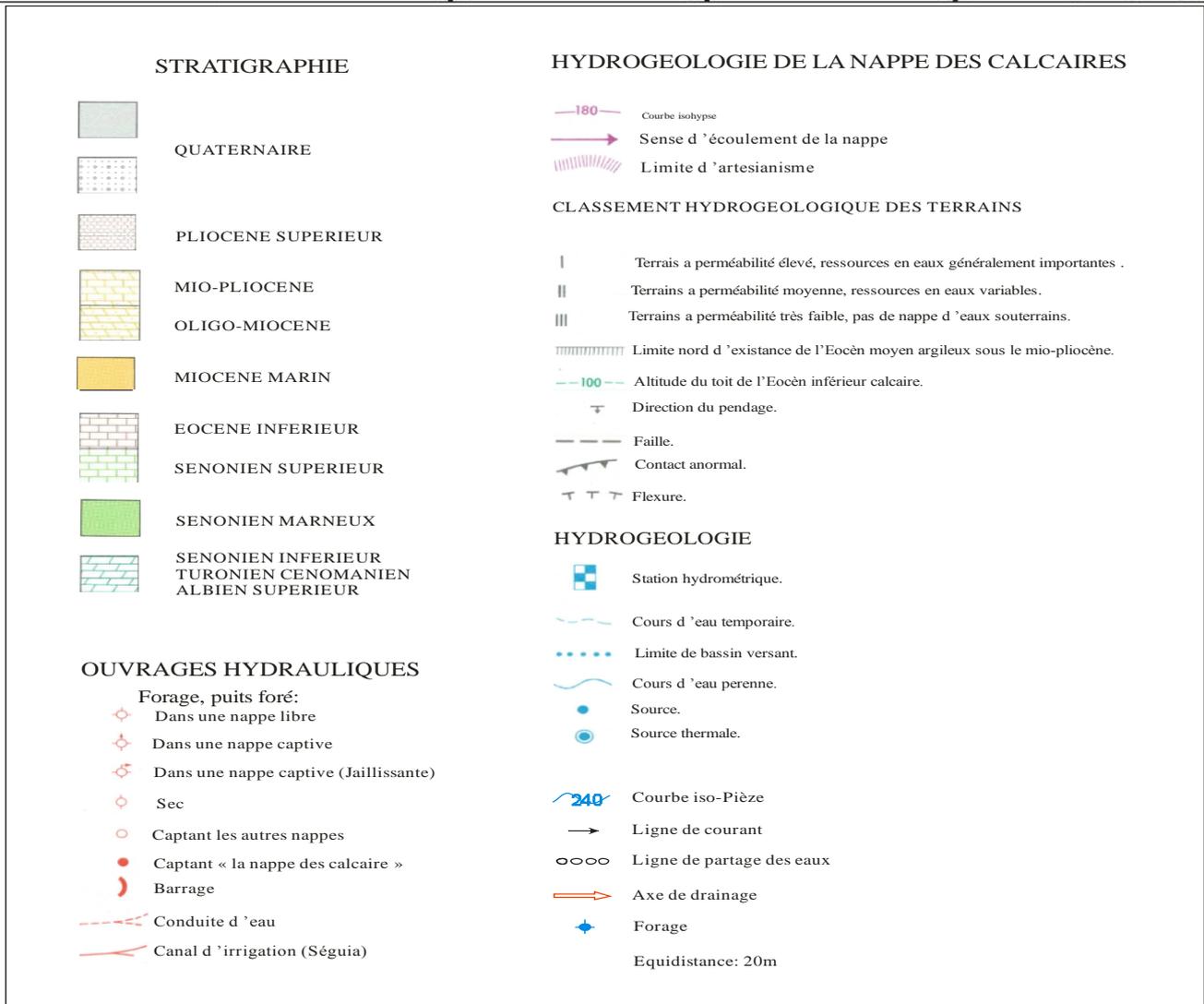
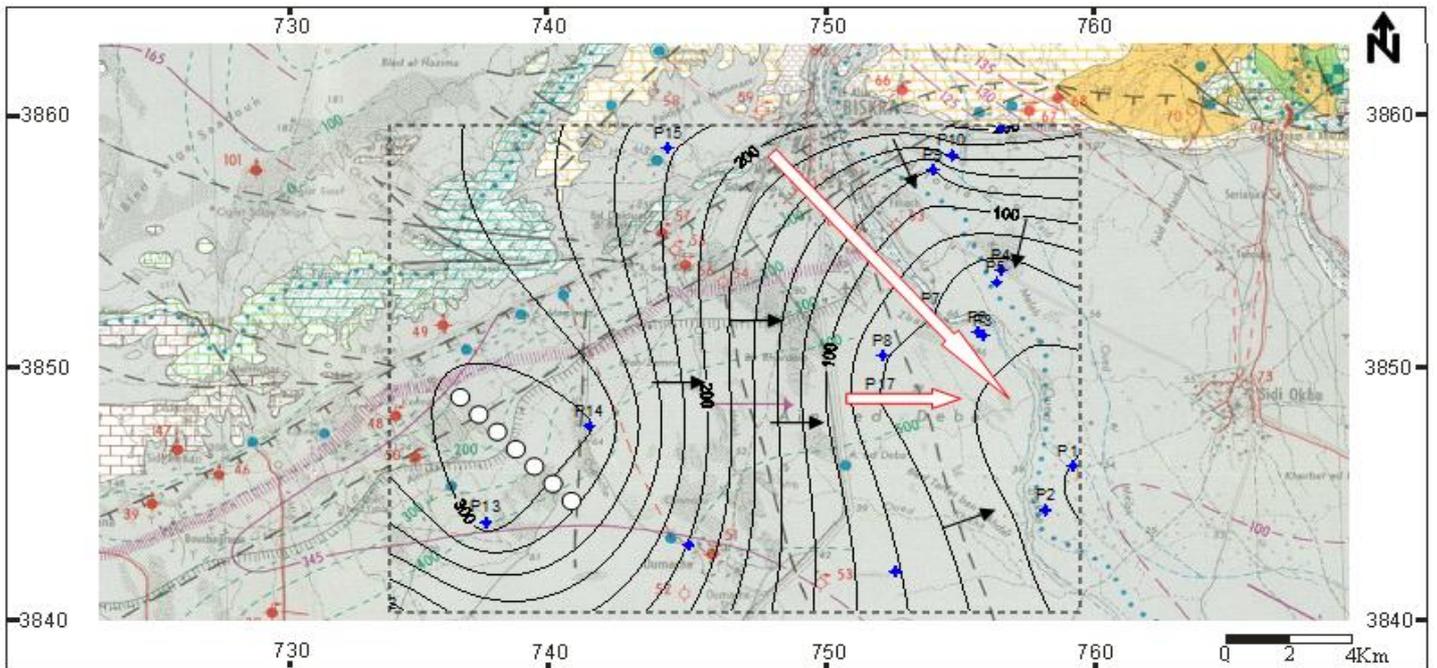


Figure n° 24 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2010).



Calcul du gradient hydraulique (i) :

$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H'' - H'}{L}$$

Avec :

i : gradient hydraulique.

H'' et H' : déterminées par les courbes iso-pièzes (en mètre).

L : distance entre deux iso-pièzes (en mètre).

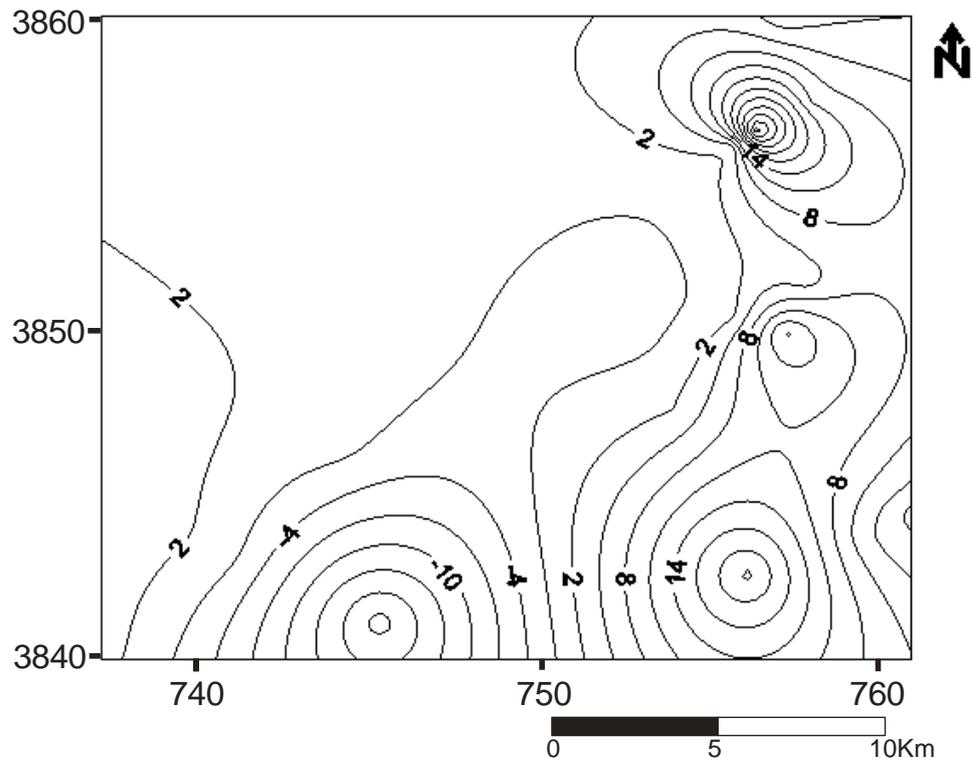
Après le calcul du gradient hydraulique, pour les des deux cartes (2008 et 2010) nous avons eu les résultats suivants :

Figure n°23 : du coté Sud-Est de la nappe, le gradient est de 0.0125, au Nord-Ouest il est de 0.011, il atteint une valeur moyenne de 0.025 au centre et au Nord Est, il est important (0.05).

Figure n°24 : le gradient hydraulique, calculé dans la partie Sud-Est de la nappe, est faible (0.0083). Il atteint une valeur de 0.0125 du côté Nord-Ouest et 0.02 au Sud Ouest. Au centre de la nappe, il est de 0.025, sa valeur maximale est de 0.05, au Nord-Est, ce qui est traduit par le resserrement des courbes isopièzes, sur la carte étudiée.

III.3. Carte des rabattements :

Figure n°25 : Carte de différences des niveaux piézométriques, dans la nappe du Mio-Plio-Quaternaire entre 2008 et 2010.



L'analyse de la figure (25) montre un rabattement prononcé sur la carte de 2008, par rapport à celle de 2010 et cela est dû aux faibles précipitations, enregistrées en 2008, par rapport à 2010. Les forts rabattements sont localisés dans la partie est et sud, tandis que les autres zones présentent de faibles rabattements.

CONCLUSION :

L'étude hydrogéologique permet de faire ressortir les principales formations aquifères, renfermant la plaine de Biskra.

L'analyse des deux cartes piézométriques, celle de (2008) et (2010) de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire montre que la circulation des eaux souterraines se fait du Nord-Ouest vers le Sud- Est. Oued Biskra coïncide avec l'axe de drainage principal de la nappe. On note aussi, la présence d'une ligne de partage des eaux, due au soulèvement du substratum de la nappe.

Le gradient hydraulique calculé sur différents endroits des deux cartes (2008 et 2010) est variable. Il est exprimé directement par l'espacement des courbes isopièzes, lorsqu'elles sont serrées, elles indiquent un fort gradient (5% dans la partie Nord- Est de la nappe, en 2008 et 2010). Dans le cas contraire, la pente est faible (0.0083 dans la partie Sud- Est, carte 2010).

La carte des rabattements montre que l'année 2008 présente un rabattement prononcé, par rapport à 2010 et cela est dû aux faibles précipitations, enregistrées en 2008. Les forts rabattements sont localisés dans la partie est et sud, tandis que les autres zones présentent de faibles rabattements.

CONCLUSION GENERALE.

L'étude que nous avons menée, nous a permis d'apporter notre contribution à la connaissance des caractéristiques morphométriques, géologiques, structurales, hydro- climatiques et hydrogéologiques de la région de Biskra.

I. Sur le plan morphométrique, géologique et structural :

En ce qui concerne le réseau hydrographique, l'oued Biskra est le principal cours d'eau dans la région, il est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement, venants du Sud- Ouest de l'Aurès. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued Djemourah, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km², dont la confluence donne naissance à l'oued Biskra, à une altitude de 200m (A.Boumessnegh, 2007).

Géologiquement, la région d'étude fait partie d'une zone de transition topographique, structurale et sédimentaire entre l'Atlas Saharien, surélevé au Nord et le Sahara, pays effondré au Sud. L'étude géologique et structurale a permis de comprendre la litho- stratigraphie et la tectonique de la région d'étude.

➤ Du point de vue stratigraphique : les données litho-stratigraphiques ont fourni une série du Secondaire, jusqu'au Quaternaire.

- Le Secondaire (Crétacé supérieur) est constitué par le Turonien, calcaire, le Sénonien inférieur, argiles et gypses, le Sénonien supérieur calcaire.

- Le Tertiaire est constitué par l'Eocène inférieur, Calcaires et argiles, Eocène moyen, Argiles gypseuses et le Mio-Pliocène, Alternances d'argiles et de sables.

- Le Quaternaire est constitué par les alluvions, Conglomérats, galets, graviers et sables.

➤ Du point de vue structural : la région forme une zone charnière, raccordant les deux grands ensembles atlasiens, limités par des failles de direction (NE – SW et NW – SE).

II. Sur le plan Hydro-climatique :

L'étude climatique a été portée sur les observations, enregistrées à la station de Biskra.

- L'analyse des précipitations a révélé un régime pluviométrique irrégulier, mensuel et annuel, avec une moyenne annuelle de 173,05 mm/an.
- Le calcul des indices climatiques et le report des paramètres sur les climagrammes ont permis de constater que la région d'étude appartient à un climat aride.
- L'étude de l'évapotranspiration et du déficit d'écoulement a été faite par l'utilisation de différentes méthodes, de divers auteurs (méthodes de Thornthwaite, Turc, ...etc.). Les résultats obtenus, à partir de ces méthodes, font apparaître un déséquilibre important entre la pluviométrie et l'évaporation, en défaveur de l'infiltration et de l'écoulement. Il est donc nécessaire d'estimer ces derniers paramètres par d'autres méthodes, notamment à partir de l'analyse quantitative des différents facteurs, régissant ces mécanismes, ou bien à partir du dépouillement des pluviogrammes (quand ils sont disponibles) lors des précipitations de forte intensité qui peuvent contribuer à l'alimentation des nappes souterraines, dans ces régions arides.
- L'estimation du bilan hydrique a été faite par l'utilisation de la méthode de Thornthwaite, appliquée pour le cas, où la réserve d'eau utile est égale à 100 mm et a montré un déficit agricole annuel égal à 1238.7mm.

Concernant l'Hydrologie, Malgré la faible étendue des séries d'observation, nous avons constaté qu'il y a une variabilité annuelle et mensuelle des débits, liée à l'irrégularité du régime pluvial. la station d'El Kantara (sous bassin de l'oued El Hai) enregistre un débit moyen annuel de 0,33 m³/s, sur une série d'observation de 15 ans (1980-1995). A la station de Djemourah (sous bassin de l'oued Djemourah), le débit moyen annuel est de 0,26m³/s, allant sur la même période.

-Pour les débits moyens mensuels, relevés à la station d'El Kantara, leur maximum est atteint en mois de Septembre, avec une valeur de 0,78 m³/s. Le minimum est enregistré en mois d'Août (0,044 m³/s), pour une moyenne annuelle de 0,33 m³/s.

-En ce qui concerne le débit moyen mensuel maximal, enregistré à la station de Djemourah, en mois de Mars, il est de 0,471 m³/s. Le minimum est de 0,042 m³/s, atteint en Juillet. La moyenne annuelle est de 0,26 m³/s.

III. Sur le plan hydrogéologique :

La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre aquifères:

- Nappe phréatique du Quaternaire.
- Nappe des Sables du Mio-Pliocène.
- Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien.
- Nappe des grès du continental Intercalaire.

L'étude hydrogéologique, portée sur notre zone d'étude a montré que les Alluvions, les grès et sables recèlent un potentiel hydrique important, d'âge Mio-Plio-Quaternaire.

Les cartes piézométriques établies, pour la nappe du Mio-Plio-Quaternaire, ont permis de mettre en évidence un écoulement général des eaux souterraines, du Nord-Ouest vers le Sud- Est. La réalimentation de la nappe semble provenir de Trois origines :

- D'une part, d'une alimentation superficielle, par les apports pluviométriques.
- D'autre part, des apports considérables, amenés en amont par l'oued Biskra, en période de crue, qui traverse la couverture limoneuse peu épaisse et s'infiltré pour atteindre la nappe phréatique (Boumessenagh. A, 2007).
- Par les bordures du Nord et de l'Ouest de la zone d'étude, présentées par les formations perméables du Mio-Pliocène et du Sénonien.

-La carte des rabattements montre que l'année 2008 présente un rabattement important par rapport à 2010, cela est dû aux faibles précipitations enregistrées en 2008. Les forts rabattements sont localisés dans la partie est et sud, tandis que les autres zones présentent de faibles rabattements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

La bibliographie concerne, à la fois, les références citées dans le texte et les références uniquement consultées.

AIDAOUI S. (1994). Ressources en eau et aménagement hydro-agricole dans la région de Biskra (Algérie). Thèse Doct. d'état, (option : eau et aménagement). Univ. Nancy II-Nancy.France. Laboratoire de géographie physique. 327 p.

BOUMESSENEGH A. (2007). Les inondations dans la ville de BISKRA, Causes et Impacts(Algérie). Thèse Magister,(option : Mobilisation des ressources hydriques). Univ. El Hadj Lakhdar-Batna.202 p. 4 fig.

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 Doct. d'état,(option : sciences hydrauliques). Univ. Mohamed Kheider - Biskra. 230 p. 2 fig.

CASTANY G. (1982). Principes et méthodes hydrogéologiques. Editions Dunod. Paris.236P.

CHABOUR N. (2006). Hydrogéologie des domaines de transition , entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne ,à l'Est de l'Algerie. Thèse doct. d'état, (option : géologie). Univ. Mentouri - Constantine.176 p.

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 Doct. d'état, (option : géologie). Univ.Mentouri - Constantine.475 p. 1 fig.

D.M.R.H. (1979). Carte hydrogéologique de Biskra au 1/200 000. La direction des études du milieu et de la recherche Hydraulique. Ministère de l'hydraulique, Algérie. Service hydrogéologie.

GUIRAUD R. (1990). Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie. Mémoire n°3 ; Pub.ONG, Alger, ministère des Mines. 259 p.

HADJ-SAÏD S. (2007). Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : cas de la nappe de Guebes (Algérie). Thèse Doct. d'état, (option : géologie). FST/UBM - Annaba. 356p .1 fig.

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.

LAFFITTE R. (1939): Etude géologique de l'Aurès. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie 2ème Série, Stratigr.Descript. Régio., n°15, 451 p.

OULD BABA SY M. (2005). Recharge et paléo recharge du système aquifère du sahara septentrional. Thèse Doct. d'état, (option : géologie). Univ. El Manar - Tunis. 261 p.

Logiciels : Convertisseur (Programme général de transformation de données), Corel v.14, Map info v.7.5, Surfer v.8.

Liste des abréviations.

- **A. N. A. T** : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.
- **A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- **H. P. E** : Hydraulique Projet Est.
- **R. G. P. H** : Recensement Général de Population et d'Habitat.
- **B. R. L** : Bureau de la Région du bas Rhône et du Languedoc.
- **O. N. M** : Office National de Météorologie.
- **S. D. R. E** : Schéma Directeur des Ressources en Eau.
- **N** : Nord.
- **S** : Sud.
- **W** : Ouest.
- **E** : Est.

Liste des figures.

	P.
Figure n° 01 : Carte de situation géographique de la ville de Biskra (H.P.E 2005)	2
Figure n° 02 : Evolution de la population de la ville de Biskra (1966, 1977, 1987 et 1998). H.P.E Constantine ,2005.....	4
Figure n° 03 : Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie (d'après Hadj-Saïd, 2007).....	7
Fig n° 04: Carte géologique de la région de Biskra, extraite de la carte hydrogéologique de la même région,(D.M.R.H, 1979)	9
Fig n° 05 : Coupe litho stratigraphique de la région de Biskra (D.M.R.H 1973)	12
Figure n° 06 : Schéma structural de la région de Biskra (M.CHEBBAH ,2007)	14
Figure n° 07 : Variations inter- annuelles des précipitations de la station de Biskra (1992-2012)	18
Figure n° 08 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles Station de Biskra (1992 -2012).....	18
Figure n° 09: Histogramme des précipitations saisonnières, à la station de Biskra (1992-2012).....	18
Figure n° 10 : Variation mensuelle des températures, à la station de Biskra (1992/2012).....	20
Figure n° 11 : Variations des températures mensuelles moyennes, minimales et maximales de la station de Biskra (1992-2012).....	20
Figure n° 12: Diagramme ombro thermique	22
Figure n° 13 : Indice annuel d'aridité de De.Martonne	25
Figure n° 14 : Climagramme d'Emberger.....	26
Figure n° 15 : Evolution de l'ETP, d'après Thornthwaite	27
Figure n° 16: Abaque de Wundt appliqué à la station de Biskra. (Période 1992-2012).....	29
Figure n° 17 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Biskra. (A.BOUMESSENEGH, 2007).....	35
Figure n° 18 : Profils en long de l'oued Biskra et de ses principaux affluents.....	38
Figure n° 19: Débits moyens annuels de l'oued El Hai (1980-1995)	39
Figure n° 20: Débits moyens annuels de l'oued Djemourah (1980-1995)	40
Figure n° 21: Débits moyens mensuels de l'oued El Hai (1980/1995).....	41
Figure n° 22: Débits moyens mensuels de l'oued Djemourah (1980/1995).....	41
Figure n° 23 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2008)	46
Figure n° 24 : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2010)	47
Figure n°25 : Carte des rabattements dans la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2008-2010).....	49

Liste des tableaux.

	P.
Tableau n° 01 : Evolution de la population (1966-1977-1987-1998)	3
Tableau n° 02 : Evolution de la population , attendue à 2010-2020	3
Tableau n° 03 : Caractéristiques de la station de mesure	16
Tableau n° 04 : Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra	16
Tableau n° 05 : Précipitations moyennes mensuelles (1992-2012)	17
Tableau n° 06 : Répartition saisonnière des précipitations	17
Tableau n° 07 : Températures moyennes mensuelles (1992-2012)	19
Tableau n° 08 : Valeurs des températures, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012) ..	19
Tableau n° 09 : Vitesses moyennes des vents ,enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).....	21
Tableau n° 10 : Humidités relatives moyennes ,enregistrées à la station de Biskra (1992- 2012).....	21
Tableau n° 11: Températures et précipitations moyennes mensuelles (1992-2012).....	22
Tableau n° 12: Indice de l'aridité.....	24
Tableau n° 13 : Les valeurs d'indices d'aridité mensuels (a) de De. Martonne, à la station de Biskra (1992/2012).....	24
Tableau n° 14 : Indice d'Emberger	25
Tableau n° 15: Calcul et correction des valeurs de l'ETP	27
Tableau n° 16 : Calcul d'ETR par la méthode de Turc.....	28
Tableau n° 17 : Eléments du bilan hydrologique, calculés pour la station de Biskra (1992- 2012).....	30
Tableau n° 18 : Valeur du ruissellement (Tixeront – Berkaloff)	31
Tableau n° 19: Valeurs de l'infiltration et du ruissellement, selon la méthode de Turc	32
Tableau n° 20 : Caractéristiques des sous bassins de l'Oued Biskra	36
Tableau n° 21 : Stations hydrométriques des sous bassins versants étudiés.....	37
Tableau n° 22 : Débits moyens annuels (en m ³ /s), période (1980-1995).....	39
Tableau n° 23: Débits moyens mensuels (m ³ /s), période (1980-1995).....	40

Annexe n° 01

Précipitations Moyennes mensuelles de la station de Biskra (1992-2012).

Années	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Moy M.
1992	18,8	4,31	22,35	9,65	9,91	0,51	8,12	0,51	25,4	1,02	89,4	2,54	192,52
1993	0	43,43	29,21	0	7,11	0	0	0	56,14	0	17,53	143,77	297,19
1994	0	0	128,28	0	0	2,03	55,12	3,05	104,16	49,03	1,02	0	342,69
1995	4,06	2,03	7,62	4,06	0	2,54	0	1,27	227,33	4,06	16,25	17,02	286,24
1996	61,47	23,36	56,14	0,51	2,04	6,1	97,03	8,64	9,4	1,02	23,88	3,05	292,64
1997	15,24	5,08	9,15	71,63	0	7,87	0	0,51	7,38	13,21	43,95	18,03	192,05
1998	0,4	15	1,2	46,1	9,6	12,4	0	1,1	2,2	3,4	2	1,4	94,8
1999	66,8	1,8	3	3,3	7,6	5,2	0	4,2	8,8	12,3	44,3	35,7	193
2000	0	0	2,5	5,1	15,8	0	0	0	27,4	4,4	1,4	7,9	64,5
2001	38,3	0,4	0	0	0	0	0,1	9,2	2,3	4	19,6	14,9	88,8
2002	0,5	0,1	0,7	1,9	0,9	3,3	2,5	4,8	0,6	11,9	18,8	1	47
2003	76,8	1,5	4,1	4,5	2,9	2,1	0,1	0	6,5	40,7	4,6	13,1	156,9
2004	1,5	0,6	91,1	67,9	48,9	1,6	0	3,2	4	6	32,6	36,7	294,1
2005	0	18	3,5	0	0	2,5	2,6	2	7,2	0,7	15,7	6,6	58,8
2006	53,7	29	1	13,5	11,5	0,2	0	0,7	16,2	9	28,4	9,8	173
2007	0	2,9	10,9	22,1	1,5	0,4	0	0,1	36,1	3	0,1	2,2	79,3
2008	4,1	0,5	1,4	0	21,1	0	0	0,5	18,1	40	0	32,7	118,4
2009	48,9	11,4	16	12	15,7	0	4	0	47,7	0	0,3	13,8	169,8
2010	15,9	17,5	24,7	22,6	5,7	23,6	0	3,7	10,4	16,3	44,8	0,3	185,5
2011	6,8	0,2	37,6	39,4	55,4	0,6	1,3	0	28,7	79,9	2,4	0	252,3
2012	0,2	1,3	6,3	4,8	0	0	0,6	0,2	3,7	12,4	23,5	1,5	54,5
Moy A.	19,69	8,50	21,75	15,67	10,27	3,38	8,17	2,08	30,94	14,87	20,50	17,24	173,05

Source O.N.M

Annexe n° 02

Températures moyennes mensuelles, à la station de Biskra (1992-2012).

Années	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY M.
1992	9,8	12,9	16,2	20	24,7	28,6	32	33,6	29,5	23,5	17,4	12,9	21,76
1993	11	12,5	15,5	20,5	26,5	32,5	34,2	34,1	28,7	24,1	16,8	12,6	22,42
1994	13,8	15	18,6	19,1	28,7	31,8	34,4	35,1	28,6	22	17,8	12,5	23,12
1995	11,3	15,9	16,3	19,2	26,4	30,6	34,2	32,7	27,6	22,8	16,8	13,5	22,28
1996	13,3	12,1	15,8	20,1	25,4	28,3	32,4	34,1	27	20,8	16,6	12,8	21,56
1997	12,9	15,5	16,7	19,3	26,3	33,1	34,8	33,3	28,3	23	16,5	13	22,73
1998	12,1	14	16	21,4	24,6	31,3	34,1	33,7	30,1	21,1	16,2	11,1	22,14
1999	11,7	12,2	16,8	21,8	29,1	33,8	34,1	36,2	30,3	25,3	15,8	11,5	23,22
2000	9,3	13,7	17,7	22,1	28,7	30,6	34,1	33,1	29	21,8	16,8	13	22,49
2001	11,6	13,3	21	21,1	26,3	32,5	35,9	34,1	29,9	26,5	17	11	23,35
2002	10,5	14,5	19	21,4	26,3	31,8	34,2	33,2	28,8	23,1	17,3	13,9	22,83
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	22,83
2004	12,8	14,8	17,3	19,6	23	30,1	33,3	34,7	28,3	24,5	15,5	12,3	22,18
2005	10	10,7	17,8	21,8	27,9	31,7	35,9	33,6	28,5	24	16,7	10,8	22,45
2006	9,9	12	17,7	23,2	28,4	31,6	34,4	33,8	27,3	24,6	16,9	13	22,73
2007	12,2	15,5	16,4	20,3	26,6	34	33,6	34,2	29,1	24	10,9	12,6	22,45
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	22,63
2009	11,9	12	15,9	18,5	26,2	32	35,8	34,7	27,1	22,9	16,8	13,1	22,24
2010	12,6	14,5	18,8	22	24,2	31	35,1	34,4	28,6	22,3	16,6	12,4	22,71
2011	12,1	13,1	15,8	22	24,8	29,7	34,8	34	30,3	22,2	17,3	13,2	22,44
2012	12	10,7	17,4	21,4	27,1	34,3	36,5	35,7	29,8	24,5	18,1	13	23,38
MOY A	11,65	13,36	17,18	20,89	26,41	31,54	34,59	34,15	28,81	23,31	16,49	12,42	22,57

Source : O.N.M

Annexe n° 03

Débits moyens annuels des oueds « El Hai et Djemourah » (1980-1995)

Oueds	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
El Hai	0.576	0.736	0.139	0.312	0.183	0.357	0.416	0.373	0.064	0.156
Djemourah	0.271	0.389	0.134	0.30	0.208	0.522	0.30	0.241	0.041	0.205
<i>Stations</i>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	<i>Moyenne</i>			
El Kantara	0.355	0.317	0.44	0.337	0.009	0.175	0.33			
Djemourah	0.264	0.28	0.275	0.119	0.083	0.22	0.26			

Source : A. N. R. H

Annexe n° 4

Débits moyens mensuels des stations « El Kantara et Djemourah » (1980-1995).

<i>Station</i>	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT
El Kantara	0.78	0.301	0.38	0.16	0.08	0.28	0.45	0.35	0.12	0.14	0.1	0.04
Djemourah	0.328	0.285	0.289	0.2	0.171	0.428	0.471	0.235	0.189	0.085	0.042	0.055

Source : A. N. R. H

Annexe n° 5

Campagnes piézométriques (2008, 2010) et les rabattements entre ces deux années.

N°	X Lambert	Y Lambert	NP(2008)	NP(2010)	RABATTEMENT 2010-2008
P1	759	3846	10	8	-2
P2	758	3844	30	33	3
P3	756	3851	32	48,6	16,6
P4	757	3854	45	50	5
P5	756.5	3852.5	40	42,8	2,8
P6	755.7	3851.2	30	47,8	17,8
P7	754	3852.5	60	61	1
P8	752.2	3850.3	62	62	0
P9	754.2	3858	115	117,6	2,6
P10	755	3858.5	132	166	34
P11	745.1	3843	299	299	0
P12	752.5	3841.8	180,9	184	3,1
P13	737.8	3844	308	309	1
P14	741.5	347.8	302,5	303	0,5
P15	744.8	3858.5	220,5	222,21	1,71
P16	757	3859.4	189,7	199,9	10,2
P17	754	3848	56,6	58,68	2,08
P18	744.2	3858.2	16,6	19,76	3,16
P19	743	3858.2	260,46	259,83	-0,63

Source : A. N. R. H