

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib d'Ain Témouchent



Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Hydraulique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master en :

Génie de l'eau et de l'environnement

Spécialité : science de l'eau et de l'environnement

Gestion qualitative et quantitative des eaux de la batterie de forage du champ captant

Réalisé par :

Mlle TAYEB Amina
Mlle KADRI Belkisse

Devant le jury composé de :

Président	Mr. KADDOUR.H
Examineur	Dr. GUEMOU.B
Examinatrice	Mme. BENCHEKOUR.H
Encadreur	Dr. BOUGHALEM.M

Année universitaire 2015/2016

Table de matière :

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des abréviations	
Référence Bibliographique	
Introduction générale	1
I. Chapitre I : Présentation du secteur d'étude	
I.1. Introduction	3
I.2. Cadre administratif	3
I.3. Contexte hydrographique.....	4
I.4. Sismicité	5
I.5. Cadre géologique	6
I.6. Géologie du secteur d'étude	17
I.7. Conclusion	19
II. Chapitre II : Etude climatologique du secteur d'étude	
II.1. Introduction	20
II.2. Etude des Précipitations	20
II.3. Etude des températures	23
II.4. Etude du climat	30
II.5. Evapotranspiration	32
II.6. Conclusion	36
III. Chapitre III : Etude hydrologique-hydrogéologique du secteur d'étude	
III.1. Introduction	38
III.2. Hydrologie de surface	38
III.3. Hydrologie souterraine.....	40

III.4. Batterie de forages du champ captant.....	43
III.5. Prospection géophysique du champ captant	51
III.6. Conclusion	54
IV. Chapitre IV : Etude Hydro-chimique du secteur d'étude	
IV.1. Introduction	55
IV.2. Normes de potabilité.....	55
IV.3. Présentation des résultats	56
IV.4. Détermination des faciès chimiques.....	64
IV.5. Aptitude des eaux à l'irrigation 'S.A.R : Sodium adsorption ratio'.....	68
IV.6. Conclusion	71
V. Chapitre V : Gestion et préservation du secteur d'étude	
V.1. Introduction	72
V.2. Définition et objectif.....	72
V.3. Généralités.....	72
V.4. La protection des eaux.....	74
V.5. Conclusion.....	86
VI. Chapitre VI : Expérimentation	
VI.1. Introduction.....	87
VI.2. Matériel et méthodes.....	87
VI.3. Résultats et discussions.....	88
VI.3. conclusion.....	114
Conclusion générale	115

Remerciement

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'**ALLAH** et de certaines personnes :

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.

Nos remerciements s'adressent à notre encadreur : Dr. BOUGHALEM M., pour nous avoir encadrées et conseillées afin d'exploiter rationnellement les efforts fournis par le binôme, et fructifier toutes idées et propositions de ce dernier.

Nous adressons nos vifs remerciements à Mr KADDOUR H. qui a nous a fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

Aux examinateurs Mr GUEMOU B. et Mme BENCHKOUR H. de ce mémoire qui ont daigné, et laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Nous exprimons notre gratitude aux ingénieurs de la direction des ressources en eau de la wilaya d'Ain Témouchent, en particulier : Mr SALATE Abdel Hakim et malgré ses occupations, il nous a aidé et orienté le long d'élaboration de ce projet.

Enfin nous remercions, tous les enseignants de l'institut de la Science et Technologie, et en particulier ceux du département du Génie de l'eau et de l'Environnement dans le centre universitaire d'Ain Témouchent pour leurs soutiens au long de notre cycle universitaire.

Dédicace

Je dédie ce travail

A *mes très chers parents pour leurs Sacrifices, leurs encouragements et leurs soutient moral, qu'ALLAH les garde pour moi aussi longtemps et les préserve.*

A *mes sœurs, mes frères, mon marie, mes grands parents, Mon binôme, et a toute ma famille KADRI.*

A *tous mes collègues de ma promotion, tous mes amis, et a tous ceux que j'estime et qui sont chers à mon cœur.*

BELKISSE

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents maman et papa

Pour leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements

Ma petite sœur Hiba Sanaa

Mes frères

Mon fiancé

Mes grands parents

Toute ma famille

Ma coéquipière

Mes collègues de la promotion

Mes amis

Et tous ceux qui m'ont aidé, soutenu et encouragé

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toutes mes reconnaissances et tout mon respect.

Tayeb Amina

Résumé :

Nous avons, par ce modeste travail, essayé d'apporter un concours aux efforts déployés par nos prédécesseurs dans ce domaine et que nous valorisons. Lequel nécessitant l'adhésion de tous les autres secteurs d'activités, ainsi que la population (usagers) qui doivent connaître et respecter cette richesse (eau) épuisable et vitale pour les êtres vivants.

Par ailleurs, nous avons découvert la situation géographique, géologique et climatologique du champ captant d'Ain Témouchent ; ainsi que la capacité de ses ressources en eau, leurs qualités, leurs écoulements, leurs débits, par des visites du site ; et surtout par les travaux de l'A.N.R.H (Recherche, analyses aux laboratoires...), qui nous ont permis d'élaborer des courbes, des graphes et des diagrammes facilitant la lecture de toutes données liées aux caractéristiques du champ captant d'Ain Témouchent et les critères de la qualité de l'eau et déceler des éventuelles cas de pollution afin d'intervenir dans un temps économique avec plus d'efficacité et de précision, en se basant sur les technicités adéquates et les formulations mathématiques et empiriques.

Mots clés : Forage, Champ captant, Plio-Quaternaire, Périmètre de protection, Qualité des eaux souterraines.

Abstract :

We have tried with this modest work to give a contribution to the deployed efforts of our predecessors in this field and that we value. Which requires the support of all other sectors, and the population (users) who need to know and respect this wealth (water) exhaustible and vital for living beings.

Furthermore, we discovered the geography, the geology and the climate of the wellfield of Ain Témouchent, the capacity of its water resources, their quality, their flow, their rates of flow, by site visits ; and especially the work of the ANRH (research, laboratory analyzes ...), which have enabled us to develop curves, graphs and diagrams that facilitate the reading of all data related to the characteristics of the wellfield of Ain Témouchent and the criteria of water quality and to detect possible pollution incidents in order to intervene in an economic time with greater efficiency and precision, based on appropriate technicalities and mathematical and empirical formulations.

Keywords: drilling, wellfield, pliocene-quaternary, perimeter protection, quality of subterrean water.

المخلص :

نضع هذا العمل المتواضع بين أيديكم لتتضمن جهود أسلافنا في هذا المجال، محاولين تقديم إضافة له ولو كانت بسيطة. هذا المجال الذي يتطلب دعم جميع القطاعات الأخرى، والسكان (المستخدمين) الملزمين بمعرفة واحترام هذه الثروة الحيوية (الماء) للكائنات الحية والقابلة للنفاذ. علاوة على ذلك، اكتشفنا جغرافيا وجيولوجيا ومناخ مستجمع مياه عين تموشنت، وقدرة مواردها المائية، جودتها، تدفقها، جريانها، من خلال الزيارة الميدانية للموقع؛ وخصوصا من نتائج عمل ANRH (البحوث و التحاليل المخبرية...)، التي مكنتنا من انجاز المنحنيات والرسوم البيانية التي تسهل قراءة جميع المعطيات ذات صلة بخصائص مستجمع مياه عين تموشنت ومعايير جودة مياهه، والكشف عن حوادث التلوث المحتملة، من أجل التدخل في وقت اقتصادي مع قدر أكبر من الكفاءة والدقة، على أساس التقنيات المناسبة والصيغ الرياضية والتجريبية.

الكلمات المفتاحية : تنقيب، مستجمع المياه، العصر الرباعي الحديث، حماية المحيط، نوعية المياه الجوفية.

Liste des table

Tableau 1: Présentation de la station d'Ain Témouchent.....	20
Tableau 2: Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Témouchent.....	21
Tableau 3: Valeurs des précipitations moyennes mensuelles.....	22
Tableau 4: Valeurs des précipitations saisonnières.....	24
Tableau 5: Moyennes mensuelles et annuelles des températures, maximales, et minimales à la station d'Ain Témouchent.....	25
Tableau 6: Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Témouchent.....	26
Tableau 7: Indice d'aridité de De. Martonne.....	27
Tableau 8: Indices d'aridité mensuels de De. Martonne.....	28
Tableau 9: Indice d'Emberger.....	28
Tableau 10: Indice de Kerner.....	30
Tableau.11: Valeur de l'ETR (Turc).....	33
Tableau.12: Valeur du déficit d'écoulement (Coutagne).....	32
Tableau.13: Valeur du déficit d'écoulement.....	32
Tableau 14: Valeurs de l'ETP à la station d'Ain Témouchent (1995-2012).....	34
Tableau 15: Éléments du bilan hydrologique	35
Tableau 16: Valeur du ruissellement.....	35
Tableau 17: Valeur de l'infiltration selon les différents auteurs.....	36
YTableau 18: Présentation de la station hydrométrique.....	38
Tableau.19: Moyenne mensuelle débits / précipitations de 1983/2005.....	40
Tableau 20 : tableau récapitulatif des forages du champ captant.....	43
Tableau 21 : Résultats d'essai de pompage par paliers de débit pour le forage de Sidi Boudia.	45
YTableau 22: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation.....	55
Tableau 23 : Tableau Récapitulatif des analyses Physico-chimiques des eaux des forage.....	57
Tableau 24 : Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité (J.Rodier, 2009).....	59

Tableau 25 : Potabilité en fonction du résidu sec (Rodier, 2009).....	60
Tableau 26: Classification des eaux souterraines du champ captant selon leurs faciès.....	65
Tableau 27 : Valeurs du S.A.R et de la conductivité pour les eaux des forages du champ captant.....	68
Tableau 28 : Classification des eaux destinées à l'irrigation.....	70
Tableau 29 : Etat des forages du champ captant.....	99
Tableau 30: Porosité et perméabilité typiques de différents matériaux rocheux.....	100
Tableau 31: Cotation de la ligne piézométrique et du substratum.....	113

Liste des figures :

Figure 1 : Carte de la situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent.....	3
Figure 2 : La classification des zones sismiques de l'Algérie.....	5
Figure 3 : Grand traits de la structure de l'Afrique du N.W.....	7
Figure 4 : carte géologique du bassin versant de l'oued EL Maleh	8
Figure 5 : contexte géologique et structurale du massif volcanique d'Ain Témouchent	9
Figure 6 : Contexte morpho-tectonique	15
Figure 7 : Carte répartition des formations volcaniques du massif d'Ain Témouchent	16
Figure.8: Variation des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Témouchent ...	21
Figure 9: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Témouchent	22
Figure 10: Histogramme des précipitations saisonnières de la station d'Ain Témouchent	23
Figure 11: Variation mensuelle des températures à la station d'Ain Témouchent	24
Figure12: Diagramme pluvio-thermique de la station de Ain Témouchent	26
Figure 13: Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain Témouchent	27
Figure 14: Position de la station d'Ain Témouchent sur le Climat-gramme d'Emberger	29
Figure 15: Abaque représentatif du déficit d'écoulement	33
Figure.16 : Réseau hydrographique du secteur d'étude	39
Figure17 : Carte piézométrique du secteur étudié « nappe du plio-quaternaire »	42
Figure.18 : Plan de situation de la batterie de forage d'eau destinée au renforcement de L'AEP de la ville d'Ain Témouchent	44
Figure 19 : courbe caractéristique (débit/rabattement)	46
Figure 20: Caractéristique du forage de Sidi Boudia log géologique et équipement	47

Figure 21 : courbe de remontée du forage de Sidi Mohamed (longue durée)	49
Figure 22 : courbe de remontée du forage de Barrette	49
Figure 23 : courbe de remontée du forage de Sidi Boudia (longue durée)	50
Figure 24 : courbe de décente du forage d'Ain Kihal V (longue durée)	50
Figure 25 : Extrait de carte des positions d'implantation des sondages électriques du champ captant à l'échelle 1/50000	51
Figure 26 : Profil géoélectrique de la prospection du secteur d'étude	53
Figure 27 : Localisation des points d'eau étudiés du champ captant	61
Figure 28: Représentation des eaux du Plio-Quaternaire sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff.	66
Figure 29: Classification des eaux du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Piper	67
Figure 30: S.A.R des eaux des roches volcaniques	69
Figure 31: Schéma représentatif des périmètres de protection	77
Figure 32: Les zones de protection d'un captage d'eau (instruction pratique des périmètres de protection des eaux souterraines)	82
Figure 33 : PPE Ain el Kihal I, II, III, IV, V	93
Figure 34 : PPE d'AT.III, Barrette, Sidi Boudia	94
Figure 35 : PPE de Sidi Mohamed	95
Figure 36 : Localisation des forages du champ captant	97
Figure 37 : Corrélation mensuelle précipitations-débit	101
Figure 38 : Carte d'iso-teneur de bicarbonates (équidistance 50mg/l).....	104
Figure 39 : Carte d'iso-teneur de chlorure (équidistance 10mg/l)	105
Figure 40 : Carte d'iso-teneur de sulfate (équidistance 10mg/l)	106
Figure 41 : Carte d'iso-teneur en calcium (équidistance 10mg/l)	107

Figure 42 : Carte d'iso-teneur du magnésium (équidistance 10mg/l)	108
Figure 43 : Carte d'iso-teneur de sodium et potassium (équidistance 50mg/l)	109
Figure 44 : Carte d'iso-teneur de nitrate (équidistance 10mg/l)	110
Figure 45 : Carte d'iso-teneur du résidu sec (équidistance 50mg/l)	111
Figure 46 : La corrélation entre les forages de Sidi Mohamed et Sidi Boudia et Ain Kihal V (log et équipements)	112
Figure 47 : Profile schématique de la cote piézométrique des forages du champ captant	113

Liste des photos :

Photo 1: PPR de Barrette.....	89
Photo 2: PPR de Sidi Boudia.....	89
Photo 3: PPR de Sidi Mohamed.....	90
Photo 4: PPR d'Ain Kihal V.....	90
Photo 5: PPI de Barrette.....	91
Photo 6: PPI de Sidi Boudia.....	91
Photo 7: PPI d'Ain Kihal V.....	92
Photo 8: PPI de Sidi Mohamed.....	92
Photo 9: Forage de substitution d'Ain kihal V.....	96
Photo 10: Forage de substitution Sidi Boudia.....	96

Liste des abréviations :

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP: Alimentation en Eau Potable.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

DRE: Direction des ressources en eau.

HPO : Hydro Projet Ouest.

ITMA: Institut de Technologie Moyen Agricole.

Introduction générale

Introduction générale :

Pour l'homme, l'usage de l'eau a de nombreuses finalités. C'est en premier lieu un élément naturel indispensable à la survie et à la satisfaction des besoins domestiques, c'est également un patrimoine culturel et social qui est fortement présent dans la vie quotidienne et spirituelle de l'homme. L'eau est une source de bien-être et de progrès, mais aussi, une richesse nécessaire à toutes les activités humaines d'une part. D'autre part l'eau à travers les âges, retrace l'histoire de l'humanité et son devenir et scelle l'avenir de l'homme, c'est un facteur de production déterminant dans un développement durable. Sa carence, la transforme aussitôt, en facteur de nuisance, de déstabilisation et de frein au développement.

L'eau centre des intérêts stratégiques, un élément de préservation de la santé de l'homme, mais aussi, le véhicule le plus commun et le plus important de la transmission des maladies.

Les critères de la qualité de l'eau sont sélectionnés généralement par le Ministère de la Santé Publique. Ils doivent refléter deux préoccupations constantes, d'une part de fournir au consommateur une eau sûre, garantie contre tous les risques de contamination, immédiats ou à long terme (qu'ils s'agissent de risque réel, potentiels ou même simplement supposés) et d'autre part de rechercher, le confort et l'agrément du consommateur, et distribuer une eau agréable à boire, claire, inodore et équilibrée en sels minéraux.

Depuis quelques années, plusieurs organismes et institutions de recherche en hydraulique dont l'A.N.R.H d'Oran (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) ont été mis en place. Ils ont pour objet de contribuer à une meilleure connaissance de l'hydrogéologie et de la climatologie dans les différentes régions du pays par l'établissement et la mise à jour des données nécessaires à l'élaboration des plans et programmes de mobilisation, d'utilisation et de conservation des ressources en eau. Cela nous a permis d'élaborer l'étude hydrochimique que nous présentons pour le traitement de la qualité physico-chimique des eaux souterraines et leur potabilité, ainsi qu'elle permet de confirmer les résultats de la prospection hydrogéologique d'où les sels dissous sont des marqueurs naturels qui permettent de caractériser un aquifère ou d'en préciser les facteurs d'écoulement dans Le site du champ captant de la wilaya d'Ain témouchent répartis sur les communes d'Ain témouchent ,d'Ain el kihal et celle d'Aghlal. Nous signalons le besoin croissant en eau pour le développement socioéconomique de cette région du pays à moyen et à long terme, tandis que les réserves en eau souterraine du champ captant sont restreintes.

L'approche que nous entamons pour la gestion qualitative et quantitative des forages du champ captant repose sur les caractéristiques hydrogéologique, géologique et hydrochimique des eaux de l'aquifère des roches basaltiques constituant le berceau de l'approvisionnement en eau des habitants d'Ain témouchent, à l'époque coloniale par le captage des sources jusqu'à la mise en service de la conduite de Béni Bahdel dans les années 50 puis la reprise de son exploitation à été effectuée par la batterie de forages du champ captant de 1998 jusqu'au 2010 l'année de la mise en service de la station de dessalement de Chatt el Hilal , il est également la partie la plus fragile à la pollutions de surface.

L'étude engagée vise à la contribution d'atteindre les deux objectifs suivant :

- Production d'eau potable de façon durable à partir de l'aquifère du champ captant.
- Protection et préservation du système aquifère - captage du champ captant.

Dans ce contexte nous avons articulé notre mémoire en six chapitres. Dans le premier chapitre, nous nous appuyons sur une présentation du secteur d'étude, sa sismicité, sa géologie. Le deuxième chapitre porte sur l'étude climatologique de la région. L'étude hydrologique-hydrogéologique est décrite dans le troisième chapitre et le quatrième se base sur l'étude hydrochimique, le cinquième, accentue la gestion et la préservation de la batterie de forage du secteur d'étude, et dans le sixième chapitre Nous présentons, la gestion qualitative et quantitative des forages du champ captant.

Chapitre I : Présentation du secteur d'étude

I.1. Introduction :

Nous avons une demande croissante des besoins en eau pour le développement socioéconomique d'Ain Témouchent à moyen et long terme, tandis que les réserves en eau souterraine du champ captant sont restreintes.

I.2. Cadre administratif

Géographiquement, la superficie de la wilaya d'Ain Témouchent est d'environ 2 376.89 km². Elle est située en Oranie nord occidentale, limitée à l'Est par la wilaya d'Oran à 72km, au Sud-est par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès (63km), au Sud-ouest par celle de Tlemcen à 69km, et au Nord-Ouest par la mer Méditerranée qui la borde sur une distance de 80 km environ. Elle occupe ainsi l'arrière pays d'un littoral fortement industrialisé entre Oran, zone des Hassi et Arzew. D'un autre côté vers le sud un autre axe de développement constitué par Tlemcen et Sidi Bel Abbas exerce une grande influence sur Ain Témouchent. (B.Hallouche, 1986) (Figure 1).



Figure 1: Carte de la situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent

In (B.Hallouche, 1986)

Démographiquement, la population totale de la wilaya est de 410423 habitants, soit une densité de 172 habitants par Km².

La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 26% du total de la population, constitue dans les années à venir une importante ressource humaine. (B.Hallouche, 1986)

I.3.Contexte Hydrographique :

Le Bassin Hydrographique Oranie- Chott- Cherguicouvre une superficie de 77.169 Km². Il englobe 12 wilayas (départements):

- 4 en totalité: Tlemcen, Ain Témouchent, Oran, Sidi Bel Abbès.
- 8 partiellement : Saïda, Mascara, Mostaganem, Tiaret, Relizane, Naâma, El Bayadh et Laghouat.

La population totale de la région est de 5.458.700 habitants

Le bassin Hydrographique comprend quatre (4) grands bassins : Côtiers oranais, Macta, Tafna, Chott Chergui. (B.Hallouche, 1986)

I.4. Sismicité :

Bien que la région d'Ain Témouchent ne soit pas située sur une faille, le tremblement de terre du 22 décembre 1999 a montré que cette région est sujette à une activité sismique.

L'état des connaissances actuelles dans le domaine des géosciences appliquées ne permet pas de prévoir avec certitude les périodes de retour ou la prédiction des événements. Aussi, et afin de garantir la protection des humains et des infrastructures des actions préventives doivent être entreprises. Le territoire national est divisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

- **Zone 0** : sismicité négligeable.
- **Zone I** : Sismicité faible.
- **Zones IIa et IIb** : sismicité moyenne.
- **Zone III** : sismicité élevée.

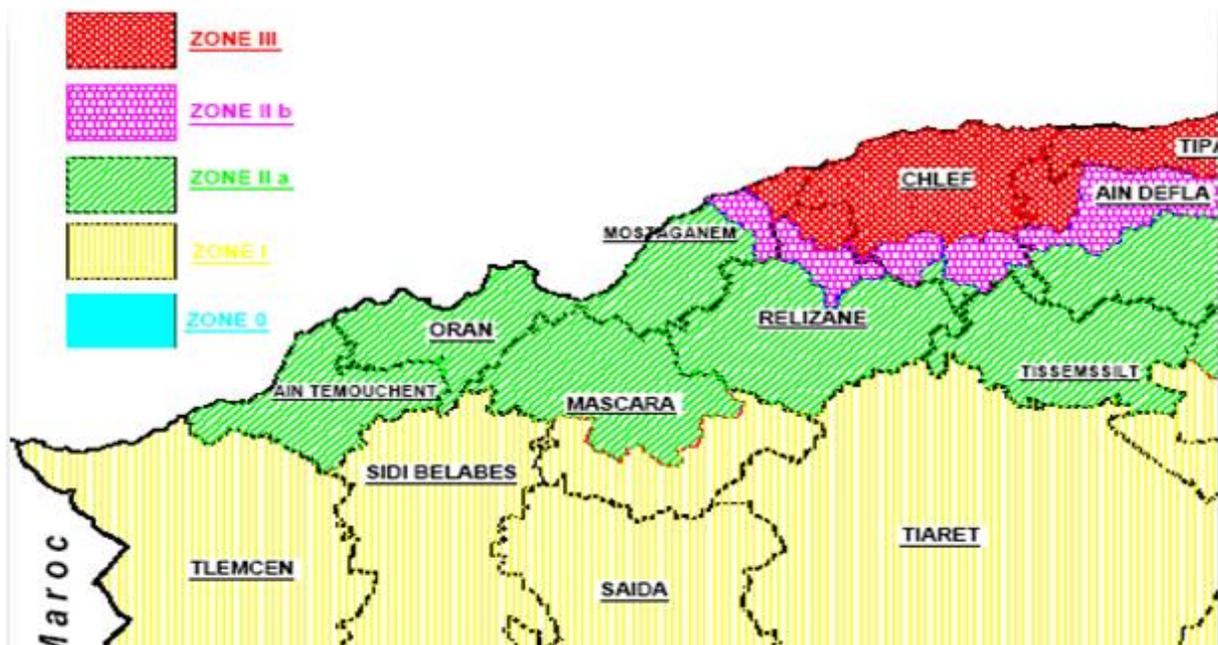


Figure 2: La classification des zones sismiques de l'Algérie In (B.Hallouche, 1986)

I.5. Cadre géologique :

La structure de l'Algérie du Nord est due aux mouvements hercyniens et alpins, qui ont permis l'individualisation de plusieurs domaines (Fig.3) :

En Oranie, nous avons du Nord vers le Sud :

- Domaine tellien.
- Domaine des plateformes (hautes plaines) comme la Méséta oranaise.
- Atlas saharien.

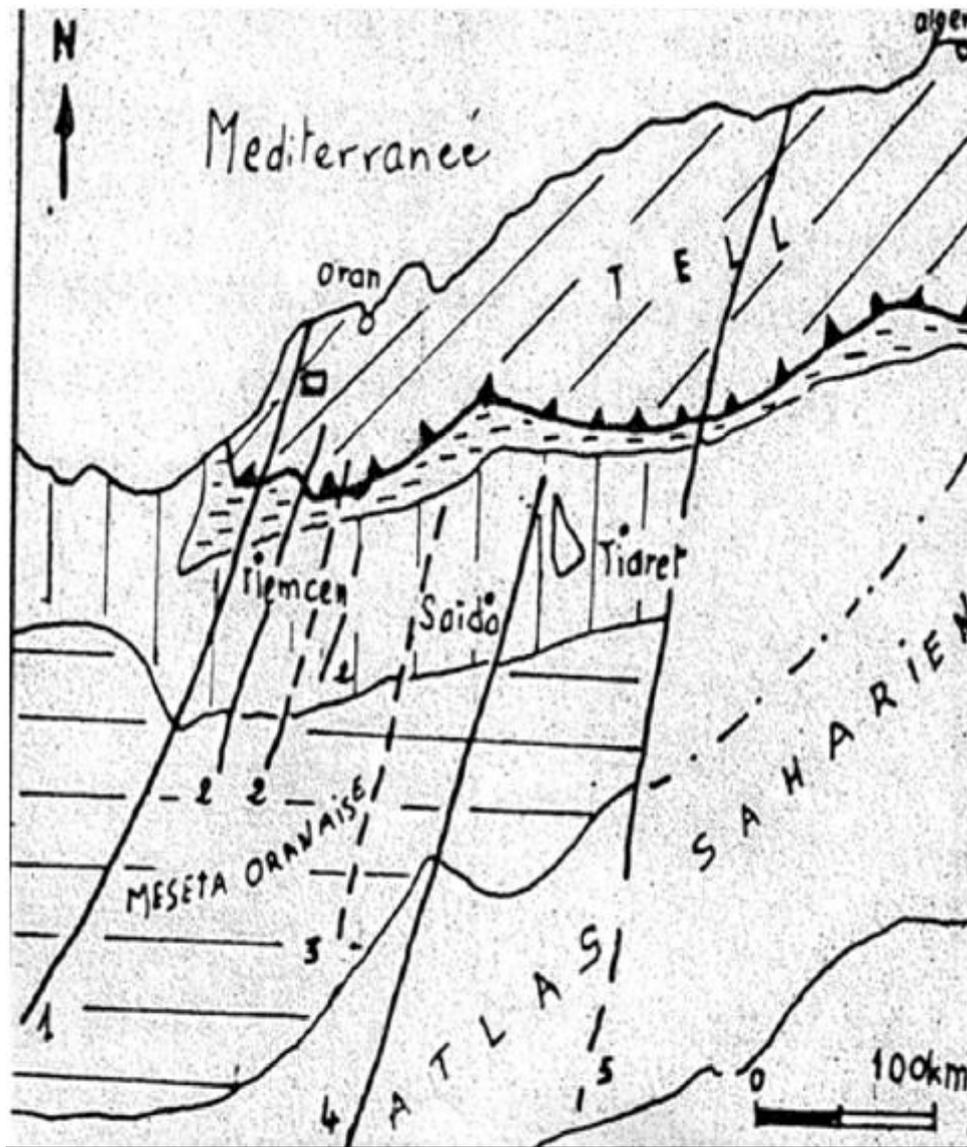
Les limites de ces unités sont marquées par des accidents majeurs :

La limite sud du front des nappes telliennes, est constituée par une ligne irrégulière délimitant le tell correspondant au domaine alpin.

L'accident nord atlasique qui correspond à une série d'accidents donnant une ligne de séparation entre le domaine atlasique et le domaine de la Méséta oranaise.

La région d'Ain Témouchent appartient au domaine tellien, caractérisé par une succession de nappes de charriages, dont les racines se situeraient à l'emplacement de la méditerranée actuelle. Après la mise en place des nappes, une alternance de transgressions et régressions marines devait donner une succession de dépôts marins et continentaux. Ces dépôts sont couronnés du Miocène post-nappe au Quaternaire. L'activité volcanique est apparue après l'épisode post-nappe (Mio-plio-quaternaire) (B.Hallouche, 1986).

La région étudiée appartient au plateau d'Ain Témouchent qui correspond à une terrasse néogène et quaternaire, faiblement inclinée vers la mer à travers laquelle percent des îlots secondaires qui créent des accidents sur la topographie généralement calme. Le long de sa bordure septentrionale, le plateau d'Ain Témouchent est bordé par une ligne de reliefs côtiers secondaires découpés en plusieurs épitements séparés par des étendues de formations néogènes. (B.Hallouche, 1986)



Légendes:

- 1 - Transversale de la Tafna**
- 2 - Principaux décrochements des monts de Tlemcen**
- 3 - Transversale d'Ain Tellout**
- 4 - Transversale D'ain Serfa Saida**
- 5 - Transversale d'El Bayadh Tiaret**
- - Secteur d'étude**

Figure 3 : Grand traits de la structure de l'Afrique du N.W

D'après S.ELMI (1971)

I.5.1. Cadre Géologique local (Fig.4) :

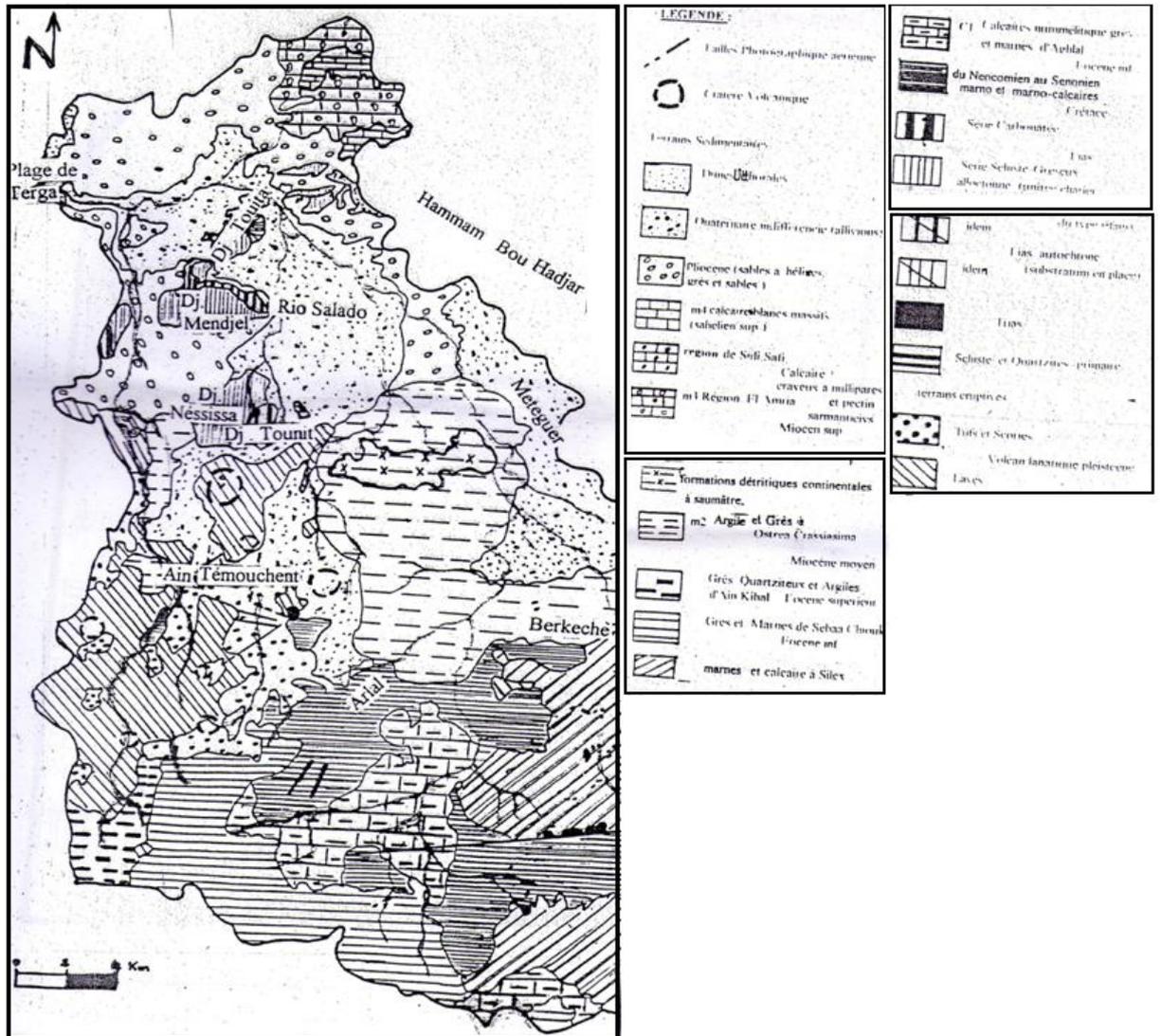


Figure 4 : carte géologique du bassin versant de l'oued EL Maleh d'après J.Lepriol (1975)

I.5.1.1. Para-autochtone tellien:

Les affleurements para- autochtones se situent au Nord et à l'Est Ain Témouchent, dans le Douar Chentouf et près de Chaâbe El- Leham. Il est constitué par des pélites brunes ou rougeâtre, à minces lits de grès sombre ferrugineuses d'âge callovo-oxfordien avec de rares niveaux de calcaires. (Fig.5).

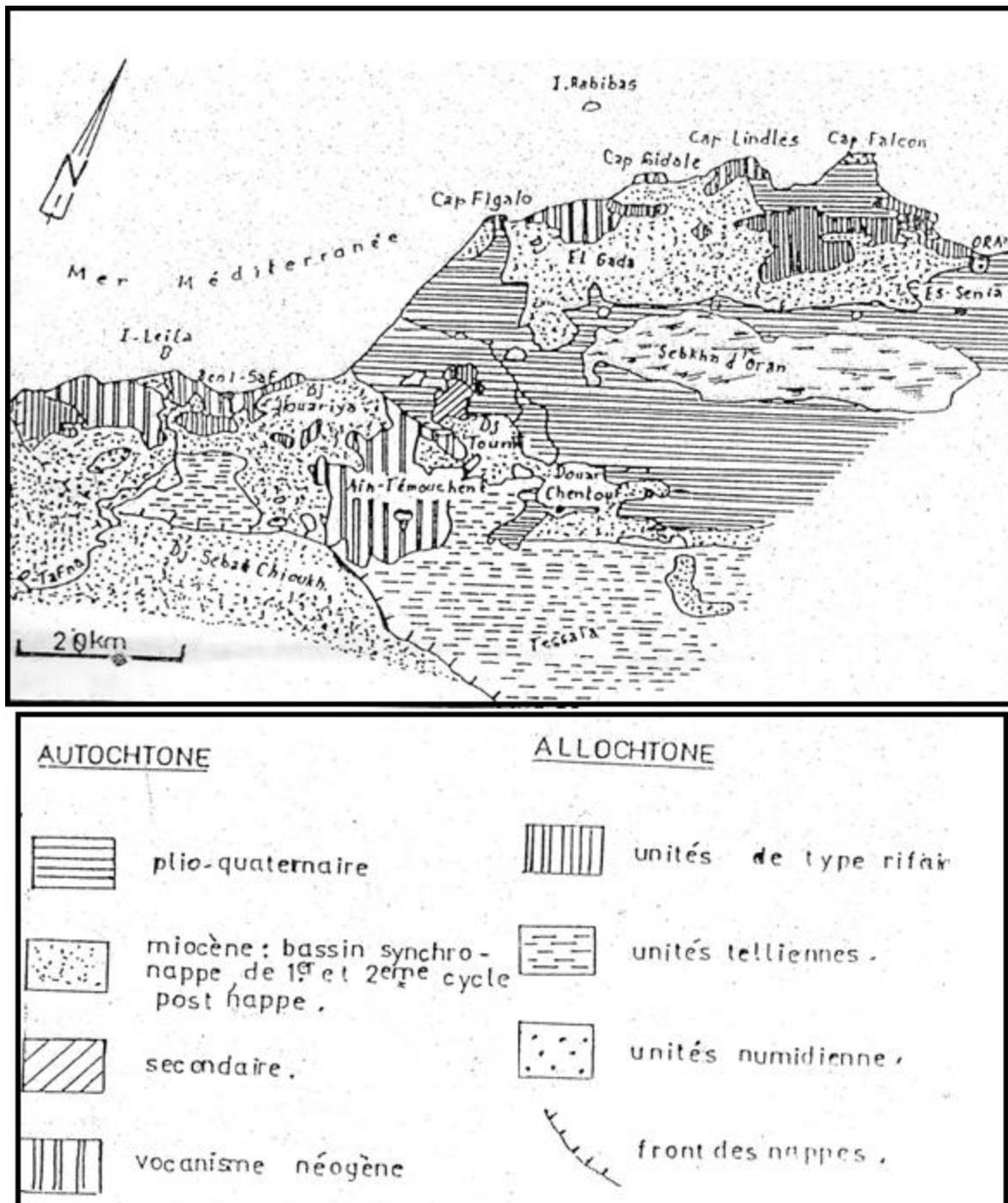


Figure 5 : contexte géologique et structurale du massif volcanique d'Ain Témouchent. IN Megartsi (1985)

A Djebel Necissa, On distingue trois niveaux :

Calcaire bio détritiques d'âge Jurassique supérieur (Kimméridgien) affleurant sur une distance de 125m au milieu des pélites micacées et de grés fins ferrugineux .Ailleurs ces calcaires n'affleurent plus.

Les pélites micacées grés-vertes à rouges violacées.

Grés fins ferrugineux marron.

A Djebel Tounit, Des calcaires d'âge Jurassique supérieur d'au moins 100 mètres d'épaisseur reposent sur des pélites micacées rougeâtres à rares lits de grés roux à traces de plantes avec un petit niveau d'épaisseur formé de calcaires noduleux contient d'Ammonites, d'âge Jurassique Supérieur.

Douar Chentouf : A l'Est d'Ain Témouchent, un affleurement de calcaires gris bleuté en gros bancs parfois noduleux apparaît en fenêtre sous l'unité Sénonienne. Ces calcaires sont associés à des pelites marron ou violacées d'âge Kimméridgien.

I.5.1.2. Les terrains allochtones métamorphique à affinité rifaine :

Unité du massif d'El Maleh : il s'agit essentiellement des massifs de Sidi Kacem , Mengel, Touila qui font partie de l'unité charriée sur le para autochtone de la région d'Ain Témouchent , le contact est souvent jalonné par le trias (roche vertes , pelite violacés , dolomies noirs). Ces massifs sont marqués par la présence de métamorphisme et de déformation intense. On connaît deux formations :

Formation carbonatée attribuée à la base du Jurassique.(calcaires massifs dans le Djebel Sidi Kacem, et presque entièrement dolomitisme dans le Djebel Mendjel).

Le groupe des Schiste toujours en contact anormal avec les calcaires est attribué au Jurassique moyen à supérieur.

I.5.1.3. Allochtone non métamorphique à affinité tellienne :

Il est mise en place dans la région d'Aghlal, oued Berkeche et comprend :

L'unité chouala : Visible autour d'Ain Alem (Au Nord de Sebâa Chioukh) et Aghlal, cette formation est caractérisée par la présence d'Ammonites pyriteuses, elle est composée de marne du crétacé inférieur à moyen d'Oligocène parfois associé à de blocs de calcaires Jurassique.

Les affleurements de l'unité de Chouala ont été aussi observés par (P.Guardia) dans la région de Kiroulis ou l'on rencontre des marnes grises d'âge cénomanien moyen Au sud d'Ain

Témouchent, on rencontre deux affleurements de marnes contenant du sénonien inférieur qui apparaissent sous les déjections volcaniques.

Au Nord Ouest de Châabat El-Leham : sur les pelites et les grés du para-autochtone, on observe, de minuscules lambeaux de marnes, associés a un peu de trias qui leur service de semelle, l'un deux près du Djebel Tounit, formé de marnes en plaquettes légèrement sableuses.

L'autre près de Djebel Mendjel formé de marnes gris claire légèrement sableuses qui fournissent une microfaune d'âge valanginien supérieur au Hauterivien.

- L'unité sénonienne : Formée par des marnes grise légèrement gypseuse, de calcaires d'âge crétacé supérieur à Eocène moyen à supérieur et marno- calcaire. Elle existe surtout dans le Sebâa Chioukh.
- L'unité Oligo-Miocène : Très développée dans la partie orientale de Sebâa Chioukh autour d' formé de calcaire gloconieux sableux et des grés à ciment calcaires d'âge oligo-Aquitaniien.

Dans la vallé d'Oued El Maleh, un petit affleurement de l'unité oligo-miocène est constitué par des marnes grises, ocres en surfaces et des grés roux, calcaire parfois friable.

I.5.1.4. Le complexe de triasique :

C'est un ensemble chaotique de terrains sédimentaires et éruptifs. En Oranie, les matériaux du complexe triasique sont toujours en contact anormal avec les terrains antérieurs au Miocène post-nappe.

Le trias des unités d'El Maleh présente la semelle de l'unité (Djebel de Sidi-Kacem, Mendjel, Tounit).

Le trias des unités telliennes est abondant en semelle, et au sein des unités de Chouala et sénonienne .les divers éléments du complexe sédimentaire et volcanique sont emballés dans une matrice gypseuse.

I.1.5.5. Le Miocène :

Au même moment ou se font les derniers glissements Tello-rifains au Sud, un nouveau bassin complexe s'installe au Nord sur les nappes de la bordure septentrionale du Tell, les dépôts du 1er cycle miocène post- nappe.

Puis une transgression déposant le Miocène terminal, elle est dite « Messénienne ».A cette époque commence à se développer le volcanisme.

Le Miocène est constitué en grande partie de marnes jouant parfois le rôle du substratum des aquifères gréseux et sableux plioquaternaire (Terga-sassel).

a) Le Miocène synchro-nappe :

Occupe une place importante au Sud d'Ain Témouchent au niveau des Sebâa Chioukh (série marno-gréseuse de 2000m d'épaisseur), il se développe également vers l'Est dans les Tessala.

b) Le Miocène du premier cycle post-nappe :

Sur le flanc Nord de Sebâa, le Miocène du premier cycle poste-nappe est continental, formé par le démantèlement des reliefs, on rencontre des marnes gypseuses vertes ou lie de vin, des grés et des poudings rouges.

c) Le Miocène du deuxième cycle poste-nappe:

Après la phase miocène de serrage post-nappe, une période d'érosion permet le dégagement d'une surface d'aplatissement. C'est sur cette surface que vont s'accumuler les formations sédimentaires et volcanique du Miocène terminal. Le deuxième cycle est transgressif et discordant, il débute par :

- **Formation rouge continentales à saumâtres:** Reposant en discordance sur la formation du premier cycle nappe formé de formation détritique sur les marges (grés roux) à saumâtre, d'origine alluviale, affleurant au Nord de Sebâa-Chioukh.
- **Formation marines de marnes bleues :** Vers le centre cette dernière formation rouge passe à des marnes bleues. Au dessus des niveaux saumâtre apparaissent des marnes bleutées à caractère marin.
- **Formation calcaires sommitales :** A l'Est d'Ain Témouchent ces calcaires englobent des fossiles (algues de polypiers et d'échinidés). Les calcaires du Miocène supérieur sont transgressifs sur le massif d'EL-Maleh

I.1.5.6. Le plio-quaternaire :

a) Formation marines:

- **Premier cycle pliocène:** Ce premier cycle a été marqué par la régression de la mer Messénienne en sorte que le rivage du pliocène présente sensiblement les mêmes limites que le rivage actuel.
- **Second cycle plio- quaternaire:** correspond aux formations détritiques alternant avec des niveaux littoraux, entre l'embouchure de l'Oued El Maleh et le Maroc. Ce sont en tous les cas des grés calcaireux.

b) Formations continentales :

- **Le Pliocène :** Il s'agit d'une épaisse série de sédiments fins de couleur rouge qui surmonte les calcaires messéniens du Djebel Kiroulis (Dj.Maida) et bien visible en bordure de l'Oued El -Maleh.
- **Formation antérieure à la croute ancienne :** Ce sont des sables fins rubéfiés à « Hélix » de couleur rouge, présente à l'embouchure de l'Oued El Hallouf.
- **Glacis encroûté ancien et terrasse supérieur:** A l'Est d'Ain Témouchent, une croute calcaire recouvre un glacis ancien, elle résulte d'un climat semi- aride où alternaient des pluies intense avec des longues périodes sèches.

I.5.6.Aspect Structural et tectonique :

De nombreuses investigations géologiques faites par les chercheurs géologues permettent aujourd'hui d'avoir une parfaite connaissance du style tectonique et de l'architecture des principaux reliefs du domaine tellien. (Fig.6)

Le domaine tellien est passé par les quatre grandes phases tectoniques suivantes:

- Phase hercynienne ;
- Phase compressive alpine ;
- Phase lutétienne: (première phase alpine) ;
- Phase miocène: (deuxième phase alpine).

I.5.6.1.Néotectonique :

La clôture de la mise en place des ensembles alpins dans l'Oranie est marquée par un volcanisme acide plio-quadernaire (P. Guardia, 1975), c'est une tectonique récente représentée en deux phases:

- Tectonique du Messénien :

Plusieurs événements distinctifs sont enregistrés, ils sont responsables du découpage en horst et graben du littoral et ont été accompagnés de basculement de bloc vers le Sud généralement, cette tectonique distinctive est épirogénique (B. Fenet, 1975)

- Tectonique du Plio-quaternaire :

Les déformations du Plio-quaternaire sont encore plus rares dans le Messénien. Elles constituent des failles inverses et des décrochements suivants lesquels s'effectue le découpage de l'orogénèse alpine du Nord au Pléistocène (G. Thomas, 1985) et par la suite l'association du volcanisme basaltique alcalin d'Ain Témouchent.

La tectonique actuelle est caractérisée par une activité sismique le long des grands décrochements.

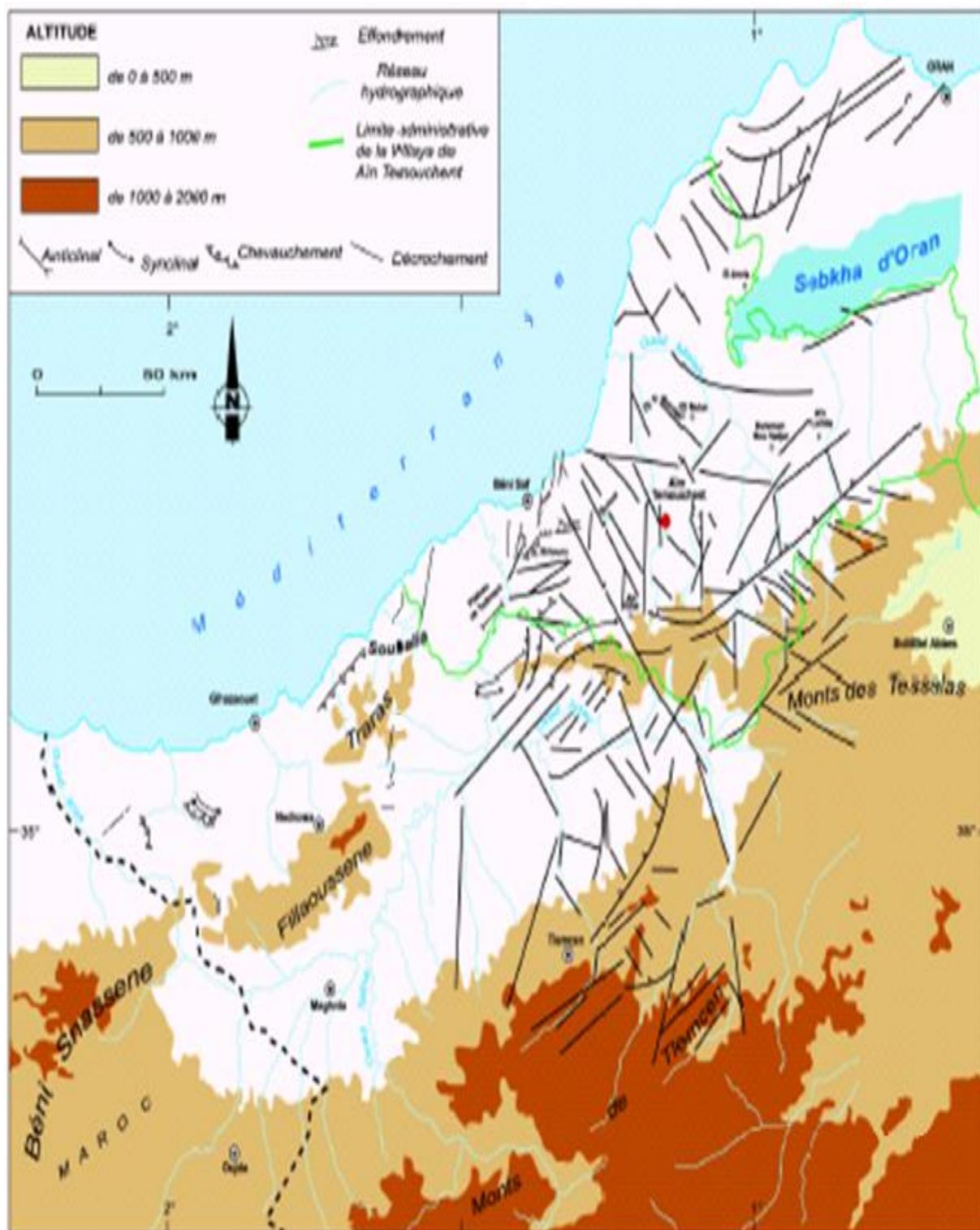


Figure 6 : Contexte morfo-tectonique

(D'après la synthèse documentaire et l'interprétation du MNT) (H.P.O d'Oran)

I.5.6.2. Volcanisme :

Dans la région d'Ain Témouchent, la phase volcanique principale a été rapportée au Quaternaire. Ces coulées ont en général un substratum miocène supérieur ou villafranchien (Oued El Hallouf). Les émissions volcaniques du plateau néogène d'Ain Témouchent couvrent une surface de 450 km² entre Châabat El Leham, le Djebel de Sidi Kassem et Ain Kihal du Nord au Sud et entre l'Oued Souf et Tell et Sidi Safi de l'Est à l'Ouest (B.Hallouche, 1986). Bien que l'érosion ait été intense, elle est restée régulière, le réseau hydrographique est peu imprimé dans la topographie et les appareils volcaniques sont en général bien conservés (volcan de Sidi Ben Adda 304m). La cuvette basaltique de Châabat El Leham doit être apparemment attribuée à des épanchements fissuraux locaux.

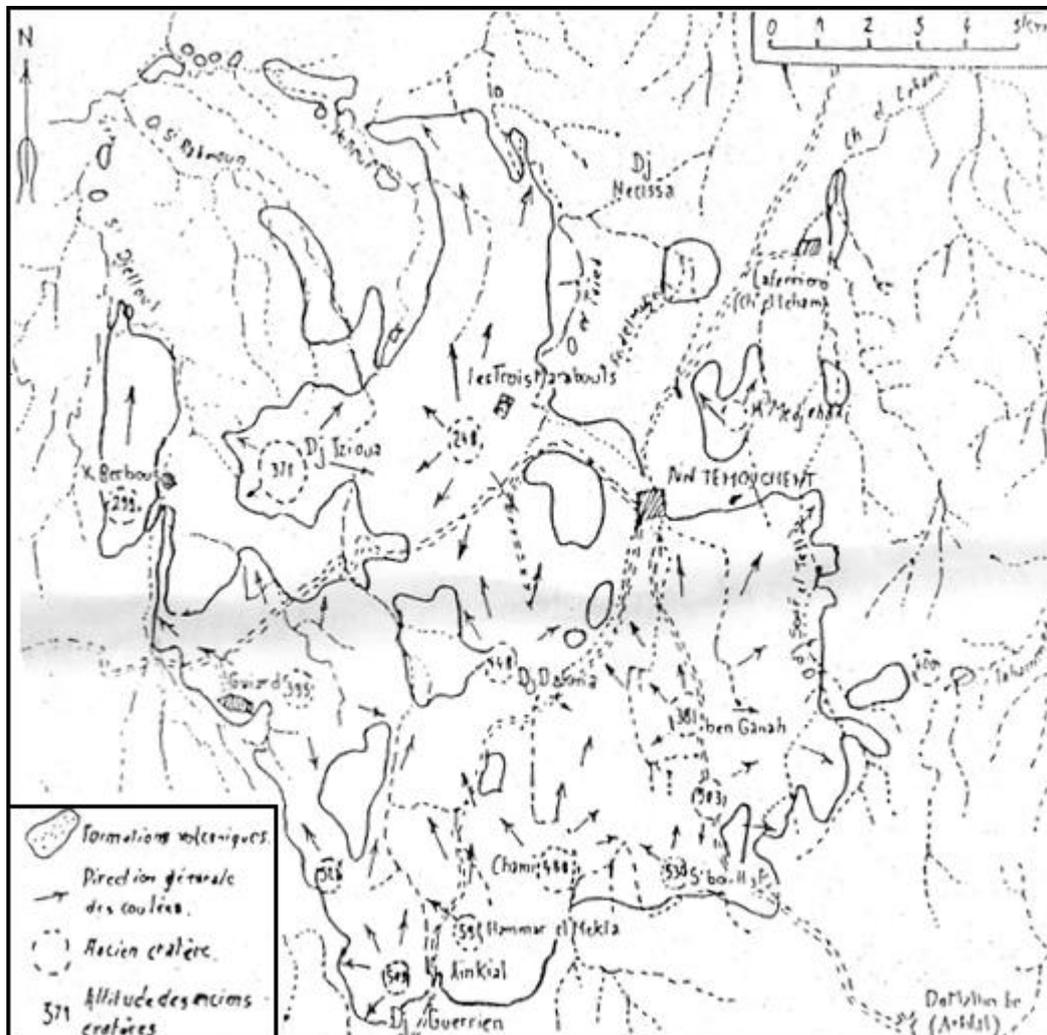


Figure 7 : Carte répartition des formations volcaniques du massif d'Ain Témouchent
D'après (SADRAN 1958)

➤ **Dynamisme du massif d'Ain Témouchent :**

En période d'activité le massif était formé par un grand nombre d'appareils indépendants déposés en gradins successifs, parallèles aux reliefs méridionaux. Il s'agit d'un volcanisme de type strombolien faisant alterner de phases explosives avec des émissions de laves très fluides abondantes indiquant l'existence d'épisodes de types Hawaïens. Une phase a achevé l'évolution du massif, elle a provoqué la formation de caldeira de Sidi Ben Adda et a répandu dans toute la région du Nord et Nord- Est une épaisse couche de cendres volcaniques qui recouvre les dernières émissions de laves (B.Hallouche, 1986).

I.6. Géologie du secteur d'étude :

Les formations volcaniques d'Ain Témouchent sont formées de trois niveaux de produits de déjections, de bas en haut on a: Les tufs, les brèches et les coulées.

a) Les Tufs :

Les premières manifestations responsables de la formation des anneaux (Anneau de Bengana) de tufs sont de type phréatomagmatiques. D'après leur origine, on peut distinguer :

➤ **Les tufs d'origine volcano-sédimentaire:**

Ce sont les cendres et lapillis qui ont entraîné la formation de tufs cinéritiques très fertiles et parfois très fins présentant des enclaves (nodules à olivine, bombes à hornblendes brunes, fragments de gneiss à sillimanite) avec des cristaux d'orthoses, d'augites et de spinelles. Ces formations sont bien visibles à Oued Sennâne au Sud de Guentret Saboun.

➤ **Les tufs de retombée:**

Ils sont de couleur rougeâtre à aspect induré, de faible densité. Composés de bombes centimétriques à décimétriques, de nature scoriacée et renferment des minéraux ferromagnésiens, leur épaisseur varie de quelques décimètres à un mètre.

➤ **Les tufs d'origine explosive:**

C'est une formation litée, de couleur sombre contenant des blocs de calcaires, marnes ou grès et des blocs d'origine volcanique de taille variable, ce sont des fragments de coulée.

b) Les Brèches :

On distingue des brèches de base ou de sommet de coulées et des brèches stromboliennes (B.Hallouche, 1986):

➤ **Brèches de base ou de sommet de coulées:**

Scoriacées avec des éléments soudés entre eux. Elles sont de couleur rouge en raison du remaniement des tufs sous-jacents au moment du dépôt de la brèche.

➤ **Brèches stromboliennes:**

Ce sont des bombes très caractéristiques des volcans stromboliens, formées soit de cônes (Bengana) soit des pitons tels que Hammar Tizi, Snidig. Ces brèches sont bien litées avec des enclaves d'origine profonde (enclaves de péridotites) ayant une taille de quelques centimètres à un mètre.

c) Les Coulées :

Les coulées et les amas de roches pyroclastiques du massif d'Ain Témouchent occupent de vastes étendues de très faible pente, légèrement inclinées vers la mer de direction du Sud au Nord. Ces coulées sont massives, rarement prismées, de couleur sombre quand elles affleurent. En raison de leur fluidité, elles s'y accumulent dans les thalwegs en formant de vastes plateaux autour des cratères, les coulées ayant par ailleurs empreintes les lits des anciens Oueds entraînant une profonde transformation du réseau hydrographique (B.Hallouche, 1986). Les produits de projection sont surtout des scories de laves basiques renfermant des nodules à olivine, de gros cristaux d'augite et parfois des enclaves constituées de "bombes à hornblende, nodules à olivine, fragments de gneiss à sillimanite", de même que l'absence des feldspaths.

La topographie volcanique a de nos jours pratiquement disparu, la présence de cratères est uniquement marquée par de légères dépressions circulaires renfermant un peu d'eau pendant la saison des pluies et des pitons de scories.

I.7. Conclusion

D'après l'étude du massif d'Ain Témouchent, on parvient à supposer quelques arguments structuraux et paléogéographiques concernant l'autochtone et qui sont constitués par des pélites, des grès et des calcaires du Jurassique supérieur, situées d'après (P. Guardia) sous la nappe de type Rifain de l'unité d'El Maleh et sous quelques lambeaux de nappes de type tellien. Les contacts avec les unités allochtones sus-jacentes sont subhorizontaux et le plus souvent soulignés par le matériel triasique. Cet ensemble inférieur, qui possède les caractères stratigraphiques des unités de type Rifain, n'en possède pas la complexité structurale. Aucune schistosité, aucun contact tangentiel n'ont pu y être décelé. (P. Guardia, 1975).

Au quaternaire ancien, la région d'Ain Témouchent est donc modelée dans un pays formé de terrains tertiaires (grès éocène et oligocène, marnes miocène), au relief compliqué comparable aux structures actuelles rencontrées dans les monts du (1976). Les paysages étaient très différents du relief actuel. Alors une importante phase volcanique s'est déclenchée à partir de nombreux volcans des alentours d'Ain Témouchent, Sidi Ben Adda, Ain Kihal et également au nord d'El Amria (volcan de Tifraouine). Tout le pays est alors recouvert d'une épaisse couche de produits éruptifs apparentés à la famille des basaltes, avec des coulées massives, des scories, des cendres et des lapillis. De nombreuses émissions volcaniques ont été entrecoupées par des phases calmes avec dépôts de tufs lacustres et des produits de remaniement.

Chapitre II : Etude Climatologique

II.1. Introduction :

L'étude climatologique a été basée sur les paramètres climatiques principaux qui sont les données de températures et de précipitations de la même période d'observation (1995 à 2012) relevées au niveau de la station de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé d'Ain Témouchent (I.T.M.A) aux coordonnées géographiques indiquées dans le tableau 1.

L'intérêt de cette étude est de déterminer le type de climat de notre secteur d'étude et d'évaluer le volume d'eau annuel des réserves régulatrices de l'aquifère du champ captant.

Latitude	Longitude	Altitude (m)
35°17' N	01°07' W	330

Tableau 1: Présentation de la station d'Ain Témouchent (I.T.M.A)

II.2. Étude des Précipitations :

II.2.1. Répartition des précipitations moyennes annuelles (Tableau 2) :

Années	Précipitations (mm)	Années	Précipitations (mm)
1995-1996	345,2	2004-2005	304,9
1996-1997	337,9	2005-2006	356,3
1997-1998	355,5	2006-2007	376,8
1998-1999	313,2	2007-2008	282,5
1999-2000	317,9	2008-2009	605,3
2000-2001	536,1	2009-2010	487,3
2001-2002	420,5	2010-2011	480,8
2002-2003	558,5	2011-2012	409,2
2003-2004	367,2	Moyenne annuelle = 403,2 mm	

Tableau 2: Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Témouchent

Les précipitations moyennes annuelles de la station de l'I.T.M.A d'Ain Témouchent est 403,2 mm.

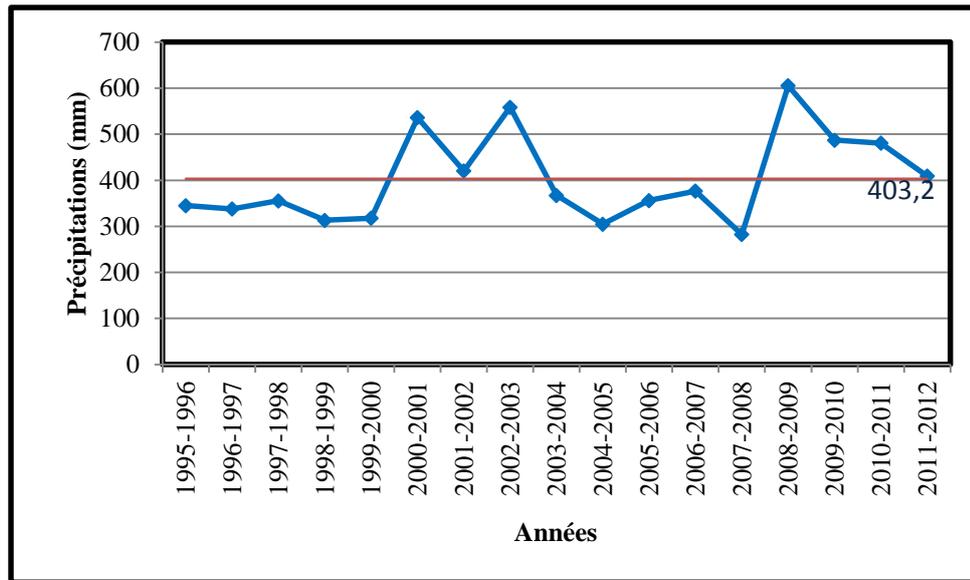


Figure.8: Variation des précipitations moyennes annuelles à la station d'Ain Témouchent (1995 à 2012)

Les résultats obtenus montrent une répartition hétérogène des moyennes pluviométriques durant la période 1995-2012, discriminée par une alternance de zones excédentaires et déficitaires où l'on constate une carence durant les périodes: 1995 à 2000 et 2003 à 2008 et un excès pendant les périodes: 2000 à 2003 et 2008 à 2012. Cet excès est marqué par la disposition de la plus part des valeurs au dessus de la moyenne annuelle qui est égale à 403,2 mm.

L'année pluvieuse est 2008-2009 avec une hauteur de 605,3 mm et l'année la plus sèche est celle de 2007-2008 avec 282,5 mm.

II.2.2. Répartition des moyennes mensuelles :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
Précipitations (mm)	19,2	48,0	69,2	52,1	65,2	47,0	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1	403,2

Tableau 3: Valeurs des précipitations moyennes mensuelles

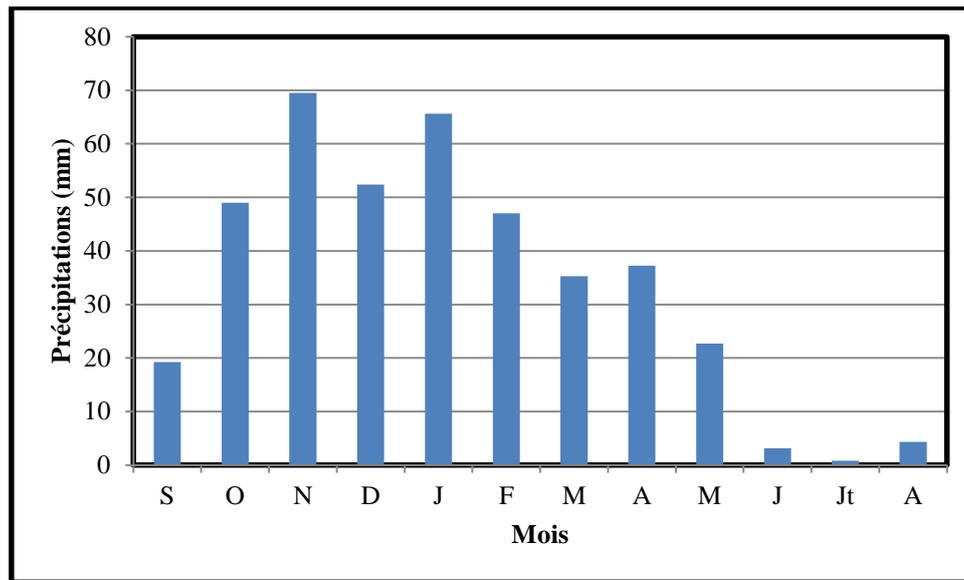


Figure 9: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Témouchent (1995/1996 – 2011/2012)

La répartition mensuelle des précipitations (figure.9) correspondant à la période 1995-2012 indique clairement deux grandes saisons:

- Une saison Estivale: correspondant à la période d'Été (Juin, Juillet, Août), désignant un déficit pluviométrique (sans précipitation significative).
- Une saison Hivernale comprenant le reste de l'année. L'analyse des moyennes mensuelles des précipitations fait apparaître une pluviométrie oscillante qui reste plus au moins élevée dans les mois d'Octobre à Janvier par rapport au mois de Février à Mai, ainsi elle exprime le contraste pluviométrique entre deux sous saisons humides.

Novembre est le mois le plus pluvieux avec 69,2 mm et Juillet est le mois le plus sec avec une moyenne de 0,7 mm.

II.2.3. Répartition des précipitations saisonnières :

Les précipitations saisonnières de la station d'Ain Témouchent sont données dans le tableau qui suit :

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Précipitations (mm)	136,4	164,3	94,5	08,0

Tableau 4: Valeurs des précipitations saisonnières.

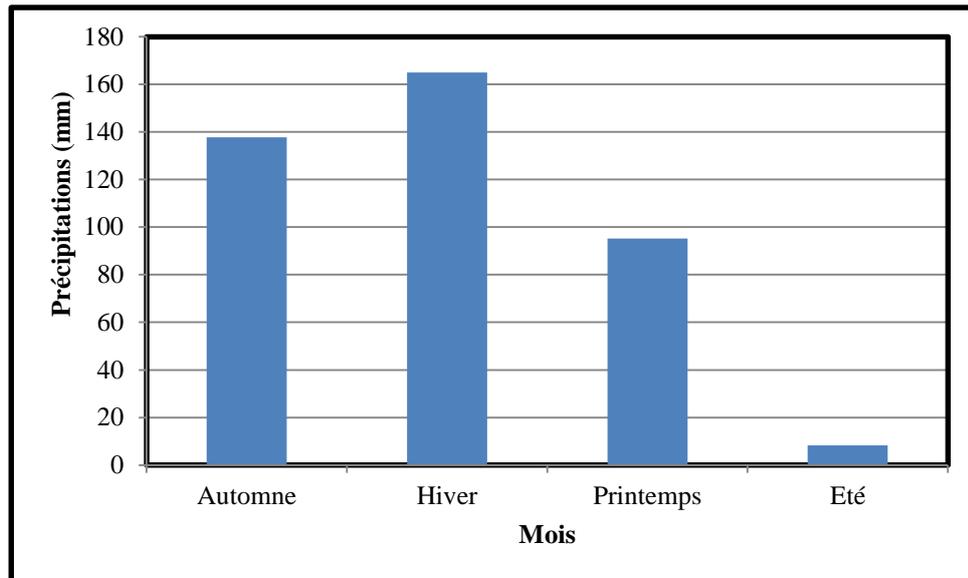


Figure 10: Histogramme des précipitations saisonnières de la station d'Ain Témouchent
(1995/1996 – 2011/2012)

L'histogramme des précipitations saisonnières permet de distinguer un maximum de 164,3 mm en Hiver ainsi qu'un maximum secondaire de 136,4 mm en Automne, par contre un minimum de 8,0 mm est enregistré en Été.

On conclut que l'Hiver est la saison la plus humide et l'Été la plus sèche.

L'organisation des saisons n'est pas homogène car elle dépend du régime pluviométrique.

II.3. Étude des températures :

Les températures moyennes annuelles et mensuelles régissent directement en interaction avec les autres facteurs météorologiques (insolation, vitesse et turbulence du vent, précipitations) et biogéographiques, le phénomène d'évapotranspiration et déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

On dispose au tableau.5 des moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales et maximales qui correspondent à une courte durée de 17 ans d'observation de 1995 à 2012.

On a:

T_m : moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales (°C).

T_M : moyennes mensuelles et annuelles des températures maximales (°C).

T_{moy} : $(T_m + T_M) / 2$.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
Tm (°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
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	20,0	23,8	26,4	26,9	18,7

Tableau 5: Moyennes mensuelles et annuelles des températures, maximales, et minimales à la station d'Ain Témouchent (1995/1996 – 2011/2012)

Selon la figure.11, il s'avère qu'à partir de Mai et jusqu'à Octobre, les températures moyennes mensuelles tendent à s'accroître en présentant des valeurs allant de 20 °C à 26,9 °C supérieures à la moyenne annuelle (18,7 °C), par contre la saison comprise entre Novembre et Avril représente des températures moyennes mensuelles qui varient entre 11,9 °C et 16,4 °C inférieures à la moyenne annuelle (18,7 °C).

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.

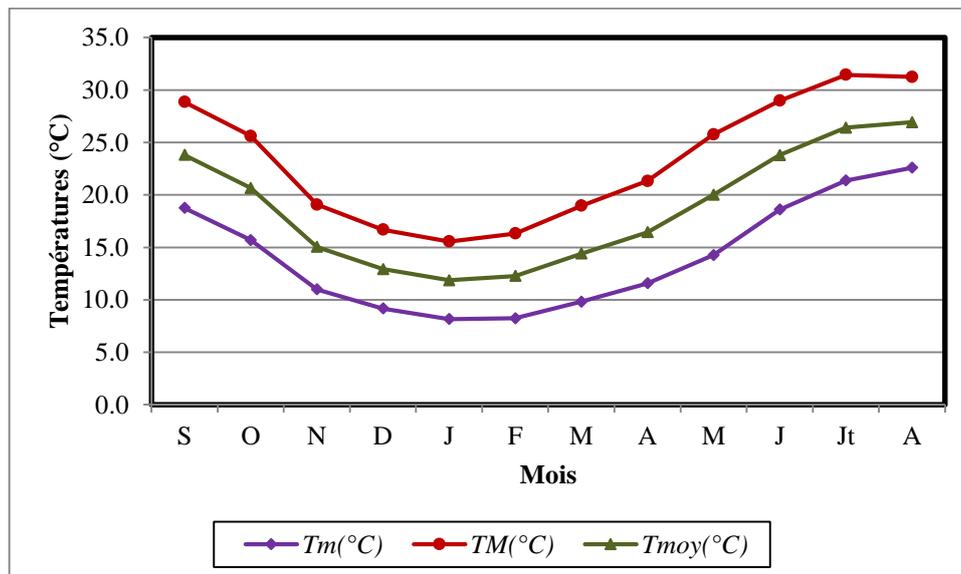


Figure 11: Variation mensuelle des températures à la station d'Ain Témouchent (1995/1996 – 2011/2012).

II.4 Étude du climat :

II.4.1. Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен :

D'après la courbe pluvio-thermique, on peut distinguer la période humide de la période sèche. Selon Bagnouls et Gausсен, une période sèche est une période pendant laquelle le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en °C: $P \leq 2T \Rightarrow$ **période sèche**. Cette relation permet d'établir le diagramme pluvio-thermique sur lequel les températures moyennes mensuelles durant la période 1995 et 2012 sont portées à une échelle double de celle des précipitations convenable à la même période (courte durée).

Avec:

P: précipitations moyennes mensuelles (mm).

T: températures moyennes mensuelles (°C).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P (mm)	19,2	48,0	69,2	52,1	65,2	47,0	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	20,0	23,8	26,4	26,9

Tableau 6: Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Témouchent.

On déduit du diagramme ci-dessous que:

La courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations pour un mois sec alors que pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures.

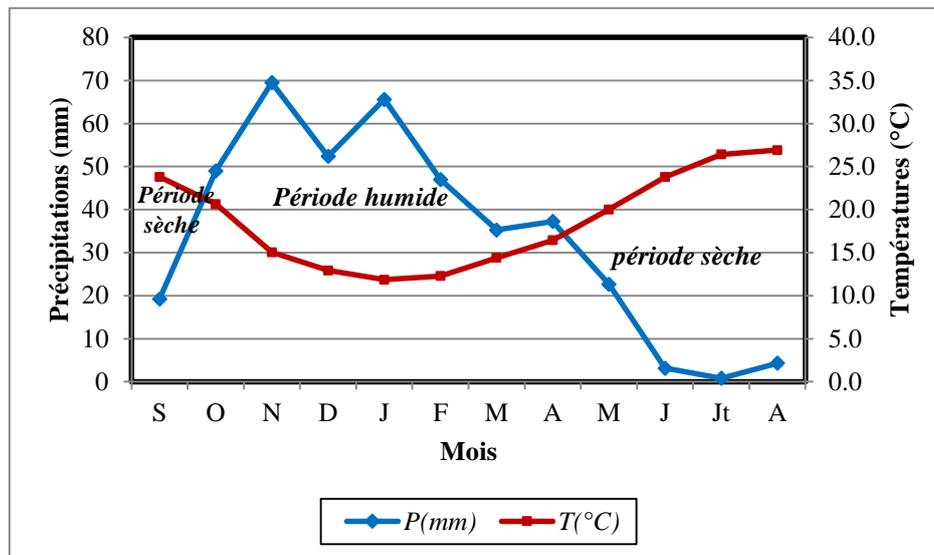


Figure12: Diagramme pluvio-thermique de la station de Ain Témouchent
(1995/1996 – 2011/2012)

En effet, L'intersection des deux courbes de variations des précipitations et des températures fait ressortir:

- Une période humide plus longue, de sept mois, débutant en Octobre et se prolongeant jusqu'au mois d'Avril.
- Une période sèche de cinq mois, s'étalant sur le reste des mois.

II.4.2. Calcul des indices climatiques :

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

II.4.2.1. Indice d'aridité de De. Martonne :

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

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

- **Indice d'aridité annuel (I) :**

Donné par la relation:

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

Où:

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

P (mm)	T (°C)	I
403,2	18,7	14,05

Tableau 7: Indice d'aridité de De. Martonne.

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 13.

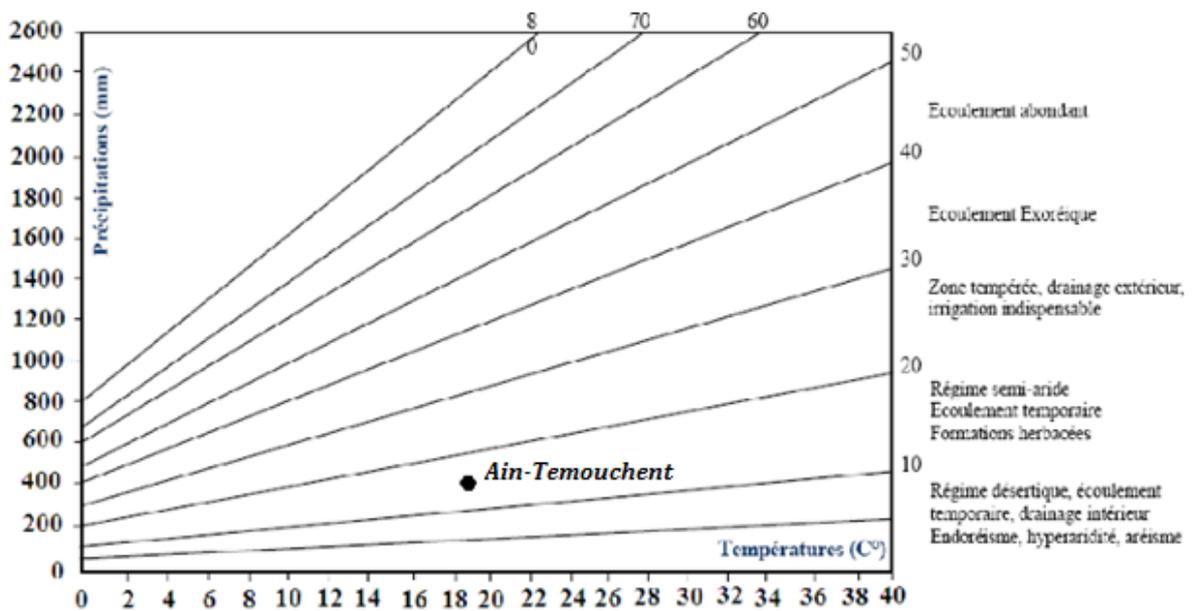


Figure 13: Abaque de l'indice d'aridité de De. Martonne, station d'Ain Témouchent (1995-2012).

• **Indice d'aridité mensuel (i) :**

Donné par la relation:

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

Où **p** et **t** représentent les précipitations et températures moyennes du mois considéré.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
p (mm)	19,2	48,0	69,2	52,1	65,2	47,0	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	20,0	23,8	26,4	26,9
I	6,82	19,18	33,32	27,42	36,03	25,33	17,36	16,9	9,07	1,12	0,27	1,4
Type du Climat	D	SA	T	T	T	T	SA	SA	S	HA	HA	HA

D: désertique, SA : semi aride, T : tempéré, S : steppique, HA : hyper aride,

Tableau 8: Indices d'aridité mensuels de De. Martonne.

II.4.2.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Emberger (1955) a résolu une formule plus adaptée aux climats méditerranéens qui s'écrit:

$$Q_2 = 1000 \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)^{(M-m)}}$$

D'où:

Q₂: Quotient pluviométrique d'Emberger,

P: Précipitations moyennes annuelles (mm),

M: Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°K),

m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K).

On à: T (°K) = T (°C) + 273.

P(mm)	M(°K)	m(°K)	Q ₂
403,2	304,4	281,2	59,36

Tableau 9: Indice d'Emberger.

Nous reportons sur l'abaque d'Emberger la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisse et en ordonnée, la valeur de "Q₂" obtenue.

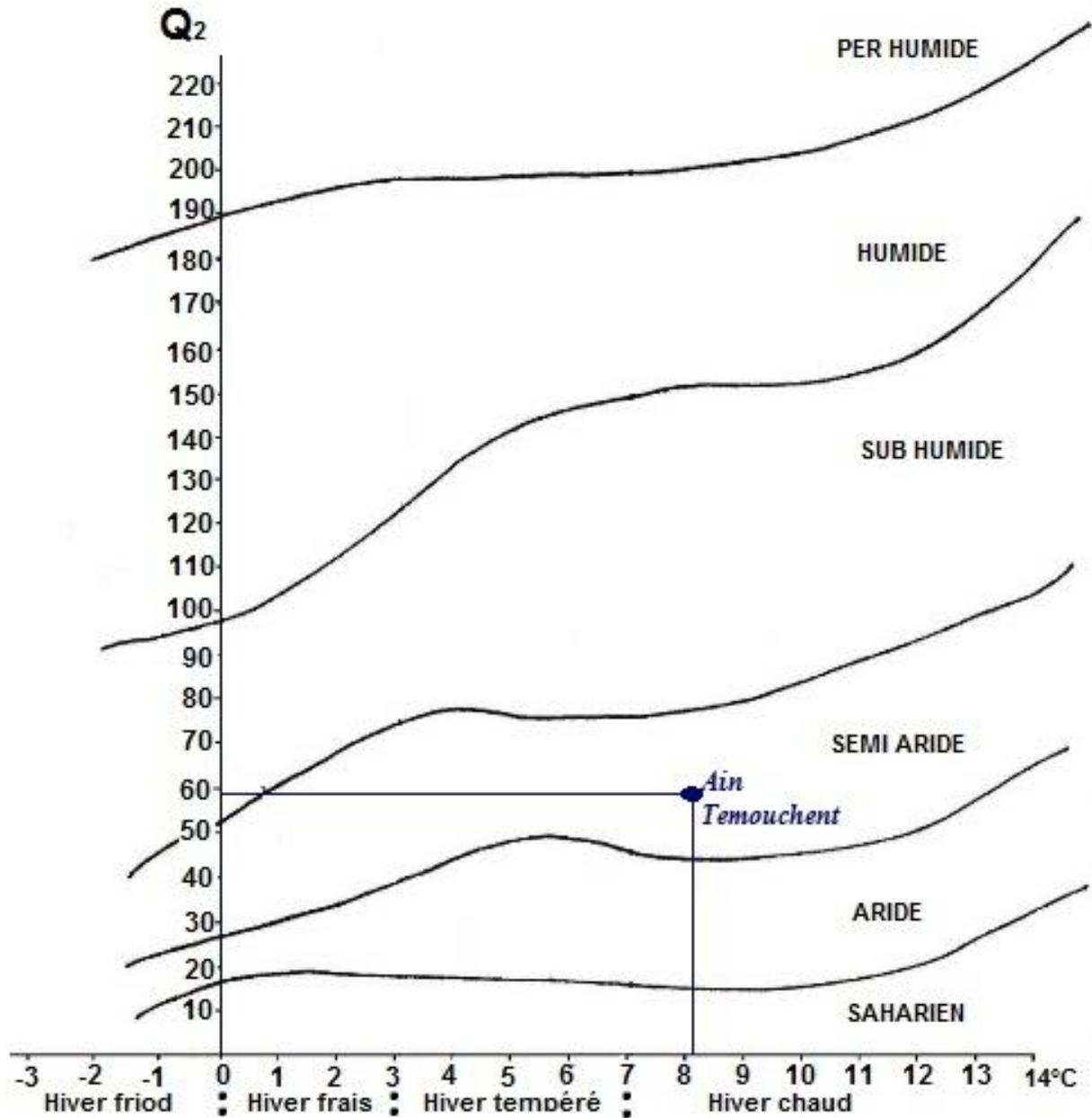


Figure 14: Position de la station d'Ain Témouchent sur le Climat-gramme d'Emberger.

D'après la figure.14, le climat de notre région est semi aride à hiver chaud.

- **Indice de continentalité de Kerner**

Kerner a proposé un indice (I_k) qui diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer, favorisant le calcul du degré de continentalité d'une station considérée, cet indice est donné par la relation suivante:

$$I_k = 100 \frac{t_o - t_a}{A}$$

Avec:

t_o : Température moyenne du mois d'Octobre (°C).

t_a : Température moyenne du mois d'Avril (°C).

A: Amplitude entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid (°C).

t_o	t_a	A	I_k
20,65	16,4	15	28,33

Tableau 10: Indice de Kerner.

Comparant la valeur obtenue ($I_k = 28,33$) avec les résultats de la station côtière de Béni-Saf ($I_k = 34,7$) et celle très continentale de Ghardaïa ($I_k = 1,3$), on constate que notre région subie des influences maritimes.

L'étude climatologique montre que notre zone d'étude est caractérisée par un climat est semi aride à hiver chaud avec un écoulement temporaire.

II.5. Evapotranspiration :

L'évapotranspiration correspond à un phénomène complexe regroupant à la fois l'évaporation physique de l'eau contenue dans le sol et dans l'atmosphère et les processus de transpiration des végétaux. Il faut distinguer l'évapotranspiration réelle (ETR) qui correspond à la quantité d'eau évaporée et transpirée dans les conditions du sol considérée, et l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui correspond à la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée dans les conditions de satisfaction complète des besoins en eau.

Afin d'évaluer l'évapotranspiration réelle et potentielle, de nombreuses méthodes ont été mises en œuvre, basées sur les données de précipitations et de températures enregistrées à la station d'Ain Témouchent sur une période comprise entre 1995 et 2012: méthodes de Turc, Coutagne, Thornthwaite, Wundt et Verdeil.

II.5.1. Calcul de l'évaporation et du déficit d'écoulement :

II.5.1.1. Méthode de Turc :

L'évapotranspiration réelle (tableau.11) 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 s'écrit:

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

ETR: évapotranspiration réelle annuelle (mm),

P: Précipitations moyennes annuelles (mm).

L: $300 + 25T + 0.05T^3$

Avec :

T: température moyenne annuelle (°C).

P(mm)	T (°C)	L	ETR (mm)	% P
403,2	18,7	1094,46	396,22	98,27

Tableau.11: Valeur de l'ETR (Turc).

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

II.5.1.2. Méthode de Coutagne :

Le déficit d'écoulement (tableau.12) qui est l'équivalent de l'évapotranspiration réelle est noté:

$$D = P - \lambda P^2 \quad \text{d'où:} \quad \lambda = \frac{1}{0,8 + (0,14T)}$$

D: déficit d'écoulement (m/an).

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

T: 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 mm.

P (mm)	1/8λ(mm)	1/2λ(mm)	T (°C)	D (mm)	Écoulement + Infiltration
403,2	427,3	1709,4	18,7	355,6	47,6 mm soit 11,80 %

Tableau.12: Valeur du déficit d'écoulement (Coutagne).

II.5.1.3. Méthode de P. Verdeil :

Le report des précipitations annuelles (station d'Ain Témouchent) sur l'abaque de P. Verdeil, 1988, donne la valeur suivante pour le déficit d'écoulement:

P (mm)	D (mm)	Écoulement (mm)
403,2	387	16,2 mm soit 4,02 %

Tableau.13: Valeur du déficit d'écoulement

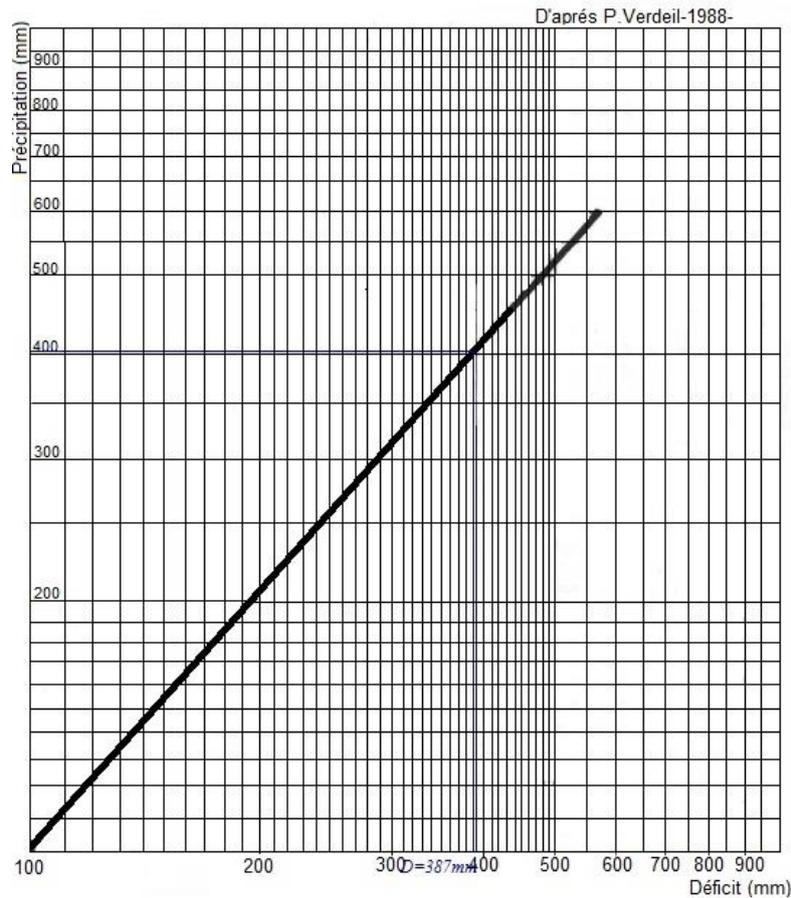


Figure 15: Abaque représentatif du déficit d'écoulement (P. Verdeil, 1988)

II.5.1.4. Méthode de Thornthwaite

Thornthwaite a suggéré une équation favorisant le calcul de l'évapotranspiration potentielle:

$$ETP = 1.6 \left(10 \frac{t}{I} \right)^a f(\lambda)$$

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) $= \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$.
- a (exposant climatique) $= \left(\frac{1,6}{100} I \right) + 0,5$.

d) Déficit agricole: DA = ETP - ETR.

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	Année
P (mm)	69,2	52,1	65,2	47,0	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1	19,2	48,0	403,2
T (°C)	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9	23,8	20,65	18,7
ETP	36,62	26,89	23,25	24,31	40,3	55,3	90,2	126,6	157,9	155	107,9	76,93	920,8
ΔR = P-ETP	32,58	25,21	41,95	22,69	-5,2	-18	-68	-123	-157	-151	-88,7	-28,9	
RU (50mm)	32,58	50,0	50,0	50,0	44,8	26,6	0,0	0,0	0,0	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	0,0	0,0	0,0	41,3	123,4	157,2	150,5	88,69	28,93	590,0
EX	0,0	7,794	41,95	22,69	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,4
E=EX/2	0,045	3,897	22,92	22,8	11,4	5,7	2,85	1,425	0,713	0,36	0,178	0,089	72,38

P: précipitations (mm) ; ETP: évapotranspiration potentielle (mm) ;

ΔU: variation de la réserve ; RU: réserve utile (mm) ; E: écoulement (mm) ;

ETR: évapotranspiration réelle (mm) ; D.A: déficit agricole (mm) ; EX: excédent (mm).

Tableau 15: Éléments du bilan hydrologique calculés pour la station d'Aïn Temouchent (1995-2012)

Avec RU=50 mm (selon la nature du sol)

II.5.3. Calcul du ruissellement

Le ruissellement correspond à l'eau qui s'écoule directement sur le sol au cours d'une averse.

Il peut être estimé (tableau.15) par la méthode de Tixeront-Berkaloff selon la formule:

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

Avec:

R: ruissellement (m).

P: précipitations (m).

ETP: évapotranspiration potentielle (m).

P(m)	ETP(m)	Ruissellement(m)
0,4032	0,9208	0,0257

Tableau 16: Valeur du ruissellement.

Donc, le ruissellement est de 25,7 mm à la station d'Ain Témouchent.

II.5.4. Détermination de l'infiltration

L'équation du bilan est: $P = D + R + I$

$$E = R + I$$

P: précipitations moyennes annuelles (mm).

D: déficit d'écoulement (mm).

R: ruissellement (mm).

I: infiltration (mm).

E: écoulement (mm).

R (mm)	Turc		Coutagne		Verdeil		Thorntwaite	
	ETR	I	ETR	I	ETR	I	ETR	I
25,7	396,22	-	355,6	21,9	387	-	330,8	46,7

Tableau 17: Valeur de l'infiltration selon les différents auteurs.

II.6. Conclusion

À partir de l'étude climatique de la station d'Ain Témouchent sur la période 1995-2012, nous avons aboutit aux résultats suivants:

- Une moyenne annuelle de précipitations égale à 403,2 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).
- 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.
- La méthode des courbes pluvio-thermiques nous a permis de définir une période humide d'Octobre à Avril.
- Les indices climatiques permettent de préciser qu'il s'agit d'un climat semi aride à Hiver chaud.
- Le bilan hydrologique (1995-2012) révèle une ETP extrêmement forte avec une moyenne de 920,8 mm et une ETR près de 330,8 mm soit 82,04 % des précipitations, de ce fait l'écoulement couvre environ 17,95 % des précipitations.
- La quantité d'eau disponible pour le ruissellement atteint 25,7 mm/an.
- La méthode de Coutagne donne une infiltration estimée à 21,9 mm alors que celle de Thornthwaite donne 46,7 mm d'infiltration (tableau.17) contrairement aux autres méthodes qui ne présentent aucune valeur significative.

Chapitre III : Etude hydrologique-hydrogéologique

III.1. Introduction :

Le secteur étudié, compris entre les deux sous bassins versants d'Oued Senane et celui d'Oued Témouchent, se caractérise par un milieu hydrogéologique étroitement lié avec le contexte du volcanisme de la région d'Ain Témouchent.

L'alimentation en eau potable de la ville d'Ain Témouchent se faisait autrefois par les 7 sources de Sidi Younes et 01 puits, tous captant des terrains volcaniques et dont les débits étaient compris entre 2 et 4 l/s.

III.2. Hydrologie de surface :

Faisant partie du bassin versant de l'Oued El Maleh, le secteur étudié est drainé par un réseau hydrographique très évolué, le chevelu hydrographique est important dans la partie amont de notre secteur d'étude qui est lié à de nombreuses sources, son importance diminue vers l'aval dans lequel les pentes sont très faibles.

Il n'existe pas de grosse sources dans la région mais des séries de source de faible importance, dont les débits ne dépassent pas 5 l/s. ces sources sont des exurgences des roches basaltiques.

La disposition des sources et des puits dans le secteur étudié permet une petite hydraulique agricole dont les habitants ont eu tiré grands profits mais ne permet pas de mobiliser de grosses ressources en eau.

III.2.1. Station de jaugeage :

La station de jaugeage la plus proche de notre secteur d'étude est celle de Turgo Nord, située à l'aval du bassin versant de l'Oued El Maleh aux coordonnées :

Station	Coordonnée Lambert	
	X (km)	Y (km)
TURGO NORD	149.000	245.700

Tableau 18: Présentation de la station hydrométrique

Le fonctionnement de la station est régie par les services de l'A.N.R.H d'Oran qui ont pu contrôler les écoulements de surface et les volumes d'eau venants de l'amont depuis 1975, donnant une série d'observations des débits suffisamment cohérente afin d'évaluer les potentialités superficielles du bassin versant.

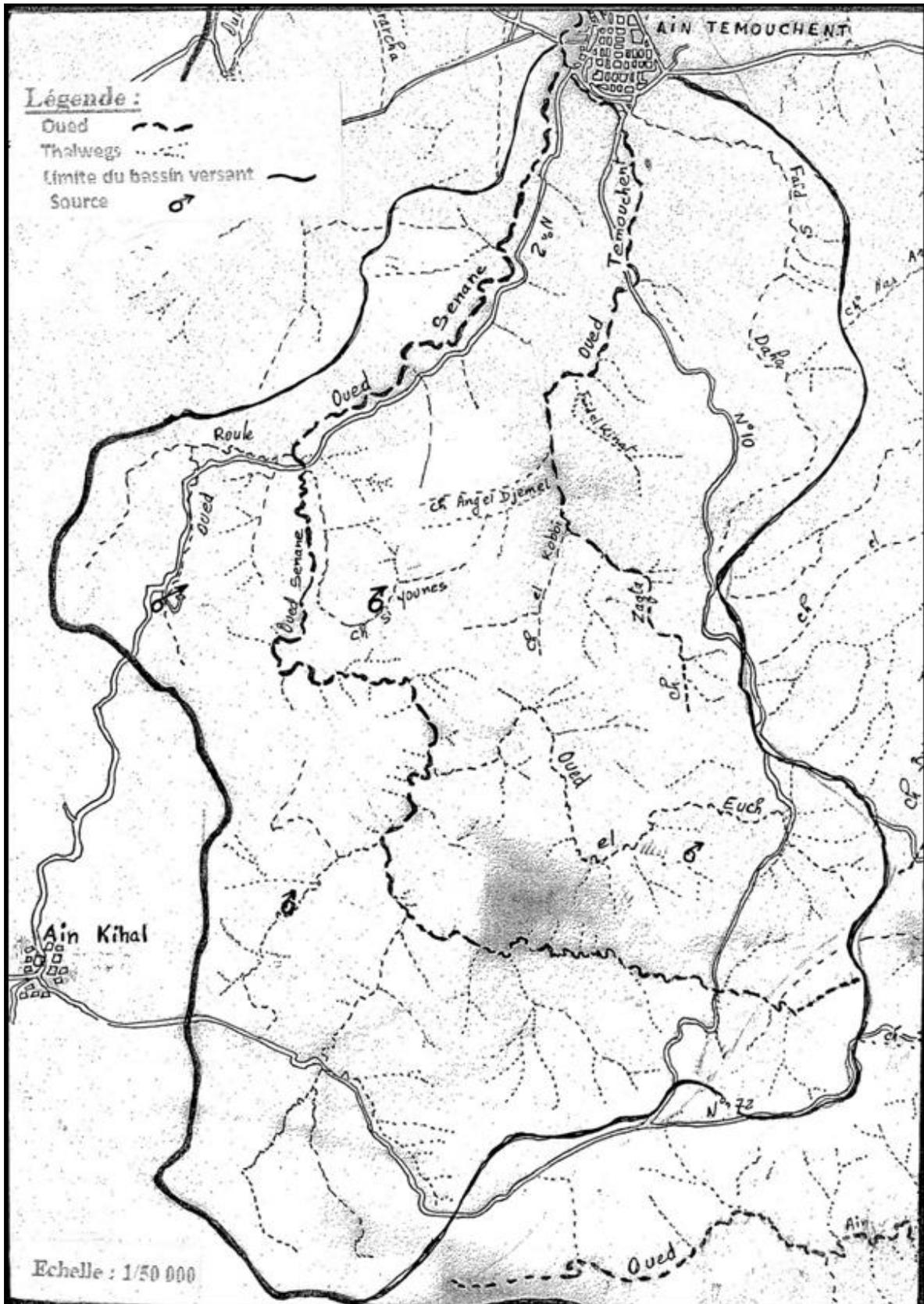


Figure.16 : Réseau hydrographique du secteur d'étude (DRE)

III.2.1.1 Série d'observation hydrométrique :

Nous avons pris en considération la série d'observations hydrométrique de 23 années (1983 – 2005) pour faire la corrélation entre les précipitations et l'écoulement de surface.

Période d'observatio 1983/2005	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
P (mm)	55.7	46.6	40	27.9	28	4.2	1.3	2.9	14.7	28.8	60.9	35.2
Q (m/s)	1.29	0.82	0.96	0.46	0.504	0.29	0.24	0.25	0.26	0.5	0.83	0.5
Q (I/s)	1290	820	960	460	504	290	240	250	260	500	830	500

Tableau.19: Moyenne mensuelle débits / précipitations de 1983/2005.

III.3. Hydrologie souterraine :

III.3.1. Caractéristique hydrogéologique des roches volcaniques :

Les basaltes plio-quaternaire 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.

On distingue trois niveaux de bas en haut :

- Tufs basaltique : formation légère et tendre, formée de matériaux grossiers qui apparaissent à la base et certains plus fins au sommet tes que les cinérites. Ces tufs d'origine phréatomagmatique présentent une perméabilité d'interstices.
- Scories : composées d'éléments cimentés, de taille 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 qui sont à l'origine de plusieurs émergences le long des Oueds (Sennane, Souf et Tell).

III.3.2. Aquifère du secteur d'étude :

Il s'agit d'un système aquifère très complexe composé de roches volcaniques a passées de cinérites dont la circulation d'eau souterraine est régie par la direction préférentielle des fissures qui le dote, son niveau statique est en liaison directe avec le réseau hydrographique, la puissance de l'aquifère peut atteindre 140 m (Forage Ain Kihel V) et son extension latérale (son impluvium) dépasse les 35 km², les eaux de cet aquifère sont considérées comme très bonne qualité chimique.

Dans les matériaux volcaniques les percolations sont rapides et comme les impluviums sont réduits, les fluctuations saisonnières sont très grandes.

III.3.3. Piézométrie :

Selon la carte piézométrique établie sur l'aquifère Plio-Quaternaire, nous pouvons constater que :

- A l'extrême Nord, les lignes de courants divergent, une partie s'échappe vers le Nord-Ouest et l'autre partie vers le Nord-est par contre à l'extrême Sud, elles se divergent pour contribuer au drainage vers le Nord-Ouest.
- Les lignes de courants paraissent provenir du Sud au Nord en convergeant pour donner un axe de drainage dirigé vers l'extrême Nord-Ouest de la nappe.
- Les courbes isopièzes sont un peu espacées au Nord, ce qui met en évidence un faible gradient hydraulique donc un faible débit tandis qu'elles se resserrent dans le sens de l'écoulement de la nappe pour donner un fort gradient hydraulique, ce qui traduit un débit plus important. Ainsi, l'accroissement du gradient correspond à une zone bien alimentée.
- La dépression apparaît généralement en courbes elliptiques, ces anomalies peuvent être due à des pertes profondes ; à des diminutions locales de la perméabilité (lentille imperméable) ; à des dépressions du substratum.

Imperméable ; et plus fréquemment à l'action d'un pompage important (cône de dépression).

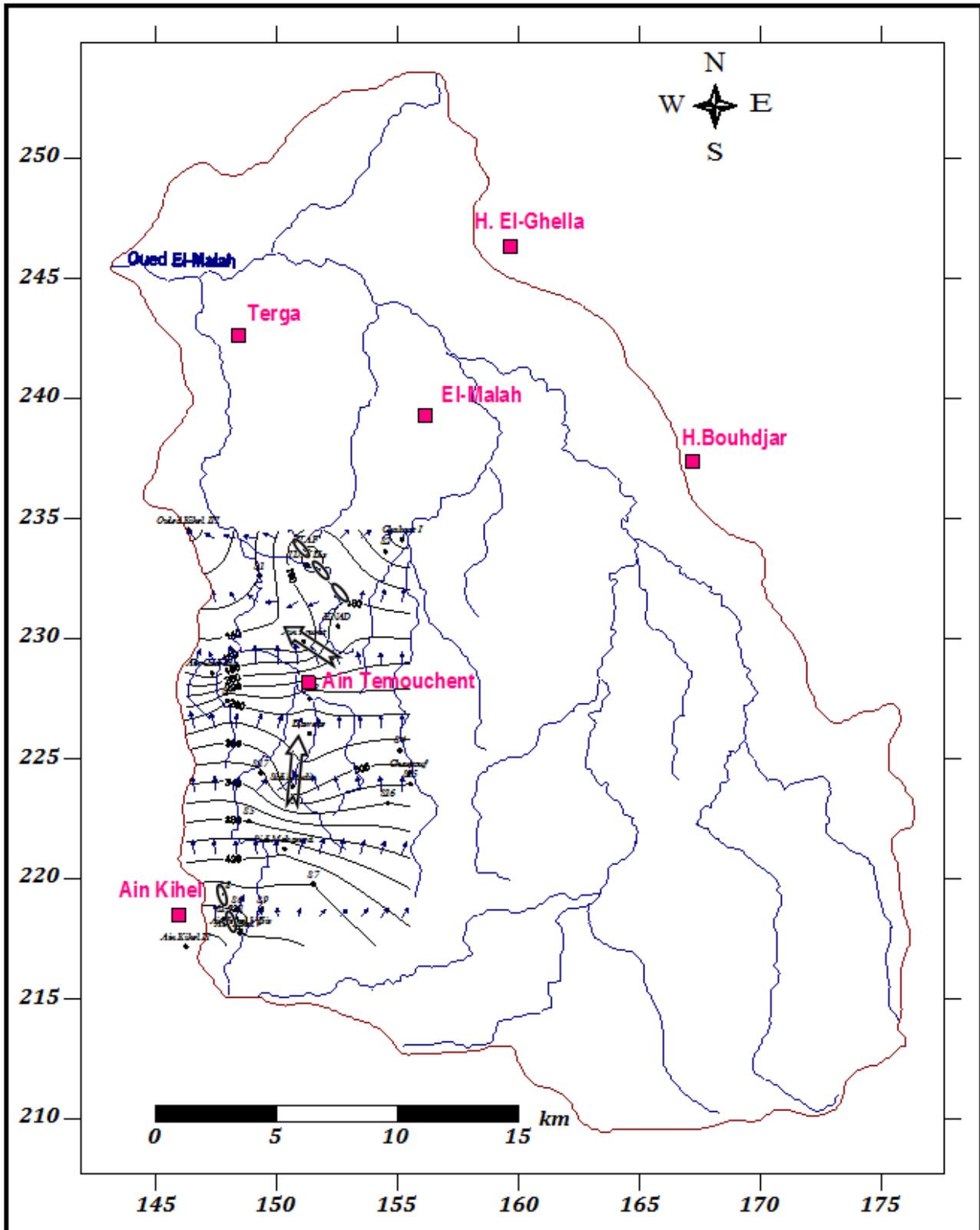


Figure17 : Carte piézométrique du secteur étudié « nappe du plio-quadernaire » (2005).

III.4. Batterie de forages du champ captant :

Les forages du champ captant ont été réalisés en période de stress hydrique de 1997/98 dans le cadre du programme sectoriel de développement pour répondre aux besoins d'A.E.P sans cesse croissant du chef lieu de la wilaya d'Ain Témouchent. Il s'agit d'une batterie de quatre forages alignés en disposition Sud-Nord dans notre secteur d'étude.

La batterie de forages a été implantés dans l'aquifère des roches volcaniques d'Ain Témouchent avec des débits d'exploitation allant de 16 à 36 I/s.

Le forage Ain Témouchent III (AT III) d'une profondeur de 78m, a été réalisé dans les roches basaltiques en période antérieure au champ captant avec un débit de 22 I/s.

Nom de forage	Coordonnée Lambert		Altitude Z (m)	Profondeur (m)	Débit (I/s)	Niveau Statique (m)	Niveau Dynamique (m)
	X	Y					
Ain kihal V	148.350	217.750	482	170	16	14	50
Sidi Mohamed	150.250	221.250	430	134	36	15	23
Sidi Boudia	150.600	223.850	335	145	20	54.12	57
Barrette	151.300	226.050	270	135	30	1.6	20
A.T III	151.300	227.500	265	78	22	10	30

Tableau 20 : tableau récapitulatif des forages du champ captant

III.4.1. Caractéristiques hydrodynamiques :

Le pompage d'essai à pour but de déterminer les propriétés hydrauliques des couches aquifères c'est ce qu'on appelle souvent un essai de nappe, car c'est avant tous la nappe que l'on teste plutôt que l'ouvrage de captage d'eau souterraine.

Les essais de pompage de courte et de longue durée ont été réalisés sur l'ensemble de la batterie de forage du champ captant.

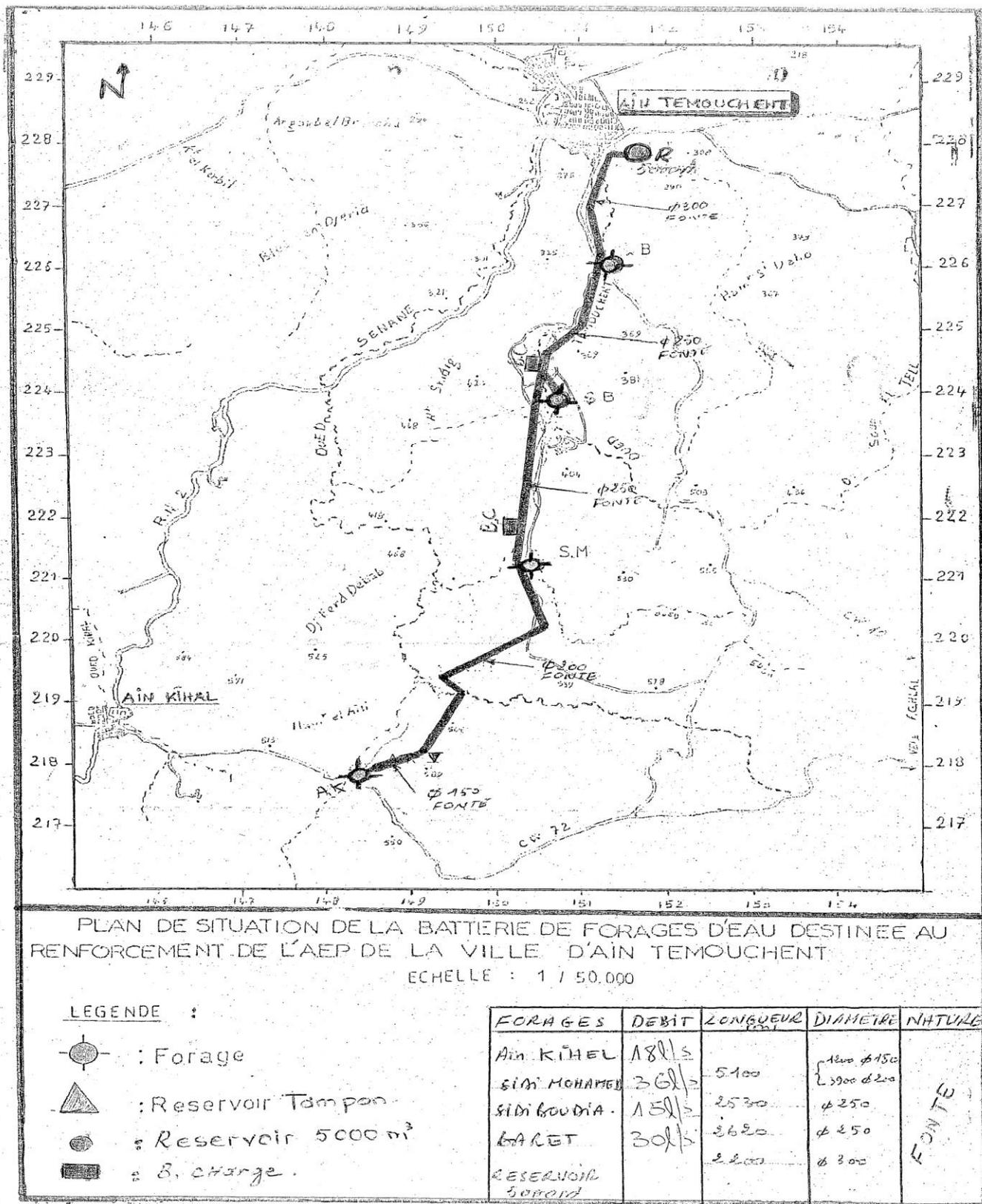


Figure.18 : Plan de situation de la batterie de forage d'eau destinée au renforcement de L'AEP de la ville d'Ain Témouchent (DRE)

III.4.2. Essai de pompage par paliers de débit (courte durée) :

Le pompage par paliers de courte durée permet l'évaluation des caractéristiques du complexe aquifère / ouvrage de captage (débit critique, débit spécifique, perte de charge de l'ouvrage, débit maximum d'exploitation et productivité du puits). Il permet d'établir le programme d'équipement technique de l'ouvrage : puissance de la pompe, chambre de pompage... etc.

L'essai de pompage de court durée que nous présentons dans notre étude est celui du forage de Sidi Boudia captant l'aquifère des roches volcanique, il a été effectué par trois paliers enchainés (descente / remontées) d'une durée de 8 heures chacun et avec trois débits différents, le résultat de l'essai est consigné au tableau 21.

Pompage par palier	1^{er} Palier	2^{eme} Palier	3^{eme} Palier
Durée de pompage (h)	8	8	8
Débit (l/s)	11	15	20
Débit (m ³ /h)	39.6	54.0	72
Niveau statique (m)	54.12	54.12	54.12
Niveau dynamique (m)	55.55	55.56	56.71
Rabatement (m)	1,43	1,44	2,26

Tableau 21 : Résultats d'essai de pompage par paliers de débit pour le forage de Sidi Boudia.

III.4.3. Représentation graphique des données et interprétation :

A : droite (Débit/Rabatement)

La courbe caractéristique du forage comporte l'évolution du rabattement en fonction du débit de pompage, elle apporte des informations sur le comportement hydrodynamique du complexe aquifère/ouvrage de captage

Le débit critique est déterminé graphiquement à partir d'une diminution brusque de la pente de la courbe calculée par l'abscisse du point A, permettant d'estimer le débit maximum d'exploitation en fonction d'un rabattement maximum admissible.

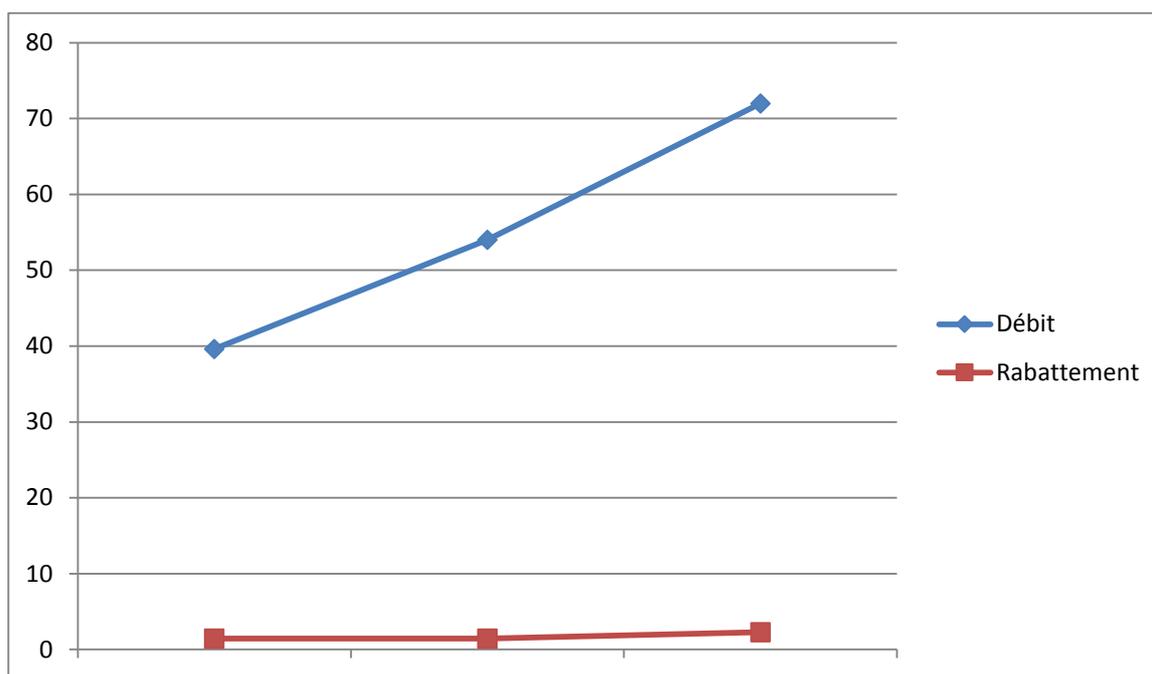


Figure 19 : courbe caractéristique (débit/rabattement)

D'après la courbe ci-dessus :

- Le débit critique : $Q_t = 54 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Le débit d'exploitation : $Q_e = Q_t - 5\% \rightarrow Q_e = 51.3 \text{ m}^3/\text{h}$

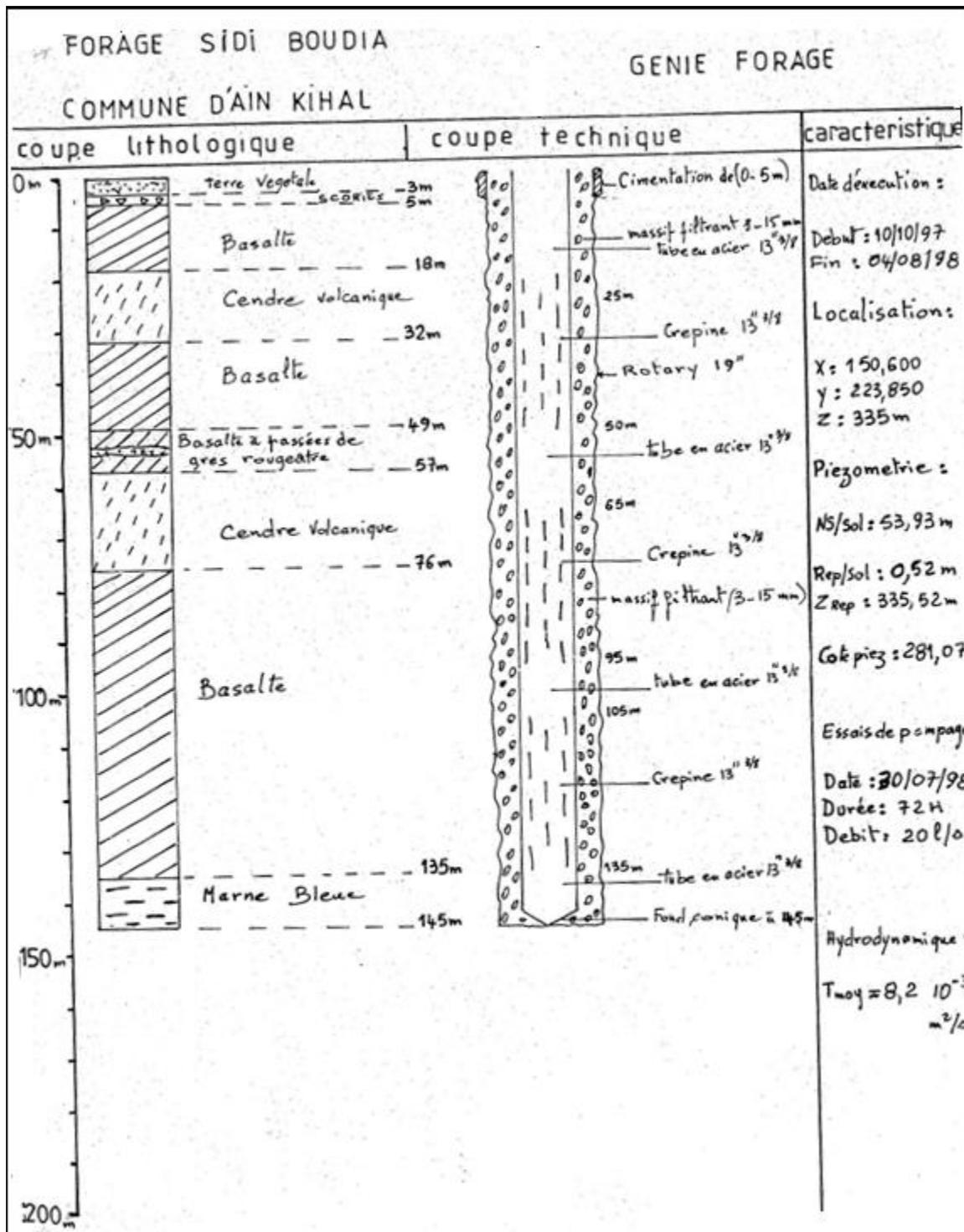


Figure 20: Caractéristique du forage de Sidi Boudia log géologique et équipement (DRE)

III.4.4. Pompage d'essai de longue durée.

L'essai de pompage de longue durée permet d'évaluer les paramètres hydrodynamiques de l'horizon aquifère (transmissivité, coefficient d'emmagasinement), à partir de ses conditions on limite les éventuelles hétérogénéités.

A partir d'un état initial aussi stabilisé que possible, un pompage d'un seul palier avec une durée de 72 heures a été réalisé pour l'ensemble de la batterie de forage du champ captant avec un débit constant, comprenant un contrôle (un suivi) du niveau de la nappe dans l'ouvrage lui-même ainsi que celui des débits d'exhaures. Dans ce cas ; on utilise la méthode de Jacob pour l'interprétation des mesures de la descente (rabattement du niveau statique et sa stabilisation) pendant le pompage et des mesures de sa remontée en fin de pompage.

➤ Représentation graphique des données et interprétation

Parmi les paramètres hydrodynamiques que l'on peut déterminer à partir de la courbe de descente et de remontée, seule la transmissivité de la nappe a pu être obtenue par méthode de Jacob.

Nous avons choisis de présenter les données de l'essai de la remontée des forages du champ captant sur un graphique semi logarithmique portant en abscisse le temps de pompage "T/t" en seconde et en ordonnée à échelle arithmétique le rabattement " Δ " en mètre (fig. 22, 23, 24 et 25).

Nous constatons que lors de la remontée du niveau d'eau, les courbes des quatre forages présentent un effet de capacité de la nappe. Ainsi que l'indique la figure ci-dessous.

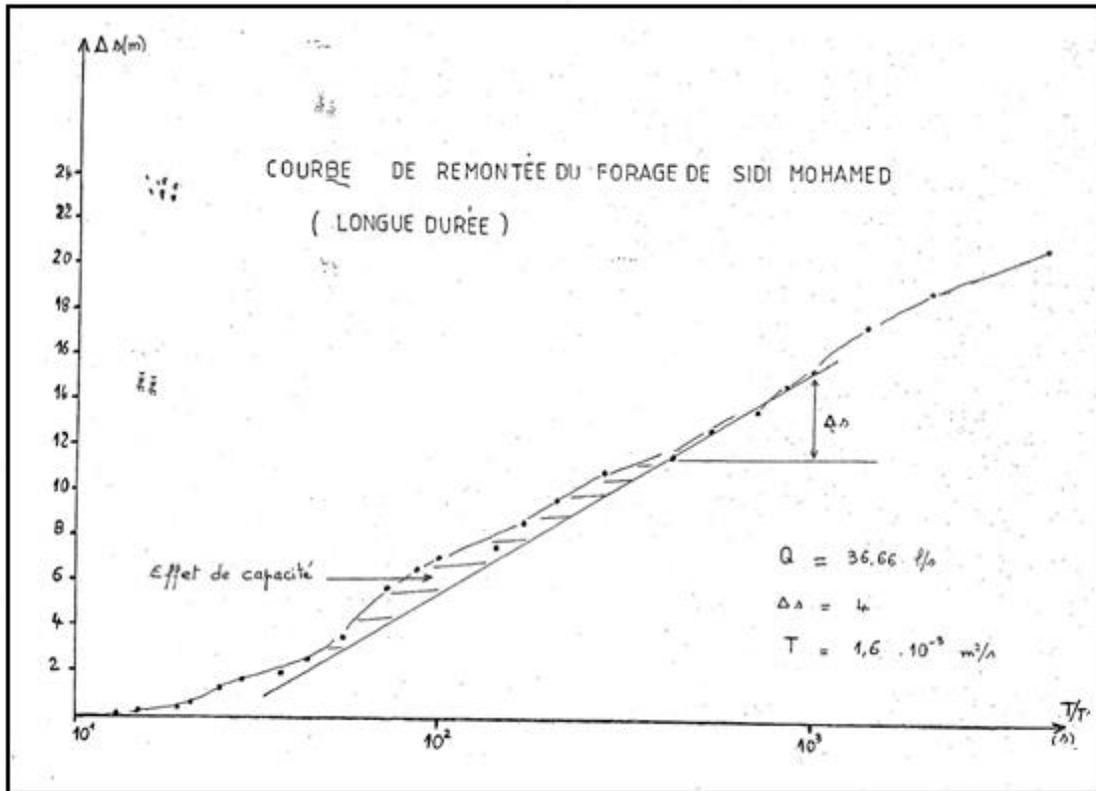


Figure 21 : courbe de remontée du forage de Sidi Mohamed (longue durée) (DRE)

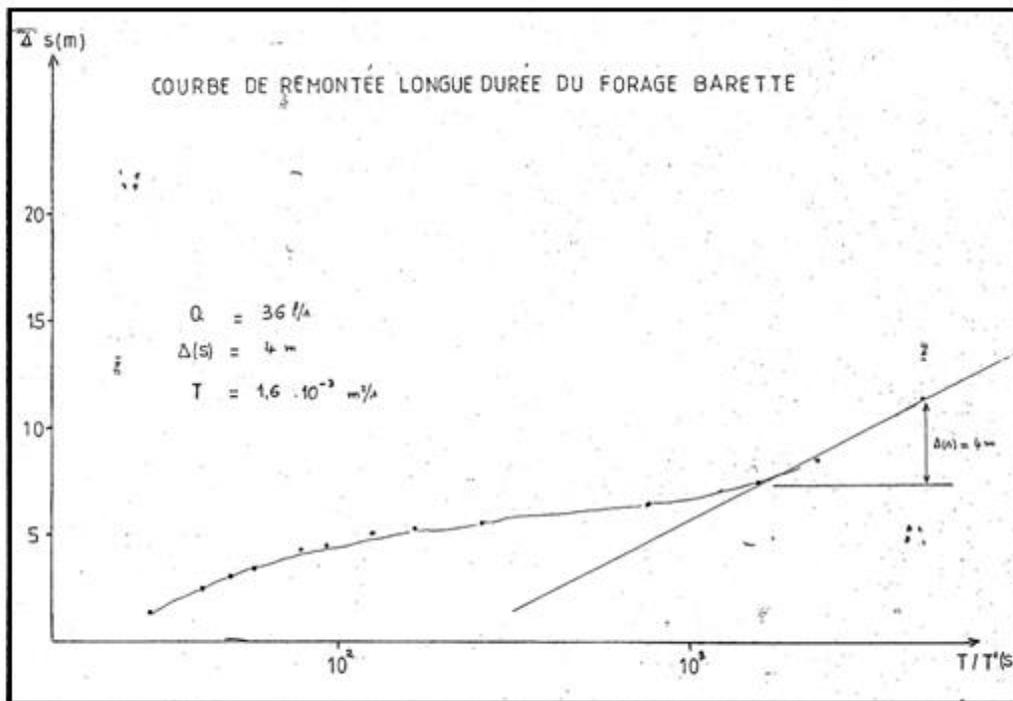


Figure 22 : courbe de remontée du forage de Barrette (DRE)

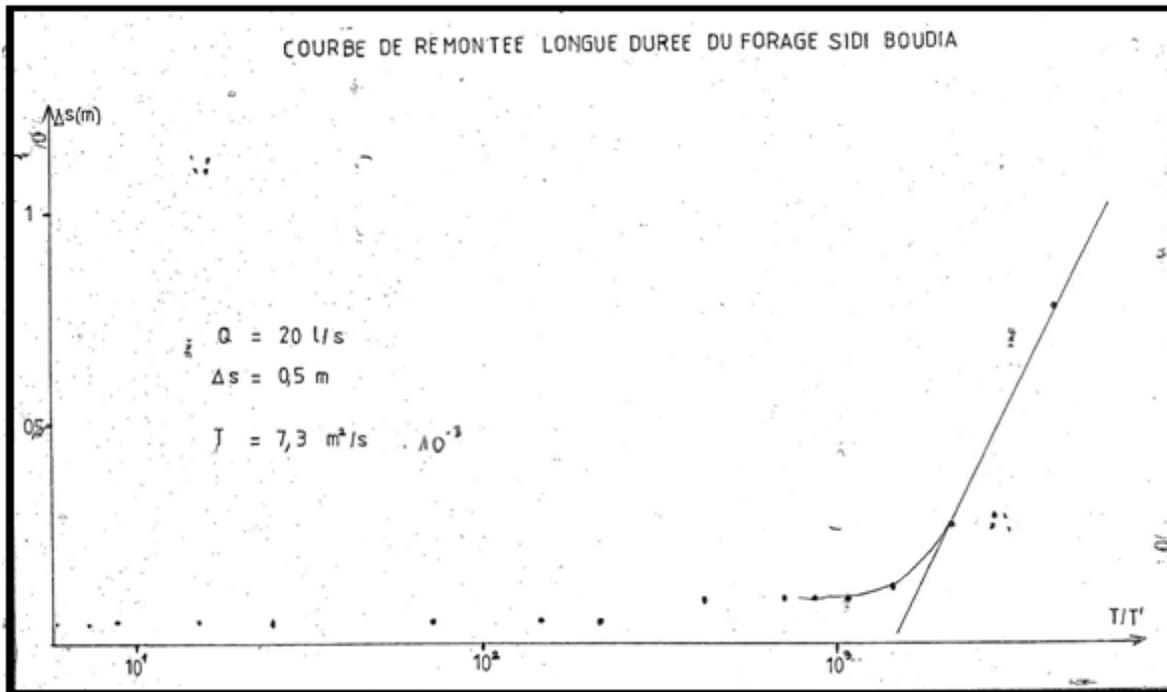


Figure 23 : courbe de remontée du forage de Sidi Boudia (longue durée) (DRE)

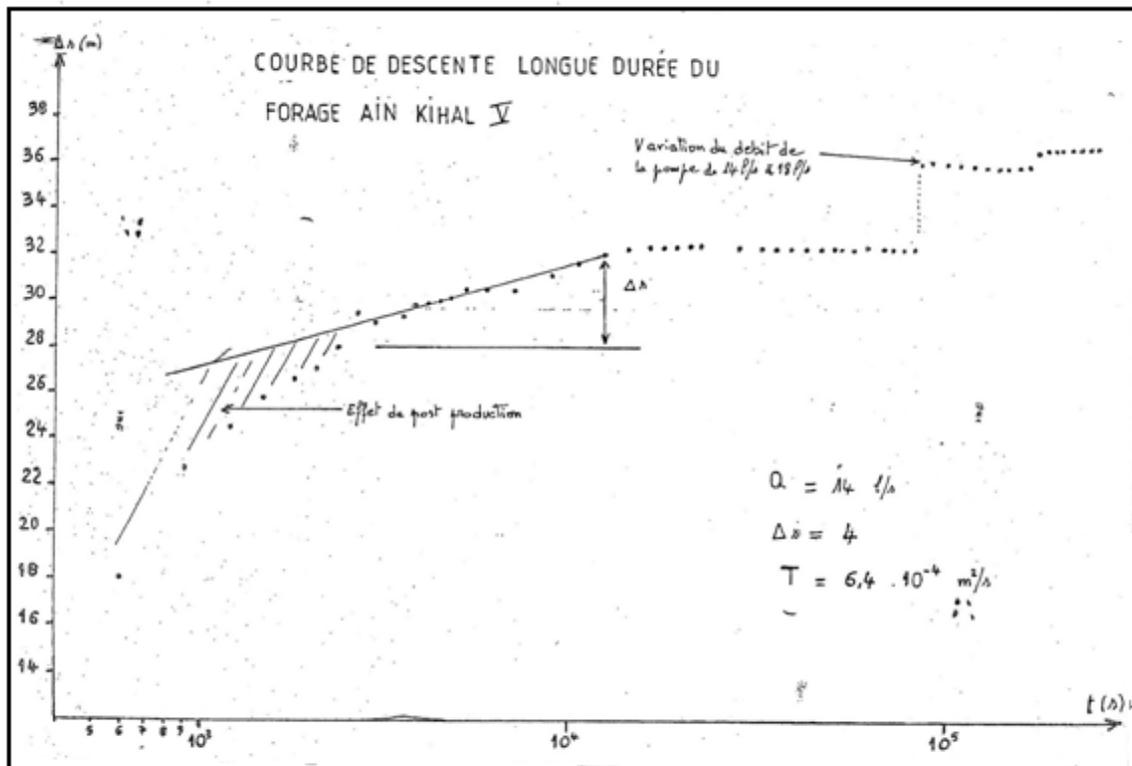


Figure 24 : courbe de décente du forage d'Ain Kihal V (longue durée) (DRE)

III.5. Prospection géophysique du champ captant :

L'utilisation des méthodes géophysique constitue une étape primordial dans la prospection des gisements dépendent la qualité et la quantité de notre mesure géophysique dépendent des technique utilisées, dans le cas de notre secteur d'étude, la méthode appliquée est le sondage électrique.

➤ **Prospection du secteur d'étude :**

La prospection qui a été effectuée dans le secteur étudié par la société Tchecoslovaque 'strojexport' en 1975 concerne uniquement la partie avale du champ captant. (Fig.26), la mission de la société strojexport se limitait au sud de la ville d'Ain Témouchent.

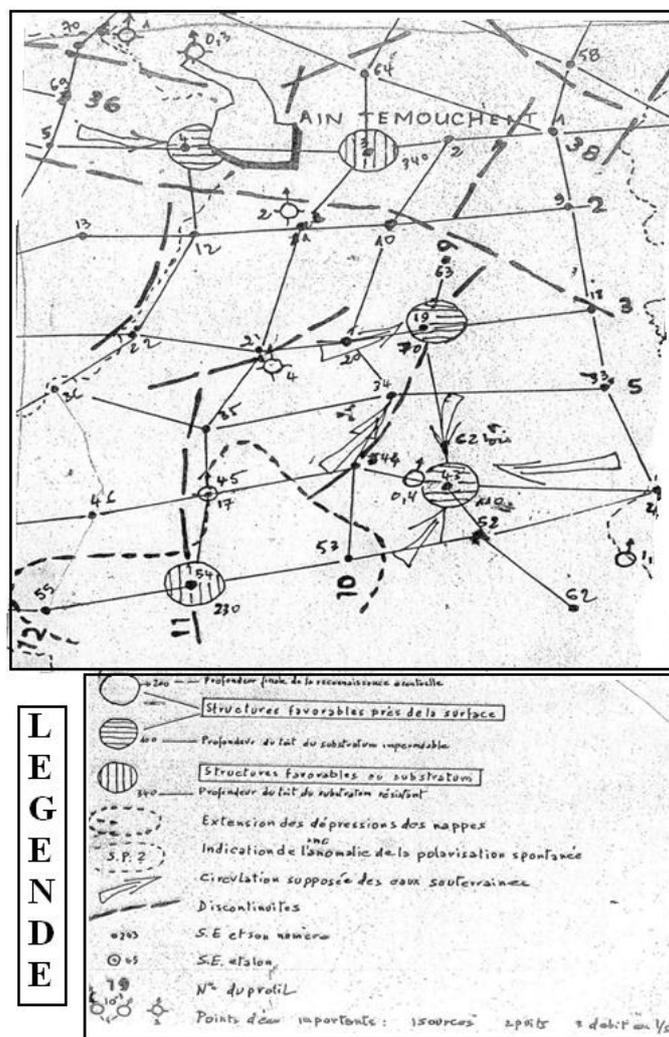


Figure 25 : Extrait de carte des positions d'implantation des sondages électriques du champ captant à l'échelle 1/50000

(Étude hydrogéologique de la daïra d'Ain Témouchent. Strojexport 1975)

➤ **But de l'étude :**

Le secteur étudié est caractérisé par une série de roches volcanique bien développée dont le basalte constitue un important aquifère pour l'AEP de la ville d'Ain Témouchent selon le degré de désagrégation, de fissuration et enfin de karstification de cette formation.

Les objectifs de l'étude géophysique étaient :

1. Déterminer l'épaisseur de la formation géologique (roche volcanique).
2. De localiser les niveaux susceptibles d'être aquifère.
3. De déterminer les lieux d'implantation des ouvrages de captage.

➤ **Interprétation géophysique :**

L'interprétation de mesures géophysique obtenues, se base sur l'analyse de la résistivité, de la résistance transversale de roche ainsi que sur l'épaisseur des couches et de leurs sondage.

La différenciation des formations individuelles effectuée sur la base des valeurs de la résistivité et souvent difficile à établir car les éventails respectifs des valeurs se couvrent mutuellement, soit entièrement soit partiellement, il y a aussi l'influence des formations par leurs degrés désagrégations, de fissuration, Karstification et de saturation d'eau souterraine.

Les résultats de l'interprétation sont souvent présentés sous forme des coupes géoélectriques.

➤ **Profils géoélectrique :**

Les coupes géoélectriques ont été établies suivant une échelle horizontale au 1/50 000 et une échelle verticale au 1/5 000 (Fig.27).

L'ensemble des profils géoélectrique (N°9, N°10 et, N°11) ont révélé une tectonique cassante affectant le terrain du champ captant, aux autres mise en contact des terrains conducteurs avec des terrain résistant.

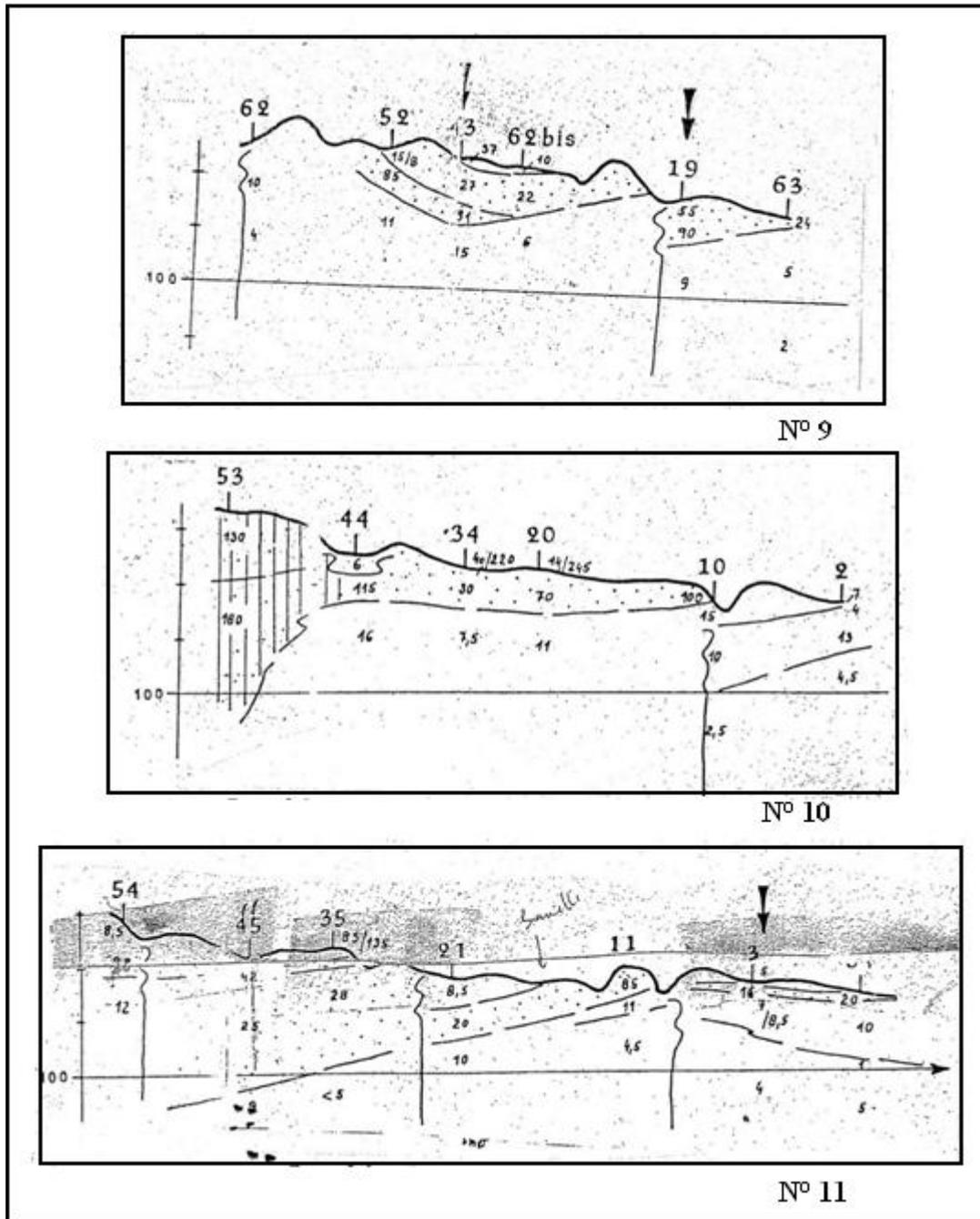


Figure 26 : Profil géoélectrique de la prospection du secteur d'étude (DRE)

III.6. Conclusion :

Le débit annuel de l'Oued Malah, dans cette période de (1983-2005) caractérisée par une sécheresse suivie d'une période pluvieuse et récente qu'a subit la région de Témouchent, a largement augmenté de 0.13 m³/s à 0.41 m³/s, ces variations de débits sont en liaison directe avec l'augmentation de pluviométrie de la précédente décennie.

Le potentiel hydrique des formations volcaniques constitue une réserve d'eau souterraine important qui faudrait planifier en fonction des besoins futurs de la région.

L'écoulement souterraine de la nappe des roches volcaniques sont en liaison étroite avec l'écoulement superficiel, de ce fait principaux cours d'eau de notre secteur d'étude doivent leur pérennité à l'interaction aquifère-Oued.

L'aquifère des roches volcaniques de notre secteur d'étude constitue une unité hydrogéologie dont l'extension et forme épouse le bassin topographique l'écoulement souterrain et régie par le degré de fissurations des roches et il est de même sens que celui de l'écoulement de surface Sud-Nord.

Les essais de nappe qui ont été effectuée dans la batterie de forage du champ captant ont donné une valeur de transmissivité de la nappe T entre (1.6×10^{-3} et 7.3×10^{-3}) reflétant une perméabilité moyenne discontinue et de fissuration.

L'étude géophysique a permis l'extension d'un nombre important de sondage électrique qui ont révélé l'étendu de terrain résistant et la présence da cassures dans la formation volcanique ainsi que la profondeur de don substratum.

Chapitre IV : Etude hydrochimique

IV.1. Introduction

Le nombre restreint d'échantillons, qui ont été analysés au laboratoire de chimie de l'A.N.R.H d'Oran (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) nous a permis d'élaborer l'étude hydrochimique que nous présentons pour le traitement de la qualité physico-chimique des eaux souterraines et leur potabilité, ainsi qu'elle permet de confirmer les résultats de la prospection hydrogéologique d'où les sels dissous sont des marqueurs naturels qui permettent de caractériser un aquifère où d'en préciser les facteurs d'écoulement.

IV.2. Normes de potabilité:

La qualité de l'eau de consommation est appréciée sur la base des normes de potabilité définies par la réglementation nationale et qui sont illustrées au tableau 22.

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH	-	6,5 à 8,5	-
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20 °C	-	2880
TH	mg/L Ca CO ₃	100	500
Ca ²⁺	mg/L	75	200
Mg ²⁺	mg/L	-	150
Na ⁺	mg/L	-	200
K ⁺	mg/L	-	20
SO ₄ ²⁻	mg/L	200	400
Cl ⁻	mg/L	200	500
NO ₃ ⁻	mg/L	-	50
NO ₂ ⁻	mg/L	-	0,2
NH ₄ ⁺	mg/L	0,05	0,5
O ₂	mg/L	5	8
Turbidité	NTU	1	5
Résidu sec à 105 °C	mg/L	-	2000

Journal officiel Algérien N° 13 - 53ème ANNEE

Dimanche 7 Joumada El Oula 1435 - Correspondant au 9 mars 2014

Tableau 22: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation.

IV.3. Présentation des résultats

Le tableau 23, donne les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur différents points d'eau de la batterie de forage du champ captant, les concentrations sont exprimées en milligramme par litre (mg/l).

Nom de forage	Coordonnées Lambert		Z (m)	Altitude du plan d'eau (m)	Résidu sec g/l à 110°C	NO3 mg/l	Ca mg/l	Mg m/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3 mg/l	PH	Minéralisation mg/l	% d'erreur
	X	Y													
barrette	151.300	226.050	270	268	840	33	32	47	18	366	72	304	8.3	663	0.38
Sidi Boudia	150.600	223.850	335	282	800	45	37	48	7	308	60	284	8.4	769	0.422
Sidi Mohamed	150.250	221.250	430	414	860	22	48	55	10	347	101	358	7.6	835	0.428
Ain Kihal V	148.350	217.750	482	468	1440	2	36	25	8	497	360	454	7.1	987	0.387

Tableau 23 : Tableau Récapitulatif des analyses Physico-chimiques des eaux des forages

IV.3.1. Paramètres organoleptiques

◆ L'odeur

L'eau étudiée ne présente aucune odeur particulière, ceci indique l'absence des produits chimiques, de matières organiques en décomposition, de protozoaires et d'organismes aquatiques.

◆ La saveur

La plupart des points d'eau étudiés ne présentent aucun goût.

◆ La couleur

L'eau étudiée est incolore et limpide.

◆ La turbidité

La turbidité d'une eau est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes, de plancton, etc. Elle peut être favorisée par la pluviométrie.

IV.3.2. Paramètres physiques

◆ Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est un paramètre physique qui détermine l'acidité ou l'alcalinité. Le pH est relié à l'activité en protons par: $\text{pH} = -\text{Log}_{10} a_{\text{H}^+}$ avec a_{H^+} : activité en ions H^+ à l'équilibre (J. Rodier, 2009). Le pH varie entre 7,1 et 8,4 pour l'aquifère du Plio-Quaternaire. Toutes les valeurs du pH ne dépassent pas la norme de la réglementation.

◆ Conductivité et minéralisation

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (J. Rodier, 2009), elle traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique, c'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution. La minéralisation globale est la teneur en sels dissous d'une eau, elle dépend généralement des différentes couches géologiques traversées ainsi que de la charge physico-chimique et biologique des eaux

d'infiltration, la minéralisation est estimée à partir de la conductivité suivant le tableau ci-dessous.

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	Minéralisation (mg/L).
Conductivité <50	$1,365079 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$
$50 < \text{conductivité} < 166$	$0,947658 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$
$166 < \text{conductivité} < 333$	$0,769574 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$
$333 < \text{conductivité} < 833$	$0,715920 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$
$833 < \text{conductivité} < 10\ 000$	$0,758544 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$
Conductivité >10 000	$0,850432 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C}$

Tableau 24 : Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité (J.Rodier, 2009).

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

Eaux du Plio-Quaternaire: on constate que la majorité des valeurs de la conductivité sont supérieures à $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ indiquant une minéralisation élevée par contre le point d'eau «Sidi Mohammed» a une teneur comprise entre 666 et $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui traduit une minéralisation importante.

La minéralisation élevée peut être liée d'une part à la durée de contact des eaux avec les formations aquifères et d'autre part, à la facilité de mise en solution des éléments constructifs de ces roches ainsi à la forte teneur en chlorures et en sodium.

Les eaux de faible minéralisation se trouvent généralement au contact du basalte.

En gros, la minéralisation évolue graduellement du Sud vers le Nord.

◆ Résidu sec

Le résidu desséché après évaporation d'une certaine quantité d'eau est considéré comme résidu sec.

Aquifère du Plio-Quaternaire: il est à constater que certaines valeurs du résidu sec sont comprises entre 800 et 860 mg/L exprimant une potabilité passable alors que d'autres sont de l'ordre de 1440 mg/L désignant une potabilité médiocre.

La potabilité a été déterminée à partir du tableau ci-dessous.

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

Tableau 25 : Potabilité en fonction du résidu sec (Rodier, 2009).

IV.3.3 Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques mesurés concernent:

- ✓ Les cations: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .
- ✓ Les anions: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} .

La balance ionique:

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

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

Avec:

$\sum r^+$: Somme des quantités en réactions des cations.

$\sum r^-$: Somme des quantités en réactions des anions.

BI : Balance ionique en %.

Donc, si:

$\text{BI} \leq 2\%$: bonne analyse.

$2\% < \text{BI} < 5\%$: acceptable.

$\text{BI} > 5\%$: mauvaise.

Les valeurs de la balance ionique des analyses des eaux étudiées sont inférieures ou égales à 2 % dans les points d'eau «Barrette, Ain Kihel V», ce qui traduit une bonne analyse tandis qu'elles sont supérieures à 2 % et inférieures à 5 % pour les points d'eau «Sidi Mohammed»,

ce qui indique que les résultats d'analyses sont acceptables. Il est à noter que quelques analyses présentent une erreur telle que celles des points «Sidi Mohamed et Sidi Boudia».

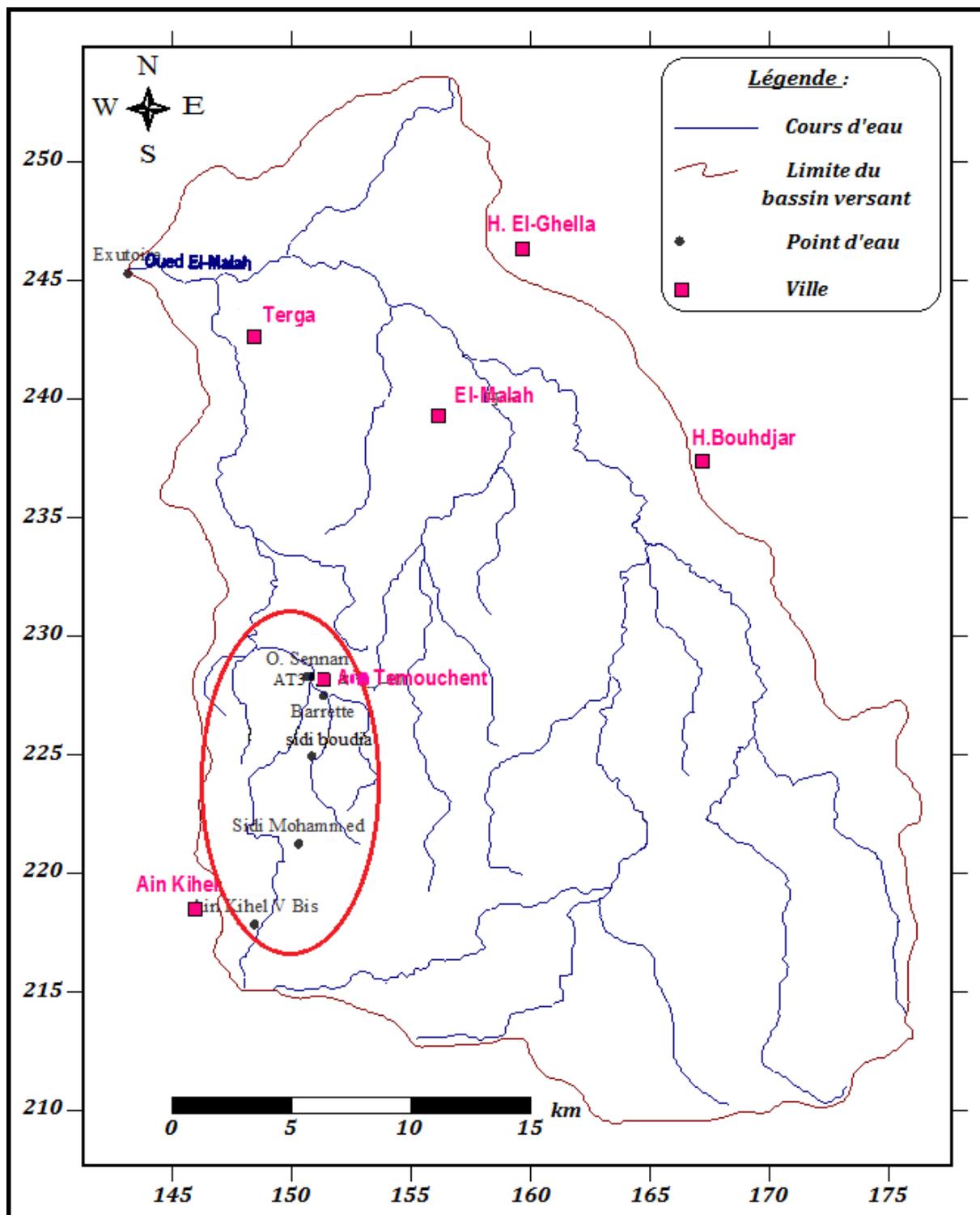


Figure 27 : Localisation des points d'eau étudiés du champ captant

◆ L'ion calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables, sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (Rodier, 2009). On enregistre pour les eaux du Plio-Quaternaire des valeurs allant de 32 à 48 mg/L ne dépassant pas la norme de potabilité fixée à 200 mg/.

Cette faible teneur en calcium est due à la composition minéralogique des basaltes qui sont des roches éruptive appauvrit d'élément calcique.

◆ L'ion magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un des éléments les plus réponsus dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ces sels sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/L, à 20°C. Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes allant de quelques milligrammes à, quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre. Les valeurs les plus faibles sont relevées dans la plupart des eaux des massifs anciens. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogencarbonates (Rodier, 2009). Les eaux du Plio-quaternaire présentent des teneurs plus ou moins faibles allant de 25 à 55 mg/L convenables à la norme de potabilité.

◆ L'ion sodium (Na^+)

Le sodium est un élément constant de l'eau. Indépendamment de la lixiviation (opération qui consiste à faire passer lentement un solvant à travers une couche d'un produit en poudre) des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères etc. (Rodier, 2009).

Les résultats obtenus montrent des teneurs moyennes à élevées allant de 137 jusqu'à 354 mg/L pour l'aquifère du Plio-Quaternaire.

L'absence de teneurs élevées en sodium confirme l'absence des venues d'eaux salées dans les aquifères.

◆ **L'ion potassium (K^+)**

Le potassium résulte de l'altération d'argiles potassiques. Les eaux de l'aquifère des roches volcanique présentent des teneurs en K^+ qui varient entre 7 et 18 mg/L ne dépassant pas la norme de potabilité (20 mg/L).

◆ **L'ion chlorure (Cl^-)**

Les chlorures possèdent des caractéristiques différentes de celles des autres éléments car ils ne sont pas adsorbés par les formations géologiques et ne se combinent pas facilement avec les éléments chimiques, l'ion chlorure est un bon indicateur de pollution.

Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées:

- dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies.
- dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées à des eaux usées.
- en zone côtière par des infiltrations d'eau de mer dans les nappes, en particulier lors des pompages excessifs.

La traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs importantes en chlorures (Rodier, 2009).

Les eaux du Plio-Quaternaire sont caractérisées par des teneurs convenables à la norme de potabilité (500 mg/L) variant entre 143 et 193 mg/L.

◆ **Les ions bicarbonates (HCO_3^-)**

La présence des bicarbonates dans l'eau est liée à la dissolution des formations carbonatées. Les résultats obtenus pour les eaux de l'aquifère des roches volcanique indiquent des teneurs variant de 284 et 454 mg/L.

◆ **Les ions sulfates (SO_4^{2-})**

Les sulfates contenus dans l'eau proviennent de la dissolution du gypse (sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble).

Ainsi, la combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation de pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates, sous l'action de bactéries sulfato-réductrices peuvent se

former des sulfures donnant lieu à des précipités de sulfure de fer, dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, nickel, cuivre, etc...), leur oxydation peut donner des sulfates, l'emploi de sulfate d'aluminium ou de sulfate de fer pour le traitement de coagulation des eaux peut contribuer à une élévation de la teneur en sulfates (Rodier, 2009).

Pour les eaux de l'aquifère des roches volcaniques, les teneurs en SO_4^{2-} varient entre 60 et 360 mg/L.

IV.4. Détermination des faciès chimiques

Les faciès hydro chimiques sont souvent utilisés en hydrogéologie afin d'avoir une idée sur la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (la conversion des concentrations en milliéquivalent par litre), qui sont exprimées par la formule caractéristique ou la formule ionique obtenue de la manière suivante: on classe de gauche à droite par ordre croissant les quantités en réaction des anions ensuite des cations, et en se basant sur la prédominance de tel ou tel ion.

Les principaux faciès hydro chimiques rencontrés dans les eaux du champ captant sont classés dans le tableau ci-dessous :

Faciès chimique	Formule caractéristique	Points d'eau
Bicarbonaté Sodique	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^- > r \text{SO}_4^{2-}$ $r \text{Na}^+ + r \text{K}^+ > r \text{Mg}^{2+} > r \text{Ca}^{2+}$	Forage AT ₃
Bicarbonaté Sodique	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ + r \text{K}^+ > r \text{Mg}^{2+} > r \text{Ca}^{2+}$	Forage Sidi Mohammed
Bicarbonaté Sodique	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ + r \text{K}^+ > r \text{Ca}^{2+} > r \text{Mg}^{2+}$	Forage Sidi Boudia
Chloruré Sodique	$r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ + r \text{K}^+ > r \text{Mg}^{2+} > r \text{Ca}^{2+}$	Forage Barrette
Sulfaté Sodique	$r \text{SO}_4^{2-} > r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ + r \text{K}^+ > r \text{Ca}^{2+} > r \text{Mg}^{2+}$	Forage Ain Kihel V

Tableau 26: Classification des eaux souterraines du champ captant selon leurs faciès.

IV.4.1. Représentation graphique des faciès hydro chimiques

Afin de bien identifier les faciès hydro chimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux souterraines, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil inévitable. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours au diagramme de Schöeller-Berkaloff et à celui de Piper. La réalisation de ces diagrammes a été faite à l'aide du logiciel "Diagrammes".

◆ Diagramme de SCHÖELLER-BERKALOFF

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff permet de représenter le faciès chimique des échantillons d'eaux.

Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée, la concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique, la ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

Eaux du Plio-Quaternaire: On distingue trois faciès (figure 30)

Un faciès chloruré sodique dans les points d'eau «Barrette», un faciès bicarbonaté sodique dans les points « Sidi Mohammed, Sidi Boudia» et un faciès sulfaté sodique dans le point d'eau «Ain Kihal V».



Figure 28: Représentation des eaux du Plio-Quaternaire sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff.

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff confirme la dominance du faciès chloruré sodique, permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée aux cations "sodium+potassium" et aux anions "chlorures".

Le faciès chloruré sodique est très remarquable dans la partie Sud de notre secteur d'étude.

◆ Diagramme de PIPER

Ce caractère de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global, les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques. Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants.

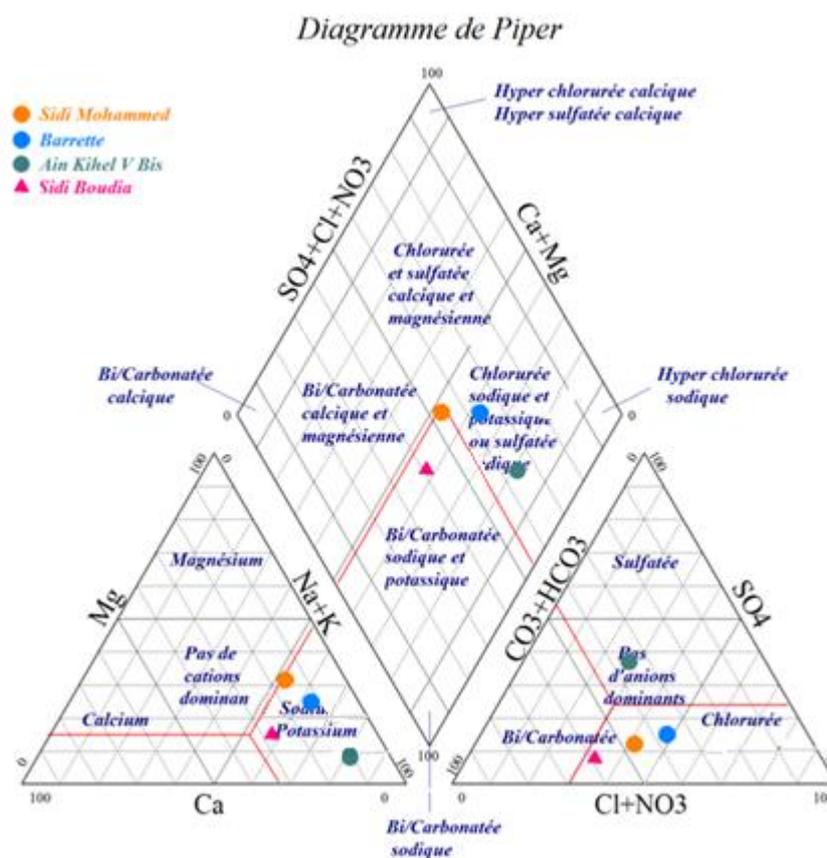


Figure 29: Classification des eaux du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Piper.

Selon le diagramme de Piper, les eaux de l'aquifère des roches volcaniques (figure 30) appartiennent au groupe "Eau chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique" à l'exception du point d'eau «Sidi Boudia» qui appartient au groupe «Eau bicarbonatée/carbonatée sodique et potassique».

IV.5. Aptitude des eaux à l'irrigation "S.A.R: Sodium adsorption ratio"

Vu le futur développement de l'agriculture dans notre région d'étude, nous avons jugé utile de déterminer la convenance des eaux souterraines à l'irrigation. Pour cela, nous avons établi le S.A.R qui se définit par l'équation suivante:

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \div 2}}$$

rNa^+ : Concentration du sodium (meq/L).

rCa^{2+} : Concentration du calcium (meq/L).

rMg^{2+} : Concentration du magnésium (meq/L).

Les valeurs du S.A.R et de la conductivité sont données dans le tableau ci-dessous:

Point d'eau	S.A.R	Conductivité (μ S/cm)
Barrette	4,96	1750
Sidi Mohammed	3,83	1000
Ain Kihel V	13,03	1924
Sidi Boudia	4,56	700

Tableau 27 : Valeurs du S.A.R et de la conductivité pour les eaux des forages du champ captant

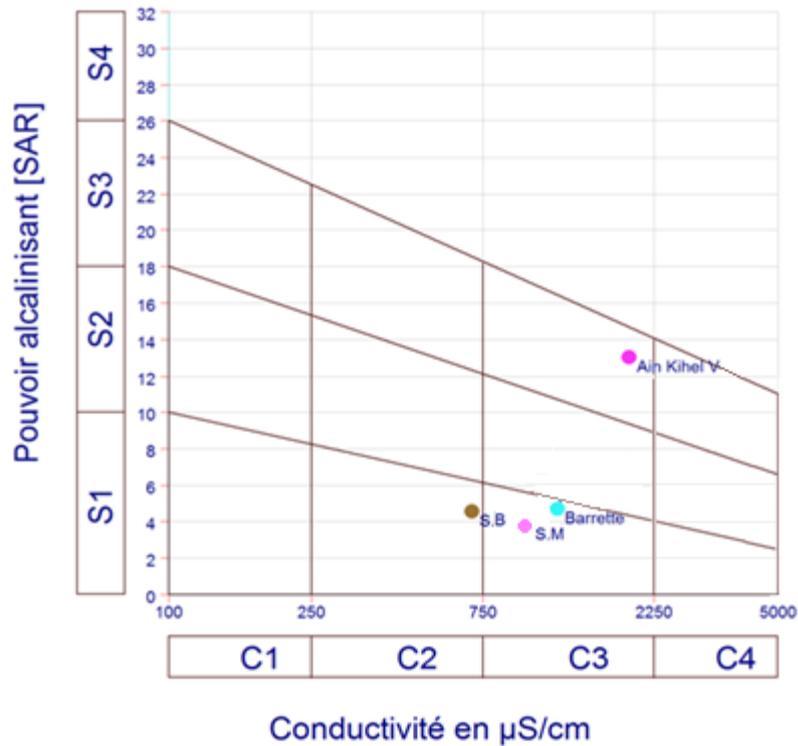


Figure 30: S.A.R des eaux des roches volcaniques.

La position de ce point caractérise la qualité des points d'eau du champ captant pour l'irrigation, ceci est précisé dans le tableau 28 (D'après J. Servant 1975, classification des eaux d'irrigation, U.S salinity Laboratory).

Et en se référant au tableau 29 ci-dessous, nous constatons que:

- Le point d'eau " Sidi Boudia" situé à la classe "C2-S1", présente une eau de bonne qualité pour l'irrigation.
- Les points d'eau "Sidi Mohammed, Barrette, appartenant à la classe "C3-S1" révèlent des eaux convenables pour l'irrigation.
- Le point d'eau "Ain Kihal V" (classe C3-S3) révèle une eau médiocre pour l'irrigation.

Degré	Qualité	Classe	Description
1	Excellente	C1-S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles au sodium et aux sols à forte capacité d'échange d'ions (sols argileux).
3	Admissible	C3-S1	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles au sodium et aux sols à faible perméabilité.
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisée sous certaines conditions: sols très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Tableau 28 : Classification des eaux destinées à l'irrigation.

IV.6. Conclusion

À partir des analyses physico-chimiques, on peut dire que les eaux de forages du champ captant ont :

- Une minéralisation importante comprise entre 663 et 987mg/l.
- Une évolution progressive de nitrates du Sud vers le Nord avec une teneur forte de 45 mg/l.
- Un résidu sec entre 800 et 1440 mg/L pour les eaux souterraines.
- Un pH de 7.1 à 8,4 inclus dans l'intervalle toléré pour l'alimentation humaine.

On constate une prédominance des ions de sodium et des chlorures pour la plupart des points d'eau.

La minéralisation des eaux progresse du Sud vers le Nord, cela est dû principalement à la nature lithologique des formations traversées comme par exemple le Plio-Quaternaire (secteur d'étude) est représenté par des basaltes moins solubles, et aussi aux les eaux salées qui viennent du le Nord.

Le diagramme de Piper nous a permis de distinguer trois familles de faciès:

- Bicarbonaté Sodique
- Sulfaté Sodique
- Chloruré Sodique

L'eau souterraine du champ captant a une qualité physico-chimique passable pouvant servir à l'alimentation humaine.

La classification de salinité présente une qualité bonne, convenable et médiocre à l'irrigation par endroit.

Chapitre V : Gestion et préservation du secteur d'étude

V.1. Introduction :

L'eau est une ressource indispensable à la vie. L'eau souterraine, bien qu'elle soit cachée et invisible, est fragile et souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination découlant des activités humaines. Pour cette raison, il faut protéger les ressources en eau par les périmètres de protection (Renald, 2003).

V.2. Définition et objectif :

Un périmètre de protection est un espace délimité physiquement (clôture, cercle de pierres...) afin de sauvegarder et protéger l'accès à un espace qui présente un intérêt esthétique ou patrimonial, ou bien une dangerosité certaine.

Les périmètres de protection du champ captant des eaux souterraines sont définies comme autant un outil idéal pour aviser et réduire toute cause de pollution susceptible de nuire à la qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable.

La mise en place des périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation et la surveillance des prescriptions associées, améliore la sécurité sanitaire en réduisant le risque de pollution microbienne ou toxique massive et brutale en contrôlant les activités susceptibles de générer des pollutions accidentelles pouvant avoir un impact sur la qualité des eaux.

La notion des périmètres de protection est largement traitée dans la littérature internationale. Au niveau national, la loi N°05-12 du 04.08.2005, sur l'eau en Algérie prévoit trois zones de protection des ressources en eau (forages, champ captant, barrages, sources, etc.) : la zone de protection immédiate ; la zone de protection rapprochée et la zone de protection éloignée.

V.3. Généralités :

V.3.1. L'eau souterraine :

Les eaux souterraines remplissent entièrement les interstices d'un terrain poreux et perméable (l'aquifère) de telle sorte qu'il y ait toujours liaison par l'eau entre les pores. Une nappe se forme par accumulation des eaux d'infiltration au-dessus d'un terrain imperméable qui interdit leur progression vers le bas. L'eau remplit par gravité toutes les cavités accessibles du terrain jusqu'à un niveau dit surface libre, qui est la surface à laquelle l'eau se stabilise dans les puits atteignant cette nappe. Par un phénomène de capillarité, l'eau remplit encore un peu plus haut, les pores des roches jusqu'à un niveau appelé surface de la nappe. Cette tranche de

terrain où toutes les cavités accessibles sont remplies d'eau est appelée zone de saturation. Au-dessus, vient une zone non saturée ou zone d'aération, où circulent des eaux vadoses, et vers le bas de laquelle l'eau monte par capillarité. La partie contenant de l'eau capillaire est la frange capillaire. Ce type de nappe est appelé nappe libre par opposition aux nappes captives, ou nappes artésiennes, qui sont emprisonnées entre deux terrains imperméables et ne comprennent qu'une zone saturée (Foucault et Raoult, 2005) et (Sferdjli. Fouzia 2015).

V.3.2. L'aquifère :

On distingue d'une manière générale trois types d'aquifères :

- aquifères en roches meubles,
- aquifères en roches karstiques,
- aquifères en roches fissurées.

➤ Les aquifères en roches meubles :

Sont caractérisés par une structure et une Granulométrie très irrégulières. Leur perméabilité, leur capacité de filtration et leur capacité d'emmagasinement varient donc rapidement d'un point à l'autre. (Office fédéral de l'environnement, 2004).

➤ Les régions karstiques :

Se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes.

➤ Dans les roches fissurées :

L'eau suit les discontinuités ouvertes, diaclases, fractures et joints de stratification, qui forment un réseau continu plus ou moins ramifié. La vitesse d'écoulement dépend de l'ouverture des fissures, de leur fréquence et de leur degré d'interconnexion. La capacité d'emmagasinement reste le plus souvent faible (Riccardo et al. 2004).

V.3.3. Les captages d'eau :

Selon Lallemand Barrès, 1999, les ouvrages de captage sont : puits, forage et captage de source.

- **Le puits** : est un ouvrage en général de profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100 m), d'un diamètre supérieur à 1.20 m, aux parois revêtues au moins partiellement de béton ou de maçonnerie.

- **Le forage** : peut être peu profond, mais peut aussi aller chercher l'eau à plus de 1000 m, son diamètre est généralement plus faible que celui du puits et sa paroi est protégée par un tube en métal ou en matière plastique, et une cimentation entre terrain et tubage dans les premiers mètres.
- **Les sources** : sont les exutoires naturels des nappes. Pendant longtemps, elles ont été captées sans être aménagées. L'eau était canalisée par gravité vers le lieu d'utilisation.

Les sources importantes sont maintenant le plus souvent aménagées, notamment par les chambres de captage et des dispositifs permettant le contrôle de la hauteur du seuil d'émergence. Elles peuvent aussi comporter des drains ou des galeries drainantes.

V.4. La protection des eaux :

V.4.1. Protection de l'eau en Algérie :

La protection de l'eau se fait tout d'abord par l'établissement de textes législatifs qui réglementent et organisent le secteur de l'eau dans sa globalité. Ainsi des lois et des décrets sont mis en place pour protéger les ressources en eau mobilisées et destinées vers la consommation humaine. Dans ce qui suit nous passons en revue les différents textes législatifs qui ont touché le secteur de l'eau.

Les différents textes législatifs adoptés en Algérie pour la protection des ressources en eau sont limités et ne donnent pas des précisions sur les distances de l'instauration des différents types des périmètres de protection autour de captage d'eau.

Art. 30. La protection et la préservation des ressources en eau sont assurées par :

- des périmètres de protection quantitative ;
- des plans de lutte contre l'érosion hydrique ;
- des périmètres de protection qualitative ;
- des mesures de prévention et de protection contre les pollutions ;
- des mesures de prévention des risques d'inondations.

Art. 31. Pour les nappes aquifères surexploitées ou menacées de l'être, il est institué des périmètres de protection quantitative en vue d'assurer la préservation de leurs ressources en eau.

Art. 32. A l'intérieur des périmètres de protection quantitative :

— sont interdites toutes réalisations de nouveaux puits ou forages ou toutes modifications des installations existantes, visant à augmenter les débits prélevés ;

— sont soumis à autorisation de l'administration chargée des ressources en eau tous travaux de remplacement ou de réaménagement des installations hydrauliques existantes.

Art. 34. Pour prévenir et limiter l'envasement des retenues d'eau superficielle par sédimentation et assurer la conservation de leur capacité utile, il est procédé à la délimitation de périmètres de lutte contre l'érosion hydrique dans les bassins-versants en amont desdites retenues.

Art. 36. Les interventions et travaux effectués dans le cadre des plans d'aménagements antiérosifs, élaborés et adoptés conformément à la législation et à la réglementation en vigueur, ainsi que les mesures temporaires ou définitives y afférentes peuvent ouvrir droit à une indemnité au profit des propriétaires concernés en fonction des préjudices causés.

Art. 37. Des aides et avantages de toute nature peuvent être accordés aux particuliers qui mettent en œuvre des techniques de conservation des eaux et des sols et de lutte contre l'érosion hydrique dans les bassins-versants de retenues d'eau superficielle

Art. 38. Il est établi autour des ouvrages et installations de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau souterraine ou superficielle ainsi que de certaines parties vulnérables des nappes aquifères et des oueds, une zone de protection qualitative comprenant, selon les nécessités de prévention des risques de pollution.

Art. 39. A l'intérieur des périmètres de protection qualitative, l'ensemble des activités, y compris les activités agricoles ou industrielles, peuvent être réglementées ou interdites. Peuvent faire l'objet de mesures particulières de contrôle, de restriction ou d'interdiction, les activités concernant notamment :

— l'installation de canalisations d'eaux usées ;

- l'installation de canalisations, réservoirs et dépôts d'hydrocarbures, de stations-service de distribution de carburant ;
- l'installation de centrales d'asphalte ;
- l'établissement de toutes constructions à usage industriel ;
- le dépôt de déchets de toutes natures ;
- l'épandage d'effluents et, d'une manière générale, tous produits et matières susceptibles d'altérer la qualité de l'eau, y compris, le cas échéant, les produits destinés à l'agriculture ;
- l'installation et l'exploitation de carrières.

Art. 40. Les conditions et les modalités de création et de délimitation des périmètres de protection qualitative, la nomenclature des périmètres de protection requis pour chaque type d'ouvrage ou d'installation de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau, ainsi que les mesures de réglementation ou d'interdiction d'activités dans chaque périmètre de protection qualitative sont fixées par voie réglementaire.

Art. 48. Lorsque la pollution des eaux met en péril la salubrité publique, l'administration chargée des ressources en eau doit prendre toutes mesures exécutoires en vue de faire cesser les déversements d'effluents ou les dépôts de matières nuisibles. Elle doit également décider de l'arrêt du fonctionnement de l'établissement qui en est responsable, jusqu'à la disparition de la pollution.

V.4.2. Définition des périmètres de protection :

Des périmètres de protection sont instaurés autour des captages, après une procédure technique et administrative. Les périmètres de protection correspondent à un zonage établi autour des points de captage d'eau potable. Ils constituent le moyen privilégié pour prévenir et diminuer cause de pollution locale, ponctuelle et accidentelle qui peut altérer la qualité des eaux prélevées (Winschen, 2011).

Les interdictions, prescriptions et recommandations sont proposées en conséquence Trois périmètres de protection sont définis selon la réglementation :

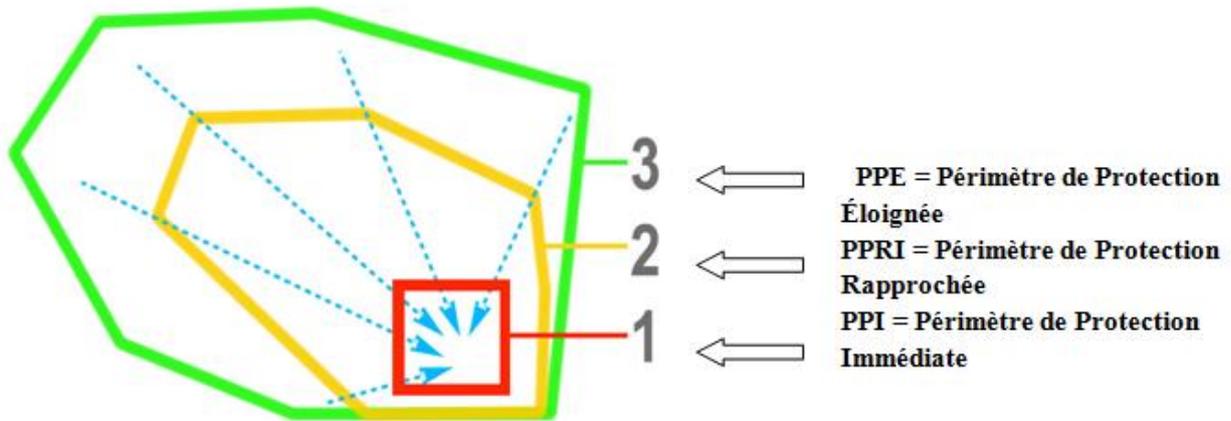


Figure 31: Schéma représentatif des périmètres de protection

(Wikipédia consulté le mars 2016)

➤ **Périmètre de protection immédiate (PPI) :**

La zone de protection immédiate est la zone de captage. Elle comprend les alentours immédiats d'un captage ou d'une installation de réalimentation de la nappe (un périmètre de 10 m au moins autour du captage et des drains des puits filtrants). Seules les interventions et activités en rapport avec le captage de l'eau sont autorisées dans cette zone. Toute interdiction vise à éviter des dégâts aux installations de captage ou une pollution directe de l'eau exploitée. La zone d'implantation du captage doit donc appartenir au service d'approvisionnement en eau et être clôturée. Le périmètre de protection immédiate a donc pour fonctions d'empêcher la détérioration des ouvrages de prélèvement et d'éviter que des déversements ou des infiltrations de substances polluantes se produisent à l'intérieur ou à proximité immédiate du captage. Compte tenu de l'accroissement général des risques de pollution, une grande surface offrira plus de garantie et permettra, en outre, une augmentation du délai d'intervention face à une pollution venant de l'extérieur de la zone intégralement protégée. Un aménagement correct et un entretien efficace des ouvrages de captage complètent cette première mesure de protection. (Nassah et Omdi, 2011).

➤ **Périmètre de protection rapprochée (PPR) :**

Le périmètre de protection rapprochée a pour rôle la protection efficace du captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes. Il présente une zone intermédiaire qui accepte des activités sans risques pour la ressource et le captage, ou des activités diminuant le risque de pollution. Sa surface varie selon la vulnérabilité du captage et de la ressource en eau, c'est-à-dire selon les caractéristiques de l'aquifère et le débit de pompage. La zone de

protection rapprochée doit garantir qu'aucun microorganisme pathogène ne parvienne dans l'eau potable et que l'eau souterraine ne soit pas contaminée ou bloquée sur le dernier tronçon qu'elle parcourt avant le captage. (Marchal, 2007).

Selon (Nassah et Omdi, 2011), il délimite le secteur dans lequel toute pollution ponctuelle ou accidentelle est susceptible d'atteindre rapidement le captage soit par ruissellement superficiel, soit par migration souterraine des substances polluantes.

Le périmètre de protection rapprochée est déterminé en prenant notamment en compte :

- les caractéristiques physiques de l'aquifère et de l'écoulement souterrain ;
- le débit maximal de pompage ;
- la vulnérabilité.
- l'origine et la nature des pollutions contre lesquelles il est nécessaire de protéger les eaux souterraines.

➤ **Périmètre de protection éloignée (PPE) :**

Le périmètre de protection éloignée prolonge éventuellement le précédent pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Il sera créé si l'on considère que l'application de la réglementation générale, même renforcée, n'est pas suffisante, en particulier s'il existe un risque potentiel de pollution que la nature des terrains traversés ne permet pas de réduire en toute sécurité, malgré l'éloignement du point de prélèvement. La zone de protection éloignée doit garantir que l'on dispose, en cas d'accident, de suffisamment de temps et d'espace pour écarter tout danger pour l'eau potable exploitée. Les entreprises qui représentent une menace pour les eaux souterraines (les stations d'essence par exemple) ne sont donc pas admises dans la zone de protection éloignée. Il est également interdit d'y laisser s'infiltrer les eaux usées et d'y extraire du gravier. (Nassah et Omdi, 2011)

V.4.3. Périmètre de protection selon le type d'aquifère :

➤ **Aquifère en roches meubles :**

La délimitation de périmètre de protection dans un aquifère en roche meuble est définie à partir des données hydrogéologiques (extension de l'aquifère, relations avec des réservoirs latéraux). Cela nécessite au minimum de connaître le sens de circulation des eaux souterraines dans tous les contextes hydrologiques (basses à hautes eaux), le gradient de la nappe, ainsi que l'aire d'influence du captage, ou tout au moins les indications quant à l'extension du cône de rabattement en pompage pour les puits et forages (Marchal, 2007).

- ◆ La limite du périmètre de protection immédiate doit se trouver à 10 m au moins au large de la partie la plus extérieure de l'ouvrage de captage. Pour un captage de source, cette distance peut être inférieure à 10 m du côté aval (Riccardo et al. 2004).
- ◆ Le périmètre de protection rapprochée en roche meuble est dimensionné de telle sorte que le temps de séjour des eaux souterraines soit d'au moins 10 jours (Riccardo et al. 2004).
- ◆ La délimitation du périmètre de protection éloignée doit couvrir le bassin d'alimentation du captage.

➤ **Aquifère en roche fissurée :**

Dans les aquifères fissurés ou dits à porosité de fissure, l'écoulement des eaux souterraines s'effectue le long des fractures, diaclases et failles.

Ils présentent un réseau de discontinuités principales caractérisées par des perméabilités élevées, jouant le rôle de transfert d'eau et de drainage vers les zones d'exutoire (Vernoux et al. 2007).

Le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines est déterminé par la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages à protéger (Riccardo *et al.*, 2004).

➤ **Aquifère en roche karstique :**

Les régions karstiques se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes (Riccardo *et al.*, 2004).

Les calcaires et dolomies forment des aquifères caractérisés par une perméabilité extrêmement hétérogène et anisotrope. L'eau circule dans les petites fissures, les pores de la roche et dans des conduits de dimensions parfois importantes résultant de la dissolution de la matrice carbonatée (karst) (Bussard, 2005).

Les zones de protection des eaux souterraines sont dimensionnées sur la base des caractéristiques géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques du bassin d'alimentation des captages à protéger (Riccardo *et al.*, 2004).

Afin de délimiter les périmètres de protection en milieu karstique, il est nécessaire d'identifier le système, de le caractériser et d'en définir la vulnérabilité (Marchal, 2007).

La vulnérabilité des eaux souterraines correspond à une insuffisance de protection ou de défense naturelle des aquifères contre des menaces de pollution, en fonction des conditions hydrogéologiques locales (Marchal, 2007).

V.4.5. Les critères d'alimentation des zones de protection :

Les critères d'alimentation des zones de protection sont selon (allemand-Barrés, 1999) :

- Le pouvoir épurateur du sol.
- Le rabattement.
- Le temps de transfert.
- La distance.
- Les limites d'écoulement.

➤ **Le pouvoir épurateur du sol :**

Le pouvoir épurateur du sol, puis celui de la zone non saturée, sont importants pour éviter la propagation d'une pollution en direction des nappes.

La concentration du polluant peut avoir considérablement diminué à son entrée dans la nappe, si le pouvoir épurateur du sol et de la zone non saturée est efficace.

➤ **Le rabattement :**

Le rabattement est un critère lié aux concepts de la zone d'influence et la zone d'appel.

❖ Zone d'influence

Zone ou le niveau de la nappe est rabattu par le pompage.

❖ Zone d'appel

Zone ou l'ensemble des lignes de courant se dirigent vers le captage

➤ **Le temps de transfert :**

Le temps de transfert est un critère basé sur le temps qu'il faut à un polluant pour se déplacer du point d'entrée dans la nappe jusqu'à l'arrivée au captage, il faut également tenir compte du transfert en zone non saturée. A l'intérieur de la zone ou l'aire d'alimentation du captage, on définit des courbes d'égal temps de transfert, ou isochrones. La protection du captage sera d'autant meilleure que la zone de transfert est plus étendue.

➤ **La distance :**

La délimitation des périmètres de protection repose dans ce cas sur la détermination d'un rayon ou d'une distance mesurée entre le puits de pompage et un point concerné.

La détermination d'une distance, si l'on connaît l'épaisseur de l'aquifère, la porosité, l'infiltration efficace et la vitesse effective.

➤ **Limites d'écoulement :**

Une délimitation des périmètres de protection basée sur ce critère consiste à utiliser les caractéristiques physiques, topographiques ou hydrogéologiques qui contrôlent l'écoulement : les limites peuvent être par exemple une rivière, un canal, une ligne de partage des eaux souterraines et les limites d'alimentation de l'aquifère.

V.4.5. Délimitation des périmètres de protection des eaux souterraines :

Les périmètres de protection des eaux souterraines sont délimités de telle manière que des captages ou des installations d'alimentation artificielle puissent, en cas de besoin, être construits aux bons emplacements et être protégés par des zones de protection des eaux souterraines conformes aux prescriptions. Ce faisant, il faut tenir compte du fait que différents types de captage (par exemple puits unique, série de puits ou puits filtrant à drains

horizontaux) peuvent entrer en ligne de compte et que la dimension des zones de protection variera en fonction des débits de concession.

La détermination d'un périmètre de protection des eaux souterraines implique donc d'une part que les conditions hydrogéologiques soient connues et d'autre part que les conditions d'implantation d'une installation de production d'eau potable soient respectées.

Les investigations hydrogéologiques nécessaires doivent être effectuées avant délimitation figure

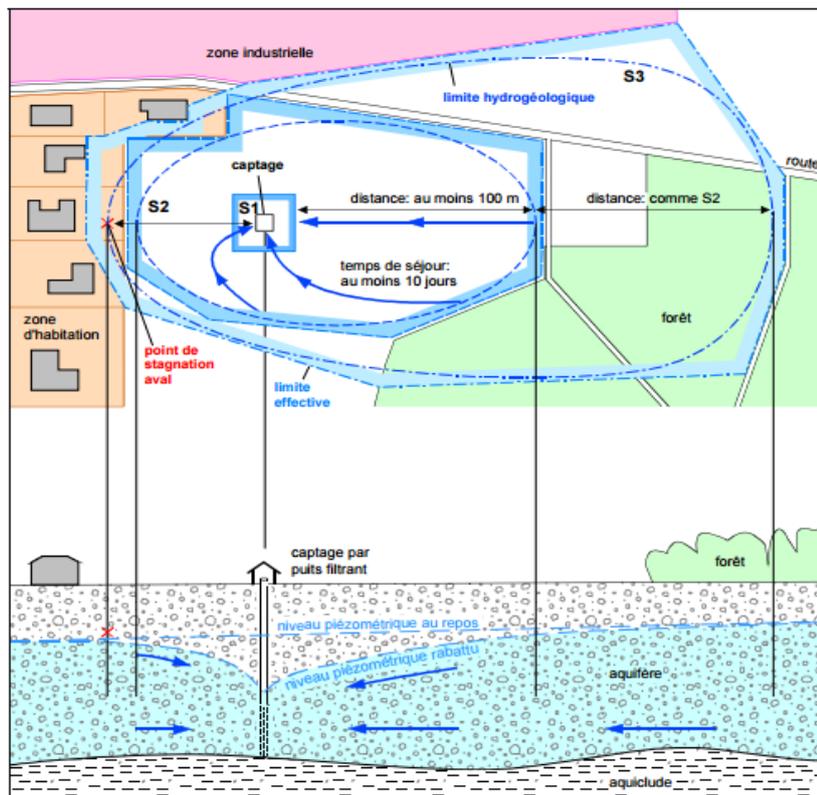


Figure 32: Les zones de protection d'un captage d'eau (instruction pratique des périmètres de protection des eaux souterraines)

➤ **Délimitation de la zone de protection immédiate (S1) :**

La zone de protection immédiate englobe le point de prélèvement où les contraintes de pollution sont fortes. Pour la délimitation de cette zone, on utilise la fonction de voisinage (zone tampon) autour des ouvrages à protéger, puis ensuite on procède à des ajustements pour tenir compte de l'occupation du sol et des contraintes locales. Elle doit être acquise en toute propriété et clôturée par l'exploitant et aucune activité polluante n'y est admissible. Cette zone comprend le captage ou l'installation d'alimentation artificielle, la zone désagrégée par

les travaux de forage ou de construction et, au besoin, l'environnement immédiat des installations.

➤ **Délimitation de la zone de protection rapprochée (S2) :**

La zone S2 est déterminée en prenant notamment en compte :

- les caractéristiques physiques de l'aquifère et de l'écoulement souterrain.
- le débit maximal de pompage.
- la vulnérabilité.
- l'origine et la nature des pollutions contre lesquelles il est nécessaire de protéger les eaux souterraines.

Les notions de base à retenir pour délimiter ce périmètre sont :

- la durée et la vitesse de transfert de l'eau entre les points d'émission de pollutions possibles et le point de prélèvement dans la nappe.
- le pouvoir de fixation et de dégradation du sol et du sous-sol vis-à-vis des polluants.
- le pouvoir de dispersion des eaux souterraines.

Dans des situations complexes, le périmètre de protection rapprochée peut comporter plusieurs zones, disjointes ou non, délimitées suivant la vulnérabilité de l'aquifère.

Pour faciliter son repérage, les limites de ce périmètre (ainsi que celles du périmètre de protection éloignée) suivront autant que possible les limites cadastrales (communes ou parcelles) et géographiques (cours d'eau, voies de communication).

La zone de protection rapprochée est obtenue à partir des couches d'informations correspondant à la zone d'appel, à l'isochrone 50 jours. L'ajustement final de cette zone est réalisé en tenant compte des différentes contraintes d'occupation du sol.

1. Délimitation de la zone S2 dans la roche meuble :

Lorsque la nappe phréatique se situe dans une roche meuble, la zone S2 doit être délimitée de telle sorte que la durée d'écoulement des eaux dans le sous-sol, de la limite extérieure de la zone au captage, soit de 10 jours au moins. La plupart des agents pathogènes restent ainsi dans l'aquifère ou meurent avant de parvenir au captage.

De plus, il importe de veiller à ce qu'aucun agent pathogène ne puisse parvenir dans l'aquifère à l'intérieur de la zone S2, en raison par exemple de l'épandage de purin ou de fuites dans les égouts. Ces mesures de précaution permettent d'éviter les infections transmises par l'eau potable.

2. Délimitation de la zone S2 dans un milieu fissuré :

Les aquifères fissurés présentent parfois des conditions similaires aux aquifères karstiques : les vitesses d'écoulement y sont très variables et peuvent être très élevées.

Ainsi, selon le critère de la durée d'écoulement de 10 jours, la zone S2 en milieu fissuré ne peut être délimitée que pour certains aquifères. Dans tous les cas, il faut tenir compte du type et de l'ouverture des fissures ainsi que de l'exposition du captage à la pollution (vulnérabilité).

La zone S2 est délimitée selon différentes méthodes en fonction de la vulnérabilité du captage ainsi que de la taille et de la distribution des fissures.

3. Délimitation de la zone S2 dans un milieu karstique :

Dans un sous-sol de type karstique, la vitesse d'écoulement des eaux souterraines est extrêmement variable, pouvant atteindre des valeurs très élevées (plusieurs kilomètres par jour). De plus, ce type de sous-sol assure un filtrage nettement moins efficace que les roches meubles. Dans ces conditions, la durée d'écoulement de 10 jours ne peut pas servir de critère pour la délimitation de la zone S2.

➤ Délimitation de la zone de protection éloignée (S3) :

La zone de protection éloignée se situe entre la limite de la zone de protection rapprochée et la limite de l'aire d'alimentation.

Pour les eaux du sous-sol présentes dans les roches meubles, la distance entre la limite extérieure de la zone S2 et la limite extérieure de la zone S3 doit en règle générale être aussi grande que la distance entre la zone S1 et la limite extérieure de la zone S2.

Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, la zone S3 comprend les parties du bassin d'alimentation du captage ou de l'installation d'alimentation artificielle qui présentent une vulnérabilité moyenne.

V.4.6. Les activités interdites au niveau de chaque périmètre :

Dans la zone S1, seuls les travaux de construction et les activités servant à l'approvisionnement en eau potable sont autorisés ; une exception est consentie pour l'herbe fauchée laissée sur place.

Au niveau de la zone S2, les activités non autorisées sont :

- ❖ La construction d'ouvrages et d'installations (l'autorité peut accorder des dérogations pour des motifs importants si toute menace pour l'utilisation d'eau potable peut être exclue).
- ❖ Les travaux d'excavation altérant les couches de couverture protectrices.
- ❖ L'infiltration des eaux à évacuer.
- ❖ Les autres activités susceptibles de réduire la quantité d'eau potable et d'altérer sa qualité.

En ce qui concerne la zone S3, les activités interdites sont :

- ❖ Les exploitations industrielles et artisanales impliquant un risque pour les eaux du sous-sol ;
- ❖ Les constructions diminuant le volume d'emménagement ou la section d'écoulement de l'aquifère ;
- ❖ L'infiltration des eaux à évacuer, à l'exception des eaux non polluées s'écoulant des toits à travers une couche recouverte de végétation.
- ❖ La réduction importante des couches de couverture protectrices.
- ❖ Les circuits thermiques qui prélèvent ou rejettent de la chaleur dans le sous sol.
- ❖ Les réservoirs contenant des liquides de nature à polluer les eaux, dont le volume utile dépasse 450 l par ouvrage de protection, à l'exception des réservoirs non enterrés pour huile de chauffage et huile diesel destinés à l'approvisionnement en énergie de bâtiments ou d'exploitations pour deux ans au maximum ; le volume utile total de ces réservoirs ne doit pas dépasser 30 m³ par ouvrage de protection.
- ❖ Les installations d'exploitation contenant des liquides de nature à polluer les eaux, dont le volume utile dépasse 2000 l m³.

V.5. Conclusion :

Le périmètre de protection a pour but de protéger la qualité des captages d'eau destinée à la consommation humaine et garantir la santé publique.

La méthodologie d'instauration du périmètre de protection dépend en grande partie du type d'aquifère (poreux, karstique ou fissuré).

La délimitation du bassin d'alimentation de captage est très difficile et complexe dans un aquifère karstique qui revient à l'hétérogénéité du terrain.

La préservation qualitative des eaux souterraines consiste à élaborer des périmètres de protection afin de :

Supprimer et ne plus autoriser (ni laisser faire) les rejets directs d'eaux usées (domestiques, agricoles, industrielles).

Ne plus tolérer le déplacement des rejets des substances polluants dans les zones d'alimentation.

Réglementer strictement le transport des produits toxiques pour éviter toute pollution ou dégradation accidentelle des eaux souterraines.

Diminuer les quantités de phosphates et nitrates rejetées par l'agriculture.

Les méthodes de dimensionnement des périmètres de protection des captages des eaux souterraines ne sont pas bien définies dans les textes législatifs concernant la protection des ressources en eau en Algérie.

Chapitre VI : Expérimentation

VI.1. Introduction :

Le site du champ captant objet de notre étude s'étend sur une superficie de près de 352 hectares répartis sur les communes d'Ain Témouchent et d'Ain el kihal et celle d'Aghlal.

L'étude a été engagée pour contribuer à garantir les deux objectifs suivant :

- 1 Production d'eau potable de façon durable à partir de l'aquifère du champ captant.
- 2 Protection et préservation du système aquifère - captage du champ captant.

VI.2. Matériel et méthodes :**➤ Matériel :**

Outre le champ captant que nous avons décrit ci-dessus, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Bulletin d'analyse de l'A.N.R.H ;
- Carte vierge du secteur d'étude 1/50 000 ;
- Les coupes géologiques ;
- Les cartes schématiques de la ligne piézométrie ;
- Carte de plan de situation des forages du champ captant.

➤ Méthodes :

L'approche que nous entamons pour la gestion qualitative et quantitative des forages du champ captant repose sur les caractéristiques hydrogéologique, géologique et hydrochimique des eaux de l'aquifère.

◆ Nous avons pris en considération la série d'observations hydrométrique de 23 années (1983 – 2005) pour faire la corrélation entre les précipitations et l'écoulement de surface, on a donc pu tracer la figure de la corrélation mensuelle précipitations-débit (1983-2005).

◆ Sous la lumière des résultats des analyses des eaux de la batterie de forage du champ captant d'Ain Témouchent qui nous ont été fournis par l'A.N.R.H, on a cartographié les éléments chimiques dominants caractérisant les faciès chimiques qui présentent une influence sur la qualité des eaux, représentés dans des cartes d'iso-teneurs ci-dessous.

Cartes d'iso-teneurs :

- Carte d'iso-teneurs des bicarbonates ;
- Carte d'iso-teneurs des chlorures ;
- Carte d'iso-teneurs des sulfates ;
- Carte d'iso-teneurs en calcium ;
- Carte d'iso-teneurs en magnésium ;
- Carte d'iso-teneurs en sodium et potassium ;
- Carte d'iso-teneurs en Nitrates ;
- Carte d'iso-valeurs du résidu sec.

VI.3. Résultats et discussions :

Les photos prises sur terrain témoignent de la non protection des forages du champ captant, Sidi Boudia, Sidi Mohamed et Ain kihel V. Ces derniers sont que mis en veille après leurs rabattement, mais le risque de leur pollution est toujours présent. En effet, lors des sorties que nous avons effectuées sur le lieu d'étude, nous avons remarqué que les riverains pratiquent des cultures maraichers qui nécessite un taux d'engrais élevé contenant des doses importantes de nitrate. Par ailleurs, l'installation des abattoirs de volaille et les rejets domestiques non réglementés pourrait jouer un rôle significatif dans la contamination de la nappe souterraine.

Les polluants sont rarement rejetés directement dans les nappes souterraines. Leur présence est due à leur transfert depuis la surface, au cours duquel différents processus physiques, chimiques et biologiques vont jouer un rôle dans l'atténuation, le délai de transfert, la distance de propagation et la rétention plus ou moins réversible du produit.

Devant cette perte importante pour le secteur de l'hydraulique en particulier et pour la wilaya en général, il est urgent de protéger les abords immédiats de l'ouvrage et son voisinage et d'interdire ou réglementer les activités qui pourraient dégrader la qualité des eaux captées.



Tayeb et kadri

Photo 1: PPR de Barrette



Tayeb et kadri

Photo 2 : PPR de Sidi Boudia



Tayeb et kadri

Photo 3 : PPR de Sidi Mohamed



Tayeb et kadri

Photo 4: PPR d'Ain Kihal V



Tayeb et kadri

Photo 5: PPI de Barrette (clôture 30/40 à vol d'oiseau)



Tayeb et kadri

Photo 6: PPI de Sidi Boudia (15/15 à vol d'oiseau)



Tayeb et kadri

Photo 7: PPI d'Ain Kihal V (clôture 20/20 à vol d'oiseau)

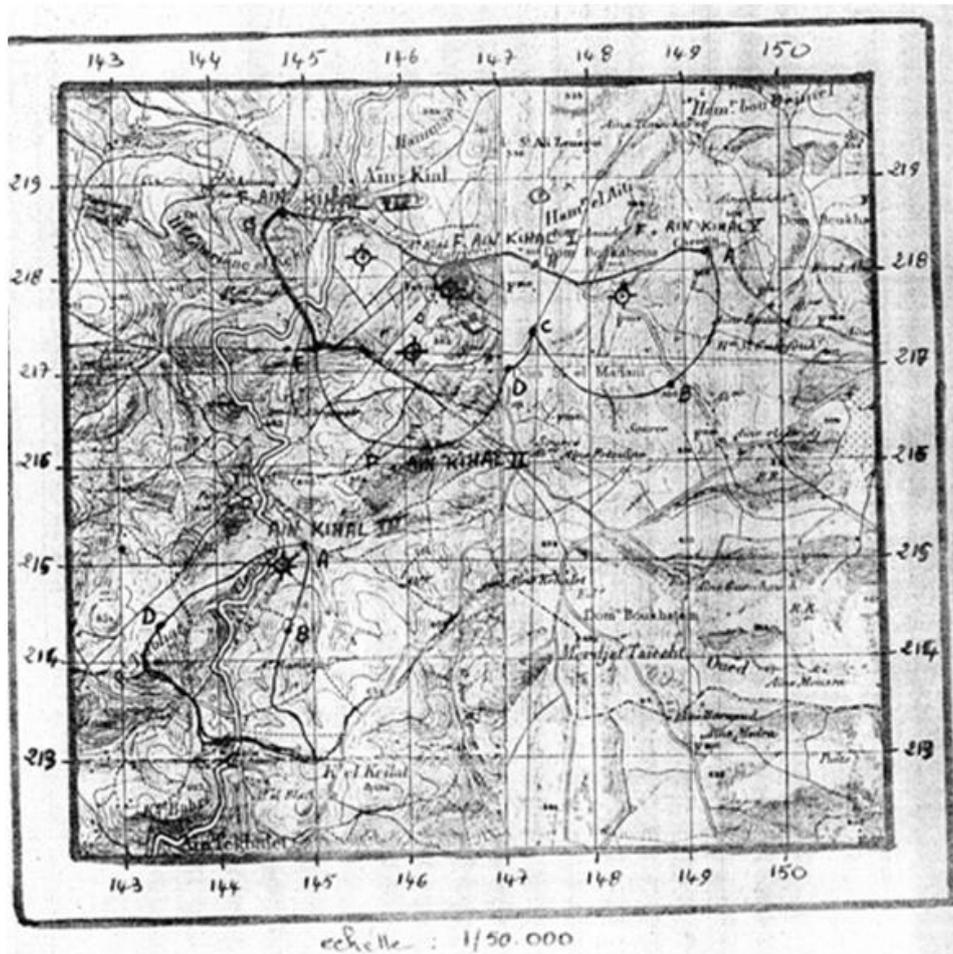


Tayeb et kadri

Photo 8: PPI de Sidi Mohamed (clôture 15/15 à vol d'oiseau)

➤ **Géométrie de l'aquifère :**

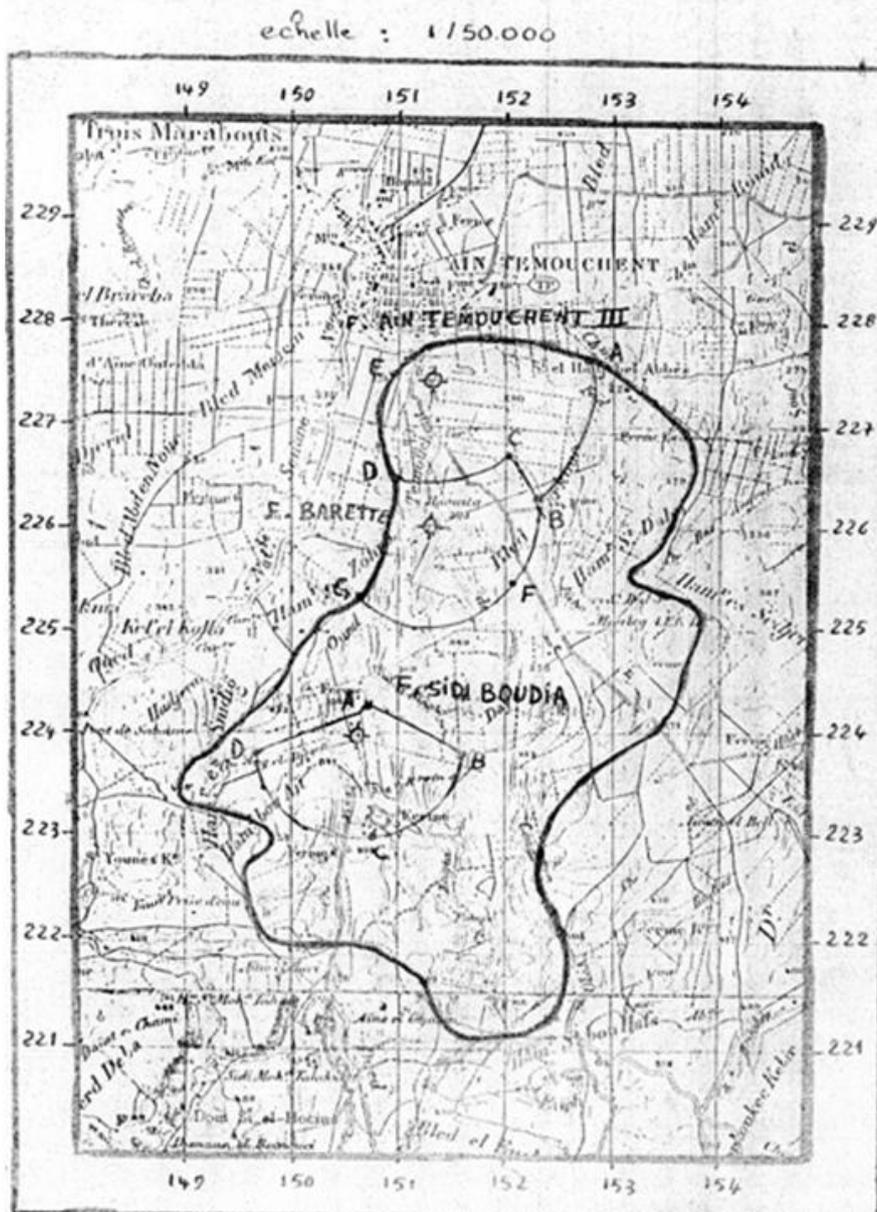
Les limites de l'aquifère de la batterie de forage ont été déterminées à partir des données géologique, hydrogéologiques et cartographique à l'échelle 1/50.000, la planimétrie de ces zones d'alimentation de l'aquifère a donné une superficie globale de 35 km². (Voir cartes de périmètres de protection éloignée).



-  limite du périmètre de protection rapprochée
 Ligne de partage des eaux (limite du périmètre de protection éloignée)

Figure 33 : PPE Ain el Kihal I, II, III, IV, V (DRE)

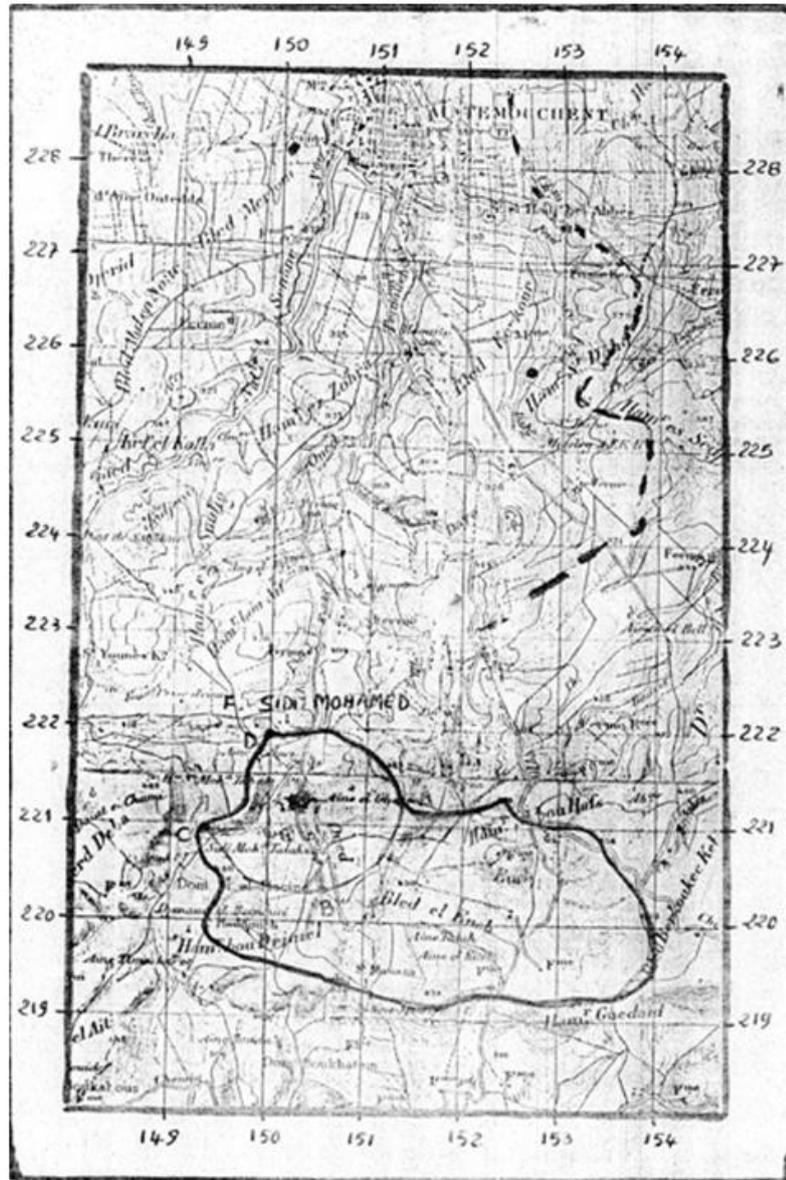
La surface de ce paramètre éloigné c'est 6.81 km².



-  limite du périmètre de protection rapprochée
-  Ligne de partage des eaux (limite du périmètre de protection éloignée)

Figure 34 : PPE d'AT.III, Barrette, Sidi Boudia (DRE)

La surface de ce paramètre éloigné c'est 19.06 km².



 limite du périmètre de protection rapprochée

 Ligne de partage des eaux (limite du périmètre de protection éloignée)

echelle 1/50.000

Figure 35 : PPE de Sidi Mohamed (DRE)

La surface de ce paramètre éloigné c'est 9.3 km².

➤ **Forages de substitutions :**

Lorsqu'ils ont rabattu progressivement le niveau dynamique de la nappe des forages de Sidi Boudia et Sidi Mohamed et Ain Kihal V ils ont construit des forages de substitution à quelques mètres c'est qui a empêché de trouver et pomper l'eau car la nappe de ces forages se caractérise par des roches volcaniques et l'écoulement souterrain se fait par des fissures qui ne vont pas dans la même direction.



Tayeb et kadri

Photo 9 : Forage de substitution d'Ain kihal V



Tayeb et kadri

Photo 10 : Forage de substitution Sidi Boudia

➤ **Etat des forages du champ captant :**

Gérée par l'Algérienne des eaux (ex EPEOR) la batterie de forages du champ captant a été exploitée pour l'AEP de la ville d'Ain Témouchent dans une période de stress hydrique ou la baisse du niveau des barrages (Béni Bahdel et Boughrara) qui soutenaient l'approvisionnement en eau potable de la wilaya d'Ain Témouchent et celle d'Oran, était considérable. Figure 36.

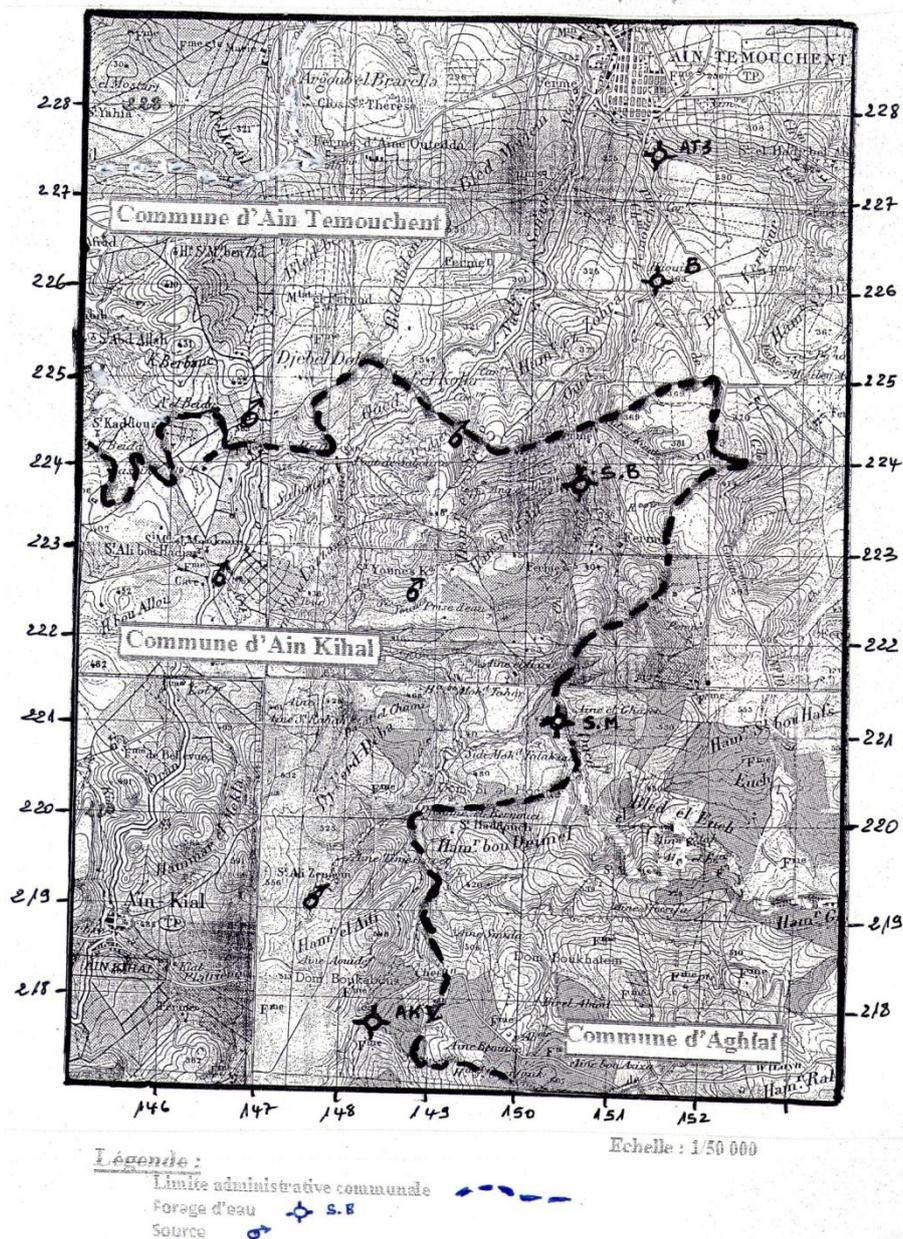


Figure 36 : Localisation des forages du champ captant (ADE)

Le redimensionnement de l’ADE des équipements de pompage en cours de l’exploitation des forages en période 1999/2005 nous a conduit à un volume moyen extrait annuellement de 1 959 552 mètres cube (m³). Tableau 29.

La batterie de forage du champ captant est actuellement mise en veille depuis 2013 par le gestionnaire (ADE) suite aux rabattements progressifs du niveau dynamique.

➤ **L'optimisation de la production d'eau potable à partir du champ captant :**

Les forages du champ captant sont pour la plupart, à l'arrêt Tableau 29 suite à un assèchement des fissures de la roche volcanique constituante essentielle de l'aquifère néanmoins l'étude hydrogéologique montre que la fissuration acquiert à la roche volcanique une très bonne perméabilité.

Ainsi l'étude géologique du secteur étudié a fait ressortir une tectonique cassante mais récente reflétant la non maturation de ce système de fissurations, c'est-à-dire son développement en grotte et avens, l'eau souterraine reste donc non interconnectée par ces fissures.

De ce fait ,il est essentiel d'envisager la réalisation de forages d'eau en substitution de ceux déjà tariés d'une manière à s'éloigner de la zone d'influence des anciens captages et d'une façon à prendre en considération l'écran marneux que constitue le mur de cet aquifère des roches volcanique.

La restructuration du champ captant doit permettre sa remise en service, et donc en premier lieu redéfinir l'emplacement optimal des forages de manière à mobiliser uniquement les réserves régulatrices de l'aquifère.

Un Programme de surveillance continu des forages est assuré par le biais des piézomètres implantés par l'ANRH d'Oran.

La surveillance de la qualité de l'eau par les analyses chimique et bactériologique des eaux souterraines se fait d'une manière périodique (par semestre) afin de mieux contrôler la qualité des eaux et d'en prendre les mesures techniques et réglementaires.

Nom du forage	Année de réalisation	Année de mise en service	Gestionnaire	Débit des essais de nappe (l/s)	Débit d'exploitation moyen (1999/2005) (l/s)	Volume annuel moyen extrait par pompage (1999/2005) (en m ³)	Année de mise en arrêt	Remarques
Ain Kihal V	1997	1999	A.D.E Ain Témouchent	16	08	248 832	2013	Rabattement progressif du niveau dynamique
Sidi Mohamed	1997	1999	A.D.E Ain Témouchent	36	15	466 560	2013	Rabattement progressif du niveau dynamique
Sidi Boudia	1998	1999	A.D.E Ain Témouchent	20	12	373 248	2013	Rabattement progressif du niveau dynamique
Barrette	1998	1998	A.D.E Ain Témouchent	30	25	777 600	En cours	En cours d'exploitation avec un débit de 18 l/s
A T III	1991	1991	A.D.E Ain Témouchent	22	03	93 312	2005	Rabattement progressif du niveau dynamique
Volume total exploité de 1999/2005						1 959 552 m ³ /an		

Tableau 29 : Etat des forages du champ captant

➤ **Les trois principales caractéristiques de l'aquifère du champ captant :**

◆ **La transmissivité :**

Le rythme auquel l'eau s'écoule dans une formation dépend de la perméabilité de cette formation, qui est déterminée par la taille des pores et des interstices et leur degré d'interconnexion. La porosité est le rapport entre le volume des pores/interstices et le volume total de la roche (généralement exprimé en pour cent). Tableau 30.

Lithologie	Porosité (%)	Perméabilité (m/jour)
Argile	42	10^{-8} - 10^{-2}
Sable moyen	39	5 - 20
Grès	33 - 37	10^{-3} - 1
Carbonate (calcaire, dolomie)	26 - 30	10^{-2} - 1
Roches volcaniques (par ex. basalte)	17 - 41	0 - 1000
Roches ignées (par ex. granite)	43 - 45	$< 10^{-5}$

Tableau 30: Porosité et perméabilité typiques de différents matériaux rocheux

La transmissivité est un moyen d'exprimer la perméabilité, c'est-à-dire la vitesse à laquelle l'eau peut s'écouler à travers la structure de l'aquifère. Elle est aussi dénommée « coefficient de débit » lorsque le concept est transposé à l'écoulement dans les fissures (schneebeli, 1966). Les valeurs de la transmissivité obtenues à partir de l'analyse des courbes des remontées des essais de pompages des forages du champ captant varient entre 1.6×10^{-3} et 7.3×10^{-3} m²/s qui correspondent à la perméabilité moyenne à travers un milieu discontinu que constituent les roches basaltiques fissurées.

◆ **Le coefficient d'emmagasinement :**

C'est le rapport du volume d'eau libérée ou emmagasinée par unité de surface d'un aquifère, à la variation de la charge hydraulique correspondante sans référence au temps.

◆ **La capacité de stockage :**

L'aquifère offre une très bonne aptitude à la recharge lors de la saison des pluies (par infiltration directe des pluies efficaces et par perte d'une partie des débits des oueds drainant le champ captant).

L'équation du bilan hydrologique a fait ressortir une infiltration annuelle vers les roches basaltiques de l'ordre de 46 mm.

La réserve régulatrice de l'aquifère du champ captant est estimée à 1 610 000m³.

➤ **Corrélation mensuelle précipitations-débit :**

Le rapport entre les débits moyens mensuels et les précipitations moyennes mensuelles montre qu'il existe une relation étroite c'est-à-dire un synchronisme entre les précipitations et les débits. En effet, lorsque les précipitations augmentent le débit de l'Oued augmente en même temps; et les périodes de décrue apparaissent lorsque cessent les précipitations.

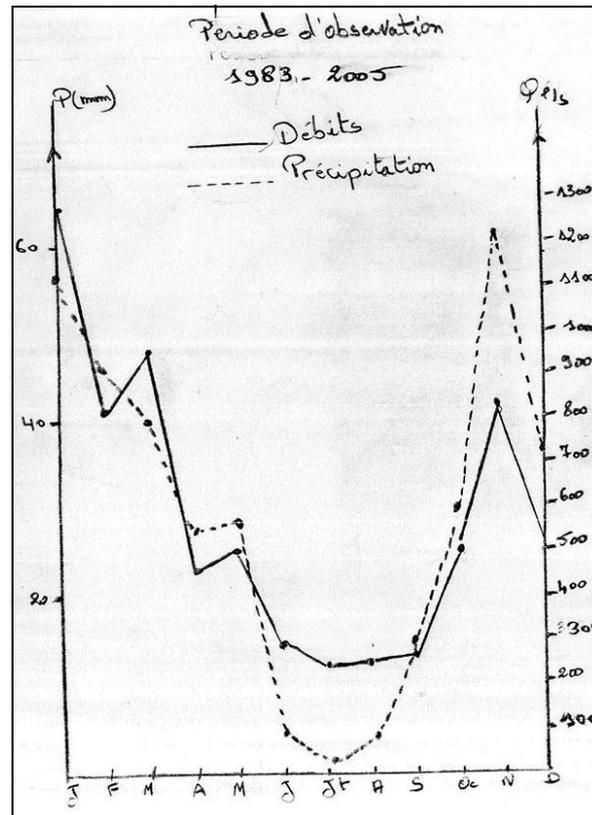


Figure 37 : Corrélation mensuelle précipitations-débit (1983-2005)

➤ **Cartographie hydro chimique :**

Les eaux souterraines contiennent toujours des sels dissous qui leur confèrent les caractéristiques du milieu dont elles sont issues, ces sels peuvent également provenir de phénomènes exogènes qui ont contribué à des modifications de la chimie du milieu, parmi lesquels on note l'évaporation et le lessivage.

On a procédé à l'établissement de la cartographie hydrochimique, la répartition des concentrations dépend de plusieurs facteurs tels que la lithologie, l'état hydrodynamique de la nappe (les profondeurs de la surface piézométrique, la vitesse d'écoulement) et les conditions climatiques (une température élevée provoque l'évaporation et les précipitations engendrent le lessivage et la dissolution des roches).

Ces renseignements nous ont permis de repérer le sens et la direction de l'écoulement des eaux. Les causes et les origines de ce type d'écoulement ont été dévoilées.

◆ **Carte d'iso-teneurs des bicarbonates** (Figure 38)

La teneur en bicarbonates est élevée au niveau de l'amont du champ captant, Les eaux renferment une teneur dépassant les 450 mg/L.

On assiste à une diminution des teneurs en bicarbonates vers l'aval du secteur d'étude jusqu'à 300 mg/l.

◆ **Carte d'iso-teneurs des chlorures** (Figure 39)

On observe une évolution progressive des bicarbonates du Sud-ouest avec des teneurs de 150 mg/l vers le Nord-est avec des teneurs de 190 mg/l du secteur d'étude.

◆ **Carte d'iso-teneurs des sulfates** (Figure 40)

La teneur en SO_4^{2-} est d'environ 70 mg/L à l'aval du champ captant alors qu'elle dépasse les 350 mg/l en amont.

La teneur en sulfates suit la même évolution que les bicarbonates.

◆ **Carte d'iso-teneurs en calcium** (Figure 41)

On aperçoit que les eaux du champ captant contiennent de faibles teneurs en calcium de 32 mg/l à 48 mg/l et sa concentration se situe au milieu du champ captant et sa progression se fait à partir de l'amont et l'avale.

◆ **Carte d'iso-teneurs en magnésium** (Figure 42)

Les eaux du champ captant contiennent aussi de faibles teneurs en magnésium de 25 mg/l à 55 mg/l et sa concentration se situe aussi au milieu avec une progression à partir de l'amont et l'avale.

◆ **Carte d'iso-teneurs en sodium et potassium** (Figure 43)

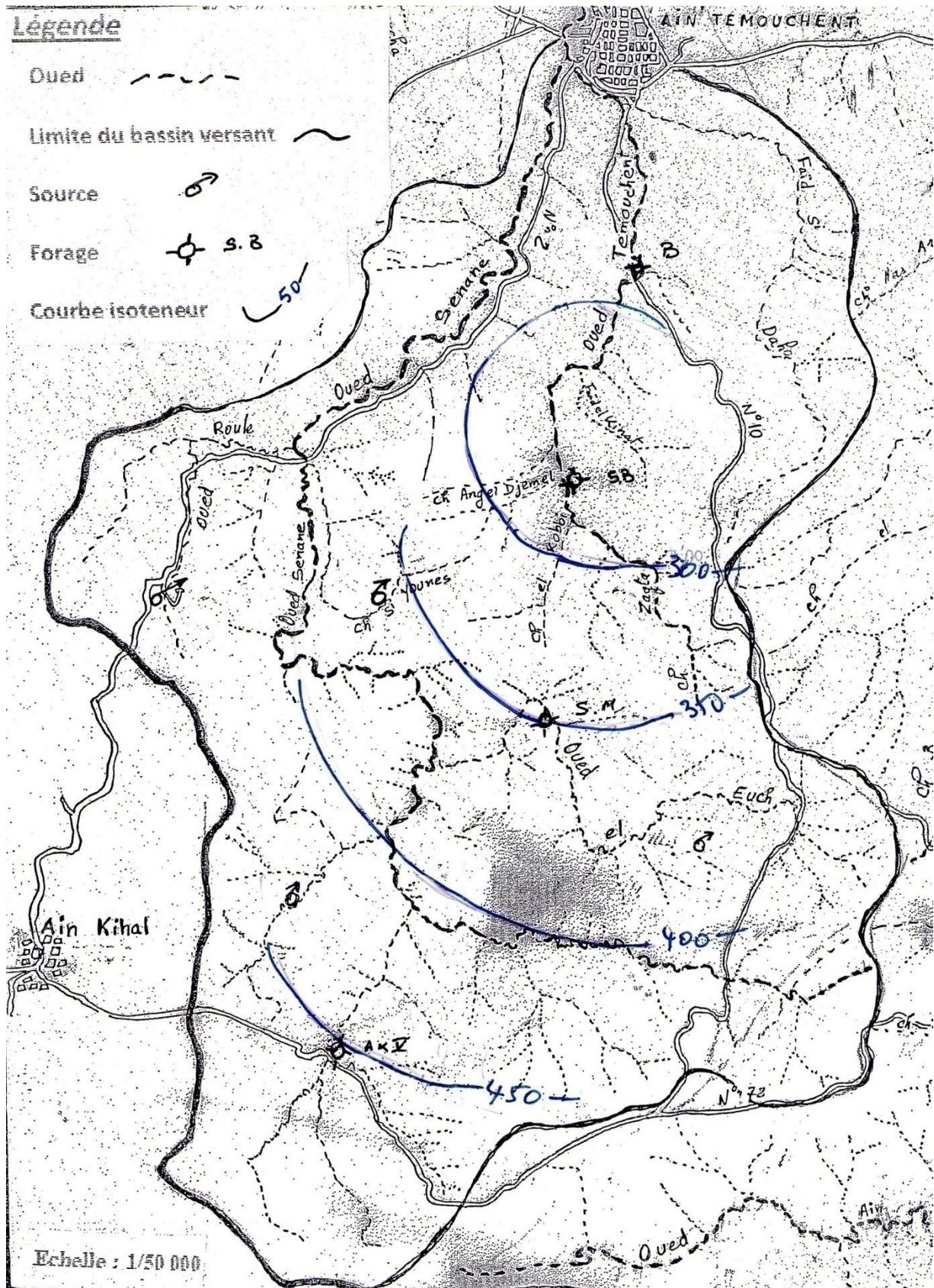
Les concentrations en " $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ " oscillent entre 166 et 1276 mg/L avec une teneur moyenne de 474,75 mg/L, les plus fortes teneurs apparaissent vers le Centre-Est de la nappe.

◆ **Carte d'iso-teneurs en Nitrates** (Figure 44)

La carte des nitrates présente une évolution progressive du Sud vers le Nord avec une teneur forte et admissible de 45 mg/l vers l'aval du secteur d'étude.

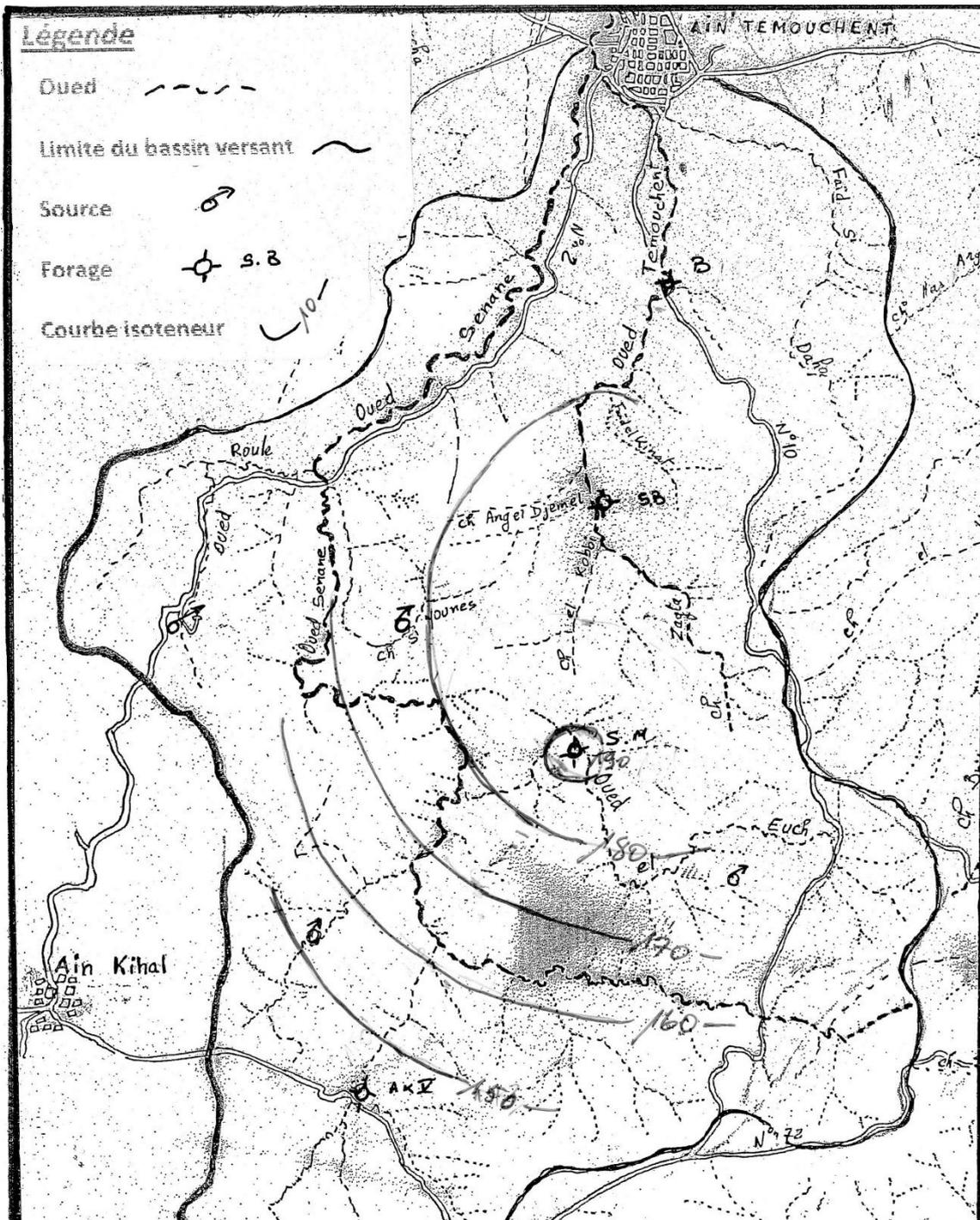
◆ **Carte d'iso-valeurs du résidu sec** (Figure 45)

Les valeurs du résidu sec varient entre 800 et 1440 mg/l avec des teneurs inférieures à 1 g/l dans la partie aval du champ captant.



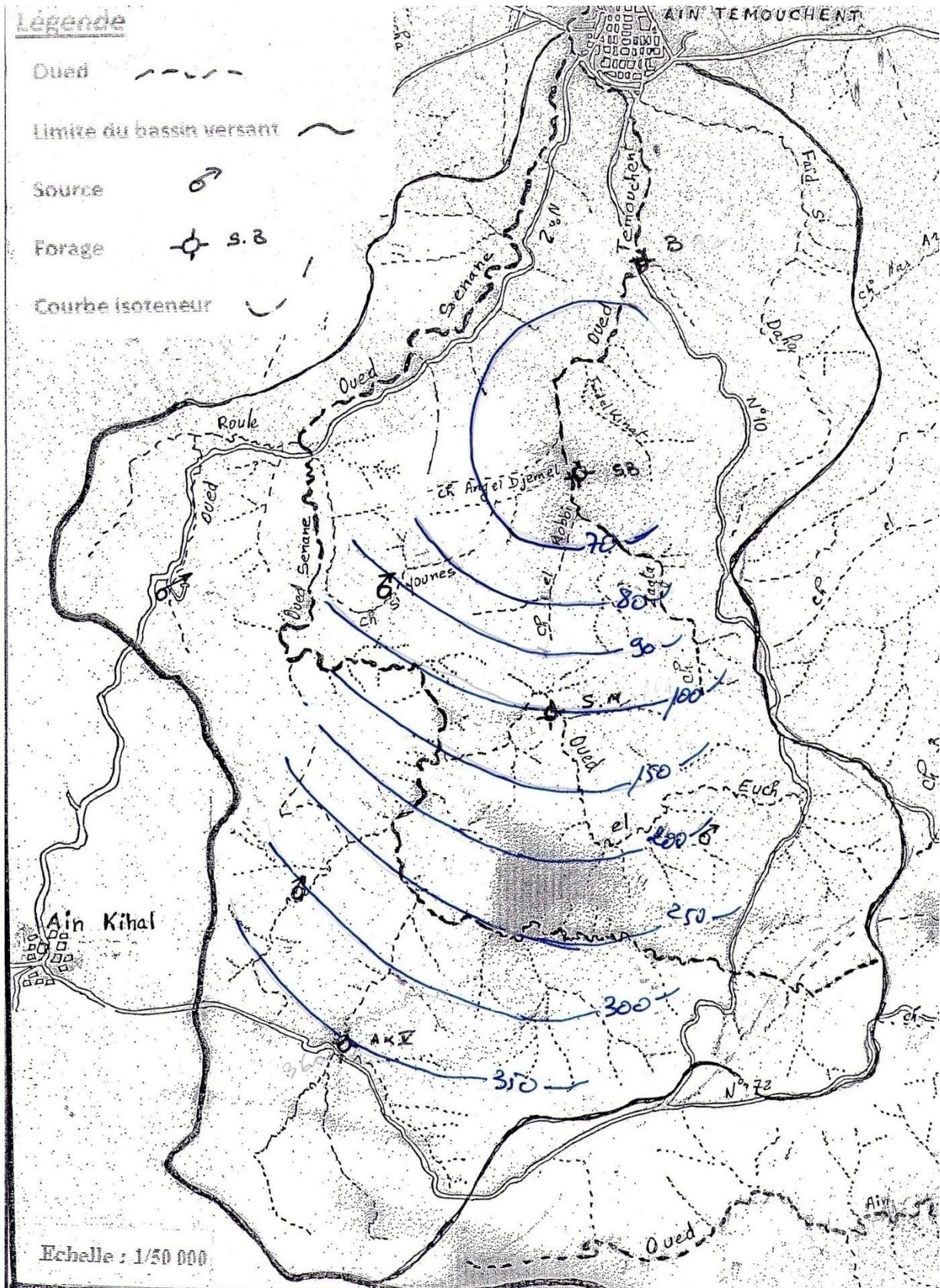
Tayeb et Kadri

Figure 38 : Carte d'iso-teneur de bicarbonates (équidistance 50mg/l)



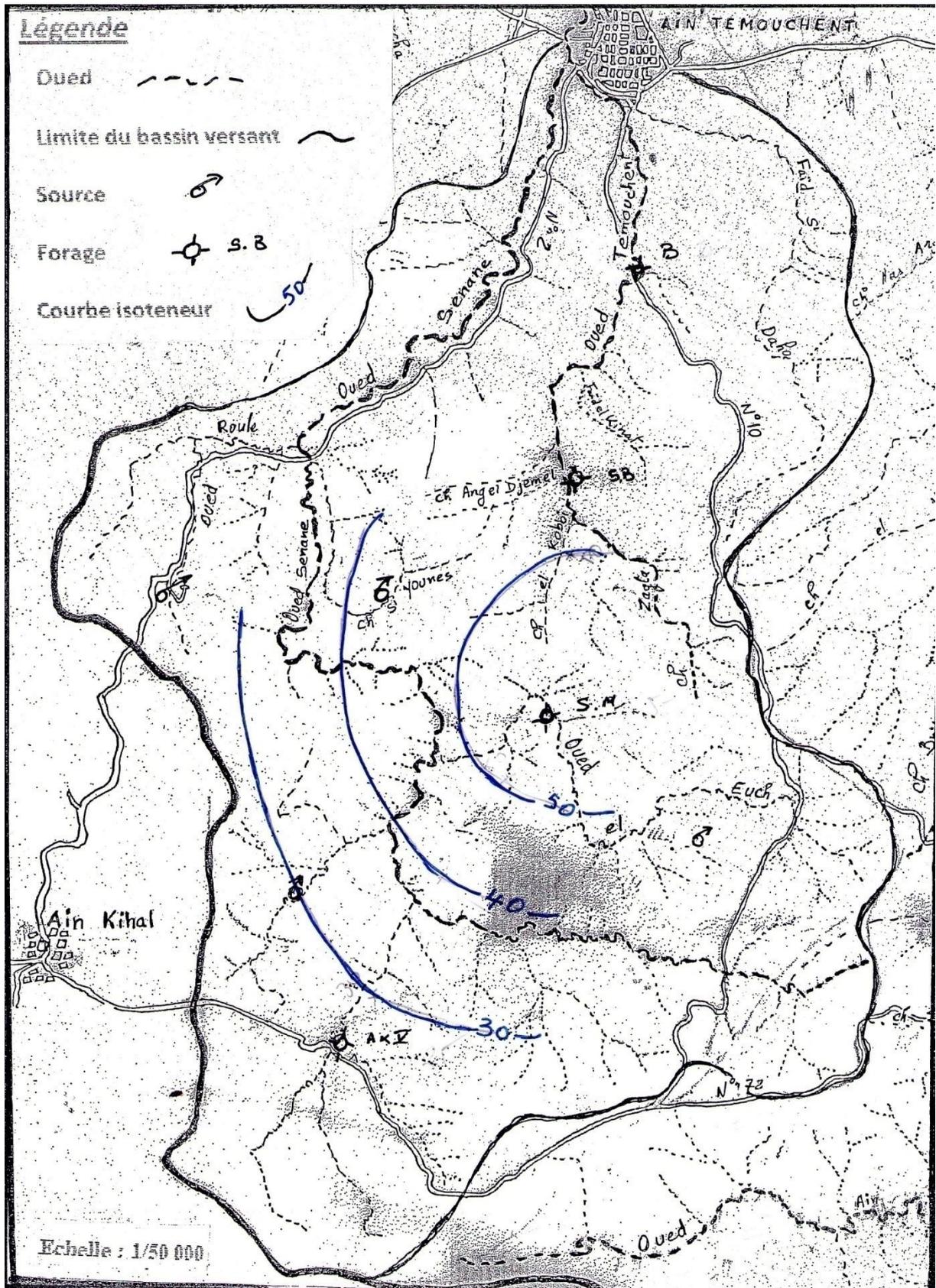
Tayeb et Kadri

Figure 39 : Carte d'iso-teneur de chlorure (équidistance 10mg/l)



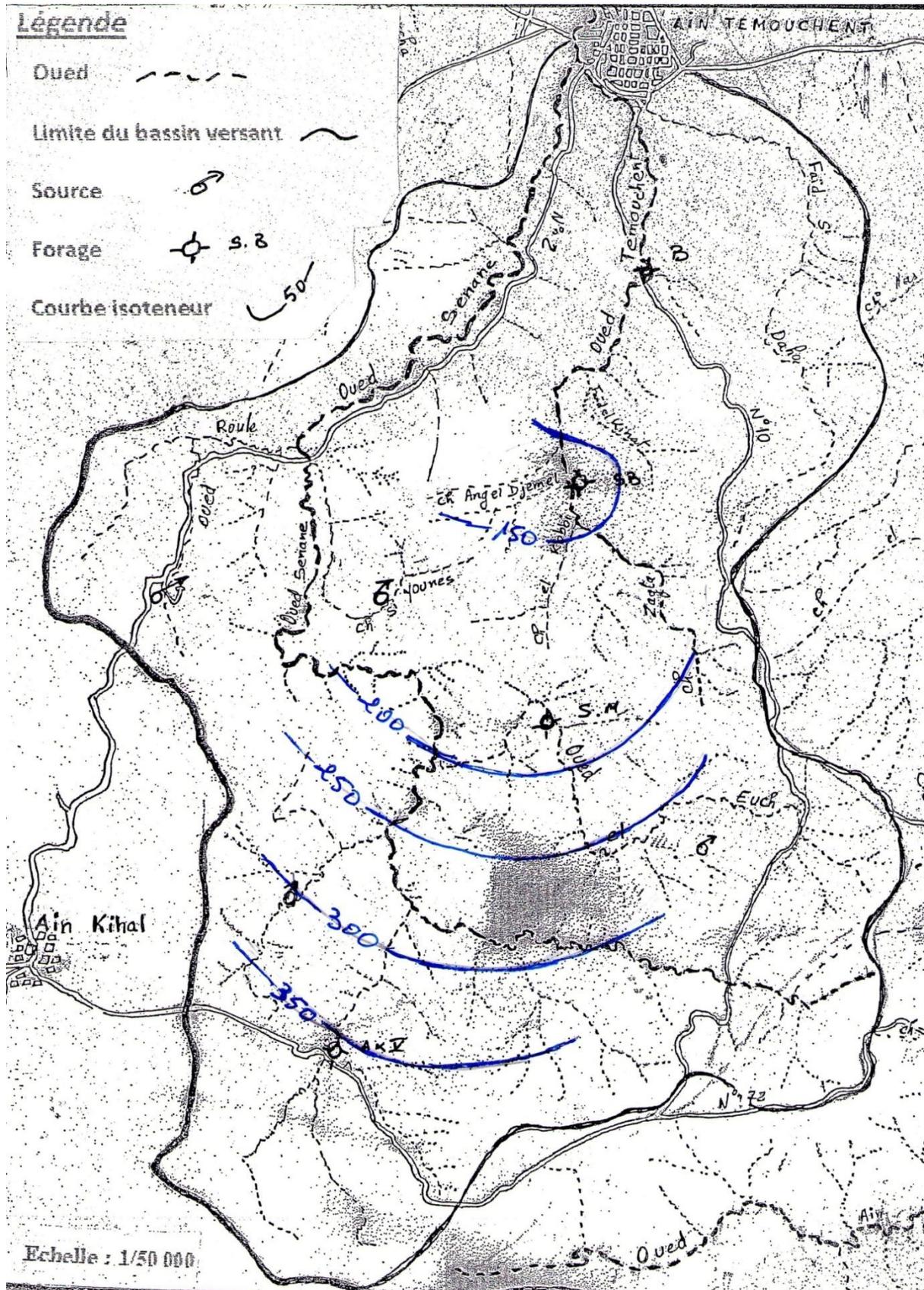
Tayeb et Kadri

Figure 40 : Carte d'iso-teneur de sulfate (équidistance 10mg/l)



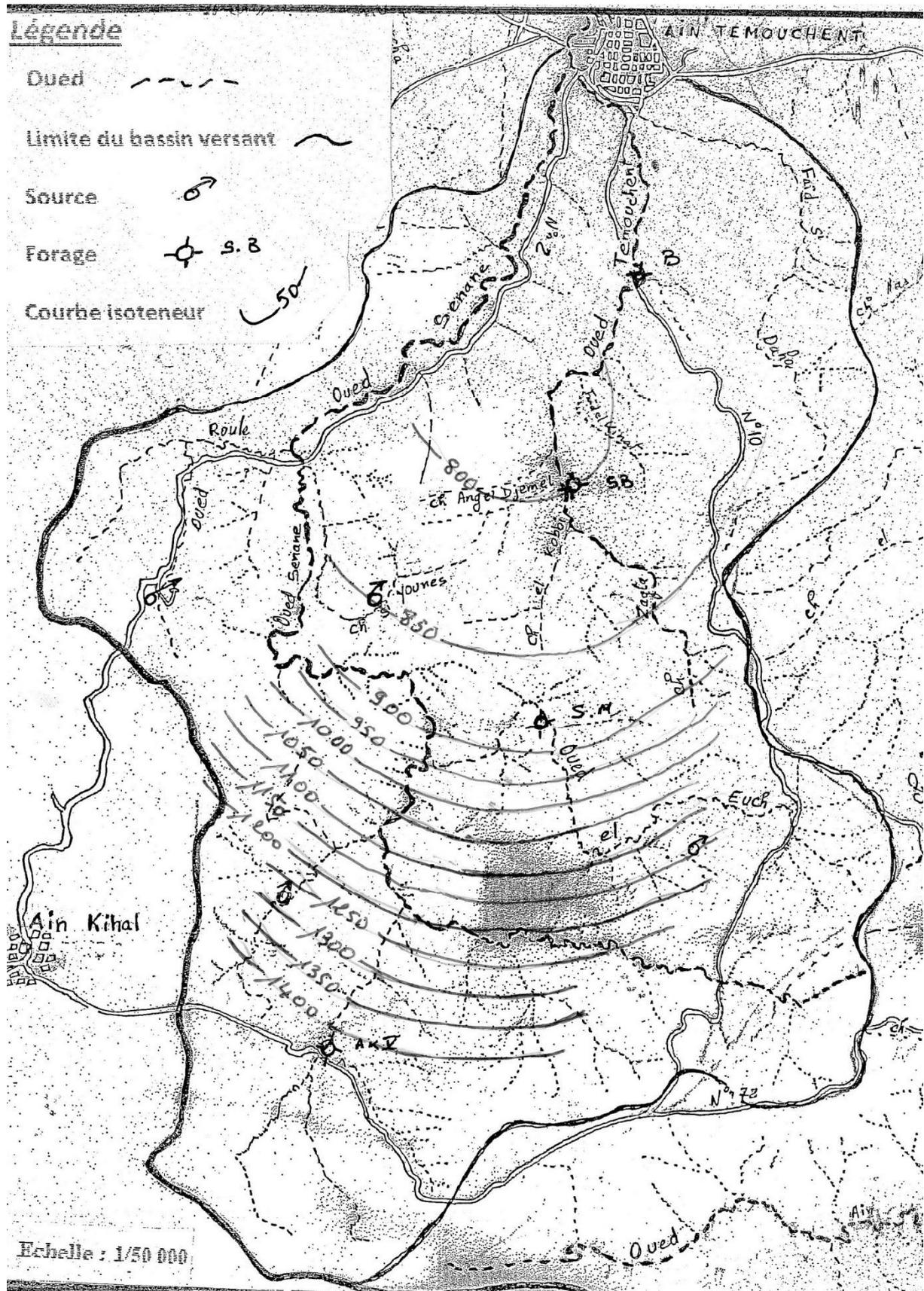
Tayeb et Kadri

Figure 42 : Carte d'iso-teneur du magnésium (équidistance 10mg/l)



Tayeb et Kadri

Figure 43 : Carte d'iso-teneur de sodium et potassium (équidistance 50mg/l)



Tayeb et Kadri

Figure 45 : Carte d'iso-teneur du résidu sec (équidistance 50mg/l)

➤ **Protection et préservation des ressources en eau souterraine du champ captant :**

Institué par la loi de l'eau (Code des eaux) N°05-12 du 04.08.2005, notamment le chapitre 1 et le chapitre 2 de son article N° 30 :

« La protection et la préservation des ressources en eau sont assurées par des périmètres de protection quantitative, des plans de lutte contre l'érosion hydrique ; des périmètres de protection qualitative, des mesures de prévention et de protection contre les pollutions; des mesures de prévention des risques d'inondations ».

Il fixe les orientations fondamentales de la gestion de la ressource en eau et élabore le plan de gestion des ressources en eau mobilisées et leurs affectations.

L'étude climatologique, hydrogéologique et hydrochimique des eaux souterraines du champ captant (captage, impluvium, milieu aquifère) a pour but de gérer non seulement de façon efficace les ressources en eau souterraines ; mais aussi de conserver la qualité de l'eau, considérée comme le fluide vital de l'environnement.

➤ **Corrélation entre la batterie des forages du champ captant :**

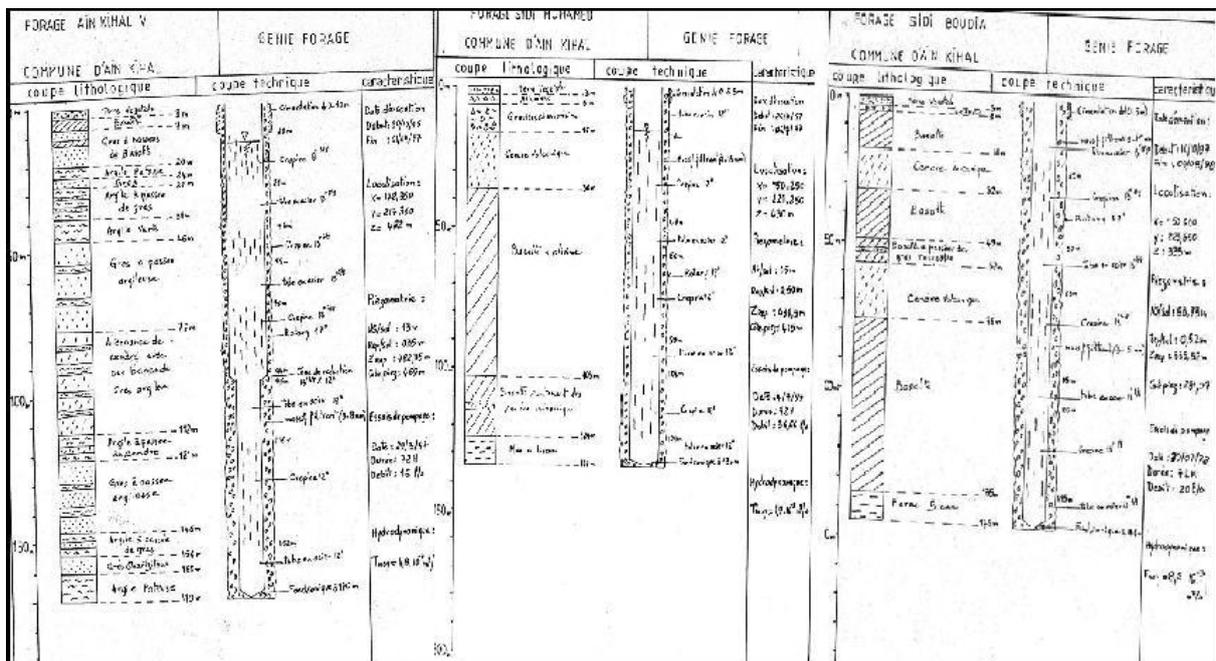
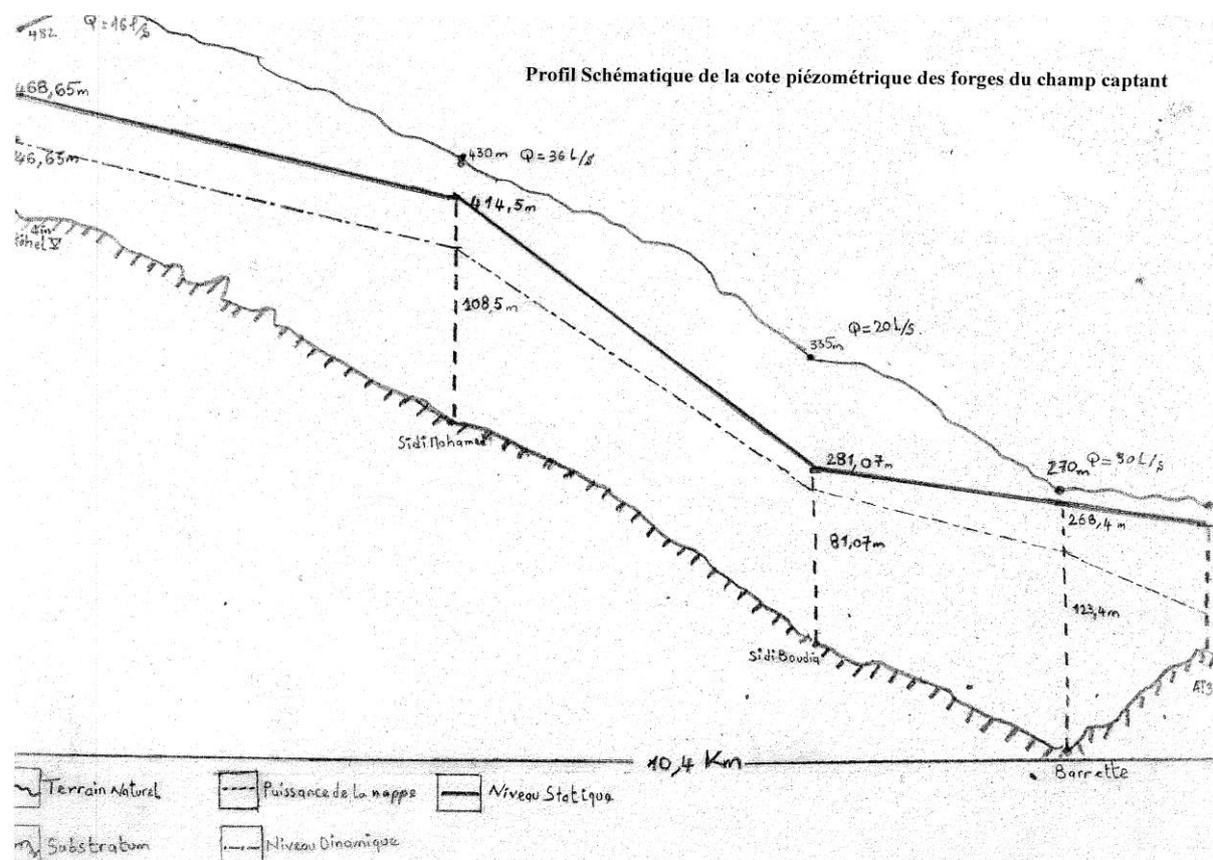


Figure 46 : La corrélation entre les forages de Sidi Mohamed et Sidi Boudia et Ain Kihal V (log et équipements) DRE

La matérialisation de la bathymétrie des eaux souterraine du champ captant consignée au tableau 31, a fait ressortir une puissance de l'aquifère variant entre 69 m et 146 m distante de 10400 m.

Nom du forage	Coordonnée Lambert		Cote naturelle du forage Z (m)	Profondeur Du forage (m)	Cote du toit de l'aquifère (m)	Cote du mur de l'aquifère (m)	Epaisseur du réservoir (m)
	X	Y					
Ain Kihal V	148.350	217.750	482	170	468	322	146
Sidi Mohamed	150.250	221.250	430	134	414	306	108
Sidi Boudia	150.600	223.850	335	145	282	200	82
Barrette	151.300	226.050	270	135	268	145	123
A T III	151.300	227.500	265	78	265	196	69

Tableau 31: Cotation de la ligne piézométrique et du substratum



Tayeb et Kadri

Figure 47 : Profile schématique de la cote piézométrique des forages du champ captant

- **Profile schématique de la cote piézométrique des forages du champ captant**
(Figure 47)

La coupe réalisée à partir de la corrélation entre les forages Figure 46, a permis le dressage d'une carte schématique de la ligne piézométrique. Figure 47.

Le fort gradient hydraulique qui en résulte de ce schéma montre que le drainage des eaux souterraines a un sens sud – nord avec une vitesse de circulation forte que la moyenne.

VI.4. Conclusion :

Nous avons à protéger cette ressource en eau suivant les lois du code national des eaux, par un programme de surveillance continu des forages par le biais des piézomètres implantés par l'ANRH d'Oran, et la surveillance de la qualité de l'eau par les analyses chimique et bactériologique des eaux souterraines périodiquement (semestrielle) afin de mieux contrôler la qualité des eaux et d'en prendre les mesures techniques et réglementaires

conclusion générale

Conclusion générale :

L'eau est présentée comme une ressource de vie, une richesse sociale indispensable au progrès de l'homme, elle n'est pas renouvelable et un véhicule de divers agents pathogènes responsables de nombreuses maladies.

La baisse de précipitation en volume que connaît notre pays ces dernières années est accentuée par :

- l'infiltration des eaux dans le sol
- évaporation élevée
- un important ruissellement vers la mer
- les faibles capacités de retenues (envasement précoce et rapide)

Parallèlement, la qualité des eaux retenues est plus que préoccupante, la pollution hydrique a presque partout atteint le seuil d'alerte. Aux eaux de ruissellement, s'ajoutent les eaux usées et les effluents industriels rejetés directement dans les milieux naturels, en l'absence de tout équipement antipollution.

L'eau est intrant économique, au même titre que les infrastructures, l'énergie ou le savoir humain. L'analyse globale des modes de gestion des ressources hydriques dans notre pays, permet de souligner que la gravité du problème de l'eau, devra inciter l'ensemble des organismes chargés directement ou indirectement de la gestion de l'eau à considérer maintenant cette richesse naturelle, comme une ressource épuisable, au même titre que les différents minerais et doit donc être gérée et utilisée rationnellement.

Pour cela l'eau a besoin d'être connue et protégée par la multiplication et la décentralisation des organismes et des institutions de recherche, préservation, gestion et contrôle, exploitation des ressources en eau, sont vivement recommandées.

Les mesures réglementaires de l'eau doivent être accompagnées auprès des usagers par une éducation adéquate.

Référence Bibliographique :

Agence de l'eau Rhône méditerranée et corse, 2013. Identification des ressources karstiques majeures pour l'alimentation en eau potable en vue de leur protection sur une partie du massif du jura.

Agence national des ressources hydrique (A.N.R.H) d'Oran. Relevé hydrométrique de l'Oued Malah

Allier D. et al, 2008. Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique. Rapport final BRGM/RP-56283-FR.

Andrée L. et Jean-Claude R, 1999. Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Édit. BRGM.

Benhadda. N, 2014. Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'Oued El Malah. Université de Tlemcen.

Benhallou .H, (1985). Les catastrophes sismiques de la région de 'Chélif dans le contexte de la séismicité historique de l'Algérie, PhD .Thèses, USTHB, Alger, 294 pp.

Bensaoula. F, 2006. Karstification et vulnérabilité des eaux karstiques. Mise en point d'outils pour leur protection. Thèse de doct. D'état. Univ. De Tlemcen.

BRGM, 2002. Protection et optimisation de la ressource en eau souterraine.

Bussard. T, 2005. Méthodologie de dimensionnement des zones de protection descaptages d'eaux souterraines contre les polluants chimiques persistants, thèse de l'Ecole Polytechnique.

Castany,G et J.Margat,1977. Dictionnaire français d'hydrogéologie.

CHAREB-YSSAAD, I .Gestion intégrée et économie de l'eau .Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

CHEBBAH. M (ANRH). Hydrogéologie le forage d'eau .

Code des eaux. Loi 05-12 du 04/08/2005.

E.E.C-Edil, 1996. (ingénieur de l'environnement). Bulletin international de l'eau et de l'environnementl. Ministère de l'hydraulique.

ELMI. S, 1971. Grand traits de la structure de l'Afrique du N.W.

Entreprise génie forage de Miliana (Wilaya d'Ain Defla) ,1998. Rapport de fin des travaux de forages de Barette, Sidi Boudia, Sidi Mohamed et d'Ain kihal V.

FENETB, (1975) : a établi des recherches sur l'application de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse nord maghrébin, les massifs du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais.

GUARDIA. P, (1975). Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Relations structures et paléogéographiques entre le Rif externe, le Tell et l'avant-pays atlasique. Thèse Doci. D 'Eta!, Univ. Nice, n° AO 11417, 289 p., 141 fig., 5 pl., 1 carte. HUNT, G. & SALISBURY,

H.P.O d'Oran. Contexte morpho-tectonique (D'après la synthèse documentaire et l'interprétation du MNT)

Institut technologique d'Agriculture (I.T.M.A) d'Ain Témouchent. Relevé de précipitation et de température.

Lepriol. J, 1975. Etude hydrogéologique de la Daira d'Ain Témouchent .

Lepriol. J, 1975. Carte géologique du bassin versant de l'oued EL Maleh .

Louis Merlin. T, 2008. Intercommunalité et gestion participative de l'approvisionnement en eau potable dans le département du Mbam- et- Inoubou (région du centre Cameroun).

Université de Yaoundé I Cameroun - Diplôme d'études approfondies en géographie .

Marchal. J.P, 2007. Eaux destinées à la consommation humaine. Guide pour la protection des captages publics. Départements du Gard et de l'Hérault. Rapport final BRGM/RP-55699-FR.

Megartsi, 1985. Contexte géologique et structurale du massif volcanique d'Ain Témouchent

Nassah H. et Omdi F, 2011. Les périmètres de protection des champs de captage des eaux souterraines. Cas du champ captant du N'Fis (Maroc). Mém. Fin d'étude Univ. Marrakech.

OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage), 2004. Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines.

Office federal de l'environnement, des forets et du paysage ofefp (projet) : Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roche meuble, L'environnement pratiqueGuide pratique.

Office federal de l'environnement, des forets et du paysage ofefp et office federal des eaux et de la geologie ofeg (2004) : Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré. L'environnement pratiqueGuide pratique.

Renald. M, 2003. le puit, Develeppement durable Envirennement et Parc Québec ouvrages d'un captage insividuels

Riccardo. B, Daniel. H, Claude. M et Benjamin. M, 2004. Instructions pratiques pour laprotection des eaux souterraines L'environnement pratique fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP. Berne

Rodier. J , 2009. Analyse de l'eau 9 eme edition-Dunod Paris

SADRAN, 1958. Carte répartition des formations volcaniques du massif d'Ain Témouchent .

Sadran, 1958. Répartition des formations volcanique du massif d'Ain Témouchent

Sallat. A, 2001. (Ingénieur de la DREW d'AinTémouchent) Carte schématique de la ligne piézométrique des forages du, champ captant .

Servant. J, 1975. classification des eaux d'irrigation, U.S salinity Laboratory).

SFERDJLI.F, 2015. les périmètres de protection des ouvrages de captage des eaux souterraine bibliographie et eude de cas, Fin d'étude Univ. Tmemcen.

Strojexport, 1975. Etude géophysique de la Daira d'Ain Témouchent

Thomas. G, 1985. Les dépôts messéniens sont plus importants dans la partie est qu'a l'ouest. La direction du raccourcissement serait voisine de N150° E

Vernoux. J.F, Wulleumier. A, Seguin J.J, et Doerfliger. N, 2007. Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Seine -Normandie

Winschen. M, 2011. Périmètres de Protection des Captages d'eau destinée à la consommation humaine Etude préalable à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé N° BSS : 01947X0041. Rapport de stage. Univ. Henri Poincaré.

Annexes

Tableau des précipitations(wilaya ain-Témouchent)

Mois Indicateurs	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Total
Moyenne Seltzer	0	50	89	77	63	64	54	55	43	495
Moyenne décennale	17	18	70	39	63	37	29	29	18	320
Campagne 2000/2001	27	132	63	39	123	125	06	03	18	536
Campagne 2001/2002	21	19	160	42	2	7	24	72	32	379
Campagne 2002/2003	2	130	139	10	97	105	34	24	16	557
Campagne 2003/2004	1	35	41	96	41	19	25	25	70	353
Campagne 2004/2005	-	50	60	78	24	30	39	23	1	305
Campagne 2005/2006	8	27	76	39	54	96	18	22	14	354
Campagne 2006/2007	17	04	08	66	19	37	112	49	02	314
Campagne 2007/2008	21	123	51	12	27	29	26	06	12	307
Campagne 2008/2009	25	92	76	135	96	24	16	40	18	522
Campagne 2009/2010	67	02	14	60	120	57	66	18	10	414
Campagne 2010/2011	09	60	37	19	68	37	20	62	40	352
Campagne 2011/2012	2	50	154	33	39	25	28	44	06	381
Campagne 2012/2013	11	47.5	167	39.5	111	51	58	89	37	611
Campagne 2013/2014	62.5	17	106.5	108	98	29	34.5	03	16.5	475
Campagne 2014/2015	40	18	90	99.5	109.5	52.5	30	07	-	446.5

Débits moyens annuels et mensuels de l'Oued El Malah à la station Turgo (1975-2006).

Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
1975-1976	0,34	0,37	0,57	0,67	0,59	1,44	0,60	0,54	0,65	0,35	0,30	0,28	0,56
1976-1977	0,26	0,37	0,37	0,46	0,74	0,49	0,37	0,31	0,28	0,26	0,25	0,25	0,37
1977-1978	0,23	0,27	0,34	0,29	0,42	0,46	0,40	0,39	0,29	0,26	0,25	0,24	0,32
1978-1979	0,25	0,56	0,39	0,64	0,45	0,89	1,09	0,31	0,22	0,21	0,20	0,18	0,45
1979-1980	0,22	0,26	0,28	1,03	0,70	0,51	3,47	0,32	0,27	0,26	0,18	0,20	0,64
1980-1981	0,23	0,26	0,22	2,77	0,80	0,92	0,54	0,50	0,37	0,21	0,18	0,17	0,60
1981-1982	0,17	0,17	0,17	0,28	0,38	0,92	0,26	0,21	0,20	0,13	0,11	0,11	0,26
1982-1983	0,14	0,32	1,87	0,85	0,35	0,49	0,28	0,21	0,17	0,15	0,14	0,13	0,43
1983-1984	0,13	0,14	0,15	0,34	0,31	0,40	0,29	0,16	0,18	0,15	0,12	0,12	0,21
1984-1985	0,12	0,15	0,27	0,29	0,34	0,30	0,30	0,29	0,28	0,18	0,19	0,20	0,24
1985-1986	0,19	0,17	1,46	0,30	0,85	3,45	0,70	0,40	0,27	0,22	0,20	0,21	0,70
1986-1987	0,27	0,30	0,31	0,35	0,47	1,09	0,34	0,23	0,22	0,20	0,21	0,21	0,35
1987-1988	0,22	0,26	0,35	0,30	3,27	0,33	0,33	0,25	0,22	0,20	0,20	0,19	0,51
1988-1989	0,27	0,19	0,27	0,25	0,27	0,29	1,96	0,36	0,23	0,31	0,24	0,20	0,40
1989-1990	0,23	0,21	0,28	0,35	9,82	0,42	0,43	0,86	0,72	0,37	0,51	0,42	1,22
1990-1991	0,33	0,45	0,59	0,78	0,71	0,70	1,67	0,50	0,56	0,51	0,37	0,41	0,63
1991-1992	0,40	0,46	0,59	0,40	0,43	0,46	0,68	0,39	3,19	1,25	0,64	0,89	0,82
1992-1993	0,88	1,17	1,62	1,55	1,69	1,91	2,34	1,87	1,68	1,17	1,13	1,03	1,50
1993-1994	1,03	1,60	1,71	1,52	2,37	2,21	1,62	1,42	1,12	0,89	0,63	0,61	1,40
1994-1995	0,15	0,49	0,64	0,40	0,42	0,29	5,51	1,54	0,87	0,11	0,08	0,14	0,89
1995-1996	0,29	0,96	1,14	1,82	2,04	3,62	1,65	0,18	0,14	0,10	0,11	0,09	1,01
1996-1997	0,30	0,12	0,13	0,30	0,76	0,17	0,12	0,14	0,09	0,06	0,06	0,06	0,19
1997-1998	0,29	0,08	0,99	0,28	0,17	0,16	0,15	0,14	0,15	0,05	0,05	0,05	0,21
1998-1999	0,05	0,06	0,09	0,10	2,63	0,23	2,31	0,12	0,09	0,07	0,06	0,08	0,49
1999-2000	0,08	0,17	0,89	0,90	0,24	0,22	0,18	0,23	0,31	0,10	0,09	0,09	0,29
2000-2001	0,09	3,76	0,91	0,30	1,20	0,66	0,30	0,16	0,15	0,13	0,11	0,09	0,65
2001-2002	0,12	0,26	5,03	0,22	0,21	0,23	0,30	0,69	0,39	0,14	0,09	0,12	0,65
2002-2003	0,09	0,15	0,66	0,10	0,70	0,96	0,35	0,28	0,26	0,19	0,25	0,29	0,36
2003-2004	0,33	0,16	0,19	0,28	0,29	0,17	0,17	0,17	0,18	0,16	0,13	0,14	0,20
2004-2005	0,13	0,15	0,22	0,20	0,16	0,18	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,15
2005-2006	0,12	0,12	0,58	0,21	0,22	0,30	0,19	0,18	0,17	0,18	0,16	0,13	0,21
Moyenne	0,26	0,46	0,75	0,60	1,10	0,80	0,94	0,44	0,45	0,28	0,24	0,24	0,55

Projet : D.H.W DAIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Mézomètre :

Descente 2^{ème} Palier

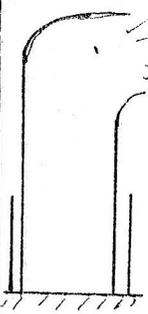
Code :

Pompe : Immergée 7'

Moteur : ATLANTA

Liquide d'essai

N/S Sol : 539_m NS/RR: 54,42_m Capacité bac: 220l Durée Essai : 8H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.	
28 /07/98	9H00	00	54,42	0		15		
		5"	54,75	0,33				
		10"	55,20	0,78				
		30"	55,60	1,18				
		40"	55,50	1,08				
		50"	"	"				
		1'	"	"				
		2'	"	"				
		10'	"	1,08				
		20'	55,5	1,08				
		30'	55,53	1,11				
		40'	"	"				
		50'	"	"				
		10H00	60'	55,53	1,11			
		10H30	90'	55,56	1,14			
		11H00	120'	55,56	1,14			
		12H00	180'	"	"			
13H00	240'	"	"					
14H00	300'	"	"					
15H00	360'	"	"					
16H00	420'	"	"					
17H00	480'	"	1,14					

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : B. SLIMANE

Projet : D.H.W D'AIN TEMOUCHENT

Nuits : SIDI BOUDIA

Piezomètre :

Descente 1^{er} Palier

Code :

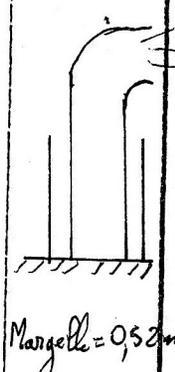
Pompe : immergée

Moteur : ATLANTA

~~Largeur du puits~~

N/S Sol : 53,6m NS/RR: 54,12 m Capacité bac: 220l Durée Essai : 8H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.
27/07/98	13 H 00	0 0	54,12	0 0			
		10"	55,25	1,13		NA l/s	
		30"	55,52	1,14			
		60"	55,57	1,15			
		2'	55,57	1,15			
		10'	55,55	1,13			
		15'	55,55	1,13			
		20'	55,55	1,13			
		30'	"	"			
		40'	"	"			
		50'	"	"			
		14 H 00	60'	"	"		
		14 H 30	90'	"	"		NA l/s
		15 H 00	120'	"	"		
		15 H 30	150'	"	"		
		16 H 00	180'	"	"		
		17 H 00	240'	"	"		
	18 H 00	300'	"	"			
	19 H 00	360'	"	1,13			
	20 H 00	420'	"	1,13			
	21 H 00	480'	55,55	1,13		NA l/s	
Fin de la 1 ^{er} Descent							



ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : BENHAMOU S

Projet : D.H.W D'AIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Piezomètre :

Remontée 1^{er} Palier

~~Simple~~ Mirée

Code :

Pompe :

Moteur :

N/S Sol : 53,9_m NS/RR : 54,42_m Capacité bac :

Durée Essai : 8H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.
27/07/98	21H00	00	55,55	0,43			
		1'	55,27	0,85			
		5'	54,75	0,33			
		10'	54,42	00			
		20'	54,42	00			
		22H00	60'	54,42	00		
28/07/98	00H00	180'	54,42	00			
		02H00	300'	"	"		
		04H00	420'	"	"		
		06H00	540'	"	"		
		07H00	600'	"	"		
		08H00	660'	"	"		



Margelle = 0,52m

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : SLIMANE B

Projet : D.H.W DAIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Piezomètre :

Remontée 3^{ème} Palier

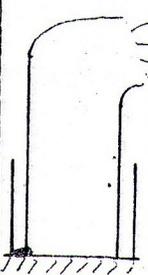
Code :

Pompe : Immerjeu 72

Moteur : ATLANTA

~~Remontée 3^{ème} Palier~~

N/S Sol : 53,93, NS/RR: 54,45 m Capacité bac: 220l Durée Essai : 8h

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.	
29/07/98	18H40	00	56,71	2,26				
		1'	56,5	2,05				
		2'	56,42	1,97				
		3'	54,62	0,17				
		4'	54,45	00				
		5'	54,45	00				
		7'	"	"				
		10'	"	"				
		19H00	50'	"	"			
		20H00	110'	"	"			
30/07/98	6H00	710'	"	"			Margelle: 0,52m	
		8H00	830'	"	"			
		10H00	950'	54,45	00			
<p>La remontée est effectuée au bout de 4 m.</p>								

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : B . SLIMANE

Projet : D.H.W D'AIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Mézomètre :

Descente

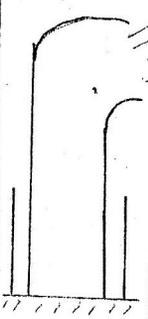
Longue durée

Code :

Pompe : Immergée 7"

Moteur : ATLANTA

N/S Sol : 53,93 NS/RR: 54,45m Capacité bac: 220l Durée Essai : 72 H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.
30/07/98	10 H 00	00	54,45	00		20 l/s	
		4'	56,54	2,09			
		6'	56,6	2,15			
		9'	"	2,15			
		15'	56,71	2,26			
		20'	56,71	2,26			
		30'	"	"			
		40'	"	"			
		50'	"	"			
		11 H 00	60'	"	"		
		11 H 30	90'	"	"		
		12 H 00	120'	"	"		
		12 H 30	150'	"	"		
		13 H 00	180'	"	"		
		13 H 30	210'	"	"		
		14 H 00	240'	"	"		
		14 H 30	270'	"	"		
		15 H 00	300'	"	"		
		15 H 30	330'	56,71	2,26		
		16 H 00	360'	56,75	2,3		
		17 H 00	420'	"	"		
		18 H 00	480'	"	"		
		19 H 00	540'	"	"		
20 H 00	600'	"	"				
21 H 00	660'	"	"				
22 H 00	720'	"	"				
23 H 00	780'	"	"				
31/07/98	00 H 00	840'	56,75	2,3		20 l/s	
		900'	56,78	2,33			
		960'	"	"			
		1020'	"	"			

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : B. SLIMANE

Projet : D.H.W D'AIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Piezomètre :

Descente

Longue durée

Code :

Pompe : Immergéé

Moteur : ATLANTA

N/S Sol : 53,93m NS/RR: 54,45m Capacité bac: 220l Durée Essai : 72 H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.
31/07/98	04H00	1080'	56,78	2,33		20 l/s	
	05H00	1140'	"	"			
	06H00	1200'	"	"			
	07H00	1260'	"	"			
	08H00	1320'	"	"			
	09H00	1380'	"	"			
	10H00	1440'	56,78	2,33			
	11H00	1500'	56,36	1,91			
	12H00	1560'	56,36	1,91			
	13H00	1620'	"	"			
	14H00	1680'	"	"			
	15H00	1740'	"	"			
	16H00	1800'	"	"			
	17H00	1860'	"	"			
	18H00	1920'	"	"			
	19H00	1980'	"	"			
	20H00	2040'	"	"			
	21H00	2100'	"	"			
	22H00	2160'	"	"			
	23H00	2220'	"	"			
01/08/98	00H00	2280'	"	"		20 l/s	A 11H00 du 31/7/98 il y a eu un auto développement visible avec rennes délément fins et la descente du niveau du gravier de 0,70m.
	01H00	2340'	"	"			
	02H00	2400'	"	"			
	03H00	2460'	"	"			
	04H00	2520'	"	"			
	05H00	2580'	"	"			
	06H00	2640'	"	"			
	07H00	2700'	"	"			
08H00	2760'	"	"				

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : B . SLIMANE

Projet : D.H.W DAIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Piezomètre :

Descente

Longue durée

Code :

Pompe : Immergée 7"

Moteur : ATLANTA

N/S Sol : 53,93 m NS/RR : 54,45 m Capacité bac : 220 l Durée Essai : 72 H

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.
01/08/98	09H00	2820'	56,36	1,91			
	10H00	2880'	56,36	1,91		20 l/s	
	11H00	2940'	"	"			
	12H00	3000'	"	"			
	13H00	3060'	"	"			
	14H00	3120'	"	"			
	15H00	3180'	"	"			
	16H00	3240'	"	"			
	17H00	3300'	"	"			
	18H00	3360'	"	"			
	19H00	3420'	"	"		20 l/s	
	20H00	3480'	"	"			
	21H00	3540'	"	"			
	22H00	3600'	"	"			
23H00	3660'	"	"				
02/08/98	00H00	3720'	"	"			
	01H00	3780'	"	"			
	02H00	3840'	"	"			
	03H00	3900'	"	"			
	04H00	3960'	"	"			
	05H00	4020'	"	"			
	06H00	4080'	"	"			
	07H00	4140'	"	"			
	08H00	4200'	"	"			
	09H00	4260'	"	"			
10H00	4320'	"	"				
		Fin des essais longue durée					

Projet : D.H.W DAIN TEMOUCHENT

Puits : SIDI BOUDIA

Piezomètre : -

Remontée

Longue durée

Code : -

Pompe : -

Moteur : -

N/S Sol : 53,93m NS/RR : 54,45m Capacité bac : - Durée Essai : 724

Date	Heure	T	ND(m)	R(m)	TR	Q (l/s)	Obs.				
02/08/98	10H00	00	55,36	1,91			 <p>Margelle : 0,052</p>				
		1'	55,22	0,77							
		2'	54,72	0,27							
		3'	54,58	0,13							
		4'	54,55	0,10							
		5'	"	"							
		6'	"	"							
		10'	"	"							
		20'	54,5	0,05							
		30'	54,5	0,05							
		60'	"	"							
		120'	"	"							
		180'	"	"							
		300'	"	"							
		420'	"	"							
03/08/98	11H00	540'	"	"							
		12H00	660'	"	"						
			13H00	840'	"	"					
				15H00	1200'	"	"				
					17H00	1260'	"	"			
19H00	1320'					54,5	0,05				
	21H00	00H00									
		03/08/98	06H00			00H00					
				07H00		00H00					
					08H00	00H00					
04/8/98						00H00	00H00				
	Rabatement de 5 cm										

ENTREPRISE GENIE FORAGE

OPERATEUR : B SLIMANE

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
DIRECTION REGIONALE OUEST
SERVICE LABORATOIRE

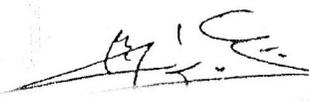
DEMANDEUR:	SEIRES BOUABDELLI		
NOM du LIEU:	FORAGE BARRETTE AIN TEMOUCHENT		
NATURE DU POINT D'EAU:	FORAGE	T en °C:	
Date /Heure de prélèvement:	27/12/1999	COTE OU PROFONDEUR:	
X:		Y:	
ODEUR:	SANS	COULEUR:	INCOLORE
CODE:	46000	N°LABO:	28444
OBSERVATION:			

	Mg/l	Meq/l	Mg/l	Mg/l
Ca:	32	1.6	NO2:	0.02
Mg:	47	3.89	NH4:	0.05
Na:	173	7.5	Phosphates:	0.15
K:	18	0.45	MO acide:	1
Sdes cations		13.44	MO basique:	0
CL:	193	5.43	MES 110°C	12
SO4:	72	1.5	MES 600°C	
CO3:	0	0	SiO2:	23
CO3H:	304	4.98	TURBIDITE en NTU:	7.9
NO3:	33	0.53	C.25 en µS:	1070
Sdes anions		12.44	MINERALISATION:	653
S des ions:		872	RS à 110°C:	840
PH:		8.3		
				CO2 Libre:
				AZOTE:
				PHOSPHORE:
				DCO:
				DBO5:
				O2 dissous:
				O2 dissous en %:
				TEST Marbre:
				MATIERES DECANTABLES:
				TH en °F:
				TAC en °F:
				TA en °F:

INTERPRETATION DES RESULTATS

Le Chef de Laboratoire:

ORAN le 25 JAN 2000



**AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
DIRECTION REGIONALE OUEST
SERVICE LABORATOIRE**

DEMANDEUR:	Dhw TEMOUCHENT		
NOM du LIEU:	F. SIDI BOUDIA W. AIN TEMOUCHENT		
NATURE DU POINT D'EAU:	FORAGE	T en °C:	
Date /Heure de prélèvement:	01/08/1998	COTE OU PROFONDEUR:	
X:	150.8	Y:	223.85
ODEUR:	SANS	COULEUR:	INCOLORE
CODE:	46000	N°LABO:	24221
OBSERVATION:	Essai longue durée 2ème 48 Heures		

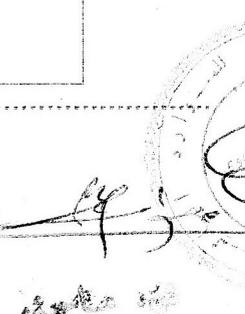
	Mg/l	Meq/l		Mg/l		Mg/l
Ca:	37	1.85	NO2:	0.01	CO2 Libre:	
Mg:	48	3.96	NH4:	0.03	AZOTE:	
Na:	138	6	Phosphates:	0.12	PHOSPHORE:	
K:	7	0.18	MO acide:	2.3	DCO:	
Sdes cations		11.99	MO basique:	0.1	DBO5:	
CL:	170	4.8	MES 110°C	0	O2 dissous:	
SO4:	60	1.25	MES 600°C		O2 dissous en %:	
CO3:	8	0.25	SiO2:	28.6	TEST Marbre:	
CO3H	284	4.65	TURBIDITE en NTU:	7.7	MATIERES DECANTABLES:	
NO3:	45	0.73	C.25 en µS:	1240	TH en °F:	29.1
Sdes anions		11.68	MINERALISATION:	769	TAC en °F:	24.5
S des ions:		797	RS à 110°C:	800	TA en °F:	1.3
PH:		8.4				

INTERPRETATION DES RESULTATS

Eau Bicarbonatée Magnésienne de qualité chimique bonne à passable , peut servir à l'alimentation humaine sous réserve d'une analyse bactériologique .

Le Chef de Laboratoire:

ORAN Le: 7 AOUT 1998



**AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
DIRECTION REGIONALE OUEST
SERVICE LABORATOIRE**

DEMANDEUR:	DHW AIN TEMOUCHENT		
NOM du LIEU:	FORAGE SIDI MOHAMED WILAYA DE AIN TEMOUCHENT		
NATURE DU POINT D'EAU:	FORAGE	T en °C:	
Date /Heure de prélèvement:	06/07/1997	COTE OU PROFONDEUR:	
X:	150.25	Y:	221.25
ODEUR:	SANS	COULEUR:	INCOLORE
CODE:	46000	N°LABO:	22291
OBSERVATION:	2ème ESSAI 48 H		

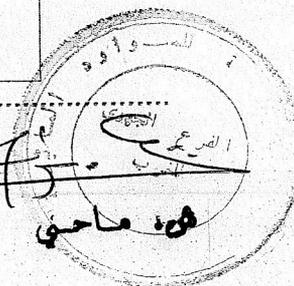
	Mg/l	Meq/l		Mg/l		Mg/l
Ca:	48	2.4	NO2:	1.75	CO2 Libre:	
Mg:	55	4.53	NH4:	0.25	ZOTE:	
Na:	156	6.8	Phosphates:	0.33	PHOSPHORE:	
K:	10	0.25	MO acide:	1.8	DCO:	
Sdes cations		13.98	MO basique:	1	DBO5:	
CL:	191	5.38	MES 110°C	13	O2 dissous:	
SO4:	101	2.1	MES 600°C		O2 dissous en %:	
CO3:	0	0	SiO2:	24	TEST Marbre:	
CO3H	358	5.87	TURBIDITE en NTU:	11	MATIERES DECANTABLES:	
NO3:	22	0.35	C.25 en µS:	1100	TH en °F:	35
Sdes anions		13.7	MINERALISATION:	835	TAC en °F:	29
S des ions:		941	RS à 110°C:	860	JA en °F:	0
PH:		7.6				

INTERPRETATION DES RESULTATS

Le Chef de Laboratoire:

ORAN Le:

30 JUIL 1997



**AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
DIRECTION REGIONALE OUEST
SERVICE LABORATOIRE**

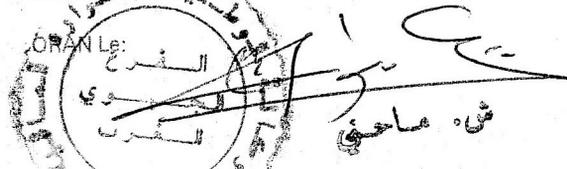
DEMANDEUR:	D H W TEMOUCHENT		
NOM du LIEU:	AIN KHAL V ECHANTILLON N°2		
NATURE DU POINT D'EAU:	FORAGE	T en °C:	
Date /Heure de prélèvement:	01/04/1997	COTE OU PROFONDEUR:	170 m
X:	148.35	Y:	217.5
ODEUR:		COULEUR:	
CODE:		N°LABO:	21650
OBSERVATION:	CARTE 240 Z = 485		

	Mg/l	Meq/l	Mg/l	Mg/l
Ca:	36	1.8	NO2:	0.65
Mg:	25	2.08	NH4:	0.72
Na:	354	15.4	Phosphates:	0.13
K:	8	0.2	MO acide:	3.6
Sdes cations		19.48	MO basique:	2.2
CL:	143	4.03	MES 110°C	22
SO4:	360	7.5	MES 600°C	
CO3:	0	0	SiO2:	12
CO3H	454	7.45	TURBIDITE en NTU:	26
NO3:	2	0.03	C.25 en µS:	1300
Sdes anions		19.01	MINERALISATION:	987
S des ions:		1382	RS à 110°C:	1440
PH:		7.1		
			CO2 Libre:	
			AZOTE:	
			PHOSPHORE:	
			DCO:	
			DBO5:	
			O2 dissous:	
			O2 dissous en %:	
			TEST Marbre:	
			MATIERES DECANTABLES:	
			TH en °F:	19
			TAC en °F:	37
			TA en °F:	0

INTERPRETATION DES RESULTATS

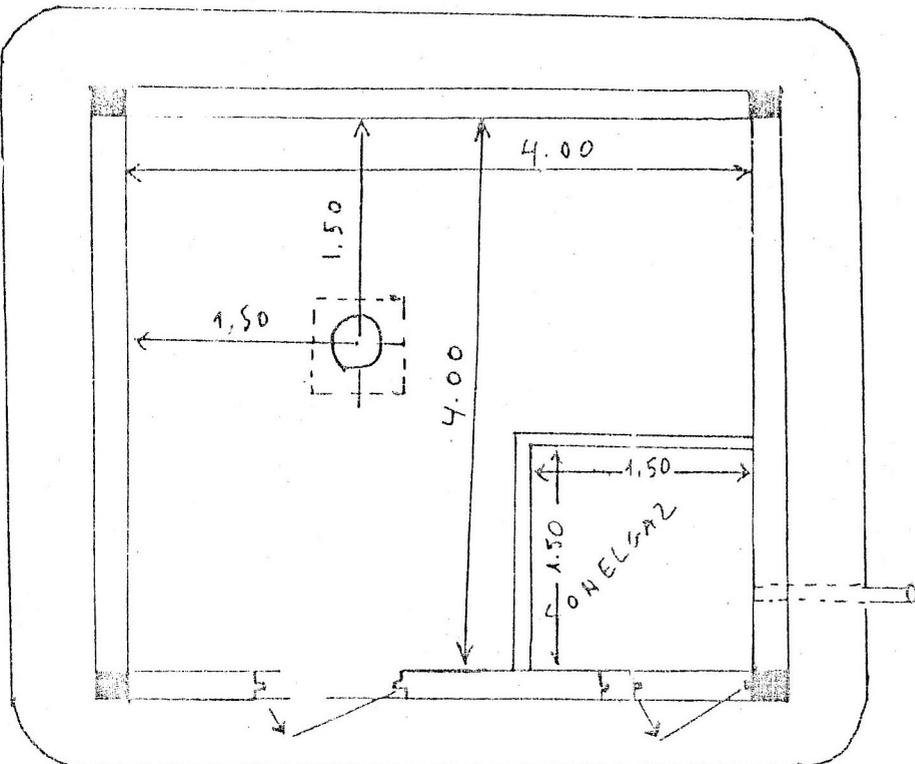
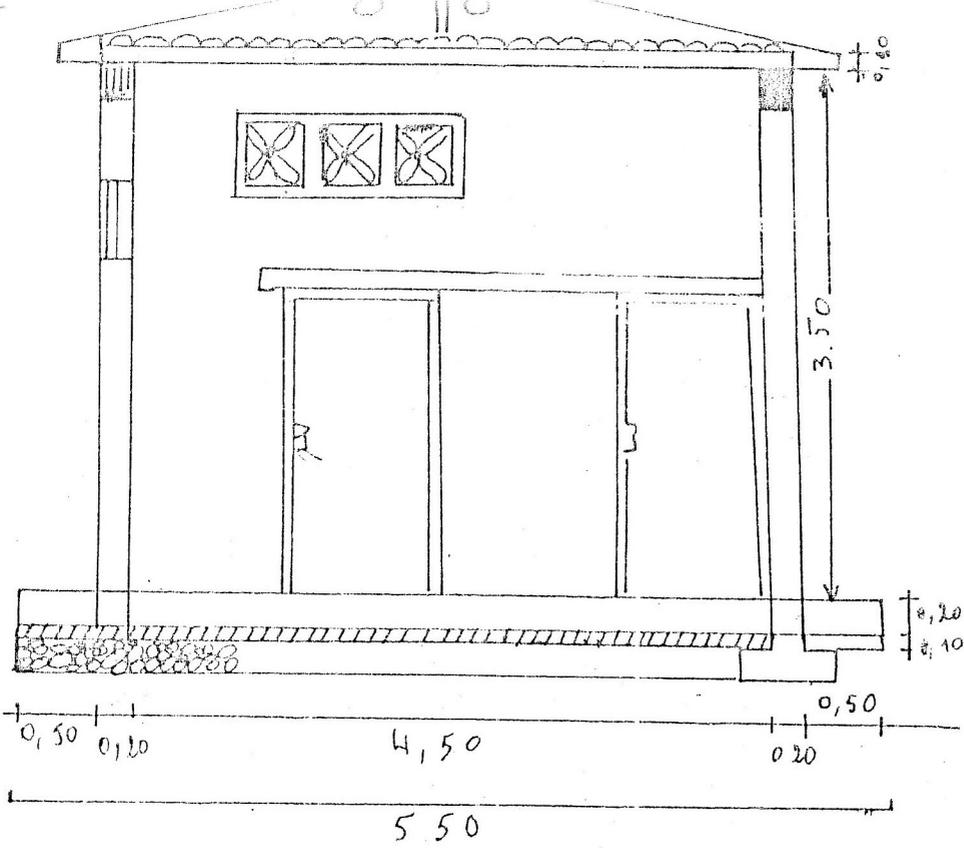
Eau Bicarbonatée Sodique, de qualité Chimique passable à médiocre. IMPROPRE à la consommation humaine, eau suspecte, taux de Nitrites et d'Ammonium élevés.

Le Chef de Laboratoire:

ORAN Le: 

SCHEMA D'UN

ABRI DE FO



TUBE Ø 100 PVC

Type d'aquifère : Aquifère des roches volcaniques
Pluviométrie : 420 mm
Apport annuel par infiltration directe : 3,6 H m³/an
Volume mobilisé : 2,8 H m³/an
Volume à mobiliser : 0,8 H m³/an

Type d'aquifère : Nappe des sables dunaire (Pleistocene)
Pluviométrie : 380 mm
Apport annuel par infiltration directe : 0,95 H m³/an
Volume mobilisé : 0,3 H m³/an
Volume à mobiliser : 0,4
20 % des eaux est de mauvaise qualité chimique

Type d'aquifère : Aquifère des calcaire du Miocene Superieur.
Pluviométrie : 400 mm
Apport annuel par infiltration directe : 4,9 H m³/an
Volume mobilisé : 2 H m³/an
Volume à mobiliser : 2,41 H m³/an
10 % des eaux est de mauvaise qualité chimique .

Type d'aquifère : Nappe des alluvions plioquaternaire de la M'leta.
Pluviométrie : 400 mm
Apport annuel par infiltration directe : 5,3 H m³/an
Volume mobilisé : 0,8 H m³/an
Volume à mobiliser : 0,79 H m³/an
70 % des eaux est de mauvaise qualité chimique

Type d'aquifère : Aquifère des grès oligocene
Pluviométrie : 430 mm
Apport annuel par infiltration directe : 2,16 H m³/an
Volume mobilisé : 0,7 H m³/an
Volume à mobiliser : 1,46 H m³/an .

Handwritten notes in Arabic script, including the number 6,6 and other illegible text.

Résumé :

Nous avons, par ce modeste travail, essayé d'apporter un concours aux efforts déployés par nos prédécesseurs dans ce domaine et que nous valorisons. Lequel nécessitant l'adhésion de tous les autres secteurs d'activités, ainsi que la population (usagers) qui doivent connaître et respecter cette richesse (eau) épuisable et vitale pour les êtres vivants.

Par ailleurs, nous avons découvert la situation géographique, géologique et climatologique du champ captant d'Ain Témouchent ; ainsi que la capacité de ses ressources en eau, leurs qualités, leurs écoulements, leurs débits, par des visites du site ; et surtout par les travaux de l'A.N.R.H (Recherche, analyses aux laboratoires...), qui nous ont permis d'élaborer des courbes, des graphes et des diagrammes facilitant la lecture de toutes données liées aux caractéristiques du champ captant d'Ain Témouchent et les critères de la qualité de l'eau et déceler des éventuelles cas de pollution afin d'intervenir dans un temps économique avec plus d'efficacité et de précision, en se basant sur les technicités adéquates et les formulations mathématiques et empiriques.

Mots clés : Forage, Champ captant, Plio-Quaternaire, Périmètre de protection, Qualité des eaux souterraines.

Abstract :

We have tried with this modest work to give a contribution to the deployed efforts of our predecessors in this field and that we value. Which requires the support of all other sectors, and the population (users) who need to know and respect this wealth (water) exhaustible and vital for living beings.

Furthermore, we discovered the geography, the geology and the climate of the wellfield of Ain Témouchent, the capacity of its water resources, their quality, their flow, their rates of flow, by site visits ; and especially the work of the ANRH (research, laboratory analyzes ...), which have enabled us to develop curves, graphs and diagrams that facilitate the reading of all data related to the characteristics of the wellfield of Ain Temouchent and the criteria of water quality and to detect possible pollution incidents in order to intervene in an economic time with greater efficiency and precision, based on appropriate technicalities and mathematical and empirical formulations.

Keywords: drilling, wellfield, pliocene-quaternary, perimeter protection, quality of subterrean water.

المخلص :

نضع هذا العمل المتواضع بين أيديكم لتتمين جهود أسلافنا في هذا المجال، محاولين تقديم إضافة له ولو كانت بسيطة. هذا المجال الذي يتطلب دعم جميع القطاعات الأخرى، والسكان (المستخدمين) الملزمين بمعرفة واحترام هذه الثروة الحيوية (الماء) للكائنات الحية والقابلة للنفاذ. علاوة على ذلك، اكتشفنا جغرافيا وجيولوجيا ومناخ مستجمع مياه عين تموشنت، وقدرة مواردها المائية، جودتها، تدفقها، جريانها، من خلال الزيارة الميدانية للموقع؛ وخصوصا من نتائج عمل ANRH (البحوث و التحاليل المخبرية...)، التي مكنتنا من انجاز المنحنيات والرسوم البيانية التي تسهل قراءة جميع المعطيات ذات صلة بخصائص مستجمع مياه عين تموشنت ومعايير جودة مياهه، والكشف عن حوادث التلوث المحتملة، من أجل التدخل في وقت اقتصادي مع قدر أكبر من الكفاءة والدقة، على أساس التقنيات المناسبة والصيغ الرياضية والتجريبية.

الكلمات المفتاحية : تنقيب، مستجمع المياه، العصر الرباعي الحديث، حماية المحيط، نوعية المياه الجوفية.