

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun –Tiaret-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-alimentaire

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Terre et de l'Univers"

Filière : "Géologie"

Spécialité : "Hydrogéologie et Environnement"

Thème

Etude de fonctionnement du système aquifère barémo- apto- albein du
synclinale SIDI MAKHLOUF – AIN EL BEL

Présenté et soutenu publiquement par :

-Mr: TAMI FOUAD

-Mr: TAHRI CHEMSEDDINE

-M^{lle}: KALKAL KARIMA

Jury:

-Président: Mr. AMEUR MOHAMED MAA Université de Tiaret

-Promoteur : Mr. ZERARKA Abdelkader MAA Université de Tiaret

-Examineur : Mr. BOUCHENTOUF Khaled MCA Université de Tiaret

Année universitaire : 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Ma chère mère et à mon père

A mes frères Mouhamed et Ratiat Med Amine

A mes sœurs Fouzia, Fatima

A tous mes amis Djafar Ayoub, Bouziouane Med et mersel

Saddam Hocine, Kalkal Karima, Amina chadoul, laazeb

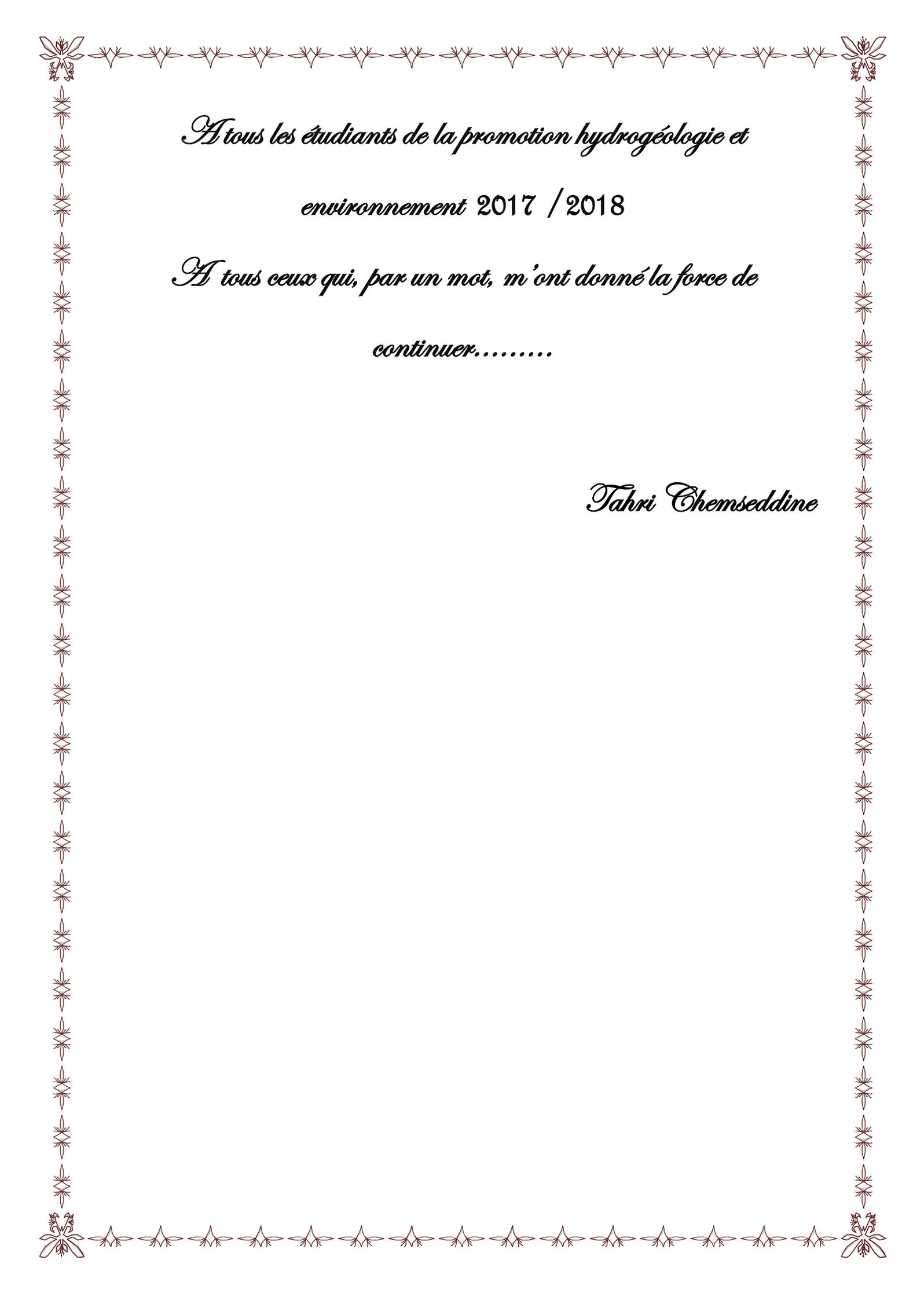
Fatiha, Kimo 38, Med Chantoufa, et Aziz Mohad et

mes collègues

A Tous la famille Tahri et la famille Acci Chahra et

Bochra, et la famille Djafar mes frères Abd elkarime et

Ghoulem allah et sa femme Guerdi hala



*A tous les étudiants de la promotion hydrogéologie et
environnement 2017 / 2018*

*A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de
continuer.....*

Tahri Chemseddine

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Ma chère mère et à mon père

A Tous mes frères Abdou et Omar

A ma sœur Hizia, Fatima

A tous mes amis Tahri chemseddine, Djafar Ayoub, Fouad,

Karima, Amina, Fatiha, Mbarka, Hala, et collègues

A tous la famille Kalkal

A tous les étudiants de la promotion hydrogéologie et

environnement 2017 / 2018

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de

continuer.....

Kalkal Karima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

À la mémoire de mon défunt père.

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre,,

À cet source de tendresse, de patience et de générosité,,

À ma mère !

À mes frère Mohamed et Abde el hamid,,

À mes sœurs Fatima, Chaimaa, Khadidja,,

À tous mes amis Omar, softane, Mohamed et hocyne,,

Kadaoui asmaa, Houda, Abira,

Je dédie la famille Djafar et particulier Ayoub mohamad ben

aouda, Ghoulem allah et sa femme Guerdi hala

À mon amie intime Chadoul amina

À Tous la famille Tami et Hamada

À tous les étudiants de la promotion hydrogéologie

et environnement 2017 / 2018

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de

continuer.....

Tami Fouad

Remerciements

Avant tout propos, nous remercions Dieu le tout puissant qui

Donné sagesse et santé afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tiens à exprimer notre connaissance à toutes les personnes

qui ont permis de mener à bien ce travail.

Monsieur MOUCHARA.N, Aneur.M et Monsieur

ZERARKA.AEK,

nos promoteurs qui nous ont guidé et soutenu tout au long de la

Réalisation de ce mémoire en nous prodiguant de fructueux

conseils et en nous faisant bénéficier de leur savoir et de leur

expérience. Leur aide efficace, leur disponibilité à notre égard, leurs

orientations régulières et multitudes.

Nous les prions de trouver ici l'expression de notre sincère

Reconnaissance, de notre profonde gratitude et le témoignage de

notre respectueux attachement..

Nous remercions en particulier l'ANRH Djelfa.

MERCI.

Sommaire

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : Contexte générale

1. Introduction	02
2. Situation géographique du secteur d'étude	02
2.1. Morphologie.....	02
3. relief de la zone d'étude.....	02
3.1 Domaine montagneux.....	02
3.1.1 la dépression d'Ain el ibel.....	03
3.1.2 Végétation	05

CHAPITRE II : Étude hydroclimatique

Introduction.....	06
1. Les facteurs climatiques.....	06
1.1 Les précipitations.....	07
1.1.1 Les précipitations moyennes mensuelles.....	08
1.1.2 La pluviométrie.....	09
2.1.4 Pluviométrie moyenne annuelle.....	09
1.2. Les températures.....	11
1.2.1 Les températures de l'air.....	11
1.3. L'humidité relative.....	14
1.4 Le vent.....	14
1.5 variation interannuelle de pluviosité.....	15
1.6. Précipitation moyenne interannuelle et coefficient pluviométrique (CP)	16
3. Classification du climat de la région.....	18
3.1 Détermination de l'humidité du sol (méthode d'Euverte).....	18

Table des matières

3.2 Indice d'aridité de DEMARTONNE.....	19
3.3. Le diagramme d'Emberger.....	20
4. Le Bilan hydrique	22
4.1. Etude de l'évapotranspiration	22
4.1.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	23
4.1.1 Formule de Thornthwaite (bilan d'eau)	23
4.1.2. Évapotranspiration réelle (ETR)	24
4.1.2.1 La formule de Turc	24
4.2 Estimation du ruissellement.....	25
4.2.1. Méthode de Tixeront et Berkaloff.....	25
4.3. Estimation de l'infiltration	26
4.4. Interprétation du bilan hydrique	27
5. Conclusion.....	28

CHAPITRE III: Etude géologique et géophysique

Introduction.....	29
1. Cadre géologique général.....	29
2. Etude lithostratigraphique.....	31
2.1. Le jurassique supérieur.....	31
2.2. Le néocomien.....	31
2.3. Le barrémien.....	31
2.4. L'aptie.....	34
2.5. L'albien.....	34
2.6. Albien inférieur gréseux.....	34
2.7. Albien supérieur calcaire.....	34
2.8. Cénomanién.....	34
2.9. Turonien.....	35
2.10. Sénonien.....	35
2.11. Compano-maestrichien.....	35
2.12. Eocène.....	35

Table des matières

2.13. Quaternaire.....	35
3. Tectonique.....	36
3.1. Les Djebels Djellal Gharbi et Chergui.....	36
3.2. Les Djebels Zerg-Tafara.....	36
3.3. La dépression de Ain El Ibel.....	37
4.4. Les coupes géologiques.....	38
4.1. Coupe géologique (A-B).....	38
4.1.1. Interprétation de la coupe géologique (A-B).....	38
4.1.2. Coupe géologique (C-D).....	39
4.1.3. Interprétation de la coupe géologique (C-D).....	39
5. Etude géophysique par prospection électrique.....	40
5.1. Généralité.....	40
5.2. Objectif de l'étude.....	40
5.3. Interprétation.....	42
6. Conclusion.....	42

CHAPITRE IV : Etude hydrogéologique et hydrodynamique

INTRODUCTION.....	43
1. Détermination des caractéristiques hydrogéologique de la région d'étude.....	43
1.1. Les différents types d'aquifères.....	43
2. Inventaire des points d'eau.....	44
3. La piézométrie.....	45
3.1. Elaboration de la carte piézométrique.....	45
3.2. Interprétation de la carte en courbes isopiezes.....	46
3.3. Le sens d'écoulement.....	46
3.4. Le Gradient hydraulique.....	47
3.5. Interprétation.....	48
4. essais de pompage.....	49

Table des matières

4. Les essais de débit.....	49
4.1 Essais définitif.....	49
4.2 La Courbe caractéristique.....	49
4.3 Détermination des pertes de charge.....	49
5.1 Aperçu géologique de la région.....	51
5.2 Exécution du forage.....	51
5.3 Position géographique du forage.....	51
5.4 Description des travaux	51
5.6 Description géologique.....	51
5.7 Equipement du forage.....	52
5.8 Essais de débit.....	52

Liste des figures

Fig. N°01: Carte de situation de la zone d'étude.....	04
Fig. N°02 : répartition des précipitations moyennes mensuelles des deux stations pluviométriques).....	09
Fig.N° 03 : courbe des températures moyenne mensuelles de Dhelfa (1986/2006).....	12
Fig. N° 04 : Evolution de l'humidité relative moyenne mensuelle durant la période de (1995-2004).....	13
Fig. N° 05 : Evolution de la vitesse de vent moyenne mensuelle interannuelle durant la période (1995-2004).....	14
Fig.N° 06 : Précipitations moyennes interannuelles des stations pluviométriques de SIDI MAKHLOUF et AIN EL IBEL 1967-2007 (ANRH).....	15
Fig. N° 07 : Les précipitations interannuelles en mm de la station d'Ain El Ibel (1969-2007).....	16
Fig. N° 08 : Variation moyenne de la température mensuelle (°C) de la station d'Ain EL IBEL de la période (1969-2007).....	18
Fig. N°09 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne de la station d'Ain EL IBEL(1969-2007).....	20
Fig.N° 10 : Climagramme d'EMBERGER de la station d'Ain EL Ibel (1969-2007).....	22
Fig. N° 11 : extrait de la Carte géologique de la zone étude (synclinal d'Ain EL Ibel-Sidi Makhlouf).....	30
Fig. N° 12 COUPE STRATIGRAPHIQUE LITHOLOGIQUE DE FORAGE KSAR ZEIRA.....	33
Fig.N° 13 : La coupe géologique (A-B).....	38
Fig. N°14 : La coupe géologique (C-D).....	39
Fig.N°15 : Carte de situation des sondages électrique.....	41
Fig.N°16 : : Image satellitaire montrant la répartition des points d'eau dans la zone d'étude. (Date de prise d'image 23/06/2018).....	45
Fig.N°17 : Carte piézométrique de synclinal d'Ain El Ibel - Sidi Makhlouf (Oct 2008).....	47
Fig.N°18 : courbe caractéristique et droite de perte de la charge de forage AMRA (F1).....	50

Fig.N°19 : courbe de descente (méthode de jacob)..... 54

Liste des tableaux

Tableau.N°01 : Répartition et position des stations météorologiques	7
Tableau.N°02 : Répartition des pluies moyenne mensuelle des deux stations pluviométrique période 1969-2007 (ANRH).....	8
Tableau.N°03 : pluies moyennes annuelles.....	10
Tableau N°04 : Températures moyennes mensuelles de Djelfa (1986-2006).....	11
Tableau N°05 : les saisons distinguées par la température moyenne mensuelle de Djelfa.....	13
Tableau N°06 Les précipitations moyennes interannuelles et les coefficients pluviométriques de la station d'Ain El Ibel (1969-2007).....	17
Tableau N°07 : montre les Valeurs du rapport P/T (station d'Ain EL IBEL, 1969-2007).....	19
Tableau N°08 : Valeurs du rapport P/T de la station d'Ain EL IBEL (1969-2007).....	19
TableauN°09 : Comparaison entre les deux méthodes de calcul de l'ETR.....	25
Tableau N°10 Estimation du ruissellement selon les formules de Tixerion-Berkaloff de la station d'Ain ELibel (1969-2007).....	25
Tableau N°11 : Valeurs de l'infiltration efficace (<i>I</i>) en mm de la station d'Ain El Ibel(1969-2007).....	26
Tableau N°12 : Bilan hydrique de la station d'Ain El Ibel (1969-2007) selon C.W. Thornthwaite.	26
Tableau N°13 : Inventaire des forages (synclinal d'Ain el Ibel)(EURL BEREGH-2001).....	44
Tableau N°14 : Résultat des essais de debi	49

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique – Tiaret.

L'EPA : Environmental Protection Agency.

P : la population.

UTM : La projection universelle transverse de Mercator.

P : Précipitation.

Cp : Coefficient pluviométrique.

AE : Année excédentaire.

AD : Année déficitaire.

T : Température.

°C : degré Celsius.

°K : degré Kelvin.

IA: Indice d'aridité.

Q² : Quotient pluviométrique d'Emberger.

ETR : Evapotranspiration réelle.

ETP : Évapotranspiration potentielle.

I : Infiltration.

i: indice thermique mensuel.

R : Ruissellement.

K : Coefficient de correction de la latitude.

RFU: Réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes.

Def : Déficit agricole.

BH: Bilan Hydrique.

Exc : Excédent.

Introduction générale

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Introduction générale

L'eau est la ressource naturelle la plus précieuse, elle est essentielle pour les êtres humains, les animaux et les végétaux, elle est indispensable à la vie et est le lubrifiant de la nature ; Partout présente sur Terre, l'eau a conditionné le développement économique et social des sociétés humaines.

L'eau douce nécessaire à l'homme dont il tire profit pour ses activités de production et principalement ses aliments, ne représente que 3% de l'eau totale présente sur la planète, les 97% qui restent sont sous forme d'océans. :

Les eaux peuvent être soit superficielles circulant à la surface du sol et facilement accessibles, ou bien souterraines circulants sous le sol et difficilement accessibles.

L'atlas saharien constitue un édifice atlasique représenté par un grand alignement structural qui la subdivisé en trois faisceaux de pli : les monts des oulad naïl (atlas saharien oriental), le djbel amour (atlas saharien central), et les monts des ksour (atlas saharien occidental).

Le synclinal d'Ain El Ibel Sidi Makhoulf couvrant une superficie de 647 km², Appartenant à la dépression d'orientations Sud-Ouest – Nord Est situé à une trentaine de Kilomètres au Sud de la localité de Djelfa.

Les fluctuations saisonnières du niveau de la nappe ont des conséquences désastreuses sur le fonctionnement du système aquifère d'Ain el bel permet de préserver le potentiel des Ressources en eau, leur qualité, leur évolution, notamment face aux risques des modes de gestion adaptées.

Dans une première partie, on procède à une présentation du synclinal d'Ain Elbe – Sidi Makhoulf Son contexte géologique, climatologique et hydrogéologique, on se réfère à l'historique des études hydrogéologiques réalisées dans la région et à l'actualisation des données à savoir la climatologie et la piézométrie.

L'étude hydrogéologique de la nappe d'Ain El Ibel n'a pas été étudiée d'une façon très large, Les documents existant concernant cette nappe fournissent uniquement les données des débits des forages et les données de la piézométrie.

Pour la présentation synthétique des données, un moyen particulièrement bien adapté reste l'expression cartographique. Elle permet évidemment de bien représenter toutes les données spatiales objectives nécessaires à la caractérisation des modèles utilisables pour simuler le système.

Chapitre I : **Contexte générale**

**Étude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Introduction

La géographie et la géologie est la base de toute étude de terrain, surtout pour l'étude hydrogéologique, elle délimite le secteur étudié et détermine la distribution des facteurs physico-géographiques ainsi que les formations géologiques caractérisant cet espace.

I.1 Situation géographique du secteur d'étude

Le synclinal d'Ain El Ibel Sidi Makhlouf, s'insère dans le cadre géographique des hautes Plaines Algériennes entre 02°57' et 03°20' de longitude Est et 34°07' et 34°28' de latitude Nord. A 30 Km environ au Sud de la localité de Djelfa, sur une superficie de 647 km² le Synclinal s'étend sur 48 km suivant un axe NE - SW, et sur 18 km suivant un axe Perpendiculaire, il est limité (Figure I.) :

- Nord Est par Zakar et Djebel Tafara
- Nord-Ouest, par Djebel Djellal Rharbi.
- à l'Ouest par Tadmit
- Sud-Ouest par Djebel Zergua

I.2 Morphologie

I.2.1 Relief de la zone d'étude

L'analyse des cartes topographiques (Figure I.) qui couvrent notre zone d'étude, montre que la zone d'étude est divisée en deux reliefs :

I.2.2 Domaine montagneux

a) Djebels Djellal Gharbi et Chergui :

Ils forment le flanc sud du synclinal de Djelfa, d'altitude moyenne qui tourne autour de 1240 m pour Djellel Gharbi et autour de 1260 m pour Djellel Chergui.

Les valeurs de pentes dans cet ensemble sont supérieures à 20 %.(**Mahrour M.1965**)

b) L'ensemble de djebels Zerga-Tafara :

C'est un vaste anticlinal orienté (SW-NE), traversé par la route (Ain El Ibel - Messaâd).

Les lignes de crêtes sont à une altitude sub-égale, séparées par des couloirs étroits.

L'ensemble de djebels se relève insensiblement du SW (1000 m) vers le NE (1363 m).

(**Mahrour M.1965**)

I.2.3 La dépression d'Ain El Ibel

C'est une vaste zone déprimée, située à l'W de l'ensemble anticlinal des djebels Zerga-Tafara, allant de Sidi Makhlouf au S jusqu'au Zakkar au N, limitée à l'W par djebel El Azreg.

La pente est inférieure ou égale à 8 %, elle diminue progressivement vers le S.

L'ensemble de la dépression est drainé par l'Oued Tadmit qui traverse le djebel Zerga pour rejoindre ensuite l'Oued Messaad à l'E et l'Oued El Ibel qui se termine dans la ville de Ain El Ibel qui constitue le niveau de base des écoulements des eaux (**Basseto D et Guillemot J.1971**)

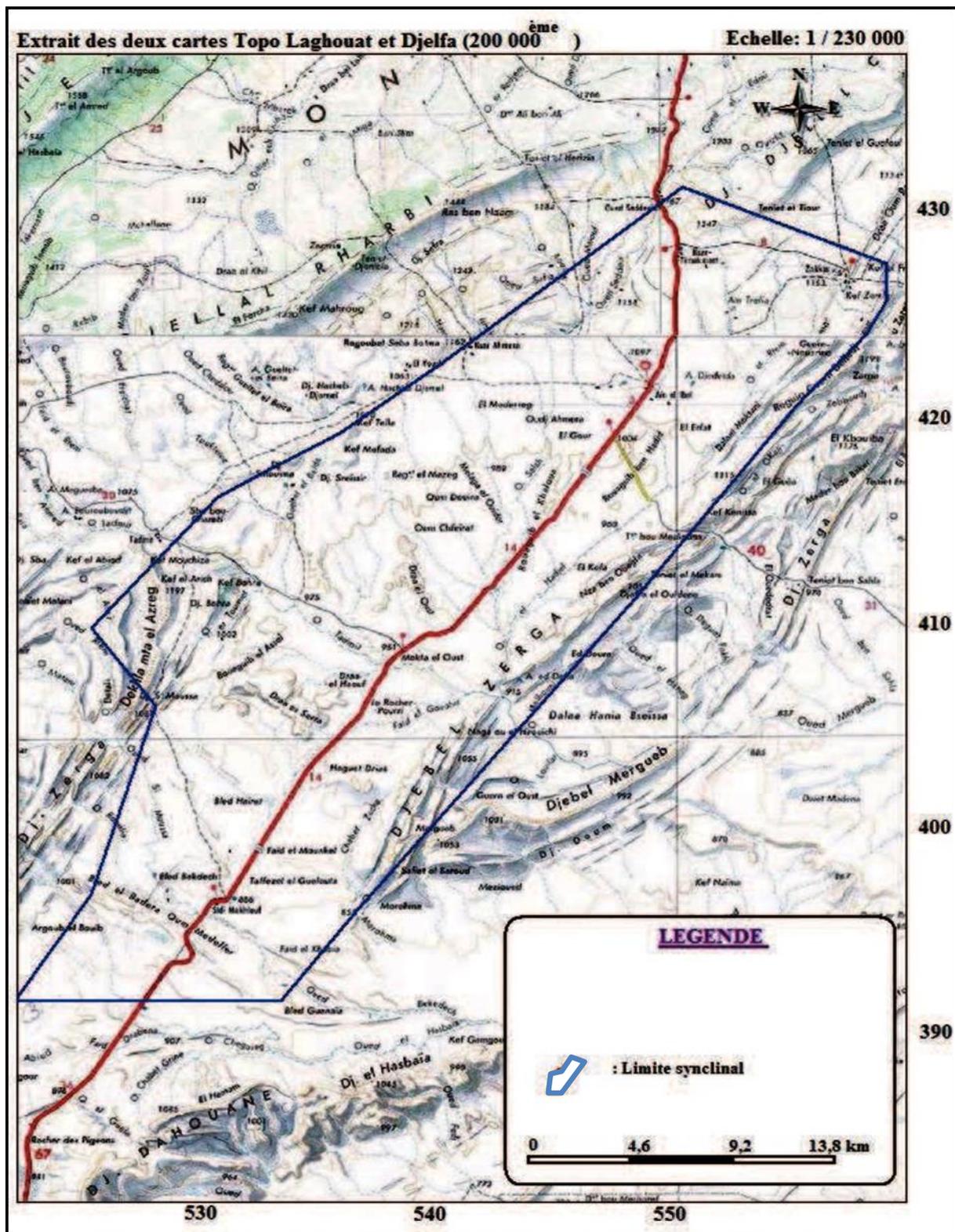


Figure n°01: Carte de situation de la zone d'étude

I.2.4Végétation

La végétation naturelle est très pauvre, elle se borne à quelques repousses de pâturage broutées par les troupeaux de chameaux et de moutons, Les principales formations végétales sont :

- le matorral : formation d'origine forestière, où subsiste des arbustes (romarin, cistes...etc.), il peut y avoir aussi quelques pins d'Alep (matorral arboré).

L'Alfa envahit à peu le matorral au fur et à mesure que disparaissent les espaces reliques forestiers et l'on passe à la Steppe.

La Steppe : formation basse et discontinue avec des graminées vivaces (Alfa, Sparte).

Chapitre II : **Etude hydroclimatique**

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

.Introduction :

L'eau est un fluide sans cesse en mouvement qui passe d'un réservoir à un autre par l'intermédiaire de plusieurs mécanismes:

- l'évaporation,
- la transpiration des végétaux,
- les précipitations,
- le ruissellement,
- l'infiltration. (KADDOUCHE M., 2011 – 2012).

L'étude des nappes souterraines est extrêmement liée à l'étude hydroclimatologie, c'est – à- dire aux différents composants qui régissent le climat (pluviomètre, vent, température, humidité, évaporation ruissellement). (ABDENOUR H., 1981).

Les différentes valeurs obtenues aux différentes stations de mesures sont des chiffres moyens, en des chiffres assimilés à des moyennes qui nous permettront une approche de la connaissance du climat.

Nous allons tenter donc d'estimer les différents flux d'eau intervenants dans le cycle de l'eau à l'échelle du sous bassin versant.

Ce travail consiste à analyser les séries de données, anciennes, des différents facteurs climatologiques pouvant intervenir dans le bilan hydrologique. Il s'agit essentiellement d'une collecte de données effectuée au niveau de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

1. Les facteurs climatiques**D'une manière générale, le climat est conditionné par :**

La température de l'air ($T^{\circ}\text{C}$), les précipitations (P mm), l'éloignement de la mer et la présence du relief.

Nom de la station	Code ANRH	Coordonnées		Altitude Z(m)	Latitude	Longitude	Période
		X(m)	Y(m)				
Sidi MAKHLLOUF	060401	529.00	392.00	886.00	37.92.00 Grade	00.73.50 Grade	(1969 /2007) 39ans
Ain El Ibel	060502	548.50	418.00	1000	/	/	
Djelfa	17-02	529.00	392.00	1040	/	/	

Tableau.n°01 : Répartition et position des stations météorologiques:

Les précipitations saisonnières, ont lieu essentiellement au printemps et en automne, elles diminuent du Nord vers le Sud et elles sont irrégulières.

1.1. Les précipitations:

Pour mieux connaître la pluviosité de notre zone d'étude, nous avons pris en considération les deux stations : Ain El Ibel, Sidi Makhlouf, sur une période allant de 1969 au 2007, telles qu'elles sont données par l 'ANRH. **(Voir Fig. 2 et Tab.2).**

1.1.1 Précipitation moyennes mensuelles :

Mois	AIN EL IBEL	SIDI MAKHLOUF
Septembre	27,22	17,81
Octobre	24,84	22,79
Novembre	19,64	11,72
Décembre	14,42	09,90
Janvier	15,11	12,44
Février	11,81	08,85
Mars	17,92	12,13
Avril	25,64	11,49
Mai	26,25	09,79
Juin	10,32	06,52
Juillet	07,29	03,46
Aout	12,39	05,30
Nb obsr	39 ans	

Tableau.n°02: Répartition des pluies moyenne mensuelle des deux stations pluviométrique période 1969-2007 (ANRH)

Nous constatons que dans la figure N° 02 que la répartition mensuelle des précipitations (1969 / 2007) des deux postes pluviométriques, montrent que la période pluvieuse s'étale sur les mois suivants :

- Septembre, Octobre et Novembre avec une période humide.
- Mars, Avril et Mai avec une période à pluviosité moyenne.
- Décembre, Janvier, Février, Juin, Juillet, et Août avec une période sèche.

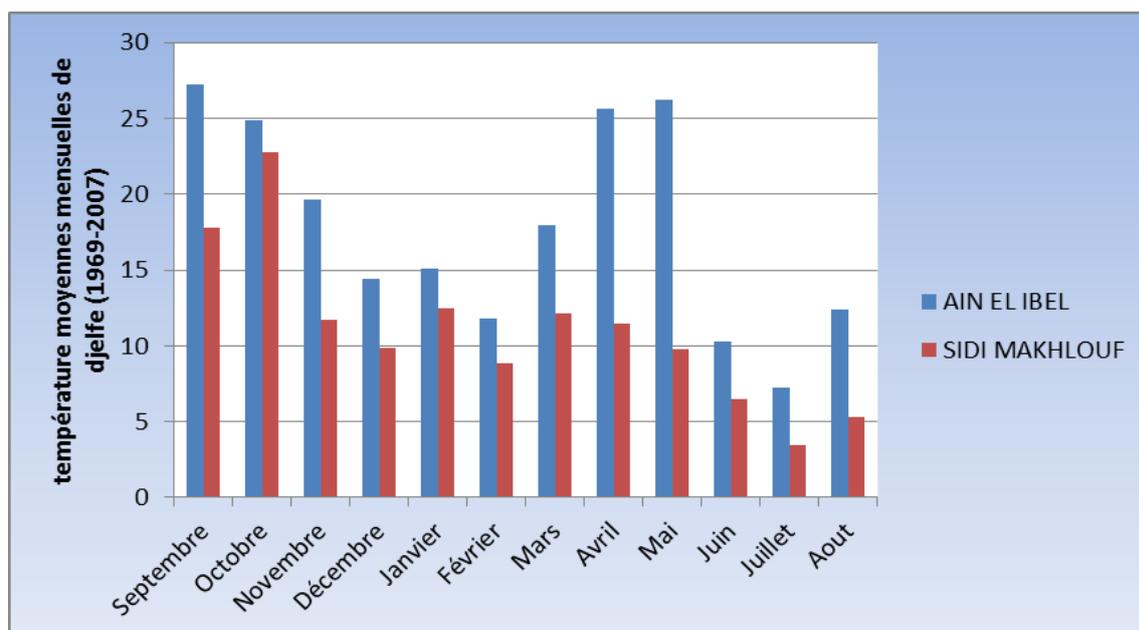


Figure n°02: répartition des précipitations moyennes mensuelles des deux station pluviométriques

1.1.2 La pluviométrie

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement. (RAMADE, 2003).

1.1.3 Pluviométrie moyenne annuelle :

Les valeurs des pluies moyennes annuelles enregistrées depuis 1969 jusqu'à 2007 varient de 41 à 390 mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre. Les valeurs des pluies moyennes annuelles sont présentées dans le (Voir Tab.3).

Station Année	SIDI MAKHLOUF	AIN EL IBEL
1969	374,20	152,57
1970	100,00	117,80
1971	291,00	255,70
1972	95,00	175,00
1973	147,82	212,65
1974	248,59	151,80
1975	302,59	203,40
1976	140,82	280,70
1977	59,59	95,90
1978	69,76	160,20
1979	73,70	214,92
1980	117,68	348,10
1981	308,63	295,00
1982	41,21	208,10
1983	35,58	50,70
1984	165,45	225,70
1985	93,60	350,40
1986	106,30	186,60
1987	109,80	221,90
1988	53,00	216,80
1989	195,40	446,30
1990	126,50	213,70
1991	135,40	351,80
1992	66,20	140,00
1993	49,00	119,75
1994	137,00	386,80
1995	193,80	390,90
1996	127,94	119,40
1997	175,30	312,30
1998	125,20	69,30
1999	114,20	175,40
2000	76,20	110,10
2001	120,71	148,90
2002	50,10	131,80
2003	131,70	310,50
2004	71,30	180,60
2005	161,30	284,80
2006	128,10	120,73
2007	43,35	163,44
Moy	132,38	212,83

Tableau.n°03: pluies moyennes annuelles

1.2. Les températures

Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale,

Les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques.

La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de fait les mares, les suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec la température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration. (OZENDA, 1991).

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. (RAMADE, 2003).

1.2.1 Les températures de l'air

Les renseignements sur les variations mensuelles de la température ont été prélevés de la station météorologique de Djelfa, sur une période de 20 ans (1986-2006). (Voir **Tableau.N°04**)

Mois	Température Moyenne (°C)	Température Min (°C)	Température Max (°C)
Septembre	20.74	13.9	27.59
Octobre	15.20	9.34	21.06
Novembre	9.97	5.18	14.76
Décembre	6.64	2.35	10.94
Janvier	4.96	0.38	9.54
Février	6.80	1.57	12.03
Mars	9.09	3.14	15.04
Avril	11.73	5.40	18.06
Mai	17.35	10.64	24.06
Juin	22.22	14.98	29.46
Juillet	25.92	18.25	33.60
Aout	25.75	18.12	33.38
Moyenne	14.70	8.60	20.79

Tableau.n°04: Températures moyennes mensuelles de Djelfa (1986-2006)

Les températures moyennes mensuelles confirment que le mois le plus froid est celui de Janvier avec une température moyenne mensuelle de 8.29°C par contre le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne mensuelle de 30.21°C.

Les températures atteignent le maximum au mois de Juillet à environ 34.98°C, et leur minimum au mois de Janvier à environ 5.24°C (**Fig. N°03**).

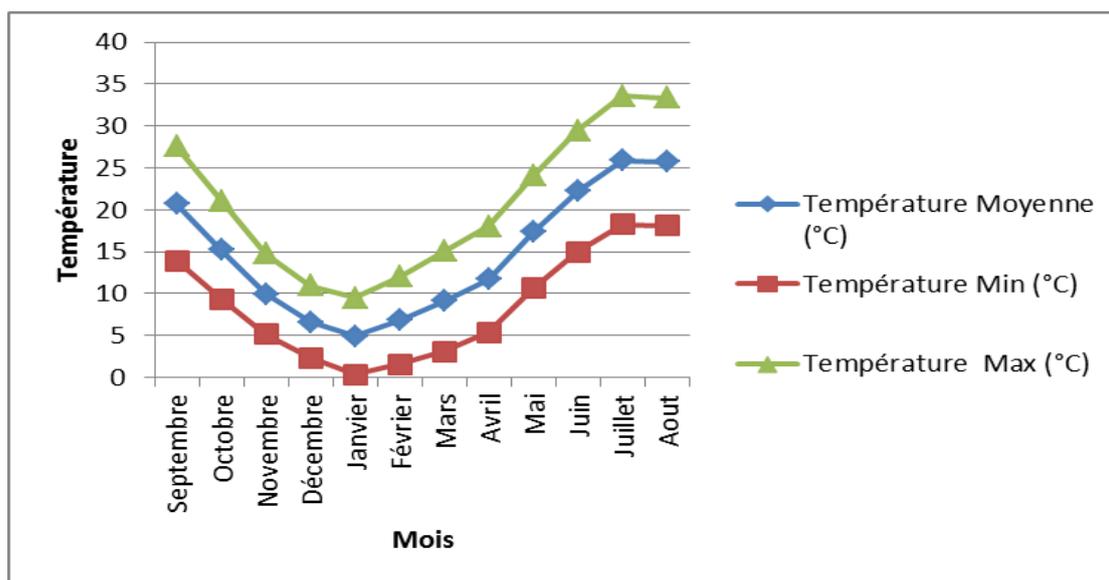


Fig. N°03: Variation moyenne de la température mensuelle (°C) de la station d'Ain EL IBEL de la période (1969-2007)

- T° Max : désigne la température moyenne mensuelle des maxima, (°C) ;
- T°Min : désigne la température moyenne mensuelle des minima, (°C) ;
- T° Moy: désigne la température moyenne mensuelle (°C).

Le mois le plus froid de l'année est Janvier, avec une température moyenne avoisinant de 5°C

Les mois Juillet, Août sont les plus chauds avec des températures moyennes allant de 20.74°C à 25.92°C (voir la Figure n°04)

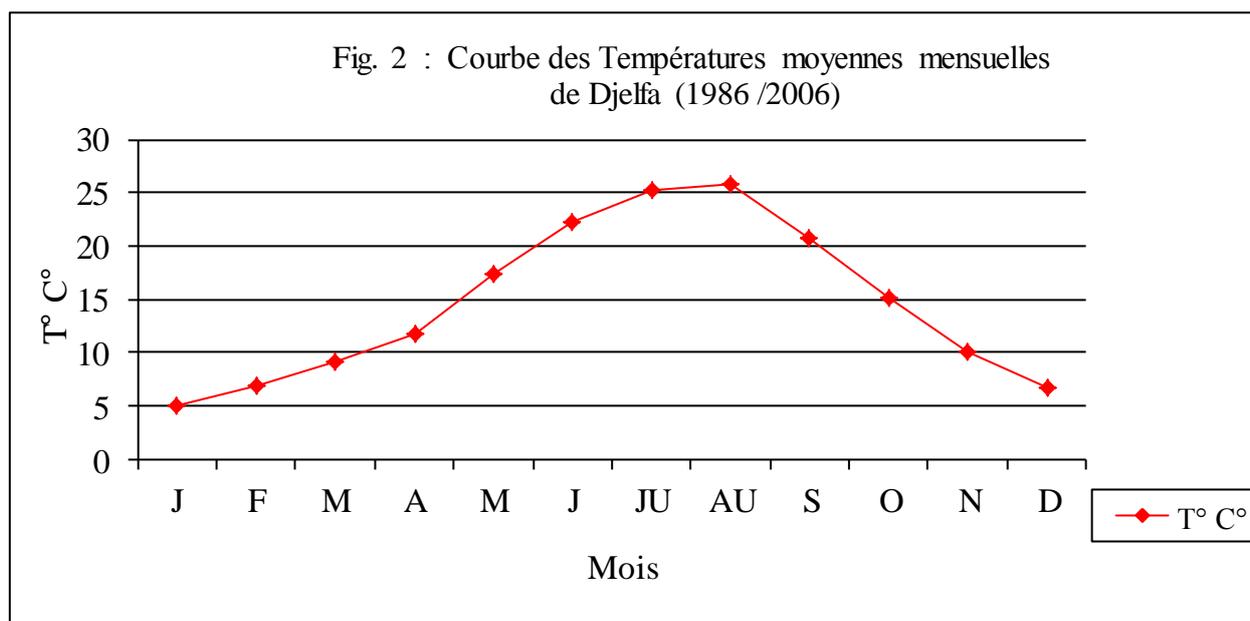


Figure n°04 :_courbe des températures moyenne mensuelles de Dhelfa (1986/2006)

Nous distinguons deux saison dans l'année : saison froide et saison sèche représente dans le **tableau n° 05**

température Nov - Avr	température moyenne	Température Mai - Oct
8,20	14 ,70	21,20

Tableau.n°05 : les saisons distinguées par la température moyenne mensuelle de Djelfa

a) Une saison froide :

Elle est Longue, et débute du mois Novembre jusqu'au mois d'avril avec une température moyenne de 8.20° c inférieure à la température moyenne annuelle qui est de l'ordre de 14,70

b) Une saison chaude :

Elle débute du mois Mai jusqu'au mois d'octobre avec une température moyenne de 21,20°c supérieure à la température moyenne annuelle qui est de l'ordre de 14,70

1.3. L'humidité relative

Selon RAMADE (2003), c'est le rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air et la masse théorique de vapeur d'eau que peut renfermer l'atmosphère à saturation compte tenu de la température et de la pression barométrique existante.

La variation saisonnière de l'humidité relative est représentée sur la figure n°04. Il apparaît que la saison froide présente une humidité relative, élevée avec un maximum de (78.2%), obtenu au mois de janvier, d'autre part, l'humidité relative ne dépasse pas (50%) durant la saison sèche (juin- août), avec un minimum pouvant atteindre (35.1%) au mois de juin. (Voir la figure n°05)

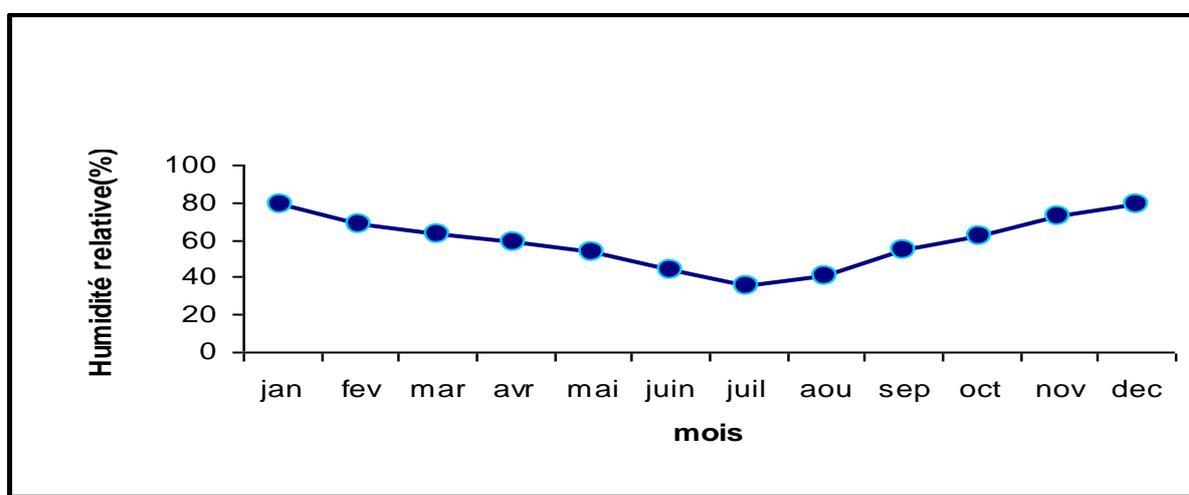


Figure n°05: Evolution de l'humidité relative moyenne mensuelle durant la période de (1995-2004).

1.4. Le vent :

Il constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement. (RAMADE, 2003).

Il intervient des fois par sa violence, par les particules qu'il transporte et qui peuvent déchirer les parties aériennes des plantes, et par les remaniements qu'il provoque dans le sol.

Cependant son action peut être quelquefois favorable, par exemple lorsqu'il provoque un important dépôt de sable sur des sols salés qui étaient stériles, ou bien lorsqu'il contribue à la dispersion des végétaux et de leurs semences. (OZENDA, 1991).

La figure n°06 montre que la variation saisonnière de la vitesse du vent durant la période, d'observation reste quasi constante. D'autre part, la valeur maximale de la vitesse du vent ne

dépasse pas **4.83 m/s** (avril) ; tandis que la valeur minimale (**3.48 m/s**) est observée au mois de septembre.

Il est signalé, que durant le printemps et l'hiver c'est les vents froids et pluvieux qui dominant ; tandis qu'en été le sirocco souffle du sud.

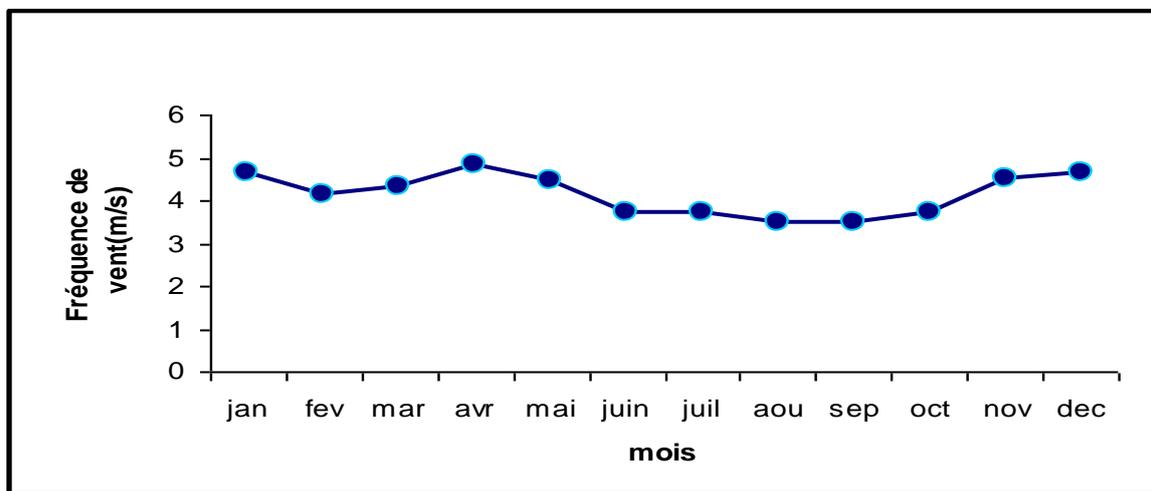


Figure n°06 : Evolution de la vitesse de vent moyenne mensuelle interannuelle durant la période (1995-2004).

1.5. Variation interannuelle de la pluviosité :

Les variations des précipitations annuelles des deux stations pour la période (1969 / 2007) sont représentées dans la **Figure n°07**

On remarque que cette variation interannuelle est généralement la même pour les deux stations.

Elles présentent une subite augmentation et diminution des précipitations.

On passe d'une façon brutale d'une saison sèche à une saison humide.

On peut dire donc, la variation de la pluviosité est irrégulière au niveau de la zone d'étude, ce qui caractérise un climat Semi-Aride

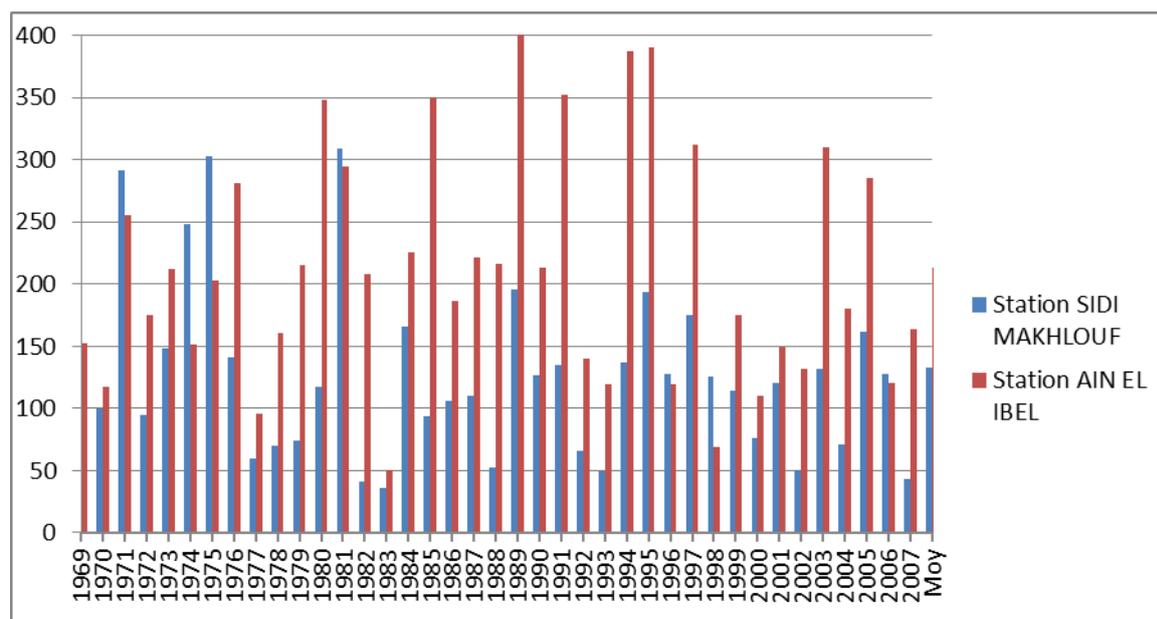


Figure n°07: Précipitations interannuelles des stations pluviométriques de SIDI MAKHLOUF et AIN EL IBEL 1967-2007 (ANRH)

1.6. Précipitations interannuelles et Coefficient pluviométrique (Cp) :

Le coefficient pluviométrique annuel Cp est un paramètre très important pour la détermination des années excédentaires et des années déficitaires.

Il est déterminé par la formule suivante :

$$CP = \frac{P}{P_{moy}}$$

Sachant que :

CP : coefficient pluviométrique.

P : pluviométrie interannuelle en (mm).

P_{moy} : pluviométrie moyenne annuelle de la période considérée en (mm).

- Si **Cp** > 1 : l'année correspondante est excédentaire (AE).
- Si **Cp** < 1 : l'année correspondante est déficitaire (AD).

Les valeurs du coefficient pluviométrique sont représentées dans le tableau et la figure suivant :

Années	P interannuelles en (mm)	CP	Observation
1969-1970	152,57	0,717	AD
1970-1971	117,80	0,553	AD
1971-1972	255,70	1,201	AE
1972-1973	175,00	0,822	AD
1973-1974	212,65	0,999	AD
1974-1975	151,80	0,713	AD
1975-1976	203,40	0,956	AD
1976-1977	280,70	1,319	AE
1977-1978	95,90	0,451	AD
1978-1979	160,20	0,753	AD
1979-1980	214,92	1,010	AE
1980-1981	348,10	1,636	AE
1981-1982	295,00	1,386	AE
1982-1983	208,10	0,978	AD
1983-1984	50,70	0,238	AD
1984-1985	225,70	1,060	AE
1985-1986	350,40	1,646	AE
1986-1987	186,60	0,877	AD
1987-1988	221,90	1,043	AE
1988-1989	216,80	1,019	AE
1989-1990	446,30	2,097	AE
1990-1991	213,70	1,004	AE
1991-1992	351,80	1,653	AE
1992-1993	140,00	0,658	AD
1993-1994	119,75	0,563	AD
1994-1995	386,80	1,817	AE
1995-1996	390,90	1,837	AE
1996-1997	119,40	0,561	AD
1997-1998	312,30	1,467	AE
1998-1999	69,30	0,326	AD
1999-2000	175,40	0,824	AD
2000-2001	110,10	0,517	AD
2001-2002	148,90	0,700	AD
2002-2003	131,80	0,619	AD
2003-2004	310,50	1,459	AE
2004-2005	180,60	0,849	AD
2005-2006	284,80	1,338	AE
2006-2007	120,73	0,567	AD
2007	163,44	0,768	AD

Tableau n°06: Les précipitations interannuelles et les coefficients pluviométriques de la station d'Ain El Ibel (1969-2007)

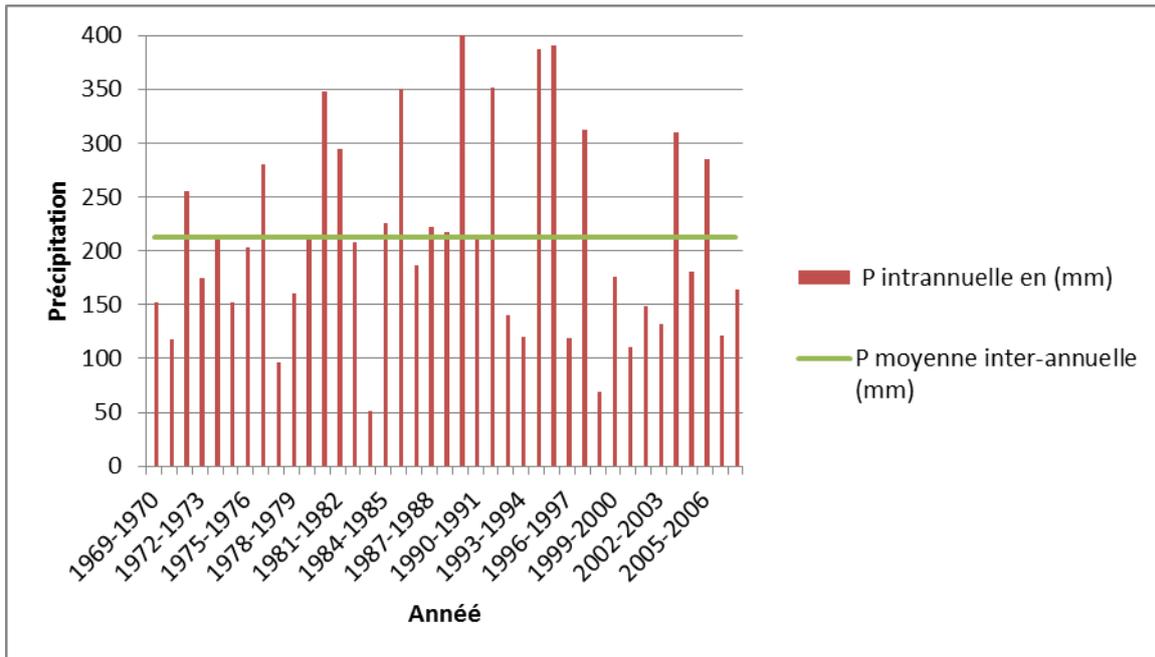


Figure n°08: Les précipitations interannuelles en mm de la station d'Ain El Ibel (1969-2007).

D'après le tableau n°06 et l'histogramme ci-dessus, on a une moyenne pluviométrique de **212.83mm** sur une période de 39 ans (1969-2007). On distingue 17 années présentant un coefficient pluviométrique annuel supérieur à 1 où l'année (1989-1990) est la plus pluvieuse avec 446.30mm/an, donc elles sont excédentaires et 21 années présentant un coefficient pluviométrique annuel inférieure à 1, elles sont déficitaires où l'année (1983-1984) représente l'année la moins pluvieuse avec seulement 50.70mm.

3. Classification du climat de la région :

La région d'étude est caractérisée par des conditions climatiques qui seront précisées on utilisant plusieurs méthodes :

la méthode de G .Euvert, L'indice d'aridité de De Martonne, le diagramme d'Emberger.

3.1 Détermination de l'humidité du sol (méthode d'Euverte) :

Cette méthode est basée sur l'établissement d'un rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles (P/T) d'une même période.

Le rapport (P/T) donne la valeur de l'humidité du sol et permet de définir 4 types de régimes :

Rapport (P/T)	P/T < 1	1 < P/T < 2	2 < P/T < 3	P/T > 3
Régime	Très sec	Sec	Subhumide	humide

Tableau n°07 : montre les Valeurs du rapport P/T (station d'Ain EL IBEL, 1969-2007).

Mois	T (°C)	P moyennes (1969-2027)	P/T
Septembre	20,74	27,22	1,312
Octobre	15,2	24,84	1,634
Novembre	9,97	19,64	1,970
Décembre	6,64	14,42	2,172
Janvier	4,96	15,11	3,046
Février	6,8	11,81	1,737
Mars	9,09	17,92	1,971
Avril	11,73	25,64	2,186
Mai	17,35	26,25	1,513
Juin	22,22	10,32	0,464
Juillet	25,92	7,29	0,281
Aout	25,75	12,37	0,480
Annuel	14,7	212.83	-

Tableau n°08 : Valeurs du rapport P/T de la station d'Ain EL IBEL (1969-2007).

Les valeurs du rapport P/T représentées dans le tableau ci-dessus permettent de connaître l'évolution de l'humidité du sol pendant l'année :

- ❖ Pour les mois de Septembre, octobre, Novembre, Février, Mars, et Mai le régime est sec.
- ❖ Pour les mois de Décembre, Janvier, Avril caractérisés par un régime subhumide.
- ❖ Un régime très sec durant les mois de Juin, Juillet, Aout.

3.2 Indice d'aridité de DEMARTONNE

En fonction des précipitations et de la température, on détermine l'indice d'aridité (I) qui s'énonce comme suit : voir **fig N°09**

$$I = P / (T + 10)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

T : Température moyenne annuelle en °C.

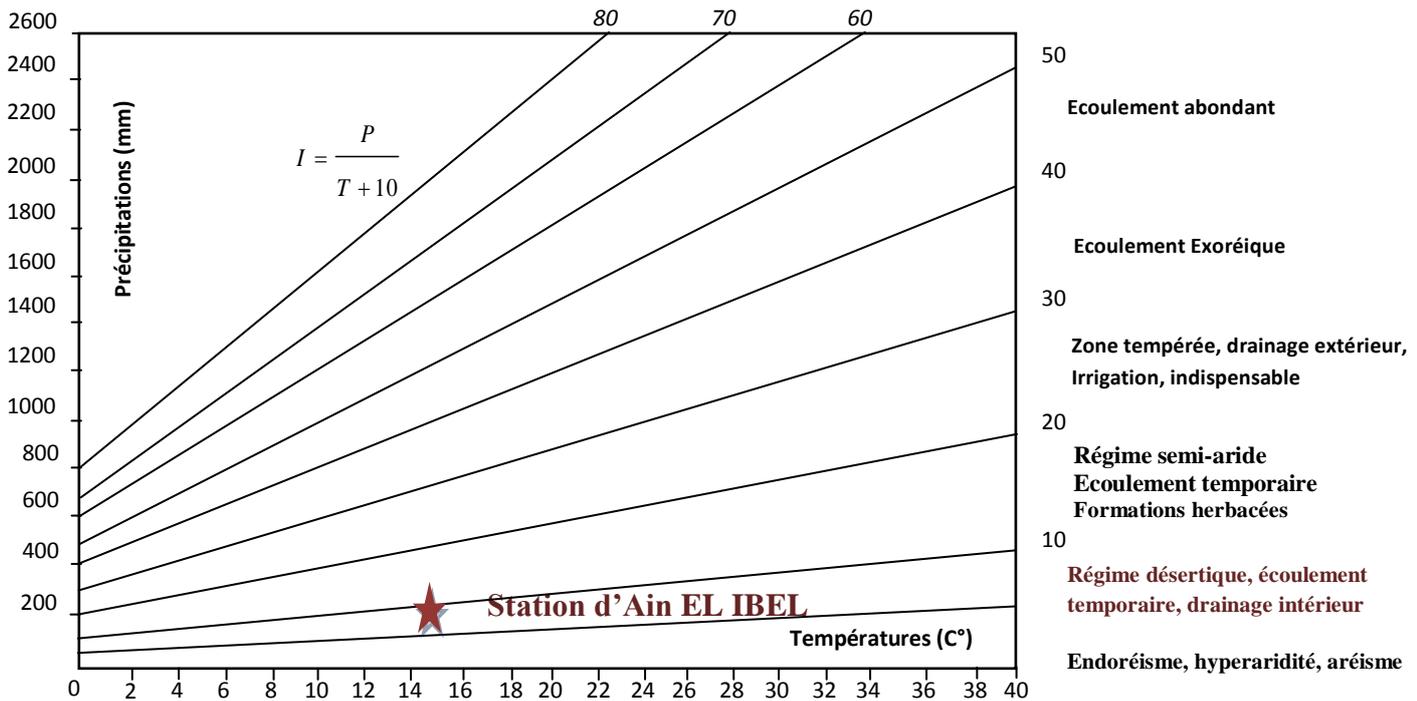


Figure n°09: Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne de la station d'Ain EL IBEL (1969-2007).

la valeur de l'indice d'aridité est : $I = 9,75$

On remarque que dans toutes les stations que : $I < 10$, Donc la région d'étude est soumise à un climat aride, d'après l'abaque de DEMARTONNE (climat très sec endoréique)

(Voir Figure I.8).

3.3 Le diagramme d'Emberger :

Pour préciser le climat de la région nous allons utiliser le climagramme de L. Emberger sur lequel nous avons reporté les données des stations choisies, avec en abscisse la moyenne des températures minimales de la saison froide (en °C), et en ordonnée $Q2$ donné par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{P}{(M+m)(M-m)/2} * 1000 \text{ Ou encore } Q^2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Où :

Q^2 : quotient pluviométrique d'Emberger.

M^2 : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (°K).

m^2 : moyenne des minima du mois le plus froid en degré absolu (°K).

P : précipitations moyennes annuelles en (mm).

Ce diagramme est utilisé pour la situation du climat de la région étudiée, où nous avons :

	T moy	T max	T min
°C		25.92	6.13
°K	273,15	299.07	279.28
T ²		89442,8649	77999.1803

$$Q^2 = p / [(M+m) (M-m)/2] * 1000 \quad \longrightarrow \quad Q^2 = 24,86$$

Les mois les plus froids sont Décembre, Janvier, Février.

$$T = (6,64 + 4,96 + 6,8) / 3 = 6,13^\circ\text{C}.$$

Le point obtenu de coordonnées (6.13 ,37.19) sur le diagramme caractérise bien le climat aride de la région de Djelfa

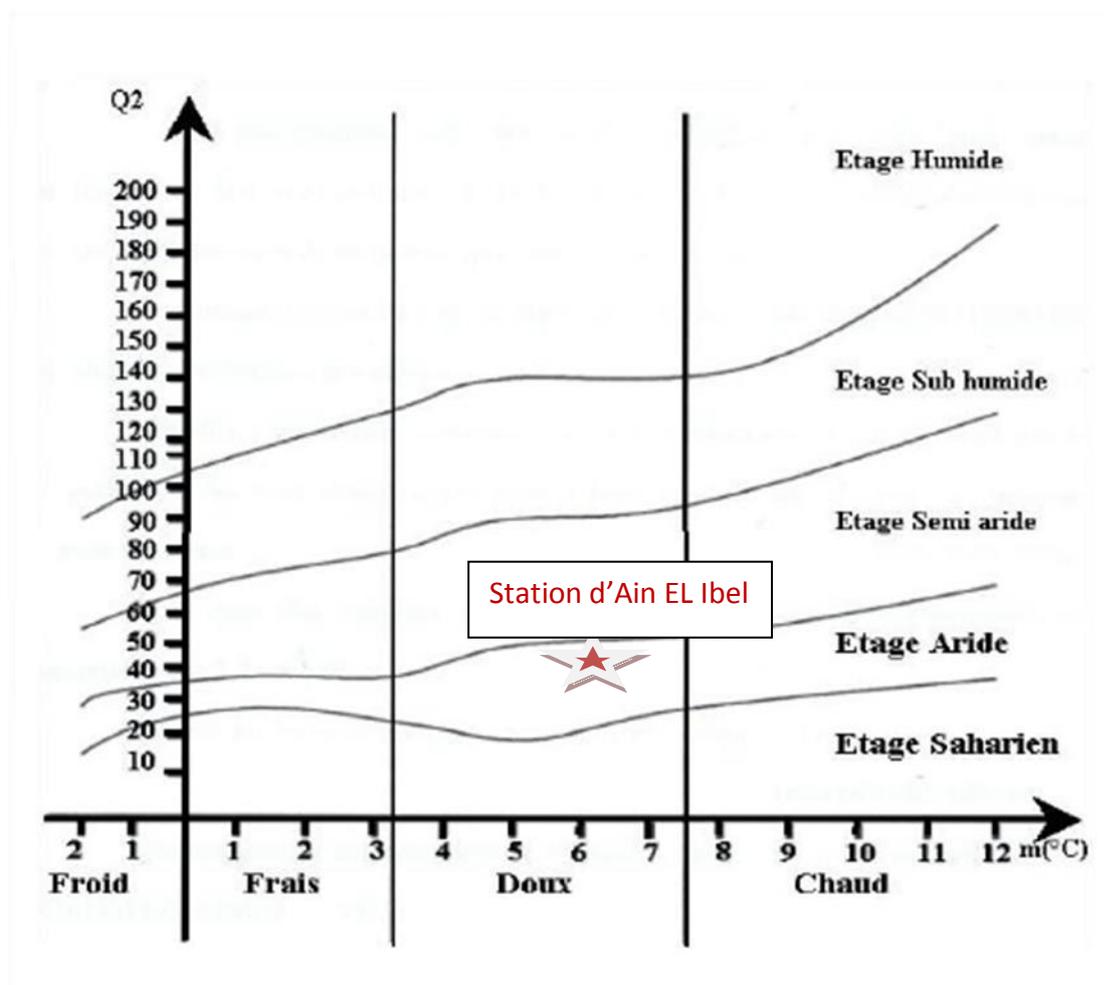


Figure n°10: Climagramme d'EMBERGER de la station d'Ain EL Ibel (1969-2007).

4. Le Bilan hydrique :

Le bilan hydrique exprime le processus que suit une quantité d'eau arrivant au sol par précipitation ou neige avant de se retourner à l'atmosphère.

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (Castany 1982) :

$$P = ETR + R + I$$

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm), I : infiltration, P : précipitation, R : ruissellement.

4.1 Etude de l'évapotranspiration :

On appelle évapotranspiration (ET) les pertes totales d'eau d'un couvert végétal. Ces dernières sont fonction de trois paramètres à savoir :

- le développement de la végétation

-la réserve d'eau du sol -les climats (rayonnement, chaleur de l'atmosphère, vent) L'évaporation intégrant ces trois facteurs se résume en trois différentes structures:

- l'évapotranspiration potentielle (ETP)
- l'évapotranspiration réelle(ETR)
- l'évapotranspiration maximale (ETM) (**BANMANSOUR S., KORICHI R., 2013**)

C'est un terme important du cycle hydrique qui résulte de deux phénomènes, l'un physique (l'évaporation), l'autre biologique (la transpiration) ; l'évapotranspiration est fonction de plusieurs facteurs (l'humidité, la température, l'insolation et la couverture végétale.

4.1.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

4.1.1.1 Formule de Thornthwaite (bilan d'eau) :

Cette méthode est basée sur la notion de **RFU** (réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évaporation est de 25mm comme valeur maximale.

Outre que les données pluviométriques et la température, cette méthode introduit le coefficient thermique **K** et l'indice de température mensuel **i** pour l'estimation de l'**E.T.P.** selon la relation suivante :

$$\mathbf{ETP} = 16 (10T/I)^a \mathbf{K}$$

$$\mathbf{i} = (T/5)^{1.514}$$

$$\mathbf{I} = \Sigma \mathbf{i} \quad \mathbf{a} = (1.6/100) \mathbf{I} + 0.5$$

Avec :

T : Température moyenne du mois considéré en °C

ETP : Évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.

K : coefficient de correction de la latitude, **I** : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuel.

L'ETP est estimée à 968.45mm/an (voir tableau bilan).

- si pour un mois **P** > **ETP** on pose que l'ETP = ETR, la quantité d'eau qui reste (P-ETR) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (50 mm) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

- si $P < ETP$, la valeur de $ETR = P + RFU$, jusqu'à égalisation avec ETP . Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole $Da = ETP - ETR$, ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

Cette méthode a été appliquée à la station d'Ain Bouchékif se conférer au tableau n°12.

4.1.2 Évapotranspiration réelle (ETR) :

L'EVAPOTRANSPIRATION RELLE : qui est la dose à appliquer dans le temps et dans l'espace au niveau du développement de la plante, n'est autre que le produit partir du bilan hydrique (Gains – Pertes) de l'E.T.P par le coefficient cultural (Kc) défini à acquis par l'outil case lysimétrique (**CHARLES ,1975**).

Elle est aussi appelée déficit d'écoulement, l'ETR représente la quantité de vapeur effectivement exportée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux. Elle fait intervenir la réserve facilement utilisable (RFU), la quantité d'eau nécessaire aux plantes est retenue dans le sol par les forces capillaires. Elle est déterminée par plusieurs formules entre autres celles de Thornthwaite et Turc.

4.1.2.1 La formule de Turc :

M. Turc a établi la formule suivante :

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

Avec : $L = 300 + 25t + 0,05t^3$

$$L = 300 + 25(14,7) + 0,05(14,7)^3$$

$$L = 826,326 \text{ °C}$$

$$P = 212,83 \text{ mm}$$

Où :

P : pluie moyenne annuelle, en mm.

L : paramètre de température, en °C.

T: température moyenne annuelle, en °C.

Selon les deux formules précédentes de l'évapotranspiration réelle de la station d'Ain EL IBEL on obtient :

Station	ETR TURC (mm/an)	ETR CW.Tornthwaite (mm/an)
(Ain ELIBEL) Djelfa	216.73	209.94

Tableau n°09: Comparaison entre les deux méthodes de calcul de l'ETR

4.2. Estimation du ruissellement :

C'est la quantité d'eau qui s'écoule à la surface du sol par unité de temps sans s'évaporer avant de garder une masse d'eau. Il existe plusieurs méthodes pour le calcul du ruissellement. On utilise la méthode de Tixeront et Berkaloff. voir **Tableau N°10**

4.2.1 Méthode de Tixeront et Berkaloff :

Tixeront et Berkaloff ont établi une formule permettant d'estimer le ruissellement moyen annuel :

$$R = P^3 / 3(ETP)^2 \quad \text{si} \quad P < 600 \text{ mm}$$

Avec :

R : Ruissellement en (mm) ;

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm) ;

ETP : L'évapotranspiration potentielle annuelle en (mm).

Paramètres Station	P (mm/an)	ETP	R (mm/an)
Ain EL ibel	212.83	693.31	6.68

Tableau n°10 : Estimation du ruissellement selon les formules de Tixeront-Berkaloff de la station d'Ain ELibel (1969-2007).

La lame d'eau ruisselée pour la période (1969-2007) à la station d'Ain EL Ibel est estimé à 6.68 mm pour une pluie moyenne annuelle de 212.83mm

4.3. Estimation de l'infiltration :

L'équation du bilan hydrique nous permet de déterminer l'infiltration efficace (Ie).

$$P = ETR + R + I \rightarrow I = P - ETR - R$$

Avec :

- **P** : précipitation moyenne annuelle en mm
- **ETR** : évapotranspiration réelle annuelle en mm.
- **R** : ruissellement en mm.
- **I** : l'infiltration efficace en mm.
- Si $I > 0$: les entrées sont supérieures aux sorties.
- Si $I < 0$: les entrées sont inférieures aux sorties.

Station	P	ETR	R	I
Ain EL Ibel	212.83mm/an	209.94mm/an	6.68mm/an	3.79mm/an

Tableau n°11 : Valeurs de l'infiltration efficace (I) en mm de la station d'Ain EL Ibel(1969-2007).

L'infiltration efficace calculée à la station d'Ain EL Ibel est égale à 3.79mm

D'après la valeur, nous constatons que l'infiltration à la station d'Ain EL Ibel est supérieure à zéro, donc les entrées sont supérieures aux sorties.

Mois	T(°C)	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	RU	ETPR	Def	Exc
S	20,74	8,62	1,03	84,38	27,22	-57,16	0,00	27,22	57,16	0,00
O	15,2	5,38	0,97	43,89	24,84	-19,05	0,00	24,84	19,05	0,00
N	9,97	2,84	0,87	17,59	19,64	2,05	2,05	17,59	0,00	0,00
D	6,64	1,54	0,86	8,00	14,42	6,42	8,47	8,00	0,00	0,00
J	4,96	0,99	0,88	4,69	15,11	10,42	18,89	4,69	0,00	0,00
F	6,8	1,59	0,85	8,28	11,81	3,53	20,00	8,28	0,00	2,42
M	9,09	2,47	1,03	17,46	17,92	0,46	20,00	17,46	0,00	0,46
A	11,73	3,64	1,10	30,34	25,64	-4,70	15,30	30,34	0,00	0,00
M	17,35	6,58	1,20	69,91	26,25	-43,66	0,00	41,55	28,36	0,00
J	22,22	9,57	1,20	112,13	10,32	-101,81	0,00	10,32	101,81	0,00
J	25,92	12,08	1,22	153,00	7,29	-145,71	0,00	7,29	145,71	0,00
A	25,75	11,96	1,16	143,65	12,37	-131,28	0,00	12,37	131,28	0,00
Annuel	14,70	67,25		693,31	212,83	-480,48		209,94	483,37	2,89

Tableau n°12 : Bilan hydrique de la station d'Ain EL Ibel (1969-2007) selon C.W Thornthwaite.

Avec :

- T : température mensuelle en °C
- P : précipitation moyenne mensuelle en (mm)
- IT : indice thermique
- RFU : réserve facilement utilisable en (mm)
- K : coefficient de latitude
- ETR : évapotranspiration réelle en (mm)
- ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)
- Def : déficit agricole en (mm)
- BH: Bilan Hydrique
- Exc : excédent en (mm)

4.4. Interprétation du bilan hydrique :

Nous constatons qu'à partir du mois de Novembre jusqu'au mois de Mars les précipitations deviennent supérieur à ETP ce qui permet la reconstitution de la R.F.U. qui est à son maximum (50mm) au mois de Janvier –Février et Mars, ce qui donne un excédent de 2.42 mm en Février et 0.46 mm en Mars.

Le déficit agricole débute à partir du mois de Mai jusqu'à Octobre et atteint son maximum au mois de juillet avec une valeur de 145.71mm.

La période déficitaire en eau commence à partir du mois de Mai et se termine au mois d'Octobre, et la période humide débute au mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril.

Remarque

Ces résultats ne sont que théoriques, ne tiennent pas compte de la morphologie et de la Lithologie des terrains traversés, ni du couvert végétal et ni de la pente.

5. Conclusion :

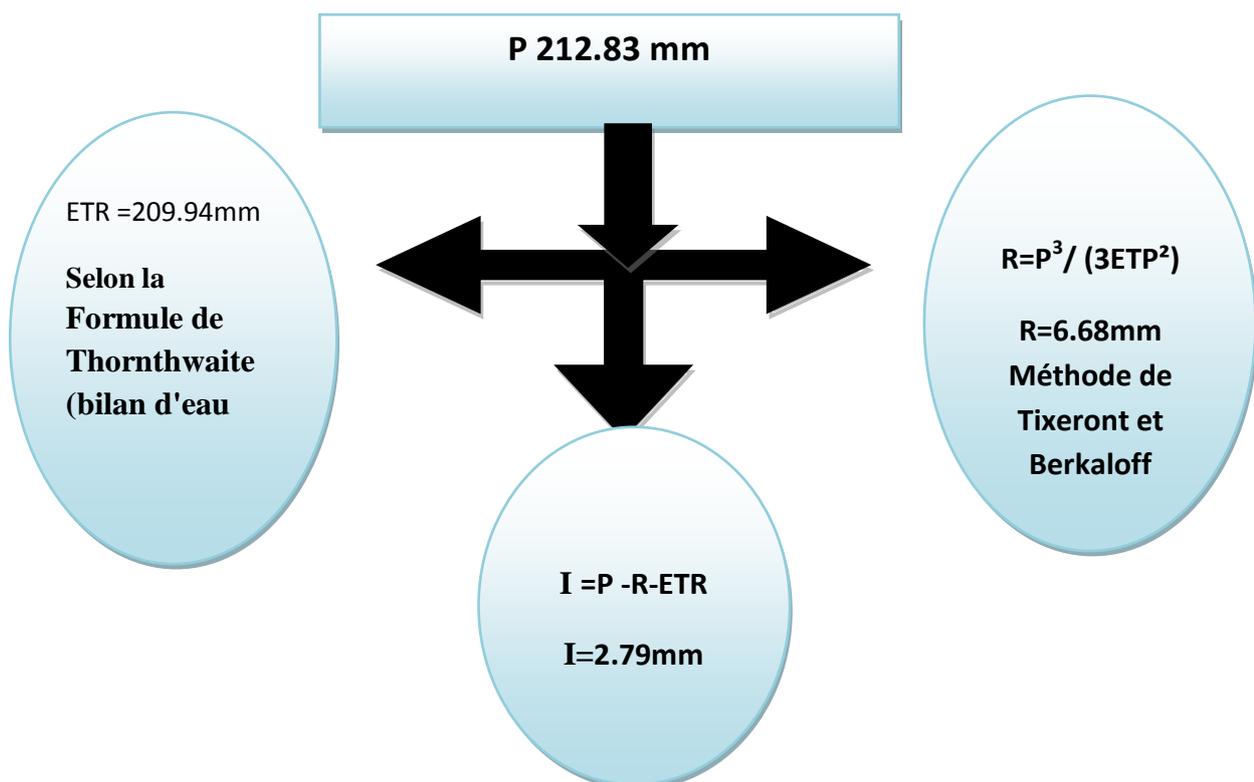
La région d'étude (Synclinal d'Ain El Ibel-Sidi Makhlouf) est caractérisée par un climat aride aux Hivers froids et aux Etés chauds.

La température moyenne est de l'ordre de (14.7°C) avec un écart d'environ (19.7 °C) entre le pôle froid (décembre, janvier et février) où la température atteint (6.13°C) et le pôle chaud correspondant aux mois de juillet, août où la température atteint (25.8 °C), traduisant une continentalité assez marquée.

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 212.83 mm à la station d'Ain EL Ibel de Djelfa.

Les précipitations saisonnières, ont lieu essentiellement au printemps et en automne, elles diminuent du Nord vers le Sud et elles sont irrégulières.

Le Bilan hydrique : $P = ETR + R + I$



Chapitre III :

Etude géologique et géophysique

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Introduction :

L'existence des eaux souterraines est conditionnée par un critère géologique, qui comprend des conditions lithologiques et structurales, assurant un rôle décisif dans l'existence ou non de l'aquifère. Le second critère est d'ordre climatique ou paléo climatique local ou régional, qui détermine les conditions de recharge des nappes souterraines (**Castany, 1982**).

La géologie permet aussi de quantifier les réservoirs aquifères et de connaître leurs types de nappes, ainsi que leurs conditions aux limites selon la distribution des faciès géologiques.

De ce qui découle, tout raisonnement hydrogéologique doit s'asseoir sur une meilleure compréhension de la géologie du site en question. Le présent chapitre expose, un survol rapide de la géologie régionale, élaborée à la base d'une compilation bibliographique.

Cadre géologique général

De point de vue géologique le secteur d'étude correspondant à la dépression d'Ain El ibel est localisé au niveau de l'Atlas saharien dans la partie Sud - Ouest des Monts des Ouled Nail, où se sont accumulées durant le Mésozoïque et le Cénozoïque d'épaisses séries néritiques et continentales dont la surrection et le plissement se sont effectuées lors de l'orogénèse alpine. Au point de vue structural la région d'Ain El ibel correspond à un vaste synclinal dont l'axe d'orientation Nord est Sud-Ouest passe au niveau des localités de Sidi Makhlouf, Ain El Ibel et Ksar Timekmert. Le synclinal d'Ain El Ibel est représenté par une série essentiellement détritique Barrémienne recouverte de temps à autre par des dépôts continentaux quaternaires discordants sur les termes les plus anciens. (**POUGET M.1977**)

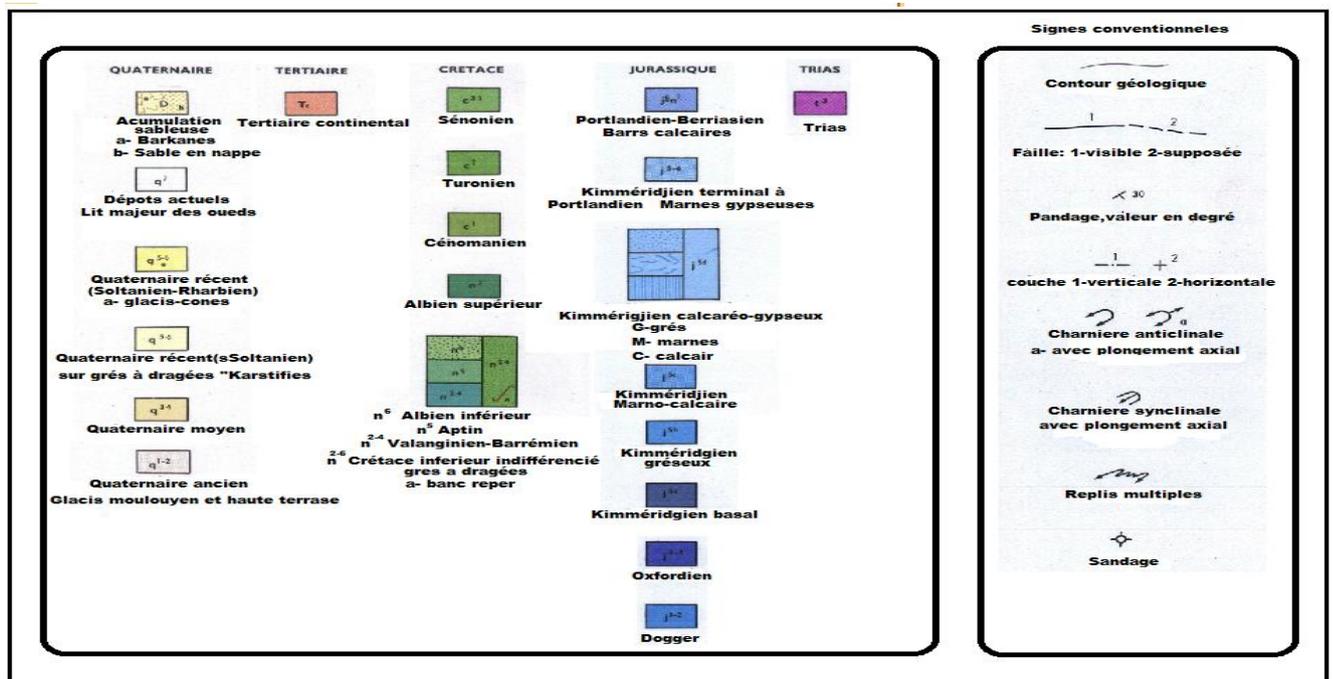
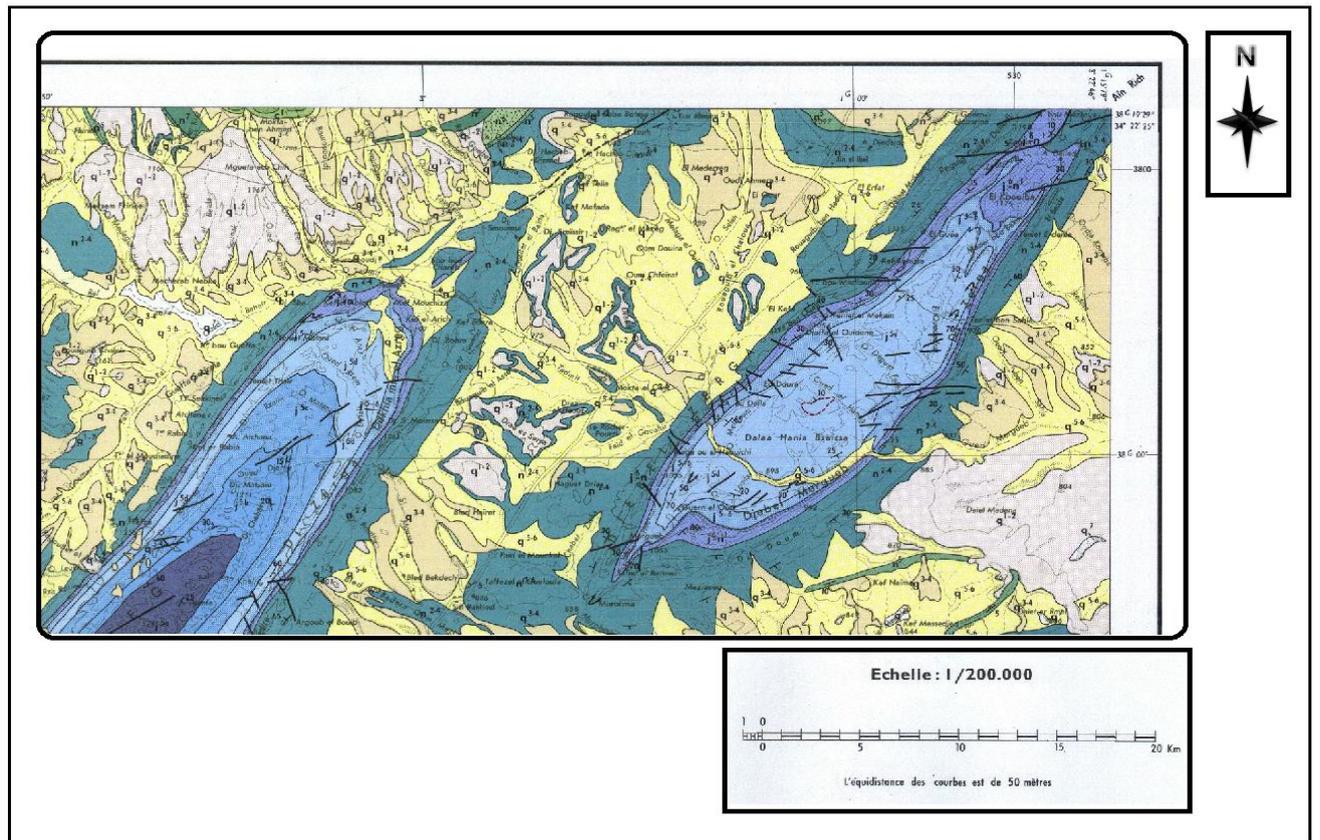


Figure n°11 : extrait de la Carte géologique de la zone étude (synclinal d'Ain EL Ibel-Sidi Makhlouf)

2 Etude lithostratigraphique :

2.1 Le jurassique supérieur

Le Jurassique supérieur affleure au cœur des anticlinaux pincés limitant à l'Ouest et à l'Est le synclinal d'Ain El Ibel, il est constitué de la base au sommet par :

- Des alternances de marnes grises, de calcaires argileux en bancs décimétriques et de calcaires oolithiques, cette série a été attribuée au Kimméridgien.
- 100m de calcaires gris à rares passées de marnes lumachelliques au-dessus desquels reposent
- 120m de marnes admettant une intercalation d'un banc de calcaire à oolithes ferrugineuses.
- 200m de calcaires fins argileux, de calcaires oolithiques et de calcaires organogènes dans lesquels s'intercalent 50m de marnes.

L'ensemble de cette série reposant sur le Kimméridgien et contenant des Gastéropodes, des Lamellibranches et des Stromatopores a été attribué au Portlandien - Berriasien

2.2 Le néocomien

Le Néocomien affleure au Sud d'Ain El Ibel au niveau du flanc Nord-Ouest de l'anticlinal du Djebel Zerga où il est constitué par une série essentiellement gréseuse dans laquelle s'intercalent des calcaires à débris de Lamellibranches et de Gastéropodes, des dolomies, des calcaires gréseux et des marnes gréseuses versicolores. Cette formation d'une épaisseur de 330 m au Djebel Zerga a été datée grâce à présence de microfaune (*Trocholine elongata*).

2.3 Le barrémien

Les affleurements les plus importants du Barrémien sont localisés au niveau des flancs est et ouest du synclinal d'Ain El Ibel, dans les environs de Sidi Makhoulf au Sud - Ouest et d'Ain El Ibel et Ksar Zeira au Nord - Est. Dans la partie centrale du secteur étudié le Barrémien est généralement recouvert en discordance par des formations quaternaires. Au point de vue lithostratigraphique la série barrémienne d'une épaisseur de 500m est constituée de la base au sommet par :

- De grès plus ou moins marneux sans dragées de quartz.
- De grès massifs à dragées de quartz.
- Une alternance de marnes, de grès fins et d'argiles rouges.
- Des grès massifs à dragées de quartz.
- une alternance de grès de marnes et d'argiles rouges.

- des grès rouges.
- des grès, des marnes bariolées à gypse.

SONDAGE	CARTE	DATE DE TRAVAUX	ECHELLE DE LA COUPE	Log	Lat.	ALT
KSAR ZIERA (W. Djelfa)	ZACCAR 1/50000 N° 370	Juillet 83	1/500	X 55.65	Y 123.24	Z 100m

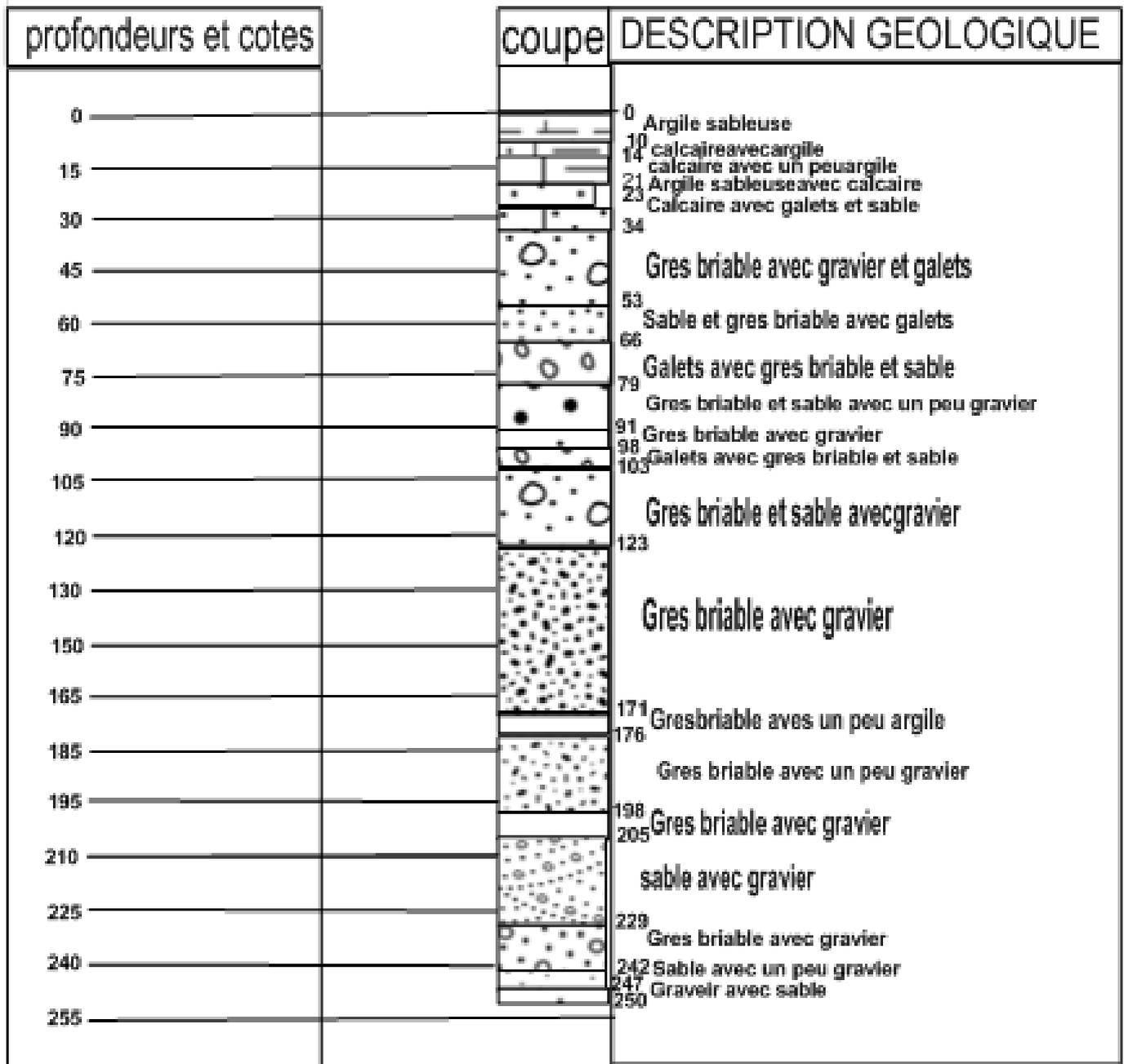


Figure n°12 : COUPE STRATIGRAPHIQUE LITHOLOGIQUE DE FORAGE KSAR ZEIRA

2.4 L'aptien

Au niveau du secteur étudié l'Aptien daté grâce à la présence des Orbitolines affleure au Nord - Est d ' Ain El Ibel , à Oued Seddeur et Draa et Ahmar où il est constitué de la base au sommet par :

- Des calcaires marneux lumachelliques à Orbitolines, Gastéropodes, Terébratules, Lamellibranches et algues.
- Des intercalations de marnes et de calcaires.
- Des calcaires de couleur beige claire siliceux compacts à rognons de silex abondants.

L'épaisseur de l'Aptien dans le synclinal d'Ain El Ibel est généralement faible, elle est comprise entre 30 et 40m.

2.5 L'albien

L ' Albien affleure dans la partie occidentale du secteur étudié sur le flanc ouest d'une structure anticlinale où il représenté essentiellement par (Figure II.4) :

- Une série argilo-gréseuse d'une épaisseur de 30 à 50m attribuée à l'Albien inférieur et constituer de grès fins et d'argiles, de grès fins à moyens à stratifications obliques et par des intercalations de grès friables et de sables jaunâtres.
- Une formation argilo- carbonatée constituée de marnes jaunes de dolomies, de calcaires dolomitiques, de calcaires à Lamellibranches appartenant à l'Albien supérieur

2.5.1 Albien inférieur gréseux :

Formations gréseuses alternant avec des strates argileuses.

- grès fins à ciment argileux plus au moins durs.
- strates d'Argiles versicolores vertes, localement salées et gypseuses.

L'épaisseur des bancs gréseux atteint plusieurs dizaines de (m).

2.5.2. Albien supérieur calcaire:

Calcaire et marnes en bancs métriques ou décamétriques:

- Calcaires gréseux, calcaires dolomitiques, calcaires beiges et calcaires crayeux à silex.
- Marnes vertes souvent gypseuses et salée.

2.6 Cénomanién:

Cette série dominance de marne-calcaire avec des marnes et calcaires dures avec alternances de bancs métriques de :

- calcaires marneux, gypseux, dolomitiques ocres à coquilles.
- marnes vertes gypseuses.
- gypses massifs.

2.7 Turonien:

Une dominance de calcaire dur, forme un élément important du relief en raison de la résistance à l'érosion de cette série de calcaire massif, plus au moins dolomitique avec parfois, à la base des calcaires en plaquettes et quelques intercalations marneuses roses et peu épaisses.

2.8 Coniacien:

Une dominance de marne-calcaire et marnes avec bancs métriques de calcaires durs :

- marnes plus au moins gréseuses et gypseuses de teintes variées.
- bancs calcaires parfois gréseux de couleur ocre ou jaunâtre.

2.9 Compano-maestrichien:

Cet ensemble de calcaire n'affleure qu'au sud de l'Atlas saharien (région des Dayas).

2.10 Eocène:

Comme la précédente, très localisé dans la région des Dayas. Caractérisé par des niveaux conglomératiques et calcaires divers.

2.11 Quaternaire :

Les formations quaternaires reposent en discordance sur les formations crétacé est couvrent une superficie importante au niveau du secteur étudié où elles sont représentées par :

- des conglomérats à galets parfois ferrugineux, surmontés généralement par une croûte calcaire parsemée de galets (Quaternaire ancien).

- des dépôts conglomératiques souvent très hétérométriques cimentés par un calcaire blanc ou rose, couvert par une croûte calcaire (Quaternaire moyen).
- des limons et des galets (Quaternaire récent occupant les zones déprimées).

3 Tectonique :

De point de vue tectonique, le secteur étudié appartenant à la dépression de Ain El Ibel correspond à sa majeure partie à une aire synclinale assez vaste comblée par des terrains détritiques barrémiens à pendage sub horizontal (5° à 10°). Limité à l'est et à l'ouest par les flancs des structures anticlinales et étroites du Djebel El Azreg et de Djebel Zarga constituées par des formations jurassiques qui présentent des pendages de 30° à 60° .

Les accidents cassants s'observent essentiellement au niveau des anticlinaux de Djebel El Azreg et de Djebel Zarga où elles affectent les formations rigides jurassiques et présentent deux directions préférentielles :

- une direction NE-SW à rejet vertical parallèle aux axes de plissements atlasiques
- une direction NW-SE perpendiculaire aux axes de plissements à rejet horizontal, correspondant à des accidents de socles postérieurs à la phase de plissements atlasiques.

Il est à noter que du fait du recouvrement quaternaire, il est difficile de suivre la continuité des failles dans le synclinal.

3-1 Les Djebels Djellal Gharbi et Chergui:

Forment le flanc sud du synclinal de Djelfa, la falaise des calcaires du Turonien domine la dépression d'Ain El Ibel, elle est interrompue au niveau d'Oued Seddeur (passage de la route Nationale RN1), par une faille qui a individualisé le Djebel Djellal Gharbi à l'W et le Djebel Djellal Chergui à l'E.

3-2 Les Djebels Zerg-Tafara:

C'est un système anticlinal, les crêtes correspondent aux affleurements de roches dures, et les couloirs plus au moins profonds en forme de V entaillés dans les roches tendres (grès très feuilletés ou calcaires tendres marneux).

Le cœur de l'anticlinal est occupé par la série des marnes et calcaires du Jurassique supérieur, alors que sur les flancs affleurent les grès du Barrémien.

3.3 La dépression d'Ain El Ibel :

C'est une dépression très complexe, correspondant à un synclinal très évasé dont l'axe passe par une ligne Ain El Ibel - Ksar Timekmar.

Le flanc W est laminé par une grande faille de direction SW-NE passant par l'Oued Seddeur et Ain Roumia.

A l'W de cette faille, on trouve les affleurements gréseux assez élevés (Kef Roumia, Djebel El Hamra), brusquement interrompus par une grande faille de direction SW-NE (source d'El Yourh - Ksar Ahmera) qui paraît continuer la faille précédente et celle qui a décalé les Djebels Djellal Gharbi et Chergui.

La vaste dépression entre Sidi Makhoulf-Ain El Ibel est occupée par les grès Barrémiens à faibles pentes parfois sub-horizontaux, alternant avec des séries d'argiles versicolores.

La petite crête monoclinale directement au N d'Ain El Ibel n'est autre que la Barre aptienne en forme d'arc de cercle. Elle s'interrompt à l'E pour réapparaître au S de Zekkar et se continue ensuite vers le N le long de djebel Tafara.

4 Les coupes géologiques

4.1 Coupe géologique (A-B)

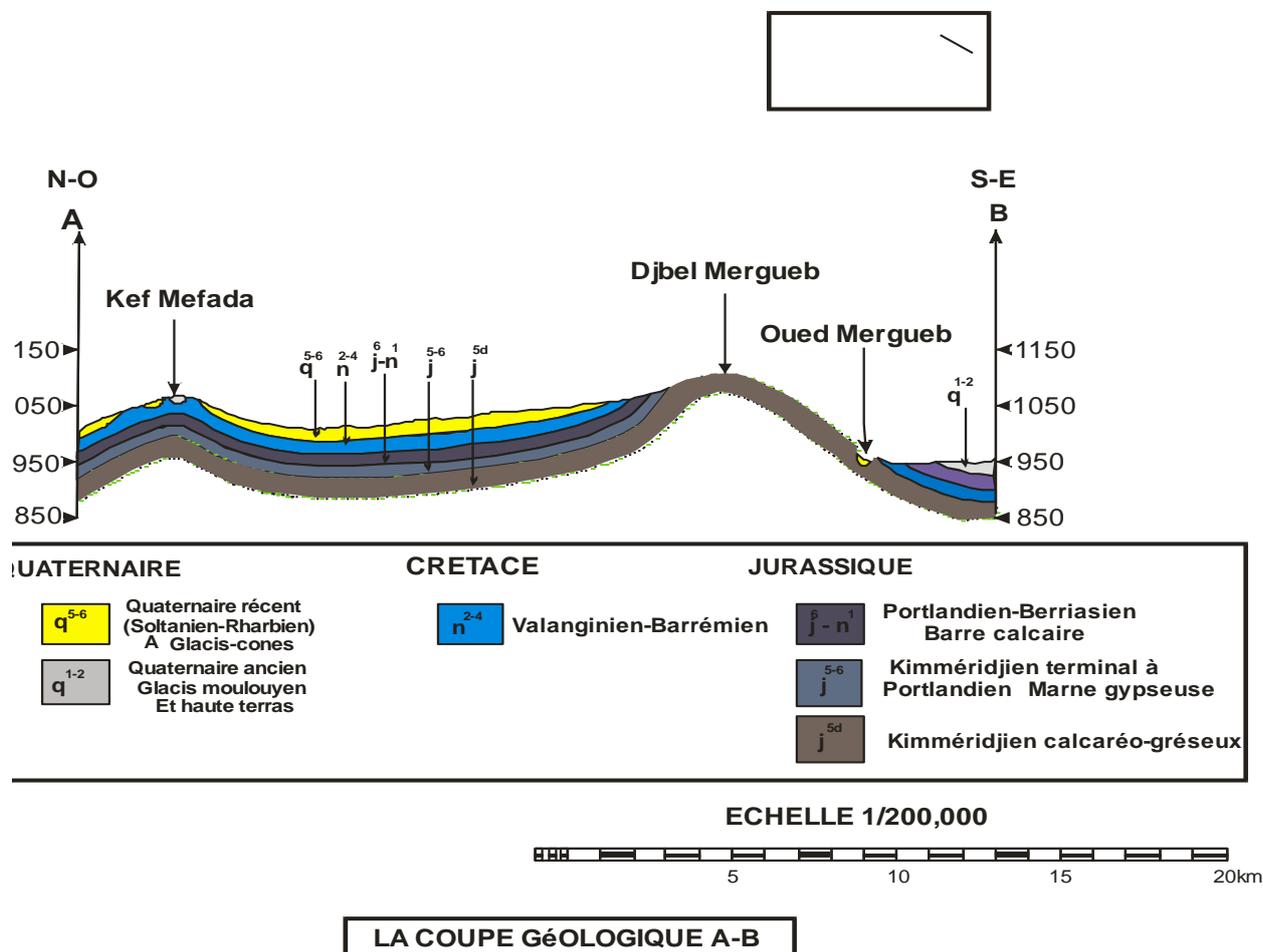


Figure n°13 : La coupe géologique (A-B)

4.1.1 Interprétation de la coupe géologique (A-B) :

Cette figure représente la coupe géologique (A-B) sur la carte de Laghouat située dans Nord- Est dans la zone d'étude montre la succession de 6 formation de bas en haut :

Le cœur de l'anticlinal est occupé par des calcaires et des grés des kimméridjien dans épaisseur de surmonté par kimméridjien terminal à portlandien avec faciès marneuse avec des gypses

(n^{2 4}) représenté par des terrains détritiques surmontés par une barre calcaire d'Age portlandien –berriasien dans épaisseur de 20 m

Le Quaternaire occupe la surface de synclinale SIDI MAKHLOUF- AIN EL IBEL

4.1.2 Coupe géologique (C-D)

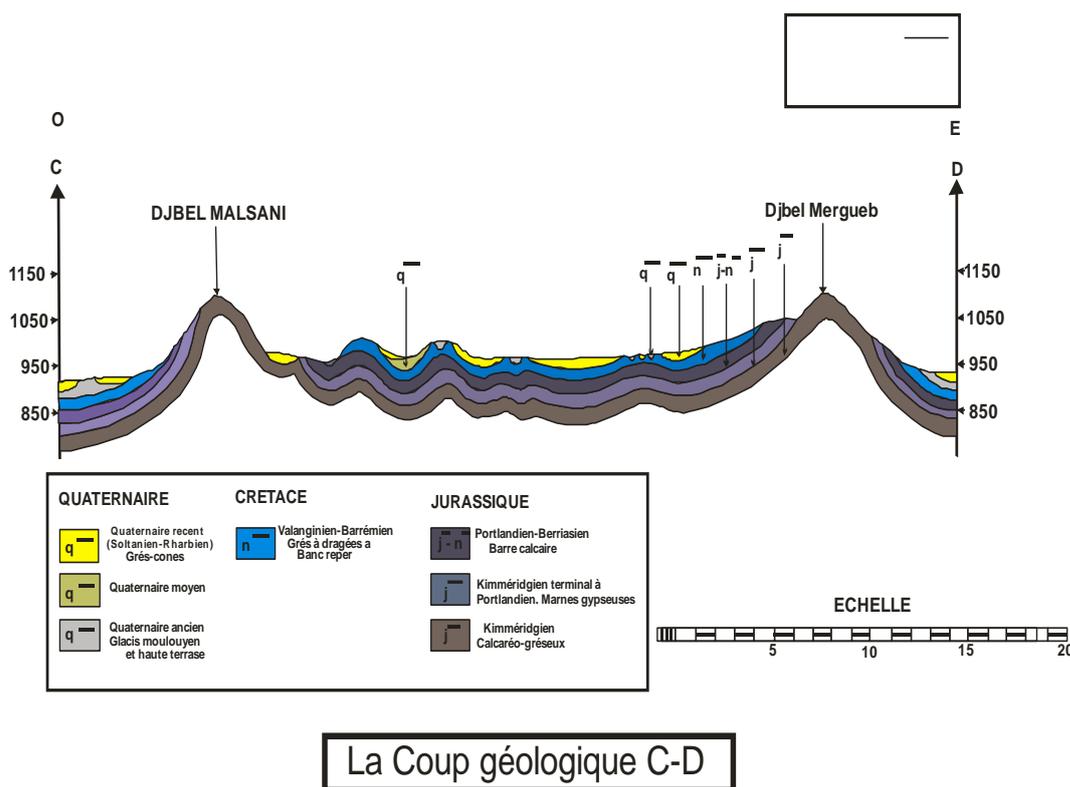


Figure n°14 : La coupe géologique (C-D)

4.1.3 Interprétation de la coupe géologique (C-D) :

Coupe géologique réalisé à partir de la carte géologique de Laghouat réalisé par l'institut nationale de cartographie – Alger, publier en 1984 par la sous-direction de géologie. Montre un synclinale dans le cœur est occupé par des terraines détritiques.

La série géologique montre la succession de plusieurs formations différentes surmonté les unes par rapport au l'autres.

De point de vue lithologique en distingue cette formation de bas en haut :

Le cœur de l'anticlinal est occupé par des calcaires et des grès des kimméridgien dans épaisseur de surmonté par kimméridgien terminal à portlandien avec faciès marneuse avec des gypses.

(n^{2 4}) représenté par des terrains détritiques surmontés par une barre calcaire d'Age portlandien –berriasien dans épaisseur de 20 m.

Le Quaternaire occupe la surface de synclinale SIDI MAKHLOUF- AIN EL IBEL.

5 Etude géophysique par prospection électrique

5.1 Généralité

L'étude géophysique a été effectuée dans le synclinal d'Ain El Ibel en février 2001 par la société EURL BEREGH (Bureau d'Etude et de Réalisations en Génie civil et en Hydraulique).

La présente étude de géophysique par prospection électrique de la région d'Ain El Ibel (Wilaya de Djelfa) a été effectuée à la demande de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH Bir Mourad Raïs, Alger) par la société BEREGH, objet du marché N° 01/98 conclu entre les deux partenaires en vue de cerner les zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de captage des eaux souterraines notamment aux niveaux des formations susceptibles d'être aquifère

Elle a fait objet de 15 profils d'orientation NW-SE, perpendiculairement à la direction des plissements atlasiques et distants entre eux de 2 à 3 km, et de 2 profils longitudinaux séparés par une distance de 4 km parallèles à la direction des structures, notons que, notre étude s'est appuyée sur 5 profils essentiels.

La ligne d'émission choisie est de $AB=4000m$ et ce, dans le but d'atteindre le substratum marno- gréseux du Néocomien. Cette étude comporte 117 sondages électriques équidistants de 1 à 2 km (Figure II.5).

5.2 Objectif de l'étude :

L'objectif de cette prospection électrique est :

- 1) De préciser la géométrie et la nature des terrains susceptibles d'être aquifères (formations gréseuses du Barrémien).
- 2) De déterminer les zones les plus favorables pour l'implantation des forages d'exploitation des eaux souterraines.

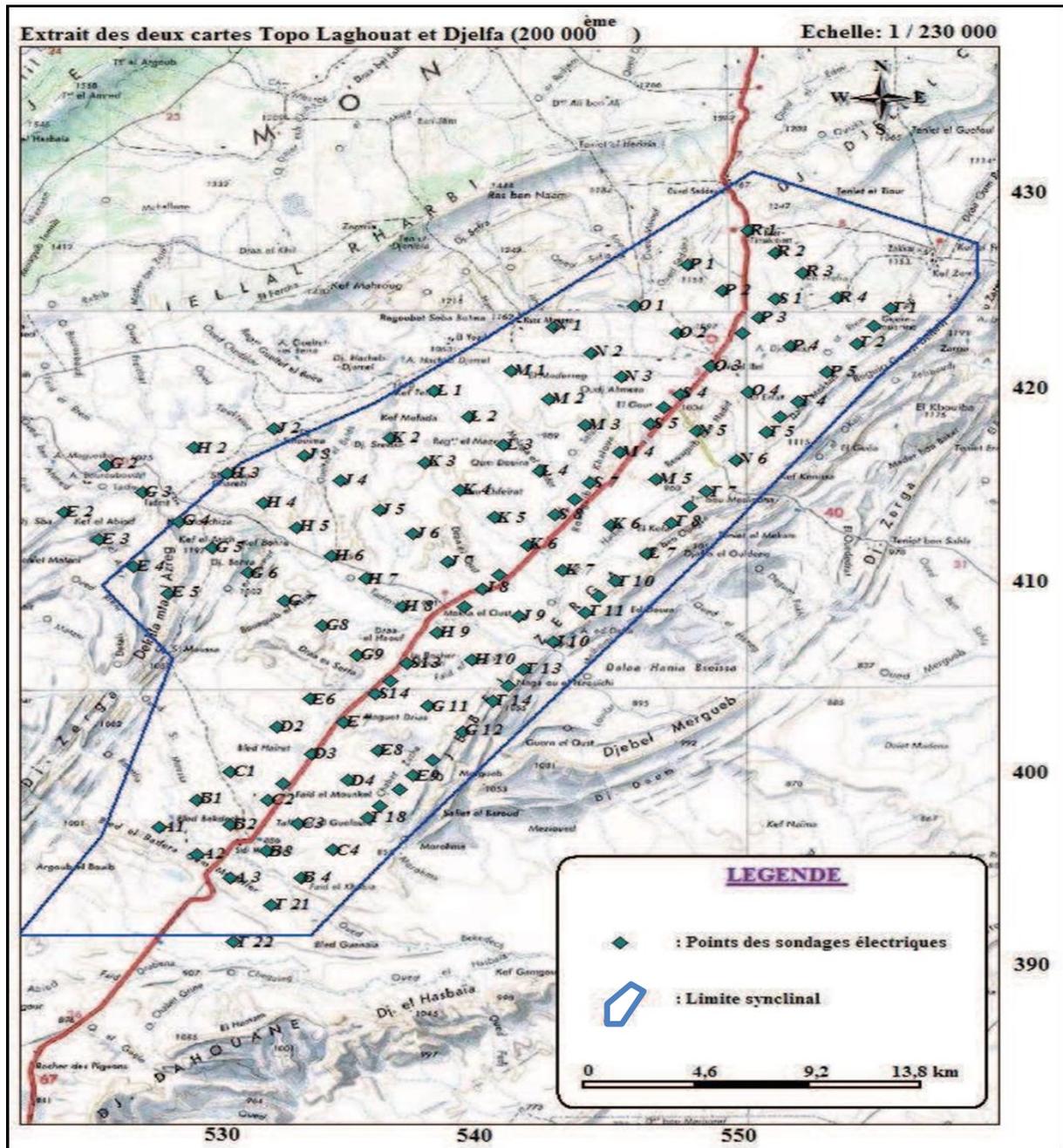


Figure n°15: Carte de situation des sondages électrique

5.3 Interprétation :

L'étude géophysique réalisée dans le synclinal d'Ain El Ibel montre que les zones les plus favorables pour l'implantation des forages d'eau sont localisées au niveau :

- Du sondage électrique (D5), situé sur le flanc SE du synclinal d'Ain El Ibel où les formations résistantes, d'une résistivité de 310 ohms m, correspondant aux grès, dolomies et calcaires du Néocomien en contact anormal vers le NW avec des formations argilo-gréseuses plus conductrices, constituant une barrière aux écoulements des eaux.
- Du sondage (L4), situé sur le flanc NW du synclinal d'Ain El Ibel où les formations présentent une résistivité de 170 ohm m, correspondant à des grès aquifères du Barrémien et des grès calcaires et dolomies du Néocomien en contact anormal avec les formations grés- argileuses d'une résistivité de 40 à 60 ohm m du toit du Barrémien.
- Du sondage (O5), situé sur le flanc SE du synclinal d'Ain El Ibel où les formations présentent des résistivités de 100 à 130 ohm m et correspondent aux grès du Barrémien qui présente à ce niveau une épaisseur importante.

6 Conclusion

L'étude géophysique, lithostratigraphique et structurale montre que dans le secteur étudié les formations susceptibles d'être aquifères sont représentées essentiellement par :

- Les terrains gréseux du Néocomien dans lesquels s'intercalent des calcaires à débris, des calcaires et des dolomies.
- Les grès barrémiens à porosité d'interstices et de fractures et de chenaux dans lesquels s'intercalent des niveaux marno- gréseux parfois argileux.
- Le toit du Barrémien est généralement constitué par 50 à 60 m de marnes bariolées à gypse avec des passées gréseuses.
- Une série argilo-gréseuse d'une épaisseur de 30 à 50m à porosité d'interstices, de fractures et de chenaux, appartenant à l'Albien inférieur et constituée de grès fins et d'argiles, de grès fins à moyens à stratifications obliques et par des intercalations de grès friables et de sables jaunâtres.
- Une formation argilo- carbonatée à porosité de fractures constituée; de dolomies, de calcaires dolomitiques et de minces passées argileux, de calcaires à lamellibranches appartenant à l'Albien supérieur

Chapitre IV : **Hydrogéologique et hydrodynamique**

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal
SIDI MAKHLOUF- AIN EL BEL**

INTRODUCTION:

La ressource en eau comprend, au sens large à toutes les eaux accessibles comme ressources, c'est-à-dire utile et disponible pour l'Homme et les écosystèmes, à différents point du cycle de l'eau.

Cette ressource est limitée en quantité et en qualité. Elle est indispensable à la vie et à la plupart des activités humaines, telles que les activités liées à l'agriculture, l'industrie aux usages domestiques (alimentation en eau potable). Elle est vitale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

1 Détermination des caractéristiques hydrogéologique de la région d'étude :**1.1 Les différents types d'aquifères**

<u>Jurassique</u>	oxfordien	
	Kimméridgien	Calcaire-dolomie
<u>Crétacé</u>	turonien	Calcaire
	Albien	Grès blanchâtres
	Barrémien	Grès rougeâtre
<u>Moi-pliocène</u>	Sables-conglomérats sable argileux	
<u>Quaternaire</u>		

Dans la région d'Ain El Ibel l'exploitation des eaux souterraines a lieu principalement à partir des formations aquifères du Valangénien-Barrémien constituées essentiellement par une série gréseuse ou grés-argileuse à porosité d'interstices, de fractures et de chenaux, recoupée sur une épaisseur de 403 m au F13 exploitée par un ensemble de forages (Tableau III.1), fournissant des débits intéressants particulièrement dans la partie centrale du synclinal d'Ain El Bel (**EURL BERECH.2001**).

L'aquifère du Valangénien-Barrémien correspond à une nappe libre sur les parties latérales du synclinal où il est représenté essentiellement par des grès (F9, F6, F3), et une nappe semi captive dans la zone centrale (F13) où le toit du Barrémien devient plus argileux.

2 Inventaire des points d'eau

Nous avons procédé dans cette partie à la reconnaissance et à l'inventaire des points d'eau dans notre secteur d'étude

Alors, nous avons recensé 38 points (**figure n°16**) d'eau assez bien répartis, captant les formations du remplissage barrémien. Ces points d'eau sont en général des points et des forages utilisés pour l'irrigation des aires agricoles et pour l'AEP, et sont souvent équipés de motopompes.

N°du Forage	Numérotation DHW	Coordonnées		NS(m)	Débits	T m ² /s	Profo (m)	Horizon Aquifere
		x	y					
F 1	Miriha F2	545.650	415.550	21	44	0,46.10 ⁻²	250	Barrémien
F2	Miriha F1	546.500	416.400	4	4	1 , 83 . 10 ⁻³	300	Barrémien
F3	Gorita 1	540.700	402.600	11.5	24.4	0, 79.10 ⁻³	210	Barrémien
F4	UP 1	541.200	406.600	10 . 9	44	0, 134. 10 ⁻²	200	Barrémien
F5	U P2	541 400	405.800	18 . 7	12	0,31. 10 ⁻³	200	Barrémien
F6	UP3	541.700	404.950	19 5	31.4	0,49.10 ⁻²	200	Barrémien
F7	F7	544.950	415.520	25.7	30	0,549.10 ⁻²	250	Barrémien
F8	F3	551.400	414.150	56.5	20		300	Barrémien
F9	F6	550.400	414.800	38.5	30	0,588.10 ⁻²	200	Barrémien
F10	Fours F 1	521.300	413.500	13.08	13.5	3,30. 10 ⁻³	345	Barrémien
F11	Amra F 1	540.400	419.300	93.98	7	6,887.10 ⁻⁴	268	Barrémien
F12	Tadmit F1	529.000	408.500	30 2	4 5	6, 176. 10 ⁻⁴		Barrémien
F13	Ain E1 Ibel F2	548.800	415.750	3.0	54	2,502.10 ⁻³	403	Barrémien
F14	Ain Roumis	545.000	123.000		10		250	Barrémien
F15	KsarTimekmer	551.700	128.700	4.6			250	Barrémien
F17	OREVICE F1	552.100	121.450	24	18		200	Barrémien
F18	Ksar Zeira F2	551 800	122.400	2.8	24 4	0,305.10 ⁻²	250	Barrémien
F19	ZAKKAR F2	556.600	126.550	12.6	44	2,51. 10 ⁻²	200	Barrémien
F21	Ksar Zeira F 1	551.650	123.400	7.14	49		250	Barrémien

**Tableau.n°13: Inventaire des forages (synclinal d'Ain el Ibel)
(EURL BERECH-2001)**

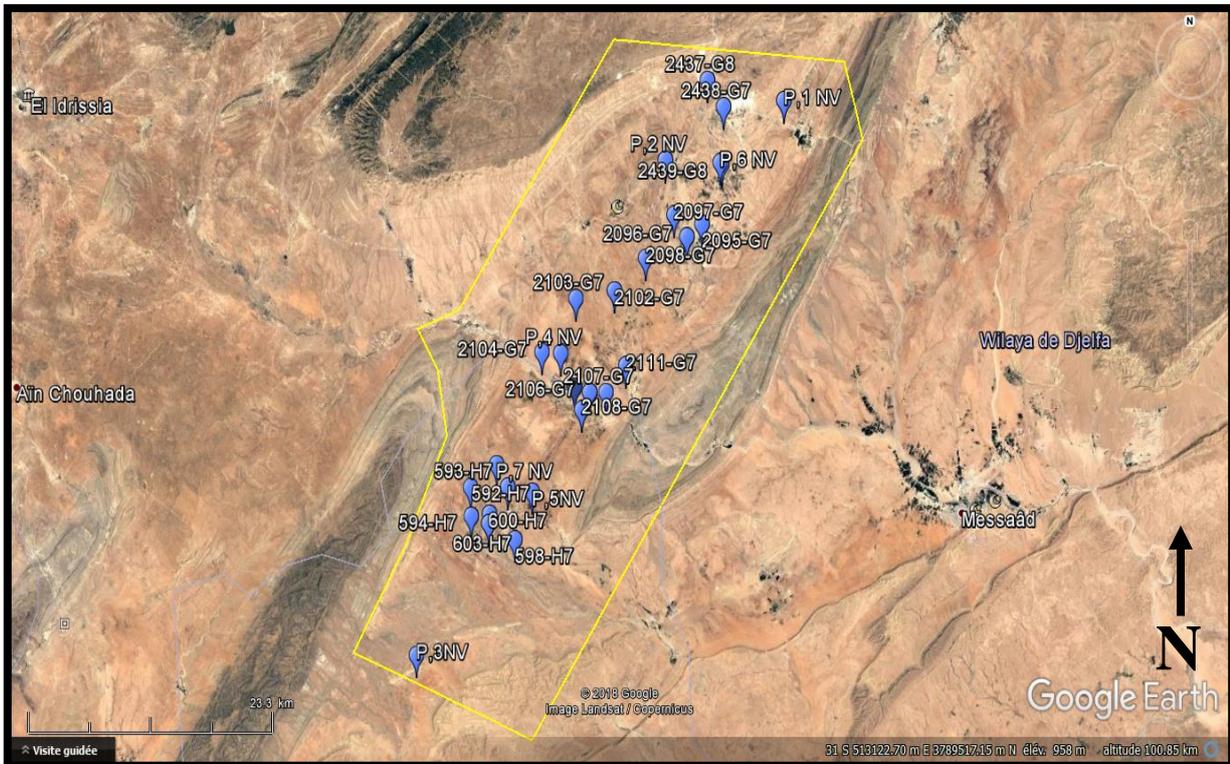


Figure n°16: Image satellitaire montrant la répartition des points d'eau dans la zone d'étude. (Date de prise d'image 23/06/2018)

3 La piézométrie

L'étude piézométrique s'est appuyée sur des données de campagnes piézométrique de mai 2002, ce qui va nous permettre de donner une idée sur l'évolution du niveau d'eau de la nappe du barrémien dans le temps

3.1 Elaboration de la carte piézométrique

L'inventaire de l'exutoire de la nappe étudiée permet de calculer leur niveau piézométrique. Les mesures doivent être effectuées, pour les puits et les sondages dans les conditions d'équilibre et pour l'ensemble des points d'eau de la même nappe et dans le laps de temps le plus court (1 à 2 jours).

Tous les points d'eau sont portés avec leurs côtes piézométriques sur carte en courbes de niveaux. On trace alors les courbes isopiezés en joignant les points d'égale altitude comme on repèrerait pour l'établissement d'une carte topo en courbe de niveaux (Castany G. 1982).

Sachant que, l'équidistance des courbes est choisie en fonction du gradient hydraulique, de l'échelle et de la densité des points d'observation (Figure III.3).

3.2 Interprétation de la carte en courbes isopiezes

Des cartes en isopiezes nous permettent de :

- calculer la profondeur de la surface piezométrique.
- Tracer les lignes de courant et de déterminer la direction de l'écoulement.
- déterminer le gradient hydraulique.
- construire le profil de depression.

L'interprétation du profil de dépressions qui conduit à des conclusions importantes sur les caractéristiques hydrologiques des couches aquifères et le rapport alimentation – drainage.

3.3 Le sens d'écoulement

En général la direction de l'écoulement, matérialisée par les lignes de courant, et la droite de plus grande pente tracée sur les courbes isopièzes donne la normale à ces dernières.

Dans notre cas, nous constatons que l'axe de drainage se fait de N au S, en conséquent le sens d'écoulement est de même direction, donc l'alimentation de la nappe par les formations semi-perméables du flanc sud du synclinal.

Dans le Nord- Est du synclinal (Ain EL Ibel) on a :

$$\left. \begin{array}{l} H1 = 1120\text{m} \\ H2 = 1110\text{m} \\ L = 769.32 \end{array} \right\} \longrightarrow i = 0.012$$

Dans le sud du synclinal (Sidi Makhoulf) on a :

$$\left. \begin{array}{l} H1 = 960\text{m} \\ H2 = 950 \end{array} \right\} \longrightarrow i = 0.004$$

$$L = 2500\text{m}$$

3.5 Interprétation

La carte piézométrique de synclinale de Sidi Makhoulf – Ain El Ibel représente les sens des écoulements de l'eau souterraine de la nappe barrémo-apt-albien et les zone de partage et rassemblement.

En observe que les sens des écoulements généralement vu du Nord vers le Sud

Selon le gradient hydraulique en observe :

Le Nord –Est caractérisé par de gradient hydraulique fort $i_1 = 0.12$ donc les courbe sont séries et la pente forte donc les écoulement rapide et l'infiltration faible

Le Sud caractérisé par de gradient hydraulique fiable $i_2 = 0.04$ donc les courbe sont espacé et la pente fiable donc les écoulement lent et l'infiltration rapide

4 ESSAIS DE POMPAGE

4.1 Les essais de débit

Les essais de débit ont été réalisés par la société Afrique-Forage au moyen de pompes immergées avec le niveau d'aspiration à 114 m pour le premier et deuxième palier, et pour troisième palier à 120 m. l'essai à 3 paliers a été réalisé du 18H00 à 14H00 (après 8 jours) .

Les résultats obtenus sont les suivants :

Niveau statique N.S = 93.98 m.

Palier	Durée de pompage	Débit (l/s)	N . D (m)	Rabattement (m)
1 ^{er}	24 heures	3.91	105.14	10.19
2 ^{ème}	24 heures	5	108.85	14.87
3 ^{ème}	24 heures	7	114.43	20.45

Tableau.n°14: Résultat des essais de debi

4.2 Essais définitif

Ces essais ont été réalisés avec la même pompe pour fixer le débit d'exploitation et pour calculer la transmissivité de notre nappe dans la périphérie du forage.

Le pompage a commencé à 13H00'. Au 13H00' (après 2 jours), la remontée a été enregistrée pendant 18heures, les résultats sont comme suit :

- Débit $Q = 7$ l/s.
- Niveau dynamique N.D = 114.67 m.
- Rabattement $\square = 20.69$ m.

4.3 La Courbe caractéristique

Notre courbe caractéristique nous permet de pouvoir estimer un débit critique qui serait de l'ordre de 5 l/s (Figure III.12).

Remarquons que le dernier point de la courbe correspondrait soit à une mesure incorrecte ou à l'apparition d'un développement au cours du pompage.

4.4 Détermination des pertes de charge

D'après Jacob la formule du rabattement total mesuré au cours d'un pompage peut s'exprimer par :

$$\Delta = B Q + C Q^2 \text{ (III-4)}$$

Sachant que :

BQ : comprend les pertes de charge linéaires provoquées par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du puits.

CQ^2 : désigne les pertes de charge quadratiques, qui sont des caractéristiques de l'équipement technique de l'ouvrage (crépine, tubage, ...etc.).

Les résultats obtenus sont les suivants (**Voir Figure n°18**) :

$BQ = 15.82$ et $CQ^2 = 4.97$ qui donne $\square = 20.77$ m

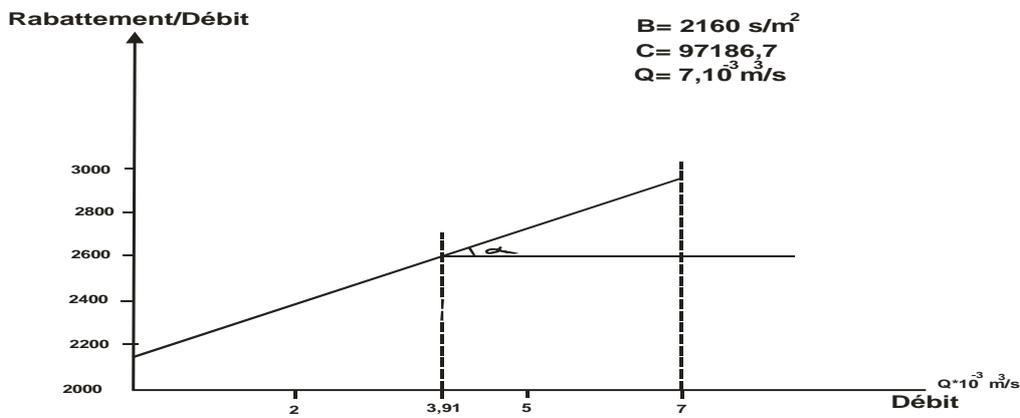
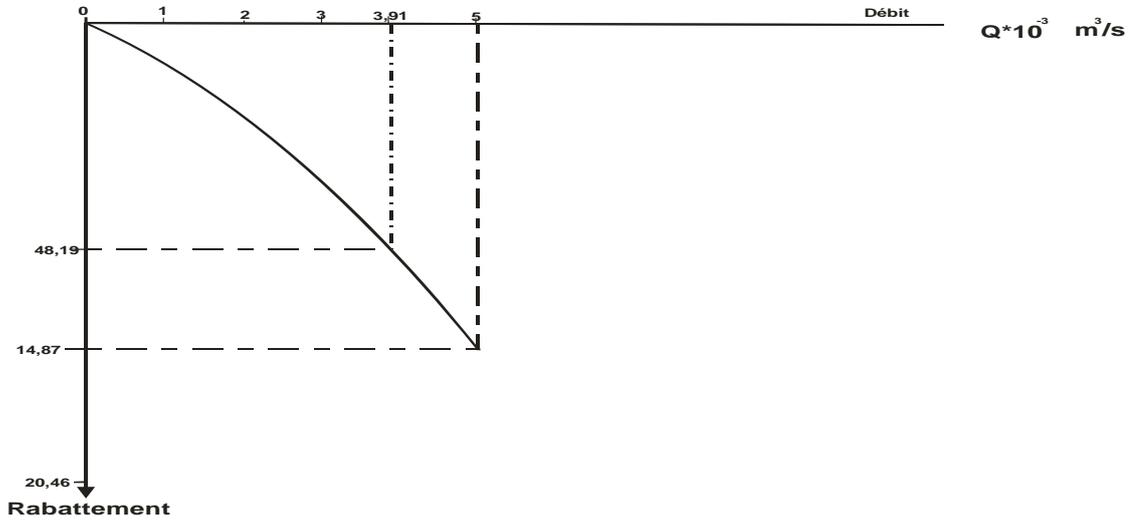


Figure n°18: courbe caractéristique et droite de perte de la charge de forage AMRA (F1)

5 Aperçu géologique de la région

La région d'Ain El Ibel se situe en grande partie sur le versant Est d'un vaste synclinal, très évase dont l'axe passe par une ligne Ain el ibel ksar Timekmert. Cette région est caractérisée par les affleurements du barrémien. Le forage a été prévu pour exploiter les nappes aquifères contenues dans les grés du barrémien.

5.1 Exécution du forage

5.2 Position géographique du forage

Le forage F2 est situé au Sud-Est de la localité d'Ain El ibel, au point de coordonnées.

X = 548,800

Y = 415,750

5.3 Description des travaux

L'exécution du forage a été réalisée avec un appareil SS 35 AU rotary à la boue, jusqu'à 403 m de profondeur. Il a été fore comme suit:

0 à 20 m = forage en Ø 24"

20 à 268 m = forage en Ø 17" 1/2

268 à 403 m = forage en Ø 12" 1/4

5.4 Description géologique

Les terrains traversés par le forage se présentent comme suit:

De 0 à 5 m = Argile

De 5 à 16 m = grés argileux

De 16 à 23 m = grés et argile

De 23 à 39 m = grés

De 39 à 46 m = Marnes avec un peu de grés

De 46 à 68 m = Marnes et argile schisteuse

De 68 à 83 m = marnes et argile avec un peu de grés

De 83 à 99 m = grés et marnes

De 99 à 103 m = grés et argile

De 103 à 130 m = grés avec par endroits de l'argile

De 130 à 150 m = Argile avec par endroits des grès

De 150 à 163 m = Marnes argileux

De 163 à 189 m = Argile marneuse

De 189 à 193 m = Argile sableuse

De 193 à 270 m = Grès et par endroits modules d'argiles

De 270 à 275 m = Argile

De 275 à 361 m = Grès brun et blanc, grès argileux avec modules d'argiles et marnes

De 361 à 391 m = Argile, Argile schisteuse, grès argileux

De 391 à 403 m = Grès beige et brun friable, détaché avec des grès argileux

5.5 Equipement du forage:

L'équipement du forage a été réalisé de la manière suivante:

0 à 20 m Tube guide en Ø 18" 5/8

0 à 110 m Tube plein en Ø 13" 3/8 et cimentation

103 – 130 m crépines en 9" 5/8

130 – 195 m tube plein Ø 9" 5/8

195 – 268 m crépine Ø 9" 5/8

268 – 280 m tube plein Ø 9"5/8

280 – 360 m crépine en Ø 9" 5/8

360 – 390 m tube plein en Ø 9"5/8

390 – 403 m crépine et tube décantation en Ø 9"5/8

Dans l'espace annulaire, entre les parois du forage et la colonne de captage, un massif de gravier a été mise en place.

Les essais de développement ont été réalisés à l'air lift, à l'aide d'un compresseur jusqu'à l'obtention d'eau clair sans sable.

5.6 Essais de débit :

Les essais de débit de forage (F2) ont été réalisés par l'ETHLA au moyen de pompes immergées. La source d'énergie utilisée est un courant triphasé d'une tension de 380 v.

F2 = niveau dynamique = 33,04 m

Rabatement = 30,04 m

Débit = 54,0 L/s

Température = 22°C

(Le niveau statique a été de 3,0 m au début du deuxième palier

5.7 Interprétations de la courbe de descente

Pour le forage (F2), les points représentatifs du niveau d'eau se caractérisent par un fort rabattement (25,91m) pendant 5 minutes. En Suits, les points s'alignent jusqu'à 200 minutes.

La transmissivité calculée :

$$T_1 = 0,183 * Q / \Delta s$$

$$\Delta s = 27,02 - 26,10 = 0,85$$

$$T_1 = 0,183 * 54 * 10^{-3} / 0,85$$

$$T_1 = 1,162 * 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Après 200 minutes, on observe un décrochement d'autres points viennent s'aligner jusqu'à ce que le niveau dynamique se stabilisé. Cette deuxième droite représente une diminution de la transmissivité à une certaine distance du forage. La transmissivité calculée sur cette droite est quatre fois plus faible que T1

$$T_1 = 0,183 * Q / \Delta s$$

$$\Delta s = 29,17 - 27,02 = 2,15$$

$$T_1 = 0,183 * 54 * 10^{-3} / 2,15$$

Soit : $T_2 = 4,5 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. (Voir la figure n°19)

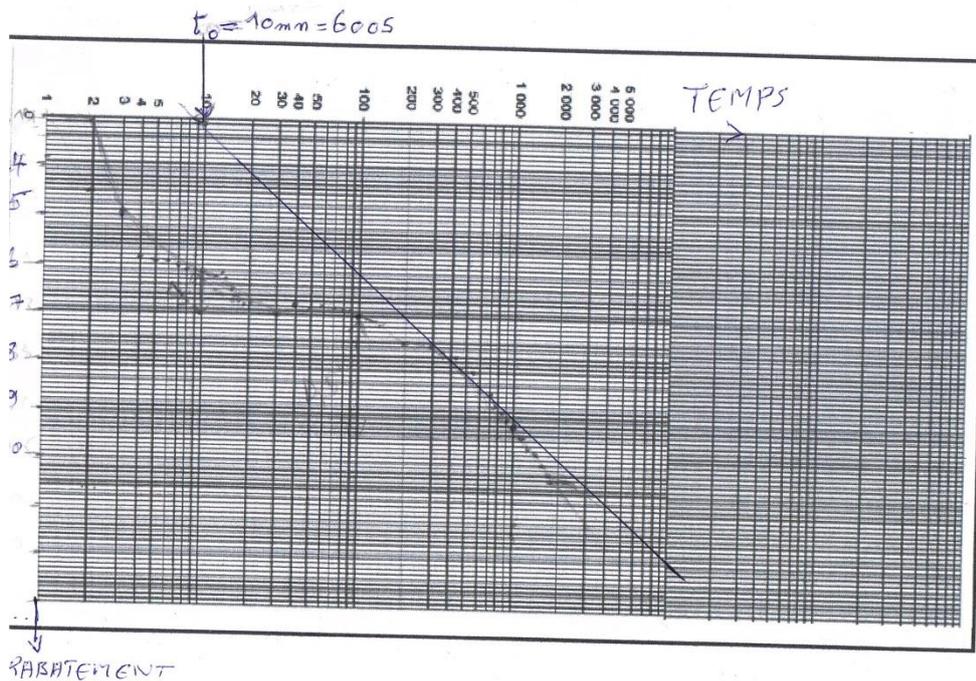


Figure n°19: courbe de descente (méthode de Jacob)

5.8 Rayon d'influence et débit d'exploitation

La valeur des coefficients d'emménagement et rayon d'influence n'ont pas été enregistrés à la suite de l'absence de l'implantation de piézomètres à proximité du forage. Mais, nous avons essayé de calculer les facteurs approximativement par formule de SICHARAT

$$RK = 300s (\sqrt{k})$$

RK = rayon d'influence en mètres

S = rabattement en m/s

K= perméabilité m/s

Pour le forage (F1) R est de 720 m.

6 Conclusion

Dans les conditions des essais, le forage donne un débit de 54l/s avec un rabattement de 30,04m.

Avant de commencer l'exploitation du forage il serait d'arrêter la pollution par le prolongement du collecteur des eaux usées en aval du forage et de faire l'analyse chimique et bactériologique sur les paliers.

Conclusion générale et Recommandations

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Conclusion générale :

L'eau souterraine cette composante du cycle de l'eau, joue un rôle majeur pour l'homme et les milieux. Elle représente la ressource en eau potable, une source majeure pour l'irrigation et usages industriels. Elles sont exploitées par des puits, des sources et des forages ; drainées par différentes techniques traditionnelles et modernes utilisées pour extraire les eaux des nappes pour l'alimentation en eau potable

Avec un climat continental aride, la région de Sidi Malkhlouf-Ain El Ibel est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle qui oscille entre 100 et 350 mm, avec une saison estivale chaude et sèche et un hiver froid et subhumide. Ce climat influe sur le bilan hydrique qui montre des valeurs très élevées de l'évapotranspiration favorisant l'accumulation des sels.

L'étude géologique nous a permis d'identifier les diverses formations qui constituent le terrain notamment, celles des grès barrémiens, gréseux du Néocomien dans lesquels s'intercalent des calcaires à débris, des calcaires et des dolomies ,l'Albien supérieur constitue une formation argilo- carbonatée.

En ce qui concerne le domaine hydrogéologique le synclinal de Sidi Malkhlouf-Ain El Ibel constitue pour les agglomérations la principale sinon la seule ressource en eau. L'accroissement très rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses activités humaines, a laissé apparaître un manque assez inquiétant Dans cette région les ressources en eau souterraine sont caractérisées par un contexte géologique favorable malheureusement accentué par des cycles de sécheresses prolongés engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au niveau du pôle urbain soit de l'agriculture.

.Une simple regard sur la coupe géologique, on constate qu'on a à faire à un système multicouche dont l'écoulement principal se situe dans la formation gréseuse :. La présence de quelques niveaux argileux et gréseux a permis la mise en place d'une nappe libre. La nappe aquifère des grés Albien est susceptible de donner un débit important située à une profondeur de 400 à 700 m.

Nous retiendrons simplement que cet aquifère est un système multicouche, à perméabilité mixte, où la fissuration joue un rôle important dans la circulation des eaux.

Recommandations :

Les recommandations aux quelles nous sommes arrivés se résument comme suit :

- ✓ Veiller à une meilleure gestion des eaux en évitant l'exploitation anarchique des eaux souterraines par les nombreux forages et puits implantés.
- ✓ Effectuer des campagnes piézométriques et des prélèvements des eaux pour les analyses chimiques pendant les deux périodes (hautes et basses eaux) afin d'estimer les réserves régulatrices de la nappe et suivre l'évolution chimiques des eaux.
- ✓ Gérer d'une façon rationnelle les ressources en eau.
- ✓ Il faut opter une politique de gestion adéquate basé sur le suivi, le contrôle et la protection de tous les points de captages (puits, forages) répartis de façon disproportionné sur l'ensemble de la zone.

Références Bibliographiques

**Etude du fonctionnement du système aquifère barémo- apto-albein du synclinal SIDI
MAKHLOUF- AIN EL BEL**

Références bibliographiques

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique – Djelfa.

AZLAOUI MOHAMED : Contribution à l'étude hydrogéologique et modélisation du synclinal d'AIN BEL Wilaya DE DJELFA

Abdenour.H : relation entre aquifères profonds et superficiels (hydrogéologie de la vallée de loued m'zi à l'est de Laghouat wilaya de Laghouat (alger))

Marzoug.A et Khalef.Z,(2016-2017) : impact de l'exploitation excessive des eaux souterraine sur le système aquifère cas de gjbel amour (atlas saharien central)

Bedrane.M, Amieur.F et Abdi.H (2012-2013) : étude d'un essai de pompagedansune forage méthode pae palier 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,11 P.

Kadouch.M 2012 : contribution à l'étude hydroclimatologie de la plaine alluviale de loued Isser (wilaya de Boumerdès)

Résumé :

L'objectif de ce travail et de contribué à l'étude de la région de Sidi makhlouf Ain el ibel, sous l'ensemble des aspects qui la caractérisent : géologique, climatique, hydrodynamique, hydrogéologique

Cette région aride qui reçoit précipitation quantitativement insuffisamment, le seul recours consiste à exploiter les nappes souterraines excessivement, car le potentiel disponible des eaux superficielle est limité on assiste à un développement de la demande en eaux potable, industrielle et surtout d'irrigation

Mots clés : nappe, aride, la région de Sidi Makhlouf Ain el Ibel

Summary :

The objective of this work and contributed to the study of the region of Sidi Makhlouf Ain el ibel, under all the aspects that characterize it: geological, climatic, hydrodynamic, hydrogeological

This arid region which receives precipitation quantitatively insufficiently, the only resort is to exploit the groundwater excessively, because the available potential of the superficial waters is limited one attends a development of the demand in drinking water, industrial and especially of irrigation

Keywords: tablecloth, arid, the region of Sidi Makhlouf Ain el Ibel

المخلص

الهدف من هذا العمل هو القيام بدراسة شاملة لجبل عمور، هذه الدراسة تتمحور حول ميزاته: الجيولوجية، المناخية الهيدروجيولوجية، الهيدرولوجيا، الديناميكية

هذه المنطقة شبه قاحلة تعد من المناطق الجافة التي تسقط فيها الامطار بكميات محدودة.

مما ادى الى حتمية استغلال المياه الجوفية و بشكل مفرط لسبب ان موارد المياه السطحية محدودة

وهذا راجع لتزايد الطلب على مياه الشرب و المياه الصناعية خاصة الموجه للري.