

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.



Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master En Hydrogéologie

Caractérisations physico-chimiques des eaux de forage et influence de la lithologie sur la qualité d'eau

(Étude comparative : forage Sidi Aissa (Ain-Temouchent) et forage Graidia (Oran))

Présentée et soutenue publiquement par :

Cerra cheraka Houria – Fettah Assia

encadrée par :

Mr : A/BAAOUAGU

Devant le jury composé de :

➤ Mr. MANSOUR .H	PROFESSEUR	Univ. Oran 2	Président
➤ Mr. BAAOUAGUE. A	M.A.A	Univ. Oran 2	Rapporteur
➤ Mr. FOUKRACHE .M	M.A.A	Univ. Oran 2	Examineur

Année : 2023 /2024

الملخص :

لمعرفة جودة المياه من الناحية الفيزيائية و الكيميائية في منطقة وهران وعين تموشنت و المقارنة بينهما, تطرقنا الى دراسة الخصائص الجيولوجية لهاتين المنطقتين.

اخترنا حفرتين. حفرة سيدي عيسى بعين تموشنت (ولهاصة) وحفرة قرابدية بوهران (طفراوي) لمعرفة خصائص الصخور و نوعية المياه التي فيطبقتها الجوفية .

الكلمات المفتاحية

:

الفيزيائية, الكيميائية, الجيولوجية, الصخور, حفرة, الطبقة الجوفية

Résumé :

Pour connaître la qualité de l'eau d'un point de vue physique et chimique dans les régions d'Oran et d'Ain Temouchent et les comparer, nous avons étudié les caractéristiques géologiques de ces deux régions.

Nous avons choisi deux forages: le forage de Sidi Issa à Ain Temouchent (Oulhaça) et le forage de Graidia à Oran (Tafraoui) pour connaître les caractéristiques des roches et la qualité de l'eau de sa nappe.

Les mots clés : Physique, chimique, géologiques, forages, roches, nappe.

Summary:

To know the quality of water from a physical and chemical point of view in the regions of Oran and Ain Temouchent and to compare them, we studied the geological characteristics of these two regions.

We chose two pits: the Sidi Aissa drilling in Ain Temouchent (Oulhaça) and the Graidia drilling in Oran (Tafraoui) to know the characteristics of the rocks and the quality of the water in its aquifer.

Key words: Physical, chemical, geological, drilling, rocks, water table

Remerciements :

Avant tout nous remercions le **Dieu** le tout puissant qui nous a donné la sagesse et la santé afin de réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce travail, il nous est très agréable d'adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, nous tenons exprimer notre gratitude envers Monsieur **BAAOUAGUE ABDELBAKI**, notre promoteur, qui nous a fait confiance et nous à proposer ce sujet et a bien voulu nous encadrer. Nous le remercions de nous avoir fait bénéficier de ses connaissances et de ses critiques qui nous ont beaucoup aider à l'amélioration de ce travail. Sa méthode rigoureuse sera pour nous un bon exemple à suivre.

Nous tenons également à remercier monsieur **FOUKRACHE MOHAMED**, pour ses encouragements et d'avoir bien voulu examiner ce mémoire, Nous tenons à la remercier pour ses efforts avec nous, et vous avez tout notre respect et notre appréciation.

Nous tenons à remercier pleinement Monsieur **MANSOUR HAMIDI**, de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nous remercions Mme **KESSI FATIMA ZOHRA**, chef du service de l'irrigation Agricole à la direction des ressources en eau de la Willaya d'Oran.

Enfin, mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Dédicace

Ce travail à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et ; ont toujours soutenu tout

Au long de ces longues années ; études. En signe de reconnaissance, ; ils trouvent ici,
; expression de ma profonde gratitude pour tout ce ; ils ont consenti ; efforts et de moyens

Pour me voir réussir dans mes études.

A toute ma famille Et

A toutes mes amies, Et surtout Houria,

Chahinaze, Aicha, Sabrina

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

Assia

DEDICACE

Le fruit de l'effort et du succès, par sa grâce, je le dédie à mes honorables parents, que Dieu

Les préserve, les protège et leur donne une longue vie.

À la mémoire de mes chers parents

Aucune dédicace ne serait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu

Pour vous.

À toute la généreuse famille qui m'a soutenue et continuée à me soutenir.

Pour le Département d'Hydrogéologie et mes collègues (Assia, Aicha) et aussi ma copine Sabrina.

Houria

Sommaire :

Introduction	1
Chapitre 1 : Considération Générale	
I- La région de Ain Temouchent	3
1. Situation géographique	3
1.1 La situation de secteur d'étude	3
2. Climatologie	4
2.1 Répartition des précipitations moyennes annuelles	4
2.2 Répartition des précipitations moyennes mensuelle	5
2.3 Répartition des précipitations saisonnières	6
2.4 Etude des températures	7
2.5 Etude du climat	8
2.5.1 Indices d'aridité de De Martonne ces climatiques	9
2.5.2 Indice de Moral	10
3.Sismologie de la région Ain-Temouchent	11
I. La région d'Oran.....	13
1. Situation géographique	13
1.1 Le secteurs d'étude	13
2. Climatologie	13
2.1 Etude des températures	14
2.2 Etude des précipitations	15
2.3 Précipitations moyennes annuelles	16
2.4 Précipitations moyennes annuelles	18
2.4.1 Les indices climatiques	22
2.4.1.1 Indice d'aridité de Martonne.....	22
2.4.1.2 Indice de Kerner.....	23
3.1 La sismologie de Oran	24

Chapitre 2 : La géologie régional des sites

1. Le cadre géologique de Ain-Temouchent	28
1.1 Formation du Miocène	28
1.2 Le Plio-Quaternaire	29
1.3 Description des différentes formations volcaniques	30
2. Hydrogéologie de Ain-Temouchent	33
1.1 Litho stratigraphie de la région étudiée	35
1.1.1 Les formations ante-nappes	35
1.1.2. Les formations médianes	38
1.1.3. Les formations terminales	39
1.2 Aspects structural et paléogéographique.....	40
2. Hydrogéologie de Oran.....	41

Chapitre 3 : Forages d'eau: Techniques et application

1. Technique de forage	46
2. Equipment de Forage	50
3. Le fluide de forage	53
4. Application	55

Chapitre 4 : Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi –Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

1. Forage de Ain Temouchent	60
1.1 Coupe lithologique du forage Sidi Aissa	61
1.2 Hydrogéologie	61
1.3 Essai de pompage de forage Sidi Aissa	62
2. Forage de Oran	66
2.1 Coupe lithologique du forage Graidia.....	67
2.2 Hydrogéologie	67
2.3 Essai de pompage Forage Graidia	67

3. Etude Hydro-Chimique	70
Conclusion Générale	76

Liste des tableaux

Tableau n° 01 : les valeurs des précipitations moyennes annuelles à la Station d'Ain-Temouchent.

Tableau n° 02 : présentation moyenne mensuelles à la Station de Ain-Temouchent.

Tableau n°03 : valeurs des précipitations saisonnières à la Station Ain Témouchent.

Tableau n° 04 : moyennes mensuelles et annuelles des températures à la Station de Ain-Temouchent.

Tableau n° 05 : températures et précipitations moyennes mensuelles à la Station de Ain-Temouchent.

Tableau n° 06 : Indice d'aridité de De. Martone.

Tableau n° 07 : Indice annuelle moral.

Tableau n° 08 : coordonnées de la Station climatologie Es-Sénia.

Tableau n°09 : températures moyennes mensuelles de la Station d'Es-Sénia.

Tableau n° 10 : présentations moyennes mensuelles.

Tableau n° 11 : présentations annuelles à la Station d'Es- Sénia.

Tableau n° 12 : moyennes mensuelles de l'évaporation.

Tableau n° 13 : classification des climats proposées par De Martonne.

Tableau n° 14 : pompage par pallier (Sidi Aissa).

Tableau n° 15 : comparaison entre la forage sidi Aissa et Graidia.

Tableau n° 16 : les résultats des analyses physico- chimique eau.

Tableau n° 17 : Classe de la conductivité eau.

Tableau n° 18 : les teneurs de croissantes des Anion et cation.

Liste des figures :

- Fig. n°01:** Carte de situation de la commune Oualhaça El Gheraba.
- Fig.n°02:** Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°03 :** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles, station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°04 :** Histogramme des précipitations saisonnières ; station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°05:** Variation mensuelle des températures à la station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°06 :** Diagramme pluviothermique de la station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°07 :** Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain-Temouchent
- Fig. n°08 :** Les failles actives de la wilaya d'Ain Témouchent, F1 : faille de Stah Zilzila,
- Fig. .2 :** faille de Djebel Djaddara, F3 : faille de la Sebkha Sud.
- Fig. n°09:** Carte de situation de la commune de Tafraoui
- Fig. n°10 :** graphe des températures moyennes mensuelles à la Station Es-Sénia
- Fig. n°11 :** carte pluviométrique de d'Algérie, précipitations moyennes mensuelles
- Fig. n°12 :** graphe des précipitations moyennes mensuelles à la Station Es- Sénia
- Fig. n°13 :** graphe des précipitations moyennes annuelles Es- Sénia
- Fig. n°14 :** graphe de variations mensuelles des évaporations
- Fig. n°15 :** courbe pluviothermique de la Station Es- Sénia
- Fig. n°16 :** abaque ; indice aridité de Martonne (station d'Es- Sénia).
- Fig. n°17 :** sismicité de la région oranaise :(a) MNT. (b) structures actives.
- Fig. n°18 :** Carte des structures post_ nappe dans le bassin du bas chétif.
- Fig. n°19 :** carte géologique de la région ; Ain -Témouchent
- Fig. n°20 :** log lithostatigraphiques de région d'Ain-Temouchent
- Fig. n°21 :** carte sur la nappes de Ain-Temouchent
- Fig. n°22 :** log géologique synthétique de région d'Oran
- Fig. n°23 :** carte géologique du bassin versant de la grande sebkha d'Oran
- Fig. n°24 :** coupe géologique de secteur Arbal- Tamzourah
- Fig. n°25 :** carte géologique et structural de la région entre Tamzourah et Tafraoui

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

L'eau est essentielle à la vie sur Terre, jouant un rôle crucial dans de nombreux aspects tels que l'agriculture, l'industrie, la santé publique et l'environnement. Cependant, le manque d'eau est devenu un défi mondial croissant en raison de la croissance démographique, du changement climatique, de la pollution et de la mauvaise gestion des ressources hydriques. Les défis actuels incluent la rareté croissante de l'eau douce, la dégradation des écosystèmes aquatiques, les conflits liés à l'eau et les risques pour la sécurité alimentaire et la santé publique. Des mesures efficaces de conservation, de gestion durable et d'innovation technologique sont nécessaires pour faire face à ces défis et garantir un accès équitable à l'eau pour tous.

La présente étude a pour l'objectif de comparer deux forages de Ain Temouchent et Oran concernant les caractérisation physico-chimique des eaux et influence de la lithologie sur la qualité d'eau.

Le mémoire est scindé en quatre chapitres :

- ❖ **Premier chapitre** : généralités sur les régions de Ain Temouchent et Oran (situation géographique – Climatologie —précipitation et pluie- sismologie de la région).
- ❖ **Deuxième chapitre** : géologie régional et local et hydrogéologie.
- ❖ **Troisième chapitre** : forages d'eau (techniques et applications).
- ❖ **Quatrième chapitre** : étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi –Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui) données et analyses et résultats (comparaison entre les deux forages) commentaires et interprétation.

- Conclusion générales et recommandations.

Chapitre I :

Considération Générales

Introduction :

La région d'Aïn Témouchent présente une géologie fascinante, marquée par une variété de formations et de caractéristiques géologiques. Située dans l'ouest de l'Algérie, elle appartient principalement au domaine tellien, caractérisé par des couches sédimentaires déposées au cours de différentes périodes géologiques. Les plaines fertiles de la région sont le résultat de dépôts alluviaux provenant des fleuves et des rivières qui traversent la zone, tels que l'oued Tafna et l'oued Macta. En termes de relief, Aïn Témouchent est également influencée par les montagnes des Monts de Tlemcen et les contreforts du massif de l'Atlas. La région est également connue pour ses ressources en eau, avec des nappes souterraines importantes qui contribuent à l'approvisionnement en eau potable et à l'irrigation des terres agricoles.

La région d'Oran, située dans le nord-ouest de l'Algérie, présente une diversité géologique et hydrologique importante, marquée par des formations géologiques variées et des ressources en eau qui influencent son développement économique et urbaine. Oran est située dans la zone des montagnes telliennes, une chaîne montagneuse formée par la collision des plaques tectoniques africaines et eurasiennes. Cette région est donc caractérisée par une forte activité tectonique et des structures géologiques complexes. La région d'Oran est alimentée par des aquifères souterrains, notamment dans les plaines côtières et les zones proches des montagnes. Les aquifères de la région sont principalement alimentés par les précipitations, bien que leur gestion soit un défi en raison de la surexploitation dans certains secteurs.

I- La région de Ain Temouchent :

1. Situation géographique:

La Wilaya d'Aïn Témouchent se trouve dans l'ouest algérien ; elle occupe du point de vue Géographique, une situation privilégiée en raison de sa proximité par rapport à trois grandes Villes à savoir :

- Oran au Nord-est (70 km du chef -lieu de Wilaya).
- Sidi Bel Abbés au Sud-est (70 km).
- Tlemcen au Sud-ouest (75 km).

1.1 La situation de secteur d'étude :

Le territoire de la commune d'Oulhaça El Gheraba est côtier de la Méditerranée, et situé à l'ouest de la wilaya d'Aïn Témouchent, sur la rive gauche du fleuve Tafna, à la limite de la wilaya de Tlemcen.

- Nord par la mer méditerranée.
- L'Est par la commune El Amir Abdelkader.
- L'Ouest par la commune Beni Khaled.
- Sud par la commune Sidi Ouriache.

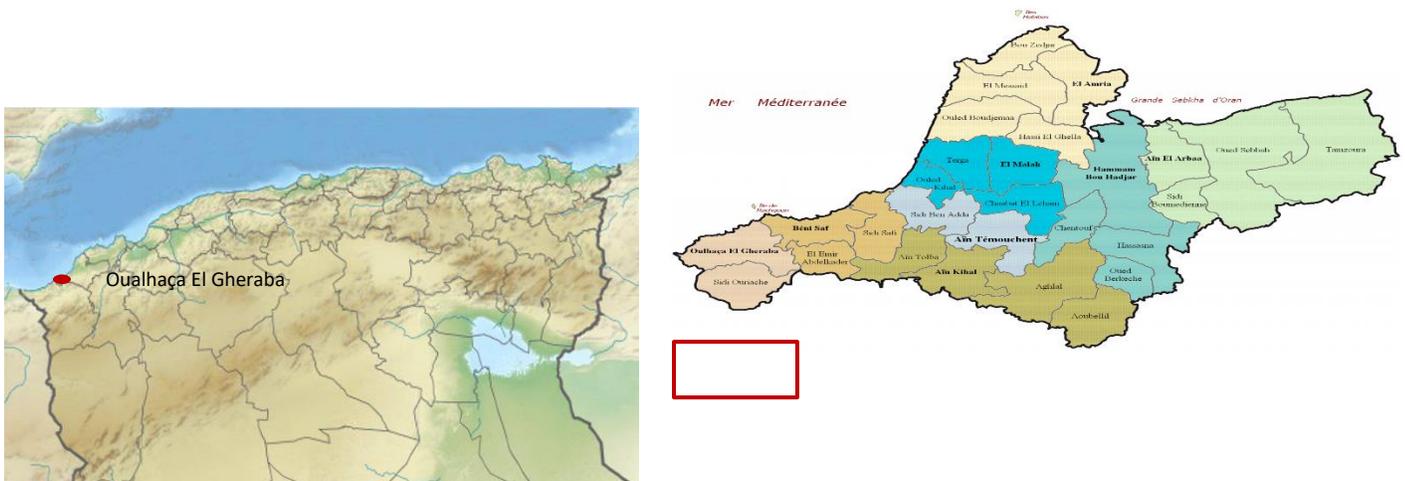


Figure 01 : Carte de situation de la commune Oualhaça El Gheraba.

2. Climatologie :

On définit le climat comme l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Il est déterminé par la situation géographique du lieu. (Latitude, altitude, éloignement par rapport à la mer) et par la circulation atmosphères. Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques des cours d'eau et des conditions de recharge des aquifères.

Le climat de la zone d'étude, lié à l'ensemble de l'Ouest Algérien, relève d'un régime méditerranéen à deux saison bien déterminées, celle des pluies en saison froide et celle de la sécheresse en saison chaude de l'année. Cependant, ce type de climat est caractérisé par l'irrégularité des précipitations durant une grande période de l'année.

2.1 Répartition des précipitations moyennes annuelles :

Les précipitations représentent un facteur très important dans l'étude du climat d'une région. Le tableau ci-dessous montre les précipitations moyennes annuelles durant le période (1982-2012) :

Tableau .1 : Les Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Temouchent

Année	P(mm)	Année	P(mm)	Année	P(mm)
1982-1983	120,4	1993-1994	268,4	2004-2005	304,9
1983-1984	117,3	1994-1995	357,2	2005-2006	356,3
1984-1985	237,9	1995-1996	345,2	2006-2007	376,8
1985-1986	406,4	1996-1997	337,9	2007-2008	282,5
1986-1987	376	1997-1998	355,5	2008-2009	605,3
1987-1988	350,6	1998-1999	313,2	2009-2010	487,3
1988-1989	356,6	1999-2000	317,9	Moyenne annuelle = 384,45mm	
1989-1990	358,6	2000-2001	536,1		
1990-1991	411,8	2001-2002	420,5		
1991-1992	397,4	2002-2003	558,5		

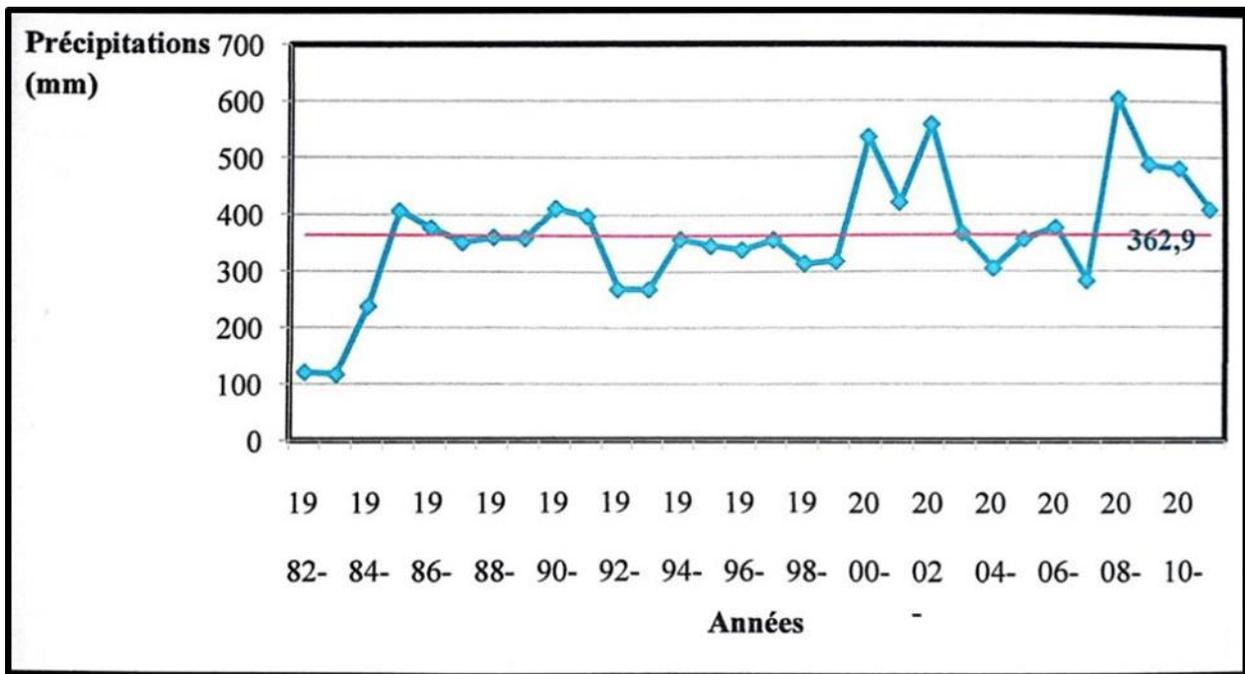


Figure.02 : Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d’Ain Temouchent (1982-2010).

On observe d’après la figure 02, une prépondérance d’un front déficitaire durant la période comprise entre 1982 et 2000 ou plusieurs valeurs annuelles se trouvent en dessus de la moyenne annuelle qui est de 362,9 mm ; par contre la décennie : 2000-2012 apparait comme excédentaire avec une tendance à un retour des précipitations ou l’on enregistre un maximum pendant l’année 2008-2009 de 605,3 mm. On remarque l’irrégularité des apports par les précipitations ; cependant , les conditions de recharge des aquifères principalement à caractères libre , disposent d’une grande inertie compensant le déficit pluviométrique enregistré et leur permettant ainsi une sensible résistance à la sécheresse .

2.2 Répartition des précipitations moyennes mensuelles :

Les données des précipitations moyennes mensuelles afférant à la même période d’observation (1982-2012) sont consignées au tableau ci-dessous (Tableau 2).

Tableau 02 : Précipitations moyenne mensuelles à la station de Ain Temouchent

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
P(mm)	16,7	34,6	60 ,6	39,7	58,4	46,4	41,5	34,1	22,5	4,1	1,4	2,9	262,9

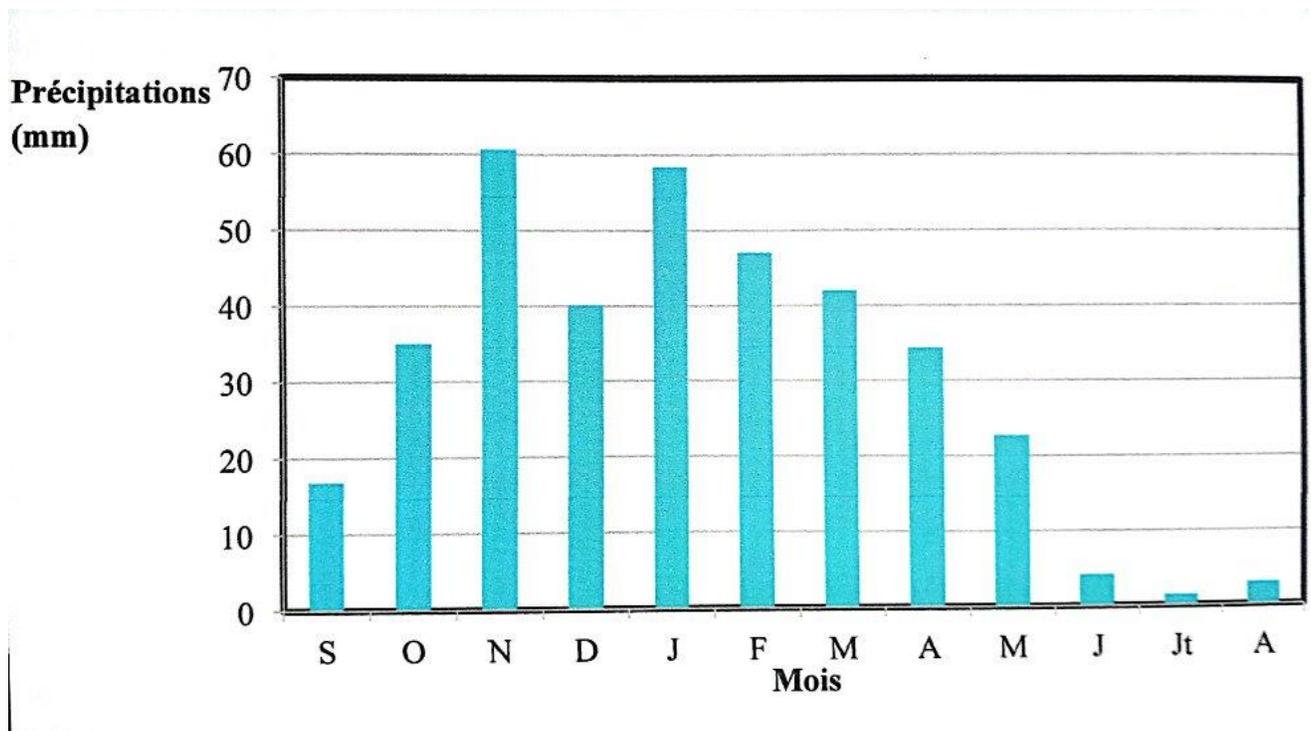


Figure.03 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles, station d'Ain Témouchent (1982-2010).

D'après l'histogramme représentant les précipitations moyennes mensuelles durant la période (1982-2012), on observe deux phases :

- L'une correspondant à la saison d'été (Juin, Juillet, Aout), marquée par une importante diminution des précipitations.
- L'autre humide couvrant les autres mois de l'année, où l'on remarque une alternance de mois humides avec certains mois peu secs (Fig.03), ce qui implique une période de pluviométrie irrégulière.

D'autres part, les mois les plus pluvieux sont Novembre (60,60mm) et Janvier (58,4mm), par contre le mois de Juillet est le plus sec avec une hauteur infime de 1,4mm.

2.3 Répartition des précipitations saisonnières :

L'étude des précipitations saisonnières est importante car elle permet d'apprécier la variation des précipitations et leur tendance. Les données correspondantes sont représentées au tableau 3:

Tableau.03 : Valeurs des précipitations saisonnières à la station d'Ain Témouchent.

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Précipitations (mm)	111,9	144,5	98,1	8,4

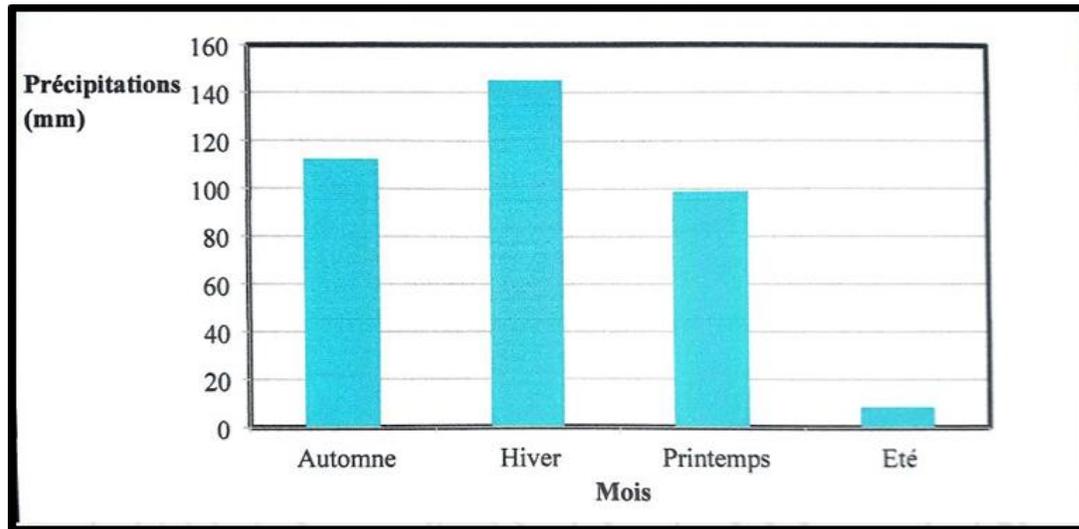


Figure.04 : Histogramme des précipitations saisonnières ; station d'Ain-Temouchent (1982-2010).

Ainsi visualiser cette répartition des précipitations, montre un indice saisonnier de type HAPE. Celui-ci traduit un apport d'eau saisonnier aboutissant à la recharge efficace des nappes à l'abri de l'influence des pertes par évapotranspiration.

2.4 Etude des températures :

La température en interaction avec les autres facteurs climatiques est un facteur déterminant du climat, régissant l'ensemble des pertes en eau.

Nous disposons de mesures de températures moyennes mensuelles pour la même période d'observation considérée (1982-2012), réunies au Tableau .04 :

Tableau.04 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures à la station de Ain Temouchent

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
Tm(°C)	18,7	15,96	11	9,164	8,2	8,2	9,8	11,6	14,3	18,6	21,4	22,6	14,1
TM(°C)	28,86	25,6	19,08	16,68	15,6	16,3	18,97	21,33	25,8	28,98	31,4	31,24	23,32
Tmoy(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20	23,8	26,4	26,9	18,7

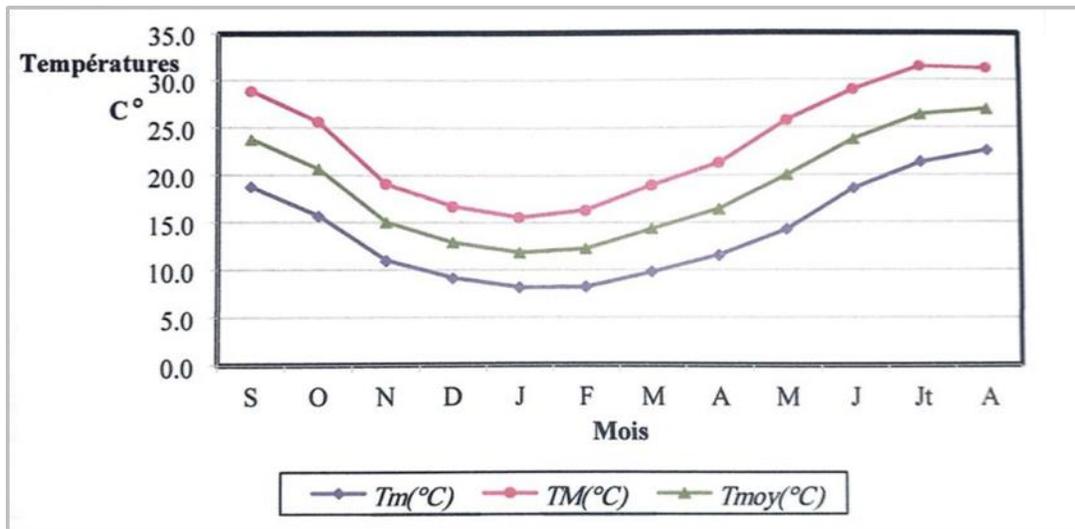


Figure.05: Variation mensuelle des températures à la station d’Ain-Temouchent (1995/1996-2011/2012).

D’après la répartition des températures, il s’avère qu’à partir de Mai et jusqu’à Octobre, les températures moyennes mensuelles tendent à s’accroître en présentant des valeurs supérieures à la moyenne annuelle (18,7°C) ; par contre la saison comprise entre Novembre et Avril représente des températures moyennes mensuelles oscillant entre 11,9°C et 16,4°C et bien inférieures à la moyenne annuelle. Notant que cette période pluvieuse accusant des pertes par évapotranspiration faibles, assure ainsi une meilleure recharge des nappes.

Le maximum des températures est atteint en Août avec une moyenne de 26,9°C et le minimum se situe en Janvier aux environs de 11,9 °c.

2.5 Etude du climat :

2.5.1 Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausson :

D’après la courbe pluviothermique traduit par la relation ($P=2T$), on peut distinguer la période humide de la période sèche.

Le couple de données (précipitations-températures) est consigné au tableau 05.

Tableau .05 : Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d’Ain Temouchent.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P(mm)	19,2	48	69,2	52,1	65,2	47	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1
T(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20	23,8	26,4	26,9

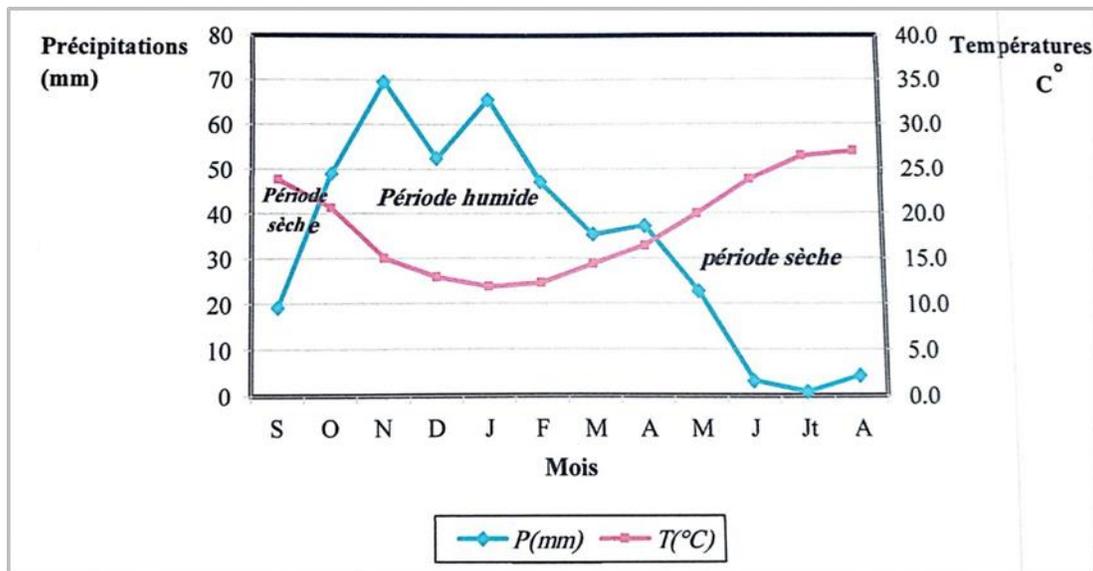


Figure.06 : Diagramme pluviothermique de la station d'Ain-Temouchent (1995/1996-2011/2012).

L'établissement du diagramme pluviothermique (Fig.06) permet de distinguer :

- Une période humide longue, de sept mois, débutant en Octobre et se prolongeant jusqu'au mois d'Avril. L'encore on peut apprécier une réalimentation favorable des aquifères de la région.
- Une période sèche plus courte, s'étalant sur le reste des mois.

2.6 Indices climatiques :

Les indices climatiques permettent d'identifier le climat de la région étudiée nous sommes limités à l'estimation détaillée des deux indices ceux de De Martonne et Moral. Pour les autres indices (Emberger, Kerner et Stewart) nous avons retenus seulement les résultats obtenus.

2.6.1 Indices d'aridité de De Martonne :

➤ Indice d'aridité annuel (I) :

De Martonne a établi un indice d'aridité annuel et un autre mensuel indiquant le type de mois pour :

- $20 < I < 30$ → Climat tempéré.
- $10 < I < 20$ → Climat semi-aride.
- $7,5 < I < 10$ → Climat steppique.
- $5 < I < 7,5$ → Climat désertique.
- $I < 5$ → Climat hyper aride.

Il est donné par la relation :

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

Où :

Chapitre I : Considération Générales

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Tableau.06 : Indice d'aridité de De. Martonne.

P(mm)	T(C °)	I
403,2	18,7	14,05

L'indice de De Martonne estimé à 14,05, montre l'appartenance de la station de notre zone d'étude au régime semi-aride, comme l'évoque l'abaque de la figure 11 ci-dessus :

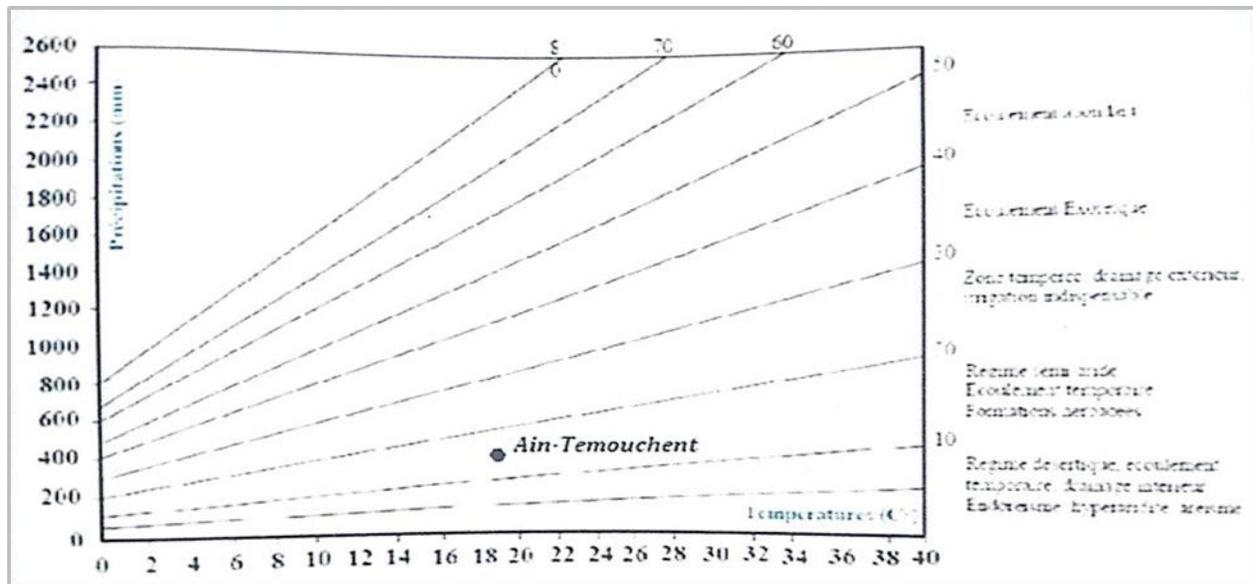


Fig.07 : Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain-Temouchent (1995-2012).

2.6.2 Indice de Moral :

➤ Indice annuel (I_M) :

L'application de cet indice permet selon Moral de fixer la limite de la zone aride pour un coefficient égal à l'unité suivant la relation :

$$I_M = P / (T^2 - 10T + 200)$$

Où :

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau.07 : Indice annuel de Moral.

P(mm)	T(°C)	<i>I_M</i>
403,2	18,7	1,11

3. Sismologie de la région Ain-Temouchent :

L'histoire sismique d'Aïn Temouchent remonte à plusieurs siècles. La région est située dans une zone sismiquement active en raison de sa proximité avec la zone de rencontre des plaques tectoniques africaine et eurasiennne. Des tremblements de terre peuvent se produire de temps en temps, certains plus importants que d'autres, et leur fréquence et leur intensité peuvent varier. La sismologie étudie les tremblements de terre et l'activité sismique dans cette région. Elle peut inclure la surveillance des mouvements tectoniques, l'analyse des risques sismiques et la préparation aux séismes. Structures actives potentielles :

3.1 La faille de Stah Zilzila :

Localisée le long de la côte au sud de Beni Saf, près de Souk Etnine (Oulhaça), la faille de Stah Zilzila est une faille active de direction générale NE–SW, avec un pendage sud–est. L'érosion côtière et un important glissement de terrain ont caché la trace de la faille, dont la longueur totale serait de 10 km. Cette région côtière est soulevée par un large anticlinal, qui plonge, puis disparaît au nord-est vers Beni Saf. Le soulèvement actif de la zone côtière est démontré par l'existence de surfaces alluviales profondément incisées et entaillées par de petits cours d'eau.

3.2 La faille inverse de Dar Lalla Messouda :

L'analyse des photos aériennes et les observations de terrain ont permis de localiser, à 5 km au NNE du village d'Aïn Youcef, une structure géologique, dont les évidences sont en faveur de l'existence d'une faille inverse aveugle de 8 km de long et présentant un pendage vers le nord-ouest. Cette dernière serait probablement cachée sous un flanc linéaire et très redressée, à pendage nord-est d'un pli anticlinal. L'aspect très jeune des regards de failles sur le compartiment surélevé ainsi que les plis en relais (< 1 km) observés sur la partie chevauchante de la faille sont des arguments qui plaident en faveur de l'existence de cette dernière.

3.3 La faille de Djebel Djaddara :

La faille de Djebel Djaddara a été identifiée sur la base de l'interprétation de photos aériennes au 1:20 000. La faille est interprétée comme étant une faille inverse présentant un pendage vers le nord-ouest et une direction nord-est. Elle est visible sur au moins 10 km à partir d'un point situé à 1,5 km du village de Chentouf jusqu'au nord de la ville de Hammam Bou Hadjar. Elle apparaît comme un alignement discontinu présentant des escarpements à facettes sud-est et un contraste linéaire très marqué. Cette structure coïncide avec un linéament identifié et cartographié par Thomas [43], et cité dans les récentes études locales basées sur l'interprétation d'imagerie (Image satellite Landsat et MNT Aster). Par rapport aux photos aériennes, le linéament observé sur l'imagerie Landsat/MNT se prolonge de 6 km supplémentaires, suggérant ainsi une longueur totale de 16 km. La faille est associée à des déplacements

de surfaces alluviales. D'âge Pléistocène supérieur et possiblement Holocène. Ces surfaces ont été complètement modifiées par l'activité agricole très intense dans cette zone.

3.4 La faille de sebkha sud (faille de l'ouest de la plaine de la Mleta) :

Cette faille d'orientation EW présente un plan subverti calé sur lequel des stries ont été observées. Ce système de faille se prolonge à partir de la plaine de la Tameria vers le NE, le long des monts du Tessala sur une longueur d'environ 30 km jusqu'à la limite de la ville d'Ain t'émouchent. En donnant une longueur totale de 30km à la faille on suppose (avec une probabilité=1) que la faille toute entière peut se rompre lors du séisme maximal.

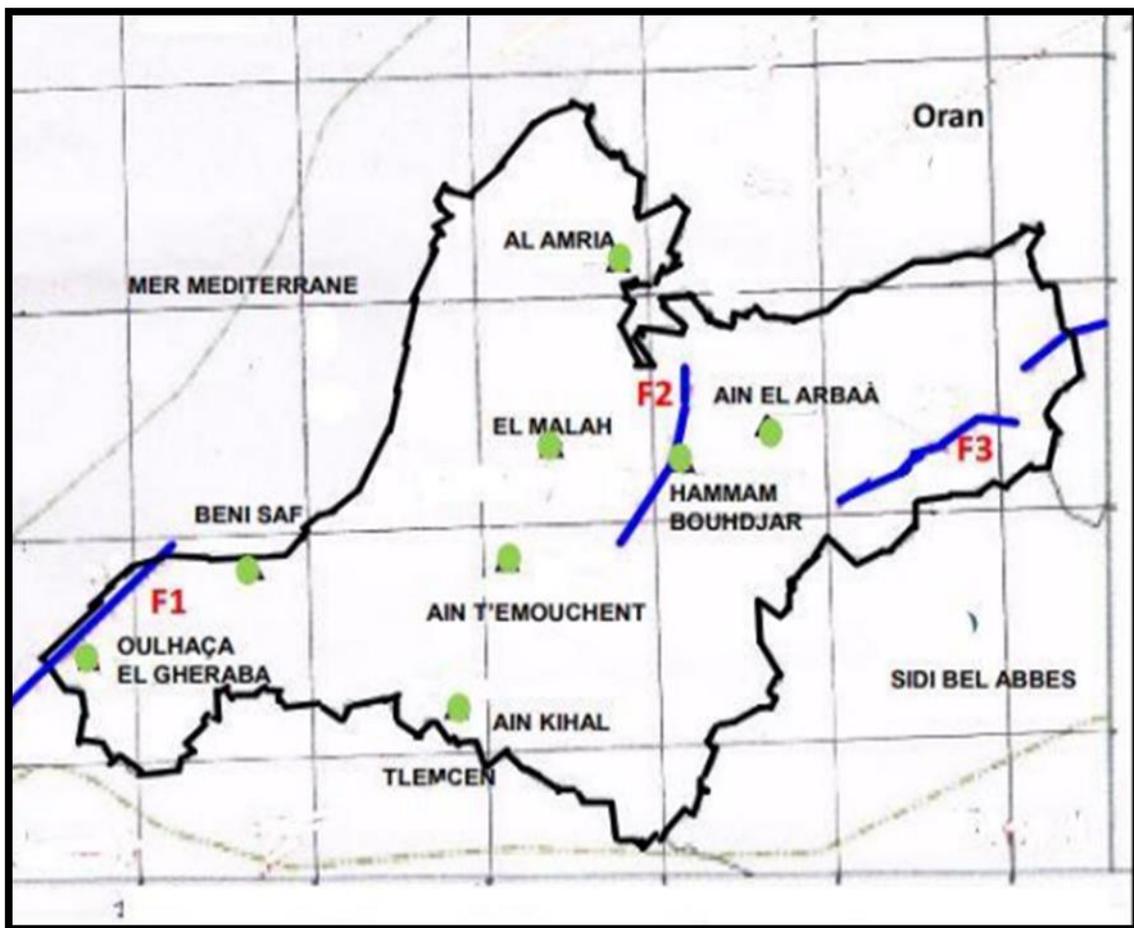


Figure.08 : Les failles actives de la wilaya d'Ain Témouchent, F1 : faille de Stah Zilzila, F2 : faille de Djebel Djaddara, F3 : faille de la Sebkha Sud.

II. La région d'Oran :

1. Situation géographique :

La wilaya d'Oran est bordée à l'est par la wilaya de Mostaganem, au sud-est par celle de Mascara, au sud-ouest par celle de Sidi-Bel-Abbès et à l'ouest par celle d'Aïn Témouchent.

1.1 Le secteurs d'étude :

La plaine de Taфраoui est située au Sud-Est de la ville d'Oran, elle est considérée comme étant la terminaison orientale de la plaine de la M'leta. Son altitude se maintient d'une façon assez constante à une centaine de mètres. Elle est limitée:

- À l'est commune Zahana wilaya mascara.
- Au Nord commune Kerma.
- Au sud commune de Hamadouche wilaya sidi bel abbés.
- À ouest commune Tamzoura wilaya Ain Tmouchent.



Figure 09: Carte de situation de la commune de Taфраoui

2. Climatologie:

Le climat correspond aux conditions météorologiques moyennes (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des vents, etc.) qui règnent sur une région donnée durant une longue période. Pour l'Organisation météorologique mondiale, elle doit être d'au minimum 30 ans. C'est donc le temps qu'il fait au cours de l'année dans une région du monde.

Les conditions climatiques jouent un rôle primordial sur les ressources en eau d'un domaine (eaux souterraines et eaux superficielles), leurs recharges et leur régime.

Chapitre I : Considération Générales

L'étude hydro climatique d'une région donnée a pour objectif :

- D'analyser ses paramètres climatiques : températures, précipitations, vents ;
- De définir son type de climat.

Ainsi, vu la proximité de la station d'Es-Sénia réputée de référence dans la région, nous l'avons pris en considération dans l'étude hydro climatique sur une période de 18 ans (1990-2008).

Tableau.08 : Coordonnés de la station climatologique d'Es-Sénia.

Station	Altitude	Longitude	Latitude	Année
Es-Sénia	87	00°36'W	35°38'N	1990-2008

2.1 Etude des températures

Les températures ont une grande influence sur le climat. Selon qu'elles soient chaudes ou froides, elles agissent sur les précipitations, la recharge des aquifères, l'évaporation et l'évapotranspiration, la pression, le vent et l'humidité.

Le tableau ci-dessous nous donne les températures moyennes mensuelles.

Tableau.09: Températures moyennes mensuelles de la station d'Es-Sénia (1990-2008).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
T(°C)	12,93	13,54	15,02	16,65	19,49	22,57	25,28	26,31	24,26	20,74	16,62	14,24	18,97

Les plus faibles températures moyennes mensuelles vont du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril où elles prennent fin avec la plus faible température de 12.93 observée au mois de Janvier et la plus forte au mois d'Août. La température moyenne annuelle est de 18.97.

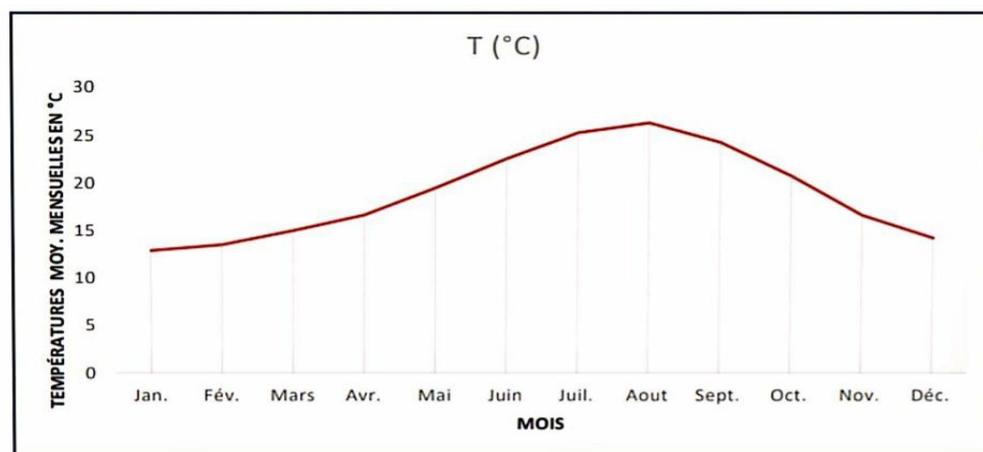


Figure.10: Graphe des températures moyennes mensuelles à la station d'Es-Sénia (1990-2008).

Le graphe montre une croissance des températures de Janvier à Juillet, elle atteint son pic en Août et décroît progressivement jusqu'en Décembre. Ce qui amène à conclure que le mois le plus chaud c'est Janvier et le mois le plus chaud c'est Août.

2.2 Etude des précipitations :

Les précipitations constituent avec la température les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné. Ils ont une grande influence sur la vie de l'homme et des animaux ainsi que sur les économies d'un pays.

Certains auteurs tels que P. Seltzer (1913-1938), Chaumont et Paquin (1913-1963) ont établi une carte pluviométrique (figure n°10) lors de leur étude du régime pluvial en Algérie indiquant que la région est moyennement arrosée avec des précipitations moyennes annuelles de 300 à 500mm.

La carte pluviométrique est contrôlée par l'altitude et l'éloignement à la mer. Les lames d'eau moyennes de quelques sites pluviométriques selon notre secteur d'étude lues sur cette carte sont les suivantes : Boufatis : 358mm ; Es-Sénia : 398mm, Gdyl : 516mm.

Chapitre I : Considération Générales

Le tableau ci-dessous nous donne les précipitations moyennes mensuelles sur une durée de 18 années de 1990 à 2008.

Tableau.10 : Précipitations moyennes mensuelles 1990-2008 (données O. N .M) (M. Boubaker, 2013).

Mois	P(mm)
J	38
F	45
M	30
A	25
M	16
J	2,5
Jt	0,5
A	2,9
S	18
O	33
N	62
D	50
Année	322,9

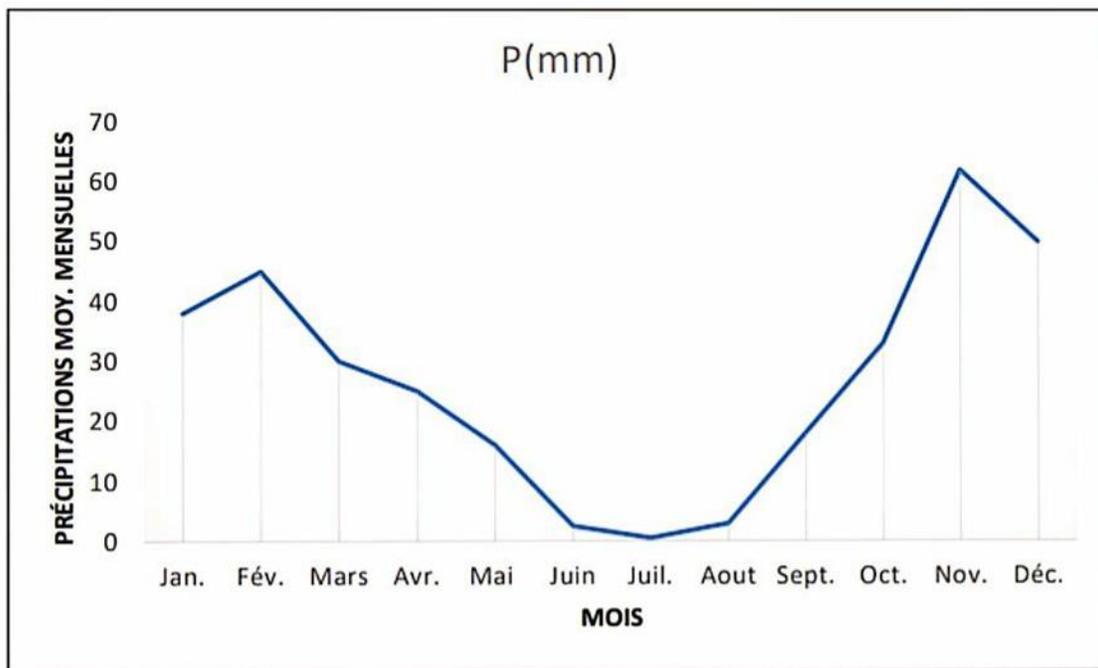


Figure.12 : Graphe des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Es-Sénia (1990-2008).

Chapitre I : Considération Générales

Le graphe nous montre que le mois de Novembre a reçu la plus grande quantité de précipitations (62mm) tandis que le mois de Juillet possède la plus faible quantité presque nulle avec 0. 5mm.L'allure du graphe nous fait distinguer deux périodes bien distinctes : l'une aride de Mai à Septembre et l'autre pluviale, d'Octobre à Avril.

2.3 Précipitations moyennes annuelles :

Tableau.11 : Précipitations annuelles à la station d'Es-Sénia (1990-2008).

Année	P(mm)
1990	405
1991	234
1992	441
1993	313
1994	318
1995	313
1996	193
1997	205
1998	280
1999	294
2000	375
2001	415
2002	318
2003	313
2004	285
2005	337
2006	320
2007	362
2008	459
Moy.Annés	325

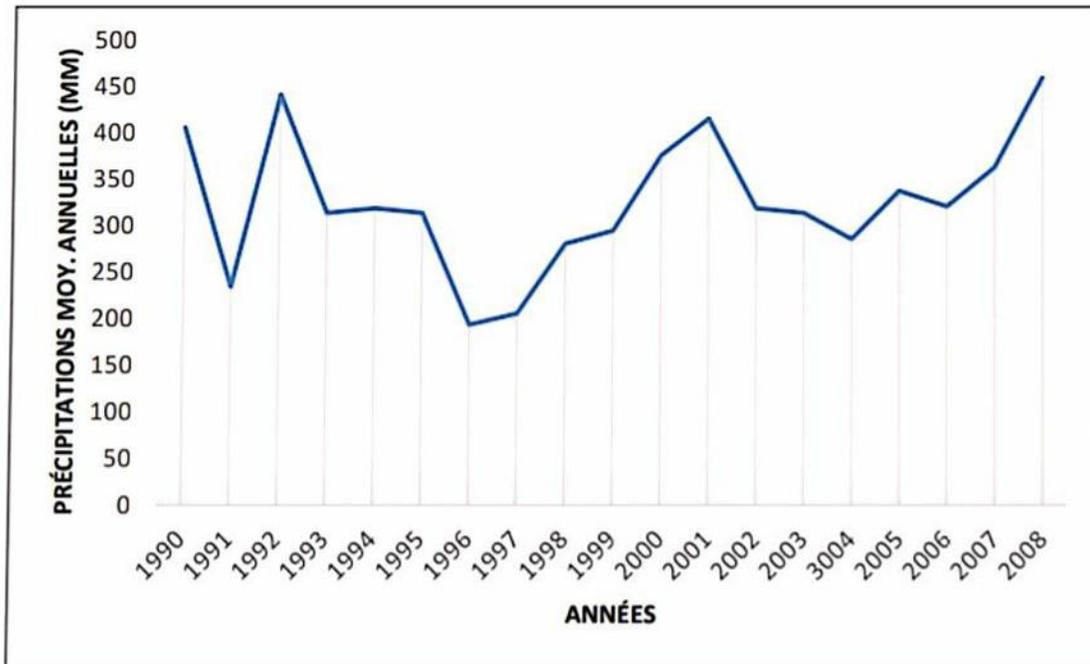


Figure.13: Graphe des précipitations moyennes annuelles d’Es-Sénia (1990-2008).

L’analyse de notre graphe des précipitations moyennes annuelles de la station d’Es-Sénia nous montre que l’année 1996 enregistre la plus petite quantité de précipitations de l’ordre de 193mm par rapport à l’année 2008 qui accumule un maximum de 459mm. Les précipitations sont non seulement caractérisés par leur variabilité mais aussi par leurs intensités fortes. Ainsi, cette variabilité interannuelle nous donne un module pluviométrique moyen annuel égal à 325mm.

Etude de l’évaporation Lorsque la température est élevée, l’eau s’évapore sous forme de vapeur, on assiste à un passage progressif de l’état liquide à l’état gazeux : ce phénomène est appelé évaporation. Plus la température est élevée ; plus l’évaporation s’accélère. Le vent, la chaleur et la surface d’évaporation sont les trois facteurs qui favorisent l’évaporation.

Les mesures dont on dispose sur le tableau n° 5 ont été réalisées à l’aide d’un évaporomètre Piché au niveau de la station d’Es-Sénia de 1990-2008, ce sont des valeurs moyennes mensuelles de l’évaporation.

Tableau.12: Moyennes mensuelles de l’évaporation 1990-2008/station d’Es-Sénia (A.I. Houda,2017).

Mois	Evaporation en (mm)
J	57,13
F	62,7
M	84,8
A	107,47
M	126
J	144,4
Jt	155,45
A	156,75
S	125,6
O	94,57
N	70,8
D	57,2
Moy. Annuelle	1242,87

L'évaporation la plus significative s'est déroulée au cours du mois d'Août soit 156.75mm contre celle janvier qui plutôt faible avec une valeur de 57.13mm, on a une moyenne annuelle de 1242.84mm.

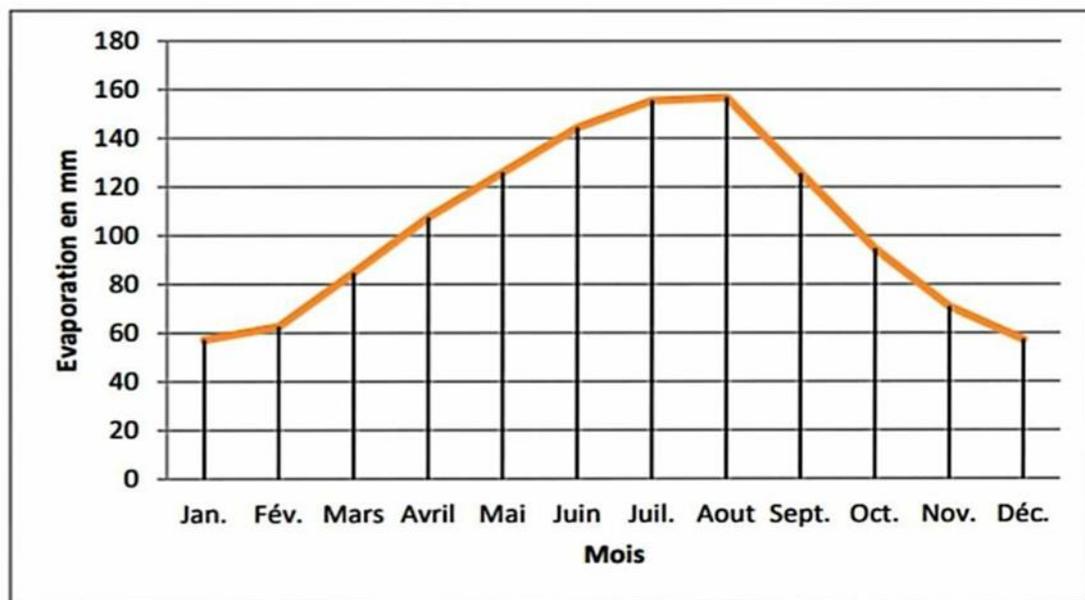


Figure.14 : Graphe des variations moyennes mensuelles de l'évaporation.

2.4 Les caractéristiques climatiques

Plusieurs méthodes sont utilisées pour mener à bien l'étude de différentes caractéristiques climatiques. Celles-ci vont nous permettre de déterminer la durée des périodes sèches et humides mais aussi de définir le type de climat de la région en calculant des indices (indice xéothermique de Bagnouls et Gausson, indice d'aridité de De Martonne, indice de continentalité de Kerner "K".) à partir des températures et des précipitations.

2.4.1 Les méthodes graphiques :

2.4.1.1 Courbe pluviothermique :

Comme son nom l'indique, c'est un type de diagramme utilisé en météorologie représentant la variation mensuelle de deux variables climatiques à savoir la température et les précipitations. Les données utilisées proviennent des relevés météorologiques prises à un endroit donné (Station d'Es-Sénia pour notre cas) durant une année afin de pouvoir en faire la moyenne. Plusieurs courbes pluviothermique de plusieurs stations peuvent être comparées durant la même année pour voir la variabilité du climat à l'échelle du secteur considéré. Cette courbe est obtenue selon des graduations standardisées telles que : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures : $P \leq 2T$.

Tableau.13 : Précipitations et températures moyennes mensuelles de la station d'Es-Sénia.

Mois	Tmoy. Mensuelles(en °c)	Pmoy.Mensuelles(en mm)
J	12,93	38
F	13,54	45
M	15,02	30
A	16,65	25
M	19,49	16
J	22,57	2,5
Jt	25,28	0,5
A	26,31	2,9
S	24,26	18
O	20,74	33
N	16,62	62
D	14,24	50

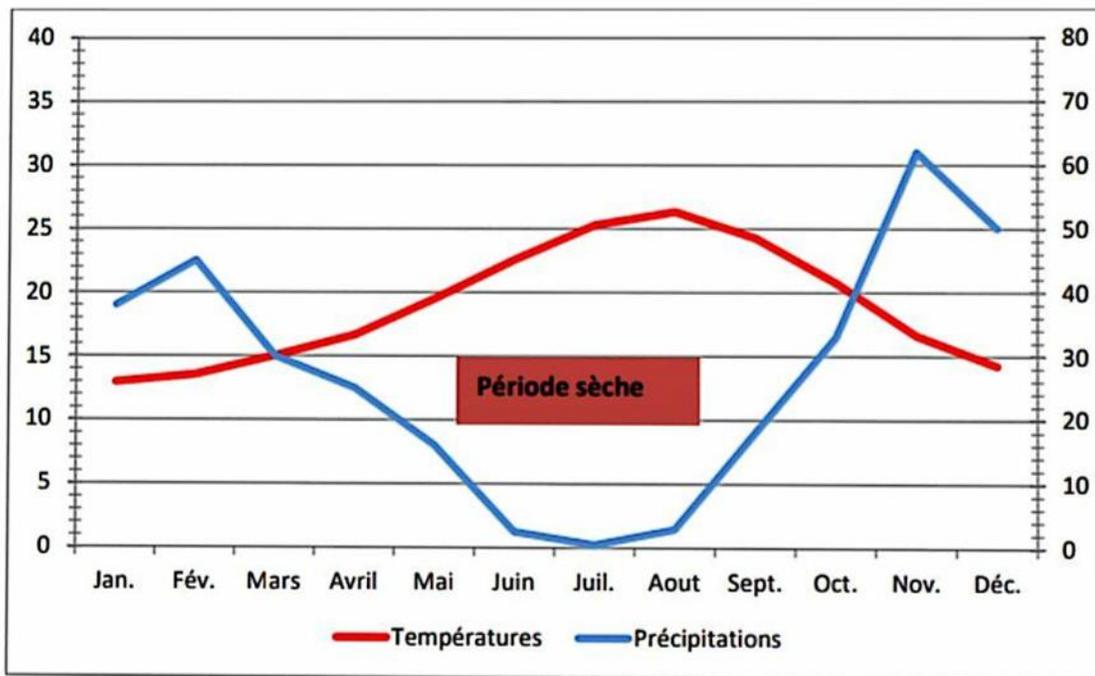


Figure.15 : Courbe pluviothermique de la station d'Es-Sénia.

Notre courbe reflète une période sèche s'étendant sur une période de sept mois qui commence en Avril et prend fin en Octobre.

La région présente un climat méditerranéen de type semi-aride.

2.5 Les indices climatiques :

2.5.1 Indice d'aridité de Martonne :

Cet indice nous donne le degré d'aridité d'une région lors d'une étude hydro climatologique. C'est le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles : $I = P/T+10$.

Avec :

P = précipitation annuelle moyenne (mm).

T = température annuelle moyenne.

La classification proposée par De Martonne est la suivante (tableau.13)

Tableau.13: Classification des climats proposée par De Martonne.

Chapitre I : Considération Générales

Valeur de « I »	<0,5	0,5<I<7,5	7,5<I<10	10<I<20	20<I<30
Type de climat	hyperaride	Désertique	Steppique	Semi-aride	tempéré

Pour la station d'Es-Sénia, L'indice d'aridité est obtenu comme suit : $I = 325 / 18.97 + 10$

$I = 11.42$.

Avec l'indice d'aridité obtenue qui est $I=11.42$ ($10 < 11.42 < 20$) on déduit que la station d'Es-Sénia est caractérisée par un climat semi-aride.

Ci-dessous notre station d'étude est représentée sur un abaque donné par De Martonne.

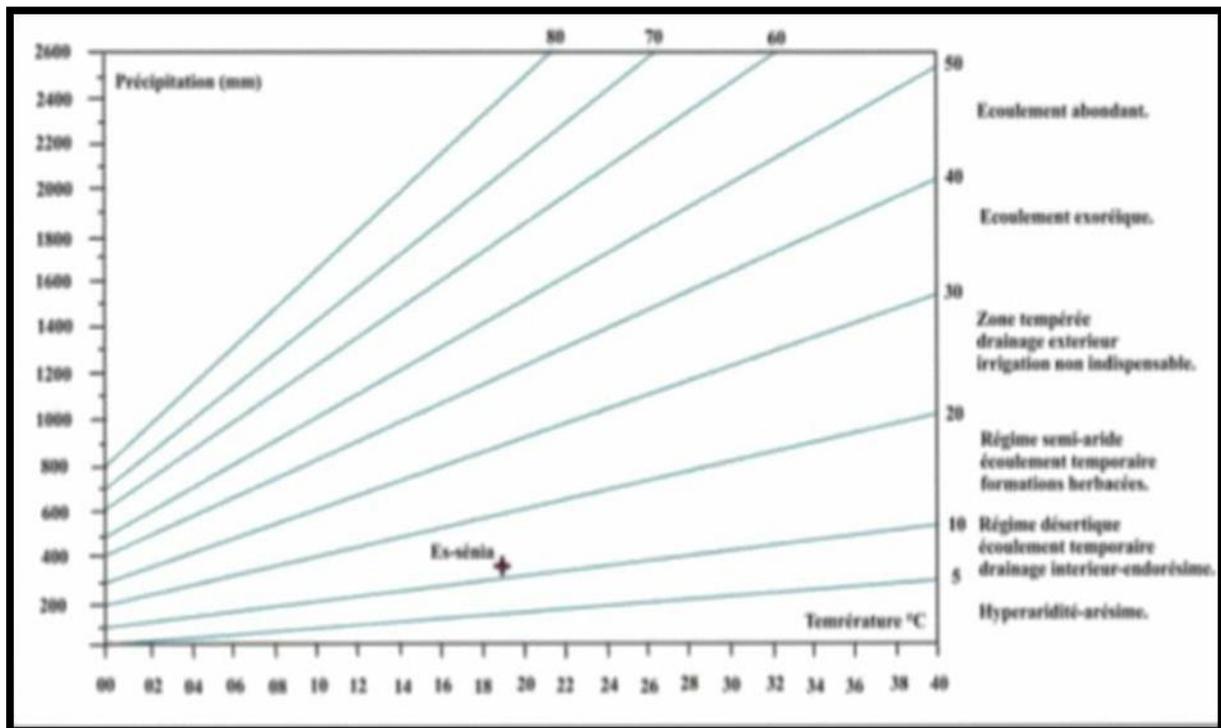


Figure.16 : Abaque d'Indice d'aridité de De Martonne (station d'Es-Sénia).

Indice de continentalité de Kerner

Grace à cet indice, on constate l'influence qu'à la mer sur les conditions locales.

La relation donnée par Kerner est : $x=100$ avec :

2.5.2 Indice de Kerner

To : Température moyenne mensuelle du mois d'Octobre.

Ta : Température moyenne mensuelle du mois d'Avril.

A : Amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid (°C).

Ainsi pour la station d'Es-Sénia on aura : $T_o=20.74$; $T_a= 16.65$; $A= 15.58$ donc $=25.70$.

3. La sismologie de Oran :

Cette région fut frappée en 1790 par un séisme dévastateur. Les investigations récentes de terrain ont permis l'identification de deux structures actives majeures pouvant générer d'importants séismes.

3.1 La faille de la Sebkha Nord:

Cette faille s'étend sur environ 15 km selon une direction NE–SW. Elle délimite les monts du Murdjadjo, au nord, et la plaine de la grande Sebkha, au sud (bassin de la Mleta). Vers l'ouest, cette faille change brusquement de direction vers le nord-ouest, sur environ 4 km. Elle est interprétée comme une faille inverse à pendage nord. Plus au nord, vers les hauteurs, le déplacement le long de la faille est associé au plissement et soulève le Murdjadjo, qui domine ainsi le bassin de la Mleta. Cette faille est supposée active, car les épaisseurs des séquences sédimentaires d'âge Quaternaire, rencontrées immédiatement au sud sont en faveur d'une importante subsidence tectonique du bassin de la Mleta. Cette faille, qui a une longueur totale de 55 km, est parfois le siège d'une micro-activité sismique, comme en témoigne le dernier petit séisme ($M_l : 3,1$) qui s'est produit le 26 novembre 2004 dans l'extension marine du pli-faille du Murdjadjo. Elle pourrait être aussi à l'origine du séisme d'Oran en 1790.

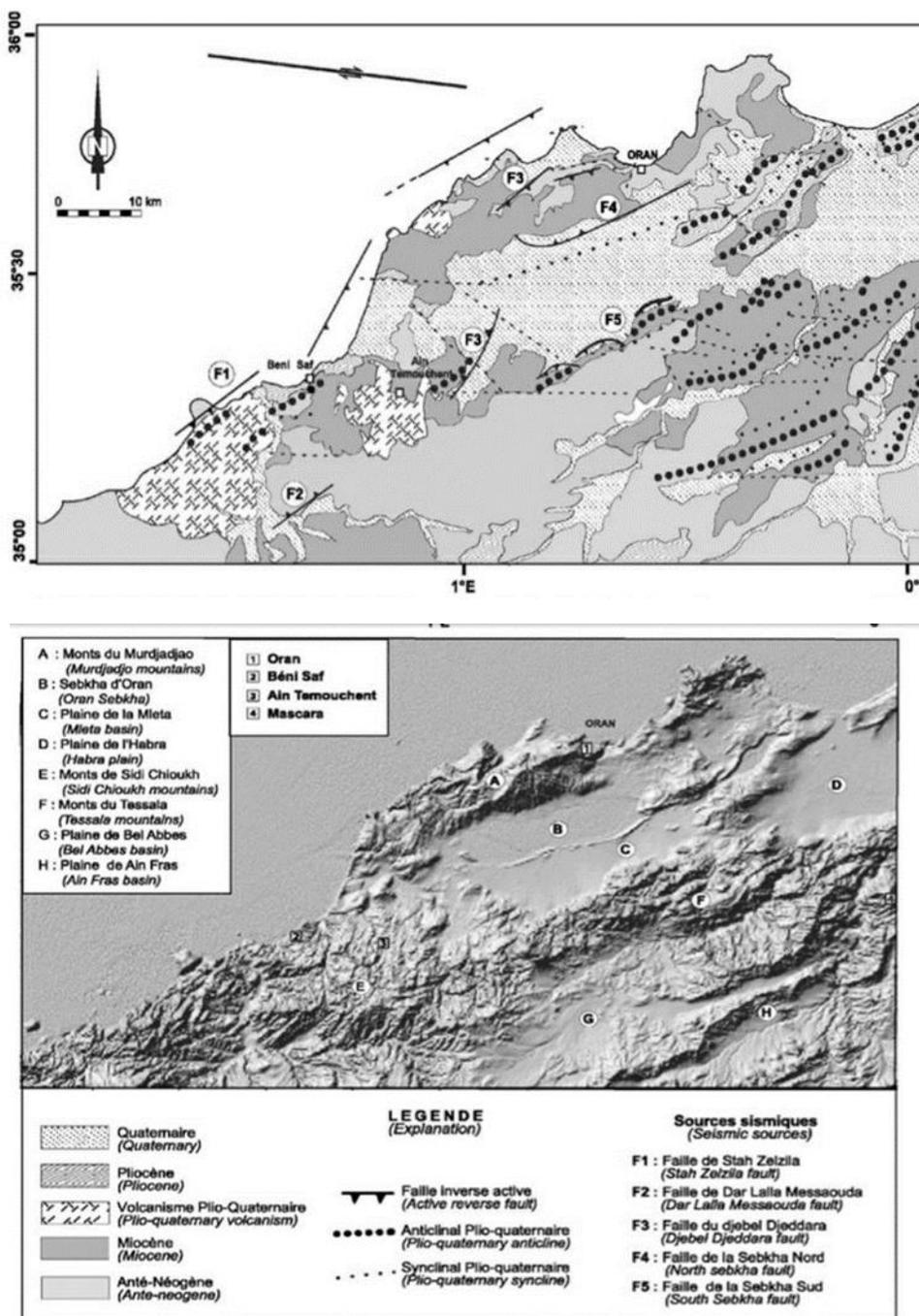


Figure.17: Sismicité de la région oranaise : (a) MNT, (b) structures actives

3.2 La faille de la Sebkha sud :

Cette importante structure correspond à un système de failles inverses discontinues, à pendage sud à sud-est. Elle recoupe les surfaces de piémont représentés par des niveaux alluvionnaires d'âge Pléistocène inférieur à Holocène, qui séparent la grande Sebkha d'Oran (bassin de la Mleta), au nord, des monts du Tessala, au sud. Cette faille, d'orientation NE-SW, présente un plan sur lequel des stries ont été observées. Ces dernières sont en faveur d'une cinématique en faille inverse, générant un chevauchement oblique vers le sud et le sud-est. Ce système de failles se prolonge le long des monts du Tessala, sur une longueur d'environ 30 km. Sur la base de la cartographie réalisée par Thomas [43], ce système de faille se prolonge d'au moins 35 km supplémentaires vers l'est, le long de la limite méridionale de la plaine de Habra, soit une longueur totale de 65 km environ. Les ruptures de failles observées dans les niveaux du Quaternaire supérieur sont exprimées par de nombreuses terrasses étagées observées sur le compartiment soulevé (partie sud) de la faille et par des escarpements de failles, qui déplacent les surfaces alluviales de piémont situées entre la montagne, au sud, et la sebkha, au nord.

Conclusion :

Pour faire une légère comparaison entre la région d'Oran et Ain Temouchent, nous concluons :

- Ain Témouchent se trouve dans l'ouest algérien, entre Oran au nord-est (à environ 70 km) et Tlemcen au sud-ouest (à environ 75 km). La wilaya d'Aïn Témouchent possède également une façade maritime d'environ 80 km, traversant neuf communes¹. Oran quant à elle, est une grande ville portuaire située sur la côte nord-ouest de l'Algérie.
- A partir de l'étude climatique dans la région de Ain- Temouchent sur période 1995- 2012 la moyenne annuelle de précipitation égale à 384,45 mm, et la moyenne annuelle de température égale à 18,7°C avec Janvier le mois le plus froid (11,9°C) et Aout le plus chaud (26,9°C) et la région d'Oran la moyenne annuelle de précipitations égale à 325 mm avec une valeur de températures moyenne mensuelles de (12,93° C) au mois de Janvier qui est la plus faible et 26,31°C en Aout qui est la plus forte pour la période à allant 1990 à 2008 .
- Les tremblements de terre dans la région d'Oran et d'Aïn Temouchent en Algérie peuvent être causés par plusieurs facteurs géologiques, notamment l'activité tectonique le long des failles, la proximité des plaques tectoniques et la compression des masses rocheuses. Ces régions se trouvent dans une zone sismique active où les mouvements de la croûte terrestre peuvent déclencher des tremblements de terre.

Chapitre II:

La géologie

Régional des Sites

Introduction :

La géologie du nord-ouest de l'Algérie est principalement caractérisée par la présence de formations géologiques anciennes et diversifiées. La région comprend des roches sédimentaires, métamorphiques et volcaniques, qui témoignent de son histoire géologique complexe. Les roches sédimentaires comprennent des formations du Crétacé, de l'Éocène, du Miocène et du Quaternaire, qui sont importantes pour la compréhension de l'évolution géologique et climatique de la région. Les montagnes de l'Atlas, avec leurs roches métamorphiques et volcaniques, jouent également un rôle majeur dans la géologie de cette région.

La géologie du nord-ouest de l'Algérie est marquée par une diversité de formations sédimentaires, métamorphiques et volcaniques, ainsi que par des structures géologiques complexes résultant de l'interaction des forces tectoniques et des processus géologiques au fil du temps.

I. Le cadre géologique de Ain-Temouchent :

La structure géologique de la région de Ain Témouchent est constituée par des formation volcanique de type basaltique et de cendres volcanique, qui doivent leur apparition aux éruptions du pliocène et quaternaire. Ces formations recouvrent toute la partie sud-est et sud d' Ain Témouchent allant jusqu'aux secteurs de Chaabat El Leham, Béni Saf et Ain Tolba.

1. Formation du Miocène :

Au-dessus de l'autochtone et de l'allochtone, viennent reposer indifféremment les formations du Miocène et du Pliocène (Figure).

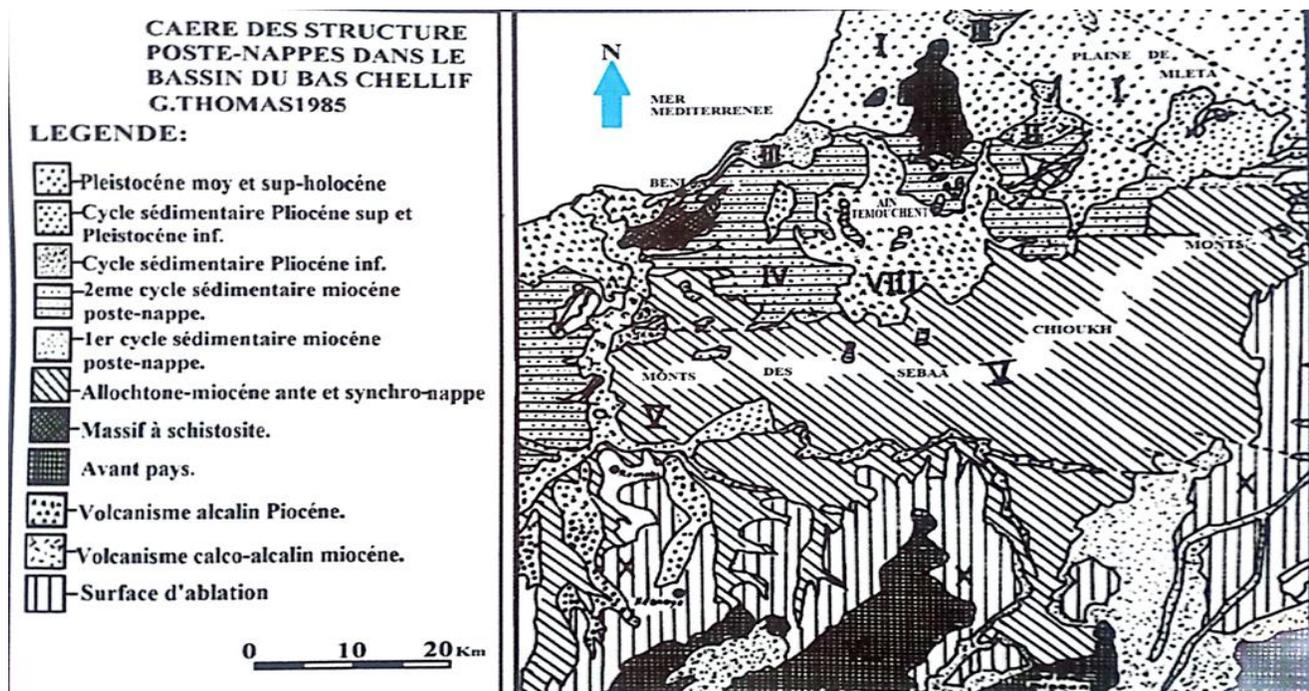


Figure.18: Carte des structures post-nappe dans le bassin du bas Chéelif. (G. Thomsen 1985).

- **Le Miocène synchro-nappe** : développé dans les Sebaa Chioukh. C'est une formation de marnes gris verdâtres et de grés roux.
- **Le Miocène post-nappe** : composé deux cycles :
 - Le premier cycle : est représenté au nord Sebaa Chioukh et dans la région de Béni-Saf. Il est constitué par une série détritique continentale formée de marnes ou argiles gypseuses, de grés et de poudingues hétérogènes.
 - Le deuxième cycle : constitué par trois formations
 - A. Formation rouge continentale à saumâtre marneuse** :
Localisée au Nord de Sebaa Chioukh, d'origine alluviale, de couleur ocre rouge, reposant en discordance sur la formation rouge lie de vin du premier cycle post-nappe
 - B. Formation marine constituée de marnes bleues** :
Le passage de formations rougeâtres aux marnes bleues est progressif. Elles sont apparues au-dessus des formations sommitales, au Nord d'une ligne qui rejoint Djbel Sebaa Chioukh au Djbel Keroulis à l'Est d'Ain Temouchent, les deux formations sont couronnées par des calcaires à algues.

Le deuxième cycle post-nappe se déroulait entre (8,5 et 5,3 M.A), il englobe une partie du Tortonien et du Messénien (Thomas 1985).

- C. Formation de calcaire sommitale très riches en polypiers d'âge Messénien** :
Les calcaires du Miocène supérieur sont transgressifs sur les massifs d'El – Maleh.

2. Le Plio-Quaternaire :

Il est caractérisé par deux formations distinctes :

- **Formation marine** : constituée par deux cycles du Pliocène :

Le premier cycle du Pliocène est formé par des marnes à matériel détritique et des marnes argileuses ;

Le deuxième cycle du Pliocène affleure dans l'embouchure de l'oued El Maleh. C'est une formation détritique ocre.

- **Formation continentale : composée par** :
 - Le Pliocène qui affleure du Djebel Keroulis et en bordure de l'oued El Maleh ; ce sont des calcaires lacustres et des dépôts continentaux ocres rouges.
 - Le Pléistocène affleure dans la région de Béni-Saf et l'embouchure de l'oued Hal louf, ce sont des sables rubéfiés à Hélix. Le Pléistocène est représenté par des alluvions sous basaltiques et des formations sédimentaires contemporaines du volcanisme alcalin.

3. Le volcanisme de Ain Temouchent :

Le volcanisme dans la région d'Aïn Témouchent est un sujet fascinant. Voici quelques détails intéressants :

- Les massifs volcaniques néogènes d'Aïn Témouchent et de la Basse Tafna ont été formés à différentes époques. Le magma a commencé à monter dans la région de la Basse Tafna il y a environ 4,5 millions d'années (MA), tandis que dans la région d'Aïn Témouchent, cela s'est produit entre 0,8 et 1,7 MA1.

Fractures et Linéaments : À l'aide des données Thematic Mapper de Landsat 5, les chercheurs ont cartographié un réseau de 115 fractures et linéaments dans la région. Ils ont regroupé ces structures en deux familles principales, orientées N60 et N140.

- Une phase plio-quadernaire distensive de direction E-W a provoqué le rejeu d'accidents décrochants senestres orientés N140. Cette activité a également entraîné la subsidence des bassins. En combinaison avec d'anciennes failles normales de direction N60, cela a favorisé la montée du magma dans la région de la Basse Tafna et d'Aïn Témouchent1.

Le volcanisme dans cette région a laissé une empreinte géologique fascinante, témoignant des forces souterraines qui ont façonné le paysage au fil du temps.

3.1 Description des différentes formations volcaniques :

Les formations volcaniques d'Aïn Témouchent sont caractérisées par trois types de roches : les coulées, les tufs et les brèches :

➤ Les coulées :

- La coulée inférieure :

Les affleurements de cette coulée apparaissent en petits appointements, d'une taille inférieure ou égale au mètre, le long de la pente située à mi-distance sous le point 160m Ils reposent directement sur la brèche volcanique et des tufs. La base et le sommet de la coulée sont scoriacés. Le cœur est plus massif et débité en dalles, à plongement SE vers ses parties sommitales. La roche est brune-rouge à la base et gris-noir vers le haut occupent de vastes étendues de très faible pente, généralement elles constituent des plateaux légèrement inclinés vers la mer. Elles sont massives, rarement prismatique de couleur sombre quand elles affleurent, en raison de leur fluidité, et son accumulés dans les thalwegs des topographies ancien ; en donnant de grandes ' coulées de vallées '. Les laves de nature basaltique présentent des cristaux d'olivine, avec de gros cristaux d'augite, on note parfois la présence d'enclaves, avec l'absence de feldspaths.

- La coulée supérieure :

La coulée supérieure affleure principalement à l'Ouest du secteur, plus précisément entre la Maison de Garde et Koubet Sidi-Salem. Cette formation est plus grande que celle de la coulée inférieure. Sa grande partie affleure sur environ quatre mètres de long sur 1,5 m d'épaisseur. Les autres affleurements ne dépassent pas 1 mètre. Cette coulée semble reposer sur une formation très pulvérulente montrant l'apparence de tufs. Elle est recouverte par les grès du Pliocène ; La roche est brune-rouge clair, à tendance violacée, à la base de la coulée. Elle devient grise vers le sommet. Elle est massive par endroits, tantôt structurée en boules ou parfois débitée en dalles à plongement SE.

La coulée devient très scoriacée vers sa partie supérieure. Les vésicules peuvent dépasser 1 cm de long et sont orientées vers le sens d'écoulement SE. Elles sont remplies de soufre (Mégartsi, 1982), Cette coulée renferme de grands cristaux ou des agrégats de pyroxène noir qui à notre avis seraient des xénocristaux dépassant le 1 cm. Cette constatation rappelle l'une des coulées du volcan de Benghana dans le secteur volcanique d'Ain-Temouchent (Tabliouna ,1997).

➤ **Les tufs :**

Les premières manifestations responsables de la formation des anneaux (Anneaux de Ben Guena) de Tufs sont de type phréatomagmatique.

D'après leur origine, on distingue les types suivants :

- **Tufs d'origine volcan-sédimentaire :**

Cette formation est bien visible dans l'Oued Senane au sud de Guentrat El Sebou.

- **Tufs de retombés :**

De couleur rougeâtre à aspect induré, de faible densité, elles sont constituées de bombes de taille centimétrique à décimétrique de nature scoriacée et renferment des minéraux ferromagnésiens ; leur épaisseur varie de quelques décimètres à un mètre.

- **Tufs d'origine explosive :**

C'est des dépôts lités, de couleur sombre contenant des blocs de calcaires, de marnes ou degrés et des dépôts d'origine volcanique de taille variable qui sont des fragments de coulées.

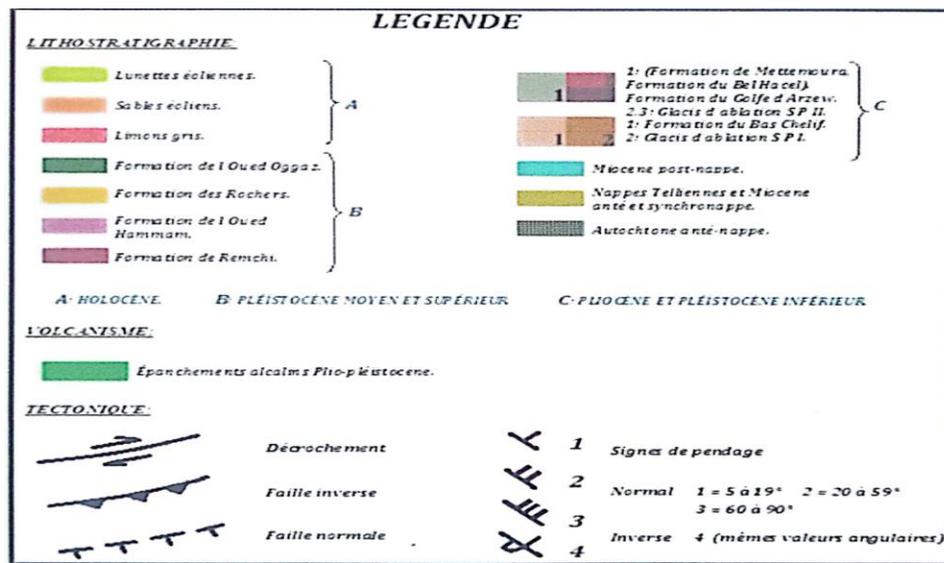
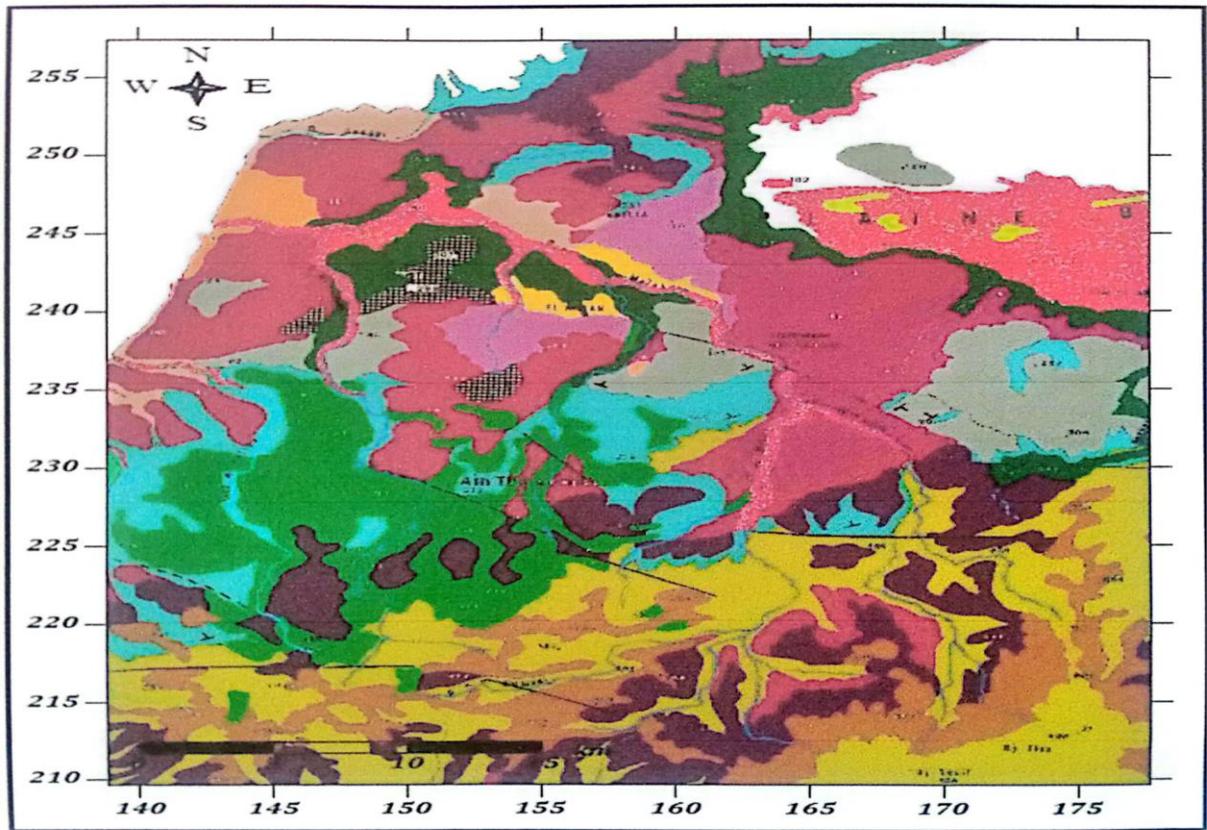


Figure.19 : Carte géologique de la région d'Ain Temouchent (G. Thomas,1985)

EP(m)	log	Unité lithologique	Age	
54m		Basalte	Quaternaire	Quaternaire
90m		Alluvion	Quaternaire	
20m		Dune littorale		
20m		Grès	pliocène inférieur	Cenozoïque (terrestre)
40m		calcaire a algue et polypiers	Messinien	
20m		Marnes marines et Alluvions	Miocène supérieur	
20m		Argile et grès à oeutréas		Eocène
70m		Grès graveleux et Argile d'Ain El Kihal	Eocène supérieur	
40m		grès et marnes de sebaa chioukhe	Eocène inférieur	Jurassique
20m		série carbonatée	lias	
20m		Diapir	Trias	Paléozoïque
40m		schistes et quartzite	Primaire	

Figure.20 : Log litho stratigraphique de la région d'Ain-Temouchent.

4. Hydrogéologie de Ain-Temouchent :

La région de Ain-Temouchent est connue par la présence des roches volcanique, d'après les études géologiques a permis d'individualiser les formations perméables suivantes :

4.1 Aquifère des basaltes du Plio-Quaternaire :

Les basaltes requièrent une grande importance sur le plan des ressources en eau principalement en raison de leur extension dans la région. Le substratum de cette formation varie suivant la localisation : ce serait parfois les formations sableuses du Pliocène et parfois les calcaires et les marnes du Miocène. On distingue trois niveaux de bas en haut :

- Tufs basaltiques : formation légère et tendre, formée de matériaux grossiers apparaissent à la base et certains plus fins au sommet tels que les cinérites. Ces tufs d'origine phréatomagmatique présentent une perméabilité d'interstices.
- Scories : composées d'éléments cimentés, de tailles variables (épaisseur de 5 à 10 m), caractérisées par une perméabilité d'interstices.
- Coulées : occupent de vastes étendues et se disposent en dalles massives.

Comportant un réseau de fissures très dense et d'orientations différentes. Ces coulées ont donc une perméabilité de fissures qui sont à l'origine de plusieurs émergences le long des Oueds (Sennâne, Souf et Tell). Il existe quelques sources de faible débit dans les basaltes, ainsi que certains forages ont été implantés à ce niveau au Sud de la ville d'Ain Témouchent.

4.1 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur :

L'ensemble sommital carbonaté du Miocène supérieur comprend des calcaires friables, crayeux à algues, polypiers, échinides etc., parfois gypseux, d'une couleur blanchâtre, affleure dans la région d'Ain Témouchent entre Sidi Safi et Terga. Ces calcaires sont fortement fissurés et karstifiés, donnant une perméabilité élevée avec un pendage orienté vers le Nord- Est, ainsi qu'ils sont recouverts vers le Sud d'Ain Témouchent et Sidi Ben Adda par les épanchements volcaniques du massif d'Ain Témouchent qui les alimentent. En effet, l'alimentation s'effectue soit par les calcaires karstiques à perméabilité de chenaux soit par les terrains volcaniques moins transmissifs.

4.2 Aquifère des calcaires et grès de l'Oligo-Miocène :

Il s'agit d'alternance de marnes, de calcaire gréseux et grès à ciment calcaire qui affleurent au niveau d'Aghlal et Oued Berkeche. Cet aquifère ne présente que des nappes perchées et superposées d'extension réduite, donnant naissance à des sources de déversement de faibles débits (H.P.O d'Oran).

D'autre part, la perméabilité des terrains est souvent faible, les débits des exutoires sont peu importants (en général inférieurs à quelques litres par seconde) sauf dans le cas d'une disposition favorable (structurale) comme celui d'Ain El Had au Nord- Est d'Aoubellil (sud-est d'Aghlal) qui présente un débit élevé : environ 35 L/s (H.P.O d'Oran). La cartographie piézométrique d'un aquifère est très importante à la compréhension des écoulements souterrains, mais dans un aquifère basaltique où la porosité de fissures règne, il faut s'assurer que les fissures sont similaires à des alluvions avant d'interpoler le niveau piézométrique (Jalludin, 2012). Les études antérieures (ANRH 2008), montrent que l'écoulement se fait du sud vers le nord (suivant le pendage des coulées basaltiques (Tabeliouna,1997). L'alimentation est faite donc principalement par les calcaires du Miocène qui affleurent au sud.

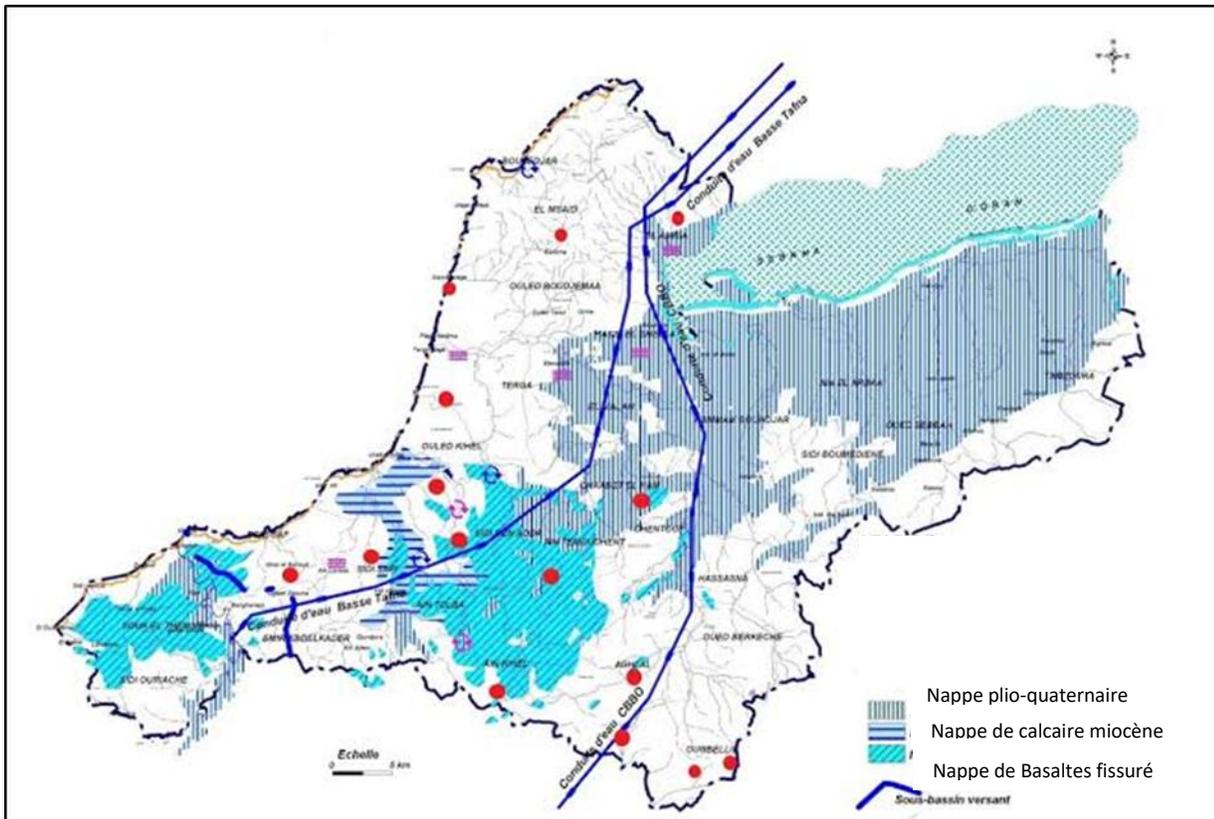


Figure.21: Carte sur les nappes de Ain Temouchent.

II. Le cadre géologique d’Oran :

1. Litho stratigraphie de la région étudiée :

Les principales unités lithostatigraphiques, synthétisées par M.I. Hassani 1987, s’étagent selon la succession suivante :

1.1 Les formations ante-nappes:

➤ Trias :

Il formé essentiellement des masses de gypse auxquelles sont associées des argiles versicolores et des éléments remaniés de l’autochtone en blocs allogènes. Ces formations affleurent selon une structure diapirique. Elles percent à travers les diverses formations géologiques et n’occupent ainsi jamais une position stratigraphique normale. Au diapir d’Arbal, les formations évaporitiques présentent un aspect intrusif manifeste. En dehors du diapir d’Arbal, ce complexe chaotique se trouve fréquemment en position insolite sous forme de lames tectoniques ou injectées dans les fractions liées aux unités sénoniennes.

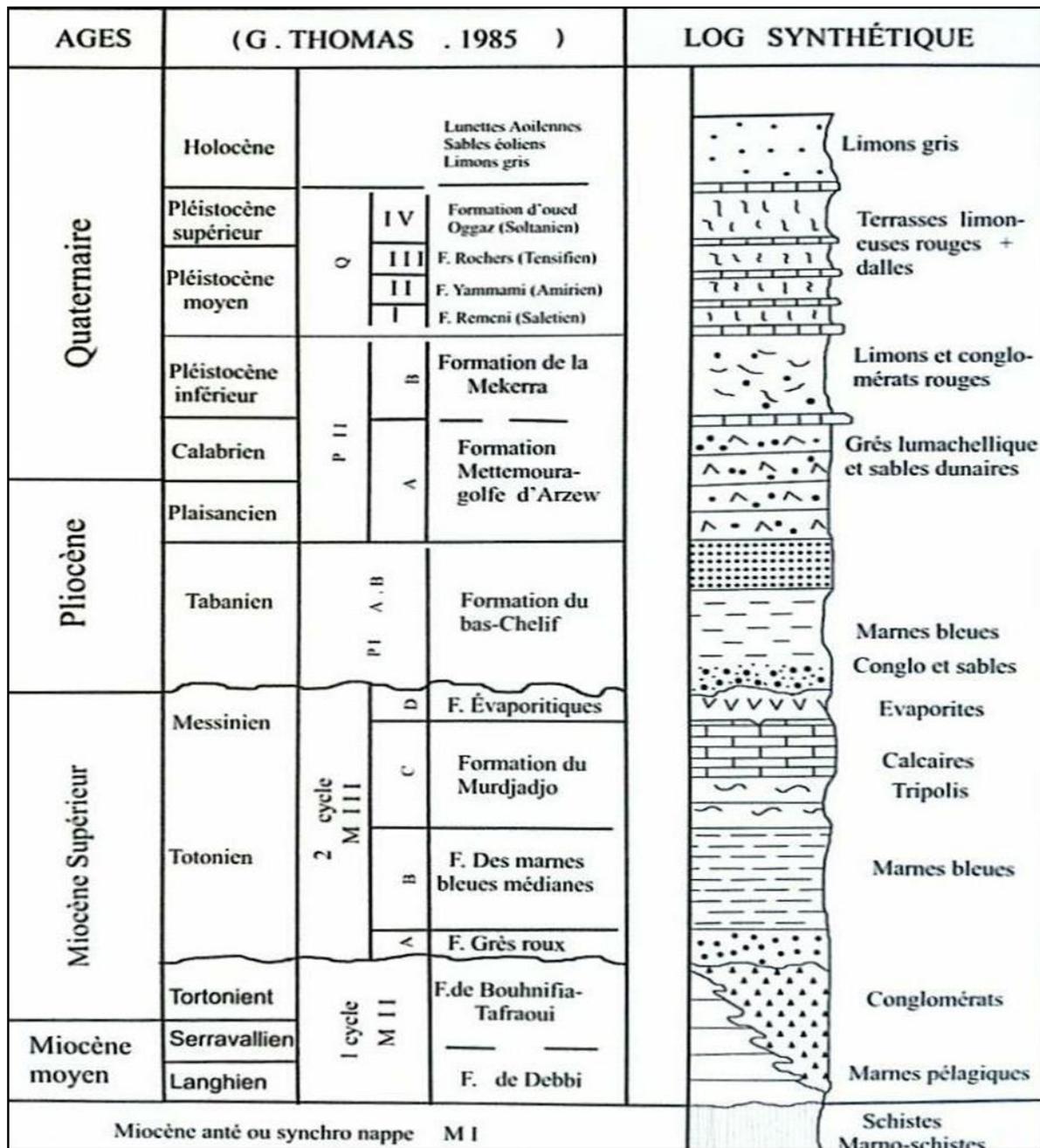


Figure.22: Log géologique synthétique de région d'Oran (Hassani M.I, 1987, extrait)

➤ **Jurassique :**

Les dépôts jurassiques se notent en lambeaux et sur le pic du sommet de Tafraoui. Ils sont représentés par des calcaires liasiques en dalles, ocreux et marmoréens par place. L'épaisseur des dépôts jurassiques atteint 400 m environ.

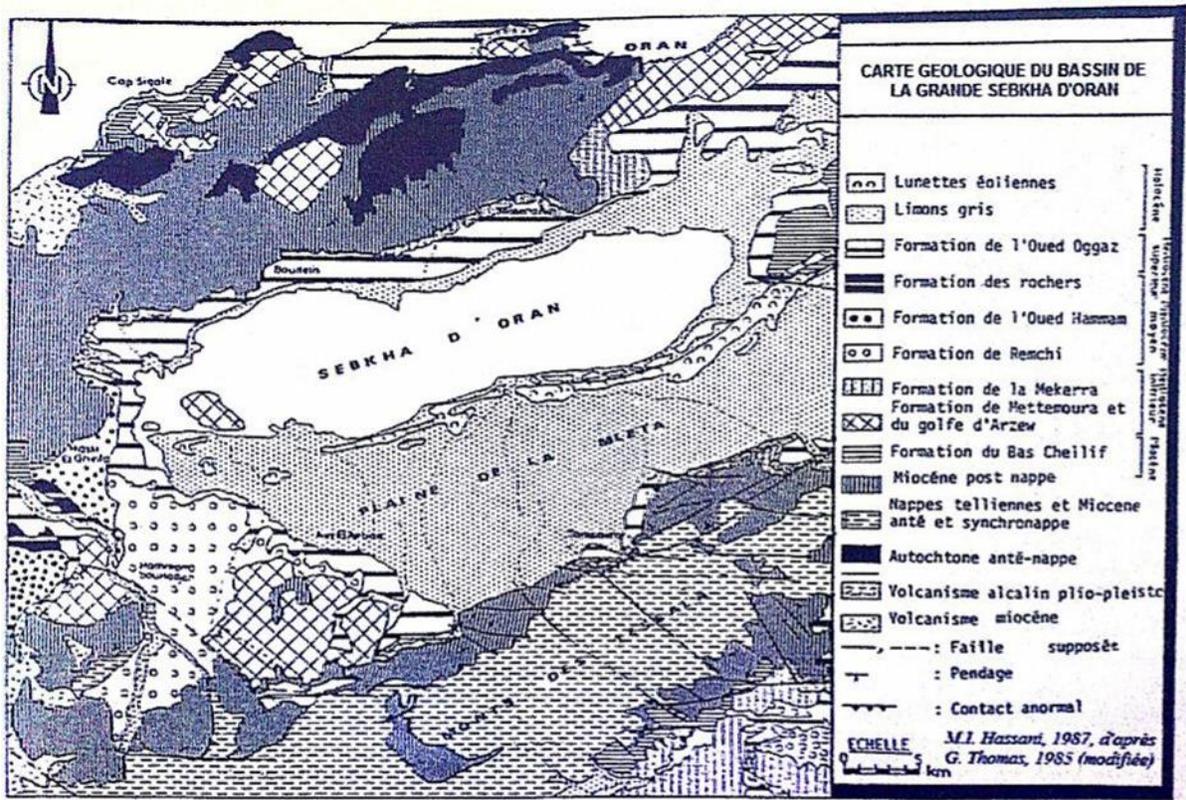


Figure.23 : Carte géologique du bassin versant de la grande Sebkhah d'Oran (M.I. Hassani, 1987).

➤ **Crétacé:**

Les dépôts crétacés prennent une grande extension dans les Monts Tessala (800 à 850 m) où ils forment le substratum sur lequel viendront se déposer plus tard les formations autochtones miocènes. Ils sont représentés par des formations marno- schisteuses allant du Néocomien au Sénonien.

Pendant que les unités telliennes achèvent de se mettre en place dans le bassin synchro- nappe Sud-tellien (Tessala), la sédimentation marine se poursuit encore un certain temps avec dépôt de Miocène synchronappes.

Ce cycle est étroitement lié aux phases ultimes et paroxysmales de l'orogénèse alpine. Ce cycle est suivi par un nouveau grand cycle sédimentaire marqué par une nouvelle transgression succédant à la régression générale de la fin du Miocène inférieur, c'est le Miocène post-nappe.

➤ **Miocène post-nappe:**

La transgression envahit les Monts Tessala où se développent des dépôts littoraux aux faciès entièrement variés et d'épaisseurs souvent réduites.

Dans les Monts de Tessala, le deuxième cycle ou Messénien est précédé d'une phase d'érosion active accompagnée d'accumulations de séries continentales rouges (formations de Tafraoui).

➤ **Cycle post-nappe :**

Dans le versant nord des Monts Tessala affleurent jusqu'à 250 m de dépôts continentaux rouges constitués d'alternances de conglomérats à fragments de schistes et grès oligocènes et crétacés et de marnes rouges entrecoupées parfois de diaclases injectées de gypse.

➤ **Cycle post-nappe:**

Les niveaux détritiques de base :

Dans les Monts Tessala, les niveaux détritiques de base sont lenticulaires et moins épais. Ils sont discordants sur les couches rouges ou sur le substratum (allochtone) mais, en maints endroits, ce sont les marnes bleues qui reposent sur ces dernières formations (Figure.).

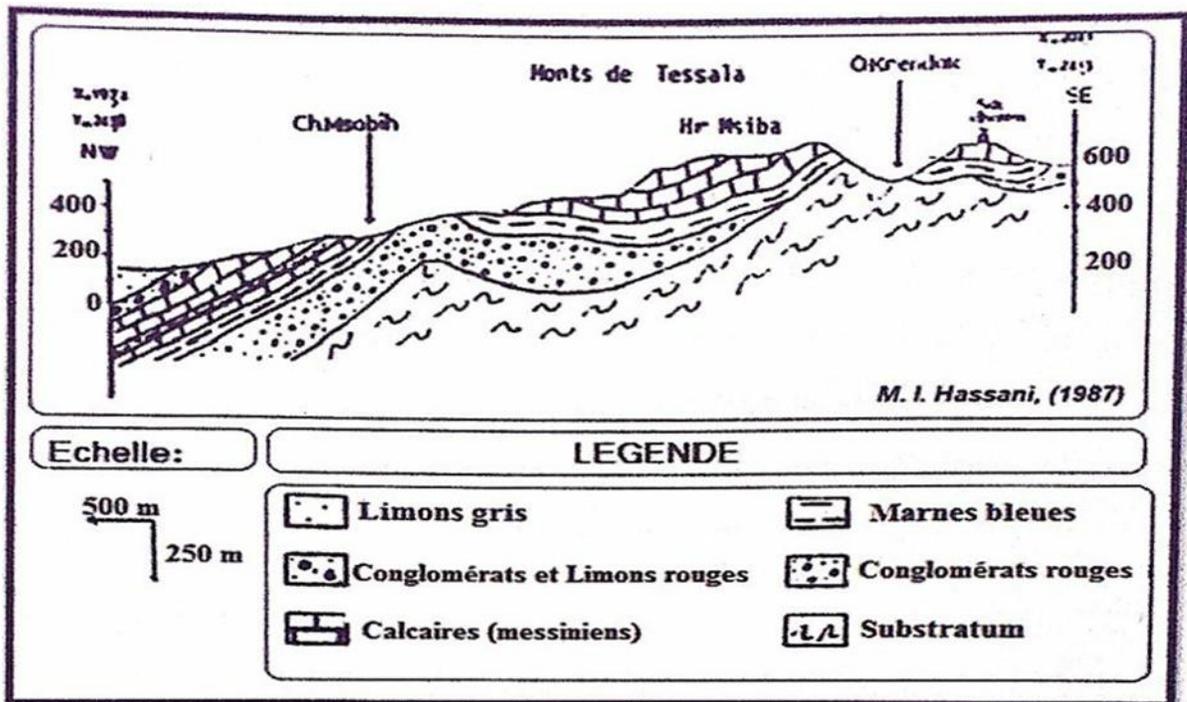


Figure.24 : Coupe géologique de secteur Arbal-Tamzourah (M.I. Hassani, 1987).

Entre Tamzourah et la plaine de Tameia, ce faciès est très réduit. Il y a passage progressif entre les couches continentales et les marnes bleues.

Dans le Djebel Tessala (S.S), vers Sidi Mohamed El Kadi, les niveaux de base de la transgression sont constitués de calcaire peu épais à algues à Clypéastres (B. Fenet. 1975).

1.2 Les formations médianes:

➤ **Marnes bleues:**

Dans les Monts Tessala, les marnes bleues sont diminuées sensiblement d'épaisseur. Dans le versant nord des Tessala les différentes coupes que l'on peut observer, montrent envahissement puis remplacement total par des dépôts calco-sableux en allant de l'Est vers l'Ouest.

1.3 Les formations terminales:

Dans les Monts Tessala, il y a un passage latéral à des formations de bordure: c'est le faciès des calcaires à algues:

➤ **Tripolis et gypses:**

Dans les Monts Tessala, les tripolis sont peu représentés. Entre Aghlal et Tamzourah quelques lits de tripolis entrecoupés de marnes blanches demeurent intercalés dans les calcaires massifs récifaux. Au-delà de cette zone, vers l'Ouest, les marnes à tripolis sont complètement relayées par les calcaires récifaux.

Dans les Tessala, des récifs reposent sur des hauts fonds parfois directement sur le substratum allochtone, ils se forment de calcaires bio-détritiques associés à des calcaires lithothamniées.

Entre Tafraoui et Tamzourah, ils sont précédés par un épisode gréseux représenté par des banes de grès calcaireux jaunes abondants en clypéastres, puis par des grès marneux et des marnes jaunes à silex. Ces faciès ont été datés du Tortonien par Doumergue. A Tamzourah, les calcaires à algues sont directement en contact du substratum allochtone, alors qu'à l'Est à l'Ouest se développent des faciès marneux intermédiaire.

➤ **Les calcaires récifaux:**

Sur les zones surélevées des récifs reposent sur des hauts fonds parfois directement sur le substratum allochtone. Ils sont formés de calcaires bio-détritiques associés à des calcaires à lithothamniées.

Plus à l'Ouest, les faciès deviennent moins profonds et plus détritiques. Les niveaux calcaires passent à des formations gréso-calcaires et gréseuses.

L'âge des formations récifales est démontré par la découverte de *Globorotalia mediterranea*, foraminifères planctoniques, marqueur bio-stratigraphique du Messinien (G. Bizon et al, 1975).

➤ **Le Pliocène moyen:**

Le long de la chaîne des Tessala affleurent des bancs épais de conglomérats, de graviers à ciment argilo-sableux rouges et des marnes rouges (ex Villafranchien).

Ils sont discordants sur les calcaires miocènes qu'ils remanient. Leur pendage est raide (60 à 70°) vers le Nord et le N. W., parfois à la verticale. Ils s'ennoient sous les alluvions récentes de la sebkha. Cette formation est clôturée systématiquement par une croûte calcaire.

➤ **L'Holocène:**

Dans la plaine de Mleta, cinq grands cônes de déjection à éléments grossiers y sont rattachés: Oued El Haïmour, Sebbah, Rassoul, Tamzourah, Tafraoui.

1.4 Aspects structural et paléogéographique:

La structure géologique régionale présente deux étages structuraux à savoir: l'étage anténéogène et l'étage Néogène-Quaternaire.

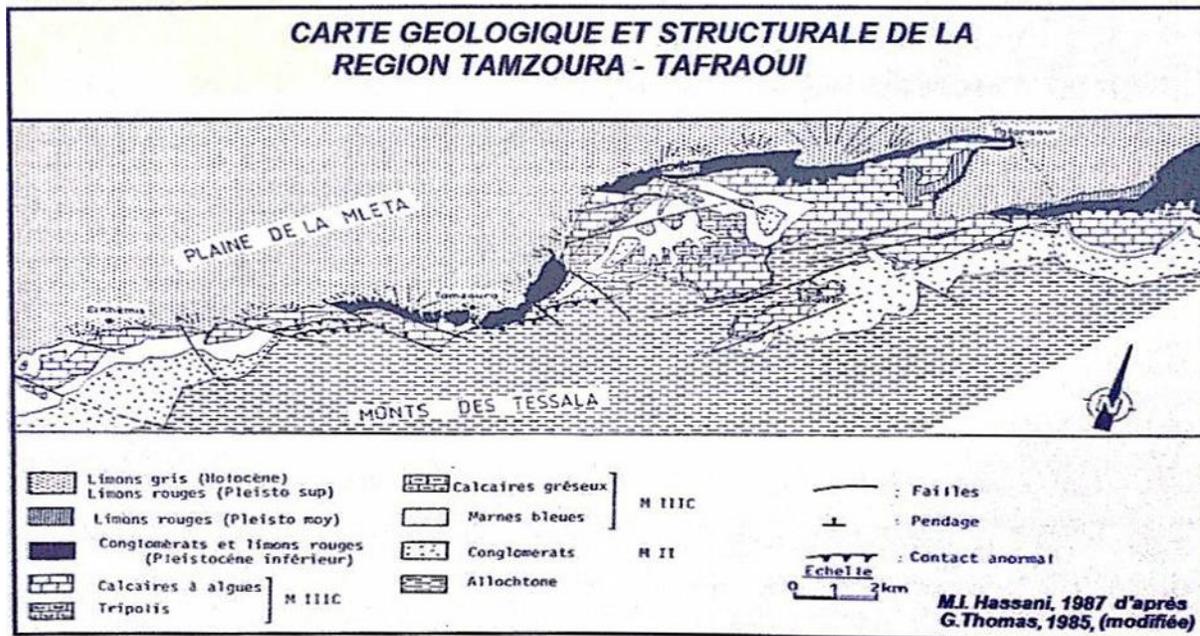


Figure.25: Carte géologique et structurale de la région entre Tamzourah et Tafraoui.

L'étage anténéogène est constitué par les dépôts du Trias, du Jurassique et du Crétacé. Structuralement, cet étage est caractérisé par un plissement typiquement tellien

Complicé par les accidents cassants et le diapirisme. La série est surmontée en discordance angulaire par l'étage structural suivant.

Le Néogène du bassin de plaine de la Mleta et des Monts Tessala est marqué par un important cycle sédimentaire qui s'installe pendant le développement de mouvements épirogéniques qui découpent la région en zones ascendantes et descendantes.

Le relief actuel est dû principalement à l'activité épirogénique du post-Miocène à l'anti-Calabrien, d'où les structures plissées à pentes douces résultant de déformations plastiques des formations du Néogène.

Les Monts Tessala subissent un mouvement ascensionnel tandis que la plaine de la Mleta subit un affaissement marqué par une flexure de direction sub-latitudinale (E.W d'Aghlal à Tafraoui) redressant ainsi les conglomérats du Pliocène continental. Ces mouvements ont continué à jouer au Quaternaire récent (B. Fenet, 1975).

2 Hydrogéologie :

2.2 Caractéristiques hydrogéologiques de la région :

La lithologie et la structure des différentes formations géologiques du secteur d'étude (figure n°26) permettent d'avoir une première appréciation de leur comportement hydrogéologique et de leur possibilité de drainage par source (M.L. Hassani, 1987).

➤ Trias:

Malgré la faible extension des pointements évaporitiques dans les Monts de Tessala, ils jouent un rôle hydrogéologique important du fait de leur contribution à la salure de la région. Dans la partie orientale des Monts de Tessala, plusieurs sources sortent au contact des pointements évaporitiques. Au nord du secteur d'étude, à proximité du diapir d'Arbal. Affleure la plus remarquable, c'est la source de Kraourir.

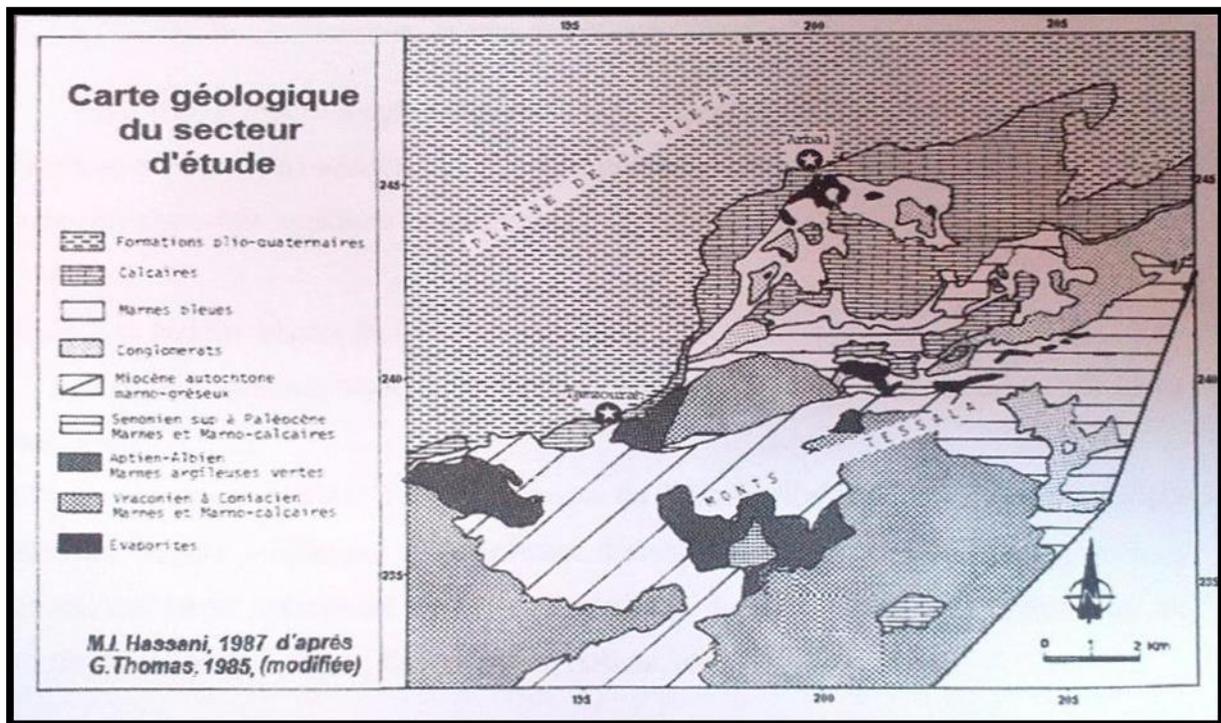


Figure.26 : carte des principales formations géologiques du secteur d'étude (M.I. Hassani, 1987).

➤ Jurassique :

Dans les Monts Tessala, les calcaires massifs liasiques du pic de Taфраoui chevauchent des formations marno-schisteuses du crétacé (unité allochtone). Malgré l'exiguïté de cet impluvium perché. Le reste des formations jurassiques sont surtout marneuses, à faible perméabilité.

➤ Crétacé:

Dans la partie orientale des Monts Tessala, les unités tectoniques sont formées essentiellement de marno-schistes du Crétacé. L'écoulement souterrain est négligeable. Toutefois des lentilles ou bancs plus ou moins durs (calcaires, grés, etc.) peuvent s'intercaler parfois au sein de ces marno-schistes. Ces bancs peuvent parfois favoriser l'émergence de petites sources de faible débit (< 1 l/s). D'autres sources (sources de déversement) émergent au contact de deux unités tectoniques à la faveur de la différence des perméabilités respectives.

➤ **Les dépôts continentaux rouges des monts Tessala :**

Les argiles rouges conglomératiques du premier cycle Miocène post-nappe (MIII) constituent de mauvais aquifères du fait de la présence d'argilites et de marnes rouges. Ces formations peuvent constituer le super stratum imperméable de portions de nappes captives en plaine.

➤ **Les marnes bleues du Miocène supérieur :**

Elles sont pratiquement imperméables. Dans le secteur d'étude, elles affleurent largement.

Dans la zone entre Arbal et Tafraoui et au pic du Tessala, elles isolent parfois en parallèle avec les marnes schisteuses des lambeaux discordants de calcaires et calcaire gréseux messéniens où se constituent des nappes perchées.

➤ **Les calcaires marneux à tripoli:**

Dans les Monts Tessala, les affleurements de cette formation ne sont pas importants et son potentiel hydrogéologique reste peu important.

➤ **Les calcaires récifaux:**

Dans la région, ils constituent de bons niveaux aquifères. Ils affleurent aux Monts Tessala et plongent vers le Nord et Nord-Ouest sous la plaine de la Mleta. Là, ils passent sous les alluvions plio-quadernaires moins perméables.

Ces calcaires ont une bonne perméabilité de fissure. Une bonne partie des eaux de précipitations et de ruissellement s'y infiltre. Les eaux sont arrêtées vers le bas soit par les intercalations des niveaux marneux à Tripoli soit par les marnes bleues, argilites rouges ou marno-schistes des unités tectoniques.

Vers le haut, la nappe est libre au niveau des affleurements; par contre, elle devient captive en plaine du fait des dépôts post-miocènes sus-jacents (les alluvions plio-quadernaires).

En bordure sud de la plaine, l'excédent en eau de cette nappe est drainé par une série de sources de trop plein émergentes au contact du toit des calcaires-mur des formations Plio-quadernaires imperméables.

Dans les Monts Tessala (S.S.), une partie des calcaires, affleurant à faciès gréseux, recouvrent en lambeaux discordants les marno-schistes des unités tectoniques, les marnes bleues et les argiles rouges miocènes. Ces lambeaux sont d'extension limitée et leur épaisseur est variable. Les couches sont subhorizontales. Ces lambeaux renferment des nappes perchées. Ils sont alimentés par les précipitations

sur leurs propres affleurements. La vidange se faisant uniquement par sources d'affleurement. (M.I. Hassani, 1987).

➤ **Pliocènes inférieurs:**

Dans le bassin de la Grande Sebkha, le Pliocène inférieur affleure à la limite orientale Cette formation n'affleure pas au sud de la plaine de la Mleta.

➤ **Pléistocène inférieur:**

Dans la plaine de la Mleta, les formations du Pléistocène inférieur sont essentiellement continentales les Prédominance d'argiles rouges et constituent un mauvais aquifère. Toutefois en bordure du bassin, l'affleurement, au milieu des argilites s'intercalent parfois des niveaux conglomératiques épais (ravin de Bou Setter). Ces conglomérats passent en profondeur e sont d'assez bons aquifères bien que d'extension réduite vers le Nord.

➤ **Pleisto-Holocène:**

Dans la plaine de la Mleta, l'aquifère alluvial est constitué de deux niveaux. Le premier formé d'alluvions récentes de couleur grise et de composition argilo-limoneuses souvent salées et gypseuses (Holocène). Le deuxième niveau plus ancien est formé de limons caillouteux mais de couleur rougeâtre qui affleurent aux alentours de Tamzourah. Cet aquifère n'est pas drainé par source (M.I. Hassani, 1987).

Conclusion :

Les géologies d'Aïn Témouchent et d'Oran présentent des similitudes et des différences significatives. Oran est caractérisée par ses formations géologiques principalement composées de calcaires et de grès, témoins d'une histoire géologique ancienne. En revanche, Ain Témouchent est située sur une zone géologiquement plus complexe, avec la présence de roches métamorphiques, volcaniques et sédimentaires, reflétant une histoire tectonique plus mouvementée. Les deux régions sont également influencées par des phénomènes géologiques tels que les failles et les plis, mais avec des manifestations spécifiques à chaque zone en raison de leurs contextes géologiques uniques.

La comparaison hydrogéologie montre que le forage de Ain Temouchent c'est un système multicouche et le forage d'Oran système bicouche .

CHAPITRE III:

Forages d'eau: Techniques et application

Introduction :

Les forages d'eau sont une pratique cruciale pour l'approvisionnement en eau potable dans de nombreuses régions du monde. Ces opérations consistent à creuser profondément dans le sol pour atteindre les nappes phréatiques ou les aquifères, où l'eau souterraine est stockée. L'eau ainsi extraite peut être utilisée pour la consommation humaine, l'agriculture, l'industrie ou d'autres besoins. Les forages d'eau nécessitent une expertise technique et une planification minutieuse pour garantir un approvisionnement en eau fiable et durable. Ils sont souvent réalisés en réponse à une demande croissante en eau ou à une insuffisance des ressources en eau superficielle. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les considérations environnementales, telles que l'impact sur les écosystèmes locaux et la préservation des ressources en eau, lors de la réalisation de forages d'eau.

L'histoire des forages d'eau remonte à des millénaires. Au fil du temps, les techniques de forage ont évolué. Au Moyen Âge, les puits étaient souvent creusés à l'aide de techniques de percement manuel, mais certaines régions ont également développé des techniques plus avancées, telles que l'utilisation de foreuses à câble. Les progrès technologiques ont permis le développement de foreuses mécaniques, accélérant le processus de forage et permettant d'atteindre des profondeurs plus importantes. Cela a grandement amélioré l'accessibilité à l'eau potable dans de nombreuses régions du monde. Au cours du XXe siècle, les forages d'eau sont devenus de plus en plus courants, alimentant l'expansion urbaine et industrielle à travers le monde. Les progrès continus dans les techniques de forage, tels que l'utilisation de foreuses rotatives et de méthodes de forage directionnel, ont rendu l'eau souterraine plus accessible que jamais. Aujourd'hui, les forages d'eau restent essentiels pour répondre aux besoins croissants en eau potable dans de nombreuses régions, mais ils posent également des défis en matière de durabilité et de gestion des ressources en eau. La recherche de méthodes de forage plus efficaces et respectueuses de l'environnement continue d'être un domaine d'innovation et de développement.

1. Technique de forage :

Il existe plusieurs méthodes de forage qui peuvent être classées en trois Catégories :

- ❖ Forage par battage.
- ❖ Forage par rotary.
- ❖ Forage par marteau au trou (MFT).

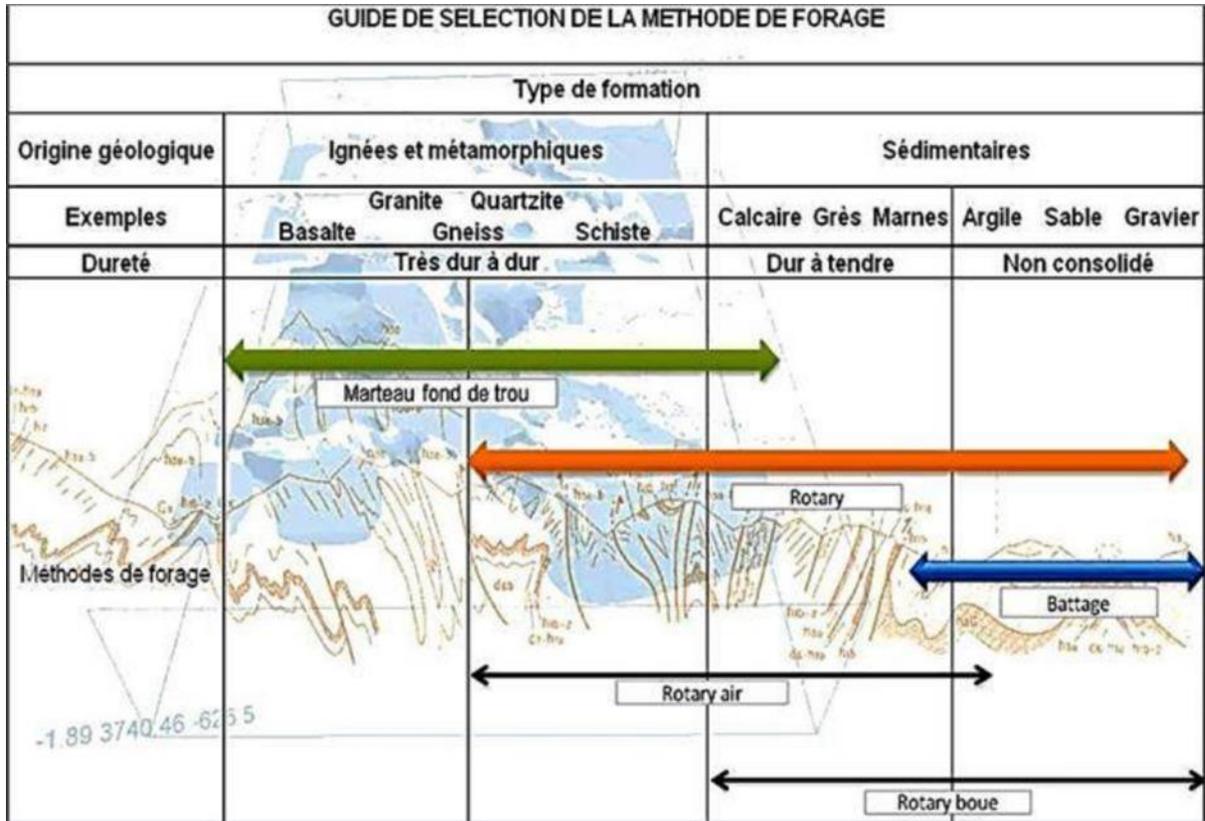


Figure.27 : Guide de la sélection de la méthode de forage.

1.1 Forage par battage :

Le battage consiste à briser la roche en laissant régulièrement tomber un outil (le trépan). Ce procédé ancien est utilisé dans des formations « dures ». Un tubage de travail est utilisé pour protéger les parois du terrain.

1.2 Forage par rotary :

Utilise un outil (trépan) monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres), animé d'un mouvement de rotation de vitesse variable et d'un mouvement de translation verticale sous l'effet d'une partie du poids de la ligne de sonde ou d'une pression hydraulique. Le mouvement de rotation est imprimé au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits. Les tiges sont creuses et permettent l'injection de boue au fond du forage. Les outils utilisés en rotation sont

Chapitre III: Forages d'eau: Techniques et application

des trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, tricône...).

Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou.

Le forage rotary nécessite l'emploi d'un fluide de forage préparé sur le chantier. Dans le cas de la circulation directe, le fluide est injecté en continu sous pression dans les tiges creuses de la ligne de sonde, il sort par les événements de l'outils et remonte à la surface dans l'espace annulaire (entre les tiges et les parois du trou).

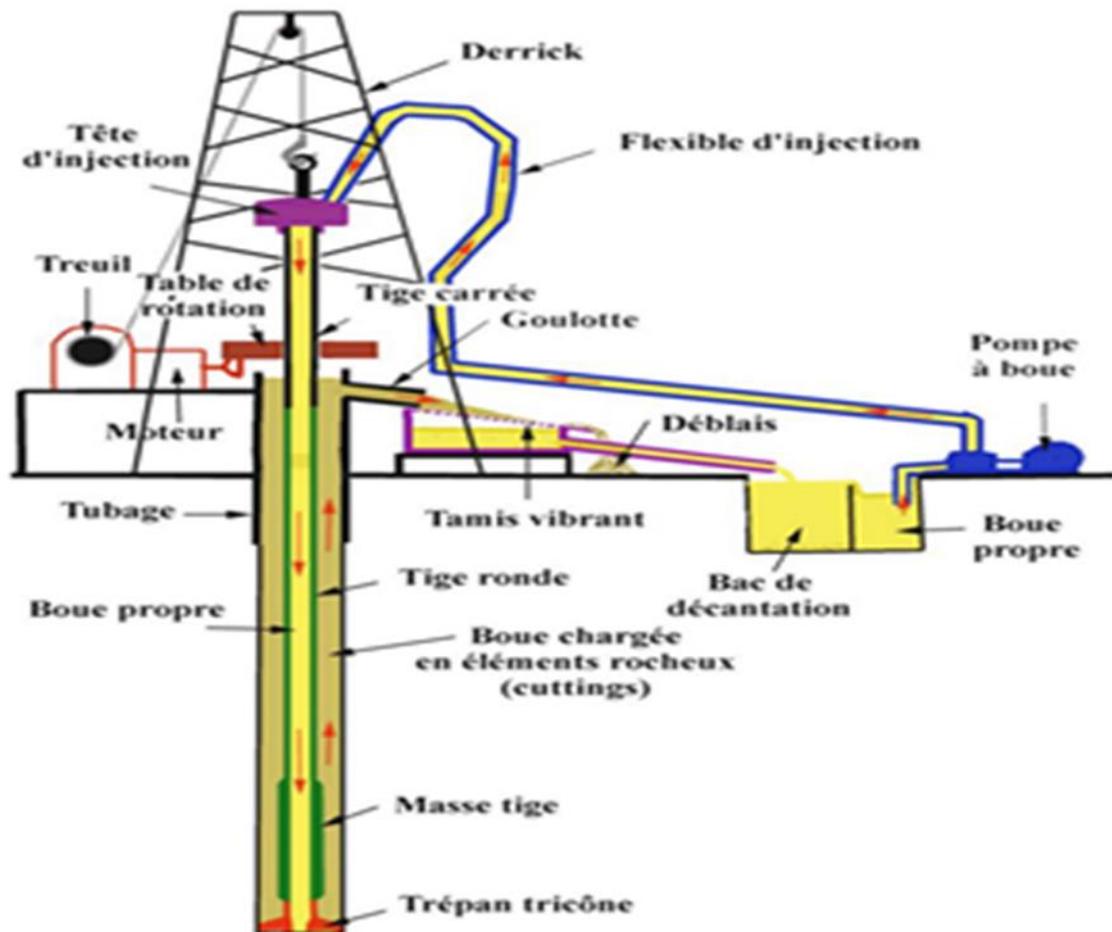


Figure.28 : disposition schématique d'un atelier de forage rotary.

1.3 Forage par marteau fond de trou (MFT) :

La technique de la forage marteau fond de trou est adaptée à des terrains durs ou à des formations rocheuses. C'est une technique qui est rapide (une dizaine de mètres par heures). Son principe est résumé par le schéma ci-dessous.

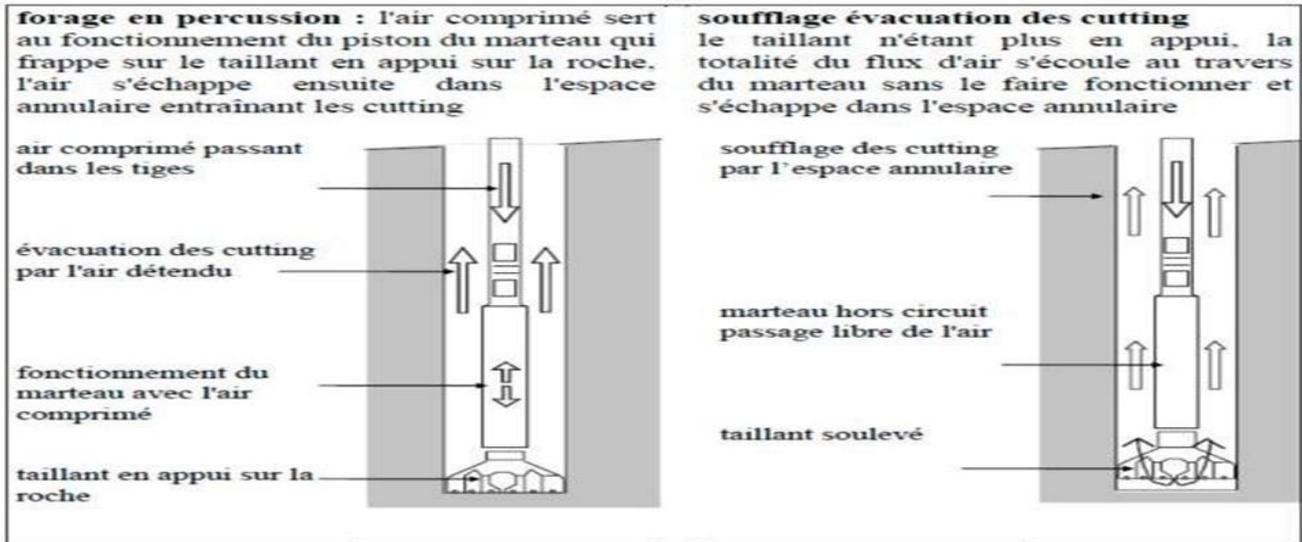


Figure.29 : Principe du forage marteau de trou (Source : ACF, (2004), le forage).

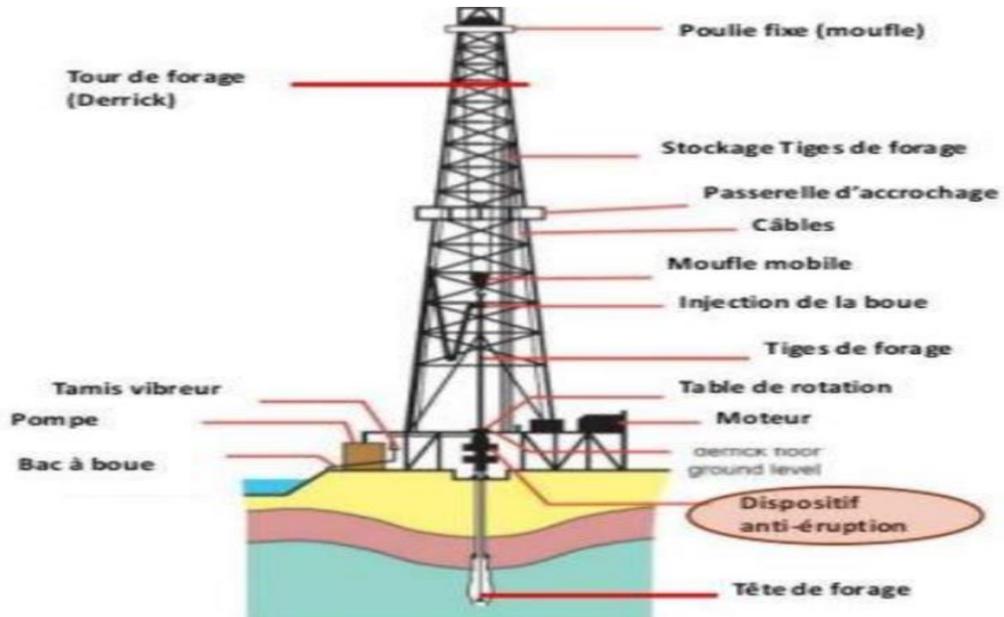


Figure.30 : Schéma explicatif du forage.

2. Equipment de Forage :

1. Le tubage
2. La crépine
3. Le massif filtrant (gravier additionnel)
4. La cimentation

2.1 Le tubage (casing):

On appelle tubage l'opération qui consiste à descendre dans le puits une colonne de tubes. L'espace annulaire ainsi créé sera rempli de ciment afin de protéger les parois du trou.

➤ **Le tubage a pour objectifs :**

- le maintien des parois pendant le forage du puits
- l'isolement entre les couches poreuses rencontrées.

Le débit d'exploitation espéré et la profondeur finale à atteindre conduisent à déterminer les caractéristiques des outils de forage et le diamètre des tubages à utiliser. D'autre part, en fonction du débit souhaité, le choix de la pompe immergée imposera le diamètre des tubages.

Les caractéristiques des tubages les plus courants sont les suivantes :

- Longueur des éléments : 3 à 6m.
- Epaisseur : 2 à 11mm (acier), 4 à 16 mm (PVC).
- Diamètre : 100 à 2500 mm (acier), 60 à 315 mm (PVC).
- Raccordement : manchon soudé, embouts filetés (acier), filetage (PVC).

<i>Diamètre intérieur minima de tubage (pouce)</i>	<i>Débit maxima prévu (m³/h)</i>
4	3
6	50
8	140
10	250

Figure.31 : Relation diamètre du tube et débit possible.

3. Crépines :

La crépine est constitué l'élément principal de l'équipement d'un ouvrage d'exploitation d'eau. Placée à la suite du tubage plein, face à une partie ou à la totalité de la formation aquifère, les crépines doivent:

- Permettre la production maximale d'eau claire sans sable.
- Résister à la corrosion due à des eaux agressives.
- Résister à la pression d'écrasement exercée par la formation aquifère en cours d'exploitation.
- Avoir une longévité maximale.
- Induire des pertes de charge minimales.

Il existe plusieurs types de crépines industrielles en acier :

- Crépines à trous ronds utilisé en terrains durs, mais de faible densité de perforation ou de vide (10%).
- Crépine à trous oblongs avec des fentes rectangulaires verticales, de largeur au moins égale à l'épaisseur de la tôle, longueur standard 3 cm, mais de faible densité de perforation (10 à 20%).
- Crépine à prussiennes avec des perforations rectangulaires horizontales, formant auvent, de bonne résistance mécanique, mais de faible pourcentage de perforation.
- Crépine à nervures repoussées types très fréquemment utilisé, réalisé à plat puis roulé et soudé, de bonne résistance mécanique du fait du faible enlèvement de métal, de pourcentage de vide variant de 3 à 27% selon les dimensions des ouvertures pratiquées.
- Crépine type Johnson, à ouverture horizontale continue sur toute la longueur de la crépine, obtenue par enroulement en hélice d'un « fil enveloppe profile » soudé sur des génératrices métallique verticales. Les avantages principaux de telle crépine sont :
 - ✓ La régularité et la précision des ouvertures.
 - ✓ Les faibles risques de colmatage.
 - ✓ Le coefficient d'ouverture le plus élevé par rapport aux autres crépines.

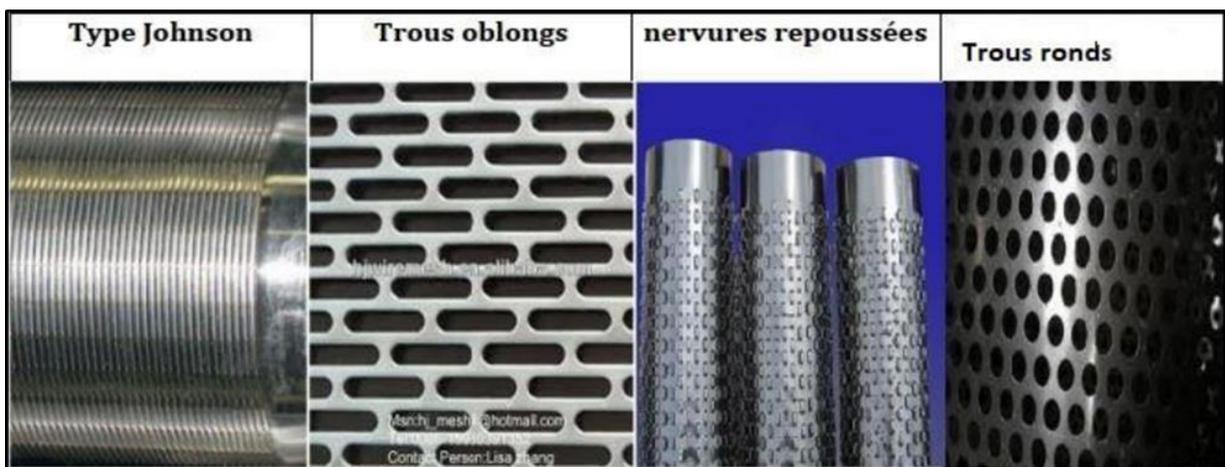


Figure.32: Les types des crépines.

4. Le massif filtrant (gravier additionnel) :

Ce sont des matériaux meubles formés d'éléments calibré (graviers, granulats), disposé dans l'espace annulaire entre la crépine et les parois de puits pour empêcher l'érosion souterraine et prévenir le colmatage et la réduction conséquente de l'efficacité de puits. Par ailleurs, il faut savoir qu'un massif filtrant de granulométrie surdimensionnée dans une formation sableuse fine, peut provoquer un ensablement de l'ouvrage. Par contre, un massif filtrant de granulométrie trop fine peut conduire à une exploitation partielle de la nappe et rendre difficile l'élimination de la boue de forage.



Figure.33 : Emplacement du massif filtrant dans le forage.

Le massif doit être placé de telle sorte que son niveau supérieur soit nettement situé au-dessus du toit de la Couche aquifère la plus haute. Le matériau doit être propre bien lavé rond ou à angles arrondies. Il doit être siliceux et en tout cas non calcaire.

5. Cimentation :

Cette opération consiste à remplir par un mélange à base d'un ciment l'espace annulaire compris entre le tubage et les parois du trou foré. Son but est d'empêcher les éboulements de terrain et de rendre étanche cet espace annulaire et d'empêcher la pollution par des eaux de surface des nappes aquifères mises en production. Si on emploie seulement le ciment et de l'eau le dosage est 40-50 litres d'eau pour 100 kg de ciment ce qui nous donne 75 litres laitiers de ciment d'une densité de $d= 1,9$. Pour faciliter l'adhérence de ciment, il est bon de nettoyer l'espace annulaire en faisant circuler pendant une heure une boue neuve puis juste avant l'opération de cimentation 2m³ d'eau derrière cette boue.

6. Le fluide de forage :

6.1 Définition du fluide de forage

Fluide de forage est un système composé de différents constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, ...). Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole.

L'utilisation des fluides de foration a pour but :

- Remonter les cuttings.
- Maintenir les parois.
- Refroidir les outils.

Les principaux fluides utilisés dans le forage d'eau sont :

❖ Fluides à base d'eau :

- Eau claire.
- Eau avec additifs argileux : Bentonite.
- Eau avec additifs polymériques : Boue Revert.

❖ Fluides à base d'air :

- Air sec.
- Mousse.
- Mousse rigide (renforcée par les polymères ou la bentonite).

6.2 Rôles de la boue de forage:

Les boues de forage doivent avoir les propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes:

- Nettoyage du puits: La boue doit débarrasser le trou des particules de formation forées qui

Se présentent sous forme de débris de roche "cuttings" ou "déblais".

- Maintien des déblais [cuttings] en suspension: La boue doit non seulement débarrasser le

Puits des déblais de forage durant les périodes de circulation, mais elle doit également les

Maintenir en suspension pendant les arrêts de circulation.

-Sédimentation des déblais fins en surface: Alors que la boue doit permettre le maintien en suspension des déblais dans le puits durant les arrêts de circulation, ce même fluide doit laisser sédimenter les déblais fins en surface ; bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires, elles ne sont pas incompatibles.

-Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde: Du fait de son passage en surface, la boue en circulation se trouve à une température inférieure à celle des formations ce qui lui permet de réduire efficacement l'échauffement de la garniture de forage et de l'outil. Cet échauffement est dû à la transformation d'une partie de l'énergie mécanique en énergie calorifique.

- Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits: La boue doit posséder des caractéristiques physiques et chimiques telles que le trou conserve un diamètre voisin du diamètre nominal de l'outil. Le cavage est causé par des éboulements, par la dissolution du sel, par la dispersion des argiles, par une érosion due à la circulation de la boue au droit des formations fragiles.etc.

-Dépôt d'un cake imperméable: La filtration dans les formations perméables d'une partie de la phase liquide de la boue crée un film sur les parois du sondage, ce film est appelé cake. Le dépôt du cake permet de consolider et de réduire la perméabilité des parois du puits.

- Prévention des venues des fluides: Afin d'éviter le débit dans le sondage des fluides contenus dans les réservoirs rencontrés en cours de forage, la boue doit exercer une pression hydrostatique suffisante pour équilibrer les pressions de gisement. La pression hydrostatique souhaitée est maintenue en ajustant la densité entre des valeurs maximum et minimum.

- Augmentation de la vitesse d'avancement: Au même titre que le poids sur l'outil, la vitesse de rotation et le débit du fluide, le choix du type et les caractéristiques de la boue conditionnent les vitesses d'avancement instantanées, la durée de vie des outils, le temps de manœuvre, en un mot, les performances du forage. Un filtrat élevé augmente la vitesse d'avancement. Les très faibles viscosités sont aussi un facteur favorable à la pénétration des outils.

- Entraînement de l'outil: Dans le cas du turboforage la boue entraîne la turbine en rotation. Cette fonction, l'amenant à passer à travers une série d'événements et à mettre en mouvement les aubages.

Implique certaines caractéristiques et rend impossible ou très délicat l'utilisation De certains produits (comatants).

- Diminution du poids apparent du matériel de sondage: Bien que ce soit beaucoup plus une conséquence qu'une fonction, la présence d'un fluide d'une certaine densité dans le puits permet de diminuer le poids apparent du matériel de sondage, garniture de forage et tubages ceci permet de réduire la puissance exigée au levage.

-Apport de renseignements sur le sondage: la boue permet :

- Les cuttings remontés par la circulation de boue.
- L'évolution des caractéristiques physiques et/ou chimiques de la boue.
- La détection des gaz ou autres fluides mélangés à la boue.

1. Application :

1.1 Forage Sidi- Aissa :

Le forage de Sidi- Aissa à la commune d'Oulhaça El Gheraba est côtier de la Méditerranée, et situé à l'ouest de la wilaya d'Aïn Témouchent, de profondeur 1061 m captée les formations de différents types de basalte avec quelque passage mélangé d'argile et de calcaire.

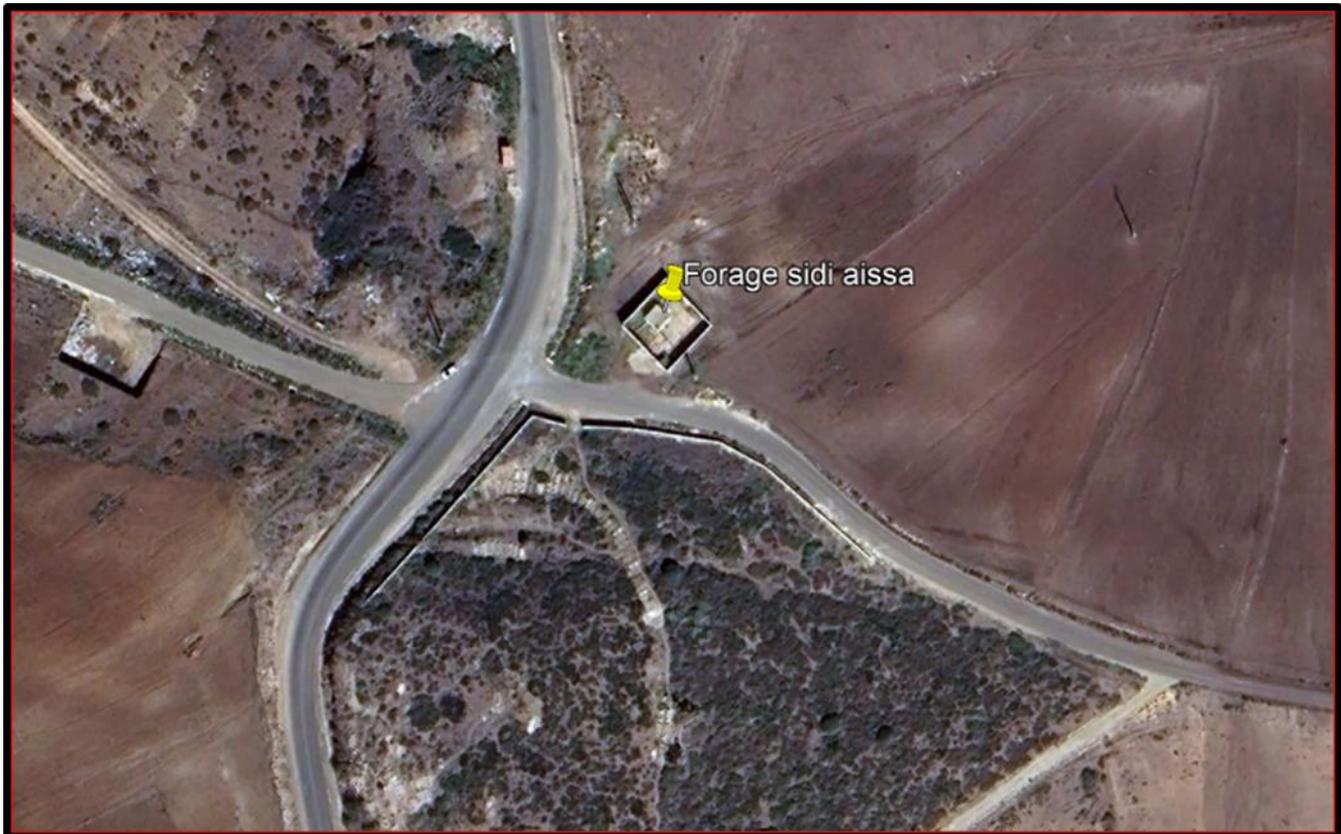


Figure34.: position de Forage sidi Aissa.

1.2 Forage de Graidia :

Le forage de Graidia est situé à 02 km à l'ouest de la commune de Tafraoui sur la route communale N° 35 menant de Tafraoui vers le chemin communal N° 18 (vers Arbal) de profondeur 180 m, toute la zone constitue une partie de la limite sud de la plaine de la M'léta.

Le point d'impact avait été matérialisé aux coordonnées Lambert suivantes :

X = 206.600

Z = 185 m

Y = 247.600



Figure.35: position de Forage de Graidia.

Forage de Sidi Aissa réalisé par l'entreprise SARL-YUFEI par le DRE (wilaya Ain Témouchent) de profondeur 1061 m et Forage de Graidia par ANRH (willaya d'Oran) de profondeur 180 m les deux forages appliquée la méthode de foration rotary. Les techniques de forage rotary à aire ou boue fonctionnent comme le décrit le schéma ci-dessous. Elles sont adaptées au forage dans des terrains sédimentaires uniquement, éventuellement des terrains sédimentaires durs si la machine utilisée est puissante. Il faut cependant noter que si l'on utilise une technique rotary à air, ce n'est plus de la boue qui est injectée dans les tubes de forage, mais de l'air, Il faut également savoir qu'il n'y aura pas formation de cake.

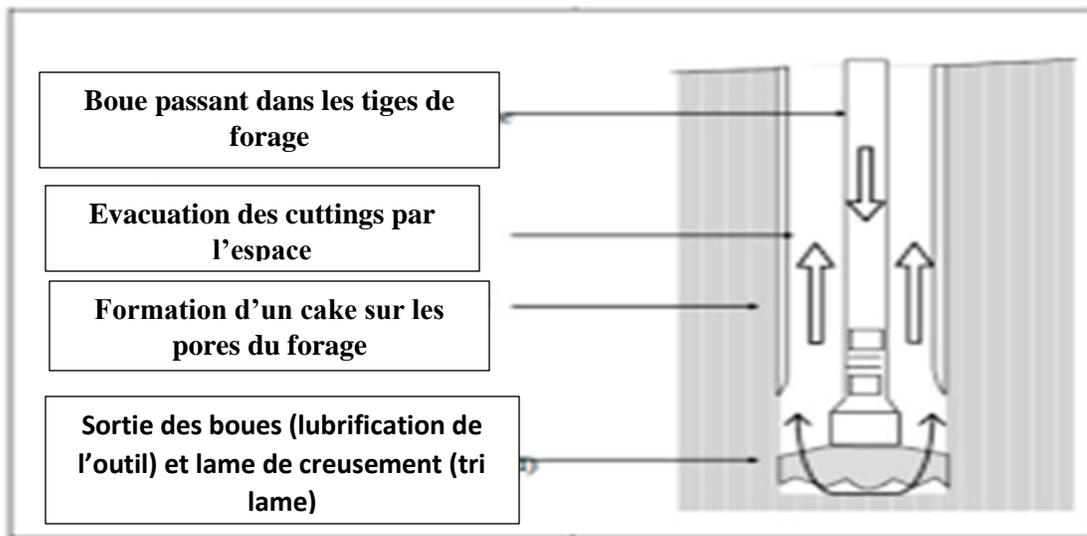


Figure.36 : Principe de la technique de forage rotatif (Source : ACF, (2004), le forage.

Les deux forages sont utilisés le fluide de bentonite :

2. La bentonite :

C'est une roche argileuse de densité 2.6, dont la consistance est voisine de la kaolinite. La bentonite doit son nom à Fort Benton localité aux USA où elle fut découverte. Très fine (< au micron) elle s'hydrate en présence d'un certain volume d'eau en formant un produit visqueux ou des masses gélatineuses connues sous le nom de gel. Les changements de volume résultant de cette hydratation sont considérables (15 à 25 fois plus grand).

- Un seul gramme de bentonite dispersé dans l'eau offre une surface de contact de l'ordre de 4 à 5 mètre carré.

2.1 Préparation de la bentonite :

Le dosage varie en 3 et 8% de bentonite soit 30 à 80 kg de produit par mètre cube d'eau. La densité initiale moyenne est de l'ordre de 1.1.



Figure.37 : Préparation de la bentonite.

Chapitre IV :
Étude de cas forages de Ain
Temouchent (Sidi –Aissa) et
forages Oran (Graidia-
Tafraoui).

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

1 Forage de Ain Temouchent :

Forage de Sidi Aissa (Oualhaça) de coordonnées lamber (x= 117.550 y = 225.300), situé à côté de la mer dans la région dite Zouanif réalisé de profondeur 1061 m pour alimenter un réservoir de capacité 1000 m³.

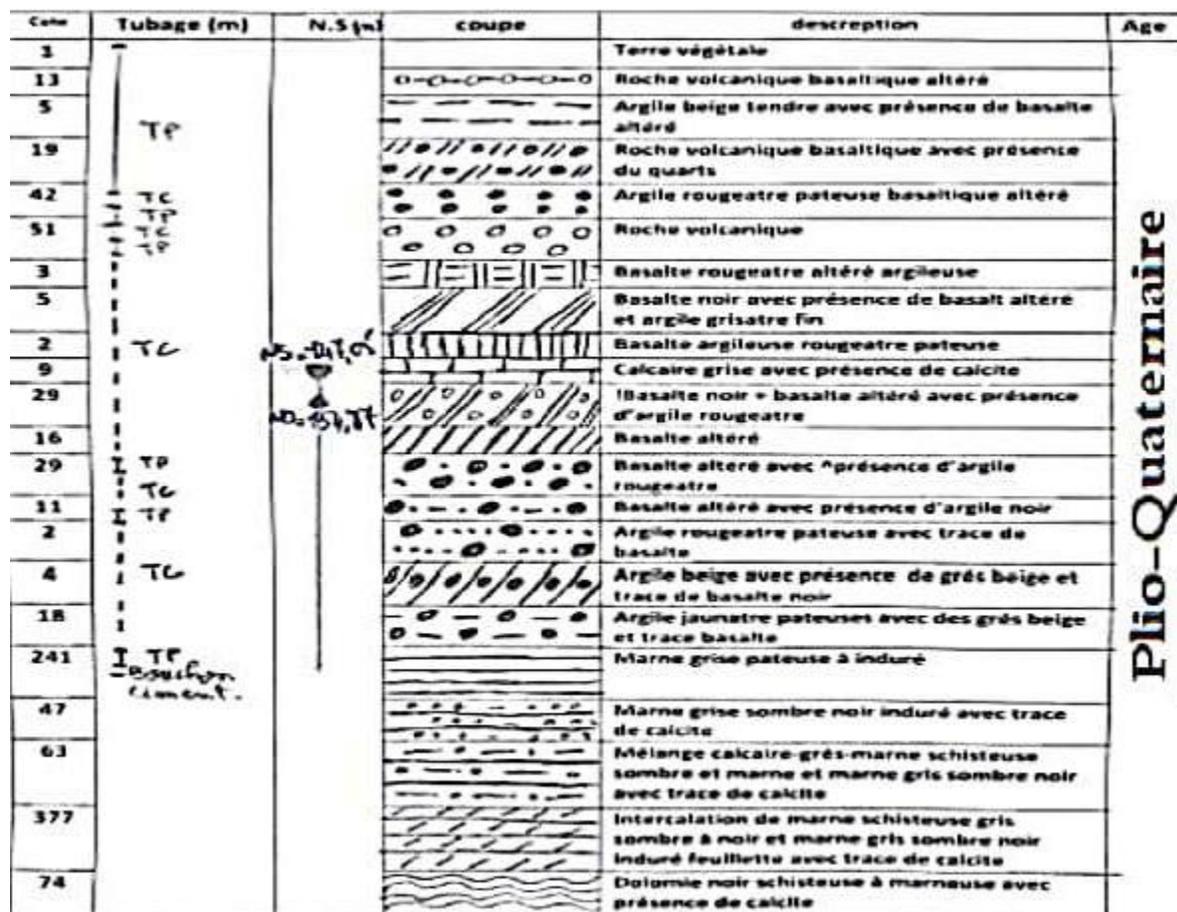


Figure.38 : Ligo géologique du forage Sidi Aissa (Oualhaça)

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

1.1 Coupe lithologique du forage Sidi Aissa :

La coupe géologique représentative a été effectuée suite à un échantillonnage de cuttings mètre par mètre et l'aide des interprétations du carottage électrique (diagraphie) ont été réalisées. Comme suite :

0-18 m indifférence de roche volcanique et argile brune sableuses

18-136 m alternance de roche volcanique brune, beige, grise et grés gris, grossier et argile brun, sableuses.

136-150 m grés grisâtre ciment argilo-carbonaté, mal consolidée de 150- 230 accumulation carapace de:

Roche volcanique grisâtre, beige, brune, granit et andésite

- Intercalation de grés gris, grossier
- Argiles grisâtre, rouge, sableuses

230-239 m marnes grise, jaunâtre, sombre, tendre

239-249 m calcaire blanc, beige, fissurée rempli avec argile rouge

249-334 m argiles grise, pâteuse sableuses, et argile jaune marneuses

334-550 m marnes : sombre, grise, pâteuse, gréseuses

550-690 m marnes grisâtre, noir, sombre, indurée feuilletée avec intercalation de grés et calcaire marneuse avec trace de calcite ainsi marnes schisteuse

690-746 m schiste et marne – schisteuses : sombre noir, indurée

746-822 m marnes-schisteuses et schiste, avec passage de calcaire marneuse

822-946 m marnes schisteuse et schiste avec passages de calcaire dolomitique avec veines de calcite

946-986 m schiste et marnes schisteuse

986- 1060 m dolomie noir parfois dolomie-schisteuse à marneuses

1.2 Hydrogéologie :

Nous procéderons et proposons les coupes des formations suivantes :

▪ Du 0,0 au 280 m profondeur :

Cette formation est caractérisée par bonne perméabilité et porosité ainsi est formé une nappe aquifère la qualité chimique de eaux sont très bonne

▪ Du 280 m au 986 m de profondeur :

Cette formation géologique est caractérisée par imperméable, ceci cette intervalle est considéré comme substratum.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

- Du 986 au 1061 m de profondeur :

Cette formation géologique est caractérisée par perméabilité seulement mais et male porosité est forme aquifères ce ci cette intervalle considéré comme nappe-déchargé.

1.3 Essai de pompage :

Tableau.14 : Pompage par palier (Sidi Aissa)

Palier	Débit (m ³ /s)	Rabattement (m)
1	0,01	2
2	0,02	4,8
3	0,002	5,2

Courbe d’essai Pallier : $s = f(Q)$

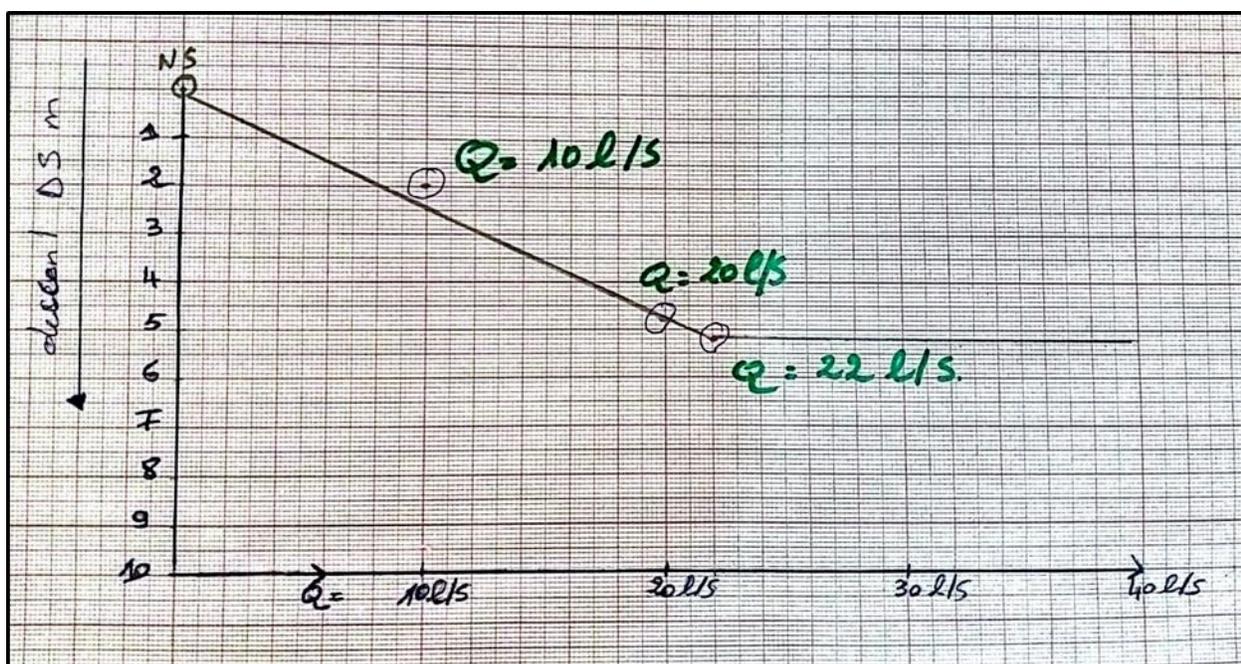


Figure.39 : Courbe d’essai Pallier de Forage Sidi Aissa Ain Temouchent.

Courbe de débit spécifique : $s/Q = f(Q)$

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

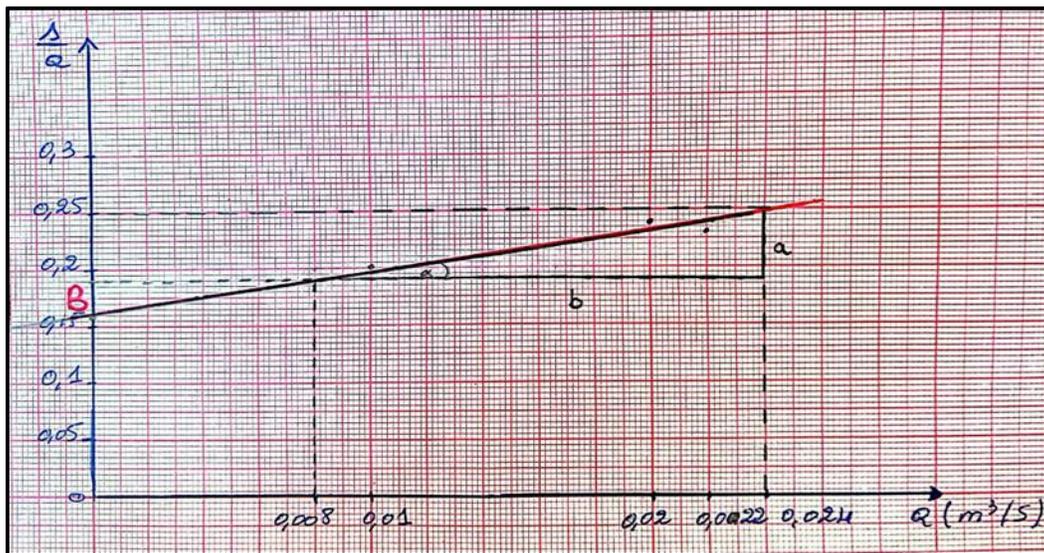


Figure.40 : Courbe de rabattement spécifique.

Calculer le rabattement spécifique :

Ne passant pas par l'origine :

$$s = B \times Q + C \times Q^2$$

$$s/Q = B + C \times Q$$

Avec : s/Q : rabattement spécifique ($m^3/ms.$). Q : Débit en (m^3 /s).

B : coefficient de pertes de charge.

C : coefficient de pertes de charge quadratiques.

$$\text{Tan} \alpha = C = a / b$$

$$C = 4,0625.$$

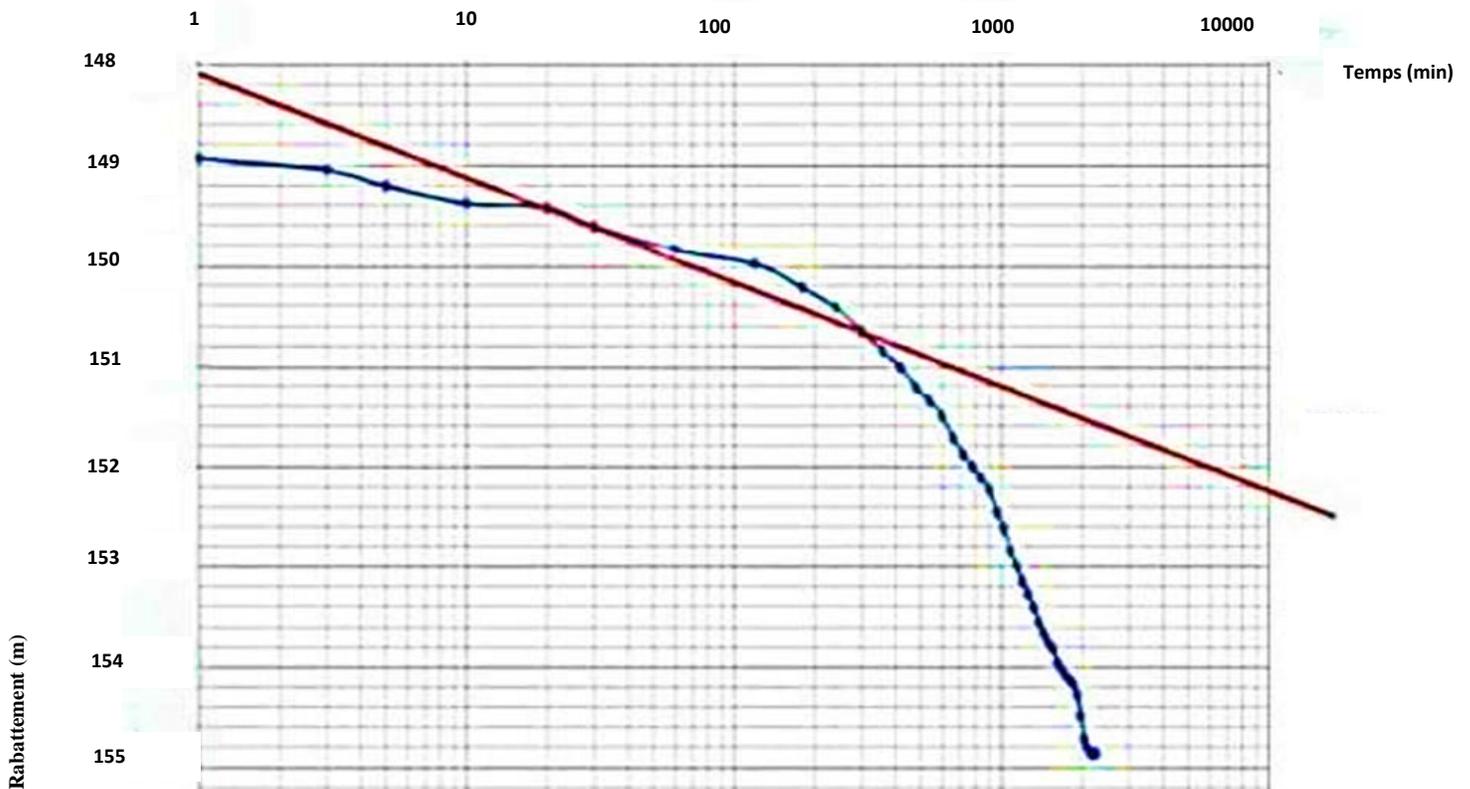
En substituant dans l'équation s / Q :

$$s/Q = 0,16 + 4,0625 \times 0,022.$$

$$s/Q = 0,25 \text{ m}^3 / \text{m. s}$$

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

La courbe Descente de forage Sidi Aissa :



Interprétation de la courbe :

A partir de la courbe de la descente on trace la droite d'ajustement, cette dernière passe en dessous de la valeur « 00m » des rabattement (s) on se basant sur le principe de superposition on dit qu'elle existe une libre.

1 ère partie : indique un effet de capacité, qui est due probablement à un rabattement à un apport d'eau qui a provoqué une perte de charge considérable

2eme partie : après 20 min de pompage on observe un petit changement de pente, suivi d'un 2eme changement de pente après 120 min de pompage et cette dernière suivie par une tendance à la stabilisation du niveau d'eau.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

3eme partie : Après 23 h de pompage , on observe un palier de stabilisation qui est expliqué par l'évolution de cône de dépression ou les eaux souterraines s'écoulant vers d'autre formation aquifère qui joue le rôle d'un drain au cour du pompage, le cône de dépression se développe dans l'aquifère (en régime transitoire) jusqu'à la limite à potentiel imposé, l'écoulement dans l'aquifère des basaltes est alors inversé, dans ce cas le forage est alimenté en partie par les eaux d'arrivée des calcaires à travers l'aquifère.

Calcul de la Transmissivité :

On obtient la transmissivité (T) à partir du rapport suivant :

$$T = (0.183 \times Q) / \Delta s$$

T : transmissivité en m²/s.

Q : débit e pompage en i : la pente de la droite d'ajustement.

Dans ce cas la transmissivité calculée est : $T=4,026 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$.

Calculer Coefficient d'emmagasinement :

$$S = 2,25 T t_0 / r^2$$

$$S = 2,25 \times 10^{-5}$$

Calculer de Perméabilité :

$$T=K \times e$$

$$K= T / e$$

K : Perméabilité en m/s.

e : épaisseur de la couche aquifère en m .

T : transmissivité en m²/s.

$$K= 3 \times 10^{-5}$$

Conclusion :

En conclu que la transmissivité autour de ce forage implanté dans l'aquifère des basaltes est $4.026 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ avec une perméabilité forte indiquant un milieu calcaire.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

2. Forage de Oran :

Forage de Graidia de coordonnées lamber (x= 206.600 y=247.600), de profondeur 180 m.

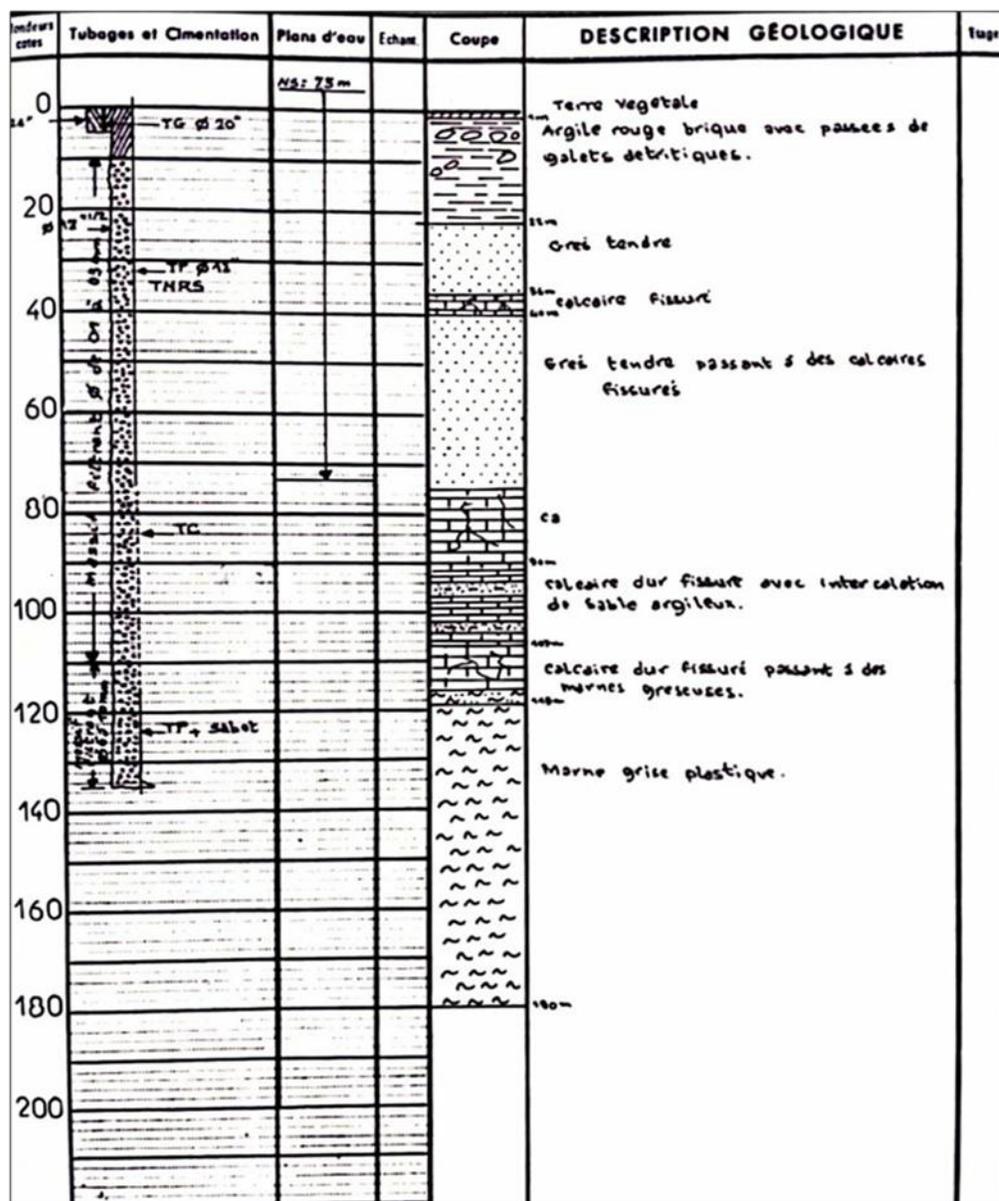


Figure.42 : logo géologique du forage Graidia (Taфраoui).

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

2.1 Coupe lithologique du forage Graidia:

0 - 1 m : terre végétale.

1 - 22 m : argile rouge brique avec passés de galets détritiques.

22 - 36 m : grés tendre.

36 - 40 m : calcaire fissuré.

40 - 90 m : grés tendre passent à des calcaires fissurés.

90 - 107 m : calcaire dur fissuré avec intercalation de sable argileux.

107 - 119 m : calcaire dur fissuré passent à des marnes gréseuses.

119 - 180 m : marne grise plastique.

2.2 Hydrogéologie:

- **Du 0.0 au 22 m de profondeur**

Cette formation géologique caractérisé par semi perméabilité.

- **Du 22 m au 119 m de profondeur**

Cette formation caractérisée par bonne perméabilité et fissurées.

- **Du 119 m au 180 m de profondeur**

Cette formation géologique caractérisé par imperméabilité, ceci cette intervalle concéder comme substratum.

2.3 Essai de pompage Forage Graidia :

La courbe Descente :

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

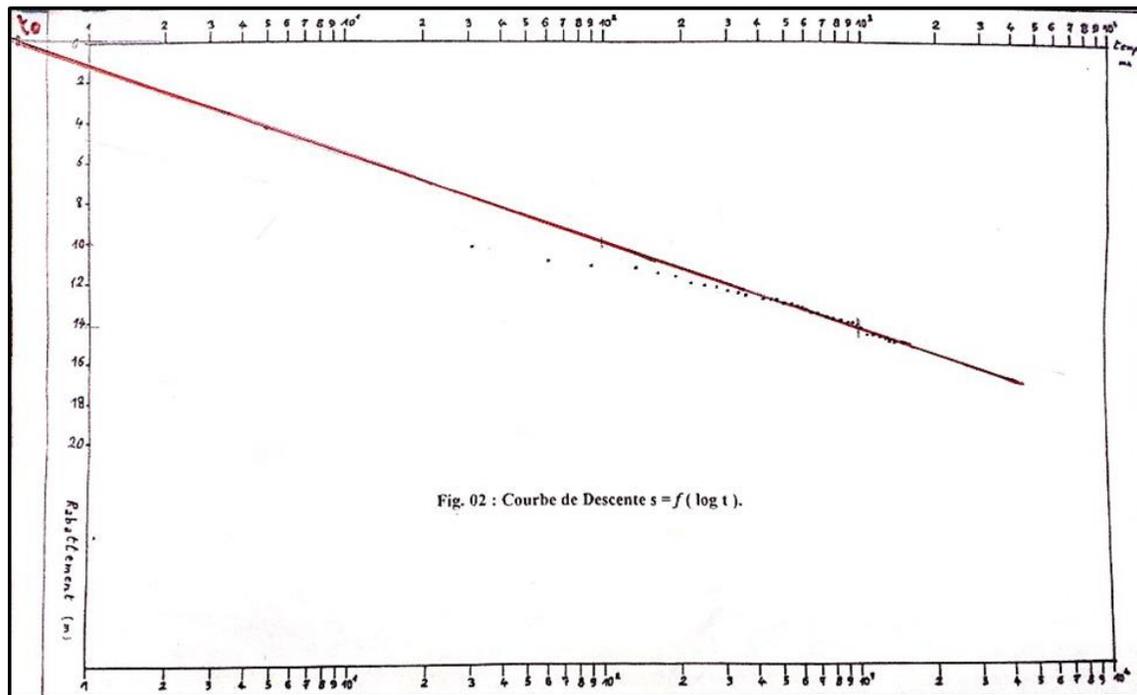


Figure.43 : courbet de Descente.

Interprétation de la courbe :

1ere partie : La courbe observée au début du pompage traduit l'effet de capacité qui est dû à un apport des parties avoisinantes à l'ouvrage qui a provoqué des pertes de charges considérables.

2eme partie : après 2h et 30min de pompage on observe changement de pente.

3eme partie : après 16h de pompage observe une petite stabilisation de courbe qui est expliqué réserve importante et aquifère grande extension (grand limite).

Pour le calcul de la transmissivité nous avons utilisé la formule donnée par Jacob:

$$T = 0,183 \times Q / As$$

Avec T: Transmissivité en m^2/s .

Q: Débit en m^3/s .

As: Abaissement du niveau dynamique pour un cycle logarithmique du temps.

Le cycle logarithmique du temps choisi été entre 100 et 1000, As 3,07 donc par application numérique:

$$T = 0,183 \cdot 14 \cdot 10^{-3} / 4,5$$

$$T = 0,569 \times 10^{-3} m^2/s.$$

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

Calculer la coefficient d'emmagasinement :

$$S=2,25 \times T \times t_0 / r^2$$

T : Transmissivité

t_0 : Temps en min

r^2 : diamètre en cm

$$S= 2,25 \times 0,569 \times 10^{-3} \times 0,5 / (10,795)^2$$

$$S=0,549 \times 10^{-5}$$

Calculer la perméabilité :

$$T= K \times e$$

$$K= T / e$$

K : Perméabilité en m/s

T : Transmissivité en m²/s

E : épaisseur d'aquifère en m

$$K= 0,569 \times 10^{-4} / 43$$

$$K= 0,13 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Conclusion:

Il est à conclure que la transmissivité est importante reflétant une bonne perméabilité des formations aquifères.

Tableau.15 : Comparaison entre le forage Sidi Aissa et Graidia

Forage		Sidi Aissa	Graidia
Aquifère à nappe		Libre	Semi-captive
Régime d'écoulement		Permanent	Permanent
Méthode d'interprétation		Semi-logarithmique (Jacob)	Semi-logarithmique (Jacob)
Profondeur		1061m	180m
NS(m)		147,05 m	73m
ND(m)		154,87m	76,54m
Débit		22 l/s	14 l/s
Paramètres Hydrodynamique	Transmissivité T(m ² /s)	$4,026 \times 10^{-3}$	$0,569 \times 10^{-3}$
	Perméabilité K (m/s)	$2,25 \times 10^{-5}$	$0,13 \times 10^{-4}$
		Système multicouche	Système bicouche

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

4. Etude Hydro-Chimique :

L'hydrochimie est une science qui permet à l'hydrogéologie de différencier les zones polluées à celle qui ne le sont pas. Elle permet aussi avant l'exploitation des eaux souterraines soit pour l'AEP ou pour l'irrigation, d'indiquer les eaux qui possèdent une qualité chimique bonne. Pour cela on fait des prélèvements et on les dose. Les résultats obtenus servent à dresser dans un diagramme d'analyse d'eau intitulé (Shoeller et Berkhalof). L'analyse physico-chimique a porté sur 2 échantillons prélevés au niveau de 2 forages des dosages qui ont été analysés au laboratoire de l'ANRH.

Tableau.16 : Les résultats des analyses physico-chimique d'eau :

N°	Forage Sidi Aissa		Forage Graidia	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	35	1,746	170	8,479
Mg ⁺⁺	15	1,235	106	8,724
Na ⁺	154	6,696	416	18,087
K ⁺	10	0,256	8	0,205
Cl ⁻	150	4,225	826	23,268
SO ₄ ⁻	47	0,979	328	6,833
HCO ₃ ⁻	235	3,852	302	4,951
NO ₃	39	0,629	23	0,371
PH	7,73	/	7,5	/
CE μ/cm	2360	/	4400	/
Σr ⁺	9,933	/	35,495	/
Σr ⁻	9,685	/	35,453	/
RS mg/l	500	/	2280	/

Type de faciès de l'eau

Pour déterminer la formule caractéristique de l'eau ainsi que le faciès, nous avons vérifié l'électro-neutralité de cette eau.

D'après le tableau (16) nous distinguons que :

La balance ionique de cette eau :

$$E\% = \frac{\sum r^{\text{cation}} - \sum r^{\text{anion}}}{\sum r^{\text{cation}} + \sum r^{\text{anion}}} \times 100$$

a) Eau forage Sidi Aissa : E%= 1,3 %

Si $E \leq 2\%$ → Très bonne analyse

b) Eau forage Graidia : E%= 0,06%

Si $E \leq 2\%$ → Très bonne analyse

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

A partir des valeurs de la conductivité, nous avons estimé la minéralisation des deux eaux (tableau 17).

Tableau.17 : Classe de la conductivité d'eau

Forage	La conductivité réelle	Classe de la conductivité	Facteur min	Minéralisation mg/l= cond × 0,758
Sidi Aissa	2360	833<2360<10000	0,758	1988,88
Graidia	4400	833<4400<10000	0,758	3335,2

Tableau.18 : les teneurs décroissantes des anions et des cations.

Les forage	Les anions	Les cations	PH
Sidi Aissa	rHco3 ⁻ >rCl ⁻ >rSo4 ⁻² >rNo3 ⁻	rNa ⁺ >rCa ⁺⁺ >rMg ⁺⁺ >rK ⁺	7,73
Graidia	rCl ⁻ > rSo4 ⁻² > rHco3 ⁻ > rNo3 ⁻	rNa ⁺ > rMg ²⁺ > rCa ²⁺ >rK ⁺	7,5

Donc le faciès chimique des eaux :

- **Sidi Aissa** : Un faciès bicarbonaté sodique.
- **Graidia** : Un faciès chloruré sodique.

Le PH des eaux des forages est 7,73 à Sidi Aissa et 7,5 à Graidia c'est-à-dire que l'eau a une neutralité proche. Généralement les eaux potables ont un PH compris entre 7 et 8,5. Nous remarquons que la valeur de la minéralisation est égale 1989 et 3335,2 meq/l caractérisant une eau à une minéralisation élevée.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

Présentation graphique des analyses :

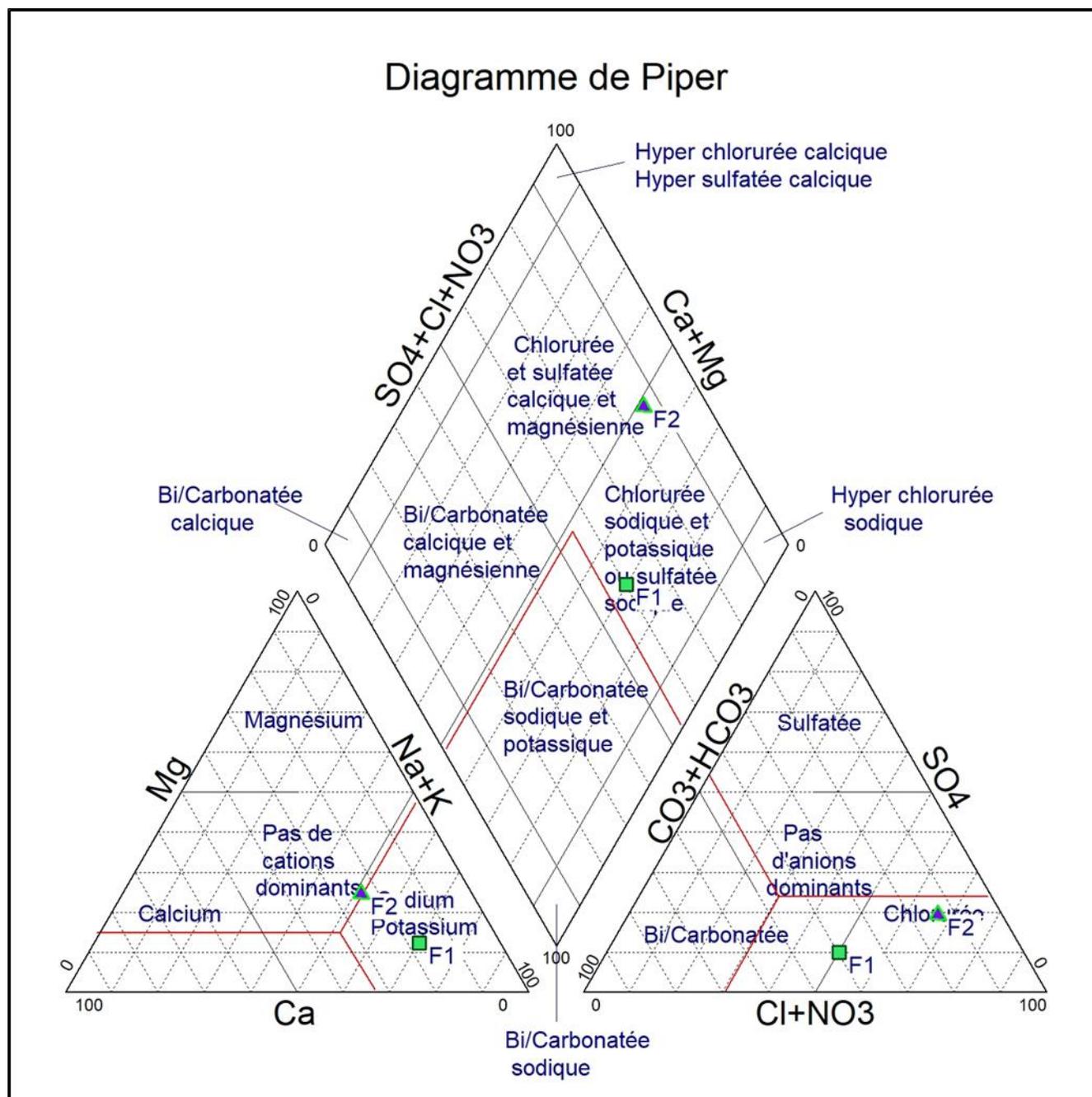


Figure.44: Représentation graphiques des analyses d’eau du Sidi Aissa (F1) et Graidia (F2) de diagramme Piper.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

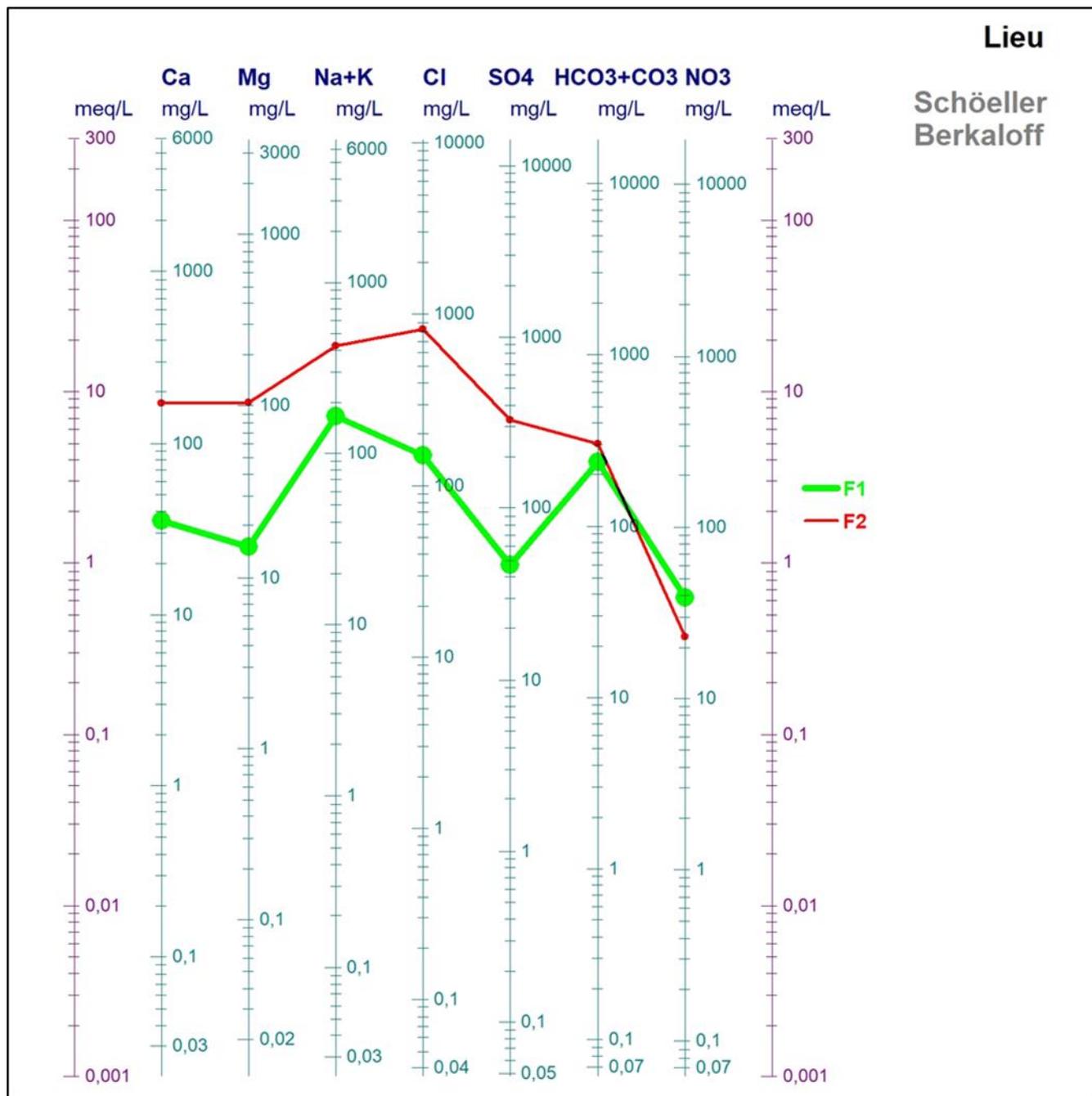


Figure.45 : Représentation graphiques des analyses d’eaux du forage Sidi Aissa (F1) et forage Graidia (F2) de diagramme Schoeller-Berkaloff.

Chapitre IV: Étude de cas forages de Ain Temouchent (Sidi – Aissa) et forages Oran (Graidia-Taфраoui).

Conclusion :

D'après La classification de Piper qui montre dans un diagramme le faciès prédominant dans les deux eaux:

- Sidi Aissa : Un faciès bicarbonaté sodique.
- Graidia : Un faciès chloruré sodique.

Conclusion Générale :

Conclusion générale

Pour connaître la qualité et la quantité de l'eau dans les forages, plusieurs études ont été réalisées, dont les propriétés physiques et chimiques. Pour comprendre l'efficacité des roches sur cette qualité nous avons fait cette étude, qui s'est déroulée dans deux régions différentes Ain-Temouchent et Oran.

Mais avant toute réalisation d'un forage, il est important de savoir la géologie de notre zone. Dans notre cas nous nous adressons d'abord à la région d'Ain Temouchent.

La géologie de Ain-Temouchent est connue par les formations suivantes :

- Des formations basaltiques avec des cendres volcaniques d'âge primaire.
- Des formations sédimentaires constituées de calcaires, d'argiles et de marnes.
- Des formations sédimentaires constituées de tufs et d'alluvions recouvertes
- Des formations Argilo-marneuses et Argilo-sablonneuses et croutes calcaires

Les formations volcaniques se sont manifestées en deux phases :

- La première phase au Miocène supérieur.
- La deuxième phase au Pléistocène.

Deuxièmement, la géologie de la région d'Oran :

La région d'Oran est marquée par une diversité de formations géologiques et de structures. La région d'Oran est caractérisée par des formations géologiques variées notamment des calcaires, des marnes, des grès et des roches volcaniques, les formations de l'ère messéniennes sont présentées dans la région.

Les climats Ain Temouchent et ; Oran sont assez similaires étant donné leur proximité géographique en Algérie. Les deux villes bénéficient ; un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Cependant, Oran peut être légèrement plus chaud en été en raison de son emplacement plus au nord et de sa proximité avec la mer. En revanche, Ain Temouchent peut avoir des températures légèrement plus fraîches en hiver en raison de sa position légèrement plus à l'intérieur des terres.

Les techniques de forage sont variées et dépendent de l'objectif et de la profondeur du forage. Ces techniques sont adaptées à chaque type d'aquifère et besoin spécifique. Pour une gestion précise, nous avons besoin d'informations détaillées, bien informées et bien organisées sur l'état du milieu hydrogéologique. A l'heure actuelle, avec la technologie moderne, nous disposons de plusieurs moyens de forage, Parmi eux se trouve la technologie.

La morphologie des nappes montre que les différents niveaux aquifères dotés d'une bonne transmissivité ($10^{-4} m^2/s$), sont en relation hydraulique. Indique que les formations sont caractérisées par une bonne perméabilité et porosité.

Conclusion générale

A l'aide des résultats obtenues par l'analyse physico-chimique au niveau de la région Oualhaça et Graidia on peut émettre les observations suivantes :

- Eau passable pour l'aquifère formé par les formations basaltiques.
- Eau pour l'aquifère formé par les formations calcaires.

Après avoir remarqué que les formations de la couche aquifère de forage Graidia ne sont pas proportionnelles au type de faciès de l'eau, cela est dû à l'intrusion de formations évaporitiques, Ce qui fait que l'eau n'est pas soumise aux normes de portabilité.

Bibliographie :

Bibliographie:

- **AI SID CHIKH WARDA ET ZIOUANA HANIA (2022/2023) :** Synthèse Hydrogéologique de la bande littorale Entre Targa-Benisaf et Ses Environs. Témouchent.
- **LOUAFIA ET LAMRANI. (30 /09/2013) :** Relation entre les aquifères des calcaires Messéniennes, des basaltes fissures et des complexes alluvionnaires plio-Quaternaires (Région comprise entre A. Temouchent, sidi Safi et Targa). W. d'Oran Temouchent.
- **M.GUERBOUZ Mouaad (2021/2022) :** Implantation et suivi hydrogéologique des travaux de forage d'eau à la commune d'Ain Skouna w-Saida.
- **Louddad Aimane Abderrahmane (2020/2021) :** La gestion du risque sismique de la ville d'Ain Témouchent 1999
- **Bahous Houaria ET Bekhite Saida (2019/2020) :** La cartographie des zones inondables de la ville d'AIN TEMOUCHENT.
- **OUESSAI H., 2015. Etude hydro chimique des sources de la partie orientale des monts de Tessala (Tamzourah_ Tafraoui).** Mémoire de magister. Université Oran 2.
- **HASSANI M.I, 1987. Hydrogéologie** un bassin endoréique semi-aride le bassin versant de la grande sebkha Oran (Algérie). Thèse de Doctorat 3ème cycle. Université de Grenoble.
- **MAHHMANE MATO A., 2020.** Contribution à l'étude hydrogéologique et environnement de la zone de hassi (aquifère plio- quaternaire) Oran est. Mémoire de magister. Université Oran 2.

Annexes :

Tableau.15 : Norme O.M.S de potabilité

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Maximal admissible
Ph		6,5	9
Conductivité	US /cm	200	1000
Résidu sec	mg/l	/	15000
Dureté totale	°F	/	50
Calcium	mg/l	/	100
Magnésium	mg/l	/	50
Sodium	mg/l	/	150
Potassium	mg/l	/	12
Sulfates	mg/l	/	250
Chlorures	mg/l	/	600
Nitrates	mg/l	/	50
Nitrites	mg/l	/	0,1
Ammonium	mg/l	/	0,5
Phosphate	mg/l	/	5
Oxydabilité	mg/l	/	5
Oxygéné dissous	mg/l	/	5
Aluminium	mg/l	/	0,2
Températures	°C	/	25

Abréviation :

Liste des abréviations :

- **A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.
- **O.M.S** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **D.R.E** : Direction des Ressources en Eau.
- **P.V.C** : Polychlorure de Vinyle.
- **H.P.O** : Hydro Projet Ouest.
- **O.N.M** : Office National de la Météorologie.
- **PH** : Potentiel Hydrogène.
- **μ s** : micro-Siemens.