



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

OPTION :HYDROGEOLOGIE

THEME:

**SYNTHESE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA BANDE
LITORRALE ENTRE TARGA-BENISAF ET SES
ENVIRONS.W.TÉMOUCHENT**

Soutenu le:

Présenté par :

AL SID CHIKH WARDA

ZIOUANE HANIA

DEVANT LE JURY:

- | | | |
|----------------|--------------|------------|
| ➤ Président | MANSOUR.H | univ Oran2 |
| ➤ Rapporteur | FOUKRACHE. M | univ Oran2 |
| ➤ Examinatrice | ABLAOUI.H | univ Oran2 |

Oran 2022/2023

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 à exprimer notre gratitude envers Monsieur **FOUKRACHE Mohamed**, Maître assistant à l'université d'Oran, notre promoteur, qui nous a fait confiance et nous a proposé 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 aidé à l'amélioration de ce travail. Sa méthode rigoureuse sera pour nous un bon exemple à suivre.

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

Nous tenons également à remercier Madame **ABLAOUI HALIMA**, à l'université d'Oran, pour ses encouragements et d'avoir bien voulu examiner ce mémoire.

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

Dédicace

﴿أَخِرُّكُمْ عَوَاهِرَ الْجَدِّ لِلدَّبِّ الْعَالَمِينَ﴾
@tm3_1

A mes parents qui m'ont donné la liberté d'essayer et d'aller là où je voulais, votre manière d'être, fait de vous des parents exceptionnels.

Je souhaite que Dieu vous préserve une longue vie et que vous trouviez à travers ce mémoire un faible témoignage de vos efforts et sacrifices.

A mes frères Sara, Bessma, Wail Mounir pour son encouragement permanent.



Congratulations 2023

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes parents et surtout ma mère qui m'ont
donné toute l'affection et l'amour durant toute
ma vie.*

*A mes frères, et sœurs (Asma, Nabila,
Fatima, Mostafa et houssemidine)*

*A toute la famille, AL SID
CHIKH*

A mes amis

*Et Tous ceux qui ont partagé ma joie,
ma peine.*

*Ainsi que les personnes qui ont
contribué de près ou de loin qu'il trouve
ici le témoignage de ma gratitude.*

Merci à tous

Al sid chikh warda



Sommaire

Introduction	1
Chapitre I: Considérations Générales	
1. Cadre géographique.....	3
1.1 La région d'Ain Temouchent	3
1.2 Le secteur d'étude	3
2. Cadre géomorphologique	5
3. Cadre géologique.....	6
3.1 Formations du Miocène.....	6
3.2 Le Plio-Quaternaire	7
3.3 VOLCANISME.....	8
Chapitre II: Hydroclimatologie	
1. Les paramètres climatiques	14
1.1 Répartition des précipitations moyennes annuelles.....	14
1.2 Répartition des précipitations moyennes mensuelles	15
1.3 Répartition des précipitations saisonnières	16
2. Etude des températures.....	17
3. Étude du climat.....	18
3.1 Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен.....	18
3.2 Indices climatiques	19
3.2.1 Indice d'aridité de De Martonne.....	19
3.2.2 Indice de Moral	20
4. Evaporation et déficit d'écoulement	21
4.1 Méthode de Turc	21
4.2 Méthode de Coutagne.....	21
4.3 Méthode de Thornthwaite.....	22
4.4 Méthode de Wundt	23
4.5 Méthode de P. Verdeil.....	23
5. Eléments du bilan hydrologique.....	25
5.1 Bilan de Thornthwaite	25
5.2 Détermination de l'infiltration.....	25
Conclusion.....	27

Chapitre III:Hydrogéologie

Introduction	29
1. Aperçu des différentes nappes.....	29
2. Identification des aquifères	31
2.1 Aquifère des alluvions Quaternaires	31
2.2 Aquifère des basaltes Plio-Quaternaire	32
2.3 Aquifère des sables et grès du Pliocène	32
2.4 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur.....	32
2.5 Aquifère des calcaires et grés de l'Oligo-Miocène	33
3. Morphologie des nappes.....	33
3.1. L'aquifère des Alluvions Quaternaires du Pliocène (plaine Terga):.....	33
3.2. Aquifères des basaltes (Plateau d'Ain Témouchent)	36
3.3 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur (plateau de sidi Safi).....	38
3.3.1 Morphologie de la nappe -Conditions aux limites	38
4. Relation entre les aquifères et les eaux souterraines	40
4.1. Aquifère des alluvions quaternaires	40
4.2. Aquifère des basaltes Plio- quaternaire	41
4.3. Aquifère des sable et grés du pliocène	41
4.4 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur.....	41
4.5 Aquifère des calcaires et grés de l'oligo - Miocène	41
5. Interconnections des eaux superficielles et les eaux souterraines	42
5.1 Aquifère des alluvions quaternaires	42
5.2 Aquifère des basaltes Plio- Quaternaire	42
6. Hydrodynamique des aquifères	42
6.1. Essais de pompage du Forage de Sidi Mohamed (Plateau d'Ain Temouchent).....	42
6.2. Essai de pompage de longue durée de forage Sidi Mohamed	43
6.3. Comparaison les résultats des forages de pompage d'essai récents avec ancien résultats	45
7. Caractéristique physico-chimique des eaux	46
7.1. Les analyse physico- chimiques des forages d'Ain Temouchent.....	46
7.2. L'interprétation des résultats	48
7.2.1 La Conductivité et minéralisation	48
7.2.2. Le résidu sec.....	48
7.2.3. Le potentiel hydrogène (PH)	49

7.2.4. La balance ionique.....	49
7.2.5. Représentation graphique des facies chimiques	50
7.3 Détermination des facies hydro chimiques.....	51
Conclusion.....	52
Conclusion générale	55
Bibliographie	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau n°01 :Caractéristiques morphométriques du bassin versant d'Oued El-Maleh.

Tableau n°02 :Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain – Temouchent.

Tableau n°03 :Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain – Temouchent (1982-2012)

Tableau n°04 : Valeurs des précipitations saisonnières à la station d'Ain - Temouchent

Tableau n°05 :Moyennes mensuelles et annuelles des températures à la station d'Ain - Temouchent

Tableau n°06 :Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Temouchent

Tableau n°07 : Indice d'aridité de De. Martonne

Tableau n°08 :Indice annuel de Moral.

Tableau n°09 :Valeur de l'ETR (Turc)

Tableau n°10 :Paramètres du déficit d'écoulement (Coutagne)

Tableau n°11 :Valeurs de l'ETP à la station d'Ain - Temouchent (1995-2012)

Tableau n°12 :Valeur du déficit d'écoulement (D) et du quotient d'écoulement (E).

Tableau n°13 :Valeur du déficit d'écoulement

Tableau n°14 :Éléments du bilan hydrologique (méthode de Thornthwaite)

Tableau n°15 :Valeurs de l'infiltration selon les différents auteurs.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°16 : Comparaison les résultats des forages de pompage d'essai récents avec les anciens résultats

Tableau n°17 : Paramètres physico-chimique des forages d'Ain Temouchent

Tableau n°18 : Potabilité en fonction du résidu sec

Tableau n°19 : Interprétation des faciès chimiques des forages de la région d'Ain-Temouchent

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Fig.01 :Carte de situation de la zone étudiée

Fig.02 :Carte des structures post nappes dans le bassin du bas Chélif.

(G.Thomas 1985)

Fig.03 :Carte géologique de la région d'Ain Temouchent (G. Thomas, 1985)

Fig.04 : Log lithostratigraphique de la région d'Ain Temouchent (N. BENADDA ,2014.)

Fig.05 :Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Temouchent (1982 –2012)

Fig.06 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles, station d'Aïn Témouchent (1982–2012)

Fig.07 :Histogramme des précipitations saisonnières ; station d'Ain – Temouchent (1982-2012)

Fig.08 :Variation mensuelle des températures à la station d'Ain - Temouchent (1995/1996 – 2011/2012)

Fig.09 :Diagramme pluviothermique de la station de Ain Temouchent(1995 – 2012)

Fig.10 :Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain Temouchent (1995-2012)

Fig.11 :Abaque de Wundt

Fig.12 :Abaque représentatif du déficit d'écoulement (P. Verdeil, 1988)

Fig.13 :Carte des nappes principales (D'APRES B.sourisseau)

LISTE DES FIGURES

Fig.14 :Morphologie de la nappe et conditions aux limites (El Maleh Terga),
(M. Foukrache, 2001)

Fig.15 :Morphologie de la nappe des basaltes (Foukrache 2001)

Fig.16 :Carte hydrogéologique du bassin versant d'oued Sidi Djelloul

Fig.17 :Coupe géologique du forage AT6 Sidi Mohamed.

Fig.18 : Courbe de la descente, forage de Sidi Mohamed (Plateau d'Ain
Temouchent)

Fig.19 :Courbe de remonte du forage de Sidi Mohamed (longue durée)

Fig.20 :Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schoeller-
Berkaloff.

Fig.21:Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Piper



Introduction

Introduction Générale

Notre zone d'étude fait partie du bassin versant de l'oued El-Maleh. Elle comprend la région d'El-Maleh et ses zones limitrophes. À cet effet, notre travail a été axé sur trois chapitres:

Le premier chapitre s'intéresse à la représentation des caractéristiques naturelles de la zone étudiée: sa localisation, son contexte géomorphologique représenté par certaines caractéristiques morphométriques et le cadre géo-structurale englobant la distribution lithostratigraphique des faciès géologiques couvrant la région étudiée.

Le deuxième chapitre a été consacré aux caractéristiques hydroclimatiques, en particulier les précipitations et les températures. Dans ce contexte, un essai de bilan a été estimé pour apprécier les éléments hydriques concernant essentiellement les apports par les précipitations, les pertes en eau par évapotranspiration et la distribution des écoulements à l'échelle du bassin d'El-Maleh.

Le troisième chapitre a été réservé à l'étude hydrogéologique pour identifier les différents aquifères et leurs interconnexions. Dans cette perspective, une synthèse piézométrique a été appréhendée pour représenter la cartographie et la dynamique de l'écoulement souterrain selon le schéma de la morphologie des nappes focalisées sur la région. Par la suite, un volet hydrochimique a été tenté basé sur l'interprétation des analyses physico-chimiques des eaux, afin d'apprécier la partition des types de faciès chimiques des eaux des diverses nappes.

Chapitre I

Considérations Générales

Chapitre I : Considérations Générales

1. Cadre géographique

1.1 La région d'Ain Temouchent

Ain Temouchent, située à l'extrémité occidentale de la haute plaine du sahel oranais, dont le fond en cuvette est occupé par la grande sebkha d'Oran, avec une superficie de 2630 km². Le site, à mi-étape entre Oran et Tlemcen.

La ville occupe une situation privilégiée en raison de sa proximité de trois grandes villes de l'ouest de l'Algérie :

- À l'est, par la Wilaya d'Oran et Sidi Bel Abbès.
- Au Nord, par la mer méditerranée et la Wilaya d'Oran.
- Au Sud, par Les Wilaya de Tlemcen et Sidi Bel Abbès.
- À l'Ouest par la mer Méditerranée et la Wilaya de Telemcen.

Elle comporte 28 communes pour une population de 360000 habitants.

1.2 Le secteur d'étude

La région étudiée s'insère dans le tell septentrional Algérien.

Au plan régional notre secteur allongé est-ouest, est délimité (fig. 01) :

- À l'Est par oued El Maleh.
- Au Nord par la Méditerranée.
- Au sud par les communes d'Ain Tolba et Ain Kihel.
- À l'Ouest par le Djebel Skouna et le secteur de Béni Saf.

Chapitre I : Considérations Générales

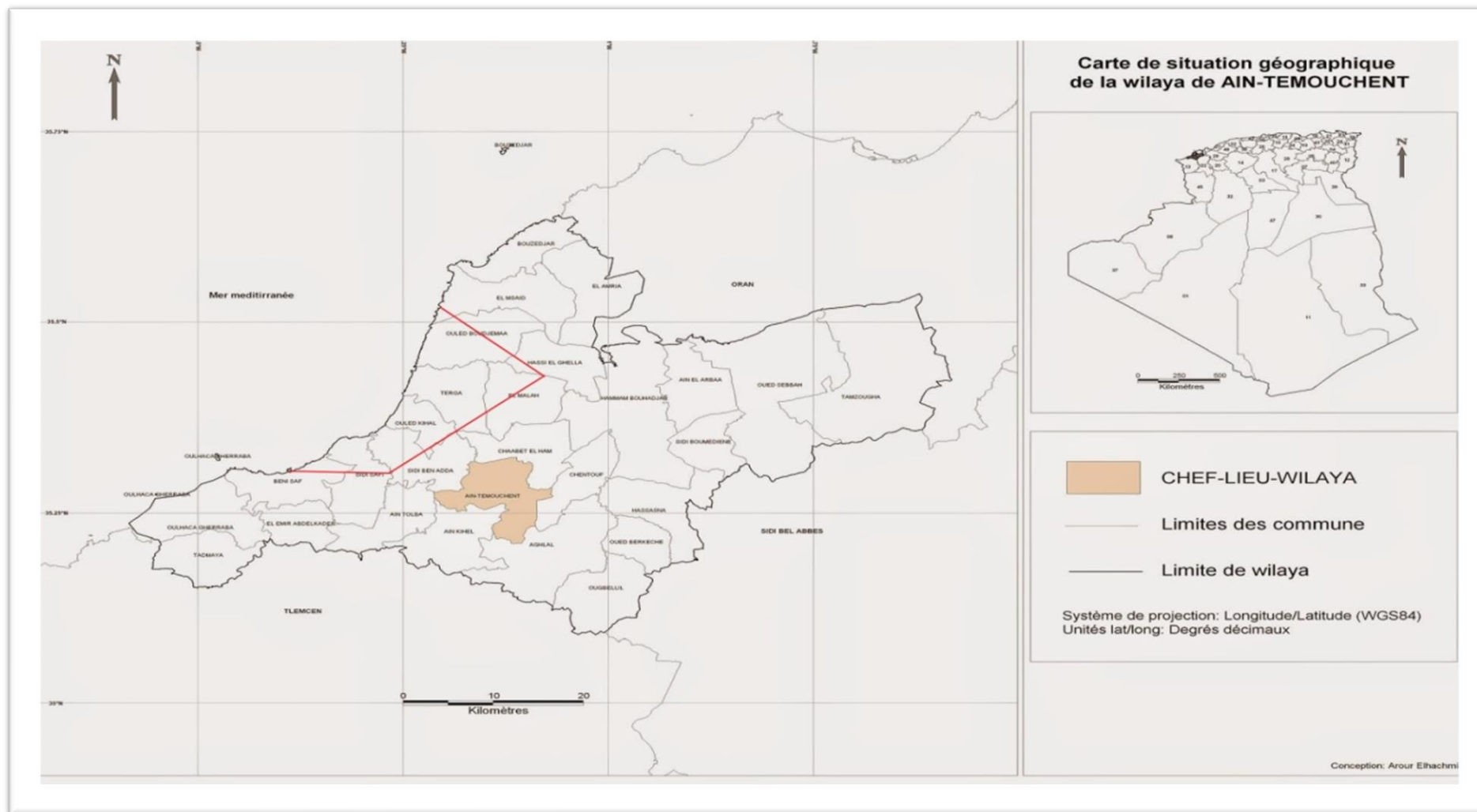


Fig.01 : Carte de situation de la zone étudiée(modifié)

Chapitre I : Considérations Générales

2. Cadre géomorphologique

La zone étudiée s'insère dans le bassin versant de l'oued El Maleh (annexI), celui-ci est subdivisé en cinq sous bassins, parmi lesquels on peut citer quatre sous bassins intéressant la région considérée et qui sont :

- Bassin versant de l'oued Sennane ; il est constitué de formations essentiellement volcaniques (basaltes et cendres).
- Bassin versant de l'oued Sidi Djelloul centré sur des calcaires miocènes.
- Bassin versant de l'oued El Maleh constitué les alluvions Quaternaire et Pliocène continental.
- Bassin versant de l'oued El Hallouf

Le relief joue un rôle important sur l'hydrologie d'un bassin, son étude a pour but de préciser l'influence de l'altitude sur le volume des apports par les précipitations et leur répartition sous forme d'écoulement.

En plus, une pente plus forte provoque un écoulement plus rapide, donne un temps de concentration plus court et une montée plus rapide des crues. Le tableau 01 ci-dessous montre les différents paramètres du relief et ainsi que les caractéristiques du réseau hydrographique.

Caractéristiques morphométriques	B. V d'oued El Maleh
Surface du bassin versant(A) en km ²	888
Dénivelé spécifique(en %)	2,04
Densité de drainage (D) en km/ km ²	2,015
Indice de compacité(K _c)	1,505
L'altitude la plus fréquente(m)	250
L'altitude moyenne(m)	502,5
L'altitude maximale (m)	842
L'altitude minimale(m)	24
Indice de pente de Roche (I _n)	3,006
Indice de pente globale (I _g)	0,009

Tab.01:Caractéristiques morphométriques du bassin versant d'Oued El-Maleh.

Interprétation des résultats

Les différents paramètres morphologiques du milieu (forme, relief, pente, etc.) jouent un

Chapitre I : Considérations Générales

rôle dans les modalités d'écoulement (ruissellement et infiltration).

L'étude morphométrique a pour but de caractériser le bassin versant d'oued El Maleh à partir des cartes topographiques au 1\25000 et de préciser l'influence de l'altitude sur le volume des précipitations d'une part et sur la variation de la température d'autre part.

Le bassin versant d'oued El Maleh s'inscrit dans un schéma de surface de 888 Km² et de périmètre 161 Km avec un indice de compacité de l'ordre de 1,5 traduisant une forme allongée. Les valeurs des indices de pente montrent un relief faible. Cependant, l'altitude maximale atteint 842 m.

D'après les résultats, La surface topographique montre un réseau hydrographique assez bien développé et donc un drainage des eaux superficielles plus ou moins organisé.

3. Cadre géologique

3.1 Formations du Miocène

Au-dessus de l'autochtone et de l'allochtone, viennent reposer indifféremment les formations du Miocène et du Pliocène (figure 02).

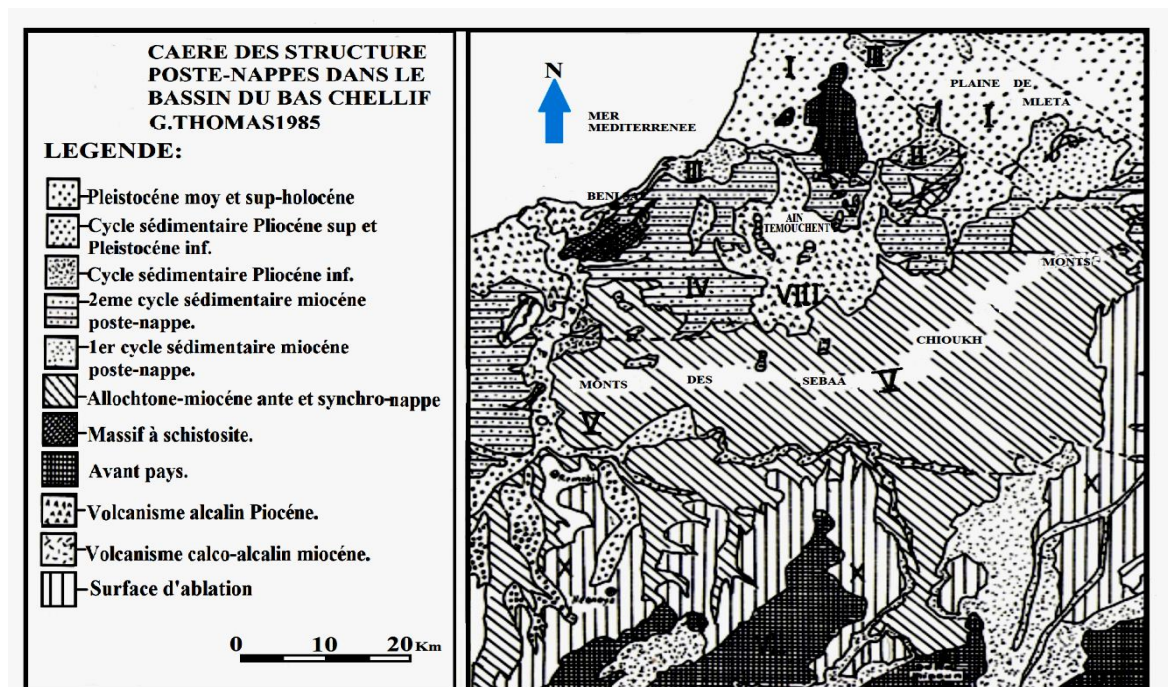


Fig. 02 : Carte des structures post nappes dans le bassin du bas Chélif. (G.Thomas 1985)

-Le **Miocène synchro-nappe**: développé dans les Sebaa Chioukh. C'est une formation de marnes gris verdâtres et de grès gris roux.

- Le **Miocène post-nappe** : composé de 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

Chapitre I : Considérations Générales

gypseuses, de grès et de poudingues hétérogènes.

- **Le deuxième cycle** : constitué par trois formations :

A-Formation rouge continentale à saumâtre marneuse ;

Localisées 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 Dj Sebaa Chioukh au Dj 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 (G. Thomas 1985).

C-Formation de calcaire sommitale très riches en polypiers d'âge Messénien.

Les calcaires du Miocène supérieur sont transgressifs sur le massif d'El-Maleh.

3.2 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 au 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 Hallouf, ce sont des sables rubéfies à Hélix. Le Pléistocène est représenté par des alluvions sous basaltiques et des formations sédimentaires contemporaines du volcanisme alcalin.

Chapitre I : Considérations Générales

3.3 VOLCANISME

D'après G. Sadran. 1958 et P. Guardia 1980, un volcanisme basaltique alcalin s'est manifesté durant le Pléistocène dans la région d'Ain Témouchent et dans la basse Tafna. Dans la région d'Ain Témouchent la phase volcanique principale a été rapportée au Quaternaire (-5 M. A). Ces coulées ont un substratum Miocène supérieur ou Villafranchien (Oued El Hallouf).

➤ Localisation

Les déjections volcaniques du massif d'Ain Témouchent sont uniformément répandues dans la partie centrale du plateau néogène qui limite à l'Ouest la plaine d'effondrement de la Sebkhah d'Oran. Elles sont adossées au Sud, aux premiers contreforts occidentaux de la chaîne du Tessala et à la terminaison orientale du massif de Sebaa Chioukh.

À l'ouest, elles sont séparées du massif volcanique de la basse Tafna (pointements Secondaires du Cap Oulhassa et de la zone minière de Sidi Safi).

Au Nord, elles parviennent au pied des massifs secondaires du Dj Sidi Kacem et d'El-Maleh.

Description des différentes formations volcaniques

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

➤ Les coulées :

Elles 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. Les écoulements sont dirigés en général du Sud vers le Nord, en raison de leur fluidité, et sont accumulés dans les thalwegs de la topographie ancienne ; en donnant de grandes " Coulées de vallées ". Les laves de nature basaltiques présentent des cristaux d'olivine, avec de gros cristaux d'augite, on note parfois la présence d'enclaves, avec l'absence de feldspaths.

➤ Les Tufs :

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

Chapitre I : Considérations Générales

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

A / Tufs d'origine volcano-sédimentaire :

Cette formation est bien visible dans l'oued Sennane au sud de Guentrat El Seboun.

B / 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 renfermant des minéraux ferromagnésiens ; leur épaisseur varie de quelques décimètres à un mètre.

C / Tufs d'origine explosive :

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

Chapitre I : Considérations Générales

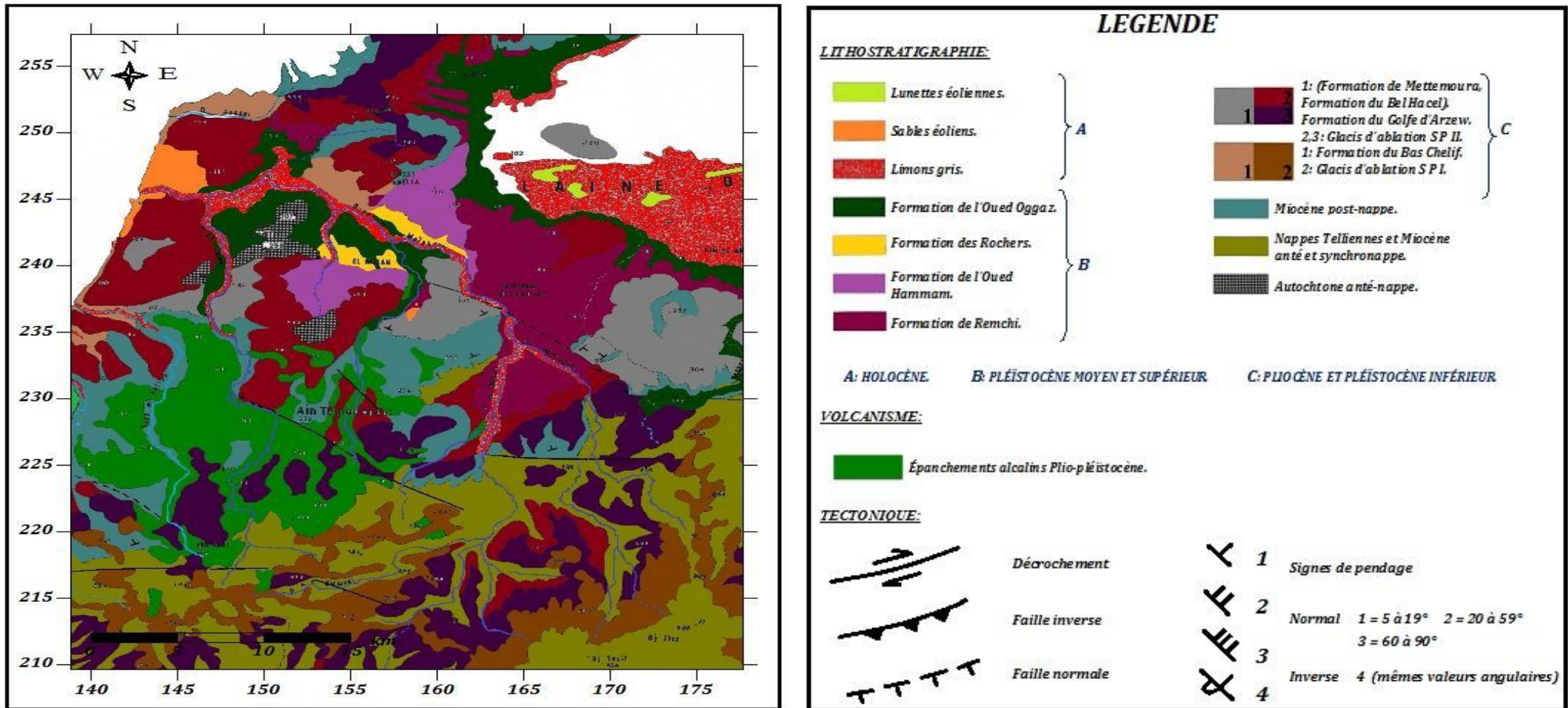


Fig. 03 : Carte géologique de la région d'Ain Temouchent (G. Thomas, 1985)

Chapitre I : Considérations Générales

EP(m)	log	Unité lithologique	Age	
54m		Basalte	Quaternaire	Quaternaire
90m		Alluvion	Quaternaire	
20m		Dune littorale		
20m		Grés	pliocène inférieur	cenozoïque (tertiaire)
40m		calcaire à algues et polypiers	Messinien	
20m		Marnes marines et Alluvions	Miocène supérieur	
20m		Argile et grés à coquilles		
70m		Grés graveleux et Argile d'Ain El Kihal	Eocène supérieur	
40m		grés et marnes de Sebaa chioukhe	Eocène inférieur	Eocène
20m		série carbonatée	lias	Jurassique
20m		Diapir	Trias	
40m		schistes et quartzite	Primaire	paléozoïque

Fig. 04 : Log lithostratigraphique de la région d'Ain Temouchent (N. BENADDA, 2014.).

Chapitre I : Considérations Générales

CONCLUSION

D'après ces considérations on distingue que le bassin d'Oued El Maleh présente une forme Moyennement allongée, une superficie de 873 km² et un périmètre de 138,32 km. Il présente

Une pente moins forte.

Le réseau hydrographique il a adapté à la structure des formations et ce dernier donne une bonne recharge de la nappe par les eaux superficielles.

L'histoire géologique de la région d'Ain Témouchent est passée par plusieurs événements qu'on peut synthétiser comme suit:

Les formations sableuses du Pliocène et parfois les calcaires et les marnes du Miocène elles sont des formations poreuses donnés une seule aquifère. Les directions d'écoulements de la fracturation épousent essentiellement les failles principales

Chapitre II

Hydroclimatologie

Chapitre II : Hydroclimatologie

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 atmosphérique. 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 saisons 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.

1. Les paramètres climatiques

1.1 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 la période (1982-2012):

Tab.02 : 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	359,6	1999-2000	317,9	2010-2011	480,8
1989-1990	358,6	2000-2001	536,1	2011-2012	409,2
1990-1991	411,8	2001-2002	420,5	Moyenne annuelle = 362,9 mm	
1991-1992	397,4	2002-2003	558,5		
1992-1993	269,1	2003-2004	367,2		

Chapitre II : Hydroclimatologie

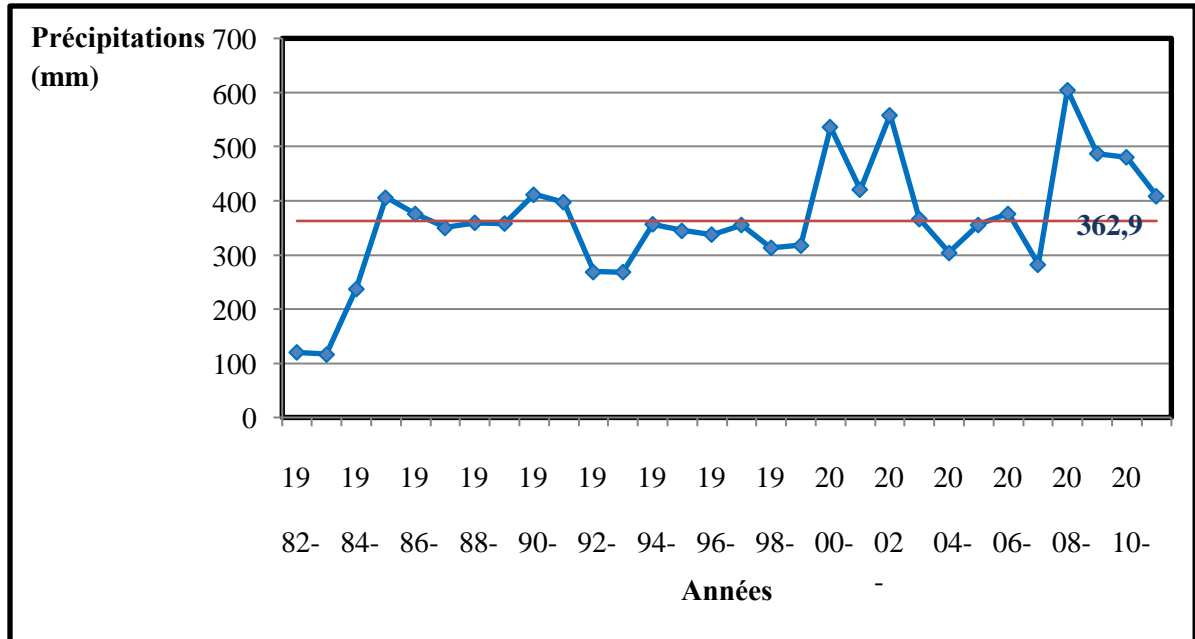


Fig.05: Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Temouchent (1982 –2012)

On observe d'après la figure05, une prépondérance d'un front déficitaire durant la période comprise entre 1982 et 2000 où plusieurs valeurs annuelles se trouvent en dessous 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 où 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 caractère libre, centrés au niveau du bassin de l'Oued El-Maleh, disposent d'une grande inertie compensant le déficit pluviométrique enregistré et leur permettant ainsi une sensible résistance à la sécheresse.

1.2 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 (Tab. 03).

Tab.03 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'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	362,9

Chapitre II : Hydroclimatologie

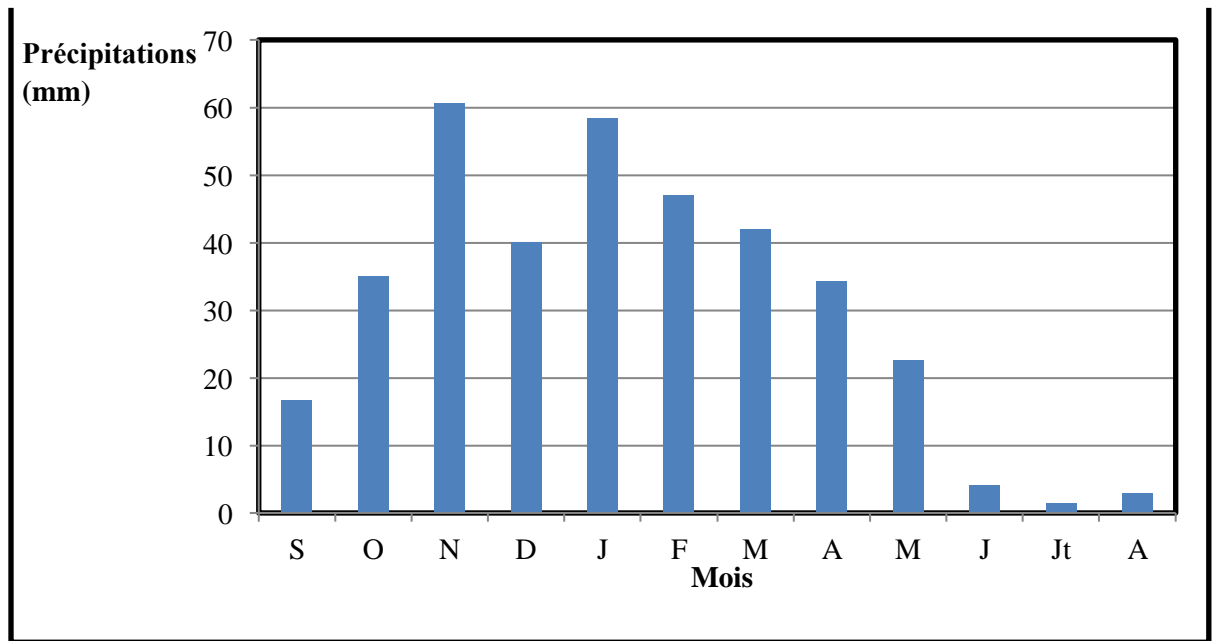


Fig. 06: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles, station d'Aïn T'émouchent (1982–2012).

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, Août), 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.02), ce qui implique une période de pluviométrie irrégulière.

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

1.3 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 03.

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

Tab.04 : Valeurs des précipitations saisonnières à la station d'Aïn - Temouchent

Chapitre II : Hydroclimatologie

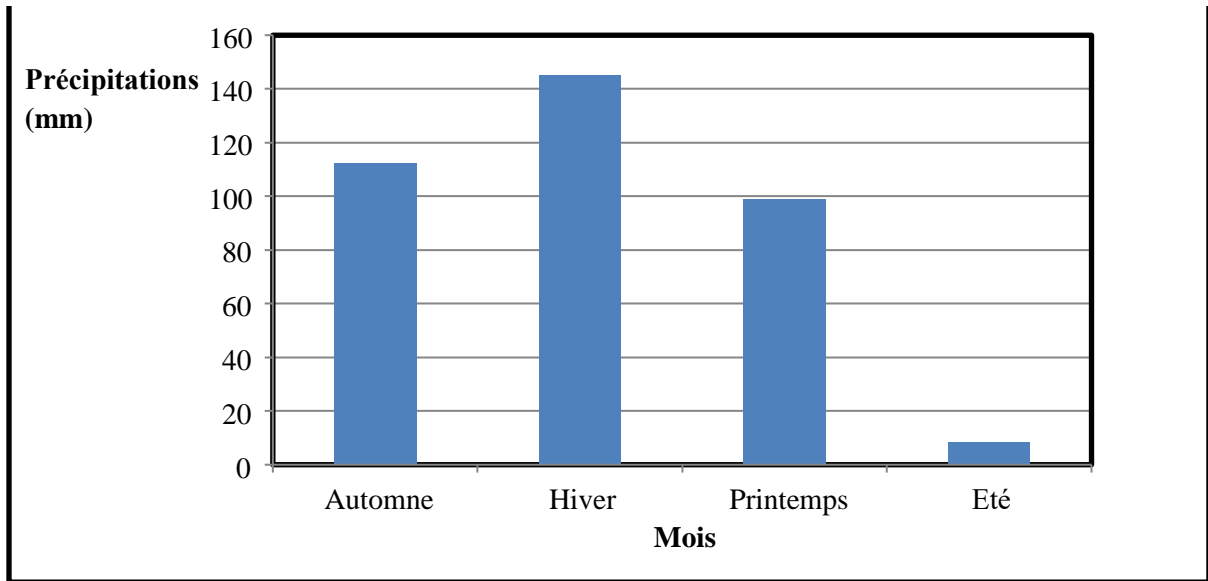


Fig.07 : Histogramme des précipitations saisonnières ; station d'Ain – Temouchent (1982-2012).

Ainsi visualisée 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 au niveau de l'ensemble du bassin versant d'El-Maleh.

2. 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 Tab. 05.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
T m (°C)	18,7	15,69	11	9,164	8,2	8,2	9,8	11,6	14,3	18,6	21,4	22,6	14,1
T M (°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
T moy (°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

Tab.05: Moyennes mensuelles et annuelles des températures à la station d'Ain - Temouchent

Chapitre II : Hydroclimatologie

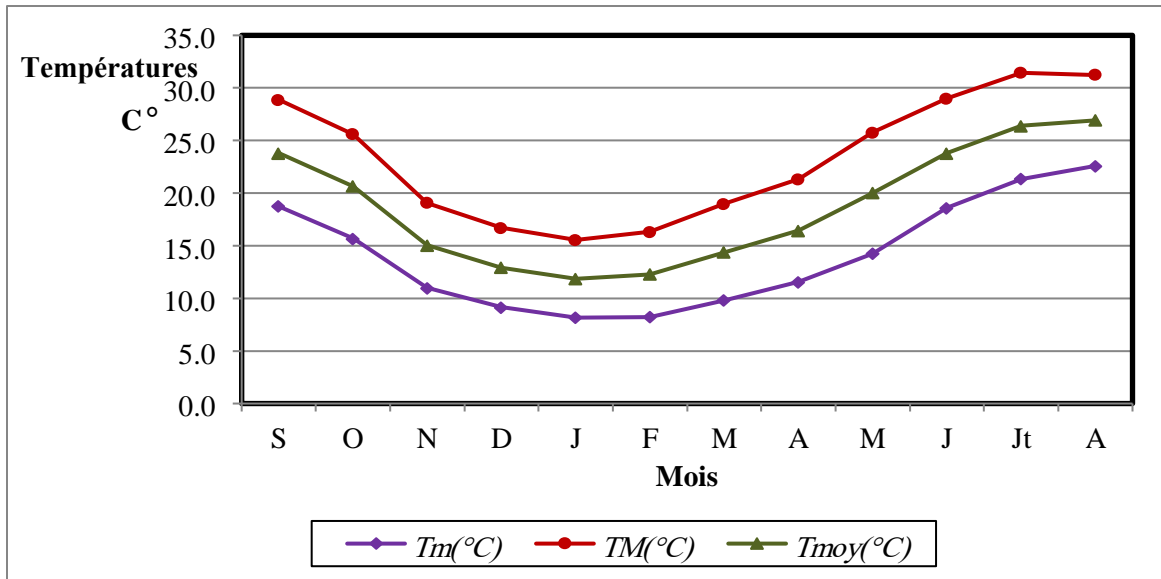


Fig.08: Variation mensuelle des températures à la station d'Ain - Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).

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.

3. Étude du climat

3.1 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 06.

Tab.06 : Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Temouchent(1995 – 2012).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P (mm)	16,7	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

Chapitre II : Hydroclimatologie

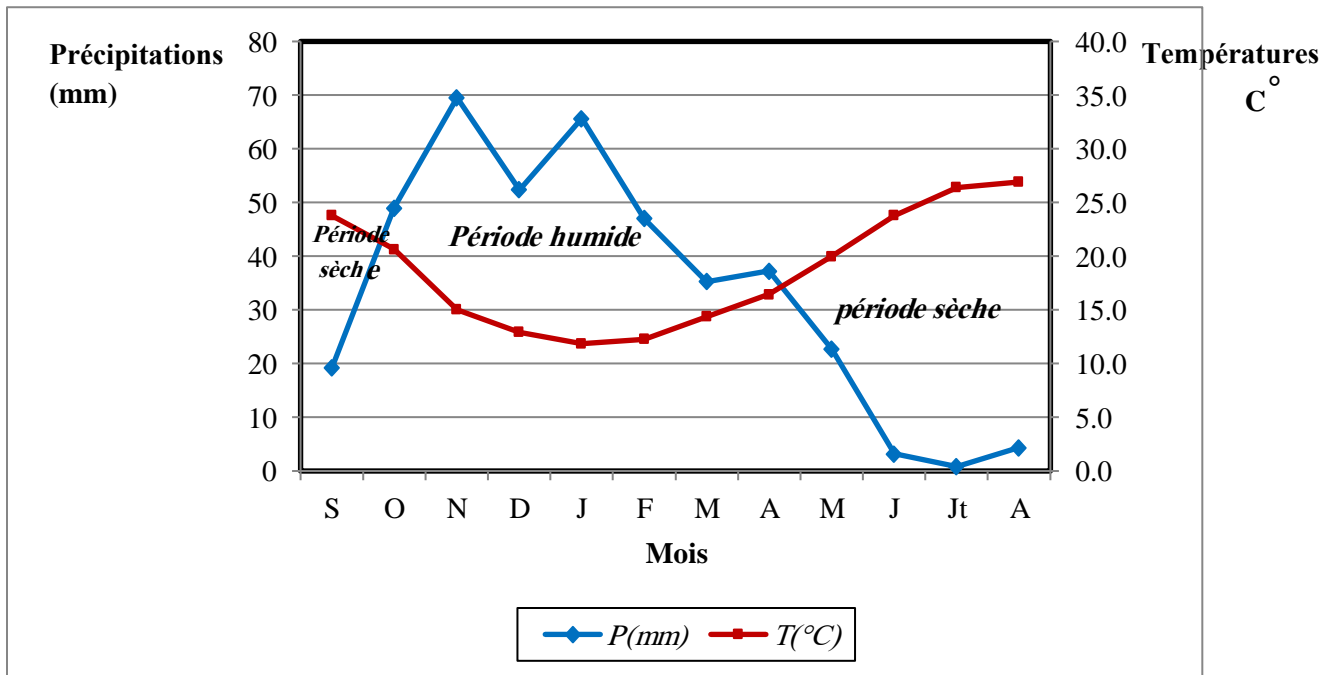


Fig.09 : Diagramme pluviothermique de la station de Ain-Temouchent (1995 – 2012).

L'établissement du diagramme pluviothermique (fig. 09) permet de distinguer :

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

3.2 Indices climatiques

Les indices climatiques permettent d'identifier le climat de la région étudiée nous 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.

3.2.1 Indice 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 :

Chapitre II : Hydroclimatologie

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

Où:

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Tab07: Indice d'aridité de De. Martonne.

P (mm)	T (°C)	I
362,9	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 10 ci-des

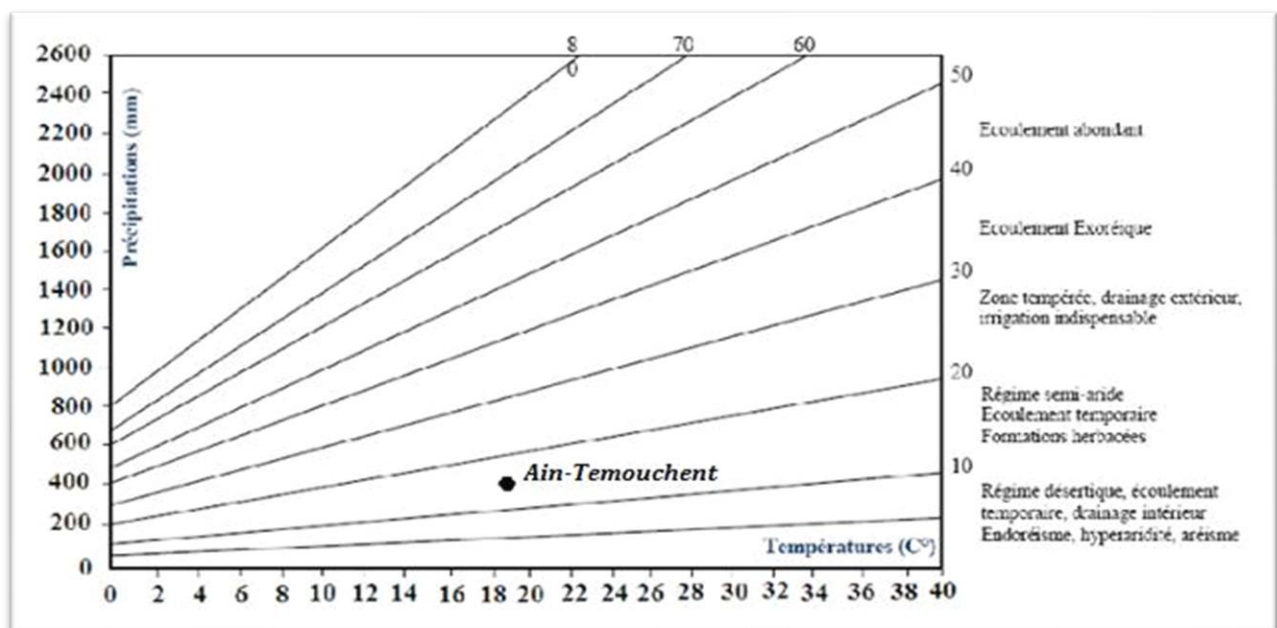


Fig.10: Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain Temouchent (1995-2012).

3.2.2 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).

Chapitre II : Hydroclimatologie

Tab.08: Indice annuel de Moral.

P (mm)	T (°C)	Im
362,9	18,7	1,11

4. Evaporation et déficit d'écoulement

4.1 Méthode de Turc

L'évapotranspiration réelle (tab.10) se déduit à partir d'une relation (L. Turc) applicable à toutes les régions, donnant de bons résultats sur 254 bassins dans le monde, elle est de la forme :

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

ETR : évaporation réelle annuelle (mm)

P : précipitations moyennes annuelle (mm)

L : $300 + 25T + 0,05T^3$

AVEC T : Température moyenne annuelle (°C)

Tab.09: Valeur de l'ETR (Turc).

P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)	P (%)
362,9	18,7	1094,46	396,22	98,27

Ainsi: ETR =396,22 mm, ce qui représente 98,27 % des précipitations.

4.2 Méthode de Coutagne

Le déficit d'écoulement (tableau.24) qui est l'équivalent de l'évapotranspiration réelle est noté :

$$D = P - \lambda P^2 \quad \text{où: } \lambda = 10,8 + (0,14T)$$

D: déficit d'écoulement (m/an).

P: Hauteur moyenne annuelle des précipitations (m/an).

• Température moyenne annuelle (°C).

- Cette formule n'est applicable que pour : $\frac{1}{8\lambda} \leq P \leq \frac{1}{2\lambda}$
-

$$D = 355,6 \text{ mm}$$

Tab.10: Paramètres du déficit d'écoulement (Coutagne).

P (mm)	1/8 (mm)	1/2 (mm)	T (°C)	D (mm)
362,9	427,3	1709,4	18,7	355,6

Chapitre II : Hydroclimatologie

Ce résultat montre que la part des écoulements déduit serait de l'ordre de 47,6 mm ; soit environ 12% des apports par les précipitations.

4.3 Méthode de Thornthwaite

Thornthwaite a suggéré une équation favorisant le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et permettant de suivre les éléments du bilan hydrologique à l'échelle mensuelle. L'ETP est donnée par la relation :

$$ETP = 1,6 (10^t)^{af(\lambda)}$$

Où:

- ETP: évapotranspiration potentielle mensuelle (cm)
- T: température moyenne mensuelle (°C).
- F(λ): facteur de correction mensuel lié à la latitude (durée maximale d'ensoleillement), donné par des tables.
 - $I = \sum 12i$: avec i (indice thermique mensuel) = $(t)^{14}$.
 - a (exposant climatique) = $(\frac{I}{100})^{1,6} + 0,5$.

On consigne les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (Thornthwaite, 1944) relatives aux douze mois de l'année dans le (tab.11) ci-dessous selon les considérations suivantes :

$$ETP_{calculés} = calculés = 1,6 (10^i)$$

I

$$ETP_{corrigés} = ETP_{calculée} \times f(\lambda)$$

Tab.11 : Valeurs de l'ETP à la station d'Ain - Temouchent (1995-2012) .

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
t(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9	18,7
i	10,62	8,563	5,297	4,211	3,697	3,896	4,96	6,07	8,16	10,61	12,42	12,8	91,28
		I = 91,28.		Et		a = (0,016*91,28)+0,5 = 1,9604.							
ETP Calculée (cm)	10,48	7,931	4,258	3,163	2,672	2,86	3,91	5,07	7,46	10,46	12,84	13,3	84,43
f(λ)	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETP corrigée (cm)	10,79	7,693	3,662	2,689	2,325	2,431	4,03	5,53	9,02	12,66	15,79	15,5	92,08

Chapitre II : Hydroclimatologie

Ce tableau sera complété par la suite lors de l'estimation du bilan hydrologique

4.4 Méthode de Wundt

Les valeurs du déficit et du quotient d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations reportées sur l'abaque de Wundt (fig.11), donnent les résultats résumés au tab.12.

Tab.12: Valeur du déficit d'écoulement (D) et du quotient d'écoulement (E).

P (mm)	T (C)	D (mm)	E (mm)
362,9	18,7	400,0	Inférieur à 10 %

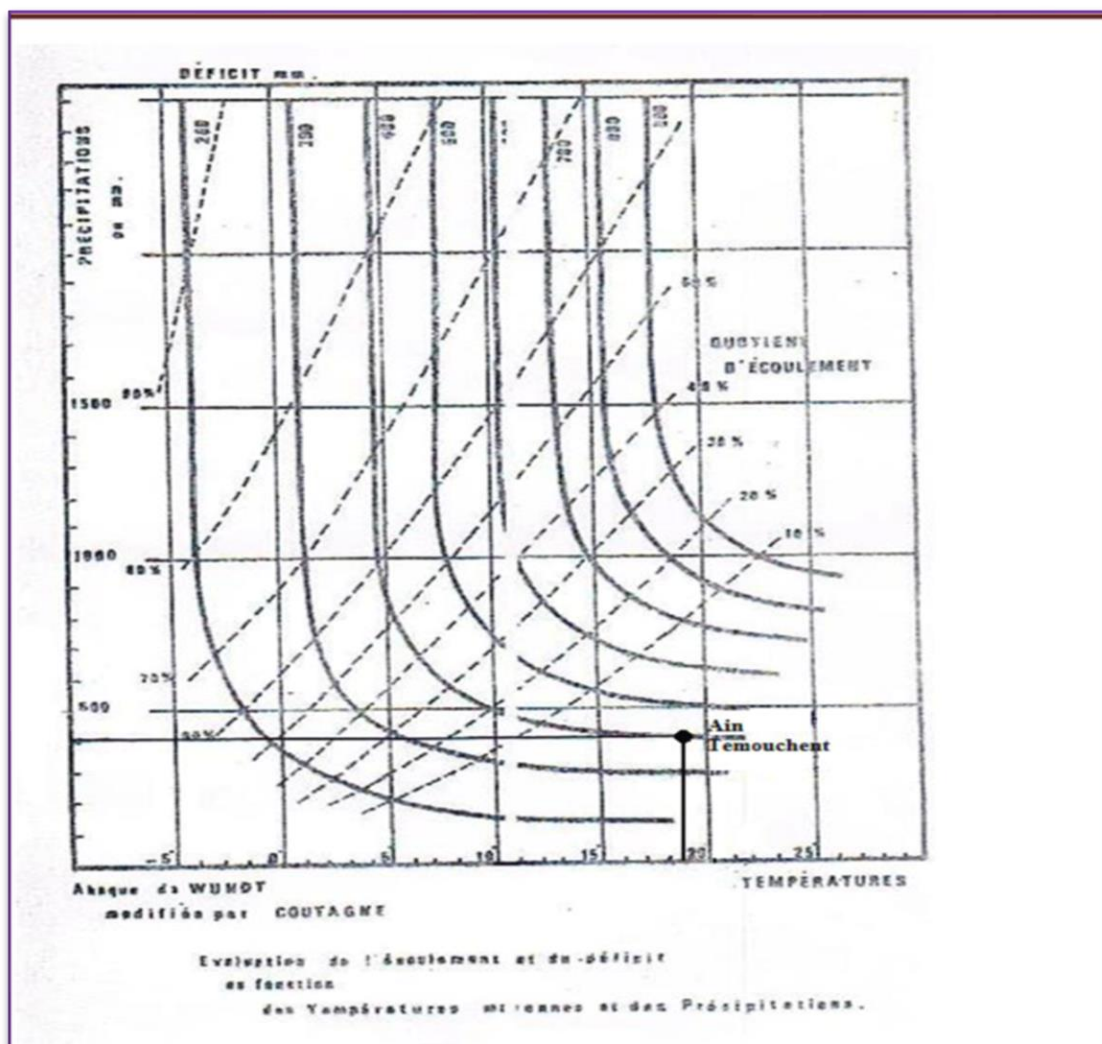


Fig.1: Abaque de Wundt

4.5 Méthode de P. Verdeil

Le report des précipitations annuelles (station d'Aïn- Temouchent) sur l'abaque de P. Verdeil (fig.12) permet de déduire le déficit d'écoulement.

Chapitre II : Hydroclimatologie

Tab.13 : Valeur du déficit d'écoulement.

P (mm)	D (mm)	Ecoulement (mm)
362,9	387	16,2 mm soit 4,02 %

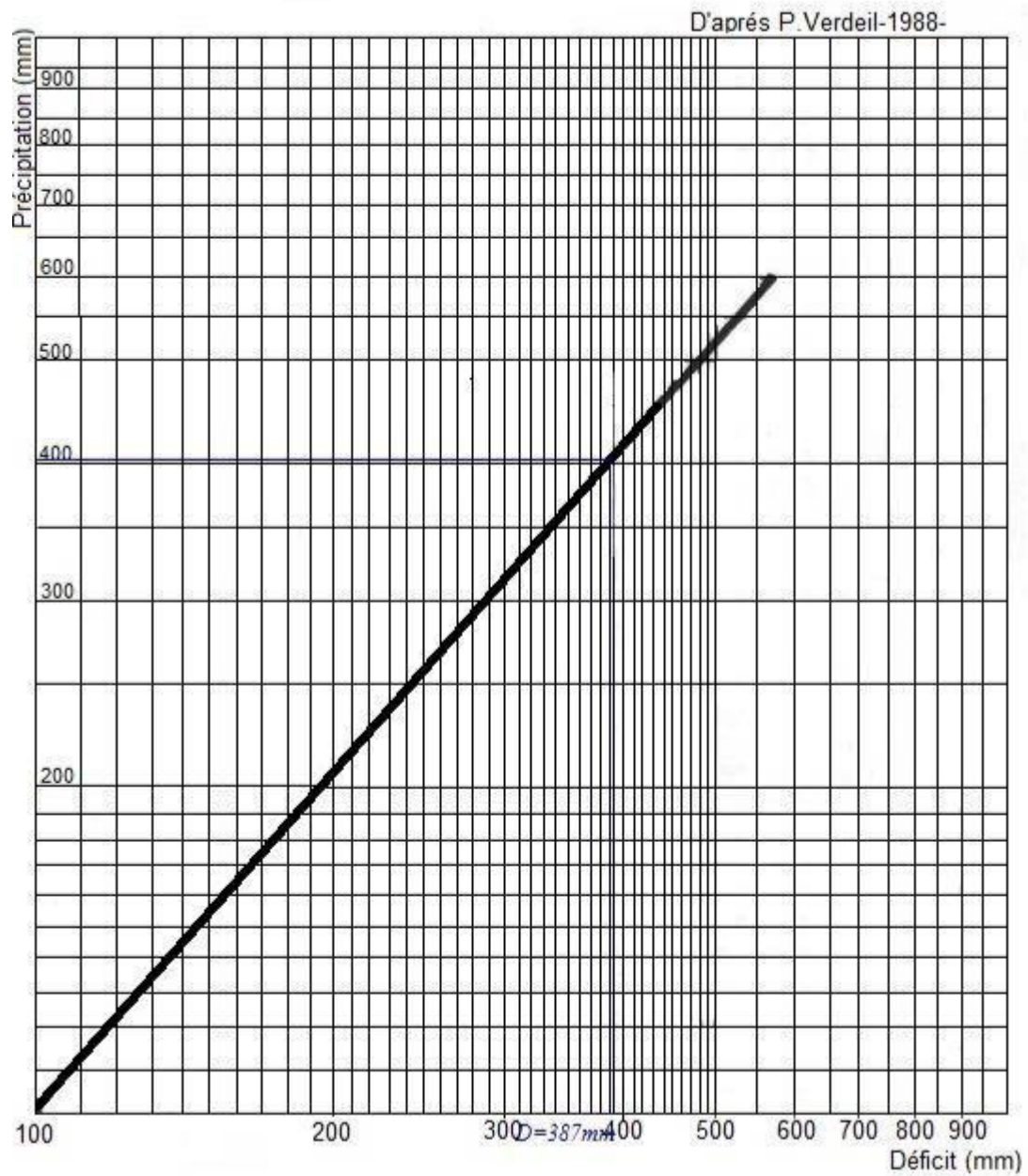


Fig.12 : Abaque représentatif du déficit d'écoulement (P. Verdeil, 1988).

Chapitre II : Hydroclimatologie

5. Eléments du bilan hydrologique

5.1 Bilan de Thornthwaite

Le bilan de Thornthwaite permet de suivre les éléments du bilan hydrologique à l'échelle mensuelle de la série d'observation considérée.

Il comporte le calcul des paramètres suivants:

A- Variation de la réserve: $\Delta U = P - ETP$.

B- Réserve utile (RU): On admet que la saturation du sol est atteinte lorsque la réserve utile maximale franchit le seuil de 50 mm (cas de notre bassin versant).

A- Evapotranspiration réelle (ETR): deux cas peuvent se présenter:

- Si les précipitations du mois sont supérieures à l'ETP : l'ETR sera égale à l'ETP et on aura alors un excédant emmagasiné dans l'humidité du sol dont il augmente les réserves jusqu'à saturation, au-delà, l'eau disponible alimentera l'infiltration.

$$P > ETP \quad \Rightarrow \quad ETR = ETP$$

- * Si les précipitations mensuelles sont inférieures à l'ETP :

- ETR sera égale à l'ETP aussi longtemps que la réserve sera capable de fournir les

- ETR = RU + P lorsque la réserve d'humidité deviendra insuffisante et on aura ainsi un déficit d'écoulement, ensuite l'ETR sera égale à P au fur et à mesure que RU reste nul.

Déficit agricole: $DA = ETP - ETR$.

Le tableau suivant montre le bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite pour la série 1995-2012 :

Tab.14 : Éléments du bilan hydrologique (méthode de Thornthwaite)

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	Année
P (mm)	69,2	52,1	65,2	47	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1	19,2	48	396,2
T(C°)	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20	23,8	26,4	26,9	23,8	20,65	16,5
ETP	36,62	26,89	23,25	24,31	40,3	55,3	90,2	126,2	157,9	155	107,9	76,93	920,8
$\Delta R = P - ETP$	32,58	25,21	41,95	22,69	-5,2	-18	-68	-123	-157	-151	-88,7	-28,9	
RU (50m m)	32,58	50	50	50	44,8	26,6	0	0	0	0	0	0	
ETR	36,62	26,89	23,25	24,31	40,3	55,3	48,9	3,2	0,7	4,1	19,2	48	330,8
D.A	0	0	0	0	0	0	41,3	123,4	157,2	150,5	88,69	28,93	590
EX	0	7,794	41,95	22,69	0	0	0	0	0	0	0	0	72,4
E=EX /2	0,045	3,879	22,92	22,8	11,4	5,7	2,85	1,425	0,713	0,36	0,178	0,089	72,38

Chapitre II : Hydroclimatologie

5.2 Détermination de l'infiltration

Elle peut être déduite à partir de l'équation du bilan dont l'expression est la suivante :

$$P=D+R+I$$

$$E=R+I$$

P: précipitations moyennes annuelles (mm).

D: déficit d'écoulement (mm).

R: Ruissellement (mm).

I: Infiltrations (mm).

E: Écoulement (mm).

Selon les différentes méthodes envisagées, la part des eaux infiltrées est représentée dans le tableau 15

Tab.15: Valeurs de l'infiltration selon les différents auteurs.

R (mm)	Turc		Coutagne		Verdeil		Wundt		Thornthwaite	
	ETR	E	ETR	E	ETR	E	ETR	E	ETR	E
25,7	396,22	-	355,6	21,9	387	-	400	-	330,8	46,7

Il faut noter que les valeurs représentant l'ensemble des écoulements (E) comprennent l'infiltration et le ruissellement. Les données disponibles ne permettent pas d'estimer la part du ruissellement pour en déduire l'infiltration ($I=E-R$).

Chapitre II : Hydroclimatologie

Conclusion

À Partir de l'étude climatique de la station d'Ain Temouchent sur la période 1995-2012, nous avons abouti aux résultats suivants :

- Une moyenne annuelle de précipitations égale à 362,9 mm.
- Une moyenne annuelle de température égale à 18,7 °C avec Janvier le mois le plus froid (11,9 °C) et Août le plus chaud (26,9 °C).
- La méthode des courbes pluviothermiques nous a permis de définir une période humide plus au mois étendue d'Octobre à Avril.

À l'échelle saisonnière, l'étude des précipitations montre que l'Hiver est la saison la plus humide tandis que celle de l'Été est la plus sèche. En effet, l'indice saisonnier est 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 au niveau de l'ensemble du bassin versant d'Elmaleh.

On peut noter que la part de l'infiltration est très appréciable puisqu'on est dans une région centrée sur un impluvium constitué de formations de bonne perméabilité (basaltes et grès fissurés, alluvions, sable et grès). Ces conditions sont favorables à une bonne recharge des nappes.

Chapitre III

Hydrogéologie

Chapitre III: Hydrogéologie

Introduction

L'étude géologique nous a permis d'individualiser plusieurs formations perméables, qui selon leur importance ; se répartissent comme suit :

- Formation des calcaires fissurés du Miocène supérieur.
- Formation des laves fissurées du Plio-Quaternaire.
- Formation des alluvions quaternaires.

Pour préciser les niveaux aquifères dans notre étude, nous nous sommes basés essentiellement sur les logs stratigraphiques des différents forages réalisés au niveau de la région d'étude.

1. Aperçu des différentes nappes

Selon les travaux de B.Sourisseau (1972) et autres nous avons pu recenser les nappes suivantes :

- Nappe des alluvions quaternaires (N1) des oueds et terrasses alluviales (le plus souvent, il s'agit de limons sableux dont la perméabilité est généralement moyenne à faible selon l'abondance de la partie sableuse). Son extension est limitée généralement dans les alluvions salées de l'oued EL-MLEH, et en bordure de la Sebkha.

- Nappe du Pliocène continentale (N2), représentée par des sables, graviers et grès, de perméabilité variable et parfois forte.

Ces deux nappes sont en parfaite relation formant ainsi un seul système aquifère superficiel.

- Nappe des formations volcaniques (N3) formée par un ensemble de laves, tufs et cendres d'ont bonne perméabilité mais leurs impluviums est restreint. Les sources sont rares dans la région ; les plus importantes sources en regroupement sont situées près du contact de base avec les marnes de l'Oligocène en bordure méridionale du bassin versant de l'oued El-Maleh. L'extension des nappes correspond à celle des coulées volcaniques aux environs d'AIN TEMOUCHENT qui sont d'un contour très irrégulier. La nappe se déverse dans les lits ou sur les versants des oueds ; elle surmonte directement les nappes N1 et N2.

- Nappe du Miocène supérieure (N4) constituée par les calcaires récifaux très perméables et peuvent fournir, lorsque leur épaisseur est suffisante, des dépôts importants. Ils sont étendus aux plateaux de SIDI SAFI, de SIDI BEN ADDA et de SIDI BEKHTI. Au Nord de AIN TEMOUCHENT, ils sont en partie recouverts par les coulées et épanchements volcaniques. La totalité des eaux de la nappe rejoint les oueds SIDI DJELOUL, EL HALOUF et surtout la vallée de l'oued SENNANE empruntant l'étroit couloir entre les Djebels SIDI KACEM et Menguel en amont de la région de Terga.

Il faudra noter particulièrement que la nappe N3 au Nord d'AIN-TEMOUCHENT recouvre les calcaires récifaux du Miocène supérieur qu'elle peut suralimenter par drainance.

B.Sourisseau a établi une carte schématique au 1/200.000 (fig. 13) représentant les principales nappes et un substratum imperméable.

Chapitre III: Hydrogéologie

On peut remarquer sur cette carte l'interconnexion de ces différentes nappes formant ainsi un complexe aquifère en parfaite relation hydraulique.

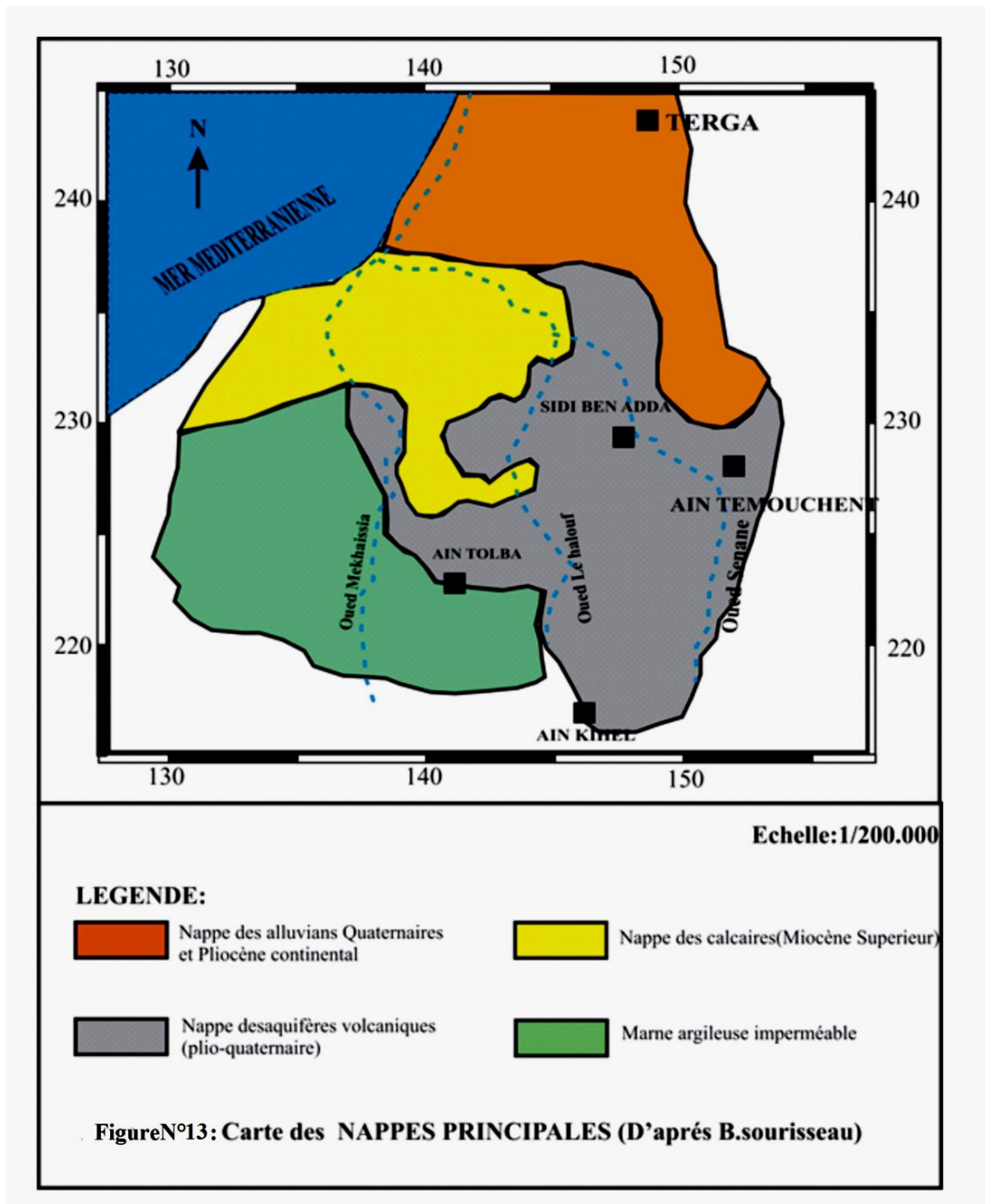


Fig.13 : carte des NAPPES PRINCIPALES (D'APRES B. Sourisseau « 1972 »)

Chapitre III: Hydrogéologie

2. Identification des aquifères

2.1 Aquifère des alluvions Quaternaires

Le Quaternaire est représenté par des alluvions et sédiments de pente, limons sableux, sables argileux et poudingues. C'est une formation semi-perméable qui peut présenter localement une perméabilité importante, se localisant essentiellement dans la région de Terga, la plaine de la M'Leta et vers les vallées des Oueds, ainsi qu'au secteur de Hassi El Ghalla et à l'Est de Boutlélis où les alluvions anciennes sont alimentées par l'aquifère des sables et grès du Pliocène.

Les apports d'eaux douces de l'aquifère des calcaires miocènes permettent d'obtenir des mélanges acceptables et d'augmenter les réserves (H.P.O d'Oran). Les alluvions composées d'argiles rouges à galets en bordure de la sebkha contiennent une nappe peu profonde salée. Le Calabrien comprend les alluvions et sédiments de la marge continentale, sables à Hélix indurés des grès, galets et des carapaces calcaires.

Dans le compartiment effondré, comblé par les alluvions sablo-argileuses, un forage F1 (x = 137, y = 234.7) a été implanté à proximité des formations calcaires du Plateau de Sidi Safi et des schistes et quartzites primaires du Djebel Houwawria.

À partir de la coupe lithologique (Figure N°1), on peut distinguer de haut en bas les formations suivantes :

- Alluvions sablo-argileuses à éléments de calcaire, basalte et quartzite (0-42 m) ;
- Alluvions sablo-argileuses à éléments de schistes, quartzites et calcaires, avec quelques passées de poudingues (42 -90 m) ;
- Alternance de schistes et de quartzites (90 -135 m).

Il s'agit d'une nappe libre à semi-libre formée par des alluvions où l'on peut observer des passées de poudingues, dont le mur est constitué par les schistes et quartzites du Primaire.

En cours de foration, des pertes totales ont été repérées dans deux niveaux différents à 23 mètre dans les basaltes et à 74 mètre dans les niveaux conglomératiques.

Ces pertes semblent indiquer que la nappe circule dans un réseau de chenaux localisés dans les niveaux conglomératiques et les passées les moins argileuses et faiblement indurées (H.Mansour 1989). Ces horizons servent de collecteurs aux écoulements provenant de la

Chapitre III: Hydrogéologie

nappe des calcaires du Plateau de Sidi Safi. Ceci corrobore le débit élevé prélevé de cette nappe, dépassant 40l/s.

2.2 Aquifère des basaltes Plio-Quaternaire

Les basaltes requièrent une grande importance sur le plan des ressources en eau principalement en raison de leur vaste extension dans la région. Leur limite en profondeur varie suivant la localisation: ce serait parfois les formations sableuses du Pliocène et parfois les calcaires et les marnes du Miocène. Cet ensemble aquifère comprend trois niveaux avec de bas en haut:

- **Tufs basaltiques:** formation légère et tendre, formée de matériaux grossiers qui 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. Elles comportant un réseau de fissures très dense et d'orientations variables. Ces coulées ont donc une perméabilité de fissures dont les plus importantes 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. Cette nappe est très sollicitée dans la région où elle est captée par plusieurs forages à débit très appréciables particulièrement au niveau de la région d'Aïn-Temouchent.

2.3 Aquifère des sables et grès du Pliocène

Il est constitué, dans l'ensemble, par une alternance de sables, grès et des marnes sableuses, qui surmontent les calcaires du Miocène supérieur du djebel Kéroulis (Djebel El Maïda). C'est un aquifère à perméabilité d'interstices renfermant une nappe dont l'écoulement se dirige du Nord vers le Sud, une partie de l'alimentation se fait par les calcaires blancs messéniens. Dans la région de Sassel, l'écoulement de la nappe se fait du Nord- Est vers le Sud- Ouest, une partie de ces eaux s'écoule vers la mer, l'autre partie s'écoule vers la vallée de l'Oued El-Malah.

2.4 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. Il affleure dans la région d'Aïn Temouchent entre Sidi Safi et Terga. Ces calcaires sont fortement fissurés

Chapitre III: Hydrogéologie

et karstifiées avec un pendage orienté vers le Nord- Est, donnant une perméabilité élevée. Vers le vers le Sud d'Aïn Temouchent et Sidi Ben Adda, elles sont recouvertes par les épanchements volcaniques du massif d'Aïn-Temouchent qui les suralimentent.

2.5 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 très modestes (en général inférieurs à quelques litres par seconde). Cependant, dans le cas d'une disposition favorable (structurale) comme celui d'Ain El Had au Nord- Est d'Aougbellil (limite méridionale du bassin d'El-Maleh), cette nappe s'est avérée très importante en fournissant un débit d'exhaure élevé (environ 35 L/s).

3. Morphologie des nappes

Elle s'est basée sur la cartographie de l'écoulement des eaux souterraines représenté à partir de cartes piézométriques établies au niveau des différents secteurs de la région d'EL-MALEH. Cette analyse piézométrique a pour but d'étudier la nappe dans son environnement géologique, ainsi que la détermination du schéma général de son écoulement souterrain.

3.1. L'aquifère des Alluvions Quaternaires du Pliocène (plaine Terga):

Nous avons pu disposer d'une carte piézométrique établie par Mr M. Foukrache, (2001) couvrant principalement la plaine de Terga et une partie de plateau de Sidi Safi

Chapitre III: Hydrogéologie

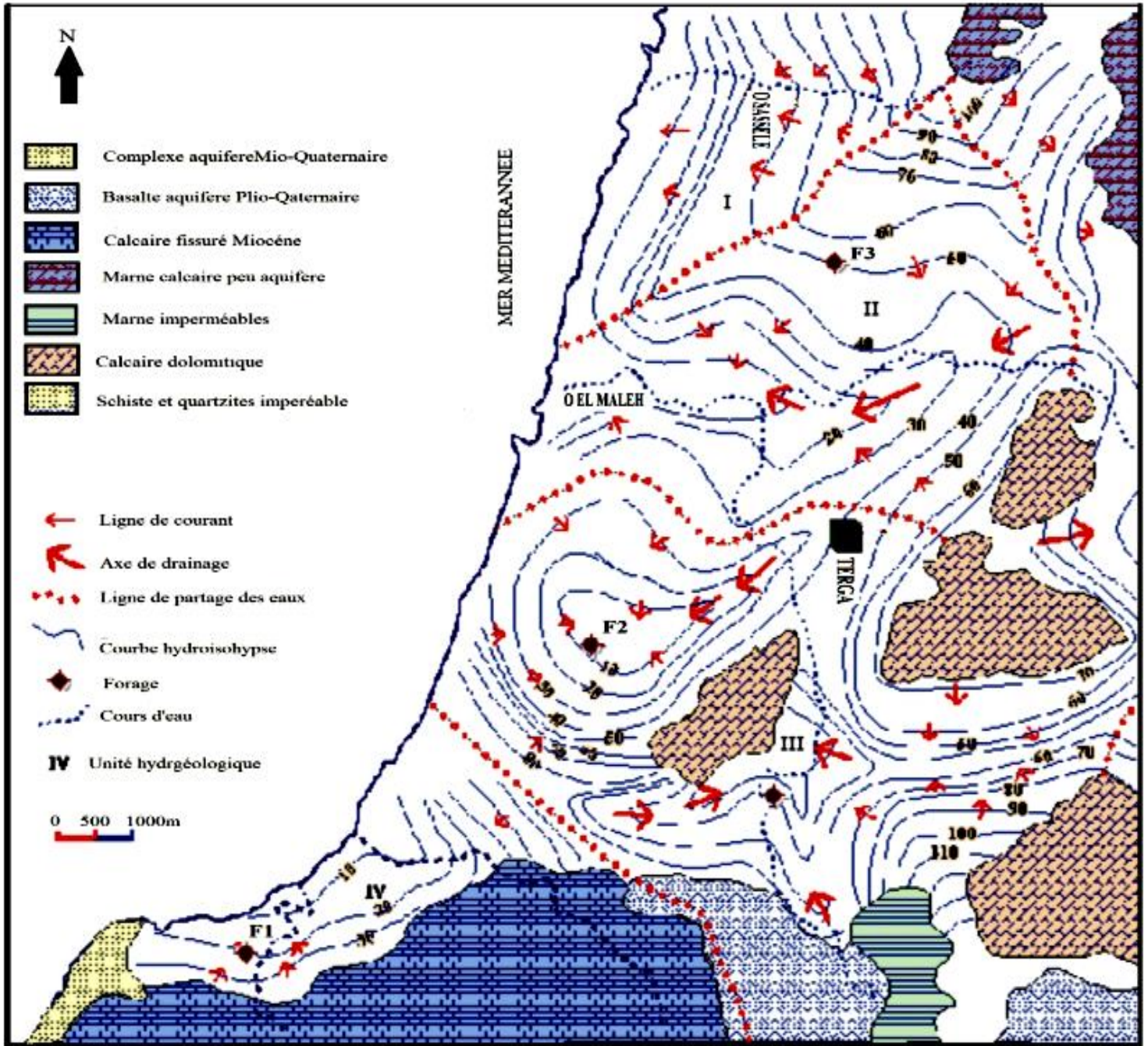


Fig.14 : Morphologie de la nappe et conditions aux limites (El Maleh Terga), (M. Foukrache, 2001).

Chapitre III: Hydrogéologie

Interprétation de la carte piézométrique

L'écoulement se fait en général vers la mer, mais l'analyse plus détaillée nous montre une certaine complexité des directions de l'écoulement, due essentiellement à l'existence d'un substratum très faillé.

Du point de vue alimentation, on note :

- Un écoulement d'Est en Ouest à partir de la région de Sassel vers la plaine de Terga (alimentation par les calcaires blancs Messéniens).
- Un autre écoulement, d'Ouest à l'Est, de la région de Sidi Safi vers les vallées de Sidi Djelloul, El Hallouf et la plaine de Terga à partir de l'oued Taieb (alimentation par les calcaires de Sidi Safi et les coulées basaltiques fissurées de la région Nord de A. Témouchent.

Dans le détail, on peut distinguer quatre unités hydrogéologiques juxtaposées :

A/Vallées des oueds Sidi Djelloul et El Hallouf

La piézométrie révèle un écoulement convergent vers les vallées de Sidi Djelloul et El Hallouf donnant naissance à un axe de drainage au niveau de chaque vallée. L'alimentation se fait essentiellement à partir des calcaires miocènes de Sidi Safi et des basaltes.

B/Vallée de l'oued Taieb (Sennane)

La convergence des écoulements issus d'une part de la région du Djebel Nécissa (234 m) et d'autre part du plateau de Sidi Safi, vers la vallée de l'oued Taieb contribue à un écoulement vers le Nord matérialisé par un important axe de drainage. Ce dernier se dirige vers une dépression piézométrique puis continue vers le Nord.

Un écoulement moins important suivant un couloir passant entre le Djebel Sidi Kacem et le Djebel Menguel va alimenter la région d'OuledDjebara et la vallée de l'oued El Maleh.

C/Dépression piézométrique du Douar Ouled Djebara

D/Vallée de l'oued El Maleh

À ce niveau, un fait important se dégage, celui de l'existence d'une véritable dépression piézométrique limitée au Sud par le Djebel Sidi Kacem, au Nord par le Djebel d'El Aricha, à l'Est et à l'Ouest par les lignes de partage des eaux. C'est le seul secteur où il n'y a aucun écoulement vers la mer.

L'alimentation de cette dépression se fait essentiellement à partir des piémonts des Djebels Sidi Kacem, Déchera et Touita.

Chapitre III: Hydrogéologie

-Vallée de l'oued El Maleh :

La vallée de l'oued El Maleh représente le centre de toute la plaine de Terga. Pratiquement toutes les eaux souterraines convergent vers la vallée. Un grand axe de drainage dont l'écoulement se fait vers la mer est bien matérialisé sur la carte piézométrique.

La majeure partie de l'alimentation, se fait à partir des calcaires aquifères blancs miocènes de Hassi El Galla. Les sables et les grés pliocènes drainent les eaux issues des calcaires miocènes pour alimenter à leur tour la vallée de l'oued El Maleh.

D'autres venues d'eau souterraines, mais de moindre importance contribuent à l'alimentation de la vallée tels que les piémonts du Djebel Déchera et Djebel Touita ou encore l'étroit couloir drainé par l'oued Taieb entre Djebel Sidi Kacem et le Djebel Déchera.

Au niveau de la région de Sassel, les lignes de courant sont presque parallèles entre elles, les eaux s'écoulent vers la mer.

Il semble d'après l'allure générale de la carte piézométrique que les massifs d'El Maleh jouent un grand rôle hydrogéologique car ils forment une sorte de barrière qui aurait la même fonction qu'une ligne de partage des eaux avec un écoulement vers le Sud qui alimente la plaine de la Mléta et un écoulement vers le Nord qui alimente la vallée de l'oued El MALEH.

3.2.Aquifères des basaltes (Plateau d'Ain Témouchent)

À partir de relevés des niveaux piézométriques, Mr. Foukrache a dressé une carte en courbes hydro isohypses de la nappe des basaltes (fig.15).

Chapitre III: Hydrogéologie

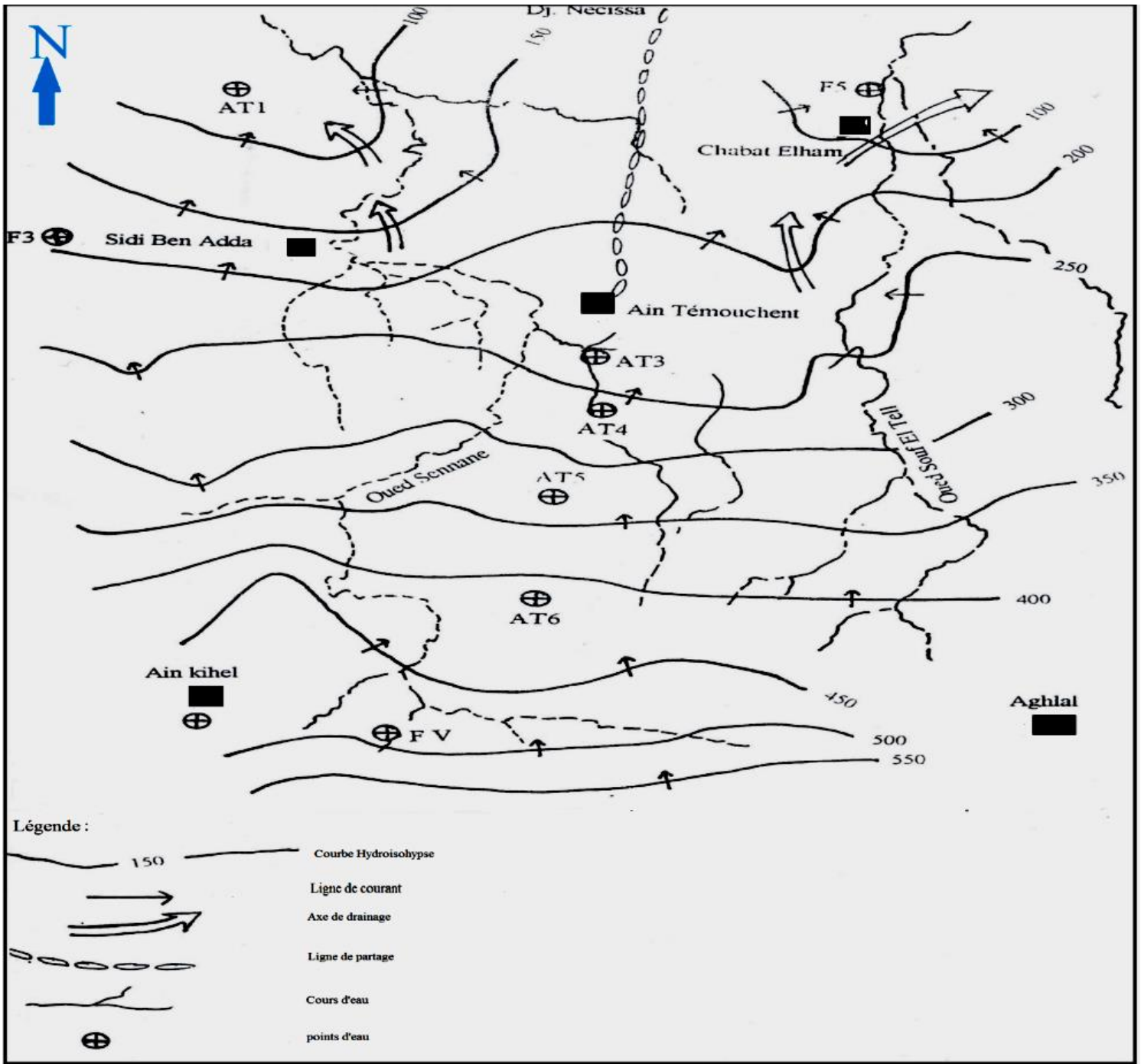


Fig.15 : Morphologie de la nappe des basaltes (Foukrache 2001)

Chapitre III: Hydrogéologie

Interprétation de la carte piézométrique

D'après cette carte on peut constater que l'écoulement des eaux souterraines se fait du sud au nord ; il est guidé par le tracé du chevelu hydrographique des oueds Sennane et Souf El Tell. On peut remarquer également l'étalement des courbes dans l'axe d'A. Témouchent où les terrains basaltiques présentent une bonne perméabilité de fissures.

Au nord d'A. Témouchent, apparaît une ligne de partage des eaux, à la faveur de l'affleurement des marnes Miocènes; donnant naissance à deux axes de drainage, l'un vers Sidi Ben Adda et l'autre vers Chaabet El Ham.

Il faut noter qu'une partie des eaux de la nappe du massif d'A. Témouchent est déversée dans l'aquifère des calcaires du Plateau de Sidi Safi, l'autre partie alimentera la nappe Plio Quaternaire d'El Maleh-Terga.

L'alimentation de l'aquifère des basaltes est assuré par son propre impluvium fissuré. Les fissures dominantes sont de même direction que l'écoulement majeur souterrain, ce qui favorise la circulation des eaux et la recharge de la nappe par les eaux météoriques.

3.3 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur (plateau de sidi Safi)

3.3.1 Morphologie de la nappe -Conditions aux limites

À partir des niveaux piézométriques, M^{elle} Fessiou Houariya et Atmani Rahmouna (1998) ont dressé une carte en courbes hydroisohypses de la nappe des calcaires du Miocène supérieur de Sidi Safi.

Chapitre III: Hydrogéologie

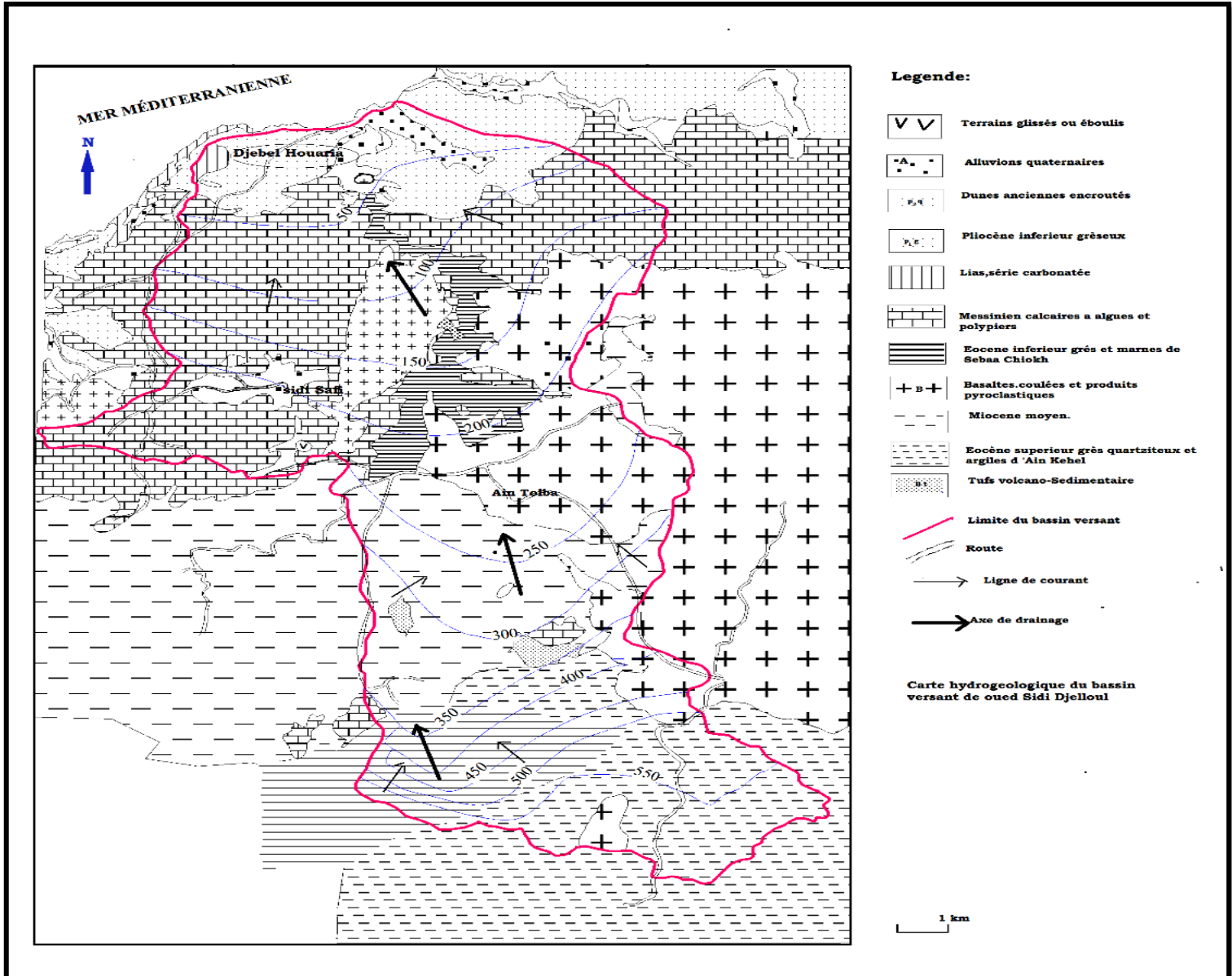


Fig.16: Carte Hydrogéologique du bassin versant d'oued Sidi Djelloul (Fessiou et Atmani « 1998 »)

Chapitre III: Hydrogéologie

À partir de l'interprétation de la carte piézométrique, elles ont observé trois unités hydrogéologiques, l'une au Sud, l'autre au centre et la dernière au Nord, liées au sens d'écoulement souterrain qui semble épouser l'écoulement superficiel.

A- Unité hydrogéologique du Sud

Cette unité représente une nappe radiale à filets liquides convergent et à profil piézométrique hyperbolique. L'écoulement majeur se fait du Sud-est vers le Nord, le module d'espacement est faible au Sud-est (gradient fort) et fort au accusant une bonne perméabilité des terrains gréseux et basaltiques.

L'allure des courbes montrent un axe de drainage majeur du Sud vers le Nord. L'écoulement de cette unité est sollicité essentiellement par la nappe des grès argileux et grès marneux de l'Eocène supérieur et inférieur.

B- Unité hydrogéologique du centre

Elle représente une nappe radiale à filets liquides convergents et à profil piézométrique hyperbolique. Là encore l'écoulement majeur se poursuit vers le Nord proliféré par la nappe des basaltes.

C- Unité hydrogéologique du Nord

Cette unité présente un écoulement général qui se fait vers le Nord. Ce secteur constituerait une zone favorable à l'implantation d'ouvrages de captage. La nappe est toujours de type radial à profil hyperbolique. La zone Nord-est du bassin constitué par des calcaires à fissuration intense jalonnée par la présence de nombreuses failles de directions variables, reconforte vraisemblablement le captage des eaux souterraines de la nappe des calcaires.

4.Relation entre les aquifères et les eaux souterraines

4.1. Aquifère des alluvions quaternaires

Au Nord de Ain-Temouchent, un aquifère modéré et très réduit se manifeste dans les grès du Miocène moyen. À ce niveau, les eaux souterraines sont canalisées par les Djebels Necica et Tounit. Ce flux souterrain se poursuit vers l'Oued Sennane où émerge une partie de l'eau à Ain Sidi Yamina avec un faible débit de 2 l/s.

Chapitre III: Hydrogéologie

Une autre partie de l'écoulement souterrain est dirigée vers Chaabet El Ham. Notant qu'à ce niveau la présence conjointe des calcaires miocènes et des basaltes, contribue largement à la réalimentation des autres horizons aquifères.

4.2. Aquifère des basaltes Plio- quaternaire

L'aquifère est composé principalement de tufs basaltiques et de cendres. Il se caractérise par une perméabilité de fissures très développée, générant une forte infiltration. Ces conditions offrent un grand potentiel d'eau souterraine. Cet aquifère est directement lié aux autres niveaux aquifères qu'il suralimente.

4.3. Aquifère des sable et grés du pliocène

Cette formation surmonte directement les calcaires du Miocène supérieur ; l'ensemble formant ainsi un système aquifère bicouche dont les eaux sont charriées du Sud- Ouest vers le Nord- Est.

Cet aquifère à perméabilité d'interstices, est essentiellement alimenté par son propre impluvium. Généralement les débits prélevés de cette nappe sont modestes au vu de l'infiltration plus ou moins lente lors des apports par les précipitations.

4.4 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur

La nappe est représentée par des formations calcaires fortement fissurées et karstifiées, auxquelles succèdent des calcaires argileux reposant directement sur les schistes imperméables.

Ces formations sont très perméables (perméabilité de fissure et de chenaux), leur débit est très appréciable, dû à l'infiltration importante et rapide des eaux météoriques, ce qui offre une bonne recharge de cet aquifère.

4.5 Aquifère des calcaires et grés de l'oligo - Miocène

Dans ce cas, on distingue l'alternance des marnes et grés à ciment calcaire. La perméabilité est souvent faible due la présence de proportion de niveaux argileux et marneux ; ce qui entraîne une infiltration souvent faible, et par conséquent une recharge du réservoir assez lente.

Chapitre III: Hydrogéologie

5. Interconnexions des eaux superficielles et les eaux souterraines

5.1 Aquifère des alluvions quaternaires

Cet ensemble présente généralement une perméabilité élevée, favorisant l'infiltration directe très vaste des eaux étendue à toute la surface affleurant. En effet, on a enregistré un débit moyen exploité au forage AMMI ($Q = 9 \text{ l/s}$). L'écoulement souterrain se fait dans le même sens que les eaux de surface (du Sud vers le Nord), épousant la même direction de fissuration dominante. Cependant, cette situation constitue un risque majeur de contamination des eaux souterraines par les eaux superficielles très polluées, qui alimentent cet aquifère.

5.2 Aquifère des basaltes Plio- Quaternaire

On distingue des tufs basaltiques et scories qui sont caractérisés par une perméabilité d'interstices; leur perméabilité de fissures offre une infiltration importante. Le débit peut atteindre 30 l/s . L'écoulement des eaux souterraines est en relation avec celui des eaux superficielles qui les alimentent.

6. Hydrodynamique des aquifères

Le pompage d'essai permet de déterminer les trois buts principaux :

- Mesure sur le terrain des paramètres hydrodynamiques : la transmisivité (T) et le coefficient d'emmagasinement (S).
- Etude quantitative des caractéristiques particulières de l'aquifère : conditions aux limites.
- Observation directe, en « vraie grandeur » de l'effet de l'exploitation sur l'aquifère et prévision de l'évolution du rabattement en fonction des débits pompés.

6.1. Essais de pompage du Forage de Sidi Mohamed (Plateau d'Ain Temouchent)

Le forage de Sidi Mohamed (AT₆) de profondeur 134m capte les formations volcaniques du Plio-Quaternaire du volcan de Ben Guena, constituées de deux niveaux aquifères :

- Basaltes à perméabilité de fissures.
- Produits de projections (Cendres volcaniques) à perméabilité d'interstices.

Dans ce forage le niveau statique est de 15.5m, après pompage à un débit constant de 36.66 l/s , le niveau dynamique atteint 38.7m.

Un essai de pompage a été réalisé pour suivre le comportement hydrodynamique de la nappe de l'aquifère des basaltes. Ce pompage a duré 72 Heures.

Chapitre III: Hydrogéologie

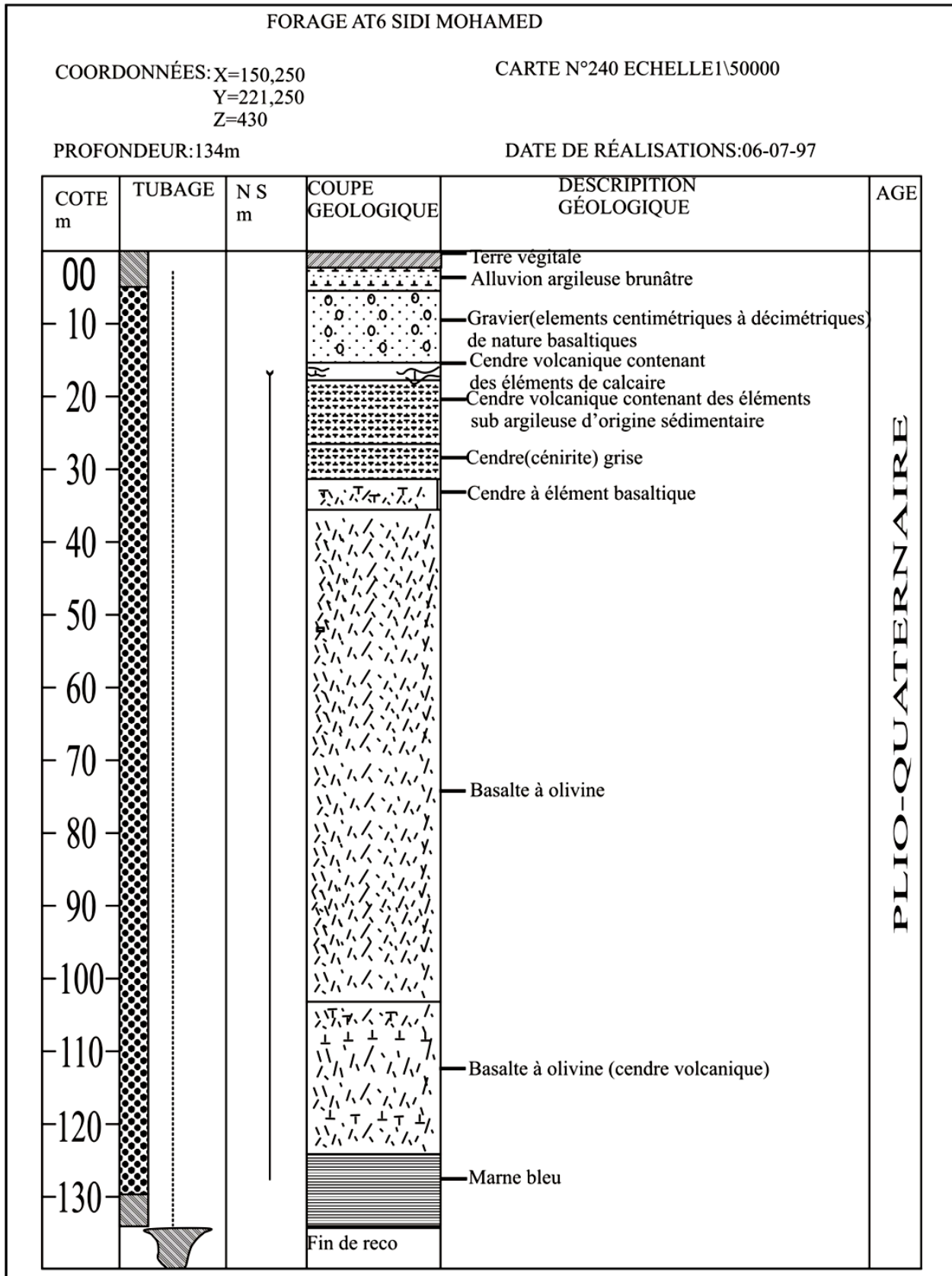


Fig.17 : Coupe géologique du forage AT6 Sidi Mohamed.

Chapitre III: Hydrogéologie

6.2. Essai de pompage de longue durée de forage Sidi Mohamed

Méthode d'approximative semi-logarithmique de JACOB :

Cette méthode consiste à représenter sur papier semi-logarithmique les rabattements (s) en fonction du temps (t), en portant sur l'axe des abscisses en échelle arithmétique les rabattements (s) et sur axe des ordonnées en échelle logarithmique le temps (t).

A) Etude de la Descente (Fig.18)

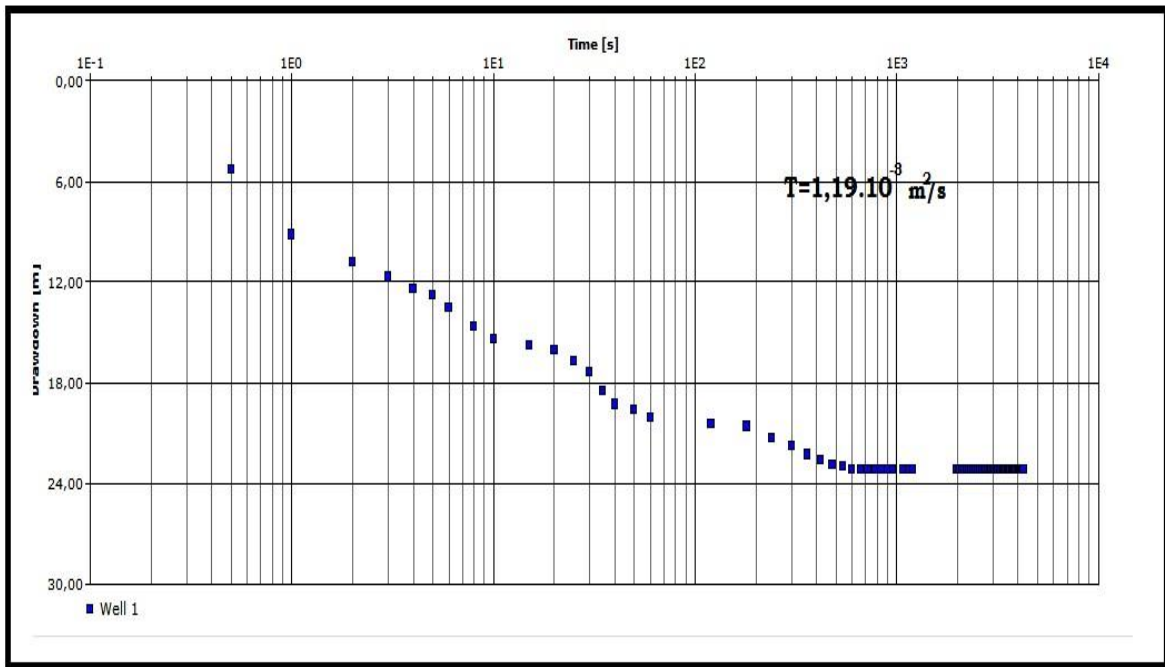


Fig.18 : Courbe de la descente, forage de Sidi Mohamed (Plateau d'Ain Temouchent)

Interprétation de la courbe

1^{er} partie : indique un effet de capacité, qui est due probablement à un apport d'eau qui a provoqué une perte de charge considérable.

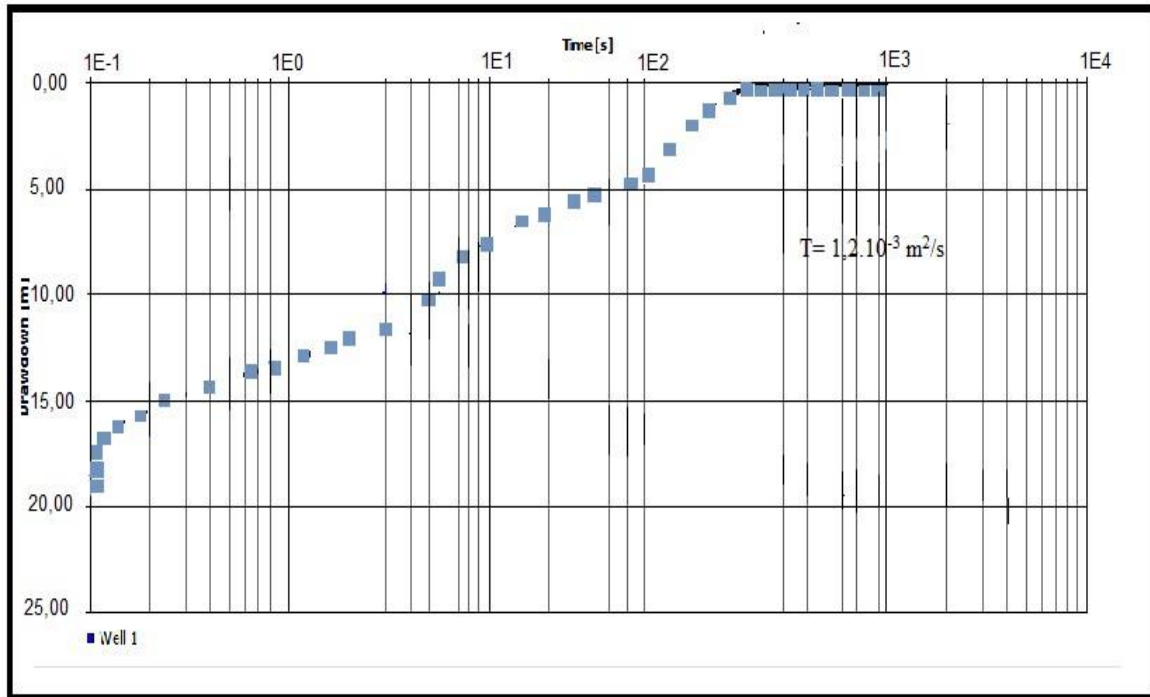
2^{eme} partie : Après 7heurs de pompage on observe un changement de pente, suivi d'une tendance à la stabilisation du niveau d'eau.

3^{eme} partie : Après 72heurs de pompage, on observe un palier de stabilisation, qui peut être expliqué par l'évolution du cône de dépression où les eaux souterraines s'écoulant vers l'oued Sennane. Celui-ci joue alors le rôle d'un drain au cours du pompage.

L'écoulement dans l'aquifère des basaltes est alors inversé dans ce cas l'aquifère est alimenté en partie par les eaux affluentes depuis l'oued Sennane.

Chapitre III: Hydrogéologie

A) Etude de la remontée (Fig .19)



Interprétation de la courbe

Le niveau piézométrique s'est stabilisé rapidement après un temps assez court. Ces conditions expriment la stabilisation rapide du niveau piézométrique au cours de la remontée. Ceci dénote d'une la bonne perméabilité de la formation aquifère et, d'autre part, la réalimentation spontanée en eau superficielle véhiculée par l'oued entaillant la formation des basaltes.

6.3. Comparaison les résultats des forages de pompage d'essai récents avec anciens résultats

Nous avons réuni au (tab.16), ci-dessous les résultats des essais de pompages des forages récents et anciens.

Chapitre III: Hydrogéologie

Études anciennes		Études récents	
Forage	paramètre hydrodynamique (T) m ² /s	Forage	Paramètre hydrodynamique (T) m ² /s
Sidi Mohamed	1,6.10 ⁻³	Sidi Mohamed	1,2.10 ⁻³
Sidi Boudia	8,2.10 ⁻³	Sidi Boudia	5,03.10 ⁻³

Tableau.16: Comparaison les résultats des forages de pompage d'essai récents avec les anciens résultats :

D'après les résultats obtenus on peut dire qu'il n'y a pas une différence notable et que les valeurs sont très rapprochées ce qui exprime que la nappe a gardé sa capacité de stockage pendant toute la durée d'exploitation jusqu'à l'heure actuelle. Ce qui dénote d'une réserve en eau souterraine importante de l'aquifère des basaltes.

7.Caractéristique physico-chimique des eaux

L'étude hydrochimique du bassin versant d'Oued El Maleh traite la qualité physicochimique des eaux souterraines et leur potabilité, Il est à noter que l'hétérogénéité lithologique de l'aquifère influence les caractères chimiques des eaux ce qui veut dire que la composition de ces eaux dépend des couches géologiques traversées. (M. ADDA. Et all, 2007)

7.1. Les analyse physico- chimiques des forages d'Ain Temouchent

Les analyses sont réalisées aulaboratoire d'unité ADE d'Ain Temouchent, il s'agit d'un laboratoire d'auto- contrôle.

Selon la loi « 9.414 » les résultats des paramètres physico- chimiques qui sont reportées en annexe III répondent aux normes de potabilité.

Les paramètres chimiques mesurés concernent :

- Les cations : Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺
- Les anions: Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, CO₃²⁻

Chapitre III: Hydrogéologie

Les paramètres organoleptiques sont consignés au (tab.17) ci-dessous

Tab. 17 : Paramètres physico- chimiques des forages d'Ain Temouchent(A.D.E)

Forage	A.T3	Sidi Mohamed	Chentouf 02	Aougbellile III	Ain Kihel	EL	Sidi Boudia
Paramètre (mg/l)							
No ₂	2,3	0,18	/	0,18	0,65		0,02
NH ₄	0,1	0,04	/	0,42	0,72		0,18
Phosphates	4	0,25	/	0,5	0,13		0,23
MO acide	1,1	0	/	2,5	3,6		1
MO basique	0	0,4	/	0,3	2,2		0,5
MES110°C	100	7	/	8	22		10
Sio ₂	28,1	24	3,39	17	12		32
Turbidité en NTU	/	19	/	4,9	26		6
C.25en µS	/	1000	/	1650	1300		1030

Chapitre III: Hydrogéologie

Minéralisation	/	759	3641	1023	987	639
R.S C	/	800	3823	1200	1440	820
TH en F°	0	32	131,6	54,2	19	/
TAC en F°	0	29	31,5	26,2	37	/
PH	7,6	8	7,2	7,6	7,1	8
Cond (ms/cm)	1,1	1000	4800	1400	1924	700

Le tableau suivant des paramètres physico- chimiques est reporté en (Annexe III).

7.2. L'interprétation des résultats

7.2.1 La Conductivité et minéralisation

La conductivité ainsi que la minéralisation sont liées au contexte lithologique, elles varient selon les formations traversées.

- Dans le forage Chentouf 02, l'aquifère est formé par les formations calcaires grés et argiles sableuses. Les eaux de la nappe admettent une conductivité comprise entre 1770 et 4800 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ce qui signifie une minéralisation élevée.

Les eaux de faible minéralisation (663- 759) se trouvent généralement au contact des basaltes.

7.2.2. Le résidu sec

Pour le forage « Chentouf 02 », la valeur du résidu sec varie aussi selon le contexte lithologique entre 2000 < et < 4000 mg/L ce qui exprime une potabilité assez mauvaise.

Tab .18: Potabilité en fonction du résidu sec.

Chapitre III: Hydrogéologie

Résidu sec (mg/L).	Potabilité.
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
1000 < RS < 2000	Médiocre
2000 < RS < 4000	Mauvaise
4000 < RS < 8000	Momentanée

Dans le forage Aougbellile III « l'aquifère Oligo- miocène », on constate que la quantité des nitrates passe de 2mg/l (analyse 1999) à 34 mg/l en 2015. Nous constatons l'augmentation des Nitrates, à cause des transferts des engrais et pesticides vers la nappe dans cette région où l'activité agricole s'est très développée. Cependant, la valeur des ions NO_3 ne dépasse pas la norme de la réglementation.

7.2.3. Le potentiel hydrogène (PH)

La valeur du PH varie selon l'aquifère considéré. Il est généralement compris entre 7 et 8 pour l'ensemble des nappes centrées sur la région. Toutefois, les valeurs du pH ne dépassent pas les normes de potabilité.

7.2.4. La balance ionique

Les analyses physico-chimiques peuvent être contrôlées par la balance ionique selon la relation:

$$BI = 100 \frac{|\sum r^+ - \sum r^-|}{\sum r^+ + \sum r^-}$$

Donc, si:

$BI \leq 2\%$: bonne analyse.

$2\% < BI < 5\%$: acceptable.

$BI > 5\%$: mauvaise.

Les résultats obtenus pour la balance ionique sont comme suivis :

- Forage Ain Temouchent : 3,74 méq/l
- Forage Sidi Mohamed: 3,61 méq/l
- Forage Faïd El Kitane 2,59 méq/l
- Forage Barrette : 1,69 méq/l
- Forage Chentouf 02 : 0,13 méq/l
- Forage Aougbellile : 1,94 méq/l

Chapitre III: Hydrogéologie

D'après ces valeurs, les résultats des analyses effectuées sont acceptables à bonnes.

7.2.5. Représentation graphique des faciès chimiques

Nous avons adopté une représentation des résultats sur les diagrammes Schoeller et Piper.

Il s'avère que les faciès chimiques des eaux sont variés, on peut distinguer :

- * Chlorurée Sodique.
- * Chlorurée Calcique.
- * Chlorurée Magnésienne.
- * Bicarbonatée Sodique.
- * Sulfatée Sodique.

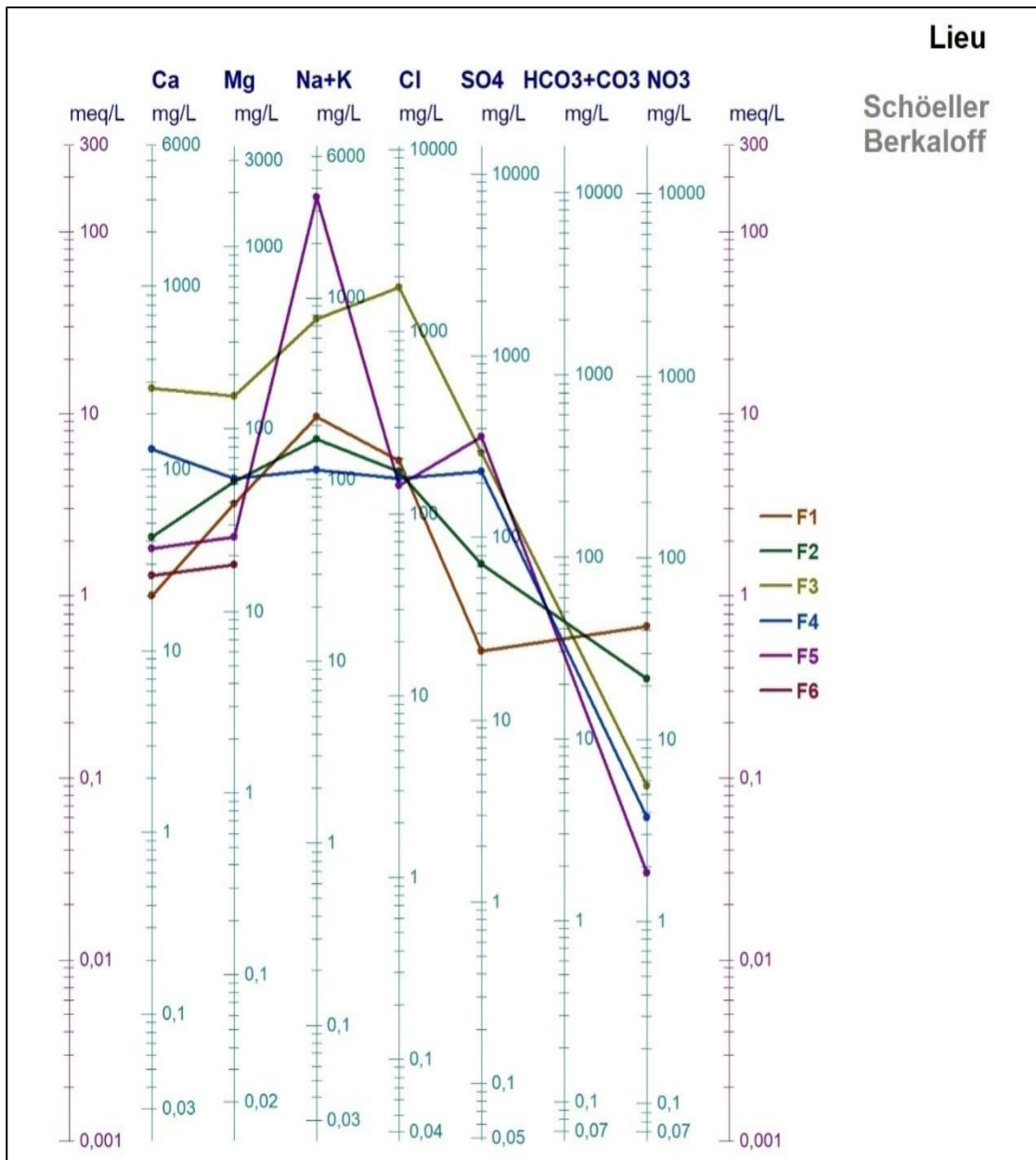
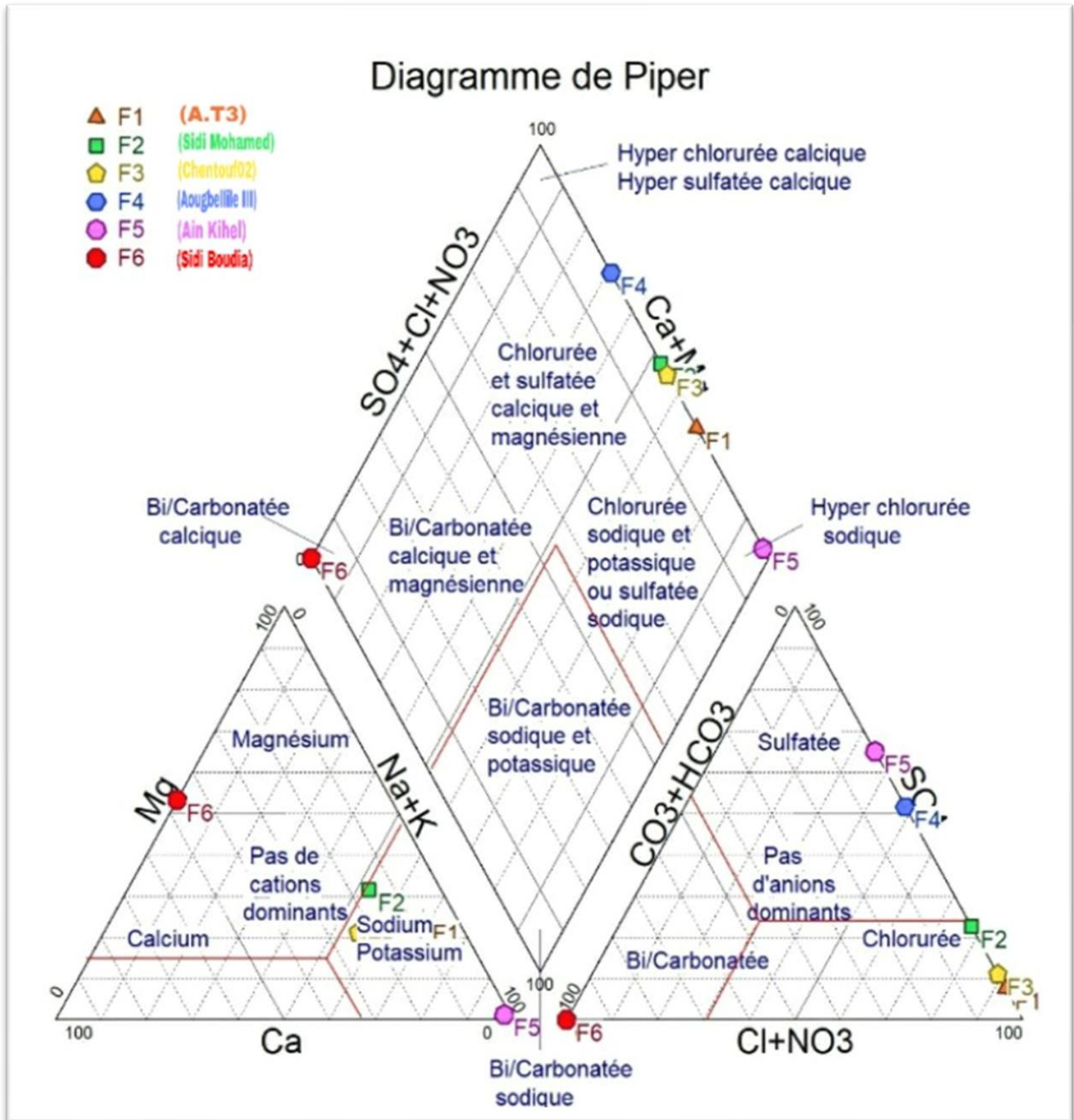


Fig.20: Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff

Chapitre III: Hydrogéologie



Nous avons réuni au tableau^o 19 les différents types de faciès chimiques en liaison avec la nature lithologique des aquifères captés et les normes de potabilité des eaux exploitées.

7.3 Détermination des faciès hydro chimiques

Les faciès hydro chimiques varient selon la minéralisation et le type d'aquifère.

A partir l'étude des analyses physico-chimiques, on distingue cinq familles de faciès dans le bassin versant d'Oued El Maleh :

- Chloruré Sodique,
- Chloruré Calcique,
- Chloruré Magnésien,

Chapitre III: Hydrogéologie

- Bicarbonaté Sodique,
- Sulfaté Sodique.

Tab.19: Interprétation des faciès chimiques des forages de la région d'Ain Temouchent.

Forage	Faciès chimique	L'aquifère	Interprétation
Ain Temouchent	Eau bicarbonatée sodique de qualité chimique bonne à passable	Plio-Quaternaire	Peut servir à l'alimentation humaine sous réserve d'une analyse bactériologique.
Sidi Mohamed	Eau bicarbonatée sodique de qualité chimique bonne à passable	Plio-Quaternaire	Peut servir à la consommation humaine sous réserve d'une surveillance de la qualité des Nitrate et l'ammonium et de la bactériologie.
Chentouf 02	Eau chlorurée sodique	Miocène	Impropre à la consommation
Aougbellile III	Eau chlorurée sodique et bicarbonatée Calcique de qualité chimique passable	Oligo-miocène	Impropre à la consommation par son taux élevé en Nitrates.
Ain EL Kihel	Eau bicarbonatée sodique de qualité chimique passable à médiocre	Plio-Quaternaire	Impropre à la consommation humaine. Eau suspecte. Taux de Nitrates et d'Ammonium élevés.
Sidi Boudia	Eau bicarbonatée sodique	Plio-Quaternaire	Peut servir à l'alimentation humaine sous réserve d'une analyse bactériologique.

Conclusion

L'Hydrogéologie de notre zone d'étude a permis d'identifier les principaux aquifères (aquifère Alluvions quaternaire ; aquifère des basaltes Plio- quaternaire ; aquifère des sables et grès Pliocène ; aquifère des calcaires du Miocène supérieure et aquifère des calcaires et grès de Oligo-Miocène) et leur relation aux les eaux de surface (réseaux hydrographique) ainsi en présence d'un véritable hydro système dans cette région

À l'aide des résultats obtenus par les analyses physico-chimiques au niveau de notre secteur d'étude, nous pouvons mettre les observations suivantes :

Chapitre III: Hydrogéologie

- Sur l'ensemble du secteur, le Ph est compris entre 7,5 et 8,5.
- La minéralisation des eaux s'est avérée liée étroitement à la lithologie des formations hydrogéologiques ainsi qu'à leur degré de perméabilité (fissuration et intersticielle).
- Les formations basaltiques du Plio-Quaternaire offrent une faible minéralisation et présente une meilleure qualité chimique.
- Cependant elle est très mauvaise pour la nappe phréatique (alluvions quaternaires).

De point de vue qualité chimique et d'une façon générale, nous avons constaté que les eaux de la plaine de Terga ont une potabilité médiocre à mauvaise, pour le plateau d'Ain Témouchent les eaux sont caractérisés par une bonne potabilité qui permet de les classer parfois dans la catégorie des eaux minérales à facies bicarbonate magnésienne (M. Foukrache, 2001) de premier degré) et le plateau de Sidi Safi est généralement de qualité médiocre.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

La synthèse des documents géologiques et l'analyse des travaux de terrain montrent que le secteur étudié est cantonné dans le bassin versant de l'oued El-Maleh. La région considérée est constituée principalement d'une part, par des terrains Plio- Quaternaires de la zone de Terga-Témouchent (alluvions, sables, grès et basaltes), d'autre part, par des formations calcaires du Miocène supérieur (plateau de Sidi Safi et Sassel).

Ces formations d'intérêt hydrogéologique primordial, édifient l'ossature des aquifères les plus sollicités à l'échelle du bassin d'El-Maleh.

La région étudiée jouit d'un climat semi-aride à hiver doux et été modéré. Dans ce contexte hydroclimatique un essai de bilan a été tenté. Celui-ci montre que les apports essentiellement par les précipitations sont de l'ordre d'environ 400 mm, les pertes par évapotranspiration enregistrent une moyenne de 330 mm. Ainsi l'ensemble des écoulements déduit seraient de l'ordre de 70 mm.

On remarque l'irrégularité des apports par les précipitations ; cependant, les conditions de recharge des aquifères principalement à caractère libre, centrés au niveau du bassin de l'Oued El-Maleh, disposent d'une grande inertie leur permettant une sensible résistance à la sécheresse.

À l'échelle saisonnière, l'indice de type « HAPE » traduit un apport d'eau saisonnier aboutissant à la recharge efficace des nappes à l'abri de l'influence des pertes par évapotranspiration.

La morphologie des nappes montre que les différents niveaux aquifères doués d'une bonne transmisivité ($10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$), sont en parfaite relation hydraulique. On peut constater que l'écoulement des eaux souterraines se fait du sud au nord ; il est guidé par le tracé du chevelu hydrographique.

Selon les différents types de faciès chimiques des eaux souterraines, on peut noter l'interconnexion des nappes et leur continuité hydraulique matérialisée par le transfert d'eau d'un aquifère vers un autre. Ceci est bien visualisé par la cartographie de l'écoulement souterrain.

Enfin, on peut en conclure que l'agencement mutuel des différentes formations aquifères à l'échelle de l'ensemble du bassin d'El-Maleh et leurs relations réciproques avec les

Conclusion Générale

eaux de surface, corrobore l'hypothèse de la présence d'un véritable hydro système dans cette région.

De ce fait, toute étude quantitative et/ou qualitative des ressources en eau superficielle que souterraine, circonscrites dans le bassin d'El-Maleh, doit impérativement adhérer à ce concept hydrosystémique.

Bibliographie

Bibliographie

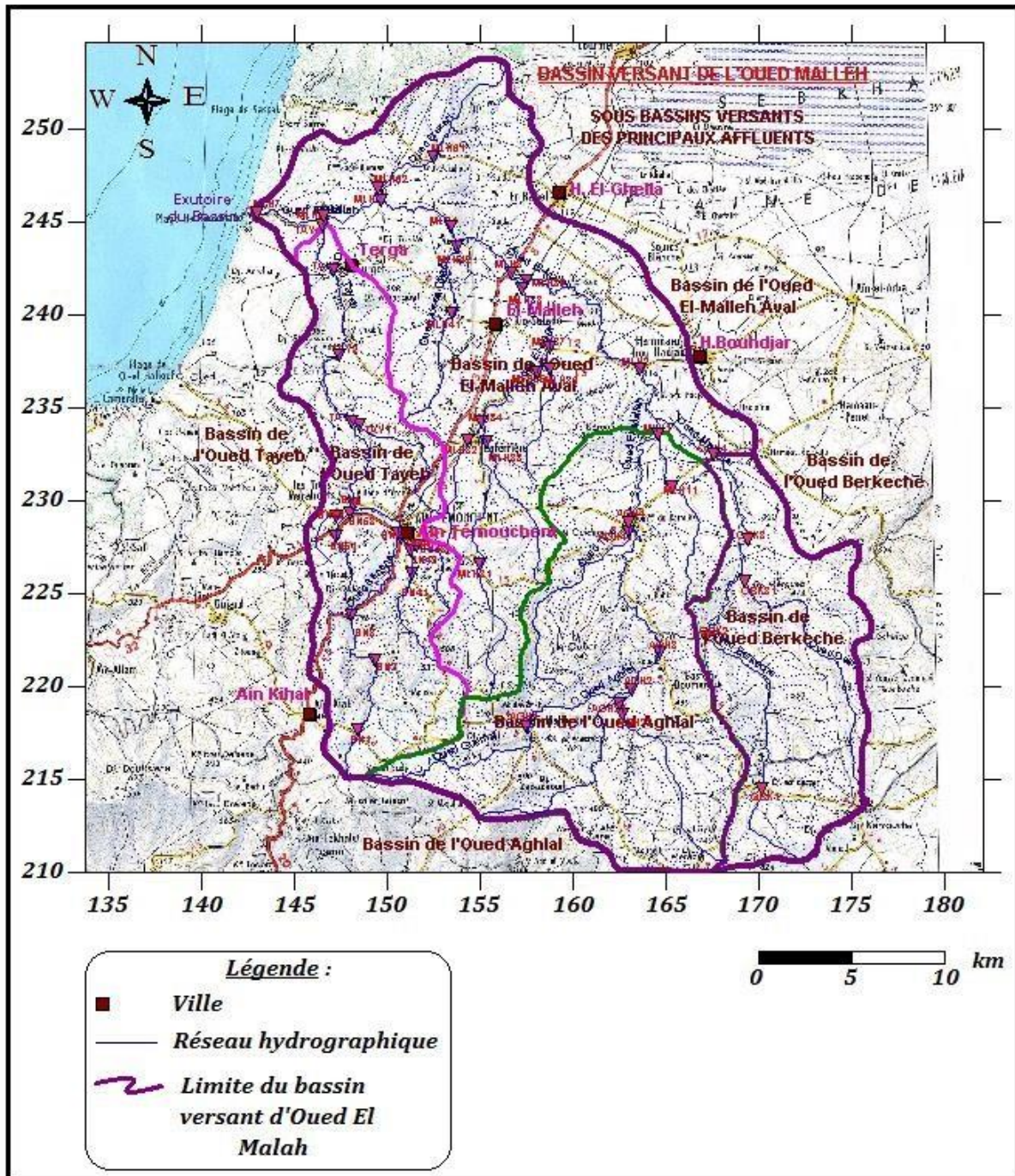
- **A N R H D'ORAN** : Etude des ressources en eaux souterraine du nord de l'Algérie (région ouest).
- **ATMANI RAHMOUNA et FESSIOU HOUARIA (30- 6 -1998)** : Le plateau de Sidi Safi, Reconnaissance hydrogéologique et suivi de réalisation d'un forage d'eau (wilaya d'Ain Témouchent).
- **D H W d'Ain Témouchent.**
- **FOUKRACHE M. (2001)** : Hydrogéologie des massifs côtiers oranais (Arzew-Béni Saf). Thèse de Magister. Université d'Oran
- **LOUAFI. A et LAMRANI. A (30/09/2013)** : RELATIONS ENTRE LES AQUIFERES DES CALCAIRES MESSINIENS, DES BASALTES FISSURES ET DES COMPLEXES ALLUVIONNAIRES PLIO-QUATERNAIRES (REGION COMPRISE ENTRE A. TEMOUCHENT, SIDI SAFI ET TERGA). W. D'AIN TEMOUCHENT
- **MANSOUR H. (1989)** : Hydrogéologie des Complexes Dunaires à l'Ouest d'Oran de Cap Falcon(Oran) à Terga (Béni Saf) Algérie. Thèse de Magister. Université d'Oran.
- **ZAHAF Houari (2021)** : Etude d'écoulement hydrogéologique du grand bassin versant de L'Oued ELMALEH
- **HEMIDI.M (19/09/2017)** : valorisation et protection des ressources en eau du bassin versant d'Oued EL MALEH (W/AIN TEMOUCHENT).

Annexes

Annexes

Délimitation du bassin versant d'Oued El Maleh (H.P.O, 2005)

(annexI)



Annexes

Coupes lithologiques des forages d'Ain Temouchent (annexe II)

Figure. N° 01 : Coupe de forage Sidi Djelloul

X=165,400

Y= 213,700

L'échelle : 1cm → 10 m

cote m	coupe géologique	description géologique	Age
00m		croute calcaire	Alluvions Quaternaire
13m		Alluvions sableuses à éléments gravilleux et calcaires	
23m		Basalte quartzites	
24m		Alluvions sablo - marneux	
42m		Alluvions sablo - argileux à éléments volcanique	
50m		Alluvions sablo - argileux à éléments volcanique	
61m		Poudinges à ciment argileux.	
63m		Alluvions Sablo- argileuses à éléments de schiste, quartzites et calcaire	
91m		Alluvions Sablo- argileuses à éléments de schiste, quartzites et calcaire	
118m		Alternance des schistes, quartzites tectonisés avec des passées argileuses	
126m		Alternance des schistes, quartzites tectonisés avec des passées argileuses	
139m		Alternance des schistes, quartzites tectonisés avec des passées argileuses	
150		Alternance des schistes, quartzites tectonisés avec des passées argileuses	

Annexes

Figure. N°02 : Coupe de forage El Maleh (Kérolise)

X= 159,200

Y= 236,300

cote m	coupe géologique	Description géologique	Age
00m		terre végétale	Alluvions Quaternaires
2m		Alluvions	
8m		Argiles	
10m		Argile plus ou moins graveleuses	
25m		calcaires	
28m		Argiles	
30m		galets	
32m		Argiles	
36m		galets	
37m		Argiles	
39m		calcaires	
47m		Argiles	
48m		calcaires	
57m		Argiles	
58m		calcaires	
77m		galets	
87m		Argiles bleux	
96m		schistes noirs	
120m			

Annexes

Figure. n° 03 : Coupe de forage Chentouf 02

X= 155,500

Y= 224,400



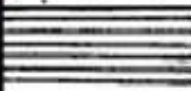
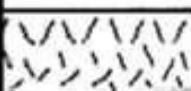
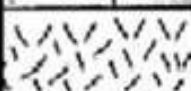
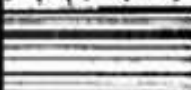

cote m	coupe géologique	discription géologique	Age
0m		calcaire crayeux friode	Miocène
3m		argile rouge et alluvions avec trace de calcaire	
9m		Argile sableuse friable avec présence de calcaire	
15m		Argile rouge pateuse avec présence de calcaire	
22m		calcaire grés dur et calcite	
27m		Argile avec présence de calcaire	
44m		calcaire grés dure sableux	
64m		calcaire grés dure	
94m		calcaire grés dure avec trace d'argil.	
102m		calcaire grés dure avec trace de calcite	
131m		calcaire marneux	
139m			
150m			

Annexes

Figure. N° 04 : Coupe de forage Ain Temouchent

X= 151,300

Y= 227,500

cote m	coupe géologique	discription géologique	Age
00m		basalte	Plio-Quaternaire
14m		Cendre volcanique	
39m		Argile pateuse	
46m		Cendre volcanique	
53m		Cendre volcanique	
60m		Argile jaune	
68m			

Annexes

Figure. N° 05 : Coupe de forage Ain El Kihel V

X= 146,550

Y= 217,900

Cote m	coupe géologique	Description géologique	Age
00m		terre végétale	Plio-Quaternaire
3m		basalte	
7m		argile tendre	
20m		grès grisatre	
24m		argiles a passées gresuse	
27m		Argile poteuse verdatre	
38m		alternance de grès au niveaux argileux	
46m		alternance de niveau cénirique avec des passées gréseu - argileux	
77m		argile noiratre a passées cénirique	
112m		grès grisatre a passées argileux	
121m		argile tendre a passées de grès	
146m		grès grésatre quartzique	
154m		Argile poteuse	
160m		Argile poteuse	

Annexes

Figure. N° 06 : Coupe de forage Aougbellile III

X= 165,800

Y = 213,500

cote m	coupe géologique	discription géologique	Age
00m		terre rouge	Oligo- Miocène
4m		grès jaunatre à passée de calcaire blanchatre	
10m		grès jaunatre	
14m		grès jaunatre	
17m		marne grésatre	
24m		grès jaunatre à passée de calcaire	
25m		marne dure grésatre	
39m		grès jaunatre à blanchatre plus ou moins sableux	
47m		grès à passée de marne	
49m		marne sableuse	
60m		grés de couleur blanchatre	
61m		grés à passée de marne	
65m		grés de couleur jaunatre friable	
69m		grés à passée de marne	
70m		marne	
95m		grés de couleur grésatre	
100m		marne compacte de couleur grésatre	

Annexes

Tableau n° 01 : Précipitations moyennes annuelles et mensuelles sur une longue durée à la station d'Ain-Temouchent (1982-2012 Annexe III).

Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Annuels
1982-1983	3,2	17,7	31,1	25,1	0,0	18,9	13,0	4,0	3,8	0,0	2,0	1,6	120,4
1983-1984	0,0	0,2	9,1	17,8	21,5	29,4	15,8	1,0	21,4	1,1	0,0	0,0	117,3
1984-1985	4,1	7,9	124,4	12,0	10,8	8,9	17,9	34,5	17,0	0,4	0,0	0,0	237,9
1985-1986	0,5	0,7	67,9	44,7	70,4	108	56,5	48,1	5,6	2,0	0,0	1,8	406,4
1986-1987	50,8	43,7	57,4	42,0	45,6	102	1,1	0,8	9,7	2,2	18,6	1,7	376
1987-1988	39,0	15,9	55,7	39,6	89,7	13,0	9,9	29,5	40,2	18,1	0,0	0,0	350,6
1988-1989	20,9	2,3	36,9	9,8	38,3	20,4	156	60,0	10,0	0,5	0,5	4,1	359,6
1989-1990	11,2	1,9	10,5	27,6	147,6	0,0	41,0	90,8	27,0	0,0	1,0	0,0	358,6
1990-1991	8,7	7,4	66,1	43,6	69,0	58,0	143	6,6	8,3	0,0	0,0	1,4	411,8
1991-1992	7,2	55,7	50,0	17,6	32,5	20,2	77,0	9,6	99,5	28,1	0,0	0,0	397,4
1992-1993	0,7	13,8	25,5	13,0	4,2	86,3	27,7	48,6	43,6	3,9	1,5	0,3	269,1
1993-1994	6,3	20,5	77,3	5,3	67,0	46,7	5,6	26,9	6,7	0,5	2,8	2,8	268,4
1994-1995	22,7	29,1	24,3	8,5	38,8	94,9	93,3	31,0	0,0	12,7	1,5	0,4	357,2
1995-1996	9,2	10,6	26,0	49,4	66,0	83,1	40,6	24,8	25,6	7,7	0,5	1,7	345,2
1996-1997	42,1	11,6	25,2	62,4	124,2	0,0	0,0	52,5	10,1	1,5	1,0	7,3	337,9
1997-1998	38,7	19,5	90,3	42,7	20,2	38,5	31,2	40,9	30,0	1,1	0,5	1,9	355,5
1998-1999	3,4	9,3	33,9	5,7	141,9	58,6	58,2	0,0	1,5	0,7	0,0	0,0	313,2
1999-2000	17,2	30,4	102,7	70,2	5,6	0,0	6,1	35,2	49,4	0,0	0,0	1,1	317,9
2000-2001	26,8	132,0	62,7	38,6	123,7	125,3	5,5	3,3	17,7	0,0	0,5	0,0	536,1
2001-2002	21,3	19,0	159,6	42,3	2,1	6,7	24,1	72,3	31,7	1,5	0,1	39,8	420,5
2002-2003	2,0	130,0	139,3	9,7	97,1	105,0	33,7	24,4	15,7	0,9	0,0	0,7	558,5
2003-2004	0,7	35,1	41,0	96,2	41,5	19,2	25,1	24,6	70,4	13,4	0,0	0,0	367,2
2004-2005	0,2	49,5	60,7	77,9	23,6	29,7	39,2	22,5	0,8	0,0	0,0	0,8	304,9
2005-2006	4,6	18,0	55,7	34,4	59,6	88,2	18,0	37,4	37,8	2,2	0,0	0,4	356,3
2006-2007	23,2	3,9	10,0	80,0	18,7	37,5	127,9	73,9	0,9	0,0	0,2	0,6	376,8
2007-2008	26,7	125,2	45,2	15,5	21,4	/	15,6	11,4	21,5	0,0	0,0	0,0	282,5
2008-2009	21,3	100,9	93,8	145,3	135,1	24,2	35,3	38,2	10,0	0,5	0,0	0,7	605,3
2009-2010	80,6	1,5	18,7	64,4	114,4	66,1	82,5	22,0	9,9	15,0	0,2	12,0	487,3
2010-2011	3,5	83,9	62,5	24,6	81,6	39,6	24,9	105,1	44,3	8,8	0,0	2,0	480,8
2011-2012	5,2	52,5	154,6	31,2	39,1	30,6	32,0	44,5	8,2	0,3	11,0	/	409,2
Moyenne	16,73	34,99	60,6	39,9	58,4	46,9	41,9	34,1	22,6	4,1	1,4	2,9	362,9

Source : I.T.M.A d'Ain Temouchent.

Annexes

Tableau n 02 : Précipitations moyennes annuelles et mensuelles sur une courte durée (1995-2012) à la station d'Ain Temouchent.

Années	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	Annuels
1995-1996	26,0	49,4	66,0	83,1	40,6	24,8	25,6	7,7	0,5	1,7	9,2	10,6	345,2
1996-1997	25,2	62,4	124	0,0	0,0	52,5	10,1	1,5	1,0	7,3	42,1	11,6	337,9
1997-1998	90,3	42,7	20,2	38,5	31,2	40,9	30,0	1,1	0,5	1,9	38,7	19,5	355,5
1998-1999	33,9	5,7	142	58,6	58,2	0,0	1,5	0,7	0,0	0,0	3,4	9,3	313,2
1999-2000	102,7	70,2	5,6	0,0	6,1	35,2	49,4	0,0	0,0	1,1	17,2	30,4	317,9
2000-2001	62,7	38,6	124	125	5,5	3,3	17,7	0,0	0,5	0,0	26,8	132,0	536,1
2001-2002	159,6	42,3	2,1	6,7	24,1	72,3	31,7	1,5	0,1	39,8	21,3	19,0	420,5
2002-2003	139,3	9,7	97,1	105,0	33,7	24,4	15,7	0,9	0,0	0,7	2,0	130,0	558,5
2003-2004	41,0	96,2	41,5	19,2	25,1	24,6	70,4	13,4	0,0	0,0	0,7	35,1	367,2
2004-2005	60,7	77,9	23,6	29,7	39,2	22,5	0,8	0,0	0,0	0,8	0,2	49,5	304,9
2005-2006	55,7	34,4	59,6	88,2	18,0	37,4	37,8	2,2	0,0	0,4	4,6	18,0	356,3
2006-2007	10,0	80,0	18,7	37,5	127,9	73,9	0,9	0,0	0,2	0,6	23,2	3,9	376,8
2007-2008	45,2	15,5	21,4	/	15,6	11,4	21,5	0,0	0,0	0,0	26,7	125,2	282,5
2008-2009	93,8	145	135	24,2	35,3	38,2	10,0	0,5	0,0	0,7	21,3	100,9	605,3
2009-2010	18,7	64,4	114	66,1	82,5	22,0	9,9	15,0	0,2	12,0	80,6	1,5	487,3
2010-2011	62,5	24,6	81,6	39,6	24,9	105	44,3	8,8	0,0	2,0	3,5	83,9	480,8
2011-2012	154,6	31,2	39,1	30,6	32,0	44,5	8,2	0,3	11,0	/	5,2	52,5	409,2
Moyenne	69,5	52,4	65,6	47	35,3	37,2	22,7	3,15	0,8	4,3	19,2	49	403,2

Source : I.T.M.A d'Ain Temouchent.

Annexes

Tableau n° 03 : Températures moyennes maximales à la station d'I.T.M. A d'Ain Temouchent (1995-2012 Annexe VI).

Années	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O
1995-1996	24	19	18,2	14,0	19	20	27,5	27,4	27,6	28	28,8	28,9
1996-1997	18,2	17,7	16,0	16	20	21,2	20	27,0	29	29,3	26,8	29,5
1997-1998	20,4	21	14	18,8	19	22,0	21,2	28,0	26,0	27,6	27	24,5
1998-1999	18,6	15,0	15,4	19,0	18,5	21,0	29,0	32,0	30,5	32,8	30,9	21,5
1999-2000	18	16,0	15,5	16	19,7	20,8	29,1	30,0	28,0	33	27,4	28
2000-2001	19,7	17,8	15,6	14,8	19,7	21,4	30,9	30,4	27,6	32,6	29,7	21,7
2001-2002	16,4	14,6	14,9	17,7	20,0	21,2	23,4	28,2	30,2	29,3	27,8	27,0
2002-2003	19,6	17,6	13,7	14,9	18,5	20,4	25,2	25,1	32,5	32,4	28,8	23,8
2003-2004	20,1	15,8	16,0	16,4	17,7	21,8	24,0	29,6	33,5	33,7	28,9	24,6
2004-2005	17,8	15,4	17,9	14,1	17,3	21,0	28,3	30,3	33,7	21,2	30,8	27,4
2005-2006	19,3	15,9	14,2	15,0	20,4	23,5	26,3	28,5	34,0	33,6	30,2	27,5
2006-2007	22,7	15,4	16,4	20,5	19,2	18,8	26,9	29,0	31,7	32,9	29,4	27,7
2007-2008	18,6	15,7	16,2	/	19,0	23,6	23,3	28,0	36,0	33,1	29,0	23,6
2008-2009	17,8	14,0	13,9	17,0	19,7	21,1	26,1	30,8	34,8	32,7	28,7	23,8
2009-2010	14,6	19,0	15,8	18,1	18,0	21,6	24,6	28,1	34,1	34,0	27,1	26,5
2010-2011	18,9	17,9	15,7	15,5	19,5	23,7	25,8	30,0	33,0	33,8	29,6	23,9
2011-2012	19,7	16,2	15,0	13,3	17,3	19,5	26,5	30,3	32,3	/	29,7	25,5
Moyenne	19,1	17	15,6	16,3	19	21,3	25,8	29	31,4	31,2	28,9	25,6
												23,3

Source : I.T.M.A d'Ain Temouchent.

Annexes

Tableau n° 04 : Températures moyennes minimales à la station d'I.T.M. A d'Ain Temouchent (1995-2012).

Années	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O
1995-1996	8,59	10	10,4	8,0	9,6	12,6	12,0	17,2	18,8	19,0	17,9	18
1996-1997	12,6	10,0	10,0	9,8	10,0	12,0	15,3	17,0	17,1	22,5	18,0	14,2
1997-1998	12	9,9	9	8,6	9,6	10,6	11	18,0	19,4	18,0	19,4	13
1998-1999	10,5	9,5	8,3	7,0	10,3	13,0	15,0	17,8	22,0	21,7	18,0	12,9
1999-2000	10,0	7,8	8,5	10,4	10,0	11,0	15,0	17,0	17,3	19,0	16,9	17
2000-2001	10,5	10,4	8,7	10,6	12,5	11,2	13,3	18,3	17,3	21,3	17,9	13,9
2001-2002	9,9	9,2	7,6	9,0	10,0	11,4	13,2	17,8	25,6	20,9	19,1	17,0
2002-2003	12,2	10,5	6,9	7,1	10,1	10,7	13,9	19,3	21,9	21,7	19,6	15,1
2003-2004	11,9	8,6	8,3	8,8	8,8	10,6	12,6	18,0	27,4	32,5	18,9	15,7
2004-2005	9,8	7,8	5,5	4,8	9,4	11,2	15,9	16,9	22,4	33,7	19,4	16,7
2005-2006	10,7	8,0	7,0	7,7	10,3	13,0	15,7	17,4	21,2	21,5	18,6	16,9
2006-2007	14,7	9,3	8,3	9,9	8,5	10,6	15,5	18,0	20,6	21,0	18,9	17,0 8
2007-2008	10,7	8,6	8,1	/	9,3	11,7	14,3	17,2	24,3	22,1	18,7	15,3
2008-2009	10,0	7,0	7,6	7,4	9,3	10,3	14,7	19,2	22,5	21,8	19,6	15,7 9
2009-2010	8,6	10,7	9,3	9,9	10,2	12,6	14,2	18,1	22,6	22,3	18,9	17,0
2010-2011	11,5	9,7	8,3	7,6	9,6	12,9	16,0	18,7	21,6	22,6	19,4	15,2 3
2011-2012	12,7	8,7	7,2	5,3	9,4	11,2	14,9	30,4	21,3	/	19,5	16,1
Moyenne	11	9,16	8,2	8,2	9,8	11,6	14,3	18,6	21,4	22,6	18,7	15,6 9
												14,1

Source : I.T.M.A d'Ain Temouchent.

Annexes

Point d'eau	HCO ₃ ⁻		Cl		So ₄ ²⁻		No ₃ ⁻		Co ₃ ²⁻		Σ r anions
	Mg/l	Méq/l	Mg/l	Méq/l	Mg/l	Méq/l	Mg/l	Méq/l	Mg/l	Méq/l	Méq/l
Ain Temouchent	345	5,66	196	5,51	24	0,5	42	0,68	0	0	12,35
Sidi Mohamed	352	5,77	170	4,8	72	1,5	22	0,35	0	0	12,42
Barrette	304	4,98	193	5,43	72	15	33	0,53	0	0	11,61
Faid El Kitane	271	4,44	1755	49,45	295	6,14	6	0,09	0	0	60,12
Chentouf 02	384	6,29	1606	45,3	220	4,58	188	3,03	0	0	59,2
Aougbellile III	128	6,4	54	4,44	110	4,8	2	0,06		0	15,1
Ain El Kihel	454	7,45	143	4,03	360	7,5	2	0,03	0	0	19,01
Sidi Boudia	348	5,71	138	3,89	96	2	42	0,66	0	0	12,28
<i>Ben Douma</i>	639,3	10,48	/	/	/	/	/	/	0	0	/