

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MENTOURI- CONSTANTINE
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE ET DE
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

N° d'ordre :
N° de série :

MEMOIRE

Présentée pour obtenir le diplôme de Magister

En Géologie

OPTION

HYDROGEOLOGIE.

Les Ressources en Eau et L'environnement

**L'EFFET DE LA SEBKHA SUR LA QUALITE DES EAUX
SOUTERRAINES DANS LA PARTIE SUD-EST DE SETIF
CAS DU GUIDJAL.**

PAR

DJEMMAL SAMIR

Prometteur : Dr SHOUT HOCINE

Université de Constantine

Jury :

Président	MARMI Ramdane.	Professeur	Université de Constantine
Rapporteur	SHOUT Hocine.	M.C	Université de Constantine
Examineur	CHABOUR Nabil.	M.C	Université de Constantine
Examineur	CHADI Mohamed.	M.C	Ecole normal supérieur Constantine.

∞ 2008 - 2009 ∞

RESUME

L'eau est. une des clefs essentielles du développement durable, dans la substance de tous les organismes vivants, animaux, végétaux et de la biosphère car elle est indispensable pour assurer la vie sur notre planète ainsi pour la santé et le progrès socio-économique des sociétés dans le respect de l'environnement.

Les changements climatiques accompagnés de sécheresses prolongées ont-ils créé une rupture de qualité entre eau douce-eau salée Tout porte à croire que cette tendance existe bel et bien. A connu une sécheresse aiguë au cours des deux dernières décennies. Or l'un des grands problèmes liés aux zones arides et semi-arides est sans doute la salinité des eaux souterraines.

C'est un des facteurs importants qui provoquent la dégradation de la qualité des eaux naturelles. Elle est souvent liée à la nature lithologique des roches réservoirs, à l'évaporation intense et au régime pluviométrique faible, ce manque d'eau a entraîné une sollicitation très accrue des nappes, pour pallier au déficit quantitatif. Cette surexploitation des nappes a entraîné une augmentation de la minéralisation, ce qui a amené les gestionnaires à procéder au mélange des eaux des champs captant avec celle du Sebka pour atténuer la salinité.

Par le biais de ce travail, je vais essayer de démontrer l'effet de la sebkha, et son extension sur le terrain, selon les résultats obtenu par l'interprétation des données.mais il reste toujours une question à proposé dans les recherche

Pour cela, on a proposé une étude hydrochimique dans le sous bassin du Guidjal dont le but déterminer les caractéristiques hydrochimiques essentielles afin d'obtenir des informations sur leur ordre, évolution et origine.

Cela va permettre des propositions en vue de l'exploitation rationnelle des eaux de la région par la délimitation d'éventuelles zones favorables à l'exploitation.

C'est dans cette vision, que cette synthèse hydrogéologique et hydrochimique dans la région Sétifienne sont axées principalement sur l'identification des aquifères et la détermination de leur caractéristiques hydrodynamique et également sur l'établissement des cartes de minéralisation, des faciès chimiques et d'exploitation des eaux.

Mots clés : *hydrochimique, hydrogéologique, lithologique, Sebka, les eaux souterraines, mineralization.*

REMERCIEMENT

Je tiens à adresser mes remerciements à toutes les personnes qui ma aidé de prés ou de loin, en particulier :

Monsieur Shout Hocine qui à toujours été prêt à m'aider et surtout critiquer. Lui adresse mes sincères remerciements et mes profonds respects.

J'exprime toute ma reconnaissance aux membre de jury pour l'intérêt qu'ils ont prêté à cette thèse en acceptant de juger ce travail dans le cadre de ce mémoire de magister.

je remercie tous les enseignants (graduation-post graduation) de l'hydrogéologie pour leurs orientations pendant ma formation :

✂ Mme Bib H et Melle Djebbar M.

✂ Messieurs : Ali Laouar A; Chabour. N; Demdoun. A ; Guerirem. R; Hammani. H ; Kassir. A ; chadi. M et Yousfi M.

Sans oublier les enseignant du tronc commun en particulier: Mme Chadi .S, Mme Belhannachi L, Mr. Bennabès C, Benacef. N, Boulaaraç, M, Belhannachi .H, Hamadou B ; Bourzama A et Marmi R,

A notre très sympathique technicien de laboratoire de l'Hydrogéologie Mr Z'Bila A/K;

Et à tous le personnel administratif de la faculté des Sciences de la Terre.

je remercie également le personnel de l'AO.N.M.et l'A.N.R.H. de Constantine ainsi que le personnel de la DHW de Sétif.

A tous merci

✂ Samir

DEDICACES

Merci Dieu le tout puissant qui ma éclairé le chemin de la réussite et du savoir.

A mes très chères parents, avant tous et pour tous, que j'adore et je souhaite toujours les voir à mes côtés :

A mes très chère mère NASSIRA, symbole de tendresse et de patience.

A mon chère père TAYEB, je te remercie infiniment de tes sacrifices.

A mon chère père et frère Ami Abdel Kader

A ma très chère femme KAMILIA (NESMA).

A mes très chers parents Sebai et ça femme Barisa.

A mes très chers cousins El djemai, Brahim, Moussa, Mestafa, Seghir, Koudja.

A mes très chers frères : Kamel, Mourad et Khalef

A mes très chères sœurs : Naouel, Yousra, Assia, Fouzia, Souâd et ma grande sœur et frère Ouarda. Katire et ces fils Chaiema, Khadidja, Aicha, je vous remercie pour votre inquiétude et tendresse.

A mes grandes mères Fatima, Louiza.

Je remercie les familles Djemmal, Achouri, Dahoi, Brarma, Achi.

A mes amis intimes : Abdel selem, Memdouh, Lazher, Mouloud, Aissa, Samir, Abdelghani, Hassen »cousin« Adlène, Nabil, Wahid, Nadir, Foudil, Nabil, Ahmed, Foued, Lazher, Amer, Adel, et Yazid.

A mon encadreur SHOUT HOCINE,

SAMIR

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Introduction générale..... 01

CHAPITRE I

Introduction 03

1.1. Situation géographique 03

1.2. Limites administratives 03

1.3. Géomorphologie 06

1.4. Climat et végétation 08

1.5. Réseau hydrographique 09

1.6. Habitat et voie de communication 11

Conclusion 11

CHAPITRE II

❖ PARTIE I : Etude géologique

Introduction 12

2.1. Géologie locale 13

2.2. Description lithostratigraphique 15

2.2.1. Formations peu ou pas tectonisées 17

2.2.2. Formations tectonisées 18

2.2.3. Ensemble allochtone sud sétifien (Crétacé moyen - inférieur) 19

2.2.4. Trias exotique (t, dt) 20

2.3. Etude tectonique 20

2.3.1. Tectonique cassante 20

2.3.2. Tectonique souple 20

2.2.3. Charriage et chevauchement 24

2.4. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique 24

2.4.1. Formations non favorables au développement des aquifères 24

2.4.2. Formations favorables au développement des aquifères 24

Conclusion 29

❖ PARTIE II : Etude géophysique

Introduction 30

2.5. Objectif de l'étude 30

2.6. Répartition des sondages électriques 31

2.7. Examen des résultats et interprétation 31

2.8. Interprétation des coupes géoélectriques 33

2.9. Carte AB= 200m	38
2.10. Carte du toit du Crétacé inférieur	38
2.11. Carte du toit du Crétacé moyen et supérieur	42
2.12. Carte d'exploitation des eaux	42
Conclusion.....	43

CHAPITRE III

Introduction	44
3.1. Zone d'étude	45
3.2. Analyse des paramètres climatiques	49
3.2.1. Précipitation	49
3.2.2. Température de l'air	53
3.3. Relation : Précipitation - Température.....	55
3.3.1. Méthode d'Euverte	57
3.3.2. Indice de Demartone	57
3.3.3. Climagramme d'Emberger	58
3.4. Bilan hydrologique	60
3.4.1. Evapotranspiration	60
3.4.1.1. Evapotranspiration potentielle : (ETP).....	60
3.4.1.2. Evapotranspiration réelle : (ETR).....	61
3.5. Interprétation des résultats	63
3.6. Paramètres du bilan hydrologique	64
3.6.1. Ruissellement superficiel	64
3.6.2. Infiltration	65
Conclusion.....	66

CHAPITRE IV

Introduction	67
4.1. Inventaire des points d'eau	67
4.2. Contexte hydrogéologique	67
4.3. Piézométrie et gradient hydraulique	67
4.4. Interprétation de la carte piézométrique	71
4.5. Caractéristiques géométriques des aquifères	71
4.6. Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères	73
4.6.1. Essais de pompage	73
4.6.1.1. Essais par palier	74
4.6.1.2. Essais de pompage définitif	75
4.6.1.2.1. Interprétation quantitative et qualitative	78
Conclusion	89

CHAPITRE V

<i>Introduction</i>	90
<i>5.1. Etude des paramètres physico-chimiques</i>	90
<i>5.1.1. Etude des paramètres physiques</i>	90
<i>5.1.1.1. Température (T°)</i>	90
<i>5.1.1.2. Potentiel Hydrogène (pH)</i>	91
<i>5.1.1.3. Conductivité (σ)</i>	91
<i>5.1.1.4. Minéralisation (Ms)</i>	94
<i>5.1.2. Etude des paramètres chimiques</i>	100
<i>5.1.2.1. Cations</i>	100
<i>5.1.2.2. Anions</i>	101
<i>5.1.3. Etude des valeurs relatives</i>	102
<i>5.1.3.1. Rapports caractéristiques</i>	102
<i>5.1.3.2. Indice d'échange de base (i.e.b)</i>	111
<i>5.2. Classification des eaux</i>	112
<i>5.2.1. Classification de Stabler</i>	112
<i>5.2.1.1. Faciès bicarbonaté</i>	112
<i>5.2.1.2. Faciès sulfaté</i>	112
<i>5.2.1.3. Faciès chloruré</i>	115
<i>5.2.2. Classification de Piper</i>	115
<i>5.3. Etude de l'évolution chimique des eaux</i>	119
<i>5.4. Potabilité des eaux (Norme et qualité)</i>	120
<i>5.5. Aptitude des eaux à l'irrigation</i>	126
<i>5.6. Origine d'al salinité des eaux</i>	130
<i>5.6.1. Matrice de corrélation</i>	130
<i>5.6.2. Relation entre les paramètres</i>	131
<i>5.6.3. Selon les résultats d'hydrowin</i>	140
<i>5.6.3. Analyse en composantes principales</i>	142
<i>Conclusion.</i>	146
<i>Conclusion générale</i>	148
<i>Recommandation</i>	150
<i>Bibliographie</i>	
<i>Annexes.</i>	



INTRODUCTION

INTRODUCTION

GENERALE

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le travail de recherche que nous présentons à travers ce thème dans le cadre du mémoire de magister est l'étude de l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie Sud-Est de Sétif Cas du Guidjal.

L'eau est une des clefs essentielles du développement du rôle, dans la substance de tous les organismes vivants, animaux, végétaux et de la biosphère car elle est indispensable pour assurer la vie sur notre planète ainsi pour la santé et le progrès socio-économique des sociétés dans le respect de l'environnement.

Chacun sait que les besoins, en eau douce des populations du globe vont croissants avec les progrès industriels et agricoles, le confort et l'hygiène des habitants dont les effectifs ne cessent eux mêmes de s'accroître.

Or, l'eau douce reste globalement mal gérée, gaspillée et polluée une grande partie de la population mondiale risque de se trouver en « stress hydrique » dans les prochaines années.

Pour la satisfaction des besoins, le gouvernement algérien a axé sur les ressources superficielles telles que les captages, les retenus collinaires et les barrages. Ces réserves le plus souvent à ciel ouvert sont soumises à une évaporation intense et/ou à une pollution.

De se fait pour parvenir à qualifier et quantifier les potentialités hydrique et concevoir une politique de la gestion de l'eau des recherches sont axées sur les ressources souterraines.

L'un des grands problèmes liés aux zones arides et semi-arides est sans doute la salinité des eaux souterraines. C'est un des facteurs importants qui provoquent la dégradation de la qualité des eaux naturelles. Elle est souvent liée à la nature lithologique des roches réservoirs, à l'évaporation intense et au régime pluviométrique faible.

Dans cette étude nous allons déterminer l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines de la zone d'étude en utilisant les rapports caractéristiques des éléments chimiques, Les calcule fait à l'état de logiciel Hydrowin et en fin l'analyse en composante principale.

Pour cela, on a proposé une étude hydrogéologique dans le sous bassin du Guidjal dont le but de définir et caractériser les aquifères de la région, qui sont connus dans leur ensemble et surtout de déterminer les caractéristiques hydrochimiques essentielles afin d'obtenir des informations sur leur ordre, évolution et origine.

Cela va permettre des propositions en vue de l'exploitation rationnelle des eaux de la région par la délimitation d'éventuelles zones favorables à l'exploitation.

C'est dans cette vision, que cette synthèse hydrogéologique et hydrochimique dans la région Sétifienne sont axées principalement sur l'identification des aquifères et la détermination de leur caractéristiques hydrodynamique et également sur l'établissement des cartes de minéralisation et des faciès chimiques des eaux.

Dans ce contexte, le travail consiste en une présentation des facteurs géographiques, une étude géologique et géophysique, une étude hydroclimatique et en particulier une réinterprétation hydrogéologique et particulièrement une étude hydrochimique basée sur l'analyse des échantillons prélevés.

Enfin le travail sera terminé par une synthèse des différents résultats obtenus sous forme de conclusion générale et de recommandations utiles pour les travaux futurs.



CHAPITRE I

CHAPITRE I

GEOGRAPHIE

GEOGRAPHIE

CHAPITRE I

Introduction

1.1. Situation géographique

1.2. Limites administratives

1.3. Géomorphologie

1.4. Climat et végétation

1.5. Réseau hydrographique

1.6. Habitat et voie de communication

Conclusion

Introduction :

Pour une étude hydrogéologique réussie, il est nécessaire à faire une vaste connaissance sur les facteurs physico-géographiques caractérisants le secteur d'étude.

1.1. Situation géographique: (Fig. 1.1)

Le domaine qui a fait l'objet de notre étude appartient aux hautes plaines sétifiennes. Les hautes plaines Sétifiennes se développent au Sud de la route nationale N°5 à une altitude moyenne de 950 mètres, et se localise entre les Monts du Hodna et de Belezma au Sud, et la chaîne des Babors avec une superficie de 287.57 Km².

Il est limité par :

- Au Nord, Ouled Sabor;*
- Au Sud, Bir Haddada ;*
- A l'Est, El Eulma ;*
- A l'Ouest, Mezloug.*

La position géographique du secteur d'étude est définie par les coordonnées Lambert suivantes :

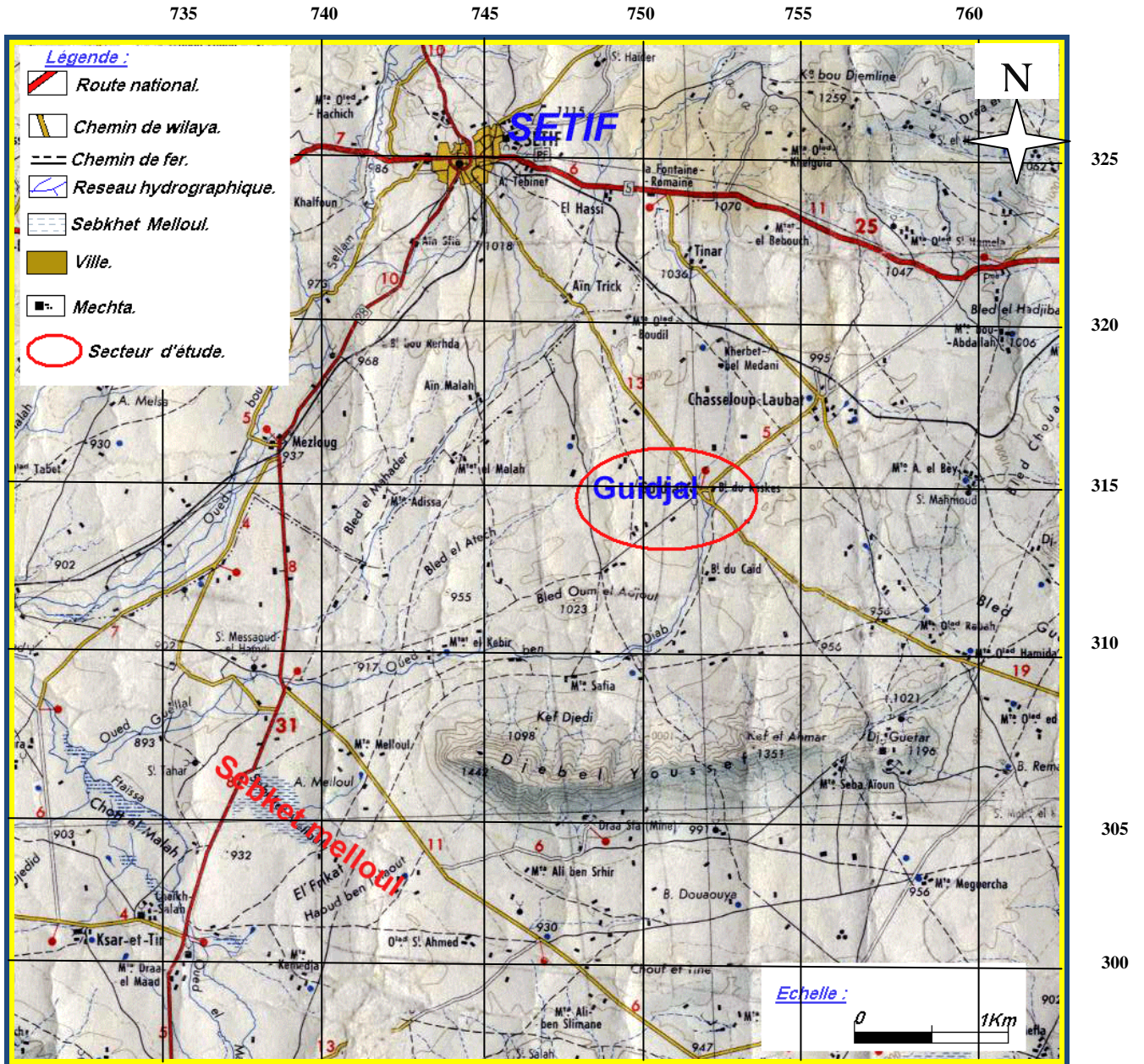
$$X_1 = 750.5 \text{ Km} ; \quad X_2 = 736.4 \text{ Km.}$$

$$Y_1 = 326.6 \text{ Km} ; \quad Y_2 = 307.6 \text{ Km.}$$

1.2. Limites administratives: (Fig. 1.2)

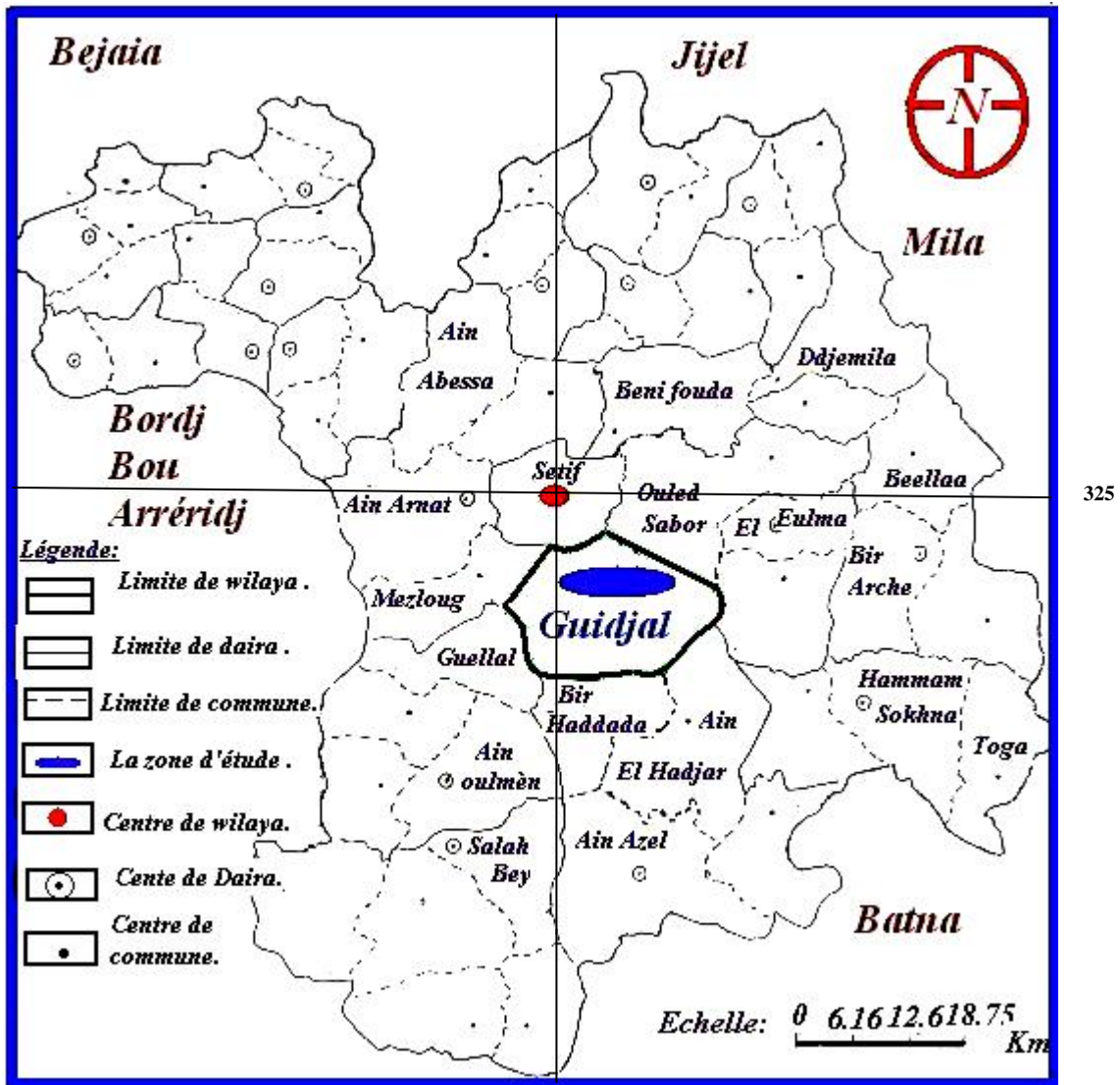
Les limites administratives du secteur d'étude sont les suivantes:

- Au Nord, Daïra de Ouled Sabor ;*
- Au Sud, Bir Haddad ;*
- A l'Est, El Eulma ;*
- A l'Ouest, Bordj Bou Arréridj.*



Source : I.G.N.F-Aout : 1960.

Figure 1.1: Carte topographique de la zone d'étude.



Source : D.H.W.

Figure 1.2: Carte de situation géographique de la zone d'étude.

Le sous bassin du Guidjal montre des limites nettes au Nord et au Sud dans des secteurs où les lignes de partage des eaux de surface suivent rigoureusement les lignes de crêtes.

A l'inverse à l'Est et à l'Ouest les lignes de partages des eaux auront un tracé de la limite endoréique.

1.3. Géomorphologie: *d'après M. Côte (1998) (Fig. 1.3)*

Les hautes plaines se présentent comme une mosaïque de petit élément juxtaposé.

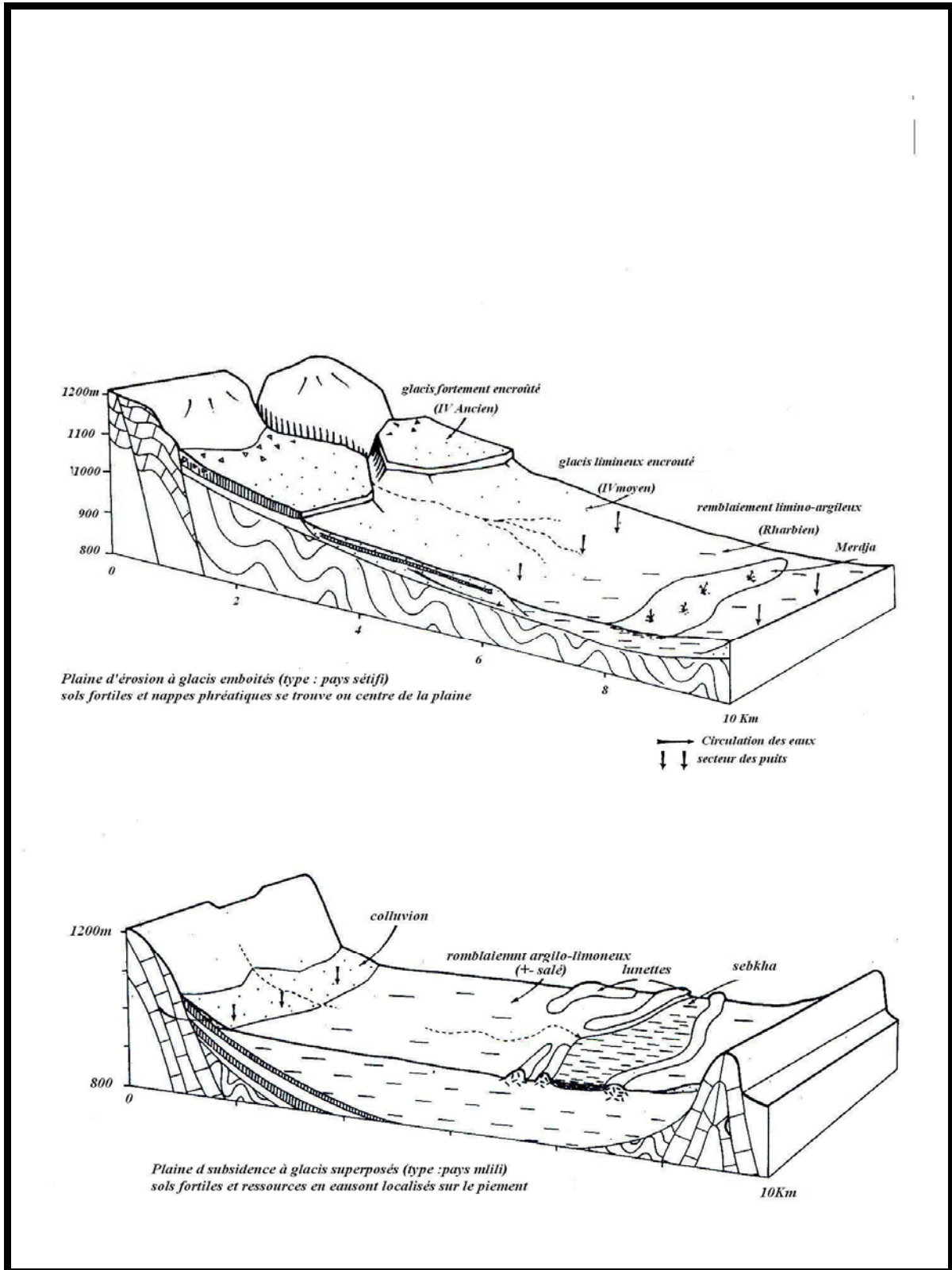
Les composantes sont relativement simples : massif calcaire, glacis encrouté, merdja et sebkha.

On peut schématiser les unités géographiques par deux types : (Fig. 1.3)

- 1) une série de glacis étagés conduisant du versant montagneux à une gouttière. le remblaiement plio-quadernaire a généralement moins de 100mètre d'épaisseur, les formes dominantes sont assurées par les glacis anciens.*
- 2) Les piémonts sont beaucoup moins différenciés, les glacis très courts.les remblaiement peuvent atteindre 300à500 mètre d'épaisseur. Les formes dominantes sont assurées par l'immense plaine d'accumulation sub-horizontale non encroûtée.*

A l'extrême nord du secteur d'étude, ce sont les dernières hauteurs du Tell. A partir de là, le relief s'abaisse vers une vaste étendue aplanie ou nivelée.

Le relief s'organise autour d'Ouled Sabor au Nord, et vers Djebel Youssef plus au Sud à environ 1442m.



Source : D.H.W.

Figure 1.3: Carte de type d'organisation des milieux physique dans les hautes plaines D'après M. Côte (1998).

1.4. Climat et végétation :

La région d'étude fait partie des hautes plaines Sétifiennes. Celle-ci sont localisées entre les deux atlas (Tellien au Nord et Saharien au Sud) qui vont jouer le rôle d'une barrière contre le passage des vents chauds vers le Nord en provenance du Sahara et bloquer l'humidité en provenance de la méditerranée vers le Sud. C'est pour quoi que le secteur d'étude est attribué au climat semi-aride.

Ce climat est caractérisé par une saison estivale longue, sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse fraîche sinon froide avec souvent de neige.

Le sirocco est violent sur ces plaines découvertes (10 jours /an en moyenne).ce qui explique l'échec de la vigne et le semi-échec des arbres fruitiers sur ces plaines.

La répartition des précipitations présente une grande variation interannuelle par rapport à la normale déjà évaluée par « Seltzer, P.1946 »entre 350et500mm/an.En effet la pluviométrie décroît du Nord (700-800mm/an)vers le sud (400mm/an).

Le gel est sévère, ce qui explique l'échec de la vigne et le semi échec des arbres fruitiers sur ces plaines.

La nudité des paysages en est le trait le plus marquant.

La végétation naturelle est la steppe à armoise et à alfa, ainsi que la présence d'excellent pâturage du mauvais drainage des alluvions récentes. La quasi-totalité de la région est occupée par une monoculture céréalière, car les céréales règnent sur toutes les hautes plaines.

Le blé dur et le blé tendre dominent le Nord et l'orge dans le Sud.

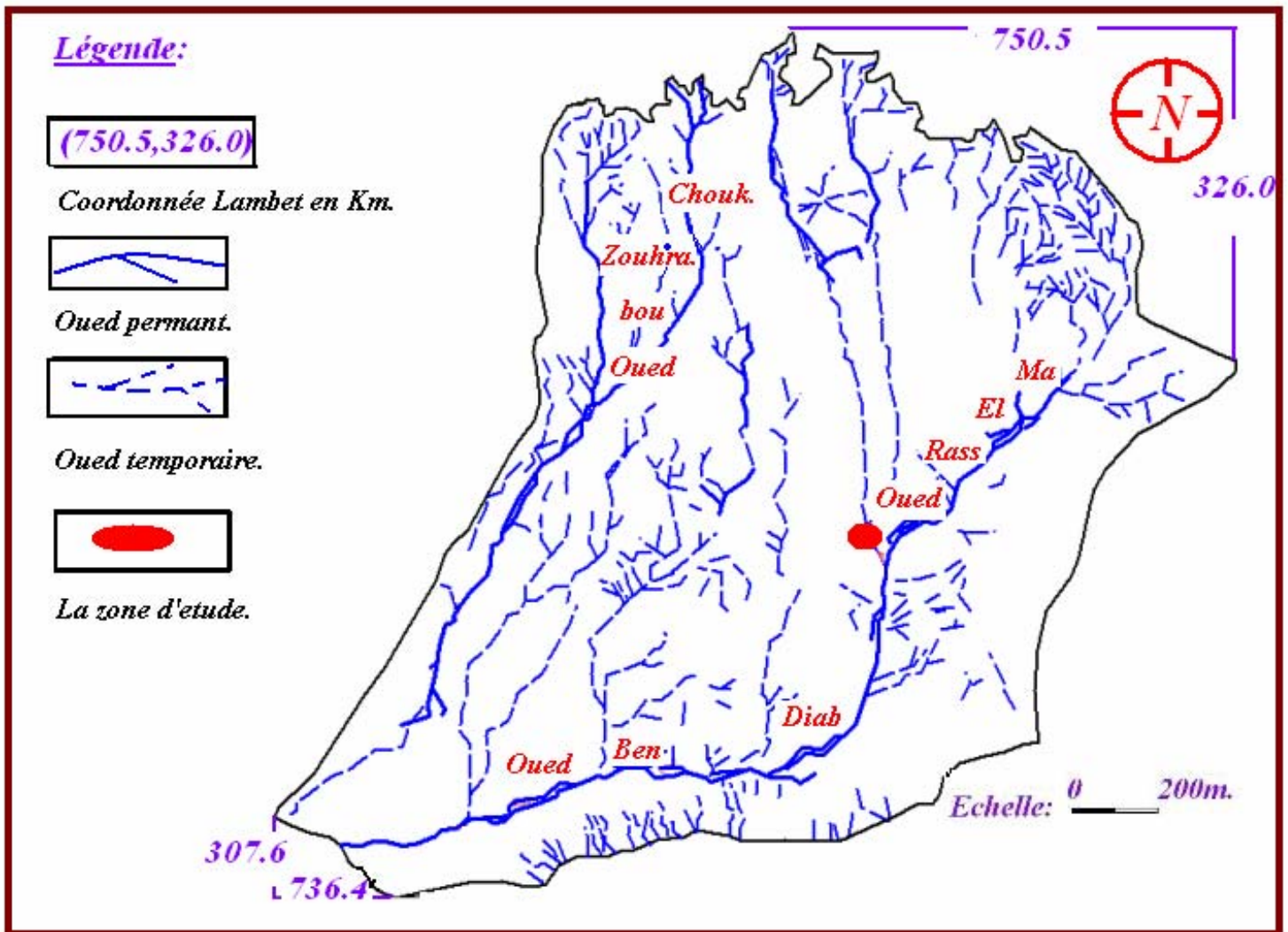
1.5. Réseau hydrographique : (Fig. 1.4)

Sur la carte topographique de la zone d'étude, la région est parcourue par une multitude d'oueds permanents. Elle est drainée au Nord par l'Oued Ras El Ma et Oued Malah, avec une direction NE-SW, et qui devient Ben Diab, avec une direction d'écoulement sensiblement EW.

Ils seront finalement captés par Oued Bousallam qui suit la direction oblique vers l'Ouest où le réseau hydrographique obéit au régime endoréique vers Sebkha melloul.

La conjonction des phénomènes topographique et semi-aridité ont donné naissance à un phénomène d'endoréisme qui se traduit par la présence de cuvettes fermées (sebkha) qui jalonnent d'Ouest en Est le pays des lacs.les dépression s'expliquent essentiellement par la tectonique leur présence étant facilitée par l'existence des formations triasiques en profondeur.

La quasi-totalité des oueds n'atteignent pas autres sebkhas ; ils suivent la pente dont ils participent à l'alimentation des nappes ou ils vont s'évaporer.



Source : I.G.N.F-Aout : 1960.

Figure 1.4 : Carte du Réseau hydrographique (extrait de carte topographique) .

1.6. Habitat et voie de communication:

Les cartes topographiques montrent une répartition irrégulière des habitations, celles-ci sont liées aux conditions de vie, en particulier l'eau. Pour cela, l'habitat est condensé et localisé au niveau des agglomérations.

La présence d'un réseau routier favorise une communication facile, telle que les routes nationales : 05, 75 et 78.

Les voies de communication sont nombreuses et commodes en direction du Sud avec un important réseau de pistes permettant d'atteindre les secteurs les plus reculés.

L'habitat est également dispersé sous forme de Mechetats et de Douars sur les plaines et les piémonts.

Conclusion:

Le secteur d'étude fait partie des hautes plaines Sétifiennes caractérisé par un climat type semi-aride, une agriculture céréalière et une hydrographie endoréique vers Sebkh Melloul caractérise la région.



CHAPITRE II

GÉOLOGIE & GÉOPHYSIQUE

GÉOLOGIE & GÉOPHYSIQUE

CHAPITRE II

❖ PARTIE I : Etude géologique

Introduction

2.1. Géologie locale

2.2. Dispositions particulière en Algérie

2.2.1. Socle Kabyle

2.2.2. Dorsale Kabyle

2.2.3. Les flysches

2.2.4. Zone tellienne

2.2.5. La zone de plate forme Sétifienne

2.2.6. Zones parautochtones et autochtones Hodnéen

2.3. Description lithostratigraphique

2.3.1. Formation peu ou pas tectonisées

2.3.2. Formations tectonisées

2.3.3. Ensemble allochtone sud sétifien (Crétacé moyen - inférieur) :

2.3.4. Trias exotique (t, dt)

2.4. Etude tectonique

2.4.1. Tectonique cassante

2.4.2. Tectonique souple

2.4.3. Charriage et chevauchement

2.5. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique

2.5.1. Formations non favorables au développement des aquifères

2.5.2. Formations favorables au développement des aquifères

Conclusion

Avant propos : la région des hautes plaines sétifiennes est depuis J.Savornin(1920) restée curieusement en marge des préoccupations des géologues travaillant en Algérie.

La seule étude apportant une révision de fond est celle de A.CAIRE; mais ces levés n'ont jamais été publiés tant au 1/50 000 qu'au 1/200 000.

J.Glaçon(1967) a essentiellement évoqué les aspects miniers et n'a fait pour de nombreux massif (dj. Youssef, Zdimm....etc.).Que reprendre les conclusions de J. Savornin (1920) M.Benzerga (1974) n'a pu procéder à de nouvelles datations sur les formations du Djebel Brao .R.Guiraud (1973) regroupera les massifs des Djebel Brao et Youssef avec celle du môle néritique Constantinois.

Enfin, plus récemment J.M Vila et M LeiKine (1974-76) en relation avec les travaux de mise en valeur de la région de Sétif ont précisé la cartographie des hautes plaines Sétifiennes, reprenant les travaux récents de R. Gouirand. En 1980

J.M Vila présentait une synthèse de ses études (J.M Vila, thèse paris 1980).

C'est en nous fondant sur ces différentes études que nous avons établi la série lithostratigraphique.

Introduction :

L'efficacité des études hydrogéologiques s'accroît considérablement avec le développement des investigations géologiques et géophysiques.

L'un des buts essentiels pour chaque étude hydrogéologique est l'identification des aquifères. Pour cela, on s'intéresse aux formations susceptibles de constituer de bons réservoirs d'eau (formations poreuses et carbonatées).

Une synthèse géologique de la région s'avère donc intéressante. Elle a été réalisée sur la base des documents suivants:

- les cartes géologiques de Sétif, Mezloug, El Eulma et Bir el Ahrèch (1/50000);
- les logs stratigraphiques des sondages mécaniques.

2.1. Géologie locale :

L'aire étudiée fait partie de l'orogène alpin qui constitue l'ossature des reliefs de toute l'Algérie septentrionale. Il est séparé de la plate forme africaine par l'accident sud- atlasique ; cet orogène n'est lui-même qu'une partie des chaines qui ceinturent la méditerranée occidentale depuis les Iles des Baléare On rencontre la distribution suivante, si on considère une coupe transversale de la chaine alpine (à l'échelle de la méditerranée occidentale) :

- *au centre, une zone interne caractérisée par la prédominance des affleurements métamorphiques.*
- *latéralement apparaissent successivement.*
- *les séries sédimentaires du mésozoïque et du cénozoïque qui constituent les chaines calcaires, bande étroite et discontinue.*
- *a l'extérieur, ce sont les domaines paraautochtones et autochtones : mésétas Ibériques et Marocaines au quelles on peut rattacher en Algérie l'ensemble atlasique.*

La région d'étude fait partie des hautes plaines sétifiennes qui constituent une vaste plaine nivelée autour d'une altitude moyenne de 950m.

2.2. Dispositions particulière en Algérie :

L'orogène maghrébin se décompose en plusieurs zones qui sont du Nord au Sud et de bas en haut (VILLA, J.M.1980):

- ✓ *Les zones internes correspondent au massif primaire de petite grande Kabylie : représentée par le socle Kabyle métamorphique et la dorsale Kabyle sédimentaire.*
- ✓ *Les zones externes ou les zones telliennes correspondant aux différents domaines situés paléogéographiquement sur la paléomarge Africaines ces zones présentent un caractère chauvechant vers le Sud.*
- ✓ *Les flyschs sont composée par un double série, occupant une position essentiellement par rapport aux zones externes, ils reposent avec des modalités variées sur les zones internes ou chaine calcaire. A l'échelle de*

l'Algérie du Nord-Est, une zonation plus fine peut être établie sur une transversale Nord-Sud les principales zones définies à la fois par leur caractères sédimentaires et structuraux sont :

2.2.1. Socle Kabyle :

Ensemble métamorphique (quartzites, micaschiste, phyllades) surmonté en discordance par du paléozoïque :

Surmontant ces terrains anciens, vient ensuite une épaisse série marine d'âge Oligomiocène comprenant des formations conglomératiques, gréseuses et carbonatées.

2.2.2. Dorsale Kabyle :

C'est une zone étroite, discontinue qui correspond à un ensemble de lames empilées. Elle est subdivisée en dorsale interne, médiane et externe.

2.2.3. Les flysches :

Composée par les séries mauritaniennes et massyliennes, elle sont très peu représentées.

2.2.4. Zone tellienne :

Il s'agit d'importante masse allochtone caractérisée par le développement des faciès marneux et marno-calcaires, on distingue :

- *Les nappes ultratelliennes ;*
- *Les nappes telliennes au sens-strict (nappe de Djemila) ;*
- *Les nappes pénitelliennes.*

Structuralement, les masses telliennes présentent une caractères chauvechant vers le Sud.

2.2.5. La zone de plate forme Sétifiennne : on peut y distingué :

- les nappes néritiques constantinoises à l'Est.
- les nappes de l'ensemble allochtones Sud sétifien à l'Ouest.
- les série de l'unité inferieur du djebel Kalaoun forme un jalon entre la plate forme allochtone et l'autochtone Hodnéen.

2.2.6. Zones parautochtones et autochtones Hodnéen :

L'autochtone n'occupe qu'une mince frange au Sud de la zone d'étude.

Les formations parautochtones et autochtones sont représentées par les massif des monts du hodna. ces massif constituent le début de l'atlas saharien qui développe ses grande structure plissé et faillées jusqu'à ou porte du désert.

2.3. Description lithostratigraphique : (Fig. 2.1)

Du point de vu structural, les hautes plaines sétifiennes présentent plusieurs unités superposées et charriées. Celles qui caractérisent la région d'étude sont :

- ♦ Les formations peu ou pas tectonisées du Quaternaire ;
- ♦ Les nappes telliennes;
- ♦ L'allochtone sud-sétifien ;
- ♦ Le Trias exotique.

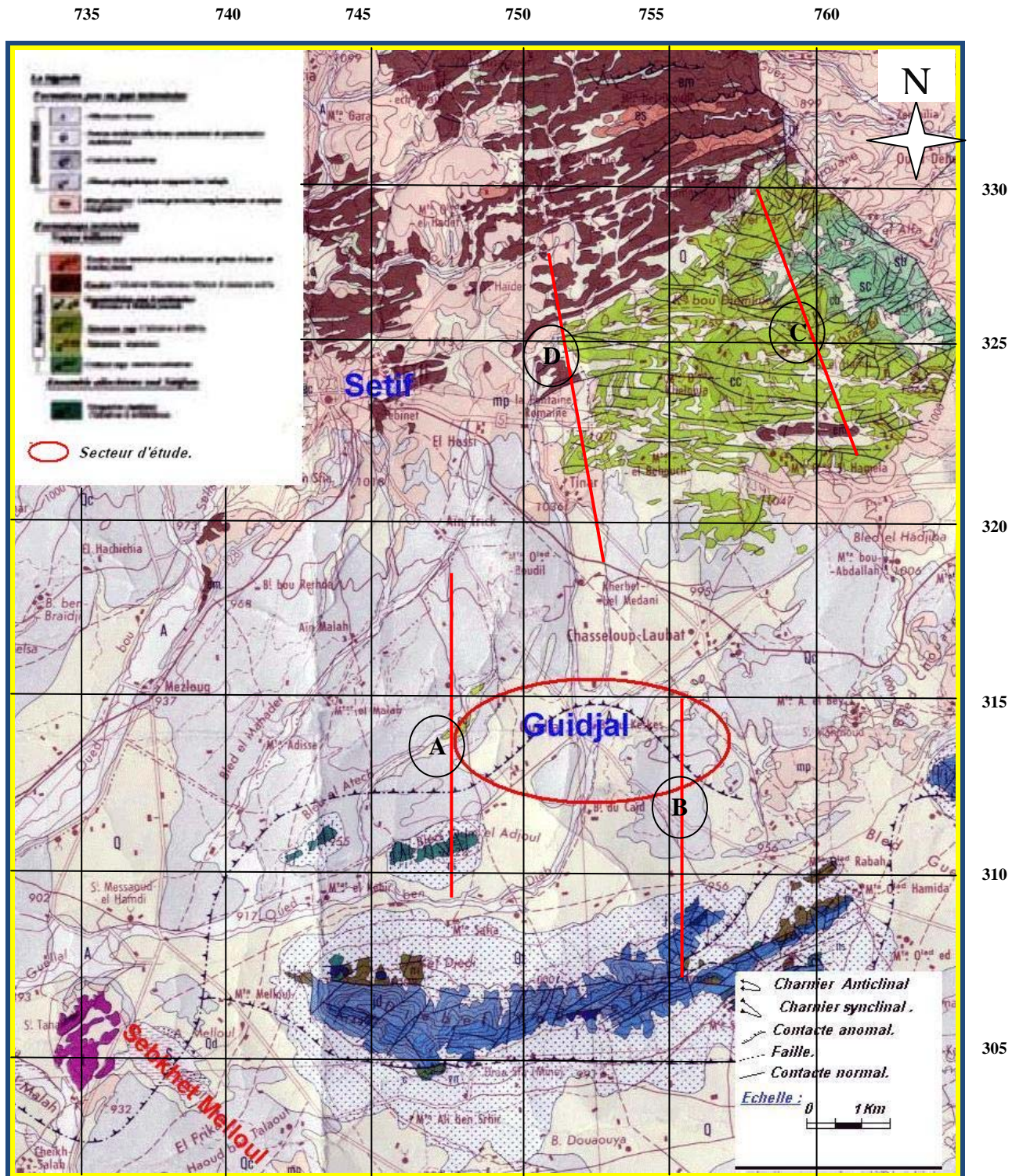


Figure 2.1: Carte géologique de la zone d'étude (Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

2.3.1. Formation peu ou pas tectonisées :

a/- Quaternaire :

♦ Alluvions récentes ou actuelles (A) :

Il s'agit surtout de limons et de graviers déposés dans les grands oueds, ainsi que de galets gréseux du Mio-pliocène.

♦ Glacis polygénique (Qt) :

Il correspond à des surfaces très faiblement pentées et dont la pente augmente progressivement plus au Sud vers Djebel Youssef. Ils sont recouverts de matériels clastiques faiblement calibrés vers le bas, et devenant plus anguleux et plus grossiers vers la montagne.

♦ Villafranchien (Q^c) :

Les calcaires lacustres, les sols à croûtes et cailloutis fluviatiles, sont des formations caractéristiques des hautes plaines sétifiennes. Les niveaux de croûtes sont ravinés par des argiles, parfois il existe plusieurs horizons de croûtes emboîtées sont installés des sols squelettiques où la partie la plus récente est nouvelle croûte de 10 à 20m d'épaisseur.

b/- Mio-pliocène :

♦ Mio-pliocène continental (M) :

Il s'agit d'une puissante accumulation de cailloutis et de limons rougeâtres, d'argiles sableuses, des marno-calcaires, des graviers et des conglomérats. Cette formation est autour du Trias plus au Sud –Ouest de Djebel Youssef et principalement au Nord de la zone d'étude.

2.3.2. Formations tectonisées :

a/- Nappes telliennes (nappes de Djemila) :

♦ Yprésien – Lutétien inférieur (e^{4-5} - e^{4-5d}) :

Il s'agit de calcaires bitumineux blancs à cassure noire et à silex noirs à débris. Ils affleurent plus au Nord et dans le centre de la zone d'étude, à la berge gauche d'Oued Boussellam dans Mechetat Zouaoui.

♦ Maestrichtien supérieur – Paléocène (e^3 – C^6) :

Il s'agit de marnes noires indifférenciées, parfois à boules jaunes. Elles peuvent atteindre 300m d'épaisseur. La série la plus monotone est située au Nord de Sétif. Principalement, elle affleure autour d'El Gassria.

♦ Campanien supérieur et Maestrichtien inférieur (C^{6c}) :

Ce sont des calcaires bien réglés en bancs néritiques riches en débris au Nord devenant lumachéllique à Ouled Sabor.

♦ Campanien à Maestrichtien (C^{5-6d}) :

Ce sont des marnes et calcaires cristallins à débris d'Ostréidés. L'affleurement est à la rive gauche d'Oued Tadjra au centre de la zone d'étude.

♦ Santonien supérieur à Campanien (C^{4-5}) :

Il s'agit de marno-calcaires bien réglés à débris des Huitres et d'Orbitolines roulées, et de Rudiste devenant calcites à Huitres. Ces formations font 70m d'épaisseur environ Djebel Chouaffa à l'Ouest d'El Eulma.

♦ Coniacien basal à Santonien (C^3) :

Il s'agit de marnes grises à Rosalines et marno-calcaires gris en bancs métriques à patine gris bleue ou ocre, à cassure très sombre et à trace d'oxyde de Fer. L'affleurement est dans Kef Laïb au Nord –Est de Constantine de Djebel Chouaffa.

2.3.3. Ensemble allochtone sud- sétifien (Crétacé moyen - inférieur) :

♦ **Cénomaniens – Turonien (C^{1-2}):**

Il est représenté par une barre calcaire avec à la base des alternances de marnes grises à Rotalipores et de Biomicrites. Il affleure au niveau de la lame de Djebel Youssef plus au Sud.

♦ **Vraconien – Cénomaniens inférieurs ($n^6 - C^1$):**

Il s'agit de 150 à 200m de marnes, de calcaires et de Biomicrites. Il affleure plus au Sud de la région.

♦ **Albien (n^{5-6}):**

Il s'agit de 130 à 140m d'une série essentiellement gréseuse à bancs décimétriques ou métriques de grés, de quartzites fins, de grés fins homogènes, de calcaires sparitiques, de biosparites, de dolomies et de minces points marneux ou argileux verdâtres.

♦ **Aptien (Gargassien) (n^5):**

Il s'agit de 250 à 300m de calcaires micritiques bien lités en bancs ne dépassant pas 3m, avec des niveaux marneux minces. Il affleure plus au Sud et dans Mechetet Oum el Adjoul, et M'Zaret Oum el Atache.

♦ **Aptien marneux (n^{5a}):**

Ce sont des marnes jaunes finement sableuses à petites intercalations de biosparites à Orbitolines et de calcaires sparitiques sableux. Un petit niveau affleure à M'Zaret Oum el Atache.

♦ **Barrémien (n^4):**

Il est calcaro-dolomitique et gréseux avec environ 300m d'une série à grosse barre dolomitique. Il affleure au Sud dans Koudiat Toga et Maizila.

♦ **Néocomien (n^3):**

Il est formé de marnes à petits bancs calcaires biodétritiques reposant sur les calcaires massifs jurassiques par intermédiaire d'un hard-ground minéralisé dans Djebel Youssef au Nord – Est où il affleure.

2.3.4. Trias exotique (t, dt) :

Il est très visible sur la route de Guellal – Aïn Oulmène Sud Ouest de Djebel Youssef, c'est un diapir constitué essentiellement de calcaires cristallins dolomitiques sombres en « glaçons », cargneules argiles, gypse rouges, blancs ou roses en amas irréguliers.

2.4. Etude tectonique : (Fig 2.2.1. A et B, 2.2.2. C et D)

2.4.1. Tectonique cassante:

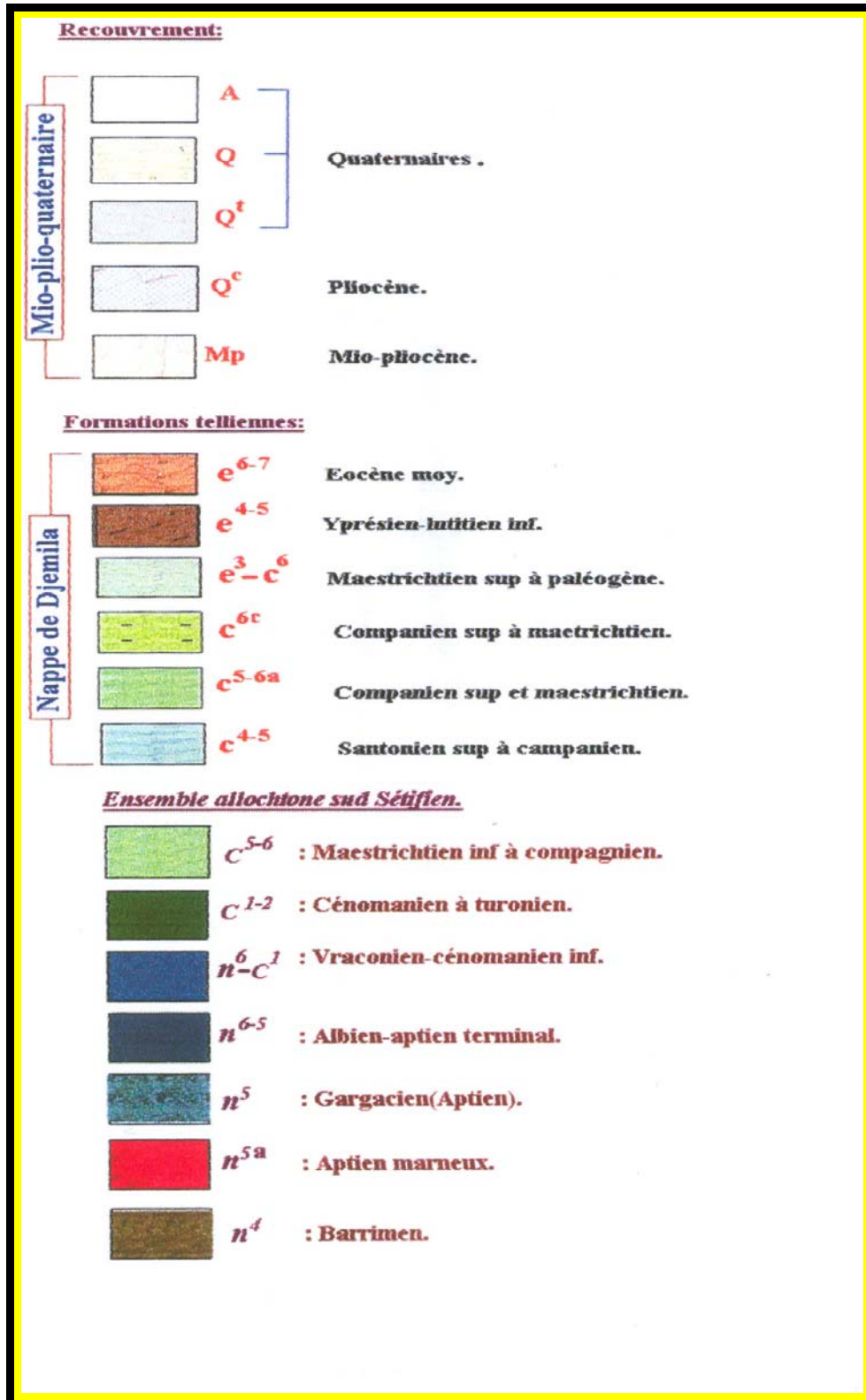
Elle prend sa naissance durant la phase alpine d'âge miocène moyen. Cette tectonique affecte surtout les formations carbonatées et provoque des fissurations et des fracturations. Ces dernières déterminent les directions préférentielles de circulation interne des eaux.

Cette tectonique cassante est très développée dans les formations montagneuses plus au Nord et au Sud de Djebel Youssef. Elle affecte aussi bien les formations du M'Zaret el Adjoul et Oum el Atache dont les directions des failles observées sont la plupart NNW-SSE, et ainsi dans la partie nord où les failles sont de direction NE-SW et EW. Elles sont bien observées au Djebel Ouled Sabor.

D'après les coupes géologiques, les grandes failles sont sub-verticales.

2.4.2. Tectonique souple:

Elle prend naissance à partir de la phase atlasique d'âge Eocène et déterminée la structure et la forme des réservoirs des formations meubles. Le sens d'écoulement des eaux est généralement lié à l'axe des plis.



Légende pour les coupes géologiques (Figure 2.2.1 A et B, 2.2.2 C et D)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

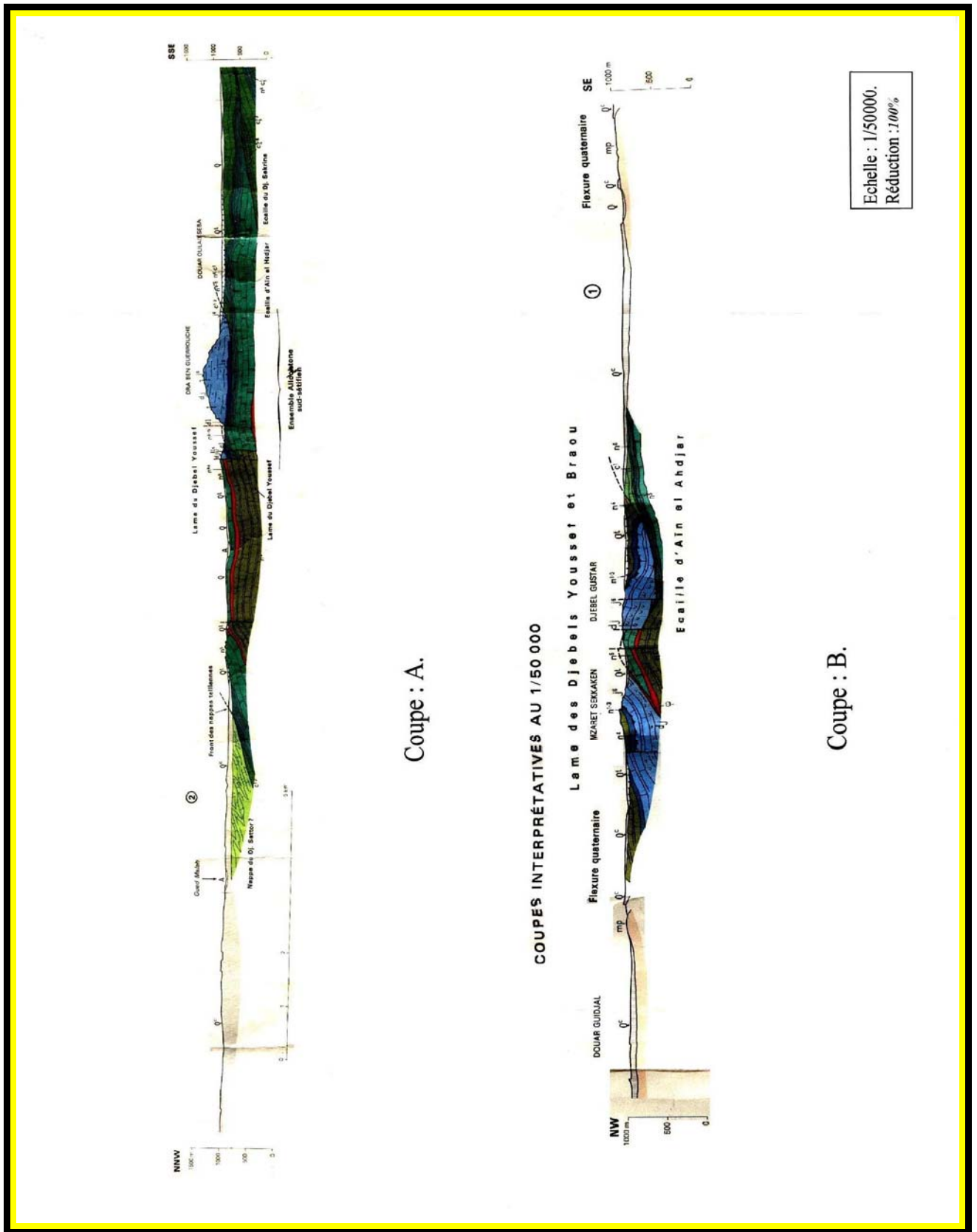


Figure 2.2.2: Coupes géologiques A et B (Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

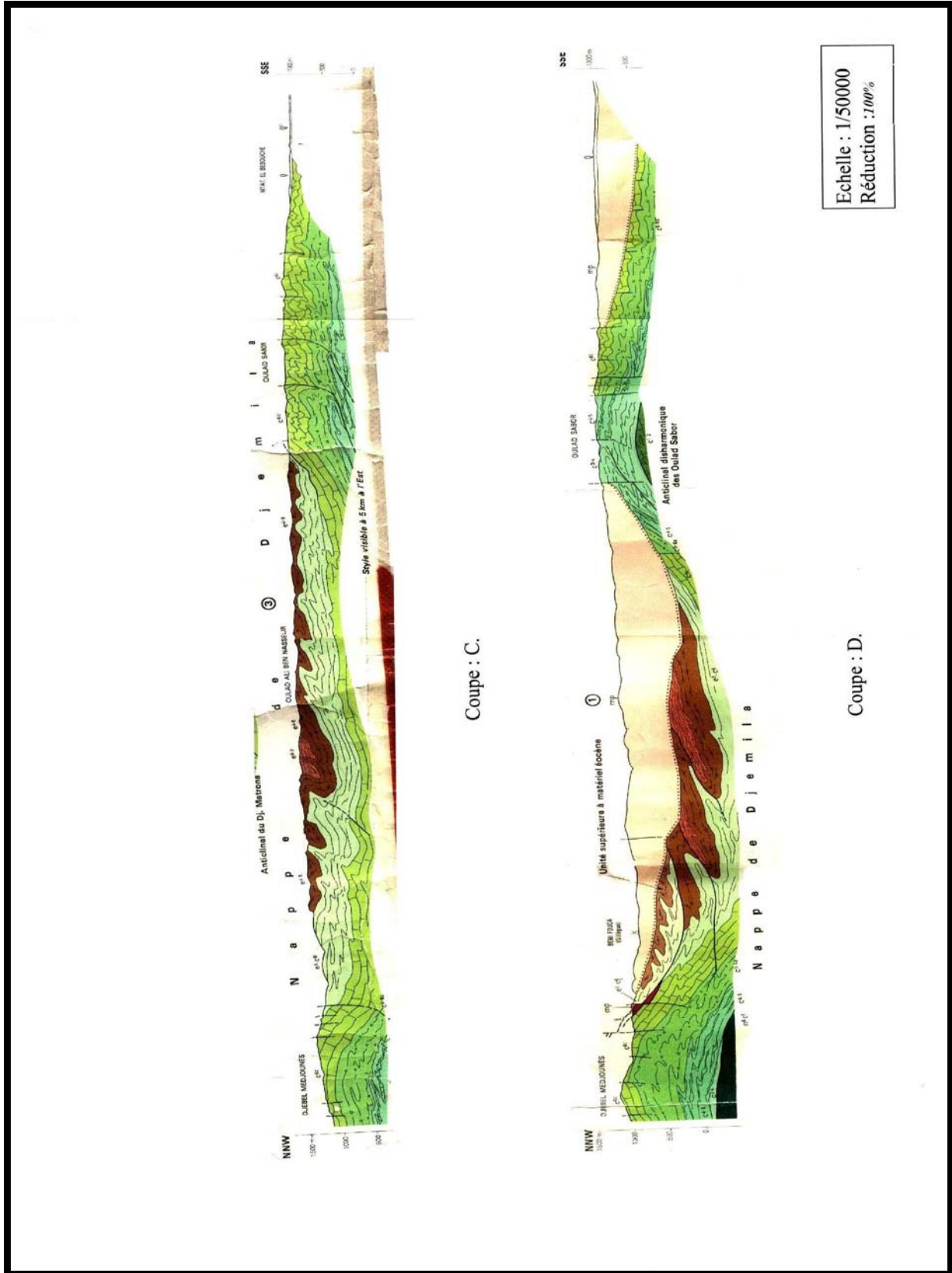


Figure 2.2.2: Coupes géologiques C et D (Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

2.4.3. Charriage et chevauchement :

L'ensemble allochtone sud sétifien est caractérisé par le chevauchement de Djebel Youssef plus au Sud qui cisaille un pli en genou légèrement déversé vers le Sud. La flèche mesurable du chevauchement atteint presque 3Km.

2.5. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique: (Tab 2.1)

En hydrogéologie, l'identification des formations et des structures géologiques permet la détermination :

- 1- Formations favorables aux développements des aquifères ;*
- 2- Formations non favorables aux développements des aquifères.*

2.5.1. Formations non favorables au développement des aquifères :

Ces formations jouent un rôle de barrière (substratum imperméable) en profondeur vis-à-vis à la circulation des eaux souterraines, ce qui favorise le développement des aquifères, ces formations sont :

- les argiles, gypses broyés du Trias ;*
- les marnes à petits bancs calcaires du Néocomien ;*
- les marnes et calcaires marneux du Crétacé moyen et inférieur, les argiles, les marnes, grés, biosparites à mélobésiées de l'Aptien terminal - Albien.*

2.5.2. Formations favorables au développement des aquifères :

➤ Formations favorables au développement des aquifères poreux :

Elles sont liées à une perméabilité en petit et comportant des pores interconnectés constituant un milieu continu.

La majorité de ces formations sont du Mio-plioquaternaire couvrant des surfaces importantes dans la zone d'étude et sont les suivantes :

Log Stratigraphique	Unité	Système et sous-système	Etage et sous-étage	Symbole	Lithostratigraphie	Epaisseur (m)	Affleurement	Perméabilité relative	Hôte géologique
	Recouvrement, (Formations peu ou pas tectonisées)	Quaternaire		A	Alluvions récentes	/	développé le long des oueds	perméable Imperméable	Mio - plioquaternaire
				Q	Terre arables, alluvions anciennes et Quaternaires indéterminées	/	Surtout développé dans la moitié sud de secteur.		
				Q ^t	Glacis polygéniques, Nappant les reliefs	/	principalement plus au sud, et aux alentours de bled Ouia El Adjouf et Mzaret oum El Ateche.		
				Q ^c	Sols à croûtes et calcaires lacustres	10-20	dans la majorité de la zone d'étude		
				MP	Sables, limons, graviers, calcaires lacustres rougeâtres, conglomérats		Principalement au Nord de la zone d'étude		
		Mio - pliocène continentale			Argiles rougeâtres	/			

↑ ↓

Eocène inférieur et moyen		Yprésien- Lutétien inf.		C4-5d - e4-5		Calcaires bitumineux blancs à cassures noires et silex noire à débris, Et abondant débris,		/ 200		A la berge gauche de l'Oued Bou Seifam et plus Nord de Sétif centre,		perméable	
Finie crétacé paléogène		Maastrichtien sup à paléogène,		e3-c6		Marnes noire indifférenciés à boules jaunes,		300		Au tour d'El Gessria et plus au Nord de la zone d'étude,		Semi-perméable	
Sénouien sup. - crétacé sup.		campanien sup. et mastrichtien,		C6c		calcaires en bancs métriques riches en débris au Nord, devenant lamarchitiques aux Ouled Saor,		250 à 280		Ouled Saor et principalement au NE de la zone d'étude.		perméable	
		Maastrichtien inf à campanien		C5-6d		marnes et calcaires cristallins à débris d'Ostréidés		100		rive gauche de l'Oued Tadjra		Semi-perméable	
Sénouien sup. - crétacé sup.		Santonien sup. à campanien		C4-5		marnes sombres à boules jaunes		100		au centre de la zone d'étude		Semi-perméable à perméable	
		Cenomanien à Santonien		C3		Marno-calcaires bien régies à débris d'orbitolines toulés et du redusses, devenant calcaires à fibres		70		Djebel Chouaïffa à l'ouest d'el En/ma		Semi-perméable à perméable	
				C3		Marnes grises à rosaline		70		Kafraïb N-E de Djebel Chouaïffa		Semi-perméable	

↔

Ensemble allochtone sud Sétifien		Complexe aquifère					
	Crétacé moyen	Cénomannien à turonien	C ¹⁻²	Barres calcaires avec intercalations marneuses à la base	150-200	plus au sud dans Djebel Youssaf	Perméable
	Crétacé moyen inférieur	crétacé - cénoomanien inf	n ^{6-C}	marne claires et biomnicrites	150-200	plus au sud dans Djebel Youssaf	Perméable
	Crétacé inférieur	Albien - aptien terminal	n ⁶⁻⁵	Argiles et marnes	130-140	/	Semi-perméable
		Gargasien (septien)	n ⁵	calcaires à Orbitolines	250-300	Machtet Oum El Ajour, Mzaret Oum El Ateche et plus au sud	Perméable
		Aptien marneux	n ^{5-a}	marnes jaunes	150	Mzaret Oum El Ateche	Semi-perméable
		Barri mien	n ⁴	calcaires massifs dolomies, marnes et grès	300	plus au sud dans Koudiet Tega	Perméable
		néocômien	n ¹⁻³	Marnes à petits bancs de calcaires	200	Fianc nord du Djebel Youssaf	Semi-perméable
	Trias exotique		t dt	Argiles, gypses broyés et gros grains calcaires dolomitique		S-W de la zone d'étude	hyperperméable
							Substratum

Tableau 2.1: colonne lithostratigraphique et hydrogéologique (extrait de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

-
- *les sables, limon rougeâtres, cailloutis et conglomérat du Mio-pliocène;*
 - *les calcaires lacustres, les sols à croûtes, les cailloutis fluviales du Villafranchien ;*
 - *les glacis polygéniques du Quaternaire ;*
 - *les terres arables, formation de pentes, alluvions anciennes et quaternaires indéterminées ;*
 - *les alluvions récentes ou actuelles.*

➤ **Formations favorables au développement d'aquifère karstique :**

La karstification se fait à partir des actions mécaniques (corrosion) et chimiques (dissolution) des eaux superficielles et souterraines qui rendent les fissures et les fractures des conduites et des cavités de diverses dimensions donnent par conséquence du réservoir d'eau souterraine importante ; ces formations sont les suivantes :

- *les calcaires massifs gris, dolomies, marnes, grés du Barrémien ;*
- *les calcaires micritiques lités avec niveaux marneux de l'Aptien (Gargossien) ;*
- *Et enfin, les calcaires massifs bitumineux blancs a silex de l'Eocène.*

Conclusion :

Pour connaître les formations susceptibles de constituer de bons réservoirs d'eau, on a classé les formations suivant leur perméabilité. Il a été révélé les points suivants :

- *les formations conglomératiques du Mio-pliocène, les calcaires lacustres du Villafranchien, ainsi que les formations alluvionnaires du Quaternaire qui recouvrent des surfaces importantes. Ces formations présentent une perméabilité en petit, favorisant le développement d'aquifère poreux;*
- *les formations carbonatées du Crétacé inférieur qui présentent une perméabilité en grand, favorisant le développement d'aquifère karstique;*
- *Les formations marneuses et argileuses du Néocomien, et quelques fois l'Aptien marneux et l'Aptien terminal, et l'Albien qui constituent des barrières étanches vis-à-vis aux circulations des eaux souterraines. Elles jouent un rôle de substratum imperméable.*

La définition des ces différentes formations ainsi que la carte de recouvrement nous permettent d'établir la colonne lithostratigraphique et hydrogéologique de la zone d'étude.

❖ **PARTIE II** : Etude géophysique

Introduction

2.6. Objectif de l'étude

2.7. Répartition des sondages électriques

2.8. Examen des résultats et interprétation

2.9. Interprétation des coupes géoélectriques

2.10. Carte AB= 200m

2.11. Carte du toit du Crétacé inférieur

2.12. Carte du toit du Crétacé moyen et supérieur

2.13. Carte d'exploitation des eaux

Conclusion

Introduction :

La recherche et l'exploitation des ressources hydrauliques souterraines dans une formation géologique donnée sont étroitement liées à la connaissance de la nature géologique des sédiments et leur extension aussi bien horizontale ou verticale (épaisseur).

Une campagne géoélectrique a été réalisée par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G) sur les hautes plaines Sétifiennes en 1972 – 1973 en vue d'examiner les différentes possibilités d'existence d'aquifères dans la région.

2.6. Objectif de l'étude :

La méthode électrique avec les dispositifs quadripôles rectilignes ABMN de Schlumberger a été adoptée.

Les sondages électriques ont été disposés Nord – Sud espacés de 4Km et distants de 2Km.

Les objectifs de cette étude concernent :

- L'identification de la nature des réservoirs superficiels et profonds à travers leurs caractéristiques électriques ;*
- La définition des structures allochtones sous le recouvrement mio-plioquaternaire et étudier l'extension des masses de trias en profondeur et en surface commandant la salinité des nappes ;*
- La localisation des zones d'intérêt hydrogéologique ;*
- Et enfin, la proposition des points d'implantation de forages pour d'éventuelles exploitations.*

Pour mieux comprendre l'apport de cette étude, l'échelle des résistivités suivantes a été adoptée.

Valeurs de résistivités exprimées en Ohm mètre (Ωm) (C.G.G) :

Formations géologiques		Résistivités (Ωm)	
Trias		0,5 - 3	
Formations salées voisines (marnes sénoniennes)		2 – 5	
Crétacé	<i>Inférieur</i>	200 – 500	
	<i>Moyen et supérieur</i>	<i>Calcaires</i>	100 – 200
		<i>Marnes</i>	6 -10
Eocène	<i>Marnes</i>	10	
	<i>Calcaires à silex</i>	100 – 150	
Miocène	<i>Marnes</i>	10	
Pliocène	<i>Limons</i>	10	
	<i>Croûtes</i>	50 -100	
	<i>Cailloutis</i>	15 – 50	
Plio-quaternaire	<i>Marnes et argiles</i>	2 – 10	
	<i>Sables, graviers et sables argileux.</i>	10 – 50	
	<i>Calcaires lacustres et cailloutis</i>	50 -70	

Tableau 2.2 : Echelle des résistivités, d'après la CGG.

2.7. Répartition des sondages électriques : (Fig.2.3)

La zone d'étude rassemble six (06) profils orientés respectivement d'Est en Ouest : K, L, M, N, P et Q et comportant 37 sondages électriques bien disposés, avec des lignes d'injection où $AB = 200m$ et dont la profondeur d'investigation (PI) est donnée par la formule suivante : $(AB/4) - (AB/12)$ est de l'ordre de 33,33m.

2.8. Examen des résultats et interprétation :

L'étude réalisée par la CGG a permis d'établir :

- Sept (07) coupes géologiques ;
- Carte de résistivité en ligne $AB = 200m$;

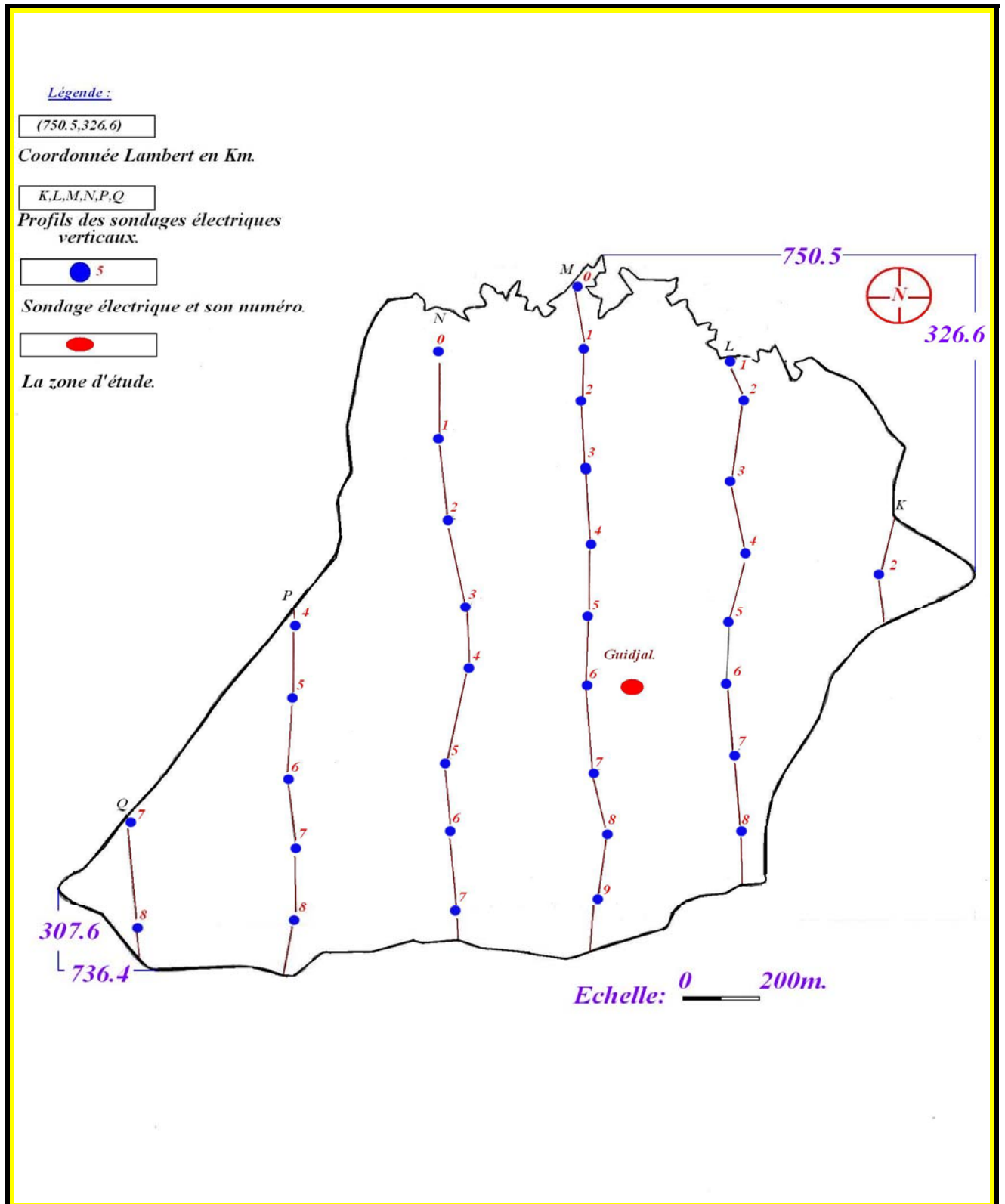


Figure 2.3: Carte de répartition des sondages électriques (D'après C.G.G:1972,73).

- Carte du toit des calcaires du Crétacé inférieur ;
- Carte des horizons résistants du Crétacé moyen et supérieur ;
- Et enfin, on propose une carte d'exploitation des eaux de l'aquifère profond.

2.9. Interprétation des coupes géoélectriques : (Fig.2.4 ($a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$))

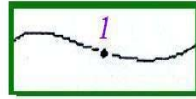
Les résultats de la prospection électrique dans la zone d'étude sont mentionnés dans le tableau (2.3).

La zone d'étude est traversée par sept (06) coupes géologiques qui sont : K, L, M, N, P et Q, disposés suivant une direction : Nord- Sud et d'Est en Ouest. Ces coupes ont été effectuées à l'échelle horizontale au 1/50.000^{ème} et à l'échelle verticale au 1/10.000^{ème}.

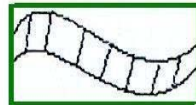
L'étude de ces coupes géoélectriques a permis de montrer la présence :

- D'une épaisseur très variée des formations résistantes d'une coupe à une autre, il s'agit de 20m pour Q₃, 40m pour M₄, M₅ et M₆, 120m pour M₁ 250m pour K₁ et s'étale pour atteindre 1000m pour M₁₀ au niveau du Djebel Youssef, 730m pour N₆. Par contre, l'épaisseur des formations conductrices est de 15m pour M₁₁, Q₅ et Q₆, 40m pour P₂, L₃, K₇, L₉ et s'étale pour atteindre 470m pour L₇, Q₆ et 750m pour K₄.
- D'une puissante masse conductrice qui a été attribuée au Trias (plus de 500m), c'est le cas des coupes K, L, M, N, P et Q à l'exception K₃ et K₄ où le Trias atteint les 250m et également aux formations sénoniennes et parfois cénomaniennes (marnes) salées dont la résistivité est de (6 -10Ωm) pour les coupes K, L, M, N, P et Q.
- Un niveau peu profond d'une résistivité varie entre 100 à 200Ωm dans le cas de M₁, M₂, K₂, L₃, P₁ et P₁₃.
- Un niveau profond très résistant (100 - 500Ωm) voire même plus de 500m c'est le cas de N₈, dessinant des synclinaux en profondeur dans le cas de L₇ et M₇; il peut apparaître en surface sous forme de Djebel (Djebel Youssef) attribué au Jurassique et au Crétacé inférieur et moyen.

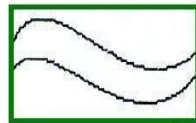
Légende:



: Sondage électrique et son numéro.



: Formation résistante.



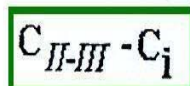
: Formation conductrice.



: Toit des calcaires Crétacé.



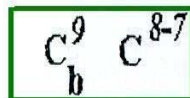
: Faille ou plan du chevauchement.



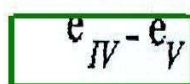
: Crétacé inférieur.



: Crétacé moyen.



: Crétacé supérieur



: Eocène.

Echelle verticale : 1/10 000

Echelle horizontale : 1/50 000

Légende des coupes géoélectriques
(D'après C.G.G:1972,73).

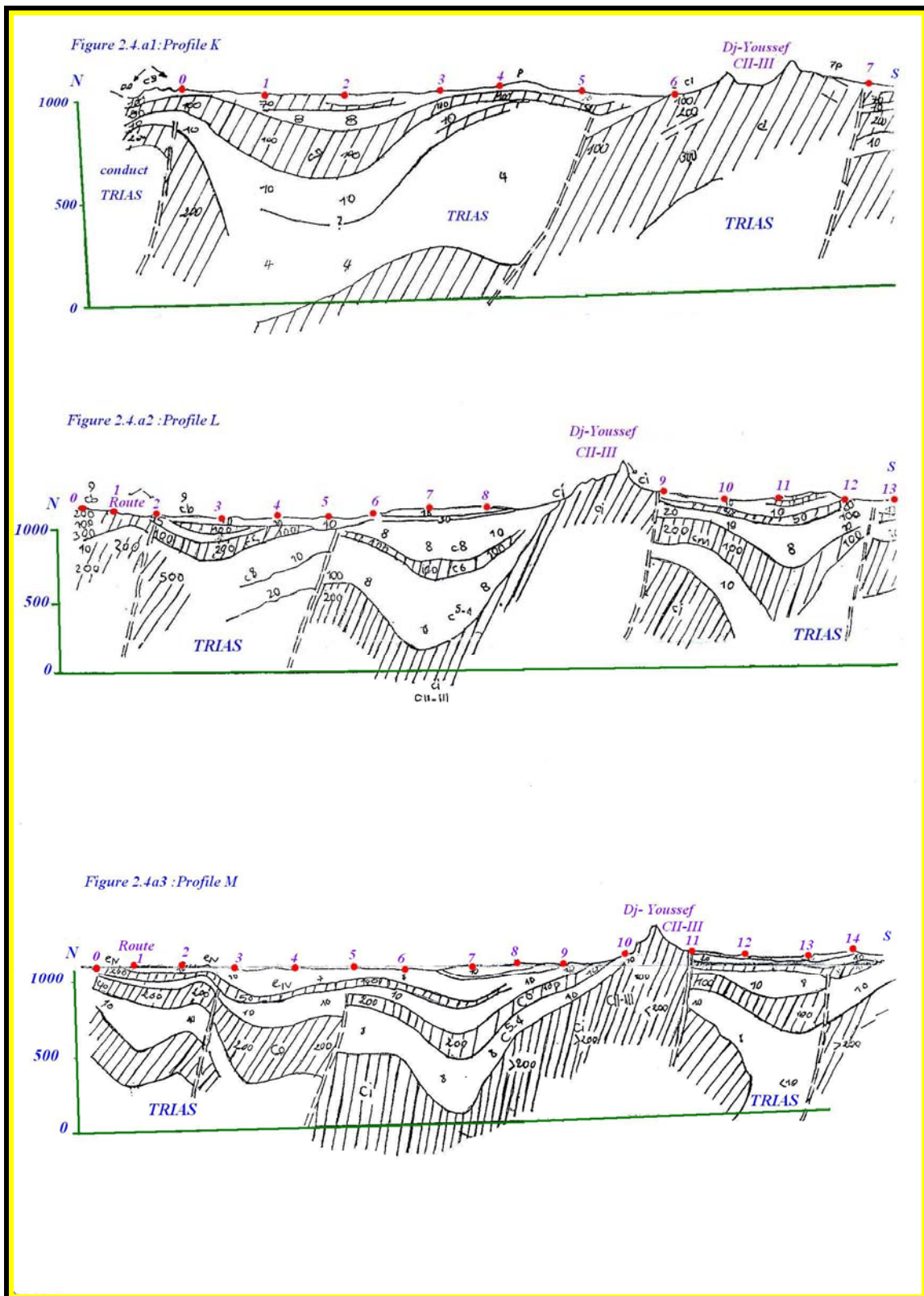


Figure 2.4.a: Coupes géoelectriques K.L et M (D'après C.G.G:1972,73).

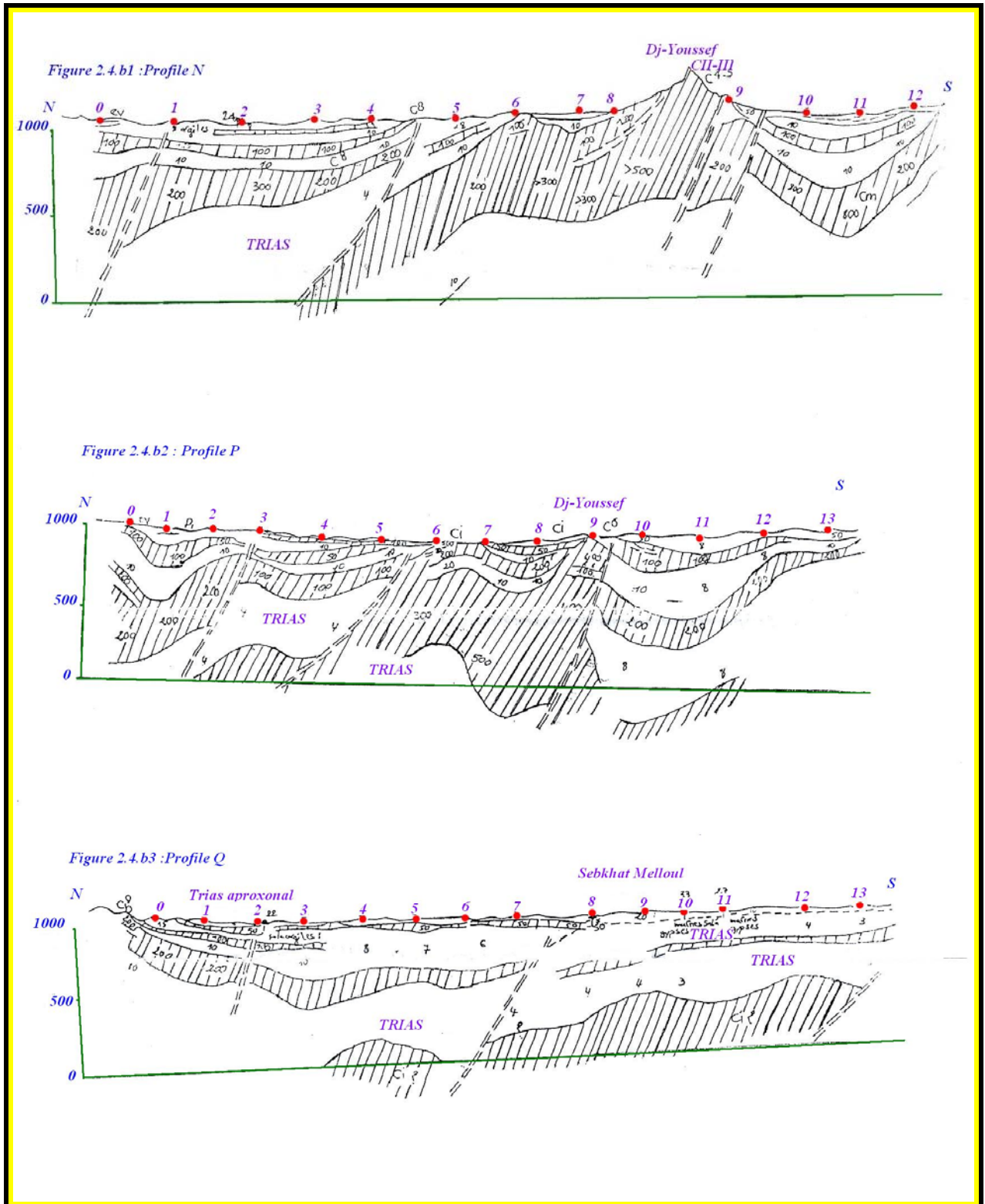


Figure 2.4.b: Coupes géoélectriques K.L et M (D'après C.G.G:1972,73).

Profil	Mesures	Carte AB 200m	Crétacé inférieur		Crétacé moyen et supérieur	
	Sondages	Résistivité (Ωm)	Altitude (m)	Toit (m)	Altitude (m)	Toit (m)
K	S_0	10,5	/	/	+ 830	100
L	S_0	/	/	/		
	S_1	45	/	/	+ 920	100
	S_2	55	/	/	+ 850	220
	S_3	28	/	/	+ 890	50
	S_4	26	/	/	/	/
	S_5	12	/	/	/	/
	S_6	14	/	/	/	/
	S_7	23	/	/	+ 650	330
	S_8	22	+ 340	640	+ 680	300
M	S_0	100	/	/	+ 1300	60
	S_1	30	/	/	+ 930	150
	S_2	21	/	/	+ 920	130
	S_3	11	/	/	700	300
	S_4	7,5	/	/	+ 650	370
	S_5	12	/	/	/	/
	S_6	8	/	/	+ 820	160
	S_7	16	+ 700	900	+ 700	300
	S_8	14	+ 500	470	+ 130	200
	S_9	19	+ 680	280	+ 880	70
	S_{10}	/	+ 960	10		
N	S_0	12	/	/	+ 720	350
	S_1	7	/	/	+ 780	260
	S_2	7,5	/	/	+ 720	270
	S_3	10	/	/		
	S_4	13	/	/	/	/
	S_5	21	+700	200	/	/
	S_6	140	+ 960	0	/	/
	S_7	16	+ 850	100	/	/
	S_8	/	+ 960	20	/	/
P	S_4	19	/	/	+730	250
	S_5	25	/	/	/	/
	S_6	16	+ 920	20	+ 920	20
	S_7	34	+ 860	70	+ 860	70
	S_8	28	+ 800	140	+ 800	140
Q	S_7	19	/	/	/	/
	S_8	20	/	/	/	/

Tableau 2.3 : Résultats des prospections électriques.

La zone d'étude est traversé par six (06) coupes géoélectriques qui sont: K, L, M, N, P et Q, disposés suivant une direction Nord-Sud et d'Est en Ouest. Ces coupes ont été effectuées à l'échelle horizontale au 1/50 000^{ème} et à l'échelle verticale 1/10 000^{ème}

L'étude de ces coupes géoélectriques a mis en évidence quelques grands accidents ou chevauchements se traduisant fréquemment par la remontée des masses triasiques conductrices qui se mettent en contact avec les formations résistantes. C'est le cas des profils K₀, K₇, L₂, L₉, M₅, M₁₁, N₁, N₃, P₃ et Q₂.

2.10. La Carte d'isorésistivité AB= 200m : (Fig.2.5)

D'après l'échelle des résistivités adoptées, on constate que les formations susceptibles d'être considérées comme aquifères ont une résistivité supérieure à 500Ωm.

La carte d'isorésistivité AB= 200m montre deux zones où la résistivité dépasse les 50Ωm. la première se situe au Nord de la zone d'étude près du massif carbonaté d'Ouled Sabor. La deuxième se situe au Sud de la zone d'étude près du massif du Djebel Youssef. Ces deux zones ont un intérêt hydrogéologique important. La zone centrale (Sud-Ouest de Guidjal) plus qui est à exclure.

2.11. Carte du toit du Crétacé inférieur : (Fig.2.6)

Les calcaires du Crétacé inférieur (Aptien – Barrémien) représentent l'objectif le plus intéressant de la région dans les zones de chevauchement et d'écailles, en dehors du recouvrement triasique.

La zone où cet objectif atteint dans les limites de notre étude est :

- La zone où les calcaires Aptiens supérieurs et Barrémiens sont visibles, moins profonds et plongent jusqu'à des profondeurs de 900m.

On vus la carte du toit du Crétacé inférieur ont été choisis M₉ et N₇ comme ses emplacements des forages proposés en fonction de:

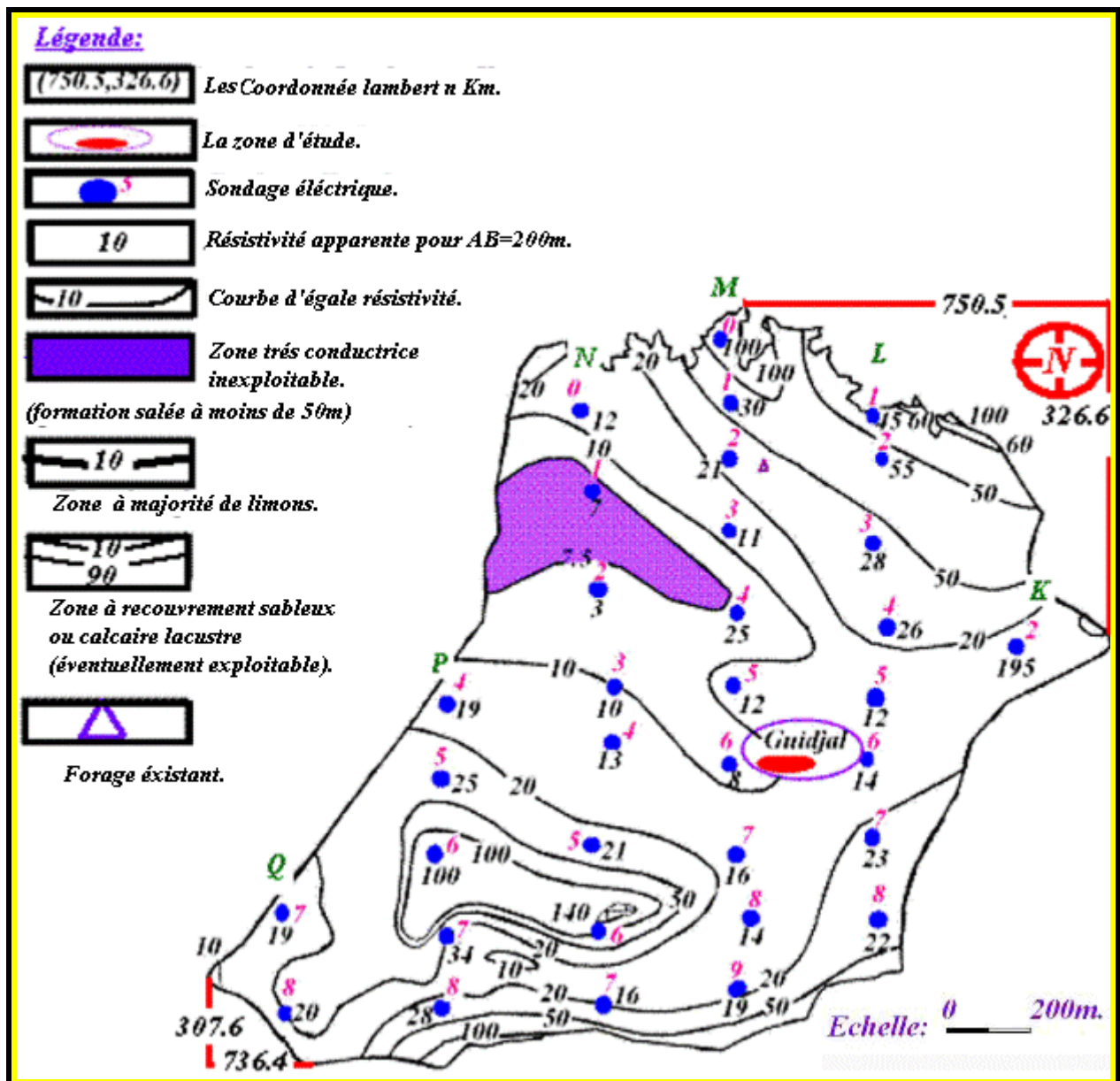


Figure 2.5: Carte de résistivité et des zones d'exploitations en ligne AB=200m
(D'après C.G.G:1972,73)

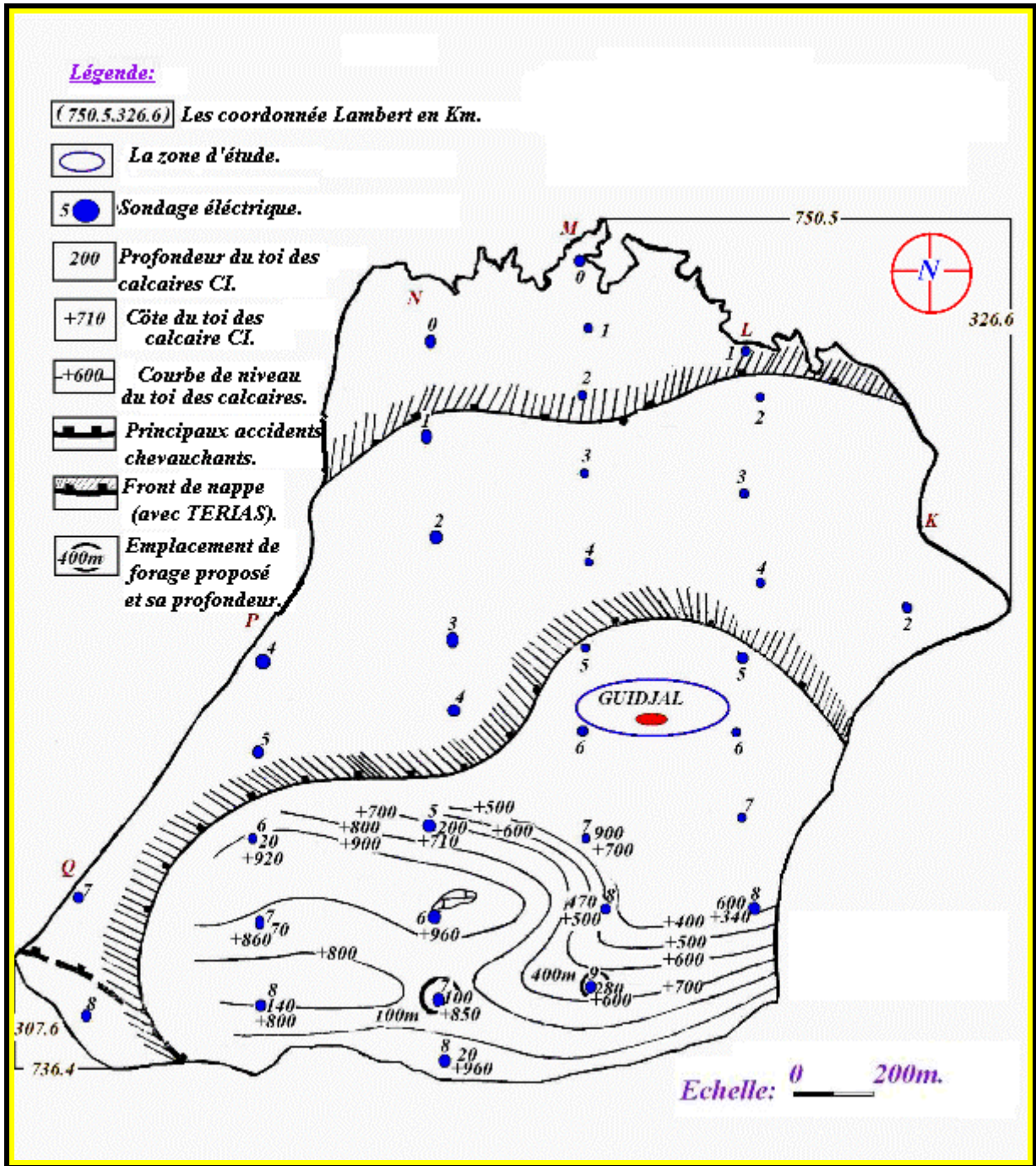
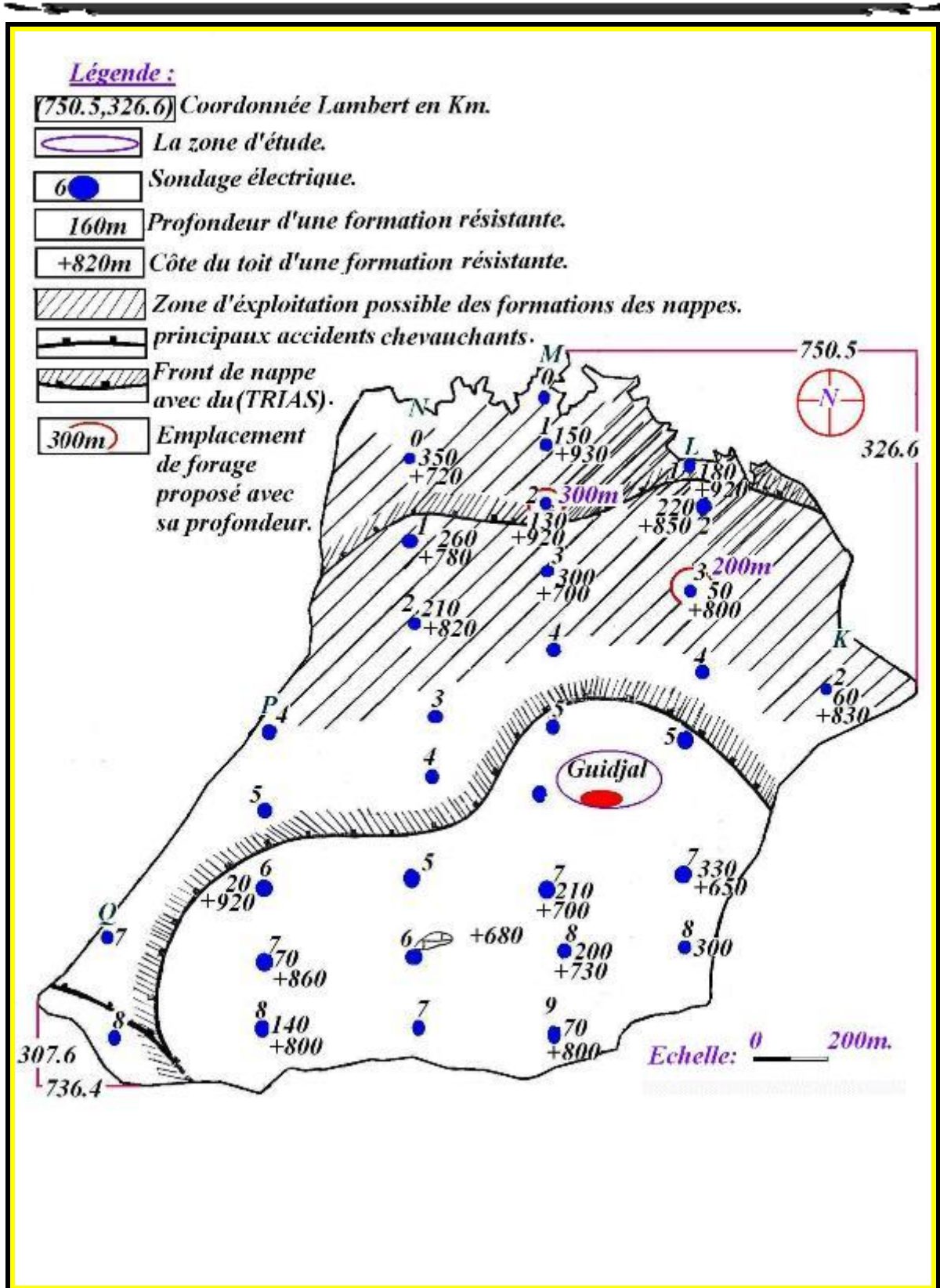


Figure 2.6: Carte du toit des calcaires du Crétacé Inferieur .(D'après C.G.G:1972,73)



▸ *Profondeur relativement faible;*

▸ *Leur situation qui est loin des formations triasiques et est près des formations carbonatées ;*

▸ *Et enfin, épaisseur des horizons aquifères et leur forme (Synclinale).*

2.12. Carte du toit du Crétacé moyen et supérieur : (Fig.2.7)

Cette carte met en évidence les zones d'exploitation possibles. La majorité des sondages électriques effectués montrent une formation très résistante.

L'implantation des zones d'exploitation possible des formations des nappes dans la position L_3 et M_2 pour:

▸ *Eviter l'influence des formations salées triasiques;*

▸ *Profondeur relativement faible;*

▸ *Pour être proche des formations carbonatées;*

▸ *Et enfin, la forme et l'épaisseur des horizons aquifères.*

Pour l'exploitation des zones, il faut prendre en considération :

▸ *Les formations résistantes pouvant recevoir une alimentation ;*

▸ *Les zones qui sont éloignées du Trais et ou elles sont à moins de 500m de profondeur et très épaisses.*

2.13. Carte d'exploitation des eaux : (Fig.2.5)

On peut déduire de la carte d'exploitation des eaux trois zones, et pour une meilleure exploitation :

▸ *La première est située au Nord, de la zone d'étude;*

▸ *La deuxième est située au centre de la zone d'étude;*

▸ *Et la dernière se situe au Sud de la zone d'étude, donc il y a alimentation de l'aquifère superficiel.*

Conclusion :

Dans ce contexte géologique, il est difficile de faire une idée de comportement des eaux profond.

La prospection électrique faite par la CGG dans la zone d'étude, nous a permis :

- *L'identification des aquifères;*
- *La localisation des masses conductrices et des masses résistantes, ainsi que leurs alternances;*
- *L'identification des masses conductrices qui montrent les zones d'imperméabilité et celle du risque de salinité (à côté des puits : 1 ; 2 ; 6 ; 12 ; 13). Ces masses jouent un rôle de substratum pour les formations résistantes;*
- *La localisation des accidents tectoniques et les grandes lignes structurales ainsi que leur rôle dans la contamination des réservoirs par la salinité en contact avec les formations conductrices;*
- *La carte de résistivité en ligne AB=200m a permis de connaître les zones superficielles où les formations sont salées et donc où la couverture mio-plioquaternaire est inexploitable;*
- *Les zones profondes favorables à l'exploitation ont été localisées par:*
 - *La carte du toit des calcaires du Crétacé inférieur (Aptien et Barrémien) ;*
 - *La carte des horizons résistants du Crétacé moyen et supérieur.*
- *Une carte d'exploitation des eaux souterraines a été établie par une éventuelle exploitation :*
 - *La première zone se situe au Nord de la zone d'étude ;*
 - *La deuxième zone se situe au centre de la zone d'étude;**et enfin la dernière zone se situe au Sud de la zone d'étude.*
- *Ces travaux ont permis, en concordance avec la géologie, de prévoir les faciès chimiques des eaux dans la zone d'étude.*



CHAPITRE III

HYDROCLIMATOLOGIE

HYDROCLIMATOLOGIE

CHAPITRE III

Introduction

3.1. Zone d'étude

3.2. Analyse des paramètres climatiques

3.2.1. Précipitation

3.2.2. Température de l'air

3.3. Relation : Précipitation - Température

3.3.1. Méthode d'Euverte

3.3.2. Indice de Demartone

3.3.3. Climagramme d'Emberger

3.4. Bilan hydrologique

3.4.1. Evapotranspiration

3.4.1.1. Evapotranspiration potentielle

3.4.1.2. Evapotranspiration réelle : (ETR)

3.5. Interprétation des résultats

3.6. Paramètres du bilan hydrologique

3.6.1. Ruissellement superficiel

3.6.2. Infiltration

Conclusion.

Introduction :

Dans l'optique de cette introduction hydrologique on s'attachera plus particulièrement à déterminer les apports d'eaux dans la zone d'étude en mettant l'accent sur les quantités d'eaux reçues et les quantités d'eaux perdues par l'évapotranspiration. Donc, il s'agit d'une approche de bilan hydrologique dans cette région.

L'étude climatique est basée sur les données des précipitations et des températures. Elle permet de définir le bilan hydrologique et se basant sur l'évapotranspiration réelle, le ruissellement et l'infiltration. Elle détermine le taux d'infiltration à l'alimentation et au renouvellement des aquifères.

Aperçu sur le climat de l'Algérie :

Etant donnée sans extension en latitude, le territoire algérien touche à plusieurs zones climatiques. Au Nord, il atteint la frange méridionale de la zone tempérée ou le climat et de type méditerranéen.

Vers l'intérieur, le climat méditerranéen se dégrade rapidement et la tendance vers l'aridité s'amplifie, les pluies de la saison froide deviennent insuffisantes et des climats semi-arides et arides apparaissent. Au-delà des chaînes atlasiques, le désert s'installe définitivement précisément au Sud de l'isohyète 100mm

En ce qui concerne la zone d'étude qui fait partie des hauts plains Sétifiennes, le climat est de type méditerranéens et est semi-aride. Il est caractérisé par une saison froide relativement tempéré durant laquelle des perturbations cycloniques apportent des pluies souvent substantielles surtout sur les reliefs, suivis d'une période chaude et sèche.

3.1. Zone d'étude :

La zone d'étude appartient aux hautes plaines sétifiennes, caractérisées par un climat semi aride. Elle fait partie du grand bassin versant de la Soummam selon la codification de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H.) (Fig.3.1). Il s'agit du bassin versant N° 15.

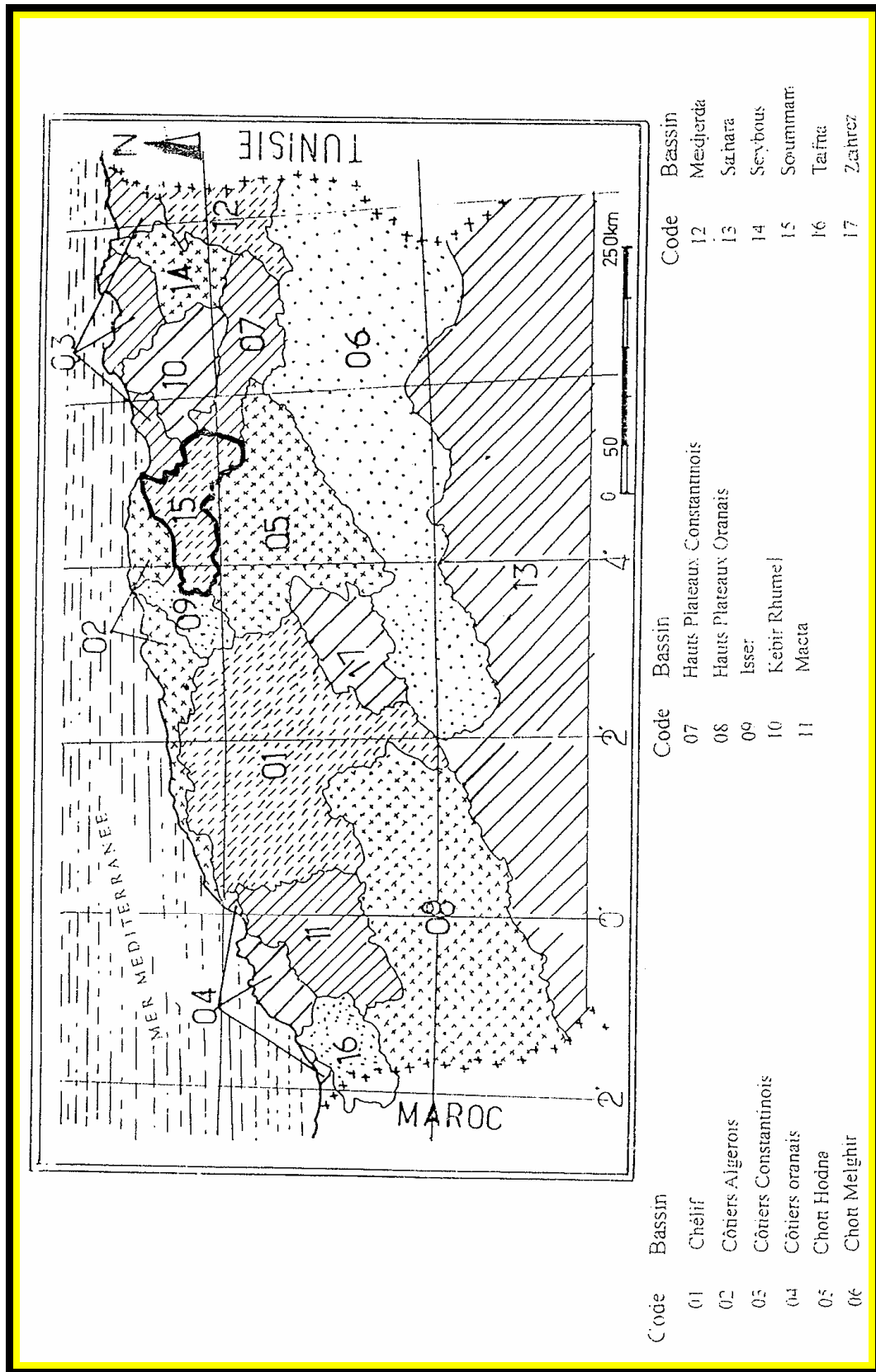
La zone d'étude est située dans le sous bassin de Sétif code 15.06 (Fig.3.2). Pour pouvoir étudier la zone d'étude on s'est référé :

- *à la carte pluviométrique (Fig.3.3) établie par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H) et les données pluviométriques des stations ;*
- *aux données des précipitations de Sétif ainsi que les températures données par l'Office National Météorologique de Constantine.*

Les coordonnées des stations concernées sont présentées dans le tableau suivant :

<i>Code</i>	<i>Station</i>	<i>X (Km)</i>	<i>Y(Km)</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Année d'observation</i>
<i>15.06.12</i>	<i>Sétif</i>	<i>740,10</i>	<i>321,85</i>	<i>5°20' 50'' E</i>	<i>36°10'16''N</i>	<i>970</i>	<i>1985 – 2006</i>
<i>15.06.10</i>	<i>Beni fouda</i>	<i>742,00</i>	<i>328,60</i>	<i>5°36' E</i>	<i>36°19'N</i>	<i>800</i>	<i>1985 – 2006</i>
<i>15.06.13</i>	<i>Guellal</i>	<i>745,75</i>	<i>337,50</i>	<i>5°20' E</i>	<i>36°02'N</i>	<i>908</i>	<i>1985 - 2006</i>

Tableau.3.1 : Coordonnées des stations météorologiques.



Source : A.N.R.H.

Figure 3.1 : grands bassins versants de l'algérie.

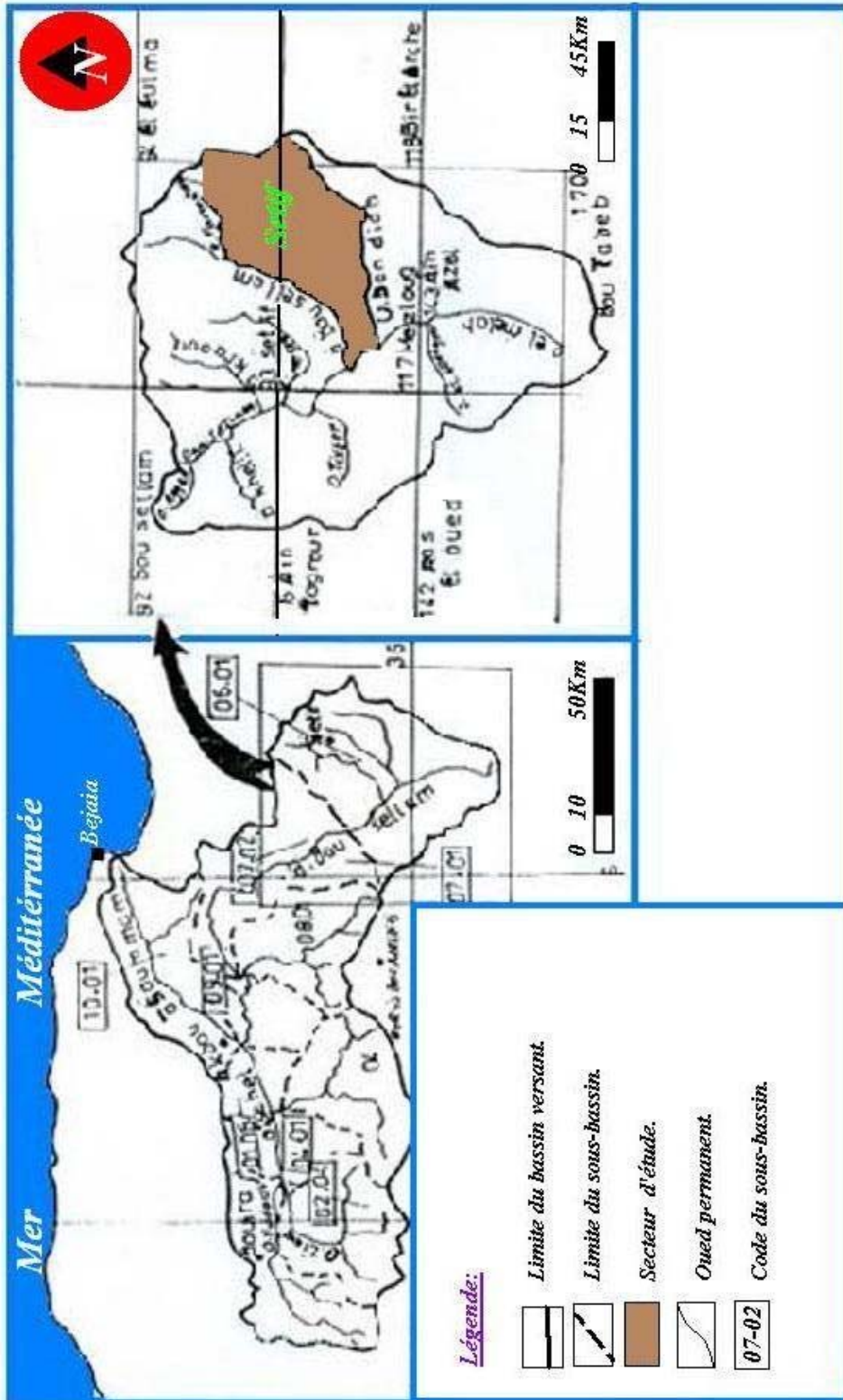
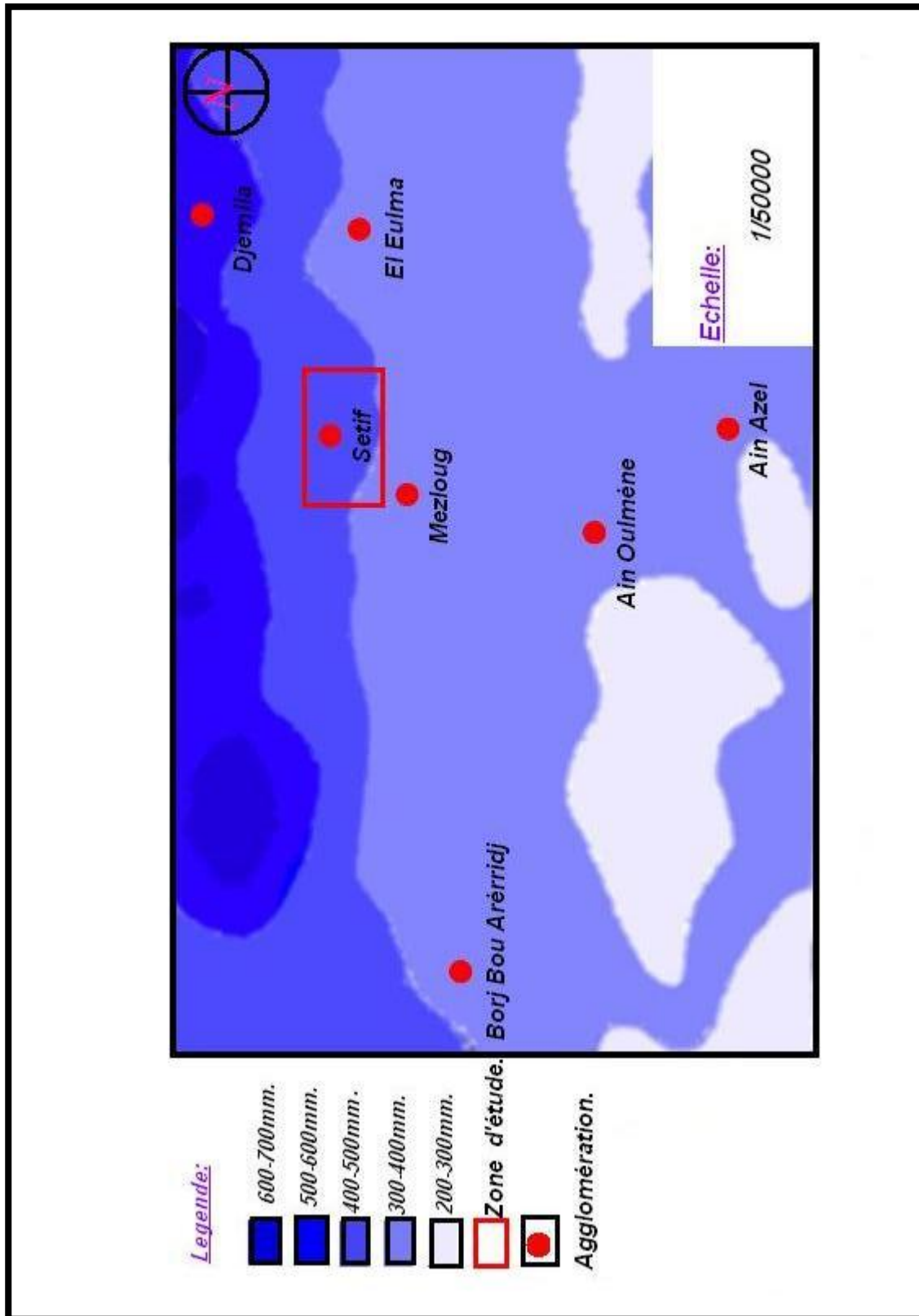


Figure 3.2: Situation du secteur d'étude dans les grands bassins-versants et leurs sous-bassins. Source: A.N.R.H.



Source : A.N.R.H.

Figure 3.3 : Carte pluviométrique (Edition 1992)

3.2. Analyse des paramètres climatiques :

3.2.1. Précipitation : (Fig. 3.4 ; 3.5 et 3.6).

La précipitation est la totalité de lame d'eau quantifiée par la pluviométrie. Elle est d'origine diverse : pluie, neige, grêle, ... etc.

Les données pluviométriques sont représentées dans le tableau (3.2)

Mois Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Année
Sétif	44.4	30.5	38.5	50	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6	399.4
	113.4			121.8			116.3			47.8			mm
	28.39			30.49			29.11			11.96			100%
Beni fouda	32.7	37.7	44.5	78.1	63.0	40.8	41.6	41.7	43.1	15.4	8.6	9.2	456.4m
	149.9			181.9			126.4			24.2			m
	32.84			39.85			27.69			5.30			100%
Guellal	36.5	27.8	31.7	41.5	36.4	26.1	35	32.9	38.3	18.9	9.3	14.3	348.7m
	96			104			106.2			42.5			m
	27.53			29.82			30.45			12.18			100%

Tableau.3.2 : Précipitations mensuelles et saisonnières – période récente (1985 – 2006).

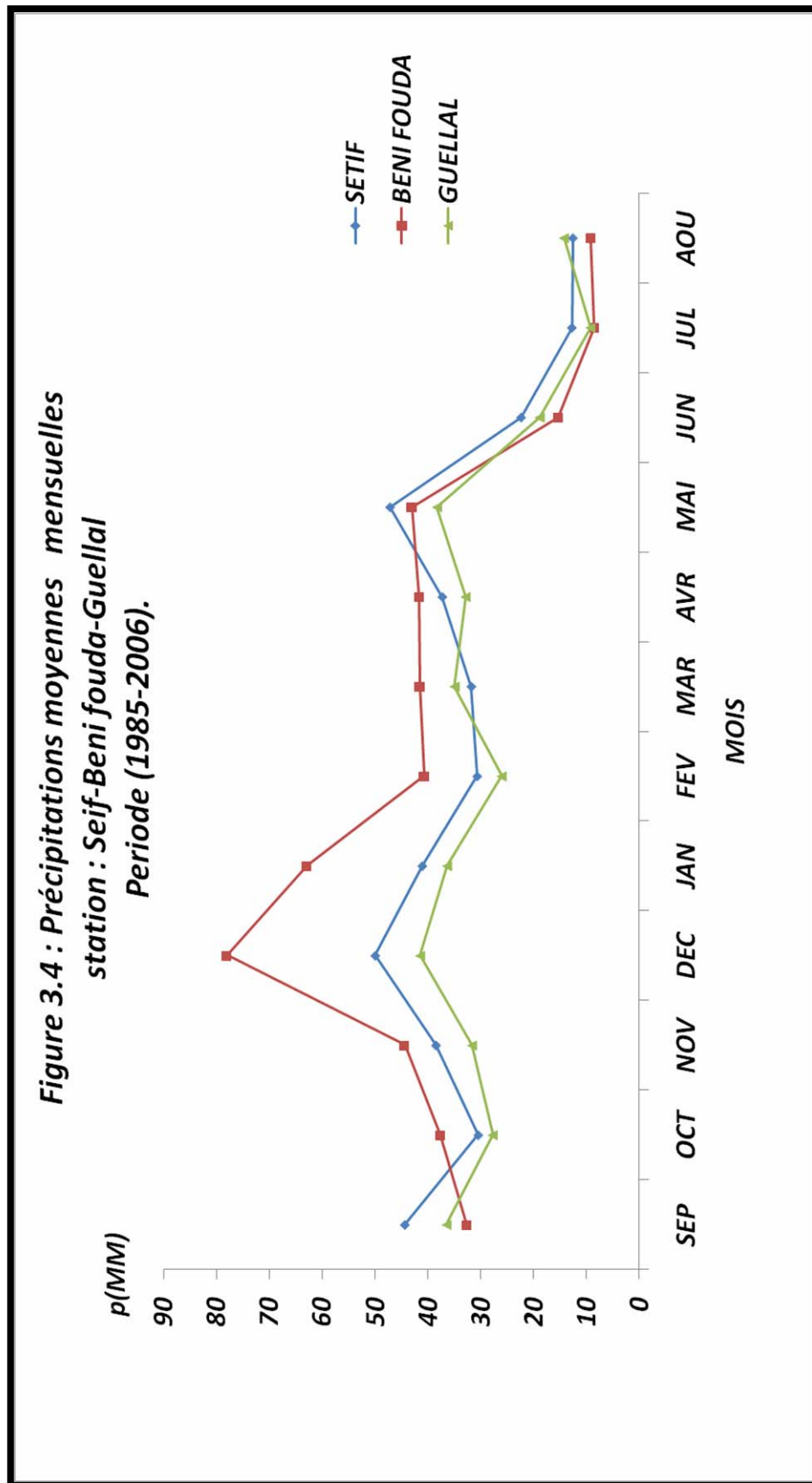
Les figures 3.4 et 3.5 montrent les variations des précipitations moyennes, mensuelles et saisonnières respectivement durant la période récente (1985–2006) :

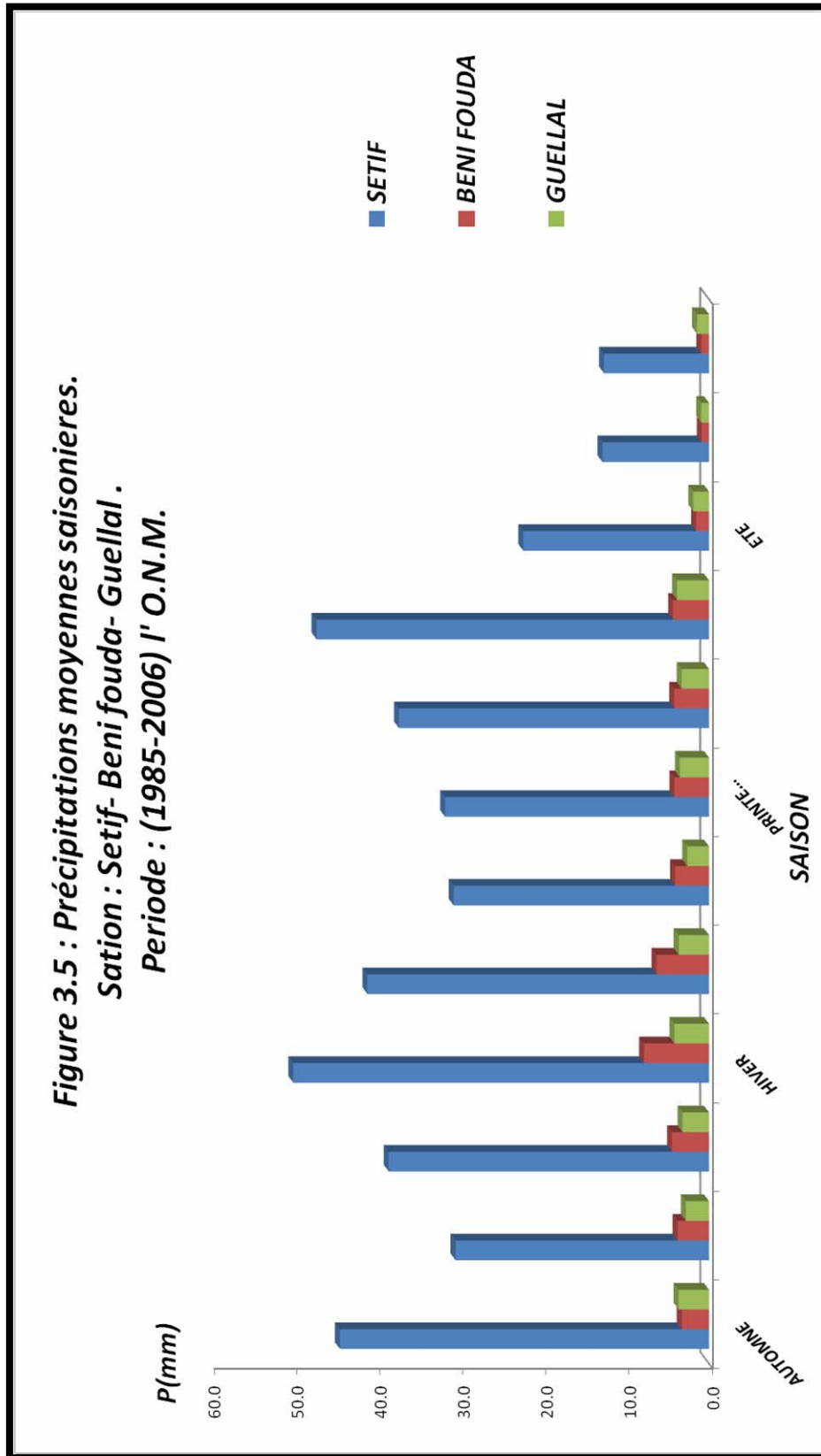
☞ Le maximum des précipitations moyennes mensuelles observé est :

- 50mm à Sétif durant le mois de Décembre ;
- 78,1mm à Beni fouda durant le mois de Décembre ;
- 41.5mm à Guellal durant le mois de Décembre.

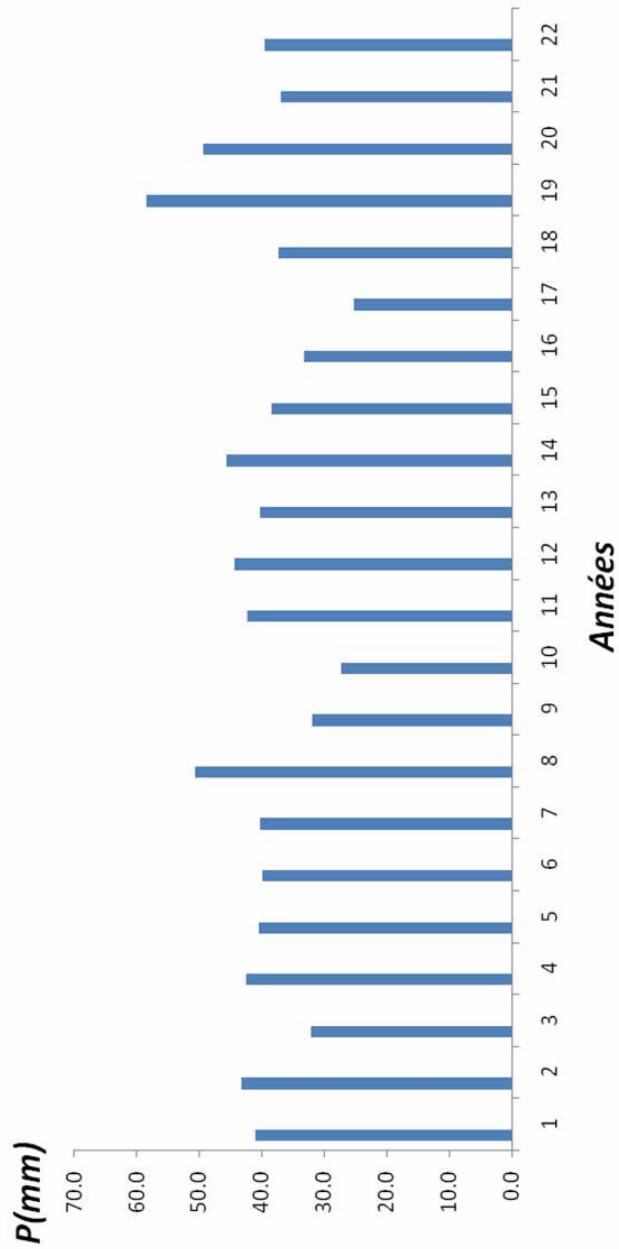
☞ Le minimum des précipitations moyennes mensuelles observé est :

- 12.6mm à Sétif durant le mois d'Août ;
- 8.6mm à Beni fouda durant le mois de Juillet ;
- 9.3mm à Guellal durant le mois de Juillet.





**Figure 3.6: précipitation annuelles station de Setif
periode: (1985-2006) L'O.N.M.**



☞ Pour le régime saisonnier, la saison la plus pluvieuse est l'hiver pour les stations de Sétif et Beni fouda est printemps pour Guellal avec :

- 121.8mm à Sétif;
- 181.9mm à Beni fouda;
- 106.2mm à Guellal.

☞ La saison la plus sèche est l'été avec :

- 47.8mm à Sétif;
- 24.2mm à Beni fouda;
- 42.5mm à Guellal.

✓ Commentaire de la figure 3.6 :

Durant la période d'observation, il est important de noter que le régime pluviométrique de la zone d'étude du type multimodal et l'année pluvieuse est représentée par la colonne 2003.

3.2.2. Température de l'air : (Fig.3.7)

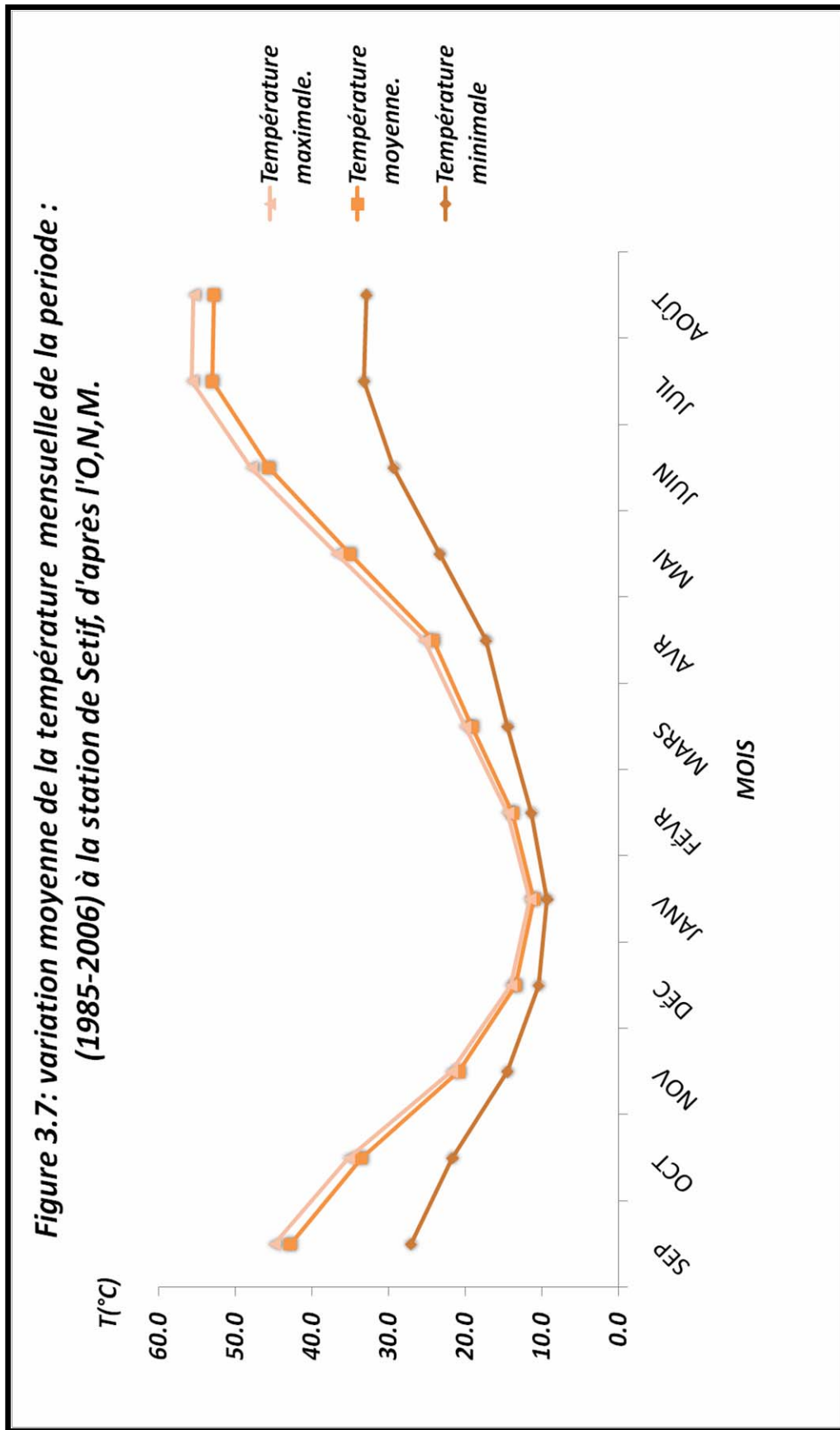
La température de l'air est un paramètre ayant une grande influence sur le bilan hydrologique. Il conditionne l'évapotranspiration.

Le tableau 3.3 montre les variations de la température moyenne mensuelle à la station de Sétif durant la période 1985 – 2006

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			moy
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aoû	
Max	27.1	21.7	14.5	10.4	9.3	11.4	14.5	17.3	23.3	29.3	33.2	32.9	20,4
Min	15.7	11.9	6.3	3.0	1.7	2.4	4.6	6.9	11.7	16.3	19.8	19.9	10.01
(max+min)	21.4	16.8	10.4	6.7	5.5	6.9	9.55	12.1	17.5	22.8	26.5	26.4	15.21
2	16.2			6.36			13.03			25.23			

Tableau 3.3 : Températures moyennes mensuelles à Sétif (1985- 2006).

- Max : désigne la température moyenne mensuelle des maxima, (°C) ;
- Min : désigne la température moyenne mensuelle des minima, (°C) ;
- (Max + Min /2) : désigne la température moyenne mensuelle (°C).



Selon le tableau 3.3, la température moyenne de l'été est de 25.23°C et celle de l'hiver est de 6,36°C.

▸ Les températures atteignent le maximum au mois de Juillet à environ 33.2°C, et leur minimum au mois de Janvier à environ 1.7°C (Fig.3.7) ;

▸ La température moyenne durant la période d'observation (1985 – 2006) est de l'ordre de 15.21°C. (Fig.3.7).

3.3. Relation : Précipitation - Température

Le diagramme ombrothermique est établi selon la méthode de Gaussen et Bagnouls et dont les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations (Tab.3.4).

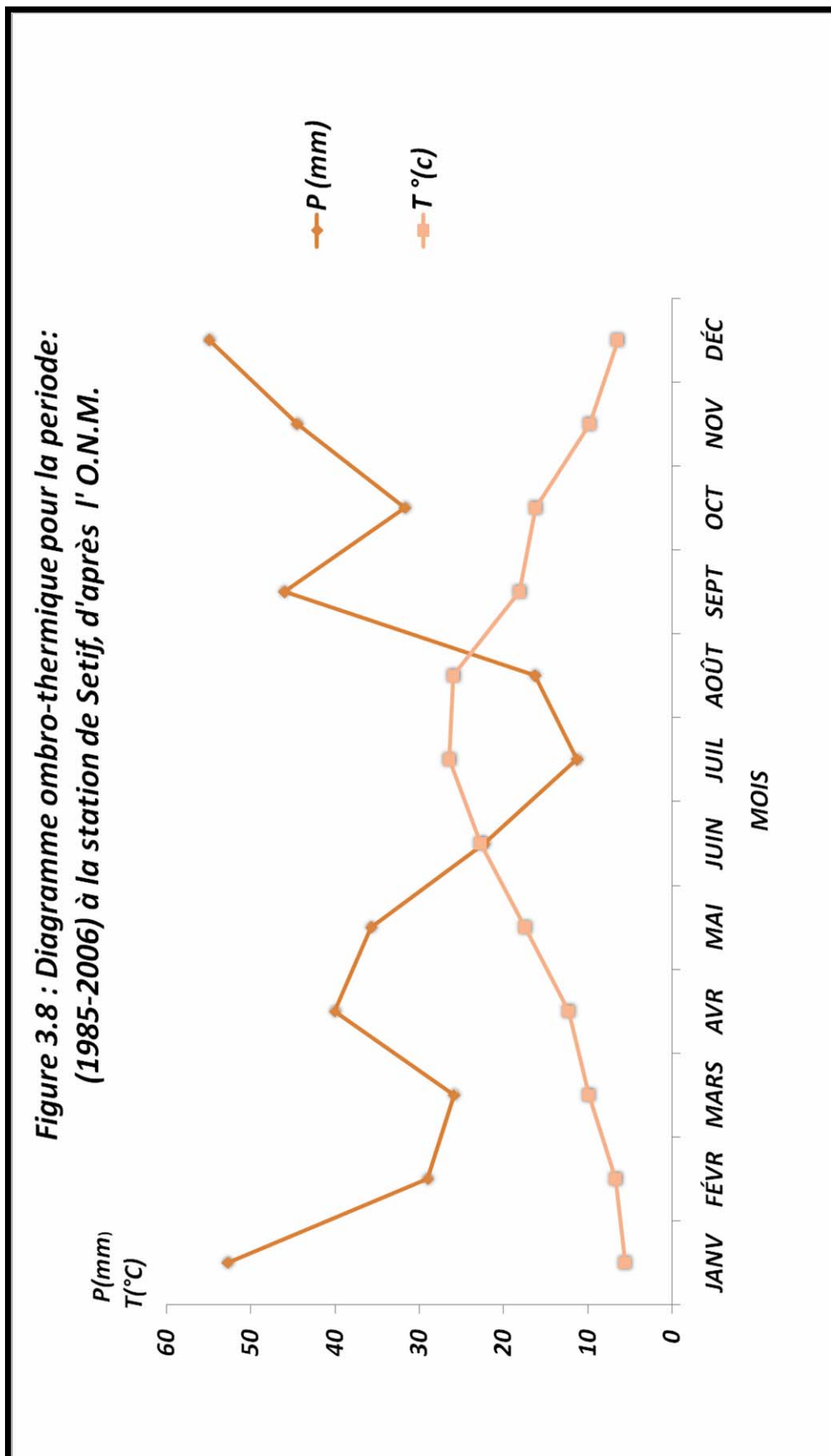
Cela permet de déterminer la période sèche durant laquelle la moyenne mensuelle des précipitations du mois est inférieure ou égale au double de la température ($P \leq 2T$) (Fig.3.8)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aoû
P (mm)	44.4	30.5	38.5	50	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6
T (°C)	21.4	16.8	10.4	6.7	5.5	6.9	9.55	12.1	17.5	22.8	26.5	26.4

Tableau 3.4 : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et de température à la station de Sétif (1985 – 2006).

D'après le diagramme ombrothermique quatre (04) valeurs dont ($P \leq 2T$), correspondant aux mois : mi- Jui jusqu'à mi-October.

De ce fait la période déficitaire en eau afin de pouvoir répondre aux besoins en eau d'irrigation s'étale de : mi- Jui jusqu'à mi-October. (Fig.3.8)



3.3.1. Méthode d'Euverte :

Cette méthode consiste à l'établissement des rapports :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû
P (mm)	44.4	30.5	38.5	50	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6
T (°C)	21.4	16.8	10.4	6.7	5.5	6.9	9.55	12.1	17.5	22.8	26.5	26.4
P/T	2.07	1.81	3.70	7.46	7.47	4.44	3.32	3.08	2.69	0.98	0.48	0.47

Tableau.3.5 : Valeur du rapport (P/T) à la station de Sétif (1985 -2006).

Où :

- P : désigne la précipitation moyenne mensuelle en mm ;
- T : désigne la température moyenne mensuelle en °C.

Si :

- $P/T < 1$: Le régime est très sec ;
- $1 < P/T < 2$: Le régime est sec ;
- $2 < P/T < 3$: Le régime est sub-humide;
- $P/T > 3$: Le régime est humide.

D'après le tableau 3.5, le régime est sec durant la période de Jui. à la fin Octobre à l'exception le mois de septembre.

3.3.2. Indice de Demartone :

Demartone a défini un indice d'aridité (A) en se basant sur le régime des précipitations des températures comme suit :

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

Où :

- P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm ;
- T : désigne la température moyenne mensuelle en °C.

A la station de Sétif :

$$\left. \begin{array}{l} P = 399.4\text{mm} \\ T = 15.21^\circ\text{C} \end{array} \right\} A = 399.4 / (15.21 + 10) \Rightarrow A = 15.84$$

La valeur de A est comprise entre 10 à 20 et selon la classification Demartone, il s'agit d'un régime semi-aride, lié à la répartition saisonnière des températures et des précipitations.

3.3.3. Climagramme d'Emberger :

Le climagramme d'Emberger est un abaque comportant :

⇒ En ordonnée, les valeurs de Q2, données par la relation :

$$Q2 = 2000 [P/(M^2 - m^2)]$$

Où :

- P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm ;
- M : désigne le maximum du mois le plus chaud en degré Kelvin (°K) ;
- m : désigne le minimum du mois le plus froid en degré Kelvin (°K)

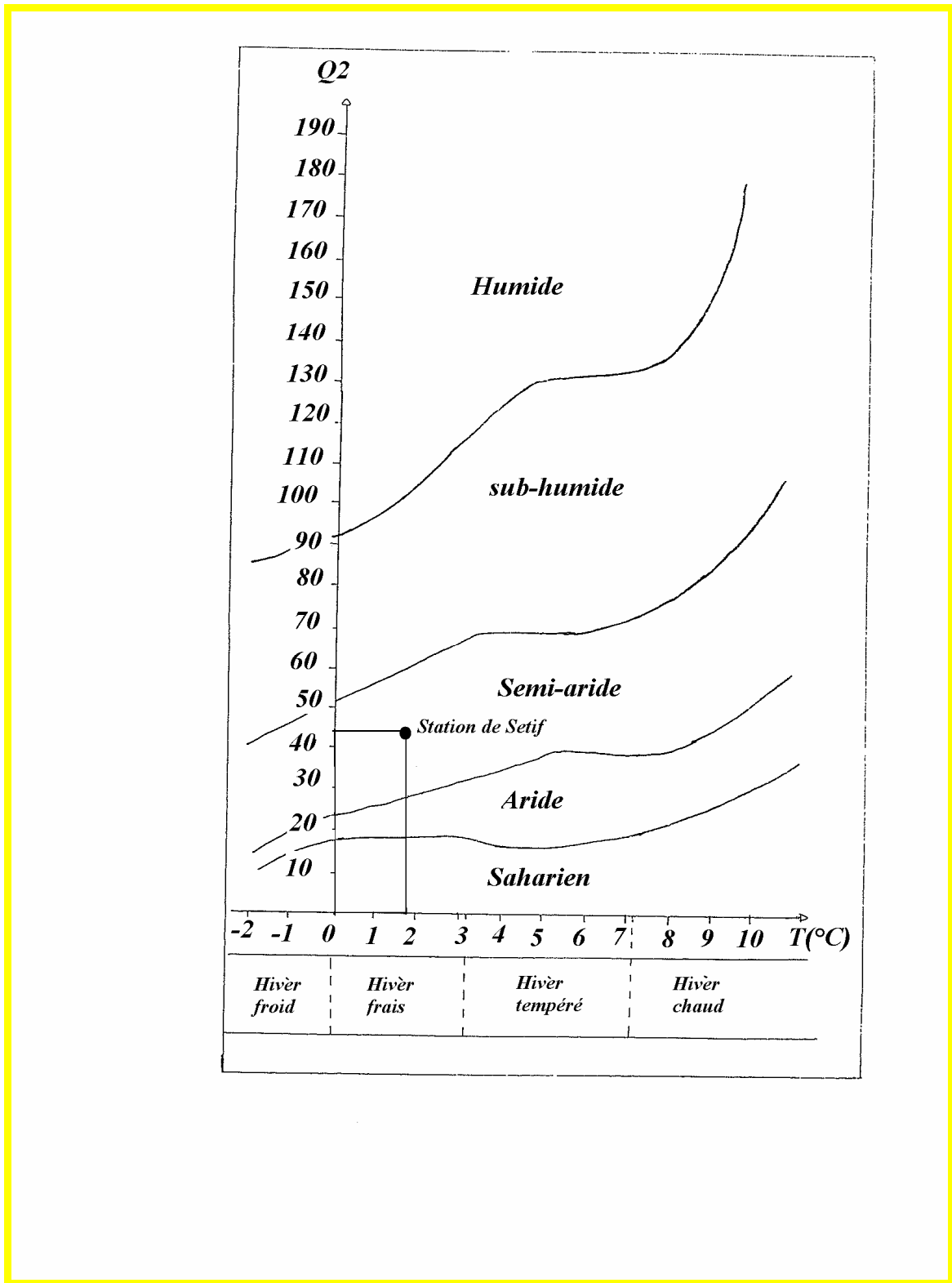
$$\text{avec } T (^{\circ}\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

A la station de Sétif :

$$\left. \begin{array}{l} \text{▸ } P = 399.4\text{mm} \\ \text{▸ } M = 33.2 + 273,15 \Rightarrow M = 306,35^{\circ}\text{K} \\ \text{▸ } m = 1,7 + 273,15 \Rightarrow m = 274,85^{\circ}\text{K} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Rightarrow Q2 = 2000 [399.4/((306.35)^2 - (274,85)^2)] \\ \Rightarrow Q2 = 43,63 \end{array}$$

⇒ En abscisses, il s'agit de reporter les valeurs de la température moyenne des minima de la saison froide qui est de 1,80°C.

Le point obtenu de coordonnées 1,7 ; 43,63, montre que le climat à la station de Sétif est du type semi-aride (Fig.3.9) ; cela est concordant avec l'indice de Demartone.



Source : A.N.R.H.

Figure 3.9: Climagramme de l'EMBERGER.

3.4. Bilan hydrologique :

Le bilan hydrologique permet d'évaluer la répartition des précipitations entre leurs paramètres (pluies, neige, etc).

Ainsi les réserves d'eaux emmagasinées dans la zone d'étude.

Le bilan est établi selon la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

Où :

- *P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm ;*
- *ETR : désigne l'évapotranspiration réelle en mm ;*
- *R : désigne le ruissellement en mm ;*
- *I : désigne l'infiltration en mm.*
- *Wa : désigne la variation des réserves.*

3.4.1. Evapotranspiration :

C'est la restitution d'eau à l'atmosphère à partir d'une surface quelque soit sa nature : sol, végétation, surface d'eau libre, neige ou glace, par transformation d'eau en vapeur.

L'évapotranspiration qui est fonction du climat, est un élément très important pour l'établissement d'un bilan hydrologique.

3.4.1.1. Evapotranspiration potentielle : (ETP)

Pour un climat semi-aride et sub-humide, Thornthwaite a proposé la formule suivante pour le calcul de l'ETP :

$$ETP = 16 \left[\frac{10T}{I^a} \right] \text{.(mm)}$$

Avec :

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{Où } i = (T/5)^{1,514} \text{ et } a = 0,0165 + 0,5$$

$$ETP_c = ETP \times K$$

Où :

- *ETP* : désigne l'évapotranspiration potentielle non corrigée, mm ;
- *ETPc* : désigne l'évapotranspiration potentielle corrigée, mm ;
- *K* : désigne facteur de correction mensuel à une altitude de 32,64;
- *I* : désigne indice thermique annuel;
- *i* : désigne indice thermique mensuel;
- *a* : désigne l'exposant climatique;
- *T* : désigne la température moyenne annuelle.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau (3.6) ci-dessous :

Avec : $a = 1,60$ et $I = 68,96$

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aoû	Année
P (mm)	44.4	30.5	38.5	50	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6	399.4
T (°C)	21.4	16.8	10.4	6.7	5.5	6.9	9.55	12.1	17.5	22.8	26.5	26.4	15.21
i	9.04	6.25	3.03	1.56	1.16	1.63	2.66	3.81	6.67	9.95	12.49	12.42	70.67
ETP (mm)	94.22	63.81	29.68	14.72	10.81	15.42	25.85	37.79	68.32	104.27	132.65	131.76	54.57
K (36,64°)	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	/
ETPc (mm)	97.05	61.90	25.52	12.36	9.40	13.10	26.63	41.57	82.67	127.21	164.49	152.84	814.74

Tableau 3.6 : Calcul de l'E.T.P selon Thornthwaite à la station de Sétif (1985 – 2006).

$ETPc = 814.74mm$ soit **203.99%** de la précipitation.

3.4.1.2. Evapotranspiration réelle : (ETR)

L'évapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement est la quantité d'eau libre. Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes :

↳ Formule de Turc :

La formule de Turc est valable pour tout type de climat. Elle est en fonction de la précipitation et de la température :

$$\text{avec } L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

$$ETR = P / [\sqrt{0,9 + (P^2/L^2)}]$$

Où :

- *ETR* : désigne l'évapotranspiration réelle en mm ;
- *P* : désigne la précipitation annuelle en mm ;
- *L* : désigne un paramètre dépendant de la température ;
- *T* : désigne la température moyenne annuelle en °C.

<i>Paramètres</i>	<i>P (mm)</i>	<i>T (°C)</i>	<i>L= F°(T)</i>	<i>ETR (mm)</i>	<i>ETR (%)</i>
<i>Station de Sétif (1985 – 2006)</i>	399.4	15.21	980.25	387,76	97.08

Tableau 3.7. Estimation de l'ETR selon Turc à la station de Sétif (1985 – 2006).

↳ **Méthode de Thornthwaite :**

Un bilan hydrologique mensuel peut être établi pour l'intégration de la précipitation et l'évapotranspiration potentielle (ETP).

Cette méthode permet d'estimer à chaque mois les paramètres suivants :

- L'évapotranspiration réelle (ETR) ;
- La réserve facilement utilisable (RFU) ;
- Le déficit agricole (Da) ;
- Et l'excédent (Water surplus) (Wa).

L'établissement de ce bilan débute par le calcul de la RFU. Cette dernière est la quantité d'eau stockée dans le sol. Elle est donnée par la formule suivante :

$$RFU = (1/3) Da. He. P. (J. Richard)$$

Où :

- *Da*: désigne la densité apparente du sol, **Da = 1,4** ;
- *He*: désigne la capacité de rétention en %, **He = 30%** ;
- *P*: désigne la profondeur du sol.

Pour un sol de 0,4 m de profondeur, la RFU est de 56mm.

Les résultats à la station de Sétif (1995 -2005) sont les suivants :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aoû	Année
P (mm)	44.4	30.5	38.5	50	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6	399.4
T (°C)	21.4	16.8	10.4	6.7	5.5	6.9	9.55	12.1	17.5	22.8	26.5	26.4	15.21
ETPc (mm)	97.05	61.90	25.52	12.36	9.40	13.10	26.63	41.57	82.67	127.21	164.49	152.84	814.74
P- ETPC	- 52.65	- 31.40	12.98	37.64	31.7	5.07	5.17	4.27	- 35.47	- 104.81	- 151.69	- 140.24	/
ETR	44.4	30.5	25.52	12.36	9.40	13.10	26.63	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6	216.0
RFU	0	0	12.98	50.62	56	56	56	51.73	16.26	0	0	0	299.59
Da	52.65	31.40	0	0	0	0	0	0	0	88.55	151.69	140.24	464.53
Wa	0	0	0	0	26.32	5.07	5.17	0	0	0	0	0	36.56

Tableau.3.8 : Bilan hydrologique à la station de Sétif (1985 – 2006).

Si :

- $P > ETP \Rightarrow ETR = ETP \Rightarrow RFU = P - ETP$
- $P < ETP \Rightarrow ETR = P \Rightarrow RFU = 0$
- $Da = ETP_i - (P_i + RFU_{i-1})$ avec i : désigne le mois.

3.5. Interprétation des résultats :

▸ Les précipitations deviennent supérieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP) de Novembre jusqu'au Février, c'est une période d'alimentation des aquifères.

▸ Les aquifères n'atteignent pas leur maximum durant les mois Jan, Fév, Mar.

▸ Un $Wa = 36.56\text{mm}$, Cela représente 9.15% des précipitations.

▸ Un $ETR = 216.0\text{mm}$. Cela représente 54.08% des précipitations.

▸ Un déficit agricole débute du mois de Nov. jusqu'au mois de Mai. Celui-ci est de 464.53mm soit 116.30% des précipitations.

Il existe deux périodes :

- Une période déficitaire : d'Avril Jusqu'à Décembre ;
- Une période humide de Janvier jusqu'à Mars.

3.6. Paramètres du bilan hydrologique :

La formule du bilan hydrologique est la suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

Où :

- *R : désigne le ruissellement moyen en mm ;*
- *I : désigne l'infiltration en mm ;*
- *Et Wa : désigne la variation des réserves en mm souvent négligeable.*

3.6.1. Ruissellement superficiel :

C'est un paramètre très important pour toute étude hydrologique. Il est estimé à partir de la formule de Tixeront – Berkaloff :

$$R = P^3 / 3 (ETP)^2$$

A la station de Sétif :

- *P = 399.4mm ;*
- *ETPC = 814.74mm ;*
- *R = 31.99 ce qui représente 8,01% des précipitations.*

3.6.2. Infiltration :

L'infiltration est le passage de l'eau à travers la surface du sol. Ce paramètre est aussi très important puisqu'il conditionne l'aquifère. Il est exprimé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \Rightarrow I = P - (ETR + R)$$

A la station de Sétif:

- $P = 399.4mm$;
- $ETR = 216.0mm$;
- $R = 31.99mm$;
- $I = 151.41mm$, ce qui représente 37.90% des précipitations.

La quantité d'eau infiltrée depuis la surface de sol traversant la zone aérée pour rejoindre la zone saturée est dite infiltration efficace. Celle-ci participe à l'alimentation des aquifères existants dans la zone d'étude.

D'après les calculs, les valeurs de ruissellement sur les différentes stations implantées au niveau des hautes plaines sétifiennes sont toujours inférieures à 10%.

Conclusion :

- *La zone d'étude fait partie du grand bassin de la Soummam.*

- *L'étude des facteurs climatiques révèle un climat semi-aride avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec.*

- *Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 399.4mm à la station de Sétif.*

- *La température moyenne annuelle est de 15.21°C à la station de Sétif.*

- *L'E.T.P moyen calculé est de 203.99% des précipitations.*

- *Le déficit des précipitations est estimé à 116.30% des précipitations.*

- *Le ruissellement et l'infiltration sont respectivement de l'ordre de 8.01% et 37.90% des précipitations. Cela constitue une bonne alimentation pour les aquifères de la région.*



CHAPITRE IV

HYDROGÉOLOGIE

CHAPITRE IV

Introduction

4.1. Inventaire des points d'eau

4.2. Contexte hydrogéologique

4.3. Piézométrie et gradient hydraulique

4.4. Interprétation de la carte piézométrique

4.5. Caractéristiques géométriques des aquifères

4.6. Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères

4.6.1. Essais de pompage

4.6.1.1. Essais par palier

4.6.1.2. Essais de pompage définitif

4.6.1.2.1. Interprétation quantitative et qualitative

Conclusion

Introduction :

L'étude hydrogéologique nécessite une connaissance géologique et géophysique de la région d'étude, dont le but est comme suit :

- *L'établissement d'une carte piézométrique;*
- *L'interprétation des essais de pompage;*
- *L'étude des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère;*
- *L'étude des potentialités et du comportement des différents aquifères.*

4.1. Inventaire des points d'eau : (Tab des basses eaux et des hautes eaux) (4.1 annexes).

Trente six (36) points d'eau pour effectuer cette étude couvrant la zone d'étude ont été sélectionnés (Fig.4.1).

La zone d'étude présente un grand nombre de puits et de forages qui sont dispersés en fonction de la situation de l'agglomération et qui sont destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

4.2. Contexte hydrogéologique :

La géologie et la géophysique ont permis la connaissance des aquifères :

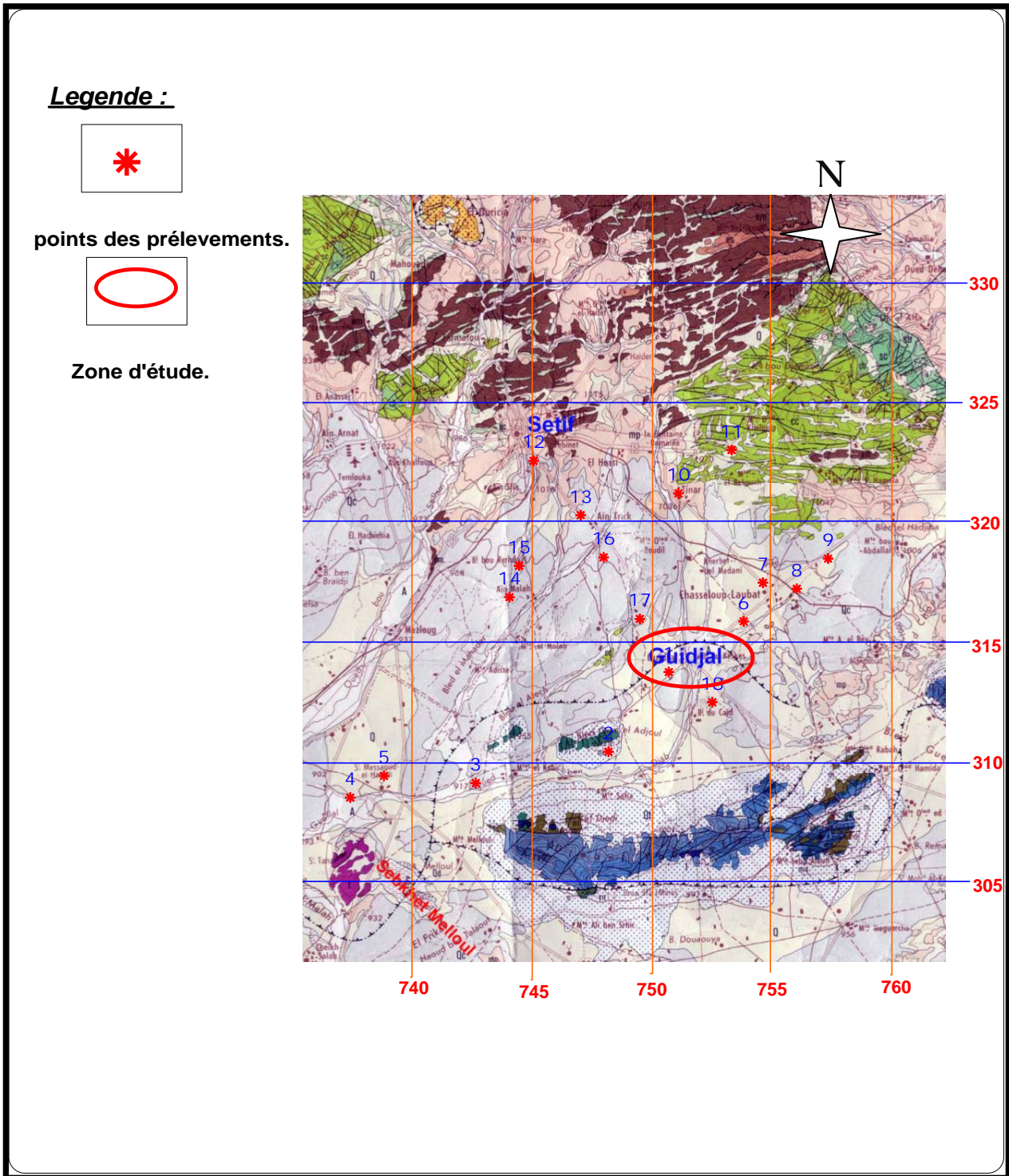
- *L'aquifère superficiel, dans la majorité est relatif au Mio-plioquaternaire ;*
- *Le complexe aquifère profond qui est formé par l'ensemble allochtone sud sétifien d'âge Crétacé inférieur et les formations Tertiaires d'âge Sénonien supérieur et Crétacé supérieur.*

4.3. Piézométrie et gradient hydraulique :

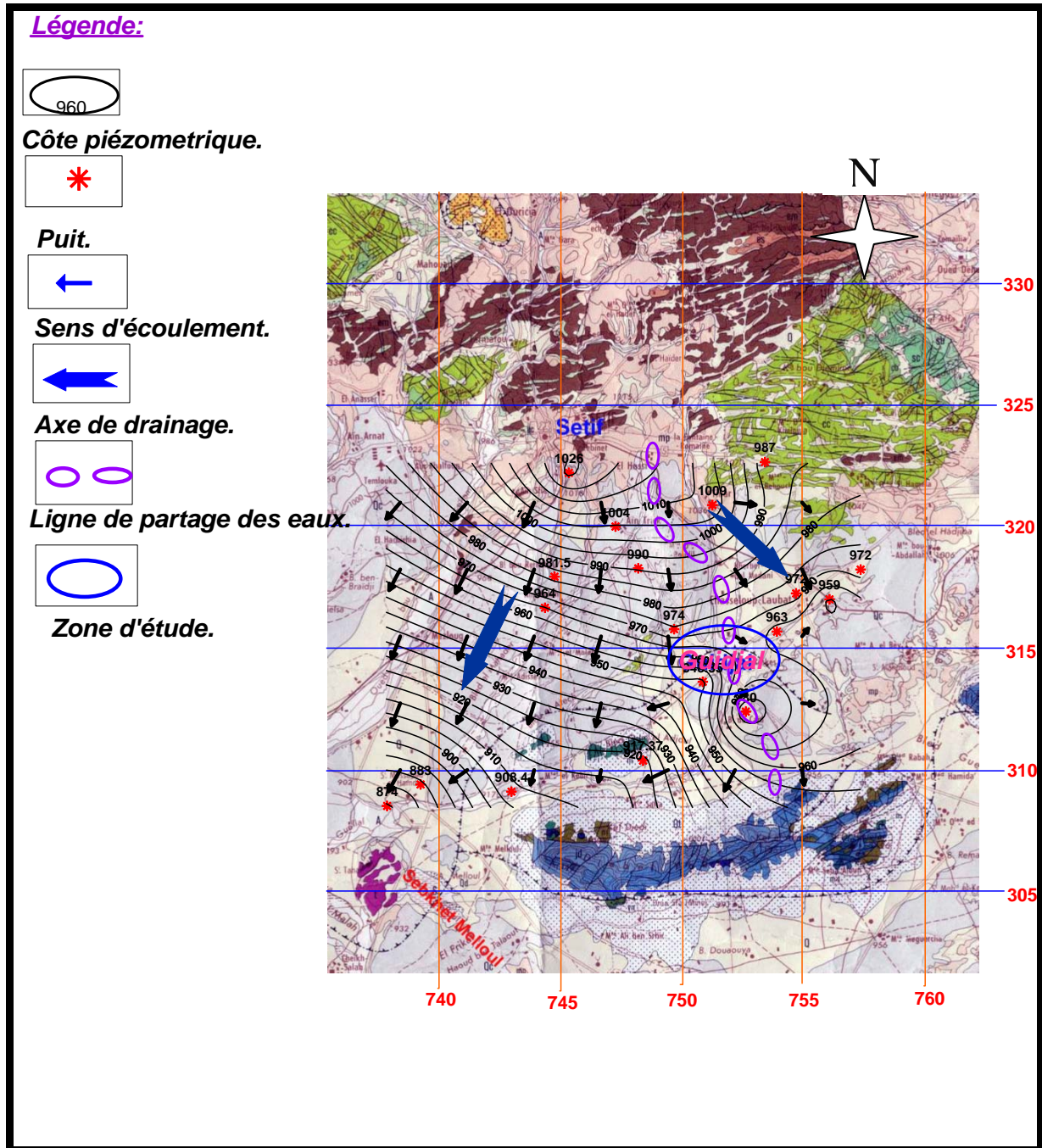
La carte piézométrique (Fig.4.2) est la conclusion logique d'une bonne étude hydrogéologique. Elle permet de :

- *déterminer les grands axes d'écoulement ainsi que les zones d'alimentation et de drainage ;*
- *calculer le gradient hydraulique (i) à partir de la formule suivante :*

$$i = (H_1 - H_2) / L$$



**Figure 4.1: Carte de position des points d'eaux
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).**



**Figure 4.2: Carte piézométrique de la zone d'étude
(Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).**

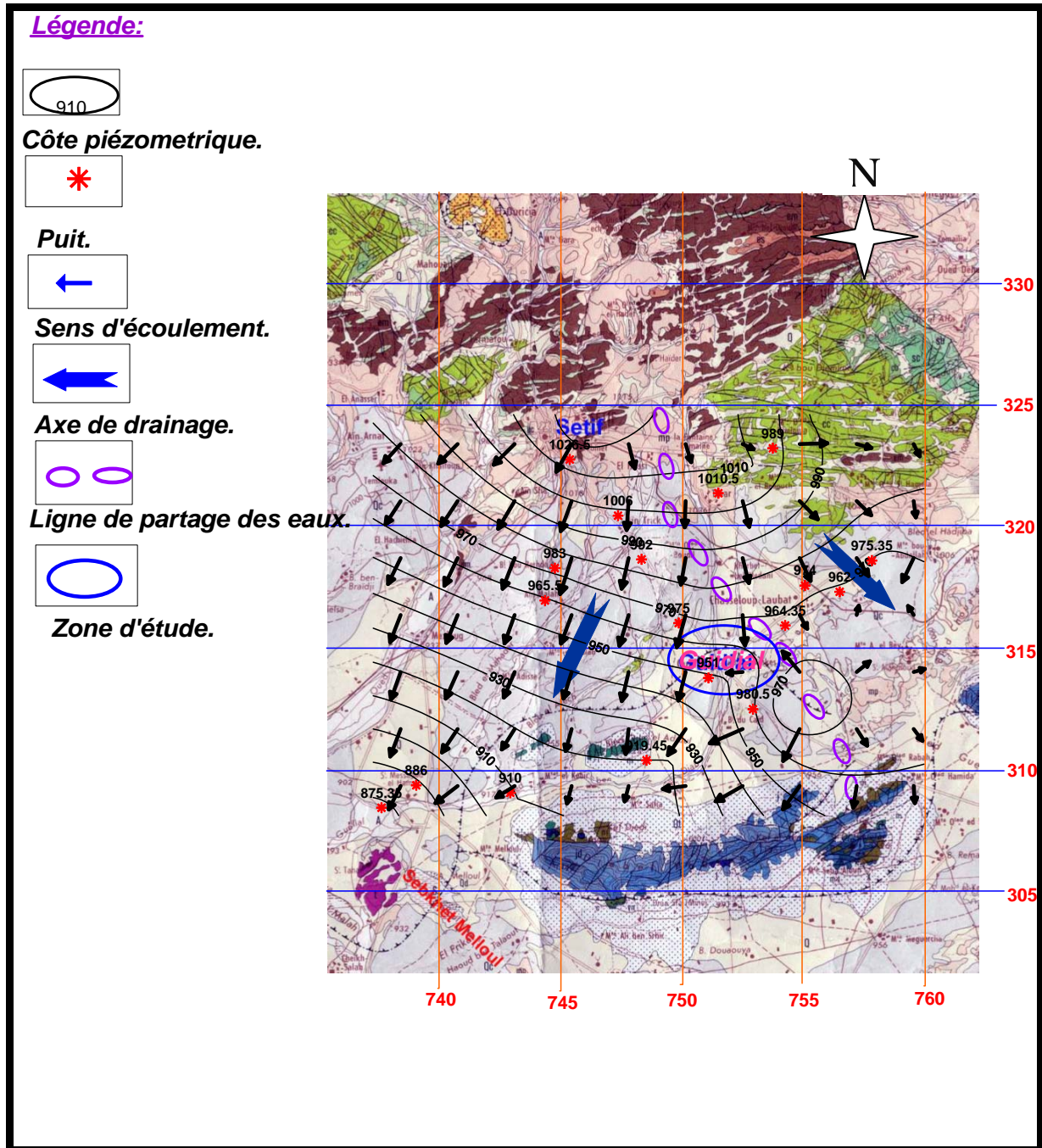


Figure 4.2: Carte piézométrique de la zone d'étude (Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

Où :

- H_1 et H_2 désignent les niveaux piézométriques déterminés par les courbes hydro-isohypses ;
- L : désigne la distance entre les deux points H_1 et H_2 , déterminée par l'échelle de la carte piézométrique.

4.4. Interprétation de la carte piézométrique :

A partir de l'examen de la carte piézométrique couvrant la zone d'étude, il en ressort :

- Deux grands axes d'écoulement :
 - le premier de direction NW- SE vers Sebkhet Bazer sur la carte ;
 - le deuxième de direction NE-SW vers Sebkhet Melloul sur la carte.
- Selon les courbes hydro-isohypses, pour la période des basses eaux le gradient hydraulique varie très légèrement d'une zone à une autre est :
 - Au Nord ; $i = 0,040 \times 10^{-2}$
 - Au centre ; $i = 3,41 \times 10^{-2}$
 - Au Sud ; $i = 0,090 \times 10^{-2}$

Concernant la période des haute eaux le gradient hydraulique est légèrement constant le long de la zone d'étude.

4.5. Caractéristiques géométriques des aquifères :

↪ **Coupe hydrogéologique** : (Fig.4.3)

Une coupe hydrogéologique au centre de la zone d'étude a été établie à partir de la carte géologique, les logs stratigraphiques et la carte piézométrique.

Il en ressort :

- La géométrie de l'aquifère ;
- La relation hydraulique entre les différentes nappes.

La coupe hydrogéologique (Fr-Fd) montre un horizon d'un aquifère à nappe libre constitué par les recouvrements du Quaternaire qui sont :

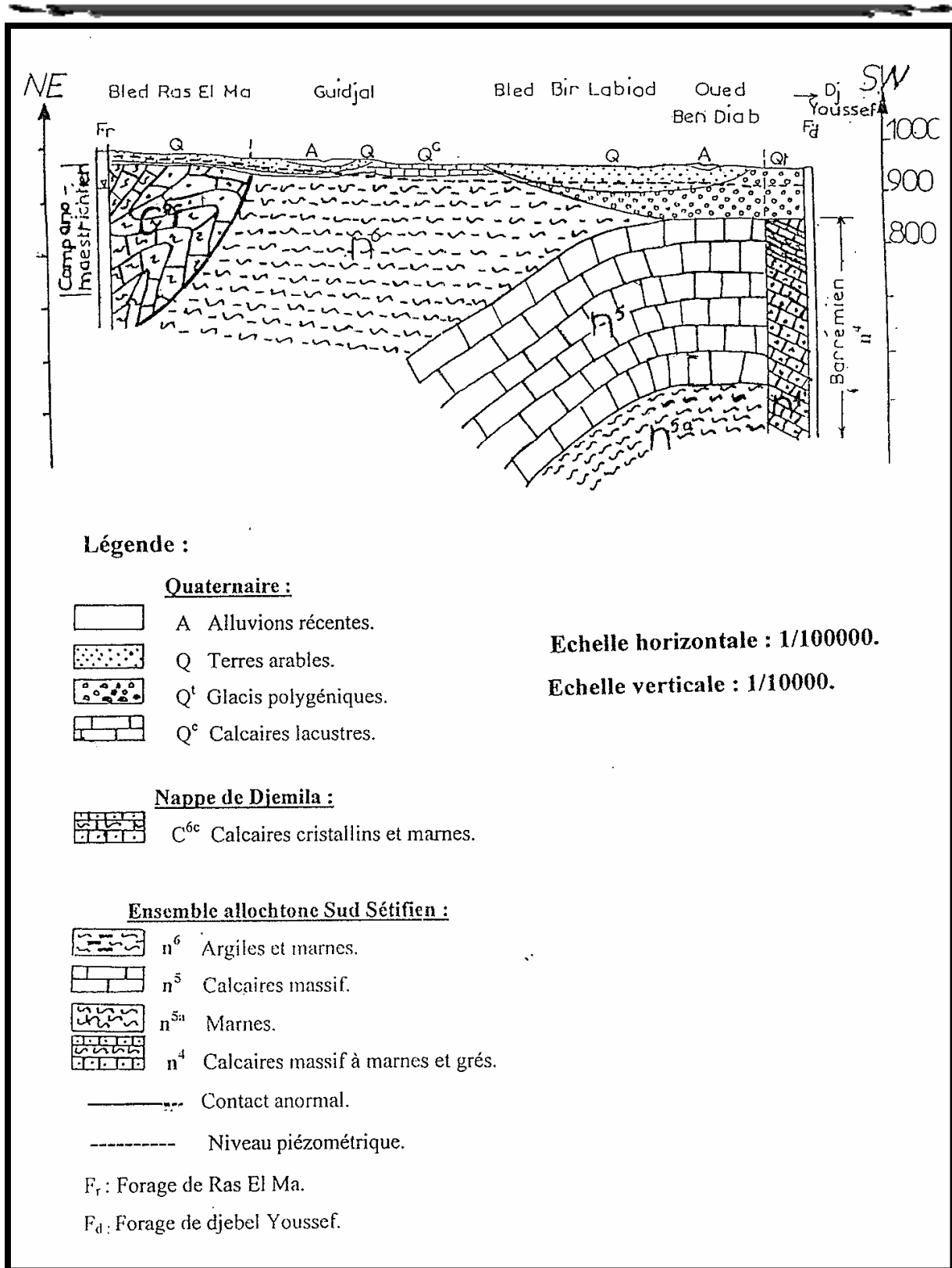


Figure 4.3: Coupe hydrogéologique (Fr-Fd).

Les alluvions récentes, terres arables, glacis polygéniques et les calcaires lacustres du Villafranchien.

Le niveau piézométrique est relativement subhorizontal à légèrement incliné vers le Sud Ouest qui atteint 36m de profondeur à l'approche de Djebel Youssef.

Les calcaires du Barrémien, les calcites massifs de l'Aptien et les calcaires cristallins et les marnes du Campanien – Maastrichtien constituent l'aquifères karstique qui montre une structure plissée et forme un substratum semi-perméable de la nappe libre.

Un contact anormal entre l'ensemble allochtone sud sétifien et la nappe de Djemila est également visible au niveau de la coupe.

4.6. Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères :

La détermination des caractéristiques hydrodynamiques : (T : transmissivité, K : perméabilité, s : coefficient d'emménagement) est basée sur les résultats des essais de pompage effectués à débit constant durant une période donnée.

4.6.1. Essais de pompage :

Deux essais de pompage ont été réalisés dans la zone d'étude, le premier au niveau du forage de Guedjel situé dans la commune de Guedjel, le second concerne le forage de Ras El Ma (Annexes).

Ces essais comportent deux étapes, essais par palier et essais définitifs.

Enfin, l'interprétation des résultats est basée sur l'utilisation des mathématiques par des résolutions graphiques 'D'après DHW de Sétif).

4.6.1.1. Essais par palier :

Il a été réalisé en trois paliers.

Les caractéristiques que sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Forages N° du plier	Durée de pompage		Débit pompé (l/s)		Niveau statique (m)		Niveau dynamique (m)		Rabatement S (m)		Rabatement spécifique (m/l/s)	
	GUIDJ AL	Ras El Ma	GUIDJ AL	Ras El Ma	GUID JAL	Ras El Ma	GUID JAL	Ras El Ma	GUID JAL	Ras El Ma	GUID JAL	Ras El Ma
1	480	1140	5.50	62	53.30	15,58	70.72	54,91	17.42	69,99	0.24	0,63
2	480	900	7	64	55.28	15,58	84.58	56,63	29.30	41,05	0.23	0,64
3	480	1860	10	72	56.10	15,58	91.65	69,89	35.55	54,31	0.28	0,75

Tableau 4.1 : Essais de pompage

Cet essai a pour but de calculer :

- les pertes de charges ;
- le rabattement en m, mesuré en fin de palier ;
- le débit critique ;
- le débit maximum mesuré à un instant « t » est donné par l'expression de

CE Jacob (1956) :

$$S = BQ + CQ^2$$

Où :

- BQ : désigne la perte de charge linéaire, provoquée par l'écoulement laminaire au voisinage de l'ouvrage de captage (loi de Darcy) ;
- CQ^2 : désigne la perte de charge quadratique, provoquée par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage (crépine et tubage).

↳ **La droite : Rabattement spécifique – Débit : (Fig. 4.4.1 et 4.4.2)**

Permet de calculer les pertes de charge, c'est-à-dire déterminer B et C de l'équation précédente. Ainsi le coefficient « B » étant obtenu par l'intersection de la droite représentative avec l'axe des rabattements spécifiques.

Le coefficient C correspond à la pente de la même droite.

▶ **Forage Ras El Ma :**

On a : $B = 0.62.3$ $C = \text{tg } \alpha = a/b \Rightarrow C = 0.77. 10^{-4}$

⇒ La perte de charge linéaire dans l'aquifère est de $0.61 Q$;

⇒ La perte de charge quadratique $0.77. 10^{-4} Q^2$;

▶ **Forage de Guidjal :**

On a : $B = 0.23$; $C = \text{tg } \alpha = a/b \Rightarrow C = 4.3. 10^{-3}$

⇒ La perte de charge linéaire dans l'aquifère est de $0.216 Q$;

⇒ La perte de charge quadratique $4.3. 10^{-2} Q^2$;

4.6.1.2. Essais de pompage définitif :

C'est un essai de longue durée. Il a pour but d'estimer la transmissivité (T) de l'aquifère et le coefficient d'emménagement (s) au niveau des ouvrages de captage.

Pour cela, on utilise l'expression d'approximation logarithmique de CE Jacob en régime transitoire suivante :

↳ Pour la descente :

$$S = 0,183Q / T \cdot \log (2,25 T \cdot t / x^2 \cdot s)$$

↳ Pour la remontée :

$$Sr = 0,183Q / T \cdot \log (t + t' / t')$$

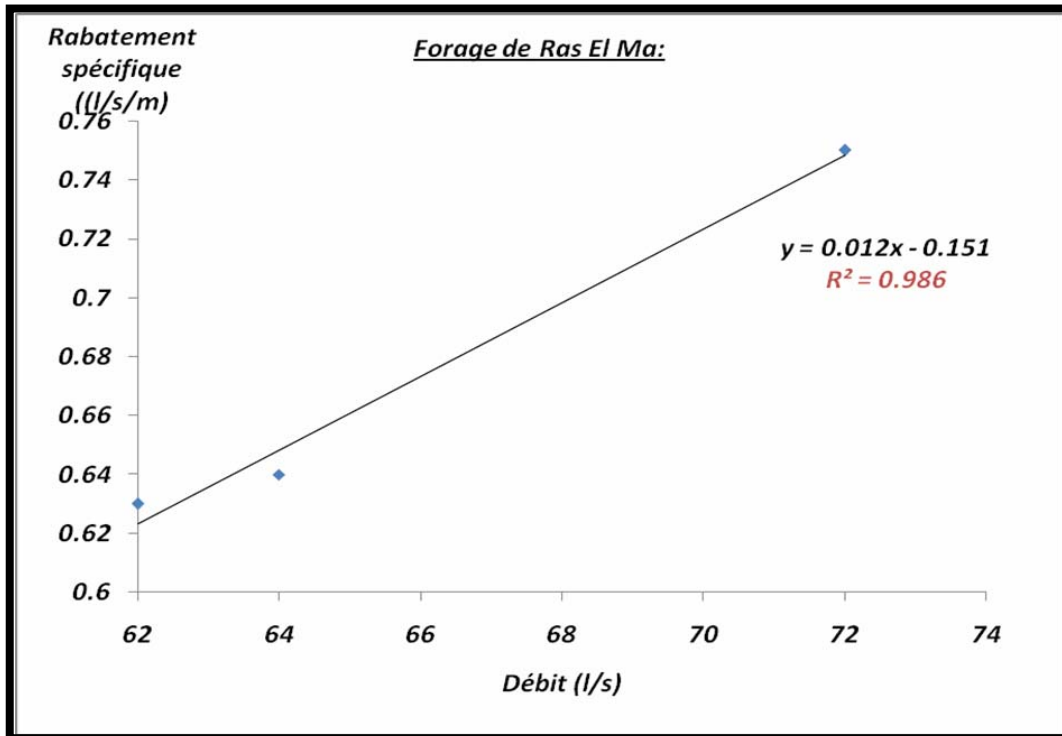


Figure 4.4.1 : Relation : Rabattement spécifique-Débit.

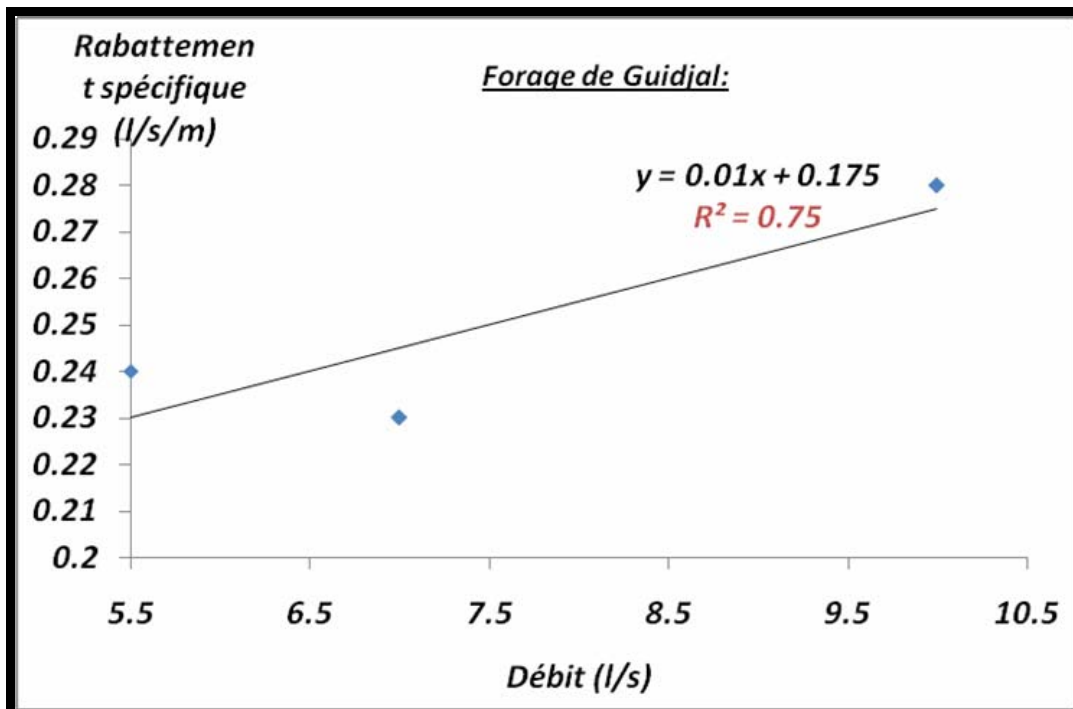


Figure 4.4.2 : Relation : Rabattement spécifique-Débit.

Où :

- S : désigne le rabattement observé au temps « t », (m) ;
- Q : désigne le débit pompé (m^3/s) ;
- T : désigne la transmissivité de l'aquifère au niveau de l'ouvrage de captage, (m^2/s) ;
- S_r : désigne le rabattement résiduel, (m) ;
- t : désigne la durée de pompage, (s) ;
- t' : désigne le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage, (min) ;
- s : désigne le coefficient d'emménagement ;
- x : désigne la distance du forage de pompage à un piézomètre, (m).

Cette expression n'est valable que pour certaines conditions :

- Validité de la loi de Darcy ;
- Puits complet et correctement développé et équipé ;
- Rayon de l'ouvrage de captage le plus petit possible ;
- Surface piézométrique sub-horizontale ;
- Débit de pompage constant ;
- Aquifère à nappe captive.

On utilise la formule simplifiée de CE Jacob pour calculer la transmissivité :

$$T = 0.1830/C$$

Avec :

- Q : désigne débit de pompage ;
- C : la pente de la droite représentative déterminée par l'accroissement du rabattement pour un module logarithmique.

↳ *Pour la descente, nous reportons sur un papier semi-logarithmique, le rabattement en fonction du logarithme du temps :*

$$S_d = f(\log(t))$$

↳ *Pour la remontée, la méthode consiste à reporter sur un papier semi-logarithmique, le rabattement en fonction du logarithme du $(t + t'/t)$:*

$$S_r = f(\log(t + t'/t))$$

Où :

- ↳ *t* : désigne le temps de pompage (s) ;
- ↳ *t'* : désigne le temps depuis l'arrêt du pompage (s) ;

4.6.1.2.1. Interprétation quantitative et qualitative :

↳ Forage GUIDJAL :

a/ Interprétation quantitative :

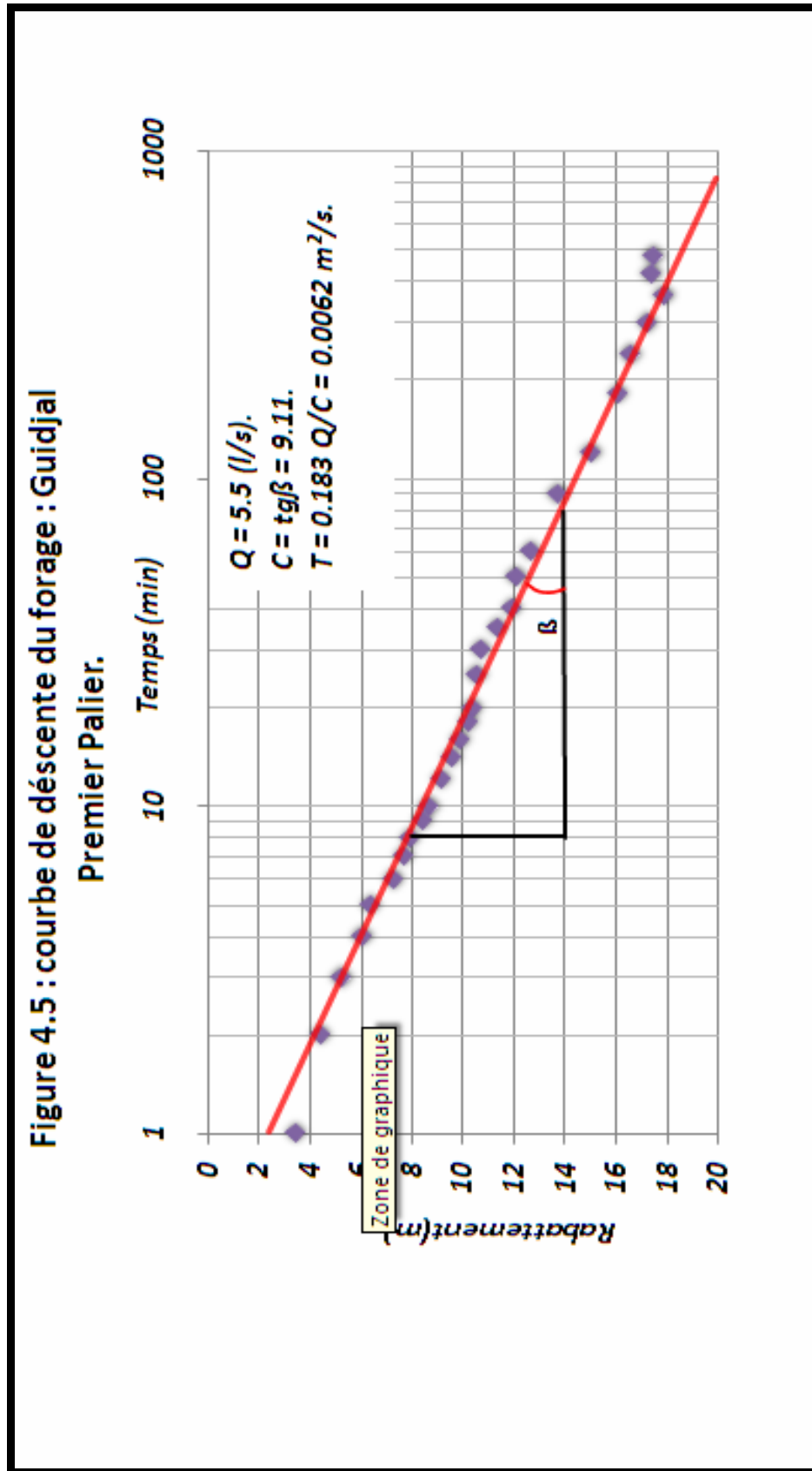
♦ Courbe de descente : (Fig. : 4.4 ; 4.5 et 4.6)

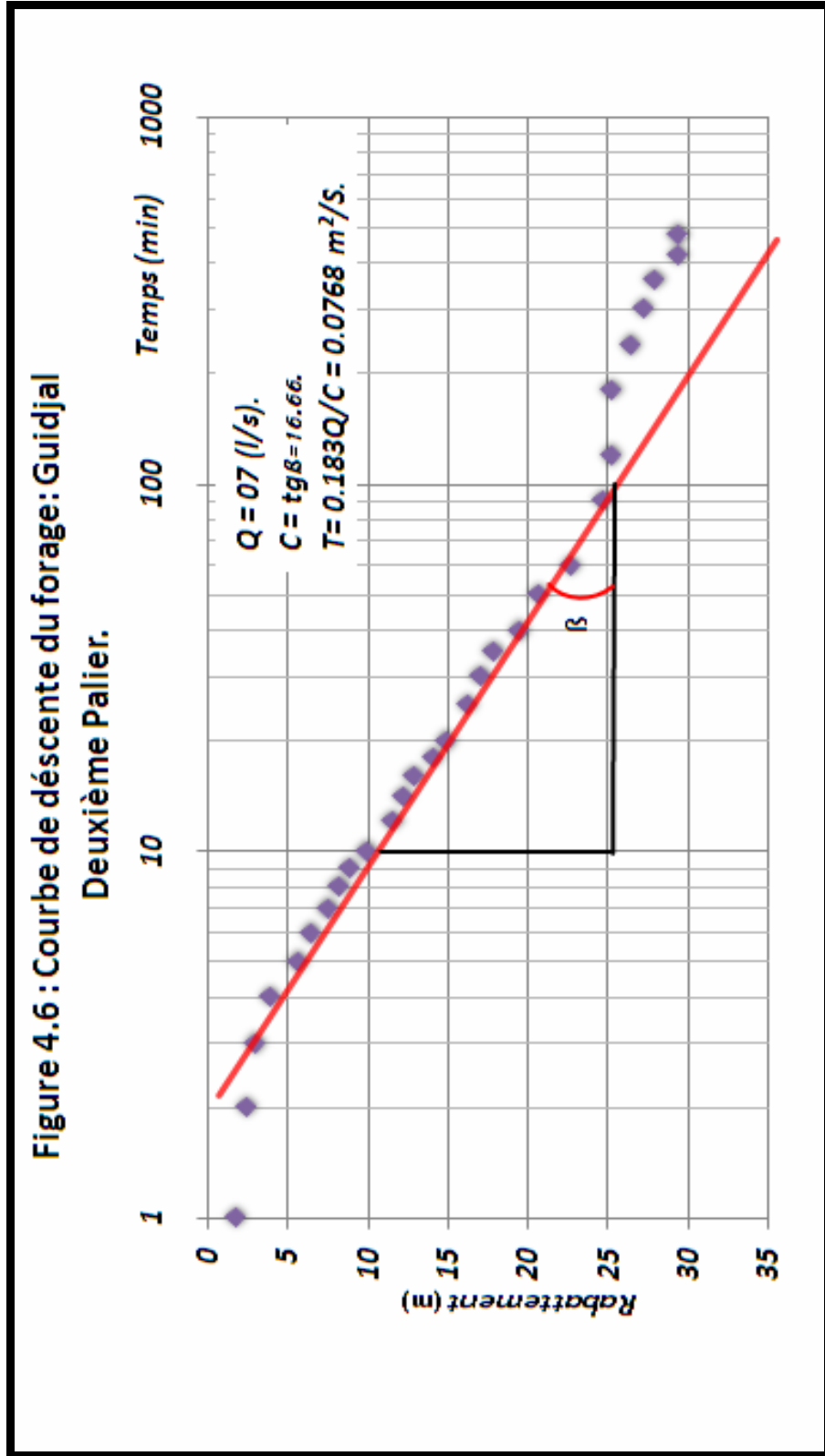
	<i>Qd</i> (l/s)	<i>Cd</i>	<i>Td</i> (m ² /s)
<i>Premier palier</i> (1)	5.5	9.11	6.2×10^{-3}
<i>Deuxième palier</i> (2)	07	16.66	7.6×10^{-2}
<i>Troisième palier</i> (3)	10	37.77	3.13×10^{-1}

♦ Courbe de remontée : (Fig. 4.7)

↳ $Q_{r1} = 6$ l/s ; ↳ $Cr_1 = 5$; ↳ $Tr_1 = 2.1 \times 10^{-1}$ m²/s.

La transmissivité moyenne sera donc celle du troisième palier pendant la remontée, car elle est représentative dans le temps et surtout qu'elle est estimée à l'exclusion des influences.





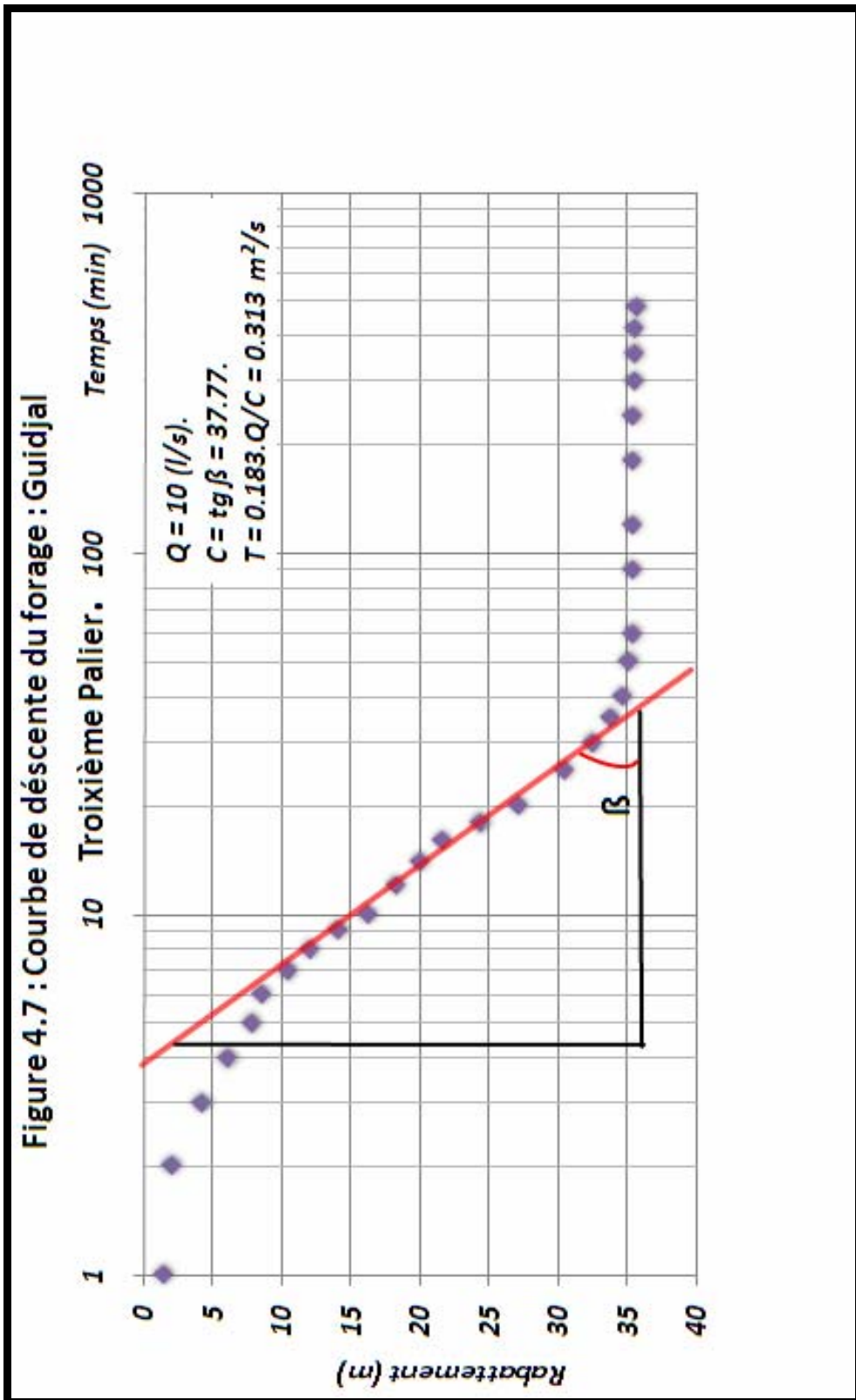
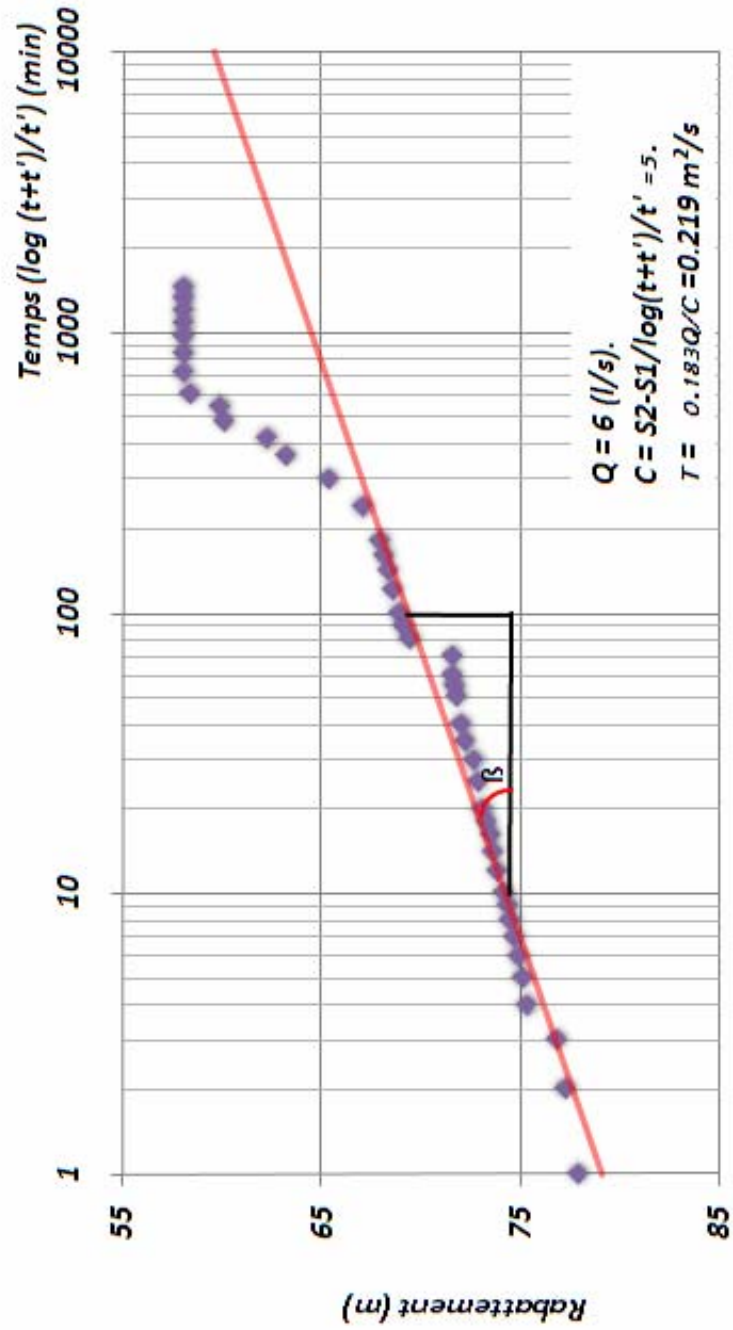


Figure 4.8: Courbe de remontée du forage : Guidjal



B/- Interprétation qualitative :

Cet essai est exécuté en trois paliers

♦ **Courbe de descente** :

L'examen des courbes de descente montre trois (03) parties pouvant être interprétées comme suit :

- *La première partie correspond à l'effet de la capacité du forage dépendant de leurs caractéristiques (dimension de forage) et celle de l'aquifère ;*
- *La deuxième partie correspond à la droite représentative de C.E Jacob, traduit la réponse directe du forage ;*
- *La troisième partie correspond à un équilibre entre le débit entrant et le débit sortant, cela laisse supposer une alimentation souterraine*

♦ **Courbe de remontée** :

La courbe montre un débit de remontée qui est lié à l'alimentation souterraine de l'aquifère karstique, ensuite on a une stabilisation.

↳ **Forage RASS EL MA:**

a/ Interprétation quantitative :

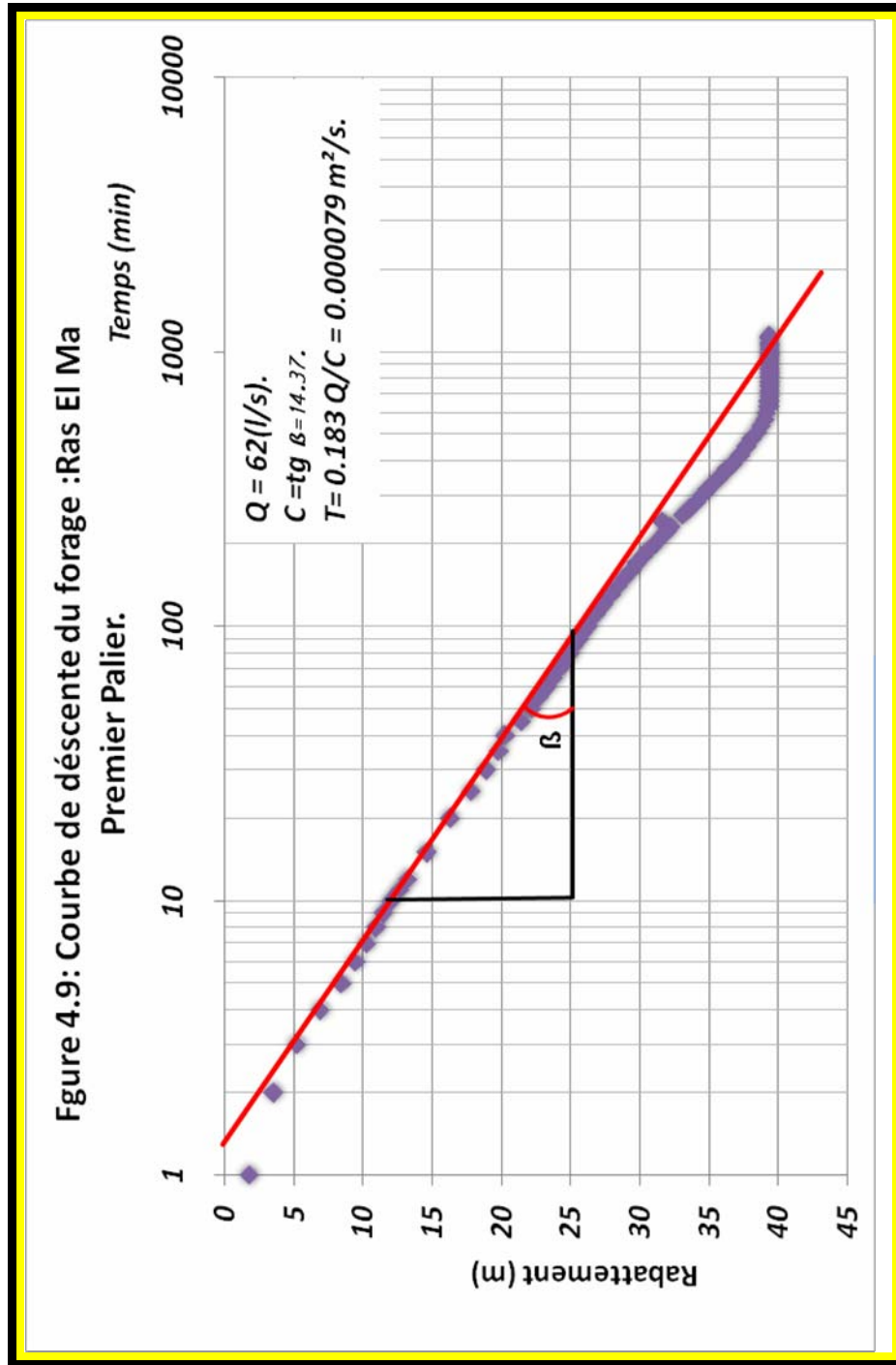
♦ **Courbe de descente** : (Fig. 4.8)

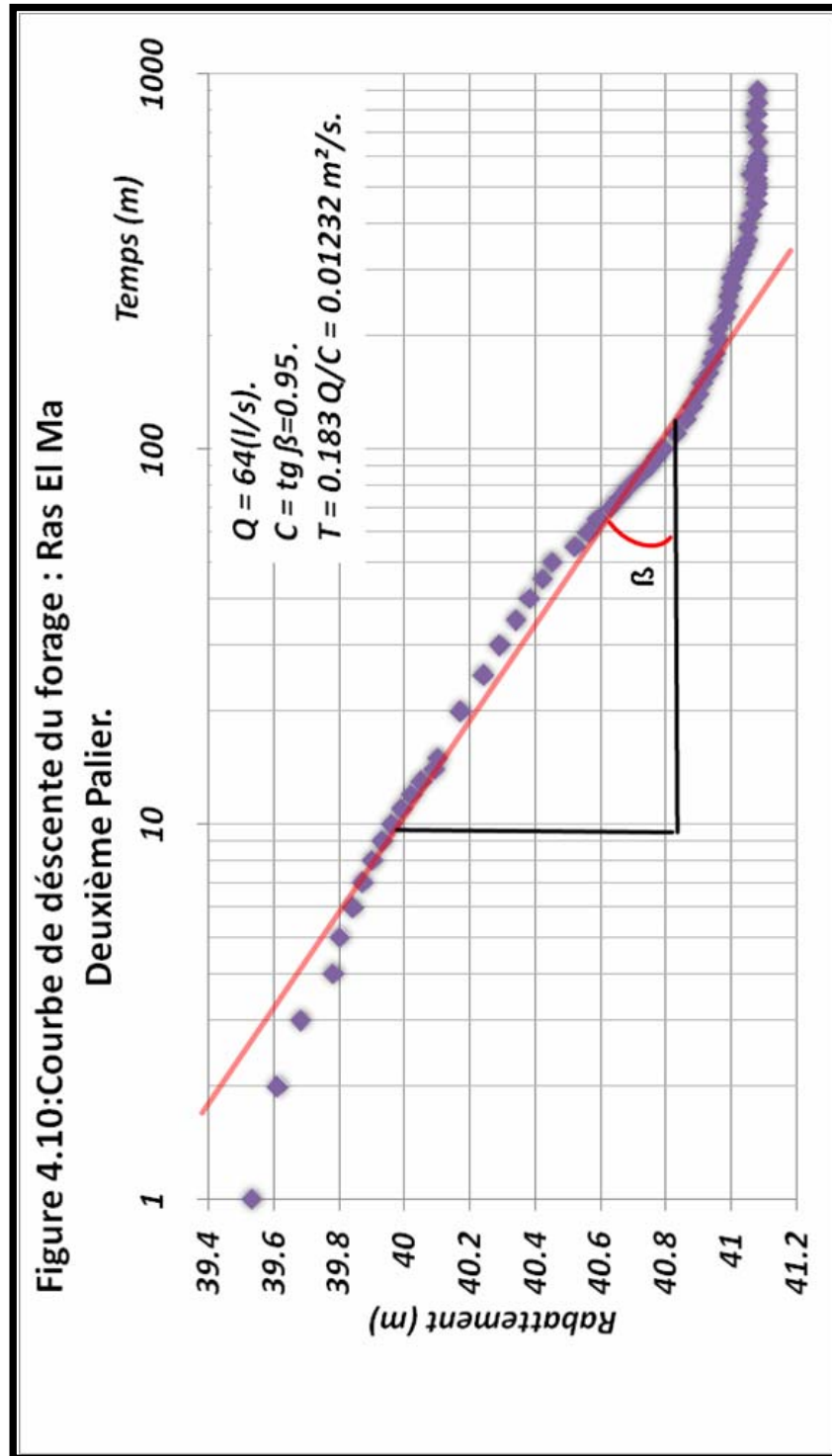
	<i>Qd (l/s)</i>	<i>Cd</i>	<i>Td (m²/s)</i>
<i>Premier palier (1)</i>	62	14.37	0.79×10^{-3}
<i>Deuxième palier (2)</i>	64	0.95	12.32×10^{-3}
<i>Troisième palier (3)</i>	72	1.81	7.28×10^{-3}

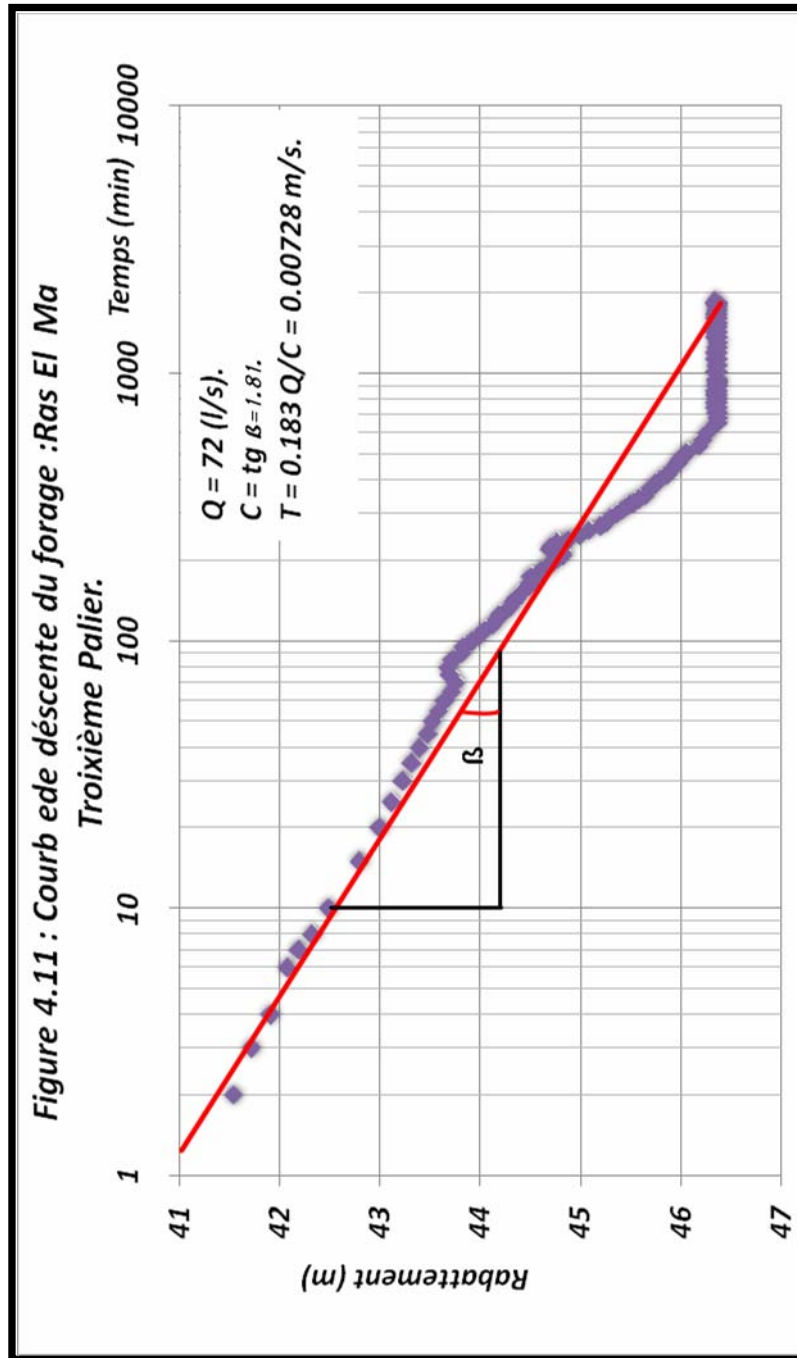
♦ **Courbe de remontée** : (Fig. 4.9)

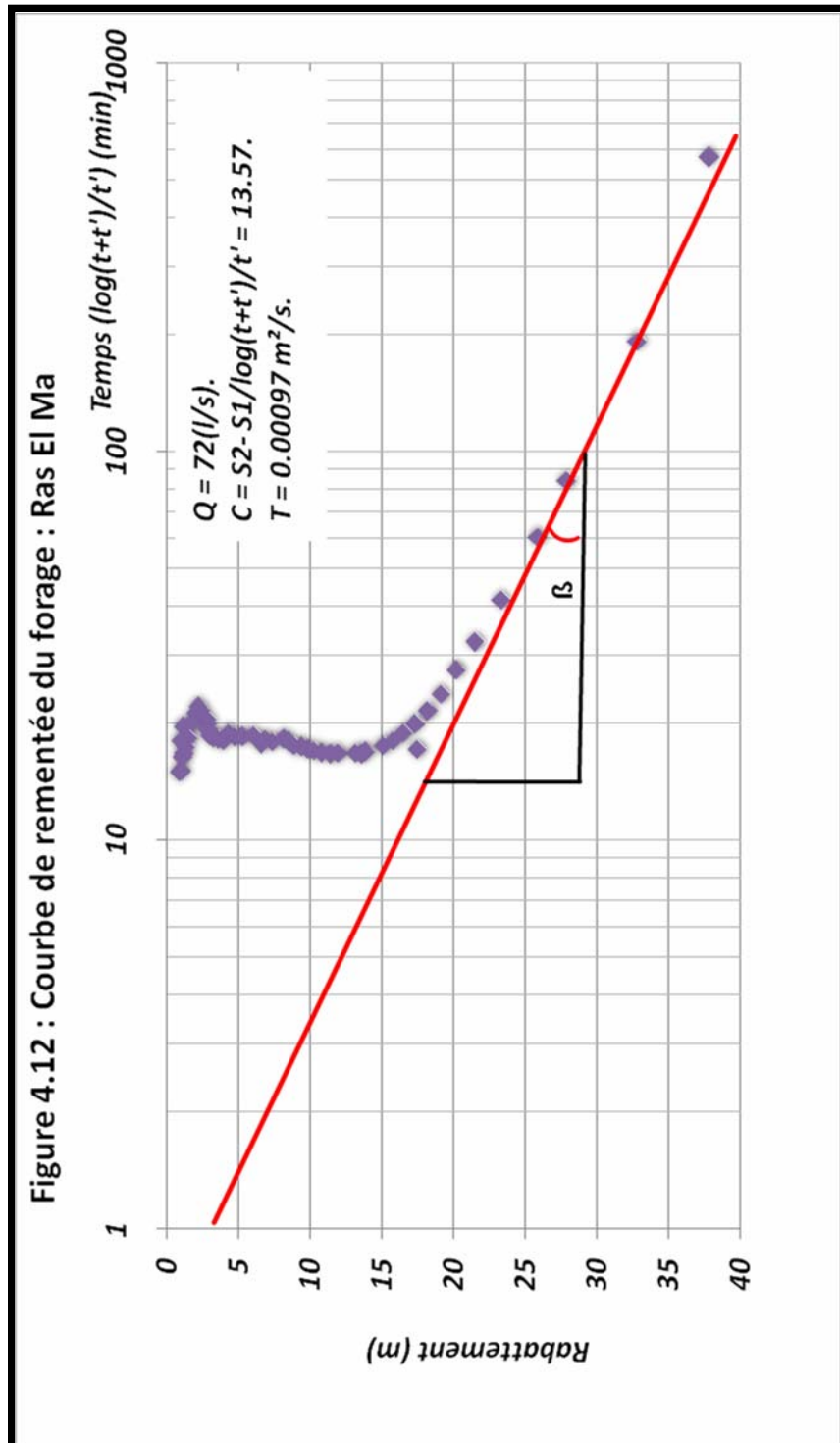
- $Q_r = 72 \text{ l/s}$;
- $C_r = 13.57$;
- $T_r = 0.97 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

La transmissivité moyenne sera donc celle du troisième palier pendant la remontée, car elle est représentative dans le temps et surtout qu'elle est estimée à l'exclusion des influences.









b/- Interprétation qualitative :

♦ Courbe de descente :

L'interprétation de la courbe de descente est la même que pour le forage de Ras El Ma.

♦ Courbe de remontée :

La courbe montre un débit de remontée qui est lié à l'alimentation souterraine de l'aquifère karstique, ensuite une stabilisation au niveau 61,53m qui correspond au niveau statique.

Remarque :

En l'absence de piézomètres, il est impossible de calculer le coefficient d'emménagement pour les deux forages (Guidjal et Ras El Ma).

Conclusion :

D'après l'étude hydrogéologique, il en ressort que la seule ressource en eau dans la zone d'étude est obtenue à partir des deux aquifères :

- *L'un superficiel constitué par les formations mio-plioquaternaires drainé par les oueds Malah et Ben Diab;*
- *L'autre karstique profond alimenté à la faveur des fissures et des fractures des massifs carbonatés du Crétacé inférieur.*

La carte piézométrique de l'aquifère superficiel montre que l'écoulement des eaux souterraines converge vers les oueds principaux (Oued Malah et Ben Diab) en se dirigeant vers Sebkhass Melloul.

L'écoulement principal se fait dans la même direction que Oued Malah et Ben Diab.

Notons enfin que les valeurs de la transmissivité moyenne estimée au niveau des forages (Guidjal et Ras el Ma) exploitant l'aquifère du Crétacé inférieur et du Mio-plioquaternaire sont respectivement de l'ordre de : $2.1 \times 10^{-1} m^2/s$ et de $0.97 \times 10^{-3} m^2/s$.



CHAPITRE 2

HYDROCHIMIE

CHAPITRE V

Introduction

5.1. Etude des paramètres physico-chimiques

5.1.1. Etude des paramètres physiques

5.1.1.1. Température (T°)

5.1.1.2. Potentiel Hydrogène (pH)

5.1.1.3. Conductivité (σ)¹

5.1.1.4. Minéralisation (Ms))

5.1.2. Etude des paramètres chimiques

5.1.2.1. Cations

5.1.2.2. Anions

5.1.3. Etude des valeurs relatives

5.1.3.1. Rapports caractéristiques

5.1.3.2. Indice d'échange de base (i.e.b)

5.2. Classification des eaux

5.2.1. Classification de Stabler

5.2.1.1. Faciès bicarbonaté

5.2.1.2. Faciès sulfaté

5.2.1.3. Faciès chloruré

5.2.2. Classification de Piper

5.3. Etude de l'évolution chimique des eaux

5.4. Potabilité des eaux (Norme et qualité)

5.5. Aptitude des eaux à l'irrigation

5.6. Origine de la salinité des eaux

5.6.1. Matrice de corrélation

5.6.2. Relation entre les paramètres

5.6.3 Les calcule font à l'état de logiciel Hydrowin

5.6.4 Analyse en composantes principales.

Conclusion.

Introduction :

L'étude hydrochimique donne des informations à l'hydrogéologie. Elle complète les cartes piézométriques. Elle permet de comparer les eaux entre elles et trouver une solution pour les besoins d'alimentation.

Il s'agit d'une étude et interprétation des données des analyses physico-chimiques des différents échantillons (36 échantillons), pour deux campagnes d'échantillonnages effectuées à deux périodes différentes, période des basses eaux (18 échantillons concernent le mois de Novembre) périodes des hautes eaux (18 échantillons concernent le mois de Mai) qui nous permis de :

- ▷ déterminer la répartition quantitative des éléments majeurs ;*
- ▷ déterminer les principaux faciès chimiques des eaux et leur relation avec l'environnement géologique;*
- ▷ avoir une idée générale sur la qualité chimique des eaux;*
- ▷ et enfin déterminer l'origine des différents paramètres et leur influence sur l'évolution chimique des eaux.*

5.1. Etude des paramètres physico-chimiques :

5.1.1. Etude des paramètres physiques :

L'origine de l'eau ainsi que sa solubilité est gérée par un certains paramètres qui sont :

La température (T°), le potentiel hydrogène (pH), la conductivité (σ) et la minéralisation (Me).

5.1.1.1. Température (T°) :

Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, et dans la dissolution des sels dissous, donc sur la conductibilité.

Ce paramètre est très important de connaître, car il permet de différencier les eaux qui circulent près de la surface de celles qui circulent en profondeur, et donc la qualité de l'eau.

La variation thermique des eaux souterraines est fonctions de la profondeur de l'aquifère et le gradient géothermique.

Cependant, pour les eaux superficielles elle est due aux influences atmosphériques et particulièrement les changements de la température de l'air.

La température moyenne annuelle d'air est de l'ordre de 15.21°C et les températures des eaux relevées varient entre 14 à 15°C.

D'après Schoeller, les eaux font partie du domaine thermal à partir de (14,96 + 4°C) 19,21°C. de cela les eaux ne sont pas thermales

Le fait que les eaux de surface sont plus chaudes en période de basses eaux dû à l'influence des conditions atmosphériques alors que celles profondes plus froides sont influées par les apports qui alimentent la nappe en période hivernale e l'inverse pour les hautes eaux.

5.1.1.2. Potentiel Hydrogène (pH) :

Il exprime la concentration en ion H^+ d'une solution, c'est-à-dire l'alcalinité ou l'acidité d'une eau.

Par définition le pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration H^+ : $pH = - \text{Log} [H^+]$.

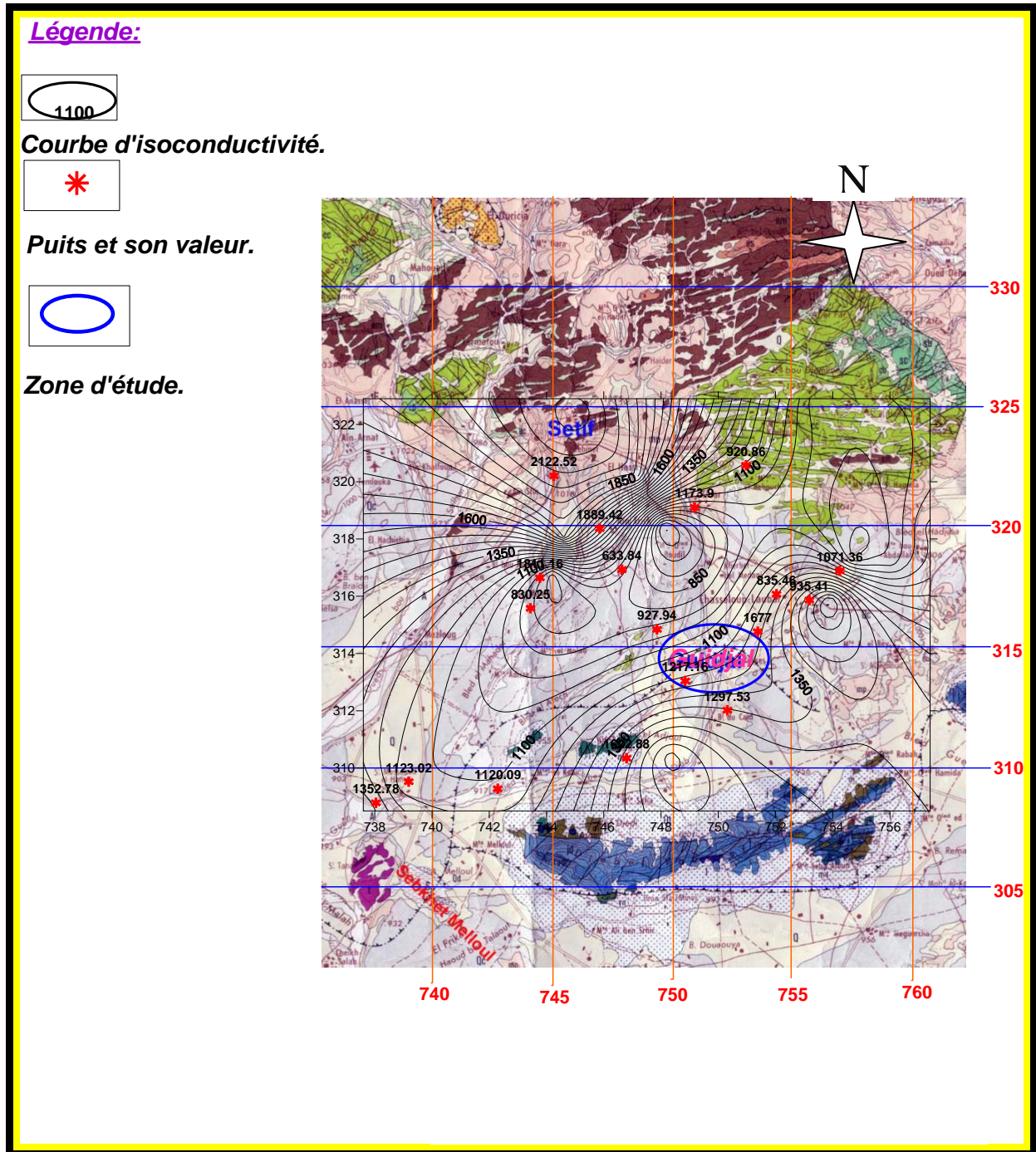
L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

- › $[H^+] < [OH^-] \Rightarrow pH > 7$: l'eau est **basique** ;
- › $[H^+] > [OH^-] \Rightarrow pH < 7$: l'eau est **acide** ;
- › $[H^+] = [OH^-] \Rightarrow pH = 7$: l'eau est **neutre**.

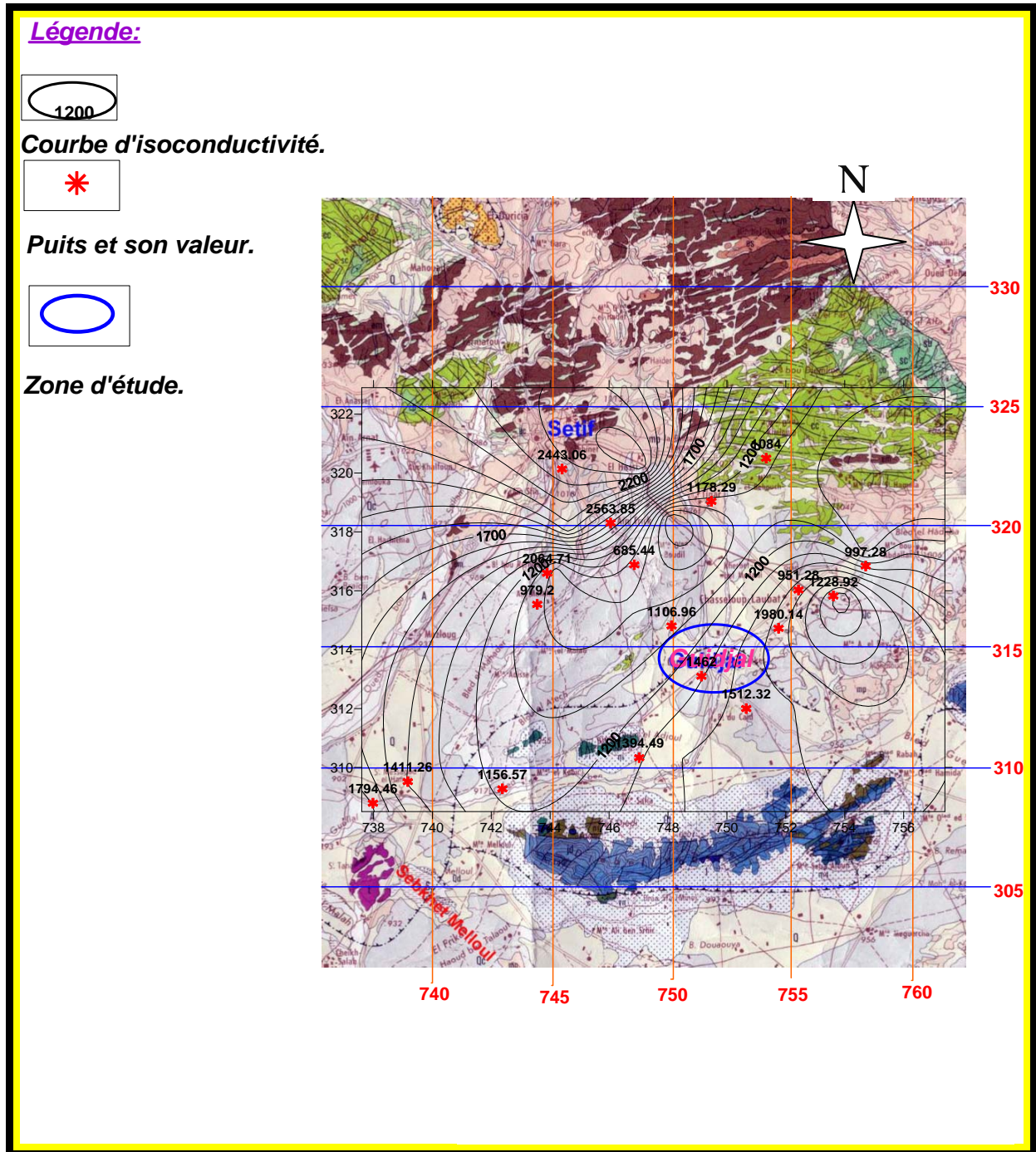
Dans notre région d'étude, le pH mesuré varie entre 6,2 et 7,8 :

- l'eau est acide pour les points : 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, et 17.
- l'eau est basique pour les autres puits : 4, 16, et 18.

5.1.1.3. Conductivité (σ): (Fig. 5.1) *C'est la conductance électrique d'une eau. Elle dépend de la concentration totale et la nature des ions présents dans l'eau. Elle donne une estimation approchée de la minéralisation des eaux.*



**Figure 5.1: Carte d'isoconductivité à T=20°C
(Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).**



**Figure 5.1: Carte d'isoconductivité à T=20°C
(Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).**

Pour la période des basses eaux les valeurs de la conductivité obtenues à 20°C varient de 633.84 μ S/cm pour le puits 16 près de Guidjal et 2122.52 μ S/cm pour le puits 12, et Pour la période des hautes eaux les valeurs de la conductivité obtenues à 20°C varient de 685.44 μ S/cm pour le puits 16 près de Guidjal et 2563.85 μ S/cm pour le puits 13

Les zones où les teneurs sont inférieures à 1000 μ S/cm, cela laisse penser à des zones de circulation relativement rapides surtout au piémont du massif de Djebel Youssef. Les valeurs de la conductivité obtenues augmentent suivant les grands axes d'écoulement.

5.1.1.4. Minéralisation (Ms) : (Fig.5.2)

La minéralisation d'une eau représente la totalité des substances et les matières en suspension quelles soit organiques ou minérales. Elle est exprimée en mg/l.

Dans la zone d'étude, les résultats obtenus des analyses chimiques montrent une grande variabilité de la minéralisation.

Pour la période des basses eaux les courbes d'iso-minéralisation montrent des valeurs qui augmentent vers la partie près du massif carbonaté dont les valeurs les plus élevées sont remarquées au niveau des puits 02, 06,13, et 18 et sont de l'ordre de 1169,7 ; 1276,7 ; 1350.28 et 1297.53 mg/l respectivement.

Pour la période des hautes eaux les valeurs les plus élevées sont remarquées au niveau des puits 04, 06, 12, 13 et 15,et sont de l'ordre de 1244,96 ; 1462.94 ; 1807.04 ; 2352.18 et 1157.2 mg/l respectivement .

Cette forte minéralisation peut être due :

- *à la présence des formations géologiques salifères (gypse) ;*
- *à l'alimentation provenant des affleurements du Trais ;*
- *à la sur exploitation et l'utilisation excessive des engrais chimiques par les agriculteurs ;*

- *l'eau en contact avec ces différentes formations donne des eaux fortement minéralisées ;*
- *l'eau en contact avec le Sebkha environnent ;*
- *et à l'influence de l'évapotranspirations qui est très élevée.*

Pour la période des basses eaux les valeurs minimales sont observées au niveau des puits 7, 9,11, 14, et 17 dans la partie Nord-Est et Nord-Ouest de la zone d'étude dont les valeurs sont 546,38 ; 587,44 ; 563.69 ; 570,66 et 508.43 mg/l respectivement.

Pour la période des hautes eaux les valeurs minimales sont observées au niveau des puits 3, 7, 9, 14, 16 et 17 dans la partie Nord-Est et Nord-Ouest de la zone d'étude dont les valeurs sont 687.44; 716.98 ; 692.3 ; 611.26 ; 440.68 et 714.5 mg/l respectivement.

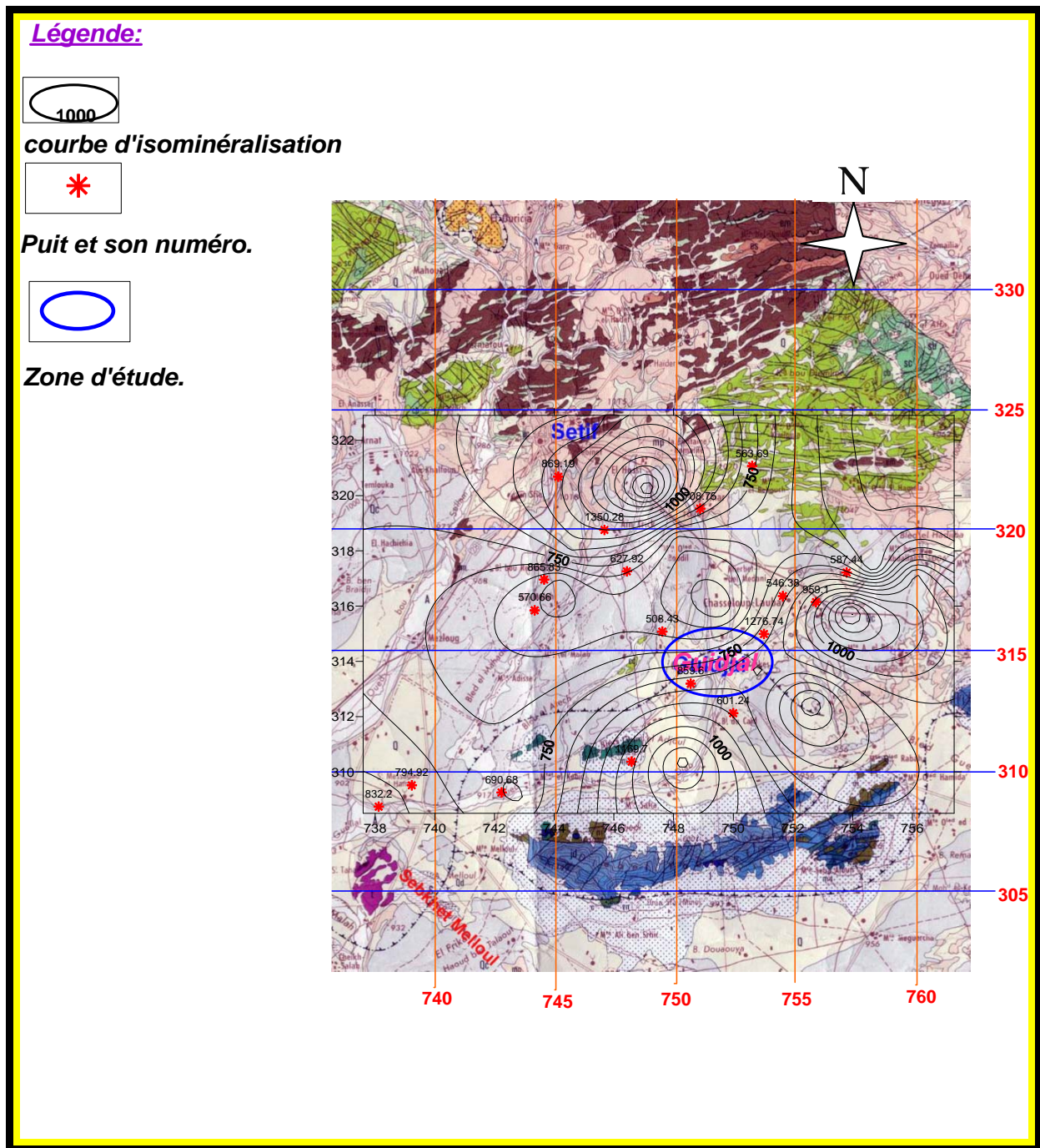
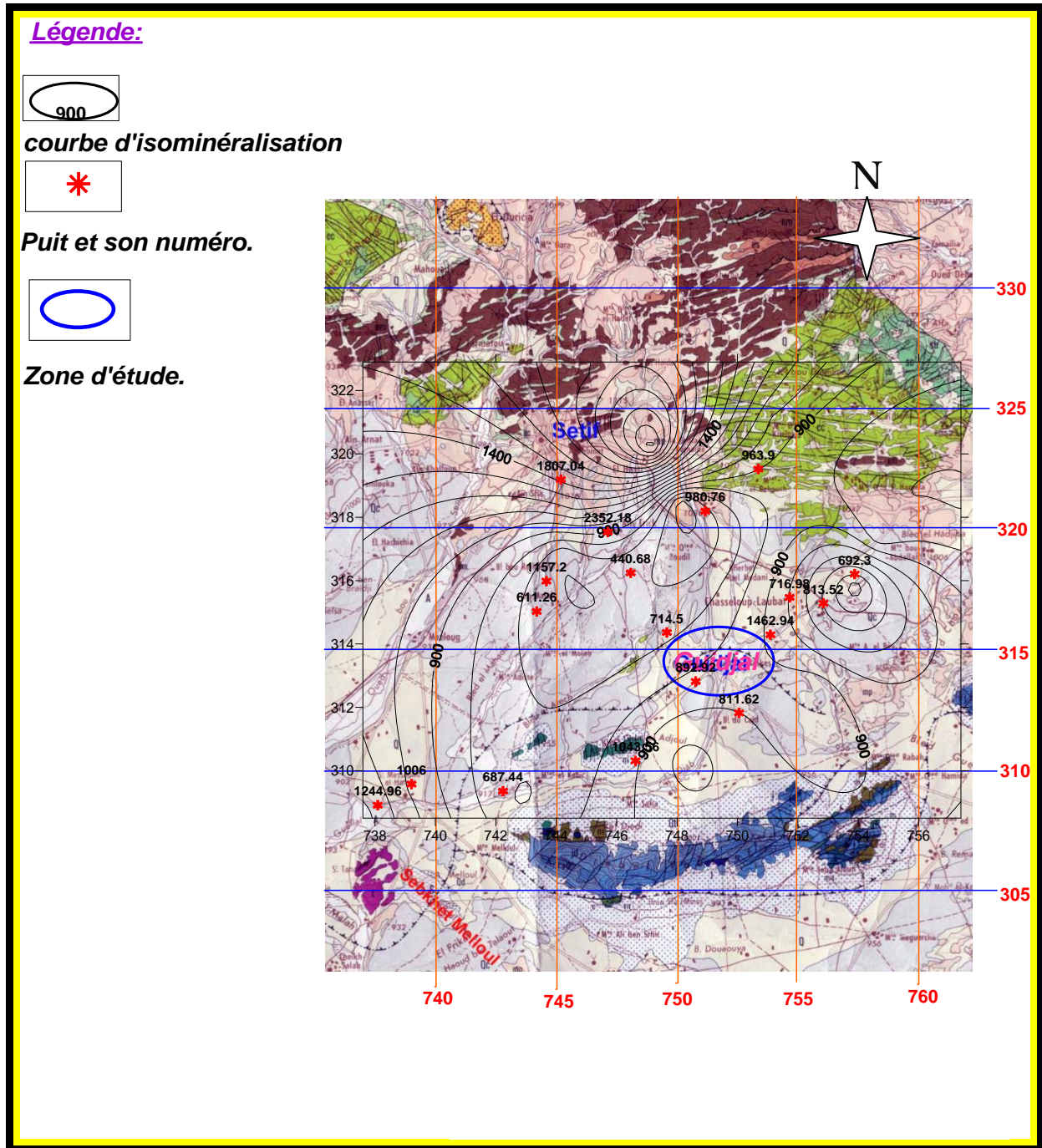


Figure 5.2: Carte d'isominéralisation calculée (Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).



**Figure 5.2: Carte d'isominéralisation calculée
(Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).**

L'évolution de la minéralisation se fait par trois stades :

- *Premier stade s'apport ou de dilution ;*
- *Deuxième stade de dissolution ;*
- *Troisième stade d'évaporation.*

Les eaux sont fortement minéralisées suivant le sens d'écoulement à la proche du Sebka.

Les cartes d'isoconductivité, d'isominéralisation pour les deux périodes montrent une même évolution de la conductivité et la minéralisation.

Les zones fortement minéralisées et conductrices se situent dans la partie Nord –Ouest.

Les zones, moyen à faible minéralisation et conductivité se trouvent dans la partie Nord –Est.

↪ *Relation : Résidu sec – Conductivité (Fig.5.3)*

La droite : Résidu sec – Conductivité montre une relation de proportionnalité et une bonne corrélation positive avec $R = 0,502$, il est important également de noter que pour les eaux les moins minéralisées au fortement minéralisées, la corrélation est meilleur par rapport aux eaux plus chargées au moins chargées.

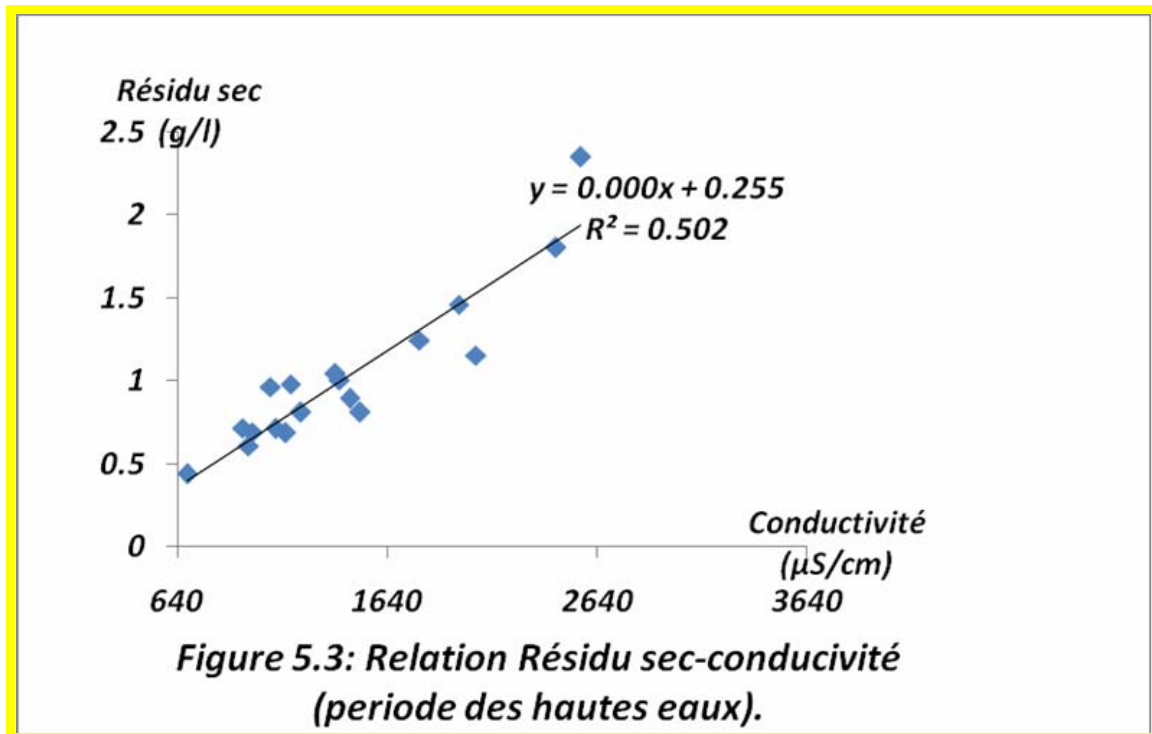
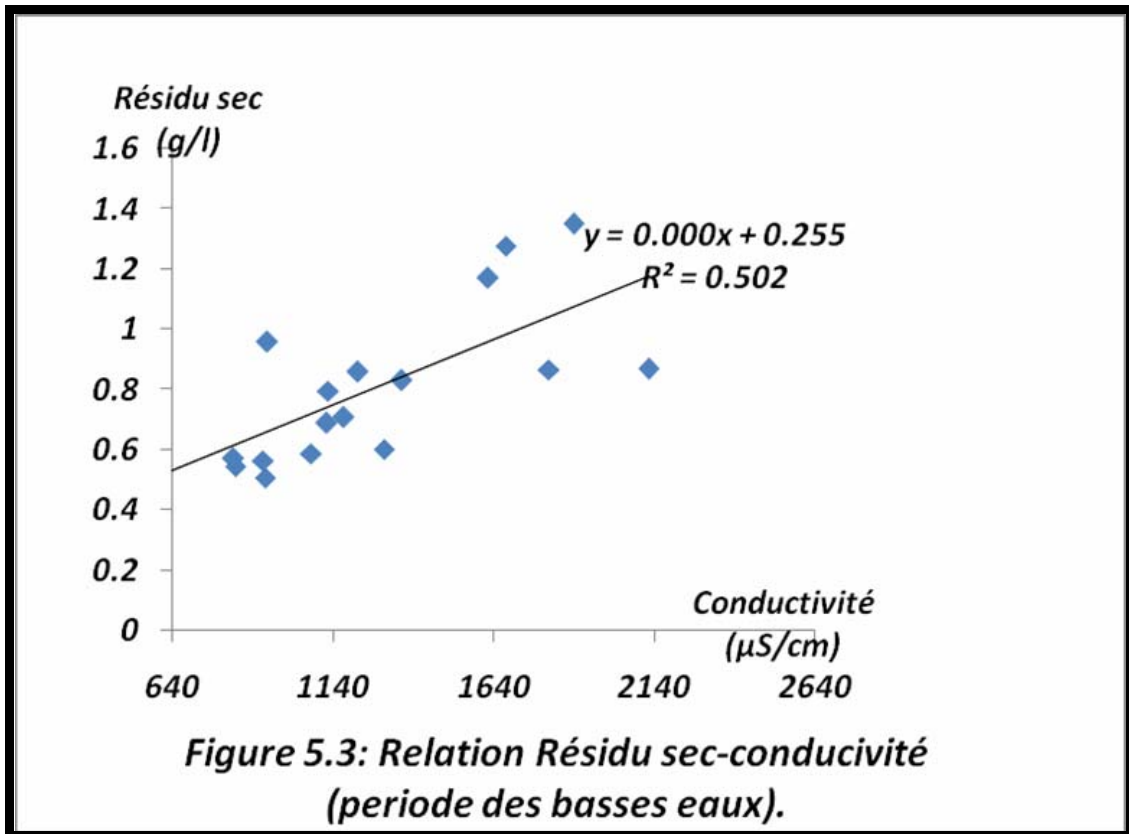
↪ *Dureté totale : (Degré Hydrotimétrique totale) (DHT) :*

Elle indique la teneur totale de l'eau en sel de Calcium (Ca^{++}) et de Magnésium (Mg^{++}). Elle est exprimée en degré français ($^{\circ}F$) et est calculée selon la formule suivante :

$$DHT = 5 (rCa^{++} + rMg^{++})^{\circ}F$$

Où :

▸ $rCa^{++} + rMg^{++}$: *désigne respectivement les quantités en réaction de Calcium et de Magnésium en mé/l.*



Selon l'OMS, les eaux potables de bonne qualité ont une dureté totale inférieure à 15°F, mais acceptable jusqu'à 50°F, si elle dépasse cette valeur, leur utilisation devient extrêmement difficile et cause des problèmes pour la consommation et pour certains usages domestiques.

Dans la région d'étude la DHT est variable entre 28,4°F au puits 16 près de Guidjal et 86,8°F au puits 15, pour la période des basses eaux.

Pour la période des hautes eaux la DHT est variable entre 24,4°F au puits 16 près de Guidjal et 80°F au puits 13. ce qui veut dire que l'eau est très dure.

5.1.2. Etude des paramètres chimiques :

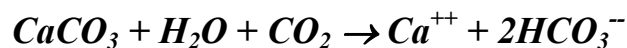
Lors de son transit, l'eau acquit une composition chimique liée à la nature lithologique du terrain traversé.

L'analyse des eaux montre les principaux éléments chimiques suivants :

5.1.2.1. Cations :

➤ Calcium (Ca⁺⁺) :

C'est un élément de la dureté totale. Son origine naturelle provient essentiellement de l'attaque des formations carbonatées par le gaz carbonique.



Dans la zone d'étude, le Calcium provient des massifs entourant la plaine. Il provient aussi de la dissolution du Gypse (CaSO₄, 2H₂O). Il varie de 86.57mg/l pour le puits 16 près de Guidjal à 280.56mg/l pour le puits 15.

➤ Magnésium (Mg⁺⁺) :

C'est aussi un élément de la dureté totale. La mise en solution de cet ion prend beaucoup de temps. Il provient de l'attaque des formations dolomitiques par le gaz carbonique, de la dissolution de MgSO₄ dans les terrains gypseux entraînant le magnésium et aussi des minéraux ferromagnésiens.

Il varie de 1,24mg/l pour le puits 10 près de Guidjal à 89,16mg/l pour le puits 6.

➤ **Sodium et Potassium ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) :**

Le Sodium est beaucoup plus abondant que le Potassium. Il est toujours présent dans les eaux naturelles avec des teneurs variables.

Il provient du lessivage des formations riche en NaCl (argile et marne) et des eaux usées d'origine industrielle et domestique.

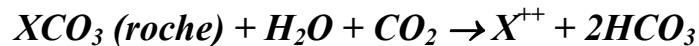
Les valeurs varient de 3.68mg/l pour le puits 11 près de Guidjal et de 409.74mg/l pour le puits 6 .

5.1.2.2. Anions :

➤ **Bicarbonates (HCO_3^-) :**

Les Bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre :

« la roche – l'eau et le gaz carbonique » selon l'équation générale suivante :



Leur origine principale est la dissolution des roches carbonatées, ainsi leur concentration dans l'eau est fonction de :

- › *la nature des terrains traversés ;*
- › *la température de l'eau ;*
- › *et la pression du CO_2 dissout.*

Les Bicarbonates varient de 118.34mg/l pour le puits 18 dans la région de Guidjal à 528.26, mg/l pour le puits 13 .

➤ **Sulfates (SO_4^-) :**

La concentration des eaux naturelles en Sulfates est très variable. Ils résultent de :

- › *la solubilité des gypses ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) ;*
- › *l'utilisation des engrais chimiques;*
- › *des eaux de pluie où le Soufre présent dans l'atmosphère subit une oxydation ;*
- › *et du lessivage des terrains argileux et marneux.*

Les Sulfates varient de 0mg/l pour le puits 15,18 près de Guidjal à 205mg/l pour le puits 12 près d'Aïn Trik.

➤ **Chlorures (Cl) :**

Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables. Ils proviennent essentiellement :

- *de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères;*
- *des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle.*

La valeur minimale est de 3,55mg/l pour le puits 18 dans la région de Guidjal et la valeur maximale est de 312,4mg/l pour les puits 13 .

Remarque :

Les Nitrates ne sont pas analysés, mais il est à penser qu'ils soient en forte concentration dans les eaux car les agriculteurs utilisent les engrais chimiques de façon abusive.

5.1.3. Etude des valeurs relatives :

5.1.3.1. Rapports caractéristiques :

L'étude de variation de ces rapports permet de :

- *voir l'évolution chimique des eaux pendant leur trajet souterrain ainsi que le contact avec le milieu géologique ;*
- *donner des indications sur la zone d'alimentation et la circulation des eaux souterraines.*

Les principaux rapports étudiés sont : rCa^{++}/rMg^{++} ; rSO_4/rCl^- ; $r(Na^++K^+)/rCl^-$ et afin d'expliquer l'origine de la salinité et des sels d'autres rapports ont été étudiés. Ce sont les cas de $(rCl^- / rSO_4^-)/\sigma$, $(rSO_4^- / rHCO_3^-)/\sigma$, $(rCl^- / rHCO_3^-)/\sigma$, etc...

➤ **Rapport : rCa^{++}/rMg^{++} : (Fig. 5.4)**

▫ Durant la période des basses eaux tous les puits, soit 100%, où $rCa^{++}/rMg^{++} > 1$, montrent la prédominance du Ca^{++} sauf le puits(6) montrent la prédominance du Mg^{++}

▫ Durant la période des hautes eaux tous les puits, soit 100%, où $rCa^{++}/rMg^{++} > 1$, montrent la prédominance du Ca^{++} . Cela est lié au lessivage des argiles et la présence des formations dolomitiques.

La carte d'iso- rapport rCa^{++}/rMg^{++} montre donc la prédominance de Ca^{++} dans la zone d'étude.

➤ **Rapport : rSO_4^-/rCl^- : (Fig. 5.5)**

▫ Durant la période des basses eaux on a :

un seul puits(12) où $rSO_4/rCl^- > 1$. Cela implique la prédominance des Sulfates. Cela est lié au lessivage des terrains gypsifères et marno-argileux, ou à l'utilisation des engrais chimiques.

17 puits soit 94,44 % où $rSO_4/rCl^- < 1$ le Cl^- prédomine, cela est lié au lessivage des terrains salifères.

▫ Durant la période des hautes eaux on a :

03 puits soit 16.66 % où $rSO_4/rCl^- > 1$. Cela implique la prédominance des Sulfates.

15 puits soit 83.33 % où $rSO_4/rCl^- < 1$ le Cl^- prédomine, cela est lié au lessivage des terrains salifères

La carte d'iso- rapport rSO_4/rCl^- montre la prédominance des Chlorures dans la majorité de la zone d'étude durant les deux périodes.

Par contre, l'autre zone montre la prédominance de Sulfate avec une valeur de 1.524 pour le puits 12 pour la période des basses eaux, et 1.26 ; 1.05 ; 1.07 pour les puits 1 ; 11 et 13 respectivement pour la période des hautes eaux.

➤ **Rapport : $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}^-$: (Fig. 5.6)**

▫ *Durant la période des basses eaux on a :*

On a (06) puits où $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}^- > 1$: le Sodium prédomine et son origine concerne les formations salifère (NaCl) et l'utilisation des engrais chimiques.

Les autres puits où $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}^- < 1$: traduit la prédominance des Chlorures qui sont liés aux terrains salifères, aux argiles, et aux rejets domestiques et industriels.

▫ *Durant la période des hautes eaux on a :*

On a (02) puits où $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}^- > 1$: le Sodium prédomine et son origine concerne les formations salifère (NaCl) et l'utilisation des engrais chimiques.

Les autres puits où $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}^- < 1$: traduit la prédominance des Chlorures qui sont liés aux terrains salifères, aux argiles, et aux rejets domestiques et industriels.

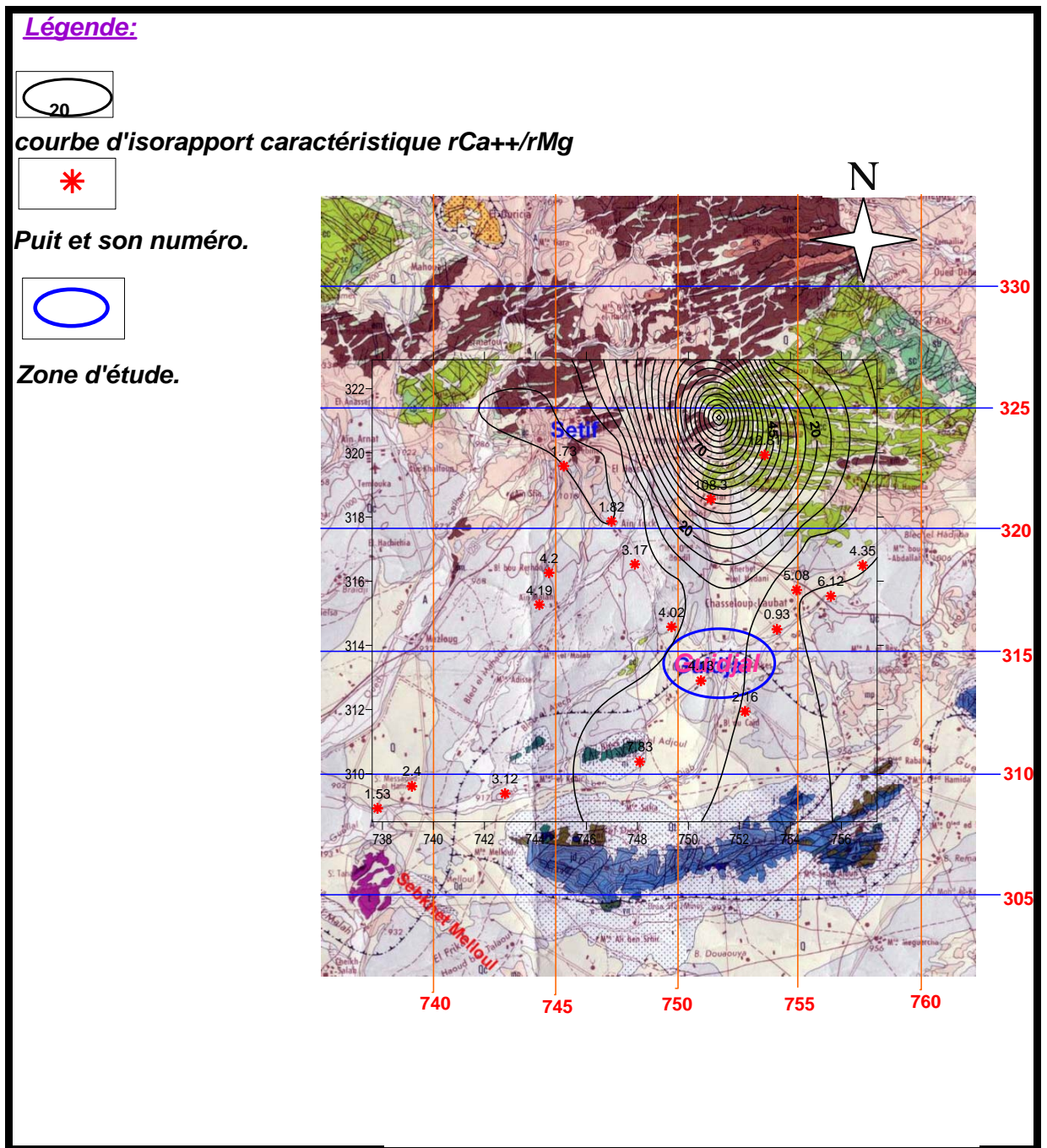


Figure 5.4: Carte d'isorapport caractéristique rCa^{++}/rMg^{++} (Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

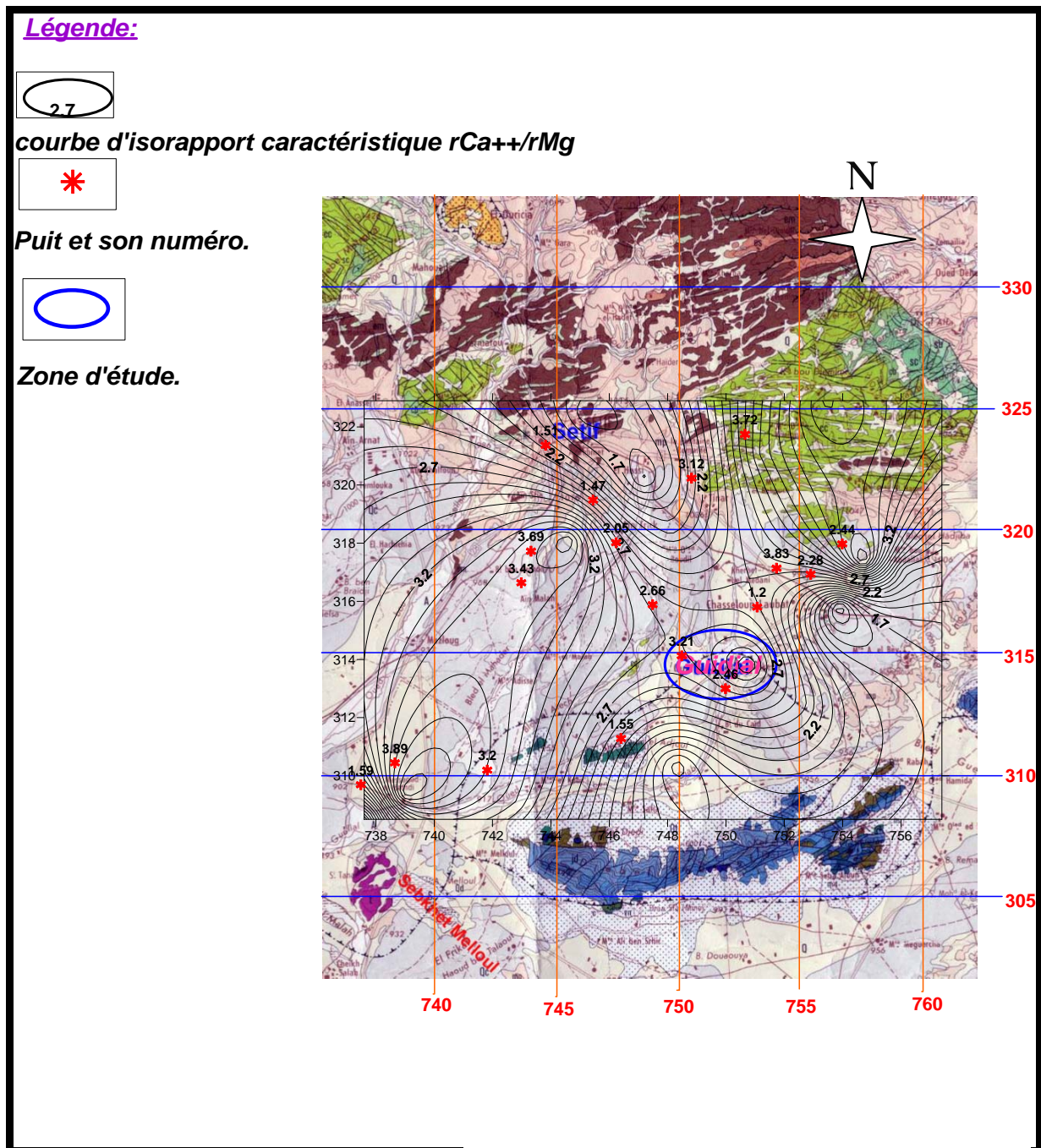


Figure 5.4: Carte d'isorapport caractéristique rCa^{++}/rMg^{++} (Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

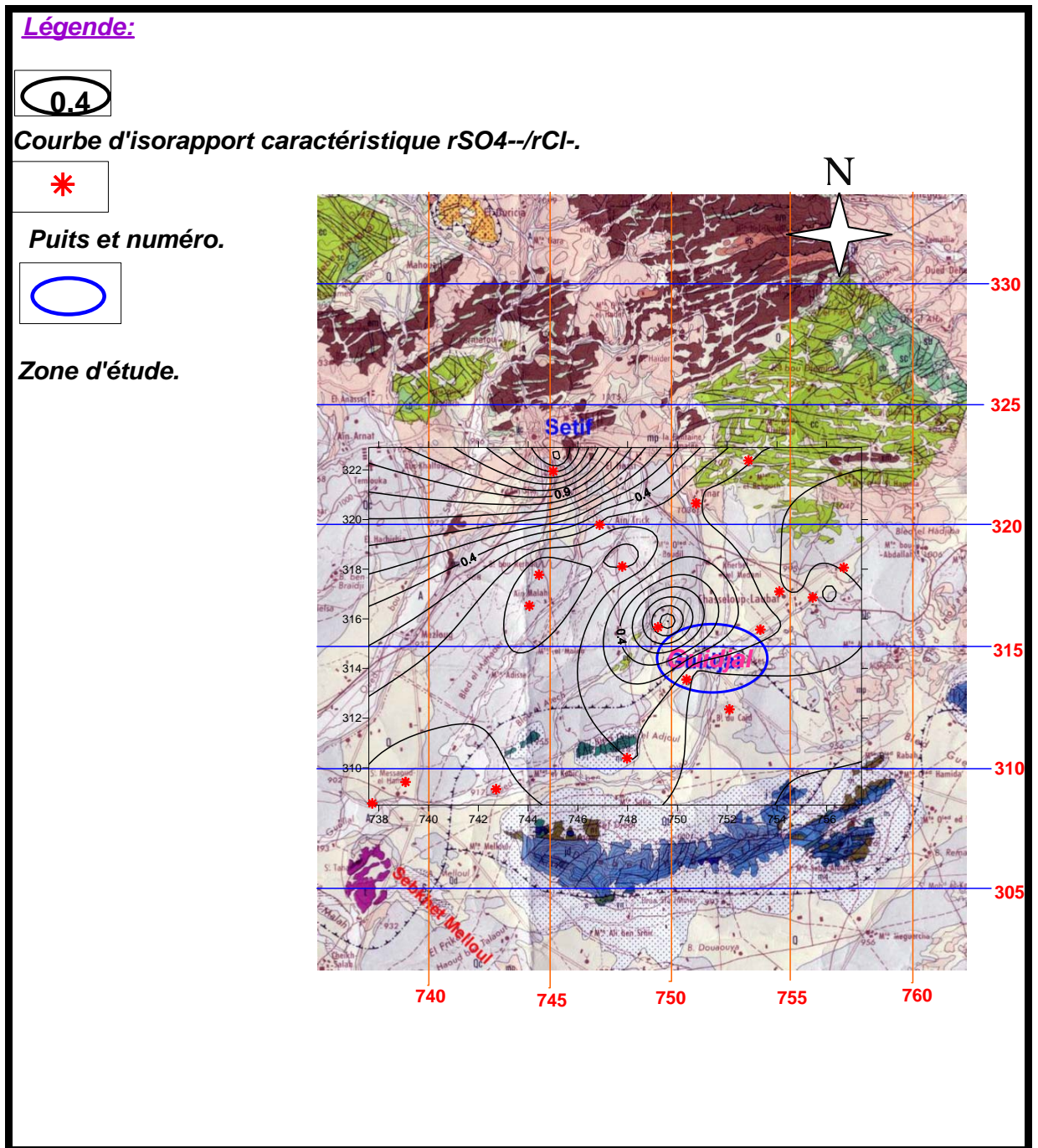


Figure 5.5: Carte d'isorapport caractéristique rSO_4^{--}/rCl^- (Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

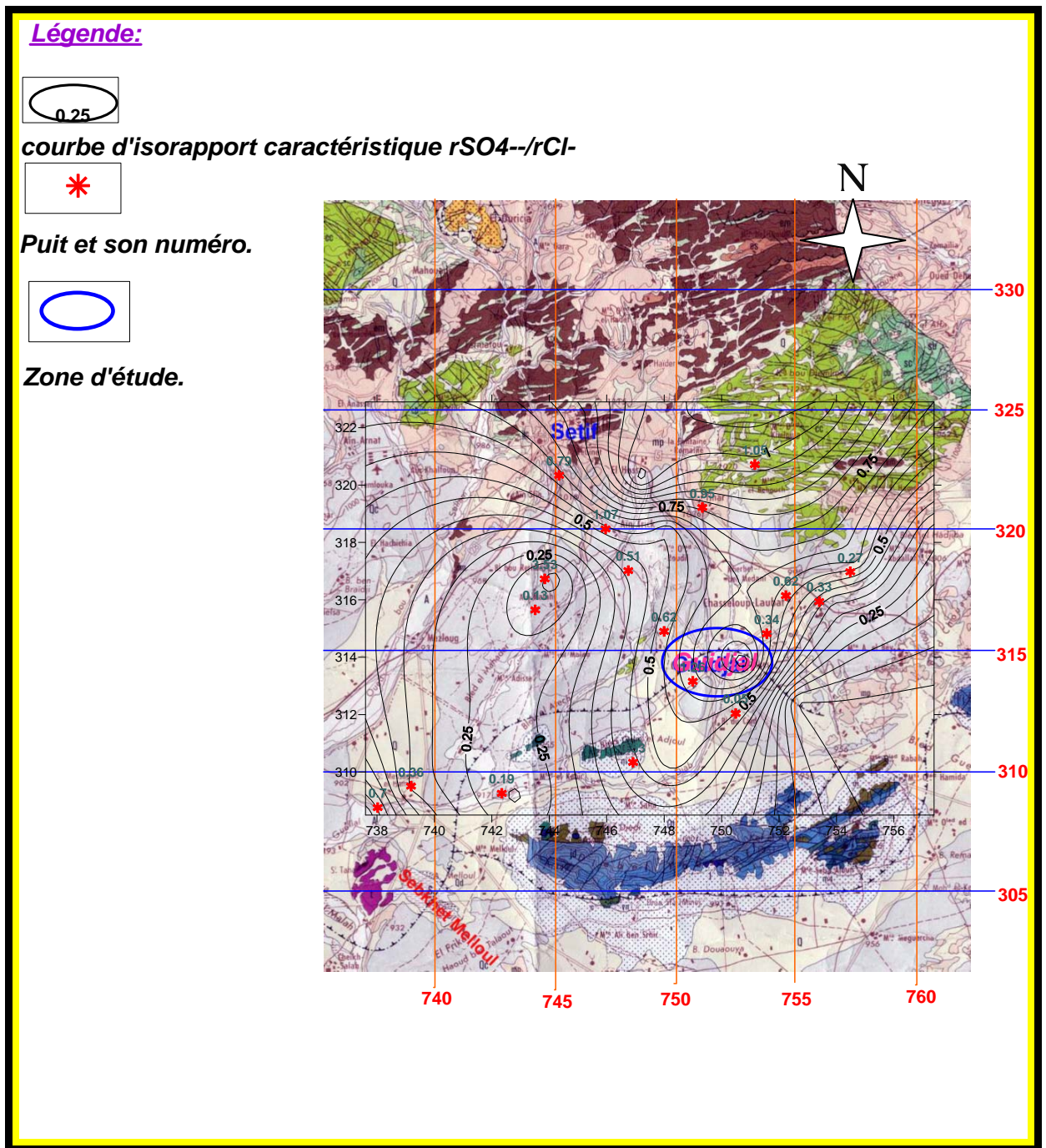


Figure 5.5: Carte d'isorapport caractéristique rSO_4^{--}/rCl^- (Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

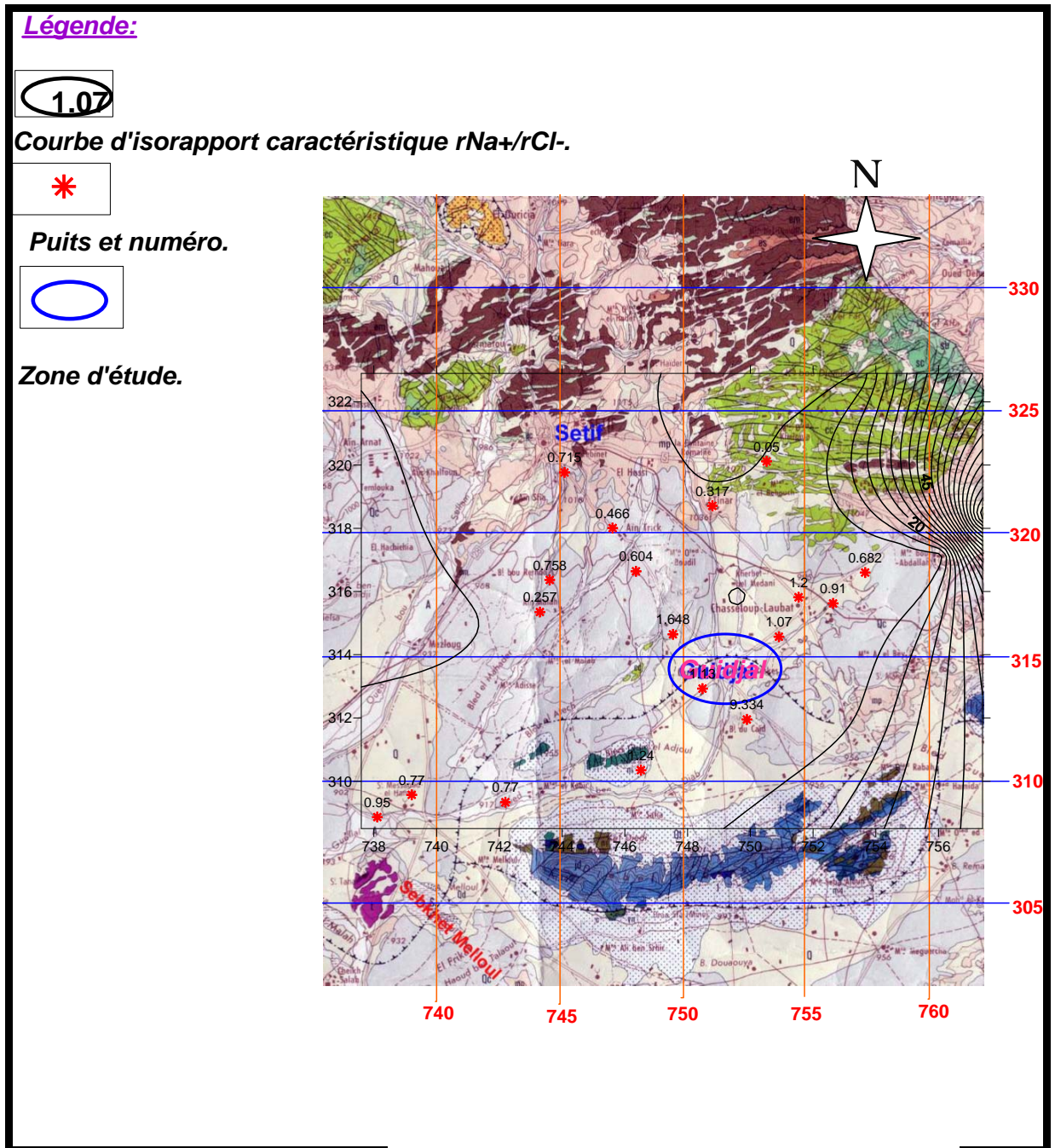


Figure 5.6: Carte d'isorapport caractéristique rNa^+/rCl^- (Période des basses eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

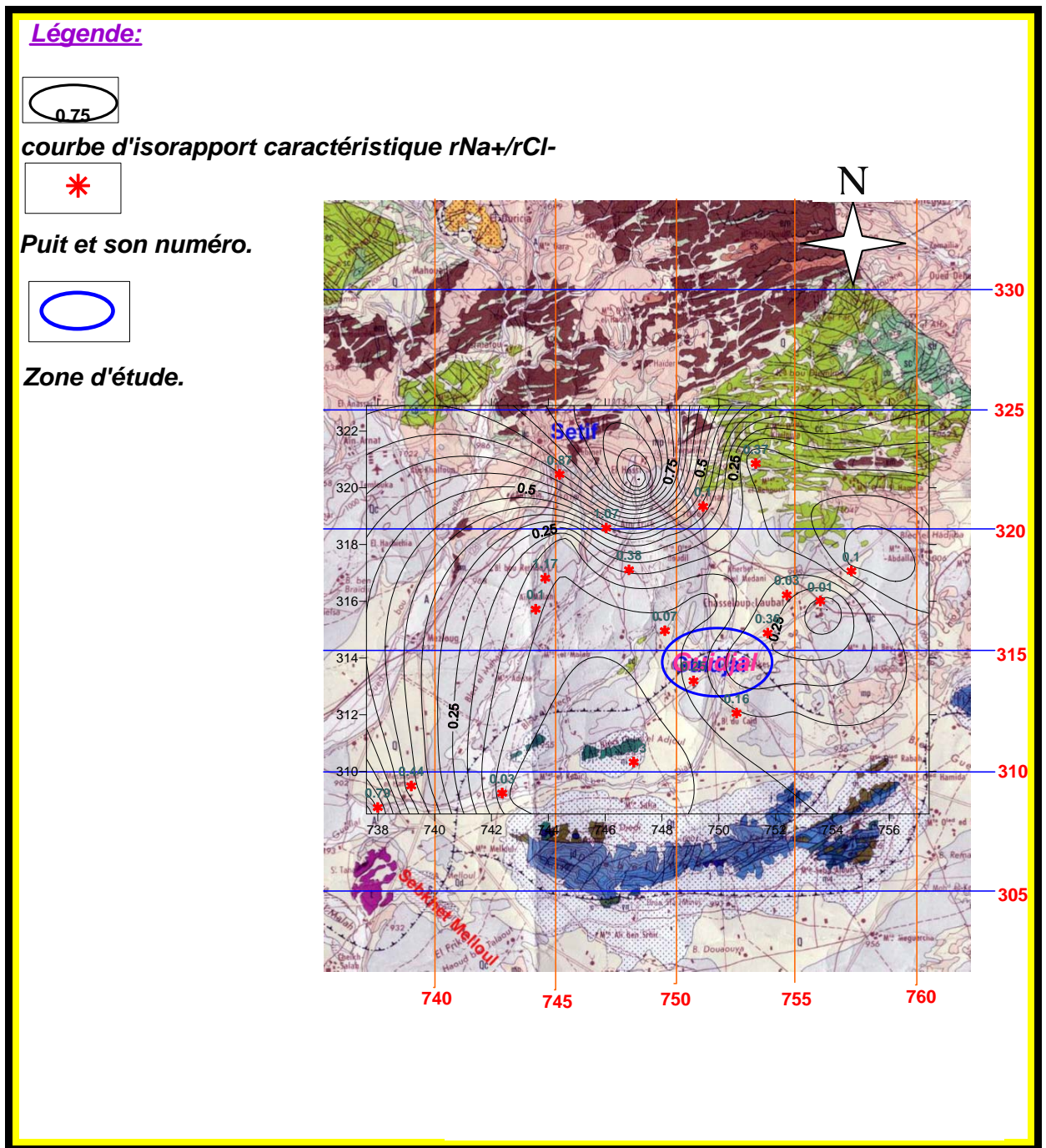


Figure 5.6: Carte d'isorapport caractéristique rNa^+/rCl^- (Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte géologique de Sétif, J.M VILA.1977).

La carte d'iso-rapport $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}$ montre la prédominance de Sodium dans le centre du secteur d'étude durant la période des basses eaux avec des valeurs de 1,13 ; 1.24 ; 1.648 et 9.334 pour les puits 1 ; 2 ; 17 et 18 respectivement et 1.07 et 1.17 pour les puits 13 et 15 dans la partie Ouest durant la période des hautes eaux.

Par contre, les autres zones montrent la prédominance des Chlorures durant la période des basses eaux avec des valeurs variant entre 0,050 pour le puits 11 et 0.758 pour le puits 15, et des valeurs variant entre 0,01 pour le puits 08 et 0.79 pour le puits 04 durant la période des hautes eaux.

5.1.3.2. Indice d'échange de base (i.e.b) :

Au cours de leur trajet souterrain, les eaux entrent en contact avec différentes substances qui ont la propriété d'échanger leurs ions contre ceux contenus dans les eaux.

Schoeller (1934) appelle l'indice d'échange de base, le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existants.

Il est donné par la formule suivante :

$$i.e.b = r\text{Cl} - r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/r\text{Cl}$$

▫ Si $i.e.b > 0 \Rightarrow$ l'eau est d'origine sédimentaire, c'est le cas de 12 puits pour la période des basses eaux et 16 puits pour la période des hautes eaux ;

▫ Si $i.e.b < 0 \Rightarrow$ l'eau est d'origine cristalline, c'est le cas de 06 puits qui sont les puits : 1 ; 2 ; 6 ; 7 ; 17 et 18 pour la période des basses eaux et les puits 13 et 15 pour la période des hautes eaux.

Les résultats sont mentionnés dans le tableau (5.1 période des basses eaux ; période des hautes eaux) en annexes.

Pour les eaux analysées 12 puits pour la période des basses eaux, et 16 puits pour la période des hautes eaux, on a des valeurs positives, ce qui indique que l'enrichissement des eaux en Chlorures qu'en Alcalins. Donc, les eaux sont d'origine sédimentaire.

Les autres puits montrent des valeurs négatives et sont aussi d'origine sédimentaire car Schoeller, en climat, semi-aride et aride l'i.e.b est négatif et l'origine de l'eau est également sédimentaire pour les deux périodes.

5.2. Classification des eaux :

Plusieurs méthodes de classification des eaux naturelles ont été proposées par divers auteurs.

Dans le cadre de cette étude, seulement la classification de Stabler et la classification de Piper ont été prises en considération.

5.2.1. Classification de Stabler :

(Tableau.5.2 période des basses eaux et période des hautes eaux)

Dans cette classification, les concentrations exprimées en mg/l sont réduites en quantité en réaction pour cent (r%) par rapport à la concentration (T)

La formule ionique étant obtenue en classant de gauche à droite et par ordre décroissant, les quantités en réaction pour cent des ions ensuite celles des cations, en se basant sur la prédominance de tel ou tel ion.

Cette classification a mis en évidence trois (03) familles de faciès :

5.2.1.1. Faciès bicarbonaté :

Ce faciès occupe la majeure partie du terrain d'étude.

Il est représenté par deux familles :

➤ **Faciès bicarbonaté Sodique :**

Il est représenté uniquement pour la période des basses eaux par les puits 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; 6 et 18 dû au lessivage des formations salifères.

➤ **Faciès bicarbonaté Calcique:**

Il est représenté pour la période des basses eaux par les puits 7 ; 9 ; 10 ; 11 et 17 la période des hautes eaux il est représenté par les puits 1 ; 7 ; 10 ; 11 ; 13 ; et 16 dû au lessivage des formations gypsifères et dolomitiques.

5.2.1.2. Faciès sulfaté : Il est représenté par une seule famille.

Puits N°=	Formules caractéristiques	Faciès chimique	
		Sodique	Bicarbonaté
01	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++	calcique	Bicarbonaté
02	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
04	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
05	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
06	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
18	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
07	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		
09	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		
10	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		
11	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%Ca++ > r%Mg++ > r%(Na++K+)		
17	- r% HCO_3 > r% Cl > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		
12	- r% SO_4 > r% HCO_3 > r% Cl = r%Ca++ > r%Mg++ > r%(Na++K+)	calcique	Sulfaté
03	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++	Sodique	Chloruré
08	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
16	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%(Na++K+) > r%Ca++ > r%Mg++		
13	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%Ca++ > r%Mg++ > r%(Na++K+)	calcique	Chloruré
14	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		
15	- r% Cl > r% HCO_3 > r% SO_4 > r%Ca++ > r%(Na++K+) > r%Mg++		

Tableau 5.2: Classification des eaux selon Stabler (periode des basses eaux).

Puits N°=	Formules caractéristiques		Faciès chimique	
	Calcique	Bicarbonaté	Calcique	Bicarbonaté
01	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%Cl = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
07	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%Cl = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
10	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%Cl = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
11	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
13	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
16	$r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
15	$r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%Cl = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$		Calcique	Sulfaté
12	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%HCO_3 = r^0\%(Na+K+) \rightarrow r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg$		Sodique	
02	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$		Calcique	Chloruré
03	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
04	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%HCO_3 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%(Na+K+) \rightarrow r^0\%Mg$			
05	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%(Na+K+) \rightarrow r^0\%Mg$			
06	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
08	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
09	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
14	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
17	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%SO_4 \rightarrow r^0\%HCO_3 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			
18	$r^0\%Cl \rightarrow r^0\%HCO_3 \rightarrow r^0\%SO_4 = r^0\%Ca \rightarrow r^0\%Mg \rightarrow r^0\%(Na+K+)$			

Tableau 5.2: Classification des eaux selon Stabler (periode des hautes eaux).

➤ **Faciès sulfaté Calcique :**

Il est présenté pour la période des basses eaux par le puits 12, la période des hautes eaux il est représenté par le puits 15 dû au lessivage des gypses et dolomies.

5.2.1.3. Faciès chloruré :

Ce faciès occupe la majeure partie du terrain d'étude après le faciès bicarbonaté.

Il est présenté par deux familles :

➤ **Faciès chloruré Calcique:**

Il est rencontré dans les puits : 13,14, et 15 pendant la période des basses eaux, Il est rencontré dans les puits 2 ;3 ;4 ;5 ;6 ;8 ;9 ;14 ;17 et18 durant la période des hautes eaux.

Il est lié principalement au lessivage des formations carbonatées et salifères.

➤ **Faciès chloruré sodique :**

Ce faciès est rencontré dans les puits : 03, 08 et 16 pendant la période des basses eaux, Il est rencontré dans le puits 12 durant la période des hautes eaux. Il est lié à la prédominance des formations argileuses influencées par les formations gypseuses du Trias.

5.2.2. Classification de Piper : (Fig.5.7)

Cette méthode est basée sur la représentation des résultats des analyses chimiques sur le diagramme de Piper qui permet de classer et comparer les eaux entre elles. Ce diagramme comporte un losange ABCD et deux triangles équilatéraux dont les côtés sont divisés en cent (100) parties égales correspondant à des quantités en réaction pour cent (calculé par rapport à des ions de même signe). Ainsi dans chaque triangle, un point représentatif est obtenu. Les deux parallèles supportant ces deux points s'intercroisent en un seul point dans le losange ABCD, indiquant la nature du faciès chimique des eaux.

Les points sont représentés sur le diagramme de Piper et les faciès obtenus sont :

‣ *Le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, il est présenté pour la période des basses eaux par (08 puits) pour la période des hautes eaux il est présenté par (16 puits);*

‣ *Le faciès chloruré sodique et sulfaté sodique, il est présenté pour la période des basses eaux par (04 puits), pour la période des hautes eaux aucune échantillon y représente;*

‣ *Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien il est présenté pour la période des basses eaux par (06 puits), pour la période des hautes eaux il est présenté par (02 puits) ;*

✓ *Les cations durant la période des basse eaux ont une tendance vers le milieu sauf les puits 3 ; 2 ; 8 et 10, la période des hautes eaux ont une tendance vers le pôle magnésien sauf les puits 4 ; 6 ; 12 et 13 ;*

✓ *Les anions ont une tendance vers le pôle chloruré sauf les puits 1 ; 2 ; 13 et 17, le période des hautes eaux ont une tendance vers le milieu sauf les puits 3 ; 14 ; 15 et 18.*

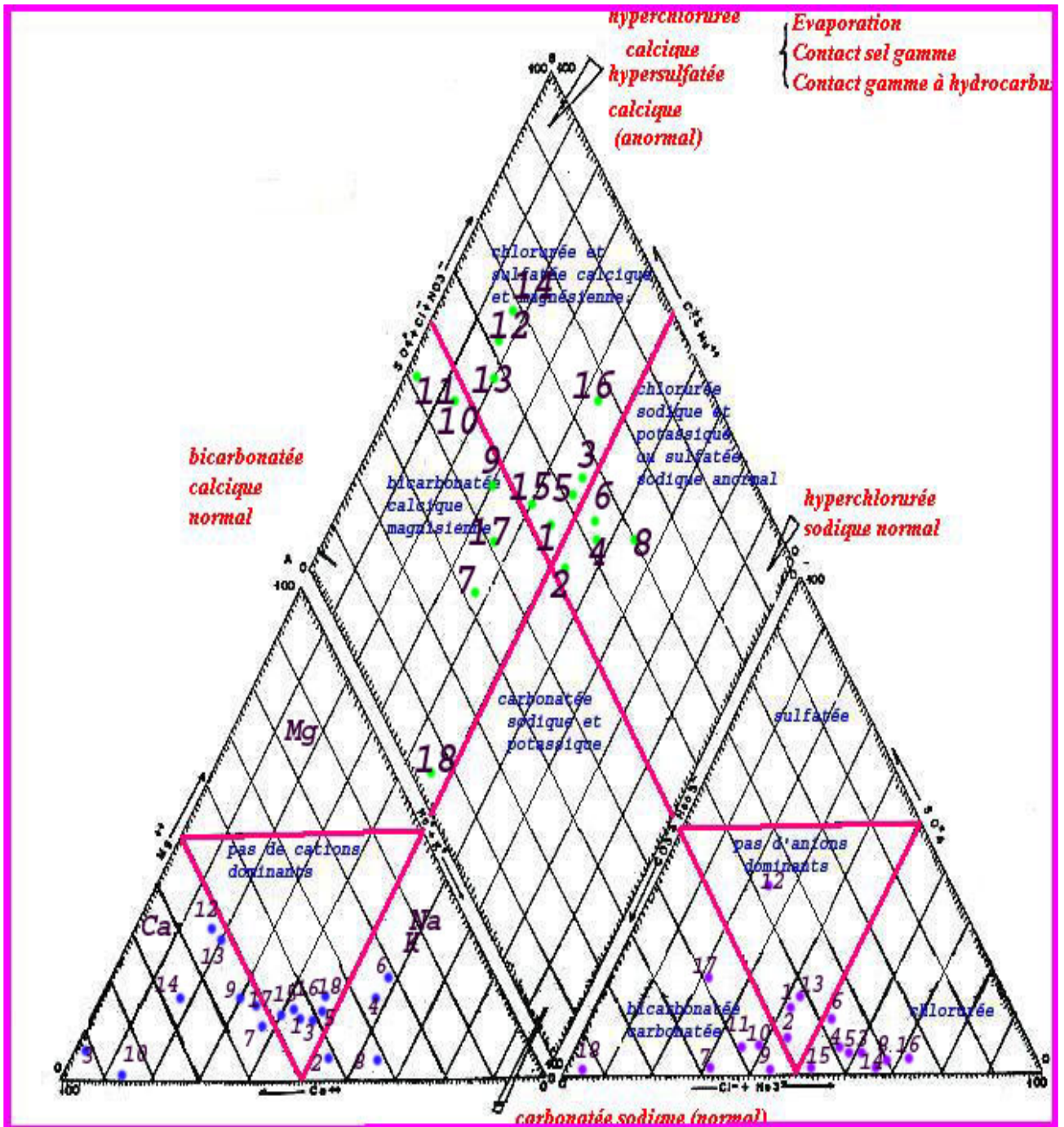


Figure 5.7: Classification des eaux naturelles d'après Piper (Période des basses eaux).

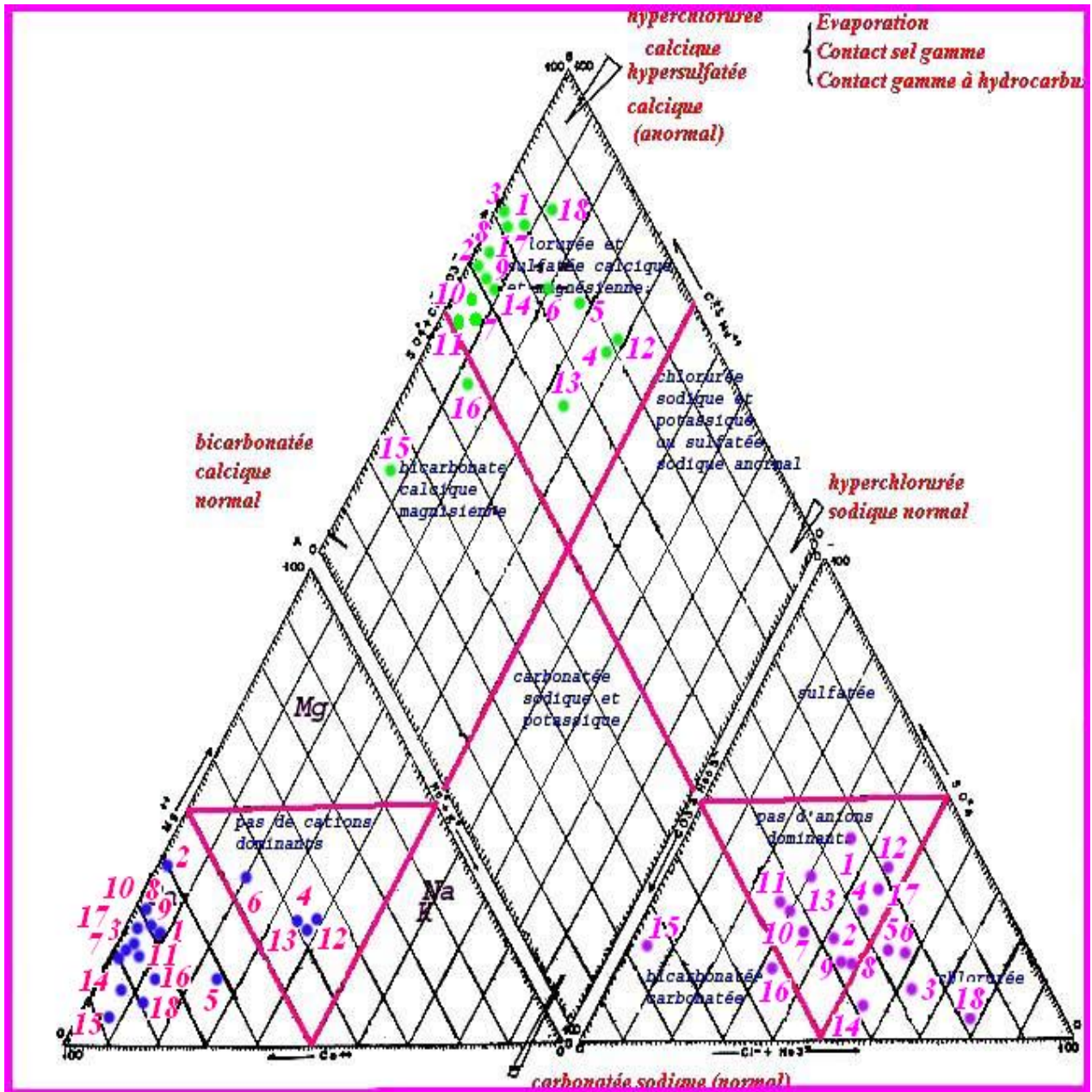


Figure 5.7: Classification des eaux naturelles d'après Piper (Période des hautes eaux).

De ces deux classifications, il en ressort que la majorité des puits montre un faciès bicarbonaté calcique, sodique et un degré moindre chloruré calcique et sodique durant la période des basses eaux par contre durant la période des hautes eaux la majorité des puits montre un faciès chloruré calcique et sodique et un degré moindre bicarbonaté calcique.

5.3. Etude de l'évolution chimique des eaux :

A partir de l'eau des précipitations, l'acquisition de la minéralisation se fait rapidement lors du ruissellement et l'infiltration jusqu'à 50% de sa minéralisation définitive. Puis, l'eau subit des modifications dans sa composition chimique due essentiellement aux influences de la lithologie et des échanges en contact : Eau – Roche.

A/- Premier stade :

Ce stade est caractérisé par des eaux peu chargées à faciès bicarbonaté (sodique et calcique) signe des zones d'alimentation et les zones près des grands Oueds permanents (Oued Ben Diab) puits 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 18 et 07 ; 09 ; 10 ; 11 et 17, pour la période des basses eaux et par les puits 1 ; 7 ; 10 ; 11 ; 13 et 16 pour la période des hautes eaux.

Ces eaux sont peu évoluées.

B/- Deuxième stade :

Il est caractérisé par des eaux sulfatées calcique pour le puits 12, pour la période des basses eaux et par le puits 15, pour la période des hautes eaux. les eaux sont moyennement évoluées.

C/- Troisième stade :

Il représente la zone de convergence qui est caractérisée par des eaux chlorurées où les eaux deviennent chargées.

Ce stade est caractérisé par le faciès chloruré calcique pour les puits : 13, 14, et 15; et par le faciès chloruré sodique pour les puits : 03, 08, et 16 pour la période des basses eaux, par le faciès chloruré calcique pour les puits : 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 9 ; 14 ; 17 et 18 et/ le faciès chloruré sodique pour les puits 1 et 2, pour la période des hautes eaux.

Les stades de l'évolution chimique ont une tendance avec le sens d'écoulement des eaux.

5.4. Potabilité des eaux (Norme et qualité) : (Fig.5.8)

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent être dépourvues de tout agent polluant et d'impureté.

Les eaux souterraines présentent toujours une certaine concentration des différents éléments chimiques élevée. Ces concentrations ne doivent pas dépasser un certain seuil défini par les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les services de la santé publique.

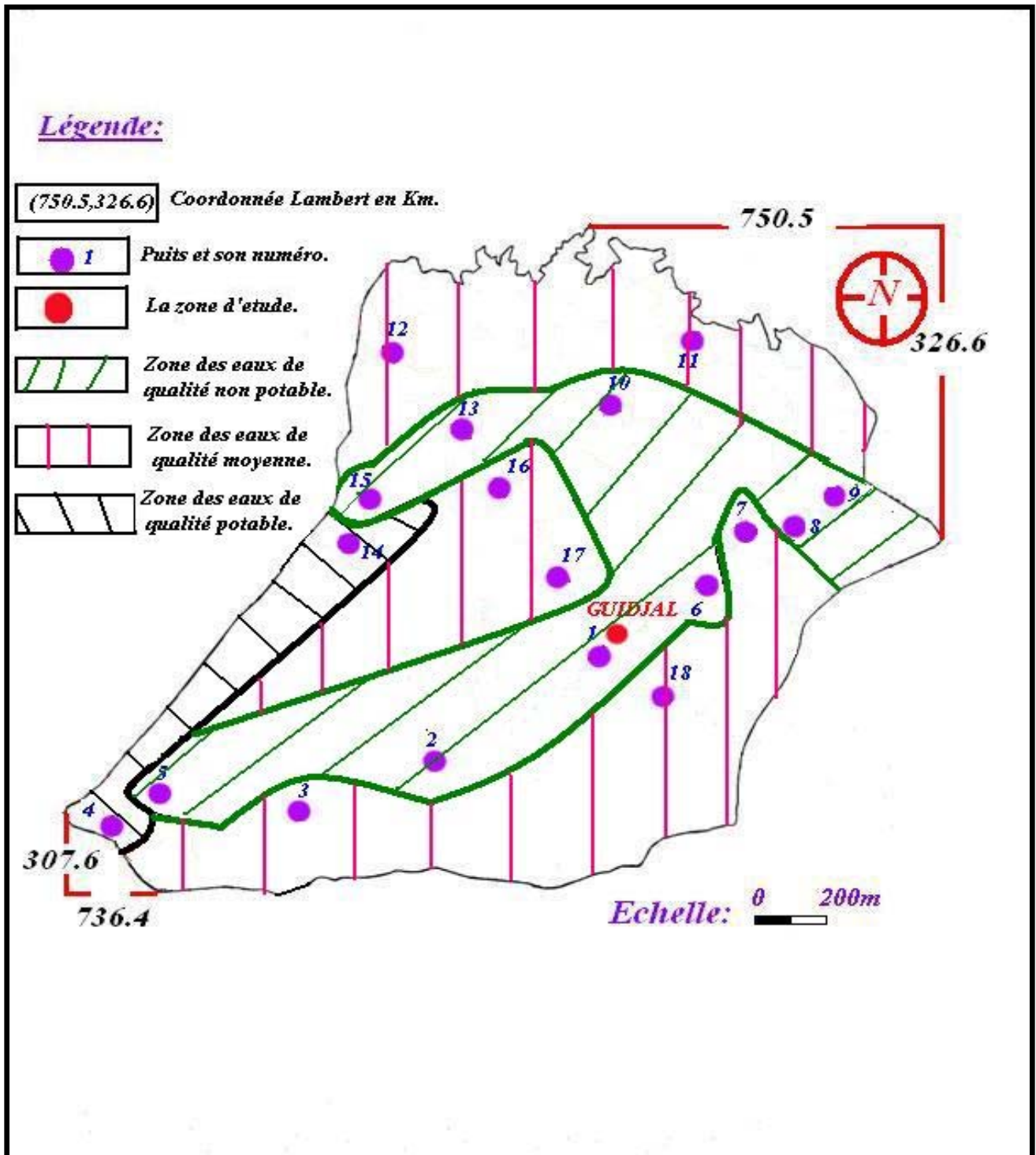
La classification des eaux de la zone d'étude selon leur potabilité a été mentionnée dans le tableau 5.3.

D'après le tableau, et Fig 5.8 carte de répartition des eaux potables le secteur d'étude présente :

▸ Pour la période des basses eaux 02 puits à eau potable un puits qui a un faciès bicarbonaté sodique et l'autre qui à un faciès chloruré calcique, et pour la période des hautes eaux 10 puits à eau potable dont 07 puits ont un faciès chloruré calcique et 03 puits qui ont un faciès bicarbonaté calcique ;

▸ *Pour la période des basses eaux 07 puits à eau moyennement potable dont 04 puits ont un faciès bicarbonaté calcique, 02 puits ont un faciès chloruré sodique et un puits qui a un faciès sulfatée calcique, et pour la période des hautes eaux 02 puits à eau moyennement potable un puits qui a un faciès bicarbonaté calcique et l'autre qui à un faciès chloruré calcique ;*

▸ *Et pour la période des basses eaux 09 puits à eau non potable dont 07 puits ont un faciès bicarbonaté sodique, 02 puits ont un faciès chloruré calcique, et pour la période des hautes eaux 06 puits dont 02 puits ont un faciès chloruré calcique ; 02 puits ont un faciès bicarbonaté calcique ; 01 puits à un faciès sulfatée calcique et un puits qui a un faciès chlorurée sodique.*



**Figure 5.8: Carte de repartition des eaux potables
(Période des basses eaux)
(Tirée de la carte topographique de Sétif).**

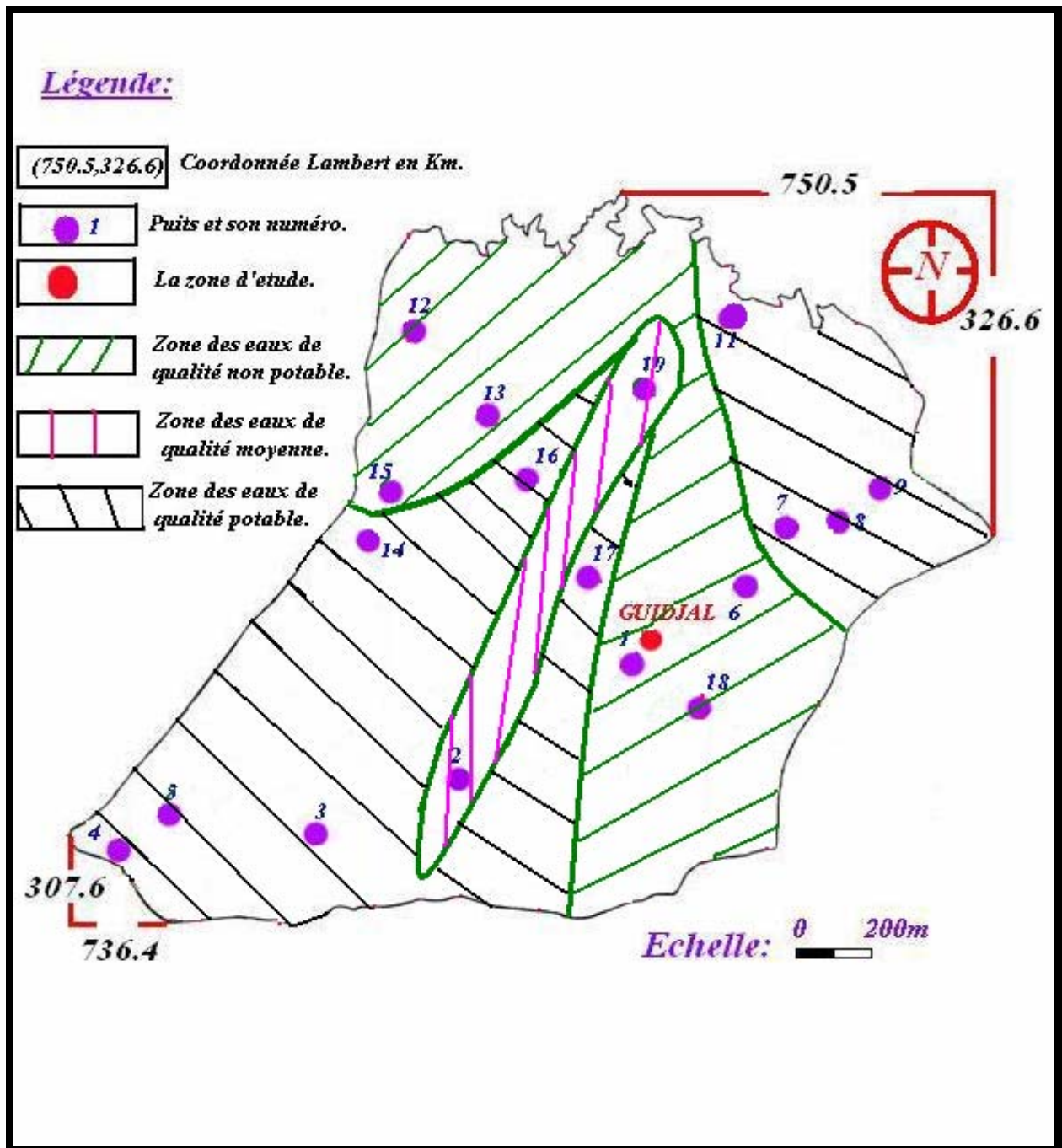


Figure 5.8: Carte de repartition des eaux potables (Période des hautes eaux)
(Tirée de la carte topographique de Sétif).

<i>Valeurs extrêmes de l'OMS</i>	<i>Eléments chimiques (mg/l)</i>					<i>Potabilité</i>
	<i>Ca⁺⁺</i>	<i>Mg⁺⁺</i>	<i>DHT (°F)</i>	<i>SO₄⁻</i>	<i>Cl</i>	
	140	150	50	250	250	
<i>Puits 1</i>	180.36	26.18	56	58	127.8	<i>Non potable</i>
<i>Puits 2</i>	228.45	17.52	64.4	50	181.05	<i>Non potable</i>
<i>Puits 3</i>	137.07	26.28	45.2	21	163.3	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 4</i>	112.22	47.88	48	18	184.6	<i>Potable</i>
<i>Puits 5</i>	149.89	37.32	53	14	184.6	<i>Non potable</i>
<i>Puits 6</i>	139.47	89.16	72	74	252.05	<i>Non potable</i>
<i>Puits 7</i>	140.28	16.63	42	4	53.25	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 8</i>	145.89	14.28	42	12	266.25	<i>Non potable</i>
<i>Puits 9</i>	169.13	23.4	52	2	92.3	<i>Non potable</i>
<i>Puits 10</i>	215.63	1.2	53.4	33	127.8	<i>Non potable</i>
<i>Puits 11</i>	166.73	7.8	38.4	26	92.3	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 12</i>	181.16	62.76	71.4	205	99.4	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 13</i>	209.21	68.88	81	137	312.4	<i>Non Potable</i>
<i>Puits 14</i>	126.65	18.12	39.2	6	216.55	<i>Potable</i>
<i>Puits 15</i>	280.56	40.08	86.8	00	110.05	<i>Non potable</i>
<i>Puits 16</i>	86.57	16.32	28.4	12	255.6	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 17</i>	147.49	21.96	46	39	31.95	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 18</i>	177.95	49.32	65	00	3.55	<i>Moyenne</i>

Les casés colorées montrent les valeurs dépassant les normes.

Tableau.5.3 : potabilité des eaux selon l'OMS

(Période des basses eaux).

<i>Valeurs extrêmes de l'OMS</i>	<i>Eléments chimiques (mg/l)</i>					<i>Potabilité</i>
	<i>Ca⁺⁺</i>	<i>Mg⁺⁺</i>	<i>DHT (°F)</i>	<i>SO₄⁻</i>	<i>Cl</i>	
	140	150	50	250	250	
<i>Puits 1</i>	158.72	29.64	52	168	149.1	<i>Non potable</i>
<i>Puits2</i>	123.44	47.88	50.8	106	179.1	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 3</i>	117.03	21.96	38.4	44	170.4	<i>Potable</i>
<i>Puits 4</i>	117.03	44.04	47.6	234	248.5	<i>Potable</i>
<i>Puits 5</i>	136.27	21	42.8	106	220.1	<i>Potable</i>
<i>Puits 6</i>	144.28	71.88	66	150	330.15	<i>Non potable</i>
<i>Puits 7</i>	121.84	19.08	38.4	80	95.85	<i>Potable</i>
<i>Puits 8</i>	123.44	32.52	44.4	70	156.2	<i>Potable</i>
<i>Puits 9</i>	109.01	26.76	38.4	45	124.25	<i>Potable</i>
<i>Puits 10</i>	144.28	27.72	47.6	136	99.4	<i>Moyenne</i>
<i>Puits 11</i>	136.27	21.06	43.2	136	95.85	<i>Potable</i>
<i>Puits 12</i>	147.49	58.44	61.2	350	326.6	<i>Non potable</i>
<i>Puits 13</i>	190.78	77.64	80	394	273.35	<i>Non Potable</i>
<i>Puits 14</i>	109.01	19.08	35.2	23	131.35	<i>Potable</i>
<i>Puits 15</i>	222.84	32.24	70.8	132	276.9	<i>Non potable</i>
<i>Puits 16</i>	65.73	19.2	24.4	34	49.7	<i>Potable</i>
<i>Puits 17</i>	118.6	26.76	40.8	110	131.35	<i>Potable</i>
<i>Puits 18</i>	160.32	39.14	56.4	18	280.45	<i>Non potable</i>

Les casés colorées montrent les valeurs dépassant les normes.

Tableau.5.3 : potabilité des eaux selon l'OMS

(Période des hautes eaux).

En comparaison entre les deux cartes : carte de répartition des eaux potables (Fig.5.8) et AB = 200m (Géophysique) (Fig.2.5), on a une similitude.

- *La zone le long de l'axe N-S présente des eaux non potables et une zone non exploitable d'après la carte AB = 200m ;*
- *Les autres zones sont caractérisées par des eaux moyennement potables à potables qui sont des zones éventuellement exploitables pour les deux périodes (basses eaux, hautes eaux).*

5.5. Aptitude des eaux à l'irrigation :

La qualité chimique des eaux influée directement sur le rendement des terres agricoles. A cet effet et étant donné que la zone d'étude et à vocation agricole et est destinée essentiellement à la monoculture céréalière, une étude chimique des eaux pour l'irrigation est indispensable pour mettre en évidence le danger que présente certains éléments chimiques pour les plantes et les sols.

La qualité de l'eau pour l'irrigation est déterminée par :

↳ Méthode de Sodium Absorption Ratio (SAR) : (Fig. 5.9)

Cette méthode fait intervenir et le risque d'alcalinisation des sels.

Le SAR est défini comme étant une mesure du pouvoir de remplacement des ions Ca^{++} , Mg^{++} par Na^+ dans les argiles et les colloïdes. Il peut être estimé par la relation de Richard (1954) :

$$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}$$

Où :

▸ Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ : sont des concentrations exprimées en mé/l.

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau (5.1) annexes.

La combinaison du SAR et de la conductivité électrique de l'eau permet la classification de l'eau à l'irrigation selon les classes suivantes :

➤ La classe C_2S_1 :

Englobe les eaux de puits : 16 pour les deux périodes (basses eaux, hautes eaux). présentes un danger de salinité moyenne avec un faible danger d'alcalinité. Ils sont moyennement admis à l'irrigation.

➤ La classe C_3S_1 :

Englobe les eaux des puits : 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17 et 18 pour la période des basses eaux et les eaux des puits : 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 17 et 18 pour la période des hautes eaux présentant un danger de salinité élevé et un faible danger d'alcalinité. Elles sont mauvaises à l'irrigation.

➤ La classe C_3S_2 :

Englobe les eaux des puits : 2, 4, 6 et 8. Uniquement pour la période des basses eaux Présentant un danger de salinité élevé et un moyen danger d'alcalinité. Elles sont mauvaises à l'irrigation.

➤ La classe C_4S_1 :

Englobe les eaux des puits : 12 et 13. Uniquement pour la période des hautes eaux Présentant un danger de salinité très élevé et un faible danger d'alcalinité. Elles sont mauvaises à l'irrigation.

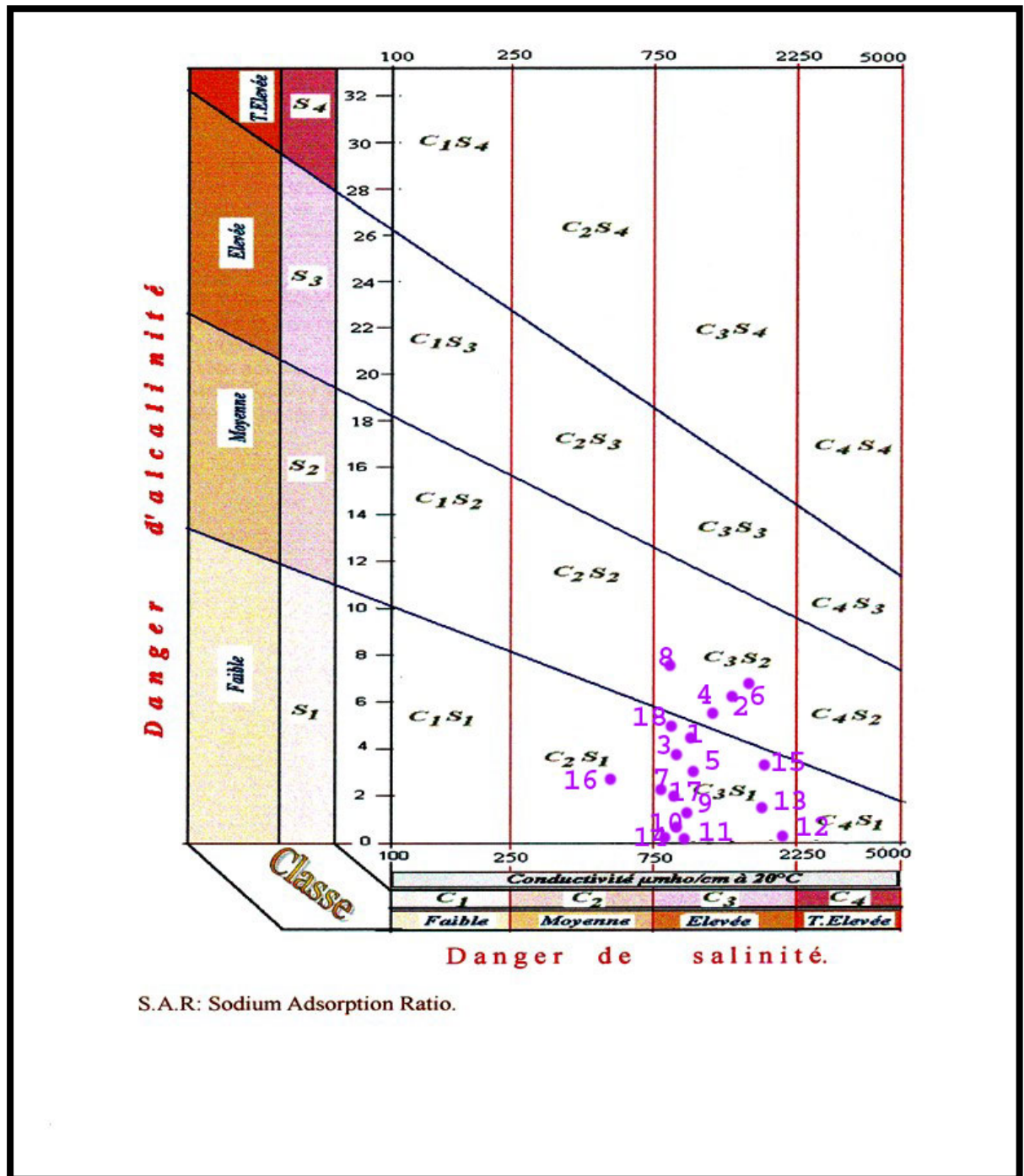


Figure 5.9: Classification des eaux d'irrigation-Méthode du S.A.R-Aquifère superficiel (D'après Richard, 1954. modifié) (Période des basses eaux).

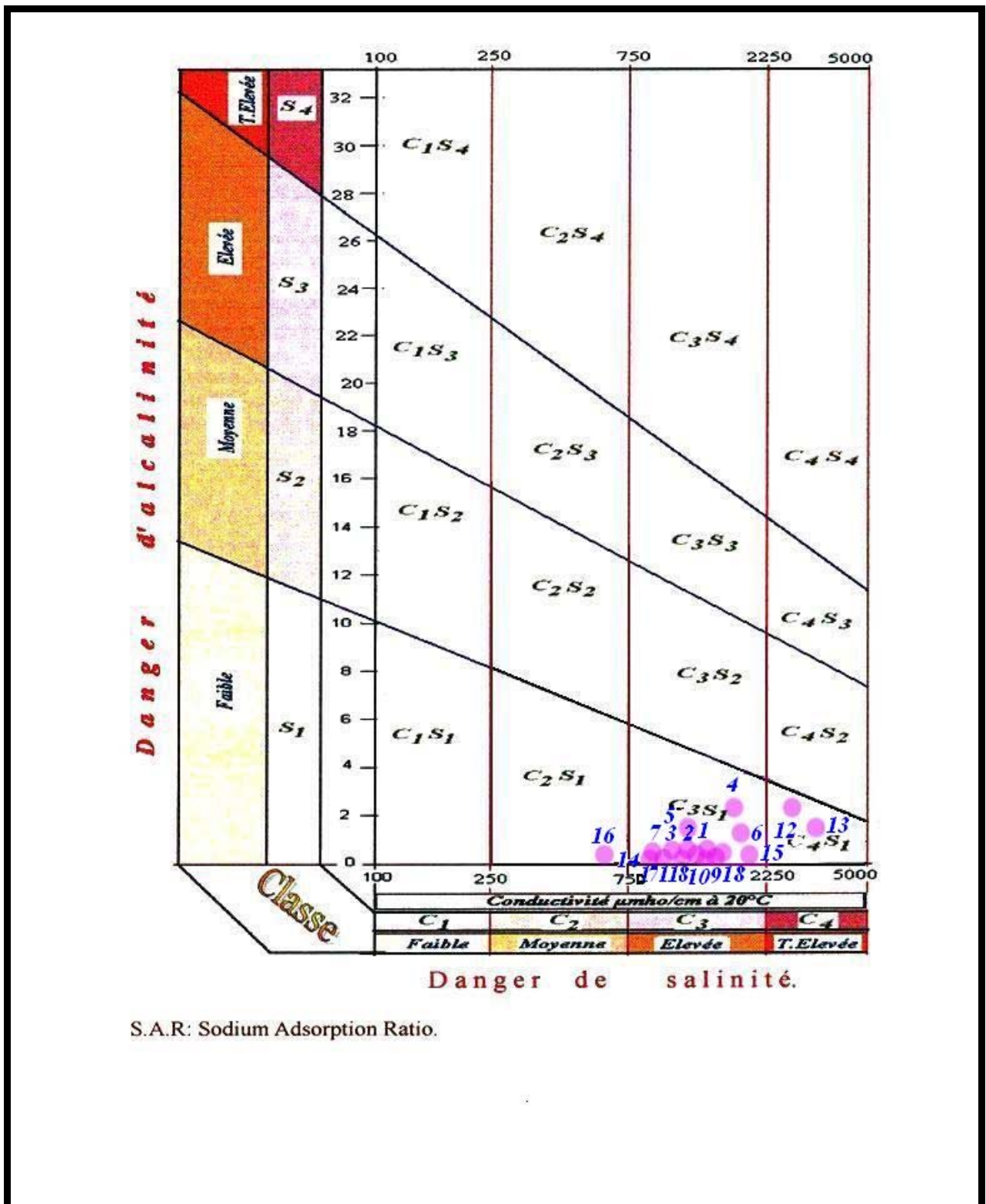


Figure 5.9: Classification des eaux d'irrigation-Méthode du S.A.R-Aquifère superficiel (D'après Richard, 1954. modifié) (Période des hautes eaux).

L'usage de ces points d'eau en irrigation dans cette région semi – aride durant les deux périodes (basses eaux, hautes eaux) présente un danger pour le sol d'une part et d'autre part pour les plantes.

Dans le cas du sol, l'accumulation des sels dans le milieu poreux qui va entraîner une diminution de la perméabilité des couches superficielles. Et pour les plantes le rendement agricole serait mauvais.

5.6. Origine de la salinité des eaux :

D'après les analyses chimiques durant la période des basses eaux, les faciès chimiques obtenus sont :

- 06 : NaHCO_3 pour les puits : 1, 2, 4, 5, 6 et 18 ;
- 05 : CaHCO_3 pour les puits : 7, 9, 10, 11 et 17 ;
- 01 : Ca SO_4 pour le puits : 12 ;
- 03 : Na Cl pour les puits : 3, 8 et 16 ;
- 03 : Ca Cl pour les puits : 13, 14 et 15.

5.6.1. Matrice de corrélation :

<i>Paramètres chimiques</i>	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	HCO_3^-	SO_4^-	Cl	σ à 20°C
Ca^{++}	1						
Mg^{++}	0,002	1					
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	0,008	0.195	1				
HCO_3^-	0,142	0,111	8E-06	1			
SO_4^-	0,027	0,320	0,006	0.334	1		
Cl	0.043	0.101	0,032	0,251	0.049	1	
σ à 20°C	0,375	0.451	0.065	0.316	0.467	0.026	1

D'après les analyses chimiques durant la période des hautes eaux, les faciès chimiques obtenus sont :

- ▷ 06 : CaHCO_3 pour les puits : 1, 7, 10, 11,13 et 16 ;
- ▷ 01 : Ca SO_4 pour le puits : 15 ;
- ▷ 01 : Na Cl pour les puits : 12 ;
- ▷ 10 : Ca Cl pour les puits : 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14,17 et 18.

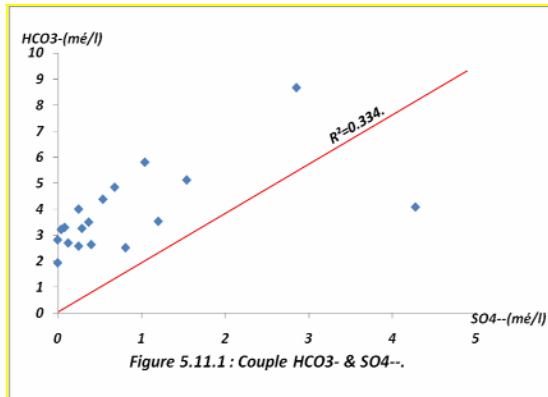
Paramètres chimiques	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	HCO_3^-	SO_4^-	Cl^-	σ à 20°C
Ca^{++}	1						
Mg^{++}	0,229	1					
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	0.120	0.572	1				
HCO_3^-	0,188	0.453	0.388	1			
SO_4^-	0,230	0,537	0,811	0.587	1		
Cl^-	0.385	0.585	0,491	0,062	0.295	1	
σ à 20°C	0,532	0.746	0.709	0.346	0.697	0.787	1

5.6.2. Relation entre les paramètres :

L'importance des faciès bicarbonatés et un degré plus moindre chlorurés et sulfaté, durant le période des basses eaux ; et les faciès chlorurés et un degré plus moindre bicarbonatés et sulfaté, durant le période des hautes eaux conduits à vérifier les relations entre ces paramètres

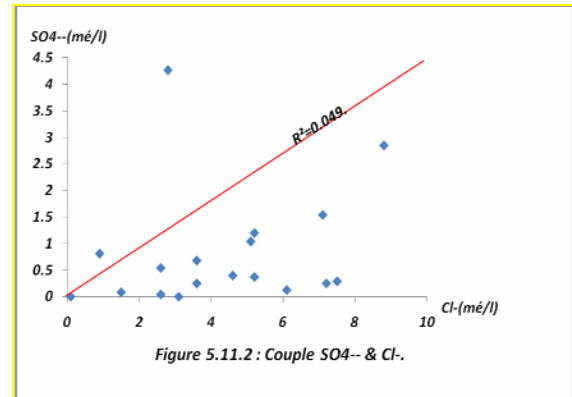
(Fig : 5.11.1, 5.11.2 et 5.11.3).

➤ Période des basses eaux :



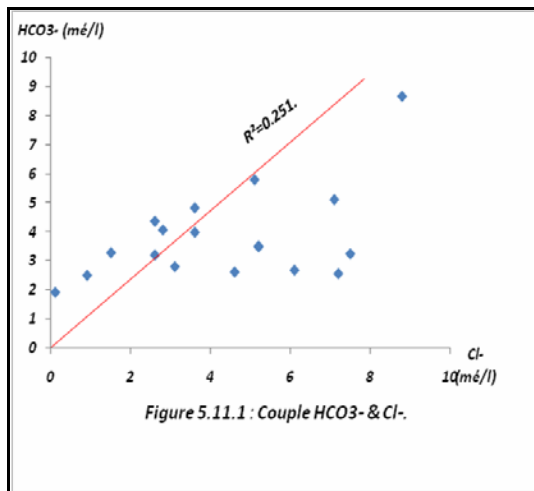
Couple HCO₃⁻ - SO₄⁻⁻ (figure 5.11.1) :

Le graphe montre un excès de HCO₃⁻ qui détermine la dominance des ions HCO₃⁻ que SO₄⁻⁻.



Couple SO₄⁻⁻ - Cl⁻ (figure 5.11.2) :

Le graphe montre un excès des ions Cl⁻ qui détermine la dominance de Cl⁻ que SO₄⁻⁻.



Couple HCO₃⁻ - Cl⁻ (figure 5.11.3) :

Le taux de répartition des ions Cl⁻ et HCO₃⁻ nous conduit de faire une corrélation entre ces ions.

La représentation des points sur le graphe montre un excès en ions Cl⁻ que HCO₃⁻.

Cela détermine donc la dominance des ions Cl⁻.

Les relations de ces paramètres en fonction de la conductivité sont les suivantes:

(Figure 5.12.1, 5.12.2, 5.12.3).

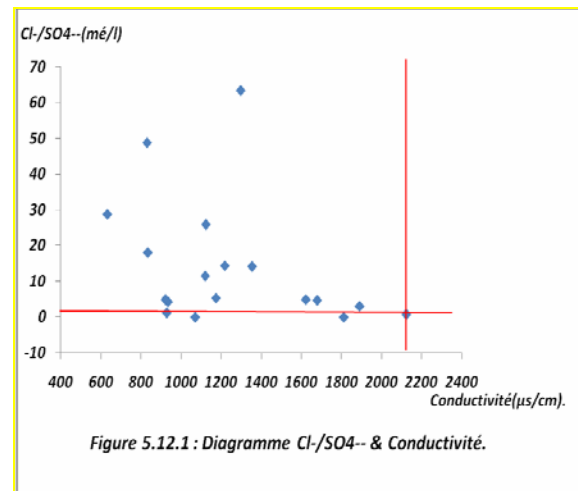


Diagramme Cl⁻ / SO₄⁻⁻ - Conductivité

(figure 5.12.1) :

Le graphe montre que pour des conductivités inférieures à 2100(µS/cm) les ions Cl⁻ dominent les SO₄⁻⁻.

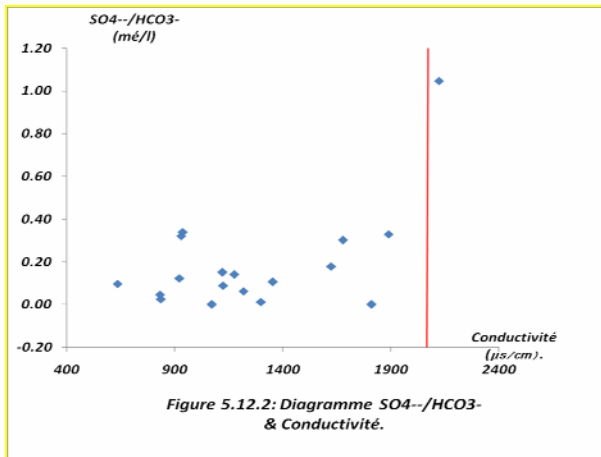


Diagramme SO_4^{--}/HCO_3^- - Conductivité

(figure 5.12.2):

Le graphe montre que pour des conductivités inférieures à 2100($\mu S/cm$) les ions HCO_3^- dominent les Cl^- . Donc on est obligé d'étudier la relation Cl^- / HCO_3^- - Conductivité.

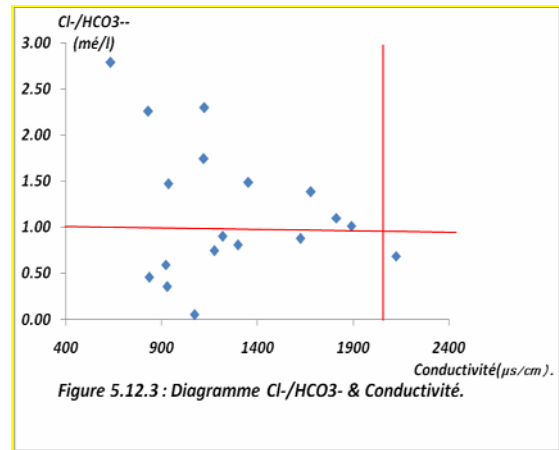


Diagramme Cl^- / HCO_3^- - Conductivité

(figure 5.12.3):

Le graphe montre que jusqu'à des conductivités inférieures 2100($\mu S/cm$) les ions Cl^- dominent les HCO_3^- . Cela justifie les relations antérieures étudiées.

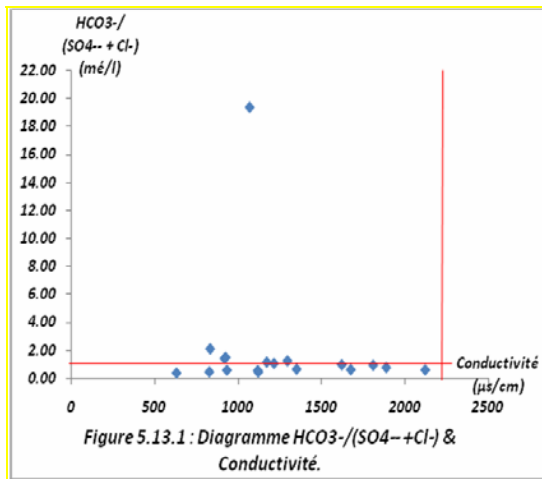


Diagramme $HCO_3^- / (SO_4^{--} + Cl^-)$ - conductivité

(figure 5.13.1):

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 2100 ($\mu S/cm$) la dominance des ions évaporitiques SO_4^{--} et Cl^- des ions HCO_3^- .

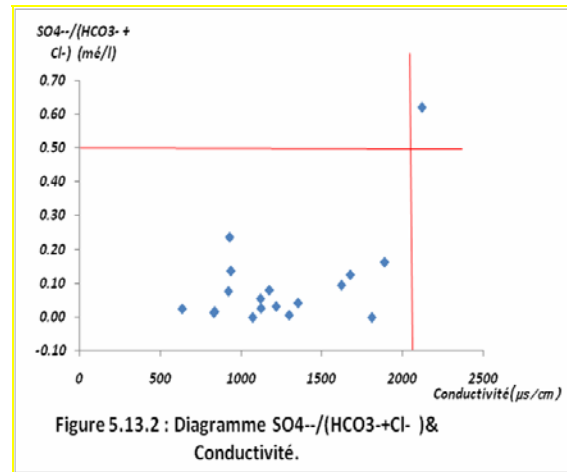


Diagramme $SO_4^{--} / (HCO_3^- + Cl^-)$ -conductivité

(figure 5.13.2):

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 2100 ($\mu S/cm$) la dominance des ions HCO_3^- et Cl^- des ions évaporitiques SO_4^{--} .

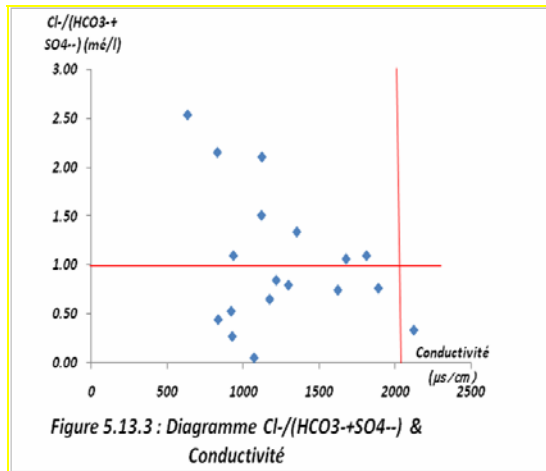
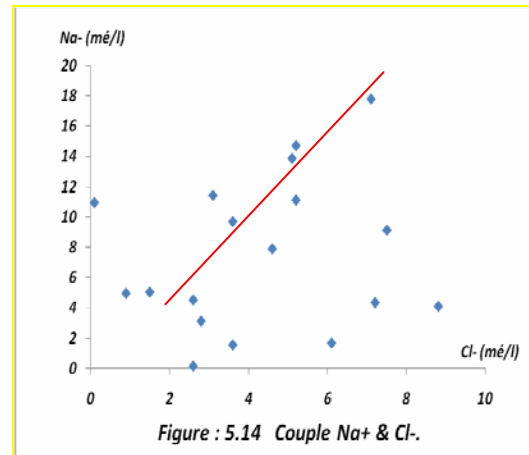


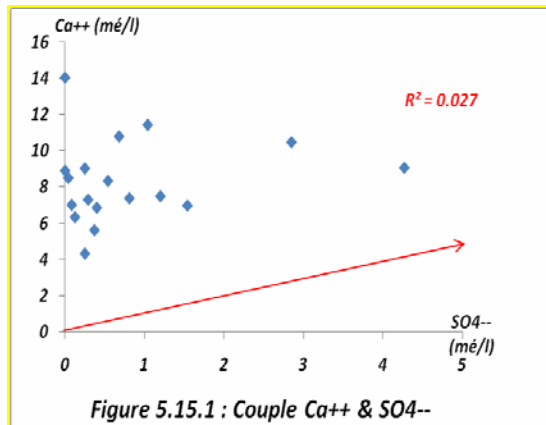
Diagramme $Cl^-/(HCO_3^-+SO_4^{--})$ – conductivité (figure 5.13.3) :

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 2100 ($\mu S/cm$) la dominance des ions évaporitiques SO_4^{--} et HCO_3^- des ions Cl^- .



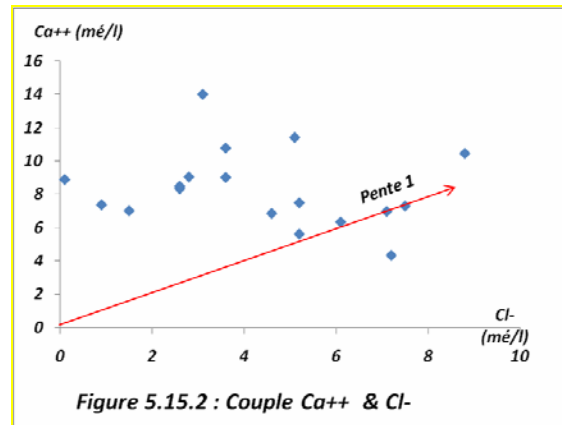
Couple Na^+ - Cl^- (figure 5.14) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès chlorurés sodiques qui apparaît ne représente qu'une petite partie des eaux exploités (16.66%).



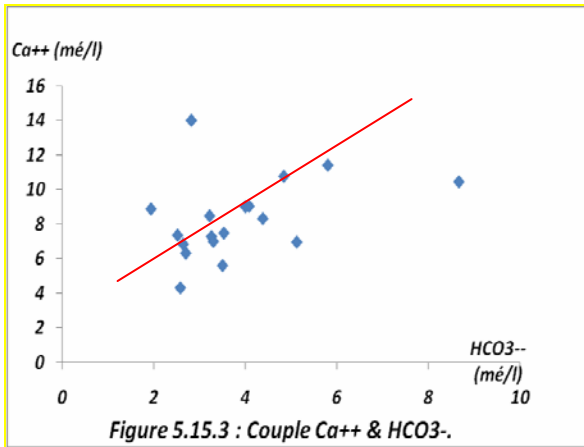
Couple Ca^{++} - SO_4^{--} (figure 5.15.1) :

Il n'y a pas une tendance à l'alignement, donc le faciès sulfatés calciques qui apparaît ne représente qu'une petite partie des eaux exploités (5.55%).



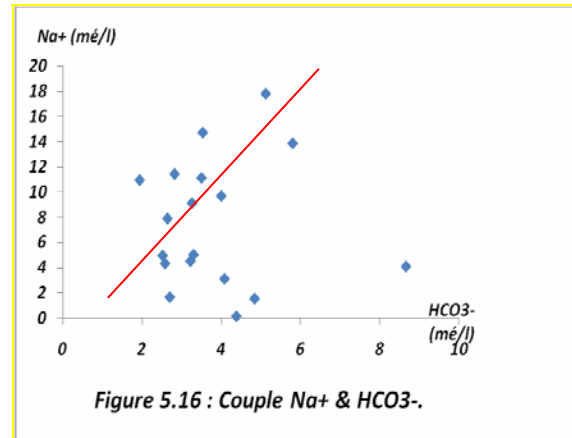
Couple Ca^{++} - Cl^- (figure 5.15.2) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès chlorurés calciques qui apparaît ne représente qu'une petite partie des eaux exploités (16.66%).



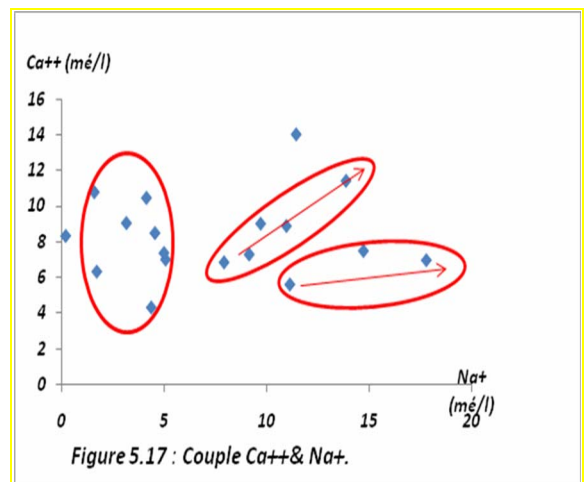
Couple Ca^{++} - HCO_3^- (figure 5.15.3) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès bicarbonatés calciques qui apparaît représente la majeure partie des eaux exploités (27.77%).



Couple Na^+ - HCO_3^- (figure 5.16) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès bicarbonatés sodiques qui apparaît représente la majeure partie des eaux exploités (27.77%).



Couple Ca^{++} - Na^+ (figure 5.17) :

Le graphe montre une mauvaise corrélation entre Ca^{++} et Na^+ où on a met en évidence trois (3) tendances :

Le calcium évolue indépendamment du sodium ;

Le sodium évolue indépendamment du calcium ;

Et en fine diminution du Ca^{++} alors que le sodium reste en évolution (échange de base entre sodium et le calcium).

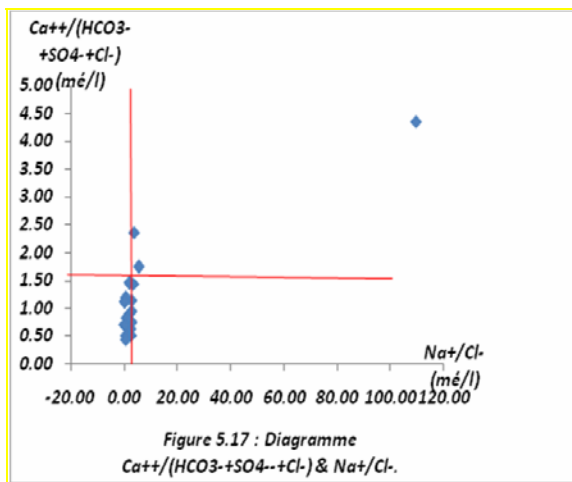
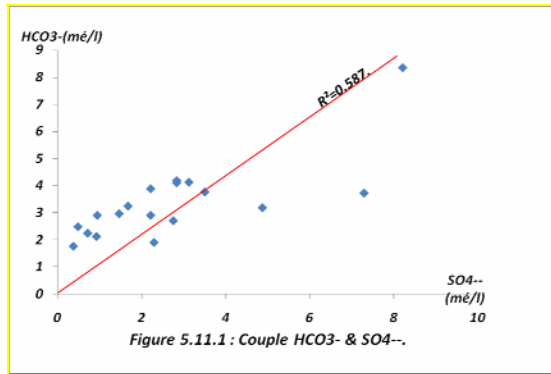


Diagramme $\text{Ca}^{++} / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^- + \text{Cl}^-) - \text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ (figure 5.17) :

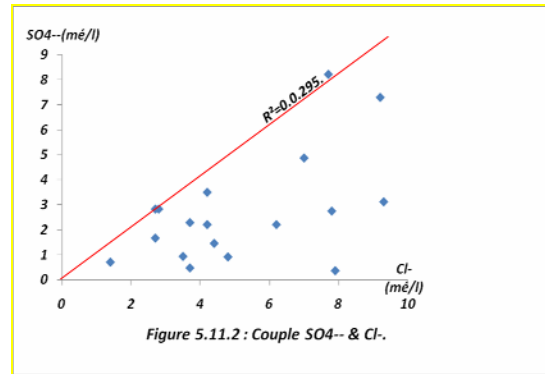
Le graphe montre une possibilité d'échange de base entre Ca^{++} et Na^+ , c'est-à-dire deux ions Na^+ de l'eau seraient échangés contre ion Ca^{++} des formations argileuses.

➤ Période des hautes eaux :



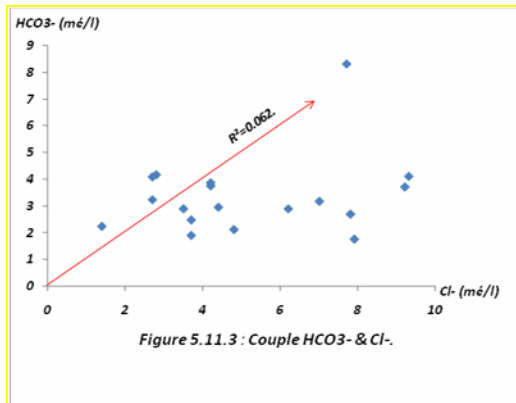
Couple HCO₃⁻ - SO₄⁻⁻ (figure 5.11.1) :

Le graphe montre un excès de HCO₃⁻ qui détermine la dominance des ions HCO₃⁻ que SO₄⁻⁻.



Couple SO₄⁻⁻ - Cl⁻ (figure 5.11.2) :

Le graphe montre un excès des ions Cl⁻ qui détermine la dominance de Cl⁻ que SO₄⁻⁻.



Couple HCO₃⁻ - Cl⁻ (figure 5.11.3) :

Le taux de répartition des ions Cl⁻ et HCO₃⁻ nous conduit de faire une corrélation entre ces ions.

La représentation des points sur le graphe montre un excès en ions Cl⁻ que HCO₃⁻.

Cela détermine donc la dominance des ions Cl⁻.

Les relations de ces paramètres en fonction de la conductivité sont les suivantes :

(Figure 5.12.1, 5.12.2, 5.12.3).

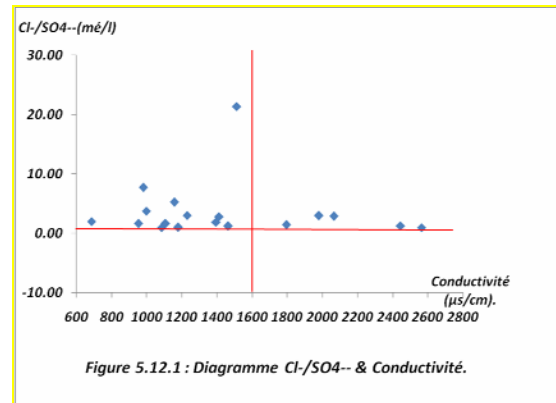


Diagramme Cl⁻ / SO₄⁻⁻ - Conductivité : (figure 5.12.1) :

Le graphe montre que pour des conductivités inférieures à 1600(µS/cm) les ions Cl⁻ dominent les SO₄⁻⁻.

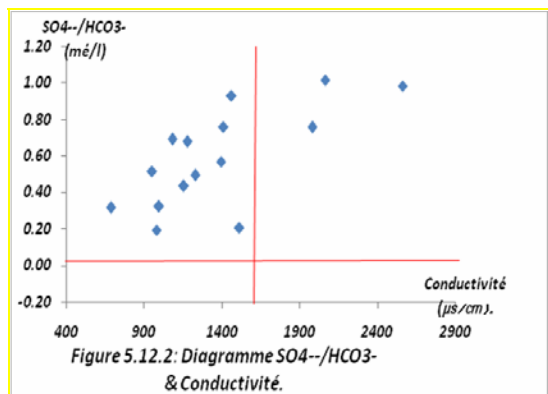


Diagramme SO_4^- / HCO_3^- - Conductivité :

(figure 5.12.2) :

Le graphe montre que pour des conductivités inférieures à 1600($\mu S/cm$) les ions HCO_3^- dominant les Cl^- . Donc on est obligé d'étudier la relation Cl^- / HCO_3^- - Conductivité.

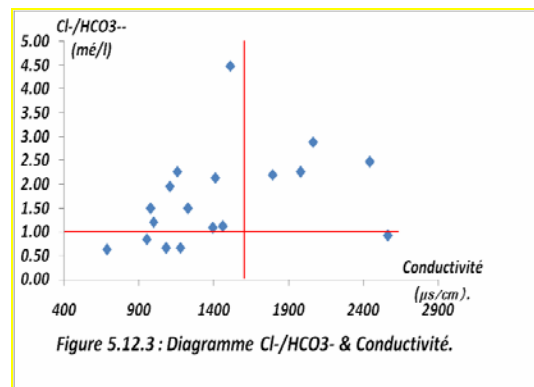


Diagramme Cl^- / HCO_3^- - Conductivité

(figure 5.12.3) :

Le graphe montre que jusqu'à des conductivités inférieures 1600($\mu S/cm$) les ions Cl^- dominant les HCO_3^- . Cela justifie les relations antérieures étudiées.

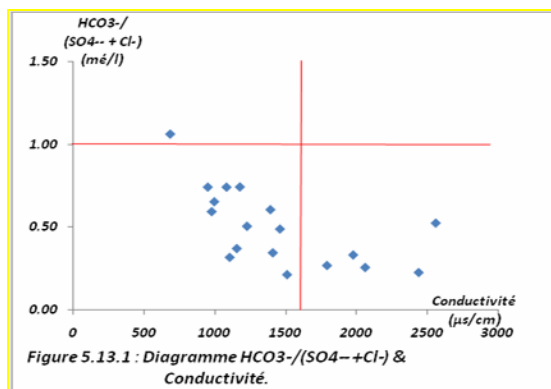


Diagramme $HCO_3^- / (SO_4^- + Cl^-)$ - conductivité (figure 5.13.1) :

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 1600 ($\mu S/cm$) la dominance des ions évaporitiques SO_4^- et Cl^- des ions HCO_3^- .

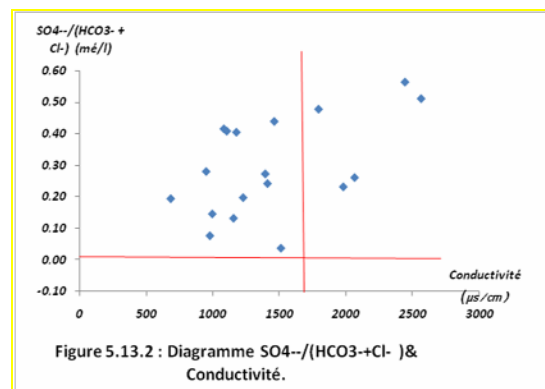


Diagramme $SO_4^- / (HCO_3^- + Cl^-)$ - conductivité (figure 5.13.2) :

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 1600 ($\mu S/cm$) la dominance des ions HCO_3^- et Cl^- des ions évaporitiques SO_4^- .

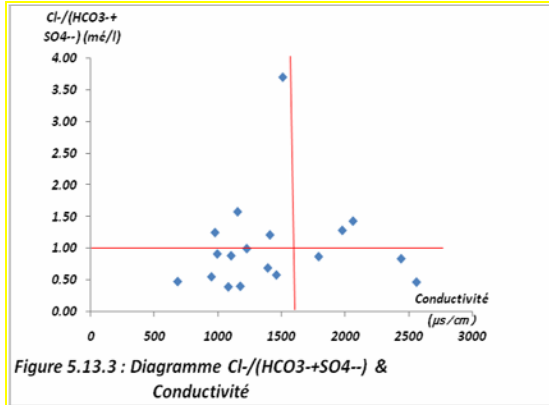


Figure 5.13.3 : Diagramme $Cl^-/(HCO_3^-+SO_4^{2-})$ & Conductivité

Diagramme $Cl^- / (HCO_3^-+SO_4^{2-})$ – conductivité

(figure 5.13.3):

Le graphe montre pour des conductivités inférieures à 1600 ($\mu S/cm$) la dominance des ions évaporitiques SO_4^{2-} et HCO_3^- des ions Cl^- .

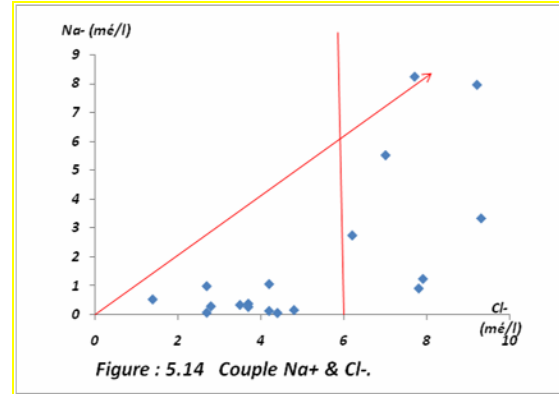


Figure : 5.14 Couple Na^+ & Cl^- .

Couple Na^+ - Cl^- (figure 5.14) :

On observe par rapport à la droite de pente 1 qu'à partir de 6mg/l des ions Cl^- , un excès en ions Cl^- . Par contre inférieure à 6mg/l des ions Cl^- on a un excès en Na^+ ce qui explique qu'on a une autre origine des ions sodiques.

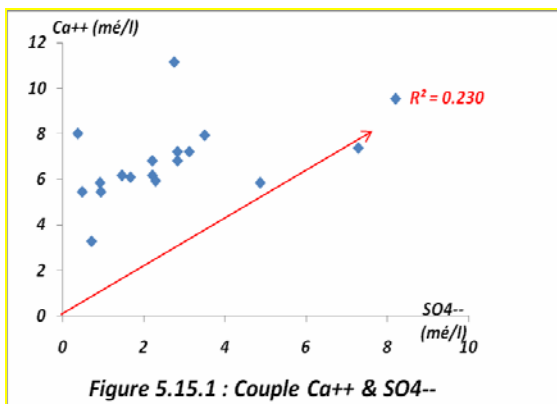


Figure 5.15.1 : Couple Ca^{++} & SO_4^{--}

Couple Ca^{++} - SO_4^{--} (figure 5.15.1) :

Il n'y a pas une tendance à l'alignement, donc le faciès sulfatés calciques qui apparaît ne représente qu'une petite partie des eaux exploités (5.55%).

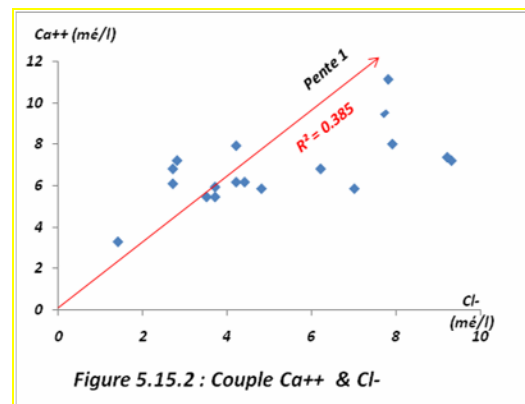
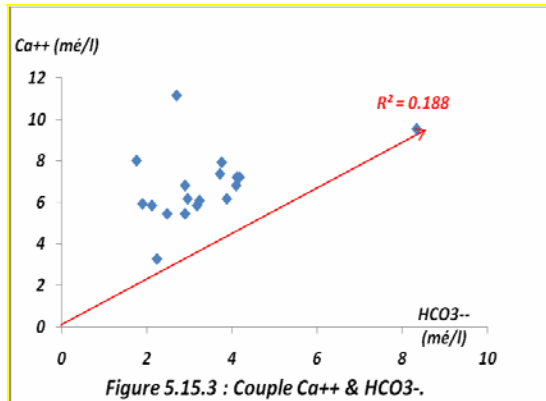


Figure 5.15.2 : Couple Ca^{++} & Cl^-

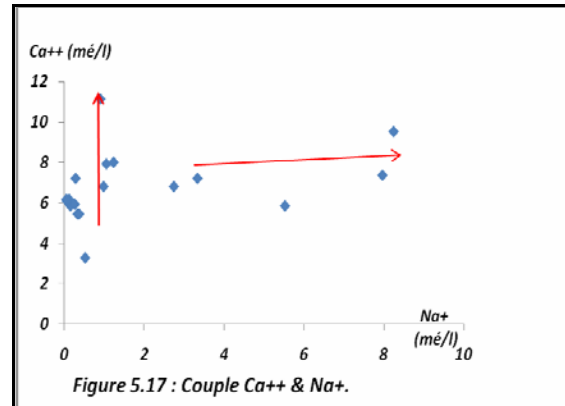
Couple Ca^{++} - Cl^- (figure 5.15.2) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès chlorurés calciques qui apparaît représente la majeure partie des eaux exploités (55.55%).



Couple Ca⁺⁺ - HCO₃⁻ (figure 5.15.3) :

Il y a une tendance à l'alignement, donc le faciès bicarbonatés calciques qui apparaît représente la majeure partie des eaux exploités (33.33%).



Couple Ca⁺⁺ - Na⁺ (figure 5.16) :

Le graphe montre une mauvaise corrélation entre Ca⁺⁺ et Na⁺ où on a met en évidence trois (2) tendances :

Le calcium évolue indépendamment du sodium ;
Et en fine diminution du Ca⁺⁺ alors que le sodium reste en évolution (échange de base entre sodium et le calcium).

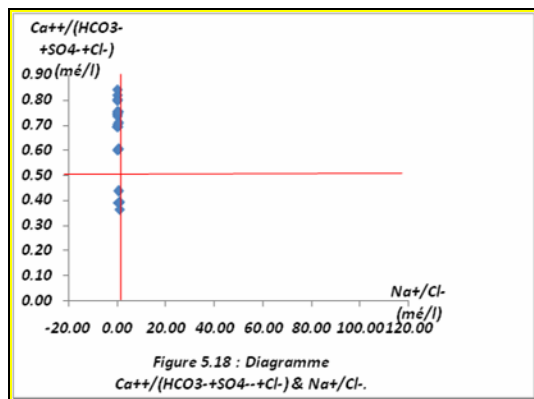


Diagramme Ca⁺⁺ / (HCO₃⁻ + SO₄⁻ + Cl⁻) - Na⁺ / Cl⁻ (figure 5.17) :

Le graphe montre une possibilité d'échange de base entre Ca⁺⁺ et Na⁺, c'est-à-dire deux ions Na⁺ de l'eau seraient échangés contre ion Ca⁺⁺ des formations argileuses.

5.6.3. Les calcule font à l'état de logiciel Hydrowin : (voir annexe) :

La majorité de ces puits sont implantant dans l'aquifère superficielle du Quaternaire caractériser par des formations de type alluvions, conglomérats, argiles, galets qui sont résultent généralement au cours de l'altération des massifs carbonatés soit les sédiments apporter par les cours d'eau, et en fin des évaporites (trias).

A mes connaissance et selon les résultats qui sont obtenus à partir le traitement de donnée par 'Hydrowin' (voir Annexe) on permet de dire que :

Les valeurs de la totalité des solides dissous est comprises entre :

47.7meq/l pour le puits N°06 jusqu'au 16.7 meq/l pour le puits N°11 durant la période des basses eaux, et 71.5meq/l pour le puits N°13 jusqu'au 14.9 meq/l pour le puits N°16 durant la période des hautes eaux.

Les valeurs de la dureté total est comprises entre :

28.31°f pour le puits N°16 jusqu'à 86.49°f pour le puits N°15 durant la période des basses eaux, et 24.30meq/l pour le puits N°16 jusqu'au 79.54 meq/l pour le puits N°13 durant la période des hautes eaux.

Les valeurs d'alcalinité est comprises entre :

1.94mmol/l pour le puits N°17 jusqu'à 8.66mmol/l pour le puits N°13 durant la période des basses eaux, et 00.00meq/l pour le puits N°4 jusqu'au 8.34 meq/l pour le puits N°13 durant la période des hautes eaux.

La totalité des aquifères sont implanté dans des formations du mioplioquaternaire et selon la nature lithologique on trouve les minéraux qui peut être dissous dans l'eau sont les suivants :

Calcite ;

Aragonite ;

Dolomite ;

Magnésite ;

Gypse ;

Anhydrite.

Les indices de saturation des eaux des aquifères montrent que les eaux des puits sont saturées en : Calcite ; Aragonite et un degré moindre la Dolomite et sous saturé en Magnésite ; Gypse et Anhydrite, mais le degré de sous saturation est en ordre croissant dans le sens négatif (ex : -0.594 jusqu'au -0.745 pour le puits N°01), et par fois une sur saturation en dolomite (ex : 1.249 pour le puits 4)

Les eaux des puits qui sont très chargées en CO₂ les valeurs sont autour de 1.35E-02 pour le puits N°08 durant la période des basses eaux et 1.13E-2 pour le puits 11 durant la période des hautes eaux, de ce faite il suit une série de réactions entre les constituants de l'eau pour faire dissoudre des minéraux.

Les eaux des puits qui ne sont pas chargées en CO₂ les valeurs sont autour de 9.29E-03 pour le puits 5 durant la période des hautes eaux et 9.34E-3 pour le puits 11 durant la période des basses eaux

La concentration des minéraux dissous on se qui consterne surtout : Dolomite (Ca Mg (CO₃)₂) et anhydrite (CaSO₄) égale à la concentration de Na⁺, Mg⁺⁺ et SO₄⁻ par succession de même que Na⁺ et SO₄⁻ sont caractérisé par un électrolyte fort de l'ordre de 04.

Les rapports caractéristiques montrent un excès en Ca⁺⁺ par rapport à Mg⁺⁺ et SO₄⁻ et Na⁺ par rapport à Cl⁻.

Pour la majorité des échantillons on remarque que l'activité est on ordre décroissent : , H⁺, Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻, HCO₃⁻, CO₃⁻ (comprises entre 0.50&0.90mol) durant les deux periodes.

5.6.4. Analyse en composantes principales :

Analyse en composantes principales (Tableau 5.4) prend en compte toutes les eaux.

	T=	con	Ca++	Mg++	Na+K+	HCO3--	SO4--	Cl-	Mg/Ca	SO4/Ca	Na/Cl	CO2
T=	1	0.2583	0.3009	0.0026	0.1014	0.32430	0.3855	0.3201	0.0902	-0.3657	0.0445	0.2030
con	0.2583	1	0.6123	0.6717	0.2556	0.5627	0.6835	0.1620	0.4483	0.6363	0.1082	0.1435
Ca++	0.3009	0.6123	1	0.0454	0.0907	0.3781	0.1667	0.2084	0.2809	0.0489	0.0701	0.0394
Mg++	0.0026	0.6717	0.0454	1	0.4425	0.3337	0.5664	0.3184	0.9260	0.6088	0.1854	0.3004
Na+K+	0.1014	0.2556	0.0907	0.4425	1	0.0028	0.0786	0.1788	0.4776	-0.0082	0.1944	0.2936
HCO3--	0.3243	0.5627	0.3781	0.3337	0.0028	1	0.5783	0.5019	0.1868	0.4915	0.3148	0.4070
SO4--	0.3855	0.6835	0.1667	0.5664	0.0786	0.5783	1	0.2218	0.4257	0.9840	0.1927	0.1789
Cl-	0.3201	0.1620	0.2084	0.3184	0.1788	0.5019	0.2218	1	0.3879	0.2380	0.4576	0.4247
Mg/Ca	0.0902	0.4483	0.2809	0.9260	0.4776	0.1868	0.4257	0.3879	1	0.5172	0.1164	0.3517
SO4/Ca	0.3657	0.6363	0.0489	0.6088	0.0082	0.4915	0.9840	0.2380	0.5172	1	0.2071	0.2240
Na/Cl	0.0445	0.1082	0.0701	0.1854	0.1944	0.31480	0.1927	0.4576	0.1164	-0.2071	1	0.1398
CO2	0.2030	0.1435	0.0394	0.3004	0.2936	0.4070	0.1789	0.4247	0.3517	0.2240	0.1398	1

Tableau 5.4 : matrice de corrélations des variables
(Période des basses eaux).

	T=	Con	Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄ ⁻⁻	Cl-	Mg/Ca	SO ₄ /Ca	Na/Cl	CO ₂
T=	1	0.2208	0.1685	0.2917	0.1452	0.3292	0.4073	0.0262	0.2720	-0.4412	0.1027	0.2863
Con	0.2208	1	0.7299	0.8642	0.8425	0.5885	0.8354	0.8872	0.5848	0.7243	0.7085	0.4379
Ca	0.1685	0.7299	1	0.4785	0.3469	0.4346	0.4797	0.6211	0.0047	0.2588	0.2335	0.4326
Mg	0.2917	0.8642	0.4785	1	0.7564	0.6734	0.7333	0.7651	0.8645	0.6532	0.6316	0.4932
Na+K	0.1452	0.8425	0.3469	0.7564	1	0.6235	0.9010	0.7011	0.6306	0.8803	0.9540	0.3531
HCO ₃	0.3292	0.5885	0.4346	0.6734	0.6235	1	0.7666	0.2499	0.4447	0.6286	0.6309	0.7239
SO ₄ ⁻⁻	0.4073	0.8354	0.4797	0.7333	0.9010	0.7666	1	0.5438	0.5363	0.9542	0.8580	0.4585
Cl-	0.0262	0.8872	0.6211	0.7651	0.7011	0.2499	0.5438	1	0.5478	0.4662	0.5287	0.2319
Mg/Ca	0.2720	0.5848	0.0047	0.8645	0.6306	0.4447	0.5363	0.5478	1	0.5861	0.5555	0.2457
SO ₄ /Ca	0.4412	0.7243	0.2588	0.6532	0.8803	0.6286	0.9542	0.4662	0.5861	1	0.8572	0.2892
Na/Cl	0.1027	0.7085	0.2335	0.6316	0.9540	0.6309	0.8580	0.5287	0.5555	0.8572	1	0.3143
CO ₂	0.2863	0.4379	0.4326	0.4932	0.3531	0.7239	0.4585	0.2319	0.2457	0.2892	0.3143	1

Tableau 5.4 : matrice de corrélations des variables

(Période des hautes eaux).

Par la visualisation des données chimiques des prélèvements, l'ACP permet de retracer le parcours des eaux souterraines et d'entre voir les différents écoulements.

Il s'agit donc d'un outil puissant d'aide à l'interprétation des données puisqu'il permet de prendre en considération simultanément tous les échantillons et toutes les variables, et leur inter-relation (Bakalowicz, 1994).

Dans l'analyse retenue par l'interprétation finale, tous les échantillons ont été considérés, un plan explique 55% de la variance totale, durant la période des basses eaux, et un plan explique 72% de la variance totale, durant la période des hautes eaux.

Durant la période des basses eaux et dans l'espace des variables, le facteur F1 (37% de la variance) est définie par : Con, HCO₃⁻, SO₄⁻⁻, SO₄⁻⁻/Ca⁺ et Mg⁺⁺.

Le facteur F2 (18% de la variance) est définie par : Ca^{+} et T° . ($Na^{+}+K^{+}$), CO_2 , Na^{+}/Cl^{-} , Cl^{-} et Mg^{+}/Ca^{+} ne contribuent à la définition d'aucun de ces facteurs.

Dans l'espace des individus et dans le plans F1 et F2 :

L'eau des puits 13, 12 et 6 très chargé en sulfates, magnésium et Bicarbonates. qui à une origine minéralogiques provient de la dissolution Anhydrite, Aragonite, Carbonate, Argile et Dolomite.

L'eau des puits 2, 10, 11 et 15 très chargé en calcium, qui à une origine minéralogiques provient de la dissolution Carbonate, Argile et Dolomite, et les puits 3, 4, 5 et 16 sont moins chargé en calcium.

L'eau des puits 7, 9, 14, 17 et 18 sont chargé on CO_2 accompagnant le Mg^{++}/Ca^{+} et Mg^{++} . Se qui nous permet de dire que le Ca^{++} et Mg^{++} proviens de la dissolution des formations carbonaté des massifs.

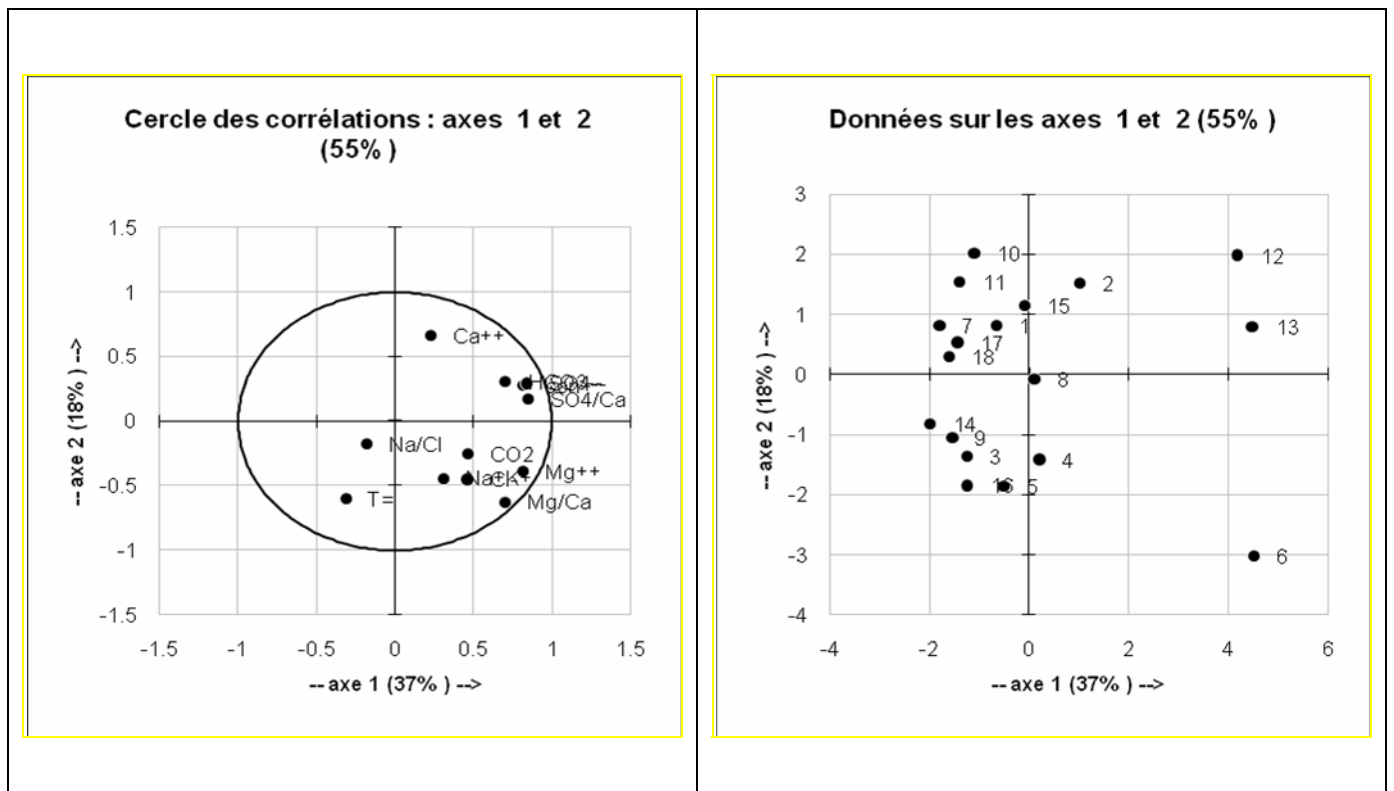


Figure 5.18: Analyse en composantes principales (Période des basses eaux).

Durant la période des hautes eaux et dans l'espace des variables, le facteur F1 (60% de la variance) est définie par :

Mg^{+}/Ca^{+} , Cl^{-} , CO_2 , Na^{+}/Cl^{-} , $(Na^{+}+K^{+})$, Con , HCO_3^{-} , SO_4^{-} , SO_4^{-}/Ca^{+} et Mg^{++} .

Le facteur F2 (11% de la variance) est définie par : Ca^{+} . T° ne contribuent à la définition d'aucun de ces facteurs.

Dans l'espace des individus et dans le plans F1 et F2 :

L'eau des puits 13, 12 très chargé en sulfates, magnésium, chlorure, sodium et Bicarbonates. qui à une origine minéralogique provient de la dissolution Anhydrite, Aragonite, Carbonate, Argile et Dolomite.

L'eau des puits 3, 4, 5, 6, 15 et 18 très chargé en calcium, qui à une origine minéralogiques provient de la dissolution Carbonate, Argile et Dolomite, à l'opposé on à les puits 7, 8, 10 et 11 sont chargé on CO_2 accompagnant le Mg^{+}/Ca^{+} , Cl^{-} , CO_2 , Na^{+}/Cl^{-} , $(Na^{+}+K^{+})$, Con , HCO_3^{-} , SO_4^{-} , SO_4^{-}/Ca^{+} et Mg^{++} . Se qui nous permet de dire que le Ca^{++} et Mg^{++} proviens de la dissolution des formations carbonaté des massifs et SO_4^{-} , Cl^{-} proviens de la dissolution des formations salifères gypse et anhydrite (les affleurements du trias) qui donne à l'eau un caractère salée.

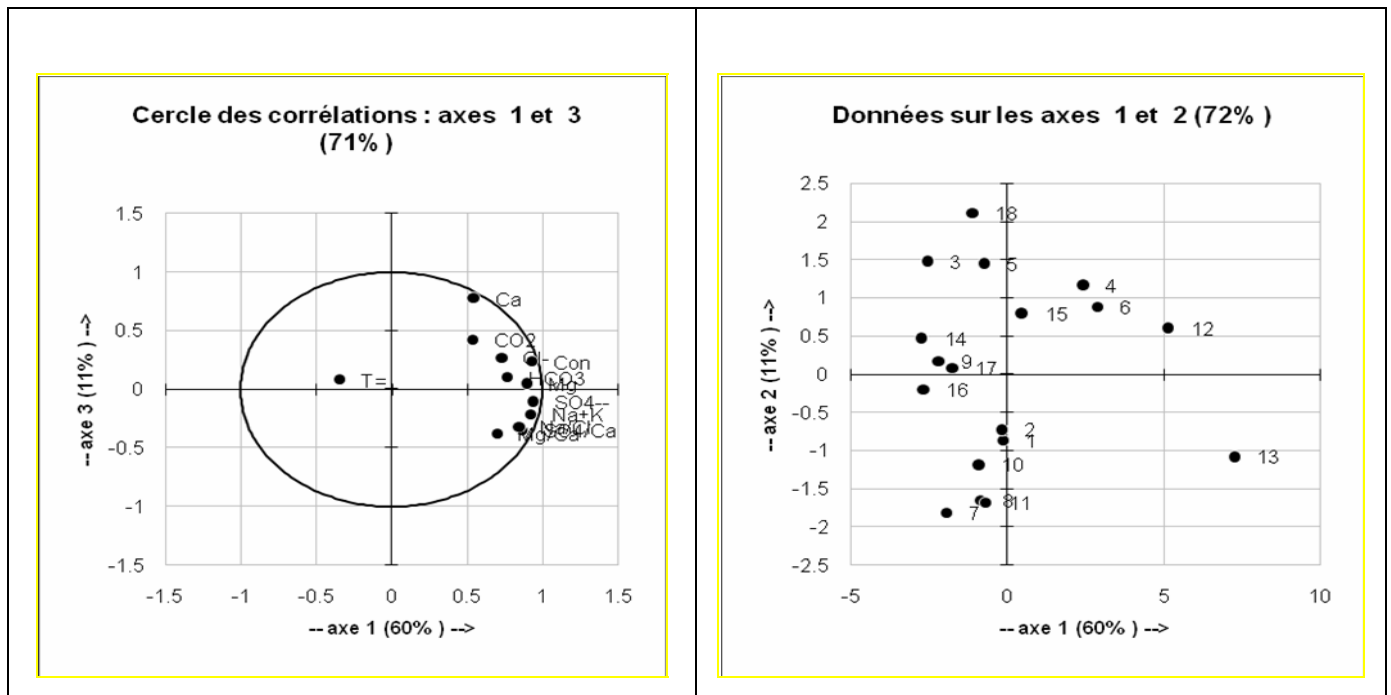


Figure 5.18: Analyse en composantes principales (période des hautes eaux).

Conclusion :

Tenant compte de l'effet des conditions géologiques, climatiques et hydrogéologiques, cette étude hydrochimique a permis de mettre en évidence l'hétérogénéité de la plupart des paramètres physico-chimiques ayant une influence sur l'évolution et la qualité des eaux.

La température des eaux s'étale de 14 jusqu'à 16°C durant la période des basses eaux, et de 16 jusqu'à 17°C durant la période des hautes eaux.

Le pH mesuré varie de 6,2 jusqu'à 7,8 durant la période des basses eaux, et de 6,8 jusqu'à 9.9 durant la période des hautes eaux.

Les valeurs de la dureté sont élevées, ce qui donne à l'eau le caractère dure.

Les eaux fortement minéralisées deviennent très chargées suivant le sens d'écoulement ainsi qu'aux endroits où la prédominance des formations salifères

Selon la classification de Stabler et de Piper cinq (05) faciès existent dans le terrain d'étude durant la période des basses eaux, et (04) faciès durant la période des hautes eaux. Les plus répandus sont les faciès chlorurés calciques et chlorurés sodiques ; bicarbonatés sodiques et bicarbonatés calciques durant la période des basses eaux, chlorurés calciques ; chlorurés sodiques et bicarbonatés calciques durant la période des hautes eaux.

La répartition des faciès est en liaison directe avec le lessivage des massifs carbonatés, les formations salifères telles que les affleurements du trias et aussi avec les concentrations liées à l'activité agricole et aux rejets des eaux usées, on remarque l'absence de l'effet de la sebkha la qualité des eaux selon les résultats obtenu par l'interprétation des données, mais il reste toujours une question à proposé dans la recherche future.

Les faciès sulfatés et chlorurés sont très peu répandus avec une potabilité respectivement mauvaise à moyenne, durant la période des basses eaux ; et durant la période des hautes eaux, les faciès bicarbonatés sont très peu répandus avec une potabilité respectivement mauvaise à potable.

La majorité des eaux étudiées présentent un danger d'alcalinité faible mais un danger de salinité élevé à très élevé durant les deux périodes. Elles sont mauvaises pour l'irrigation.

Les calcule fait à l'état de logiciel Hydrowin, les ACP, et les graphes binaires on peut dire que l'origine de la salinité et des ions est en général due aux formations évaporitiques: sulfatées et salifères (les affleurements du trias à côté des puits : 1 ; 2 ; 6 ; 12 ; 13) ainsi qu'aux formations carbonatées à partir des massifs.



CONCLUSION
CONCLUSION
GENERALE
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La zone d'étude fait partie de hautes plaines sétifiennes. C'est une région caractérisée par un climat semi-aride avec une précipitation moyenne annuelle de 399.4 mm/an.

L'évapotranspiration est plus de 97.08% des précipitations, sous un climat contrasté chaud et sec en été, humide et froid en hiver.

La zone d'étude est drainée par Oued Ben Diab et Oued Malah qui constituent un réseau endoréique vers Sebket Melloul.

L'étude géologique montre la présence de formations favorables au développement des aquifères (formations poreuses et karstiques), ainsi donc les formations imperméables jouent le rôle de substratum.

La géophysique a permis de définir les formations résistantes (calcaires du Crétacé inférieur) et les formations conductrices (argileuses et du Trias), ainsi que les accidents tectoniques et leur rôle dans la contamination des aquifères superficiel et profond par la salinité, et qui approuvent l'absence l'effet de la sebkha, et que la salinité est liée généralement au lessivage des formations existant.

Deux types d'aquifères caractérisent la région :

L'un superficiel formé par le recouvrement quaternaire, et l'autre profond formé par des formations carbonatées du Crétacé inférieur.

La carte piézométrique durant les deux périodes montre un écoulement NE-SW vers Sebket Melloul et l'autre écoulement avec une direction NW-SE avec un gradient hydraulique variable dû à l'hétérogénéité des formations constituant l'aquifère superficiel.

L'alimentation se fait à partir des dernières hauteurs des deux massifs carbonatés Ouled Sabor au Nord et Djebel Youssef au Sud par l'infiltration.

Il existe probablement une communication hydraulique entre les deux aquifères à travers les failles on lessivant les formations salifères qui influent sur la qualité des eaux.

La conductivité montre une augmentation des valeurs vers le sens d'écoulement.

L'eau souterraine de la région montre : cinq (05) faciès existent dans le terrain d'étude durant la période des basses eaux, et (04) faciès durant la période des hautes eaux. Les plus répandus sont les faciès chlorurés calciques et chlorurés sodiques ; bicarbonatés sodiques et bicarbonatés calciques durant la période des basses eaux, chlorurés calciques ; chlorurés sodiques et bicarbonatés calciques durant la période des hautes eaux.

La répartition des faciès est en liaison directe avec le lessivage des massifs carbonatés, les formations salifères telles que les affleurements du trias et aussi avec les concentrations liées à l'activité agricole et aux rejets des eaux usées, on remarque l'absence de l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux, selon les résultats obtenu par l'interprétation des données. Mais il reste toujours une question à proposé dans les recherche future.

Les faciès sulfatés et chlorurés sont très peu répandus avec une potabilité respectivement mauvaise à moyenne, durant la période des basses eaux ; et durant la période des hautes eaux, les faciès bicarbonatés sont très peu répandus avec une potabilité respectivement mauvaise à potable.

De la classification des eaux d'irrigation, il en ressort que l'eau présente un danger d'alcalinité faible mais un danger de salinité élevé à très élevé durant les deux périodes. Elles sont mauvaises pour l'irrigation.

L'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région d'étude durant les deux périodes montre une forte salinité des eaux, son origine est liée principalement au lessivage des formations évaporitiques et carbonatées.

La détermination des bilans ioniques entre les éléments chimiques, les rapports caractéristiques en concordance avec les calculs font à l'états de logiciel d'hydrowin et les A.C.P montre la dominance des ions évaporitiques (Cl) que carbonatés (HCO_3^-).

L'étude de ces rapports caractéristiques montre également l'existence du phénomène d'échange de base entre les alcalins de l'eau Na^+ et les alcalino-terreux (Ca^{++}) des formations argileuses.

Selon les résultats des graphes binaires, d'hydrowin, et les ACP, on peut dire que l'origine de la salinité et des ions est en général due aux formations évaporitiques: sulfatées et salifères (les affleurements du trias à côté des puits : 1 ; 2 ; 6 ; 12 ; 13) ainsi qu'aux formations carbonatées à partir des massifs.



RECOMMENDATIONS

RECOMMANDATION :

A partir de cette étude, je propose ce qui suit :

☞ *Prévoir des retenues collinaires pour ces oueds, pour parvenir aux besoins d'irrigation ;*

☞ *Implanter des piézomètres pour l'ensemble de la zone d'étude, surtout près des forages d'exploitation pour déterminer le coefficient d'emmagasinement ;*

☞ *Faire des études hydrogéologiques concernant les formations carbonatées (karst) exécutées sur de très grandes profondeurs ;*

☞ *Effectuer des enregistrements de diagraphie pour tous les forages et faire des essais de pompage pour faire une meilleure corrélation, et par conséquent une meilleure estimation des réserves de l'aquifère profond ;*

☞ *Prélever des échantillons d'eau des sources, des puits et des forages pour savoir l'origine et suivre l'évolution de salinité des eaux ;*

☞ *Contrôler régulièrement l'utilisation des engrais chimiques pour mettre la nappe en protection et entretenir les réseaux d'assainissement existants ;*

☞ *Surveiller la pollution et implanter des stations de traitement aux sorties des différentes unités urbaines et industrielles, en localisant des périmètres de protection près des zones sensibles à la pollution.*

LISTE DES FIGURES:

- Fig. 1* : Carte topographique de la zone d'étude.
- Fig. 2* : Carte de situation géographique de la zone d'étude.
- Fig. 3* : Carte de type d'organisation des milieux physique dans les hautes plaines.
- Fig. 4* : Carte du Réseau hydrographique.
- Fig. 5* : Carte géologique de la zone d'étude.
- Fig. 6* : Coupes géologiques A et B.
- Fig. 7* : Coupes géologiques C et D.
- Fig. 8* : Carte de répartition des sondages électriques.
- Fig. 9* : Coupes géoélectriques K.L et M.
- Fig. 10* : Coupes géoélectriques K.L et M.
- Fig. 11* : Carte de résistivité et des zones d'exploitations en ligne AB=200m.
- Fig. 12* : Carte du toit des calcaires du Crétacé Inferieur.
- Fig. 13* : Carte du toit des calcaires du Crétacé Moyen et Supérieur.
- Fig. 14* : Grands bassins versants de l'Algérie.
- Fig. 15* : Situation du secteur d'étude dans les grands bassins-versants et leurs sous-bassins.
- Fig. 16* : Carte pluviométrique (Edition 1992).
- Fig. 17* : Précipitations moyennes mensuelles stations Sétif-Béni fouda-Guellal.
- Fig. 18* : Précipitations moyennes saisonnière stations Sétif-Béni fouda-Guellal.
- Fig. 19* : Précipitations annuelles station Sétif.
- Fig. 20* : Variation moyenne mensuelles pour la période (1985-2006) à la station Sétif.
- Fig. 21* : Diagramme ombro-thermique pour la période (1985-2006) à la station Sétif.
- Fig. 22* : Climagramme de l'EMBERGER
- Fig. 23* : Carte de position des points d'eaux
- Fig. 24* : Carte piézométrique de la zone d'étude (Période des basses eaux).
- Fig. 25* : Carte piézométrique de la zone d'étude (Période des hautes eaux).
- Fig. 26* : Coupe hydrogéologique (Fr-Fd)
- Fig. 27* : Relation : Rabattement spécifique-Débit (Forage Ras El Ma).
- Fig. 28* : Relation : Rabattement spécifique-Débit (Forage Guijal).
- Fig. 29* : Courbe de descente du Forage de Guidjal : Premier Palier.
- Fig. 30* : Courbe de descente du Forage de Guidjal : Deuxième Palier.
- Fig. 31* : Courbe de descente du Forage de Guidjal : Troisième Palier.
- Fig. 32* : Courbe de remontée du Forage de Guidjal.
- Fig. 33* : Courbe de descente du Forage de Ras El Ma : Premier Palier.
- Fig. 34* : Courbe de descente du Forage de Ras El Ma : Deuxième Palier.

- Fig. 35** : Courbe de descente du Forage de Ras El Ma : Troisième Palier.
- Fig. 36** : Courbe de remontée du Forage de Ras El Ma.
- Fig. 37** : Carte d'isoconductivité à $T=20^{\circ}\text{C}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 38** : Carte d'isoconductivité à $T=20^{\circ}\text{C}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 39** : Carte d'isominéralisation calculée (Période des basses eaux).
- Fig. 40** : Carte d'isominéralisation calculée (Période des hautes eaux).
- Fig. 41** : Relation Résidu sec-Conductivité (Période des basses eaux).
- Fig. 42** : Relation Résidu sec-Conductivité (Période des hautes eaux).
- Fig. 43** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{Ca}^{++}/r\text{Mg}^{++}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 44** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{Ca}^{++}/r\text{Mg}^{++}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 45** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{SO}_4^{-}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 46** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{SO}_4^{-}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 47** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{SO}_4^{-}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 48** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{SO}_4^{-}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 49** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 50** : Carte d'isorapport caractéristique $r\text{Na}^{+}/r\text{Cl}^{-}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 51** : Classification des eaux naturelles d'après Piper (Période des basses eaux).
- Fig. 52** : Classification des eaux naturelles d'après Piper (Période des hautes eaux).
- Fig. 53** : Carte de répartition des eaux potables (Période des basses eaux).
- Fig. 54** : Carte de répartition des eaux potables (Période des hautes eaux).
- Fig. 55** : Classification des eaux d'irrigation-Méthode du S.A.R-Aquifère superficiel (Période des basses eaux).
- Fig. 56** : Classification des eaux d'irrigation-Méthode du S.A.R-Aquifère superficiel (Période des hautes eaux).
- Fig. 57** : Couple $\text{HCO}_3^{-} - \text{SO}_4^{-}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 58** : Couple $\text{SO}_4^{-} - \text{Cl}^{-}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 59** : Couple $\text{HCO}_3^{-} - \text{Cl}^{-}$ (Période des basses eaux).

- Fig. 60** : Diagramme $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{--}$ - Conductivité (Période des basses eaux).
- Fig. 61** : Diagramme $\text{SO}_4^{--} / \text{HCO}_3^-$ -Conductivité (Période des basses eaux).
- Fig. 62** : Diagramme $\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$ - Conductivité (Période des basses eaux).
- Fig. 63** : Diagramme $\text{HCO}_3^- / (\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-)$ – conductivité (Période des basses eaux)
- Fig. 64** : Diagramme $\text{SO}_4^{--} / (\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-)$ – conductivité (Période des basses eaux)
- Fig. 65** : Diagramme $\text{Cl}^- / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--})$ – conductivité (Période des basses eaux)
- Fig. 66** : Couple $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ (Période des basses eaux).
- Fig. 67** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{SO}_4^{--}$ (Période des basses eaux).
- Fig. 68** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{Cl}^-$ (Période des basses eaux).
- Fig. 69** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{HCO}_3^-$ (Période des basses eaux).
- Fig. 70** : Couple $\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$ (Période des basses eaux).
- Fig. 71** : Couple $\text{Mg}^{++} - \text{Na}^+$ (Période des basses eaux).
- Fig. 72** : Diagramme $\text{Ca}^{++} / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-) - \text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ (Période des basses eaux).
- Fig. 73** : Couple $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{--}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 74** : Couple $\text{SO}_4^{--} - \text{Cl}^-$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 75** : Couple $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^-$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 76** : Diagramme $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{--}$ - Conductivité (Période des hautes eaux).
- Fig. 77** : Diagramme $\text{SO}_4^{--} / \text{HCO}_3^-$ -Conductivité (Période des hautes eaux).
- Fig. 78** : Diagramme $\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$ - Conductivité (Période des hautes eaux).
- Fig. 79** : Diagramme $\text{HCO}_3^- / (\text{SO}_4^{--} + \text{Cl}^-)$ – conductivité (Période des hautes eaux)
- Fig. 80** : Diagramme $\text{SO}_4^{--} / (\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-)$ – conductivité (Période des hautes eaux)
- Fig. 81** : Diagramme $\text{Cl}^- / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--})$ – conductivité (Période des hautes eaux)
- Fig. 82** : Couple $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 83** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{SO}_4^{--}$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 84** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{Cl}^-$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 85** : Couple $\text{Ca}^{++} - \text{HCO}_3^-$ (Période des hautes eaux).
- Fig. 86** : Couple $\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$ (Période des hautes eaux).

Fig.87 : Couple Mg^{++} - Na^+ (Période des hautes eaux).

Fig.88 : Diagramme $Ca^{++} / (HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^-) - Na^+ / Cl^-$ (Période des hautes eaux).

Fig.89 : Analyse en composantes principales (Période des basses eaux)

Fig.90 : Analyse en composantes principales (Période des hautes eaux).

LISTE DES TABLEAUX:

- 1. *Tableau*** : colonne lithostratigraphique et hydrogéologique.
- 2. *Tableau*** : Echelle des résistivités, d'après la CGG.
- 3. *Tableau*** : Résultats des prospections électriques.
- 4. *Tableau*** : Coordonnées des stations météorologiques.
- 5. *Tableau*** : Précipitations mensuelles et saisonnières – période récente (1985 – 2006).
- 6. *Tableau*** : Températures moyennes mensuelles à Sétif (1985- 2006).
- 7. *Tableau*** : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et de température à la station de Sétif (1985 – 2006)
- 8. *Tableau*** : Valeur du rapport (P/T) à la station de Sétif (1985 -2006).
- 9. *Tableau*** : Calcul de l'E.T.P selon Thornthwaite à la station de Sétif (1985 – 2006).
- 10. *Tableau*** : Estimation de l'ETR selon Turc à la station de Sétif (1985 – 2006).
- 11. *Tableau*** : Bilan hydrologique à la station de Sétif (1985 2006).
- 12. *Tableau*** : Essais de pompage.
- 13. *Tableau*** : Inventaire des points d'eaux (période des basses eaux).
- 14. *Tableau*** : Inventaire des points d'eaux (période des hautes eaux).

15. Tableau : Classification des eaux selon Stabler (période des basses eaux).

16. Tableau : Classification des eaux selon Stabler (période des hautes eaux).

17. Tableau : Potabilité des eaux selon l'OMS (Période des basses eaux).

18. Tableau : Potabilité des eaux selon l'OMS (Période des hautes eaux).

19. Tableau : Matrice de corrélations des variables (Période des basses eaux).

20. Tableau : Matrice de corrélations des variables (Période des hautes eaux).

21. Tableau : Données des analyses chimiques (période des basses eaux).

22. Tableau : Données des analyses chimiques (période des hautes eaux).



BIBLIOGRAPHIE
BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

- Anonymes (1993) : *Annuaire hydrologique de l'Algérie. A.N.R.H. de Constantine.*
- Anonymes (1972-1973) : *Annuaire pluviométrique de l'Algérie. D.E.M.R.H. Algérie.*
- A.N.R.H.(1992) : *Données climatiques. A.n.r.h. de Constantine;*
- Allegre, C.J. et Michard, G. (1973) : *Introduction à la géochimie.*
- Benremichi, H. et Rebahi, N. (1996) : *Carte des ressources en eau souterraines de la feuille de Mezloug (1/50000) (Wilaya de Sétif), Faculté des sciences de la terre, Université Mentouri, Constantine. 124 p.*
- Berner, E.K.et Berner, R.A. (1987) : *The global water cycle géochimistry and environment.*
- Bougdal, R .Belhai, D et Antoine, P. (2007) : *Géologie détaillée de la ville de Constantine et ses alentours.*
Bull. Serve. Géol. Nat.Vol18n°2, mai 2007.
- Bouilli, J.P. (1977) : *Géologie alpine de la petite Kabylie.*
- Bouilli, J.P. (1979) : *Petite Kabylie une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaine littorale de l'Algérie.*
- Bouilli, J.P. (1986) : *Le bassin maghrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique a l'ouest des alpes.*
- Boudoukha, A(1984) : *Contribution à l'étude hydrogéologique DEA de la région d'El Eulma université de France compté 64 pages.*
- Coifait, P, E et Villa, J.M. (1979) : *Algérie Nord Orientale un bassin post nappe dans son cadre.*
- Cote M (1981) : *Mutation rurales en Algérie, IST de Constantine,159 page,cartes.*
- Castany, G. (1982) : *Principe et méthodes de l'hydrogéologie. Duno-edit, Paris. 236 p.*
- C.G.G. (1973) : *Etude géophysique sur les hautes plaines Sétifiennes.*

- *D.H.W (1973) : Logs stratigraphies des forages.*
- *Debieche, T, H.Mania, J.Mudry, A, Hani. (2004) : Utilisation des rapports caractéristique dans la détermination de l'origine de la salinité des eaux Souterraines*
- *Demdoun, A : Etude hydrogéologique de la région d'El Eulma et le problème de la qualité des eaux.*
- *Fourcade, E et Raoult, J.F. (1998) : Dictionnaire de géologie 5^{ième} édition.*
- *Foucault, A. et Raoult, J-F. (1995) : Dictionnaire de géologie Masson & Cie-édit, Paris. 334 p.*
- *Guiraud, R(1969) : Les traits principaux de l'hydrogéologie du bassin Chot El Hodna (Algérie du Nord).Bull N°39 sev.géol.Algérie.*
- *Gaucher, G(1942) : Les terrains salés de la plaine de Bazer14 p. rapport interne DHW de Sétif.*
- *Greenwood, Enrnshaw, A. (1984) : Chimistry of elements.*
- *Kazi tani, N. (1986) : Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine interplaque Nord-algéreïn thèse 3^{ième} cycle, Université de Franche-Comté-Besançon.*
- *Michards, G. (1989) : Equilibre chimique dans les eaux naturelles.*
- *Monique taraoat, H. et Beaudry, J.P. (1986) : La chimie des eaux. Le griffon d'argile. 340 p.*
- *Massard, P .Stinberg, M. et Treuil, M. (1978) : Géochimie, principe et méthode approche thermodynamique.*
- *Marmi, R. (1995) : Les bassins continentaux de l'avant pays de la chaine alpine Nord orientale. Etude stratigraphique, sédimentaire, structurale et géochimioque.Thèse de doctorat de l'université de Henri poincare, Nancy1, 283P.*
- *Mebarki, A. (2005): Hydrologie des bassins de l'Est Algérien ; ressource en eau, aménagement et environnement. Thèse. D'oct. Etat. Université. Mentouri. constantine.360P.*

- Maoui, A. Kherici, N. Larbi, d. (2004) : *Effet de la sebkha sur le chimisme des eaux de l'aquifère superficiel de Zaâfrane (Djelfa).*
- Nafaâ, B .Ahmed, H. Imed, Eddine, N. (2004) : *Etude des types chimiques des eaux souterraines exploitée dans les autres (cas de la vallée de l'Oued ABIOD).*
- Nafaâ, B. Larbi,d. Ramdane K. (2004) : *La salinité des eaux souterraines de la région Est de la plaine D'El-Outaya (Beskra).*

- ORGM. (2004) : *Bulletin du service géologique de l'Algérie.*
Données des essais de pompage.
- O.N.M. (2007) : *Données climatiques à la station pluviométrique de Sétif.*
- P.N.U.D/O.P.E. (1987) : *Ressource en eau dans les pays de l'Afrique de Nord (projet RAP/80/011).*
- Raoult, J-F. (1974):*géologie du centre de la chaine numidique. Algérie.*
Thèse SC.Paris.Mem.Soc.Geol.Fr.Ns, III, Mem N°121, pp-163.Paris.
- Rodier, J. (1978) : *Analyse de l'eau. Dunod, Paris, 1135 p.*
- Seltzer, P. (1946) : *Le climat de l'Algérie. Université d'Alger. Institut de météorologie. Alger – Carbonnel. 219p.*
- Savornin, F (1936) : *Etude géologique de la région du Hodna et du plateau Sétifien*
- Shoeller, H(1962) : *les eaux souterraines-Hydrologie dynamique et chimie recherches, exploitation et évaluation des ressources Masson & Cie Paris 642 p.*
- Villa, J.M. (1980): *La chaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens.thèse Université, Université P.M.Curie-Paris.*
- Villa, J.M. (1978) : *Définition de la nappe néritique, structural majeur de la chaine alpine d'Algérie orientale.*

❖ Cartes de base :

- *Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (1996) : au (1/100000).*
- *Carte des précipitations de l'Algérie (1913-1947) : au (1/50000).*
- *Cartes topographiques de Sétif (1960) au (1/50000). I.G.N.F.*
- *Cartes géologiques avec notices explicatives de Sétif (1960) au (1/50000). I.G.N.F.*



ANNEXES

STATION : SETIF**PRECIPITATIONS : MOYENNES MENSUELLES**

(en mm et 1/10 èmes)

Code station : 150612

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Annuel
1985	39.1	35.1	29.6	35.9	46.8	19.4	87.0	40.8	57.5	0.9	16.8	0.0	40.9
1986	47.2	48.7	51.3	47.3	39.7	33.2	64.8	25.6	36.8	17.9	8.3	11.5	43.2
1987	5.4	29.1	39.6	32.4	22.3	71.6	15.6	12.7	44.4	8.8	29.4	8.8	32.0
1988	28.8	5.4	37.4	132.9	23.8	11.9	42.0	41.5	52.8	37.3	10.8	0.0	42.5
1989	48.0	24.4	11.6	14.2	23.7	34.3	25.2	60.4	52.2	72.7	12.3	24.1	40.3
1990	36.1	4.2	74.4	528	35.2	2.1	23.3	49.9	65.6	30.4	10.5	13.9	39.8
1991	26.6	88.6	29.3	205	6.5	39.9	56.5	28.3	80.5	11.5	9.8	3.2	40.1
1992	69.8	16.1	35.1	837	34.4	34.8	32.4	66.5	73.2	19.7	37.8	1.5	50.5
1993	28.4	4.3	54.4	40.2	26.4	41.5	27.9	12.5	62.8	1.5	0.7	18.6	31.9
1994	77.3	55.0	5.6	16.4	26.0	32.0	21.1	23.8	2.7	0.0	9.5	3.5	27.3
1995	44.5	37.1	22.3	25.4	94.0	25.7	63.0	41.9	3.7	61.8	0.0	3.0	42.2
1996	18.8	9.2	10.7	29.7	62.0	92.4	47.9	52.9	69.2	22.9	9.1	18.1	44.3
1997	84.5	45.1	69.4	43.7	32.4	7.7	4.5	37.3	20.3	20.8	10.5	26.2	40.2
1998	120.0	16.5	57.9	23.2	9.6	39.7	13.1	42.6	101.2	19.4	0.8	11.9	45.6
1999	85.5	50.1	23.9	80.9	65.3	15.9	19.4	8.4	4.3	25.4	0.0	4.9	38.4
2000	39.4	47.3	15.2	61.3	5.9	5.7	21.5	28.9	61.9	20.3	0.0	23.9	33.1
2001	47.2	14.4	37.1	8.5	79.3	20.1	8.6	13.2	19.3	0.0	0.0	4.0	25.2
2002	4.3	10.1	101.2	67.4	22.7	24.0	29.3	8.8	24.2	1.5	44.2	33.8	37.2
2003	30.2	69.3	14.0	85.7	115.8	29.0	37.6	63.2	43.8	59.4	13.7	22.4	58.4
2004	17.4	37.4	50.2	101.2	42.5	18.4	34.1	68.8	73.6	16.4	0.0	32.6	49.3
2005	26.9	22.7	68.7	52.3	28.0	39.8	14.2	50.6	1.0	35.9	20.0	8.7	36.9
2006	52.0	1.0	9.1	45.0	61.8	37.0	9.8	42.4	88.0	7.4	37.8	3.2	39.45
moyenne	44.4	30.5	38.5	50.0	41.1	30.7	31.8	37.3	47.2	22.4	12.8	12.6	399.4

STATION DE BENI FOUDA

PRECIPITATIONS : MOYENNES MENSUELLES

(en mm et 1/10 èmes)

Code station : 150610

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Annuel
1985	35.5	37.7	16.3	35.7	56.9	28.3	175.9	36.8	49.1	0.0	21.3	0.0	49.4
1986	43.8	37.7	54.1	78.1	49.9	21.7	73.2	26.9	17.7	14.7	5.9	0.3	43.8
1987	1.2	37.7	55.3	32.0	38.0	79.3	40.6	18.9	43.2	6.0	14.3	5.5	35.0
1988	28.3	37.7	21.9	194.4	39.8	10.5	62.7	40.8	33.8	28.2	2.7	2.7	46.6
1989	39.6	37.7	9.7	7.3	40.8	60.6	72.9	55.2	24.8	52.3	14.6	11.7	42.4
1990	11.5	37.7	133.1	886	54.1	0.0	23.9	76.9	93.8	27.9	10.9	15.6	53.8
1991	33.8	37.7	27.9	177	20.4	66.1	78.5	29.4	85.1	4.2	4.8	3.2	45.8
1992	22.7	37.7	47.1	1525	45.4	22.3	28.4	106.9	60.1	14.3	43.9	1.2	55.8
1993	13.0	37.7	17.0	72.6	39.2	55.2	19.2	11.7	35.6	0.0	0.0	7.8	27.6
1994	45.3	37.7	2.2	51.2	29.7	73.3	18.5	34.1	3.5	0.0	7.4	0.5	31.1
1995	37.6	37.7	15.9	17.9	148.6	27.2	48.5	43.5	6.9	44.1	0.6	18.9	44.2
1996	11.1	37.7	15.7	46.0	51.9	131.5	33.9	36.4	50.1	47.7	2.2	15.8	44.2
1997	29.1	37.7	64.6	66.4	31.4	8.6	7.2	39.0	15.5	24.4	1.1	7.4	32.9
1998	87.3	37.7	115.9	65.9	14.5	47.1	19.4	54.9	83.8	5.8	0.0	4.0	52.6
1999	44.4	37.7	22.1	113.8	86.8	20.9	22.0	12.8	11.4	10.3	3.4	2.2	39.6
2000	15.5	37.7	10.9	78.6	15.2	10.5	19.1	20.0	39.4	31.0	0.0	16.6	29.0
2001	41.5	37.7	12.2	16.0	161.0	20.5	16.2	21.6	29.7	0.0	0.0	17.0	34.1
2002	8.2	37.7	177.8	155.1	29.7	46.3	18.4	12.7	36.3	0.0	9.5	24.5	52.9
2003	16.2	37.7	22.1	133.9	198.1	27.2	44.3	84.5	37.9	4.5	9.2	14.7	64.0
2004	49.2	37.7	74.0	170.2	88.0	19.7	37.4	74.5	98.0	10.1	21.7	17.0	68.2
2005	46.0	37.7	55.6	66.8	53.8	68.9	19.1	51.5	3.0	11.1	4.2	5.0	39.3
2006	57.6	37.7	7.6	57.9	92.9	51.5	36.4	27.6	88.5	2.5	12.0	11.6	44.6
moyenne	32.7	37.7	44.5	78.1	63.0	40.8	41.6	41.7	43.1	15.4	8.6	9.2	456.4

STATION DE GUELLAL

PRECIPITATIONS : MOYENNES MENSUELLES

(en mm et 1/10 èmes)

Code station : 150613

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Annuel
1985	15.9	37.2	17.1	24.2	33.1	27.7	126.4	26.4	64.4	2.3	21.0	0.0	39.6
1986	56.6	48.2	23.7	100.3	32.4	12.5	72.6	16.6	19.1	26.8	0.0	30.8	44.0
1987	0.0	27.4	18.7	28.2	15.8	38.6	27.4	10.9	52.6	2.4	14.4	15.6	25.2
1988	18.1	4.0	23.7	83.6	1.2	7.0	21.3	27.6	46.2	32.8	0.0	0.0	26.6
1989	52.2	7.5	4.9	11.9	14.0	9.5	8.2	48.4	33.3	67.6	37.8	18.9	31.4
1990	36.5	3.0	50.6	396	21.2	0.9	26.2	67.3	84.6	26.8	14.1	23.1	39.4
1991	33.5	71.9	26.3	162	8.9	35.1	75.6	25.8	76.5	35.2	3.5	3.8	41.2
1992	29.8	27.6	33.1	97	44.6	28.2	62.1	43.2	58.7	20.2	23.2	1.2	38.2
1993	24.9	3.1	43.6	21.7	26.1	49.2	31.3	4.9	37.4	0.0	2.6	5.2	25.0
1994	65.8	73.6	6.6	18.9	23.7	19.2	24.6	22.3	0.0	0.0	17.0	24.1	29.6
1995	47.7	7.2	8.5	18.8	109.8	26.9	73.5	32.2	0.0	25.7	1.8	0.0	35.2
1996	11.0	7.2	7.1	20.6	61.2	57.0	51.3	38.1	66.7	53.5	19.5	16.6	41.0
1997	55.8	37.3	39.1	59.9	26.2	7.7	4.2	56.2	6.0	20.8	11.5	15.9	34.1
1998	75.8	12.5	38.4	7.7	6.1	13.1	6.1	42.9	66.4	16.5	0.0	23.7	30.9
1999	28.2	55.2	26.4	80.5	54.3	24.9	15.5	10.0	6.2	13.5	10.9	4.2	33.0
2000	46.4	22.3	23.4	53.0	1.2	7.5	14.0	7.9	93.5	8.7	1.3	19.2	29.8
2001	43.4	11.8	44.8	7.3	55.8	33.3	11.3	0.0	18.8	0.0	0.0	1.6	22.8
2002	8.5	13.5	83.6	45.9	22.0	17.9	22.6	9.4	14.2	3.6	11.8	58.7	31.2
2003	34.9	86.1	18.4	63.1	109.8	36.4	26.3	69.9	37.8	16.8	0.0	16.4	51.6
2004	26.9	29.1	55.7	105.1	47.2	12.9	38.1	59.1	0.0	17.7	0.0	19.8	41.2
2005	20.6	19.1	80.4	54.7	27.5	52.6	23.7	33.1	0.0	10.8	12.6	8.9	34.4
2006	69.8	7.3	22.7	42.1	59.7	56.1	8.7	70.7	60.9	13.2	2.6	5.8	42.0
moyenne	36.5	27.8	31.7	41.5	36.4	26.1	35.0	32.9	38.3	18.9	9.3	14.3	348.7

STATION : SETIF
TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DES MAXI
(en degrés Celcius et 1/10 èmes)

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
1985	26.8	20.1	15.2	10.9	6.5	15.0	10.6	18.0	19.9	31.0	34.7	32.5
1986	26.9	19.5	12.9	8.2	8.3	10.1	12.0	15.9	25.6	28.4	31.7	34.2
1987	30.3	23.8	12.8	12.8	8.4	9.7	12.8	19.3	21.2	29.4	32.8	34.3
1988	26.2	23.7	14.6	8.3	11.2	11.5	13.0	19.3	24.1	27.9	34.9	33.8
1989	27.0	21.2	17.1	14.3	9.6	11.2	16.5	15.5	23.6	25.9	32.2	32.8
1990	30.3	22.9	13.6	7.0	9.2	17.2	15.6	16.4	21.1	31.1	31.3	30.6
1991	27.8	18.9	14.1	9.0	9.5	9.0	13.6	13.3	18.5	27.0	33.3	32.6
1992	28.9	21.1	16.2	10.6	8.6	11.5	12.0	14.9	21.2	25.1	30.1	33.0
1993	26.3	22.1	13.5	11.2	10.5	8.7	12.8	17.4	22.9	31.4	32.2	33.3
1994	27.1	19.8	16.6	11.8	9.6	12.2	16.9	15.2	27.8	29.9	34.6	35.8
1995	25.9	21.5	15.3	12.2	7.6	14.3	12.5	16.5	24.6	28.2	33.6	31.2
1996	24.8	19.9	15.7	12.1	11.1	8.3	13.3	15.9	21.0	25.5	31.5	32.6
1997	25.2	19.9	13.5	10.6	10.4	14.4	15.5	17.5	25.6	31.7	32.9	31.0
1998	27.5	19.0	13.8	9.3	10.4	12.4	14.0	18.1	19.9	29.8	34.1	31.9
1999	28.0	23.0	12.4	9.4	9.7	8.1	14.0	19.1	27.4	31.3	32.6	35.4
2000	27.7	18.6	15.2	12.6	9.1	13.6	16.6	19.5	26.3	28.8	33.9	32.8
2001	26.7	26.2	13.8	10.2	10.3	11.1	18.9	17.8	22.6	30.9	34.6	33.3
2002	26.5	22.9	13.8	11.3	11.2	14.1	16.3	19.1	25.0	31.6	32.7	31.0
2003	26.1	21.0	14.9	9.0	8.0	8.1	14.7	17.7	23.5	30.7	35.5	33.4
2004	27.4	24.5	12.9	9.3	10.2	13.5	15.4	15.7	18.8	28.4	33.5	34.2
2005	26.3	22.5	14.5	8.6	8.2	6.8	15.2	17.6	26.9	30.4	35.1	31.8
2006	26.2	24.8	16.5	10.6	7.6	9.3	15.9	20.9	25.7	30.7	33.4	32.3
moyenne	27.1	21.7	14.5	10.4	9.3	11.4	14.5	17.3	23.3	29.3	33.2	32.9

STATION : SETIF
TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DES MINI
(en degrés Celcius et 1/10 èmes)

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
1985	15.0	9.9	6.9	2.8	-0.2	5.2	2.2	7.2	9.3	16.9	20.7	18.5
1986	14.8	11.3	5.4	1.7	0.8	1.8	3.6	5.1	12.5	14.7	17.2	19.7
1987	17.7	13.2	5.3	5.0	0.3	1.8	3.6	8.1	9.3	15.4	19.6	20.9
1988	14.3	12.7	6.8	1.2	3.6	1.4	3.5	7.5	11.9	15.2	20.8	20.0
1989	15.7	10.7	7.7	5.6	1.2	2.3	5.4	5.3	10.6	13.6	18.7	20.0
1990	17.9	12.2	6.4	9	2.6	4.6	5.2	6.0	11.5	17.5	17.6	17.6
1991	15.8	10.3	4.6	10	1.1	0.9	5.1	4.8	6.3	14.6	18.6	18.6
1992	15.7	10.1	7.5	28	0.4	1.4	3.4	5.2	9.7	12.0	16.3	19.0
1993	14.7	11.8	5.8	2.7	0.7	1.3	2.6	5.8	10.8	16.5	19.1	19.9
1994	16.5	11.3	6.9	2.5	2.2	2.3	6.1	4.1	13.5	15.1	20.3	21.8
1995	14.2	11.3	5.9	4.6	0.8	4.0	3.4	4.6	11.6	14.9	19.5	18.0
1996	12.8	8.5	5.8	4.0	3.8	1.3	4.3	6.5	9.8	13.1	18.2	19.3
1997	15.2	11.5	6.5	3.6	3.3	4.0	3.5	6.8	13.5	18.4	19.5	19.0
1998	16.4	9.0	5.4	1.9	2.5	3.3	4.3	7.1	10.4	17.0	20.2	19.5
1999	16.7	14.1	5.4	2.2	2.8	0.4	4.3	7.2	15.0	16.4	19.1	22.6
2000	16.4	9.7	6.3	4.2	-0.2	3.1	5.8	8.1	14.3	16.6	20.7	20.3
2001	15.8	14.8	5.8	1.7	2.7	1.9	8.4	7.0	11.4	17.5	21.0	20.4
2002	20.2	16.9	9.9	7.0	5.8	7.9	10.5	13.0	18.1	24.7	25.5	24.1
2003	15.5	12.9	6.7	2.0	2.0	0.7	4.9	8.3	11.7	18.0	21.9	20.8
2004	15.1	13.5	4.8	2.9	1.9	3.7	5.4	6.2	8.4	15.4	19.6	20.6
2005	14.7	12.0	5.7	1.9	-0.7	-0.5	5.6	7.6	13.0	17.0	20.7	18.6
2006	14.8	13.6	7.1	3.6	0.7	0.9	0.5	10.0	14.6	17.8	20.3	18.4
moyenne	15.7	11.9	6.3	3.0	1.7	2.4	4.6	6.9	11.7	16.3	19.8	19.9

Puits N°=	Coordonnées lambert			Profondeur de l'eau / sol (m)	Niveau pizométrique (m)
	X (km)	Y (km)	Z (m)		
01	750.8	313.7	963	14.65	948.35
02	748.3	310.4	950	32.63	917.37
03	742.8	309.1	931	22.6	908.4
04	737.6	308.5	907	33	874
05	739	309.4	916	33	883
06	753.9	315.8	981	18	963
07	754.7	317.4	991	19	972
08	756.1	317.15	992	33	959
09	757.4	318.4	1005	33	972
10	751.2	321.1	1035	26	1009
11	753.4	322.9	1020	33	987
12	745.2	322.45	1032	06	1026
13	747.15	320.2	1025	21	1004
14	744.2	316.8	977	13	964
15	744.6	318.1	992	10.5	981.5
16	748.1	318.45	1005	15.0	990
17	749.6	315.9	981	07	974
18	752.6	312.45	989	09	980

Tableau 4.1 :

Inventaire des points d'eaux (période des basses eaux).

Puits N°=	Coordonnées lambert			Profondeur de l'eau / sol (m)	Niveau pizométrique (m)
	X (km)	Y (km)	Z (m)		
01	750.8	313.7	963	12	951
02	748.3	310.4	950	30.55	919.45
03	742.8	309.1	931	21	910
04	737.6	308.5	907	31.65	875.35
05	739	309.4	916	30	886
06	753.9	315.8	981	16.65	964.35
07	754.7	317.4	991	17	974
08	756.1	317.15	992	30	962
09	757.4	318.4	1005	29.65	975.35
10	751.2	321.1	1035	24.5	1010.5
11	753.4	322.9	1020	31	989
12	745.2	322.45	1032	05.5	1026.5
13	747.15	320.2	1025	19	1006
14	744.2	316.8	977	11.5	965.5
15	744.6	318.1	992	09	983
16	748.1	318.45	1005	13	992
17	749.6	315.9	981	06	975
18	752.6	312.45	989	8.5	980.5

Tableau 4.1 :

Inventaire des points d'eaux (période des hautes eaux).

ESSAI DE POMPAGE
Forage de Guidjal

DESCENTE

Résultats du premier palier :

N.S : Niveau statique = 53.30 m ;

Temps (min)	N.D (m)	Débit (l/s)	S (m)
0	53.30	5.5	/
1/2	56.15		
1	56.70		
2	57.65		
3	58.52	5.5	
4	59.33		
5	59.81		
6	60.49		
7	60.91	5.5	
8	61.18		
9	61.64		
10	61.95		
12	62.40	5.5	
14	62.82		
16	63.13		
18	63.42		
20	63.60	5.5	
25	63.82		
30	63.95		
35	64.60		
40	65.14	5.5	
50	65.35		
00	66.20		
30	66.98		
00	68.30	5.5	
00	69.28		
00	69.83		
00	70.45		
00	71.14	5.5	
00	70.66		
00	70.72	5.5	

ESSAI DE POMPAGE
Forage de Guidjal

DESCENTE

Résultats du deuxième palier :

N.S : Niveau statique = 55.28 m ;

Temps (min)	N.D (m)	Débit (l/s)
0	55.28	
1/2	56.31	7
1	56.92	
2	57.59	
3	58.16	7
4	59.10	
5	60.85	
6	61.63	
7	62.75	7
8	63.42	
9	64.06	
10	65.17	
12	66.79	7
14	67.34	
16	68.10	
18	69.22	
20	70.05	7
25	71.40	
30	72.25	
35	73.07	
40	74.61	7
50	75.79	
00	77.82	
30	79.87	
00	80.40	7
00	80.43	
00	81.57	
00	82.34	7
00	83.10	
00	84.50	
00	84.58	7

ESSAI DE POMPAGE
Forage de Guidjal

DESCENTE

Résultats du troisième palier :

Temps (min)	N.D (m)	Débit (l/s)
0	56.10	
1/2	56.80	10
1	57.38	
2	58.05	
3	60.19	10
4	62.10	
5	63.80	
6	64.50	
7	66.36	10
8	67.95	
9	70.06	
10	72.16	
12	74.20	10
14	75.90	
16	77.48	
18	80.35	
20	83.02	10
25	86.35	
30	88.44	
35	89.71	
40	90.59	10
50	91.10	
00	91.25	
30	91.30	
00	91.33	10
00	91.34	
00	91.37	
00	91.39	
00	91.45	10
00	91.45	
00	91.65	10

N.S : Niveau statique = 56.10 m ;

ESSAI DE POMPAGE
Forage de Guidjal

REMONTÉE :

Résultats de la remontée :

Temps (min)	N.D (m)	Débit (l/s)
0	56.10	
1/2	56.80	10
1	57.38	
2	58.05	
3	60.19	10
4	62.10	
5	63.80	
6	64.50	
7	66.36	10
8	67.95	
9	70.06	
10	72.16	
12	74.20	10
14	75.90	
16	77.48	
18	80.35	
20	83.02	10
25	86.35	
30	88.44	
35	89.71	
40	90.59	10
50	91.10	
00	91.25	
30	91.30	
00	91.33	10
00	91.34	
00	91.37	
00	91.39	
00	91.45	10
00	91.45	
00	91.65	10

ESSAI DE POMPAGE

Forage de Ras El Ma

DESCENTE

Résultats du premier palier :

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
0	15.58	/
1	17.34	1.76
2	19.09	3.51
3	20.79	5.21
4	22.49	6.91
5	24.01	8.43
6	25.02	9.44
7	25.83	10.25
8	25.51	10.95
9	21.03	11.45
10	21.60	12.02
11	28.24	12.66
12	28.80	13.22
15	30.17	14.59
20	31.86	16.28
25	33.37	17.79
30	34.45	18.87
35	35.34	19.76
40	36.10	20.52
45	36.98	21.40
50	37.71	22.13
55	38.26	22.68
60	38.82	23.24
65	39.35	23.77
70	39.79	24.21
75	40.16	24.58
80	40.52	24.94
85	40.81	25.23
90	41.16	25.58
95	41.42	25.90
100	41.80	26.22
110	42.35	26.77
120	42.93	27.35
130	43.46	27.88
140	43.99	28.41
150	44.47	28.89
160	44.95	29.37
170	45.36	29.78
180	45.80	30.22
190	46.20	30.62
200	46.70	31.12

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
210	47.07	31.49
220	47.47	31.89
230	47.76	32.18
240	48.19	31.61
255	48.68	33.10
270	49.18	33.60
285	49.65	34.07
300	50.02	34.44
315	50.47	34.89
330	50.81	35.23
345	51.26	35.68
360	51.55	35.97
375	51.87	36.29
390	52.25	36.67
405	52.55	36.97
420	52.80	37.22
450	53.23	37.65
480	53.61	38.03
510	54.04	38.46
540	54.33	38.75
570	54.60	39.02
600	54.71	39.13
630	54.80	39.22
660	54.86	39.28
690	54.88	39.30
720	54.90	39.32
750	54.91	39.33
780	54.92	39.34
810	54.92	39.34
840	54.93	39.35
870	54.92	39.34
900	54.91	39.33
930	54.91	39.33
960	54.92	39.34
990	54.93	39.35
1020	54.92	39.34
1050	54.91	39.33
1080	54.91	39.33
1120	54.91	39.33
1140	54.91	39.33

N.D : Niveau dynamique = 54,91m ; Q = 62 l/s ; t = 19 h ; N.S : Niveau m statique =15,58m

ESSAI DE POMPAGE

Forage de Ras El Ma

DESCENTE

Résultats du deuxième palier :

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
0	54.91	39.33
1	55.11	39.53
2	55.19	39.61
3	55.26	39.68
4	55.45	39.87
5	55.38	39.80
6	55.42	39.84
7	55.45	39.87
8	55.48	39.90
9	55.51	39.93
10	55.54	39.96
11	55.57	39.99
12	55.60	40.02
13	55.63	40.05
14	55.63	40.09
15	55.68	40.10
20	55.75	40.17
25	55.82	40.24
30	55.87	40.29
35	55.92	40.34
40	55.96	40.38
45	56.00	40.42
50	56.03	40.45
55	56.07	40.52
60	56.11	40.56
65	56.14	40.59
70	56.18	40.63
75	56.21	40.66
80	56.24	40.69
85	56.27	40.72
90	56.30	40.75
95	56.32	40.77
100	56.34	40.79
110	56.38	40.83
120	56.41	40.86
130	56.43	40.88
140	56.45	40.90
150	56.46	40.91
160	56.48	40.93
170	56.49	40.94
180	56.50	40.95

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
195	56.51	40.96
210	56.51	40.96
225	56.63	40.98
240	56.54	40.99
255	56.54	40.99
270	56.55	41.00
285	56.55	41.00
300	56.56	41.01
315	56.57	41.02
330	56.58	41.03
345	56.59	41.04
360	56.60	41.05
390	56.60	41.05
420	56.61	41.06
450	56.62	41.07
480	56.62	41.07
495	56.62	41.07
510	56.63	41.08
525	56.62	41.07
540	56.61	41.06
555	56.62	41.07
570	56.62	41.07
585	56.63	41.08
600	56.63	41.08
660	56.63	41.08
720	56.62	41.07
780	56.62	41.07
840	56.63	41.08
900	56.63	41.08

N.D : Niveau dynamique = 56,63 m ; Q = 64 l/s ; t = 15 h ; N.S : Niveau statique = 54.91 m

ESSAI DE POMPAGE
Forage de Ras El Ma

DESCENTE

Résultats du troisième palier :

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
0	56.63	41.08
2	57.08	41.53
3	57.26	41.71
4	57.45	41.90
6	57.62	42.07
7	57.73	42.18
8	57.87	42.32
10	58.03	42.48
15	58.34	42.79
20	58.54	42.99
25	58.66	43.11
30	58.77	43.22
35	58.86	43.31
40	58.94	43.39
45	59.02	43.47
50	59.07	43.52
55	59.13	43.58
60	59.19	43.64
65	59.26	43.71
70	59.30	43.75
75	59.24	43.69
80	59.22	43.67
85	59.27	43.72
90	59.36	43.81
95	59.38	43.83
100	59.46	43.91
105	59.54	43.99
110	59.59	44.04
115	59.57	44.12
120	59.71	44.16
125	59.74	44.19
130	59.80	44.25
135	59.85	44.30
140	59.88	44.33
145	59.91	44.36
150	59.84	44.39
155	59.98	44.43
160	60.03	44.48
165	60.05	44.50
170	60.09	44.54
175	60.12	44.57

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
180	60.15	44.60
185	60.16	44.61
190	60.22	44.67
195	60.26	44.71
200	60.29	44.74
205	60.32	44.77
210	60.37	44.82
215	60.36	44.81
220	60.24	44.69
225	60.25	44.70
230	60.28	44.73
235	60.31	44.76
240	60.42	44.87
250	60.54	44.99
260	60.63	45.08
270	60.75	45.20
280	60.81	45.26
290	60.85	45.30
300	60.91	45.36
310	60.97	45.42
320	61.01	45.46
325	61.04	45.49
330	61.08	45.53
340	61.13	45.58
350	61.19	45.64
375	61.25	45.70
390	61.30	45.75
405	61.35	45.80
420	61.41	45.86
435	61.45	45.90
465	61.52	45.97
480	51.54	45.99
495	51.58	46.03
510	51.61	46.06
540	61.73	46.18
570	61.79	46.22
600	61.81	46.26
630	61.86	46.31
660	61.91	46.36
690	61.91	46.36
720	61.90	46.35

La suite du troisième palier

Temps (min)	N.D (m)	S (m)
750	61.89	46.34
780	61.89	46.34
810	61.91	46.35
840	61.89	46.34
870	61.89	46.34
900	61.90	46.35
915	61.90	46.35
930	61.91	46.36
945	61.90	46.35
960	61.90	46.35
1020	61.89	46.34
1080	61.90	46.35
1140	61.89	46.34
1200	61.89	46.34
1260	61.90	46.35
1320	61.91	46.36
1380	61.89	46.34
1440	61.89	46.34
1500	61.89	46.34
1560	61.90	46.35
1620	61.89	46.34
1680	61.89	46.34
1740	61.90	46.35
1800	61.90	46.35
1830	61.89	46.34
1860	61.89	46.34

N.D : Niveau dynamique = 69.89 m ;

Q = 72 l/s ;

t = 31 h ;

N.S : Niveau statique = 56.63 m ;

Rabattement : 46,34 m .

ESSAI DE POMPAGE

Forage de Ras El Ma

REMONTÉE :

Résultats de la remontée :

t (min)	t' (min)	t + t' / t'	N.D (m)	S (m)
570	0	/	63.65	48.03
571	1	572	53.31	37.77
574	3	192.3	47.79	32.77
581	7	84	43.38	27.86
591	10	60.1	40.80	25.82
606	15	41.4	38.82	23.30
626	20	32.3	37.01	21.49
651	25	27.4	35.69	20.17
681	30	23.70	34.63	19.11
716	35	21.45	33.70	18.18
756	40	19.90	32.81	17.29
801	45	18.80	32.00	16.48
851	50	18.02	31.29	15.77
906	55	17.47	30.59	15.07
966	60	17.10	29.98	17.46
1031	65	16.86	29.37	13.85
1101	70	16.72	28.71	13.19
1176	75	16.68	27.07	13.55
1256	80	16.70	27.46	11.94
1331	85	16.65	26.92	11.40
1421	90	16.78	26.39	10.87
1516	95	16.95	25.78	10.26
1616	100	17.16	25.30	9.78
1721	105	17.39	24.91	9.39
1831	110	17.46	24.47	8.86
1946	115	17.92	24.11	8.50
2066	120	18.21	23.73	8.12
2196	130	17.89	22.95	7.34
2336	140	17.68	22.18	6.57
2486	145	18.11	22.41	6.80
2631	150	18.54	21.63	6.02
2791	160	18.44	20.90	5.29
2961	170	18.41	20.36	4.75
3041	180	17.85	19.92	4.31
3231	190	18.00	19.51	3.90
3431	200	18.15	19.18	3.57
3641	210	18.33	18.86	3.25
3861	220	18.55	18.62	3.01
4191	230	19.22	18.63	2.82
4426	235	19.83	18.40	2.75

La suite des résultats de la remontée :

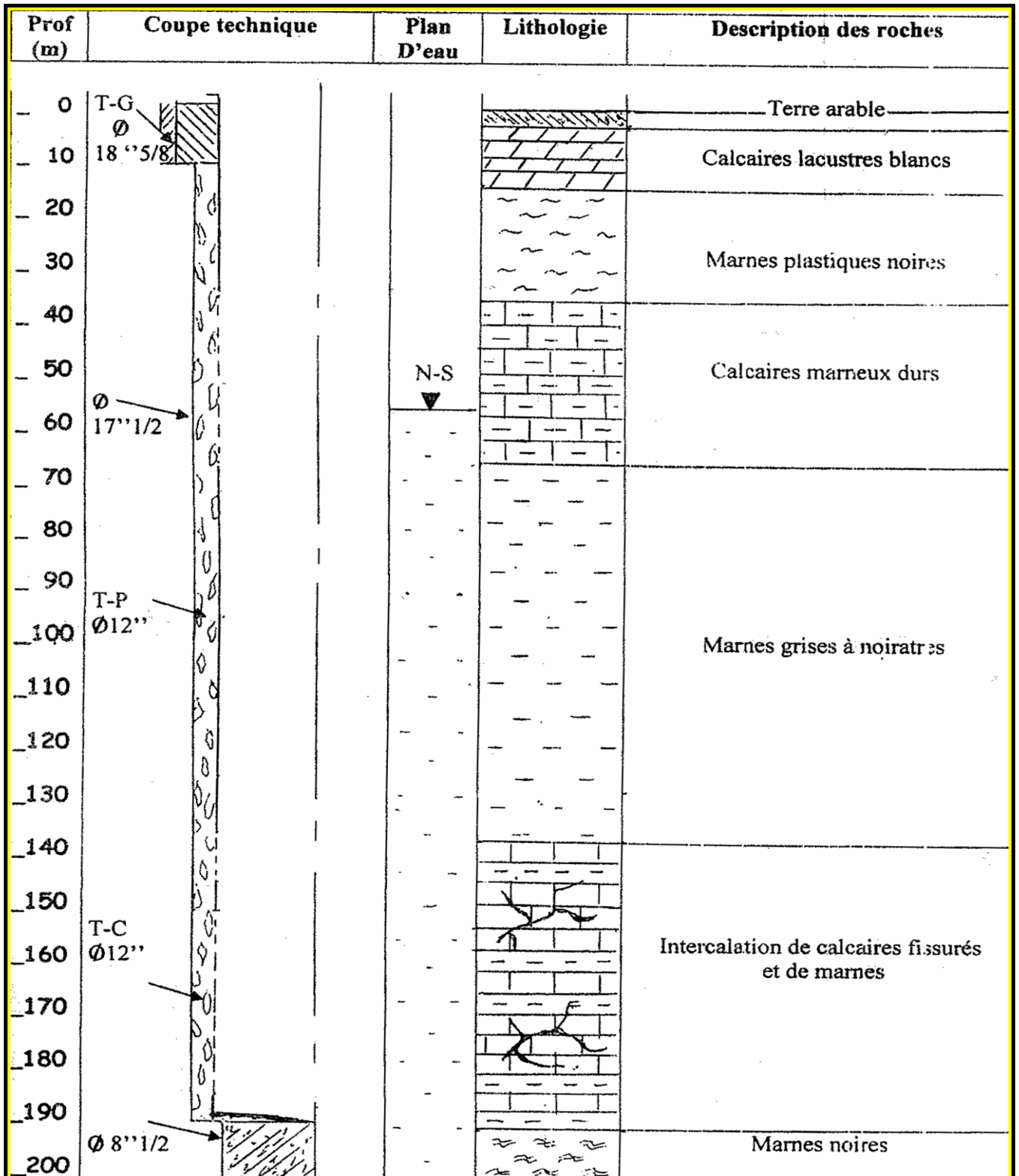
t (min)	t' (min)	t + t' / t'	N.D (m)	S (m)
4666	240	20.44	18.39	2.78
4916	250	20.66	18.24	2.63
5176	260	20.90	18.08	2.47
5446	270	21.17	17.98	2.37
5726	280	21.45	17.93	2.32
6016	290	21.74	17.88	2.27
6316	300	22.05	17.80	2.19
6646	330	21.13	17.66	2.05
7006	360	20.46	17.54	1.93
7396	390	19.96	17.41	1.80
7816	420	19.60	17.33	1.12
8296	480	18.26	17.11	1.50
8836	540	17.36	16.90	1.29
9436	600	16.72	16.79	1.18
10096	660	16.29	16.69	1.08
10116	720	15.05	16.61	1.00
10896	780	14.96	16.51	0.95
11736	840	14.97	16.46	0.85
12536	900	14.92	16.47	0.86
13396	960	14.95	16.46	0.85

N.D : Niveau dynamique = 16,46 m ;


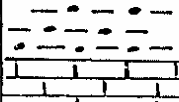
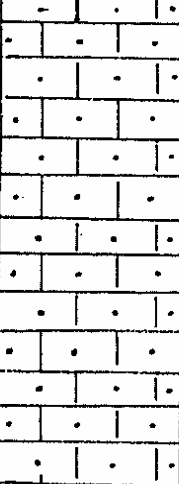

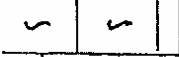

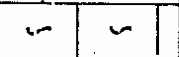

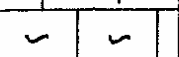
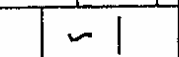
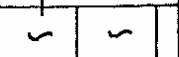
t' : Temps depuis l'arrêt de pompage ;

S : Rabattement résudiel.

FORAGE DE GUIDJAL:



FORAGE DE RAS EL MA:

Profondeur (m)	Tubage et cimentation	Coupe lithologique	Description géologique	Etage
0	TG		TERRE arable	
20	TP $\phi 13 \frac{3}{8}$		Argiles caillouteuses beiges calcaires lacustres beiges	Mio-Pliocène IV
40			Calcaires gréseux beiges	Compano - Maestrichtien
60				
80	TC $\phi 13 \frac{3}{8}$			
100				
120	TP $\phi 13 \frac{3}{8}$		Calcaires marneux durs avec calcite	
140	TC $\phi 13 \frac{3}{8}$			
160	TP $\phi 13 \frac{3}{8}$			
180				
200	$\phi 8 \frac{1}{2}$			

TG : Tube galvanisé

TP : Tube plein

TC : Tube crépiné

**RESULTAT D'HYDROWIN
(période des basses eaux).**

Location : 1
Site : 1
Sampling Date : 1
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl-SO4
Total dissolved solids : 29.3 meq/l 842.9 mg/l
Total hardness : 4.52 mmol/l 45.18 °f 25.30 °g
Alcalinity : 1.96 mmol/l 9.78 °f 5.48 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	248.1	10.792	10.792	36.891
K	10.0	0.256	0.256	0.875
Ca	148.72	3.711	7.421	25.367
Mg	19.64	0.808	1.616	5.524
Cl	139.1	3.924	3.924	13.414
SO4	158.0	1.645	3.29	11.246
HCO3	119.36	1.956	1.956	6.686

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7.572	4.593	0.319
Ca/SO4	0.941	2.256	0.152
Na/Cl	1.784	2.751	0.556

Dissolved Minerals	:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	6.474	0.1107
Carbonate (CaCo3)	:	125.906	1.2591
Dolomite (CaMg (CO3)2):	:	148.734	0.808

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.8°C)
Calcite:	-0.075	-8.512	-8.437
Aragonite:	-0.224	-8.512	-8.288
Dolomite:	-0.553	-17.691	-17.138
Magnesite:	-1.282	-9.179	-7.897
Gypsum:	-1.208	-5.791	-4.583
Anhydrite:	-1.454	-5.791	-4.337

Act.coeff.Molalities Activities Mol

H+	: 0.871	5.012E-08	4.365E-08
Na+	: 0.871	1.079E-02	9.399E-03
K+	: 0.871	2.558E-04	2.227E-04
Mg++	: 0.575	7.563E-04	4.352E-04
Ca++	: 0.575	3.509E-03	2.019E-03
Cl-	: 0.871	3.924E-03	3.417E-03
SO4--:	0.575	1.392E-03	8.007E-04
HCO3-	: 0.871	1.956E-03	1.704E-03
CO3--:	0.575	2.648E-06	1.523E-06
H2CO3:	1.893E-04		
CO2:	4.37E-03 bar	8.331 mg/l	

Location : 2
 Site : 2
 Sampling Date : 2
 Geology : mioplioquaternaire
 Watertype : Na-Ca-Cl-HCO3
 Total dissolved solids : 34.3 meq/l 1003.6 mg/l
 Total hardness : 4.39 mmol/l 43.89 °f 24.58 °g
 Alkalinity : 3.88 mmol/l 19.40 °f 10.86 °

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	330.46	14.374	14.374	41.952
K	10.0	0.256	0.256	0.747
Ca	113.44	2.83	5.661	16.522
Mg	37.88	1.558	3.116	9.094
Cl	169.1	4.77	4.77	13.922
SO4	106.0	1.104	2.207	6.441
HCO3	236.68	3.879	3.879	11.321

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.995	1.816	0.319
Ca/SO4	1.07	2.565	0.152
Na/Cl	1.954	3.014	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	7.87	0.1345
Carbonate (CaCo3)	16.878	0.1688
Dolomite (CaMg (CO3)2):	286.866	1.558
Anhydrite (CaSO4)	150.3	1.104
Anhydrite (CaSO4)	224.032	1.645

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16.2°C)
Calcite:	0.396	-8.038	-8.435
Aragonite:	0.246	-8.038	-8.285
Dolomite:	0.803	-16.339	-17.141
Magnesite:	-0.414	-8.3	-7.886
Gypsum:	-1.504	-6.087	-4.584
Anhydrite:	-1.751	-6.087	-4.336

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	0.867	2.512E-08	2.177E-08
Na+	0.867	1.437E-02	1.246E-02
K+	0.867	2.558E-04	2.217E-04
Mg++	0.565	1.494E-03	8.435E-04
Ca++	0.565	2.731E-03	1.542E-03
Cl-	0.867	4.770E-03	4.135E-03
SO4--:	0.565	9.399E-04	5.307E-04
HCO3-	0.867	3.879E-03	3.363E-03
CO3--:	0.565	1.052E-05	5.938E-06
H2CO3:	1.884E-04		
CO2	4.27E-03 bar	8.290 mg/l	

Location : 3
Site : 3
Sampling Date : 3
Geology : mioplioquatenaire
Watertype : Na-Ca-Cl
Total dissolved solids : 24.3 meq/l 689.4 mg/l
Total hardness : 3.82 mmol/l 38.23 °f 21.41 °g
Alcalinity : 2.12 mmol/l 10.60 °f 5.94 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	196.73	8.557	8.557	35.212
K	10.0	0.256	0.256	1.053
Ca	117.03	2.92	5.84	24.031
Mg	21.96	0.903	1.807	7.436
Cl	170.4	4.806	4.806	19.776
SO4	44.0	0.458	0.916	3.769
HCO3	129.32	2.12	2.12	8.724

Ratios		Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.329	3.232	0.319	0.194
Ca/SO4	2.66	6.374	0.152	0.364
Na/Cl	1.155	1.78	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	7.931	0.1356
Carbonate (CaCo3)	:	156.007	1.5601
Dolomite (CaMg (CO3)2):		166.303	0.903
Anhydrite (CaSO4)	:	62.389	0.458

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K(16.4°C)

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.4°C)
Calcite:	-0.011	-8.446	-8.436
Aragonite:	-0.161	-8.446	-8.286
Dolomite:	-0.264	-17.404	-17.14
Magnesite:	-1.067	-8.957	-7.89
Gypsum:	-1.802	-6.385	-4.583
Anhydrite:	-2.048	-6.385	-4.337

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.882	3.981E-08	3.512E-08
Na+	: 0.882	8.557E-03	7.549E-03
K+	: 0.882	2.558E-04	2.256E-04
Mg++	: 0.606	8.855E-04	5.364E-04
Ca++	: 0.606	2.871E-03	1.739E-03
Cl-	: 0.882	4.806E-03	4.240E-03
SO4--:	0.606	3.913E-04	2.370E-04
HCO3-	: 0.882	2.120E-03	1.870E-03
CO3--:	0.606	3.396E-06	2.057E-06
H2CO3:		1.684E-04	
CO2:	3.84E-03 bar	7.408 mg/l	

Location : 4
Site : 4
Sampling Date : 4
Geology : mioplioquatenaire
Watertype : Na-Ca-Cl-SO4

Total dissolved solids : 44.8 meq/l 1245. mg/l
 Total hardness : 4.73 mmol/l 47.32 °f 26.50 °g
 Alkalinity : 0.00 mmol/l 0.00 °f 0.00 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	451.41	19.635	19.635	43.805
K	10.0	0.256	0.256	0.571
Ca	117.03	2.92	5.84	13.029
Mg	44.04	1.812	3.623	8.083
Cl	248.5	7.009	7.009	15.637
SO4	234.0	2.436	4.872	10.869
HCO3	0.0	0.0	0.0	0.0
Ratios		Seawater mg/l		mmol/l
Ca/Mg	2.657	1.612	0.319	0.194
Ca/SO4	0.5	1.199	0.152	0.364
Na/Cl	1.817	2.801	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 11.566 0.1977
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 333.516 1.812
 Anhydrite (CaSO4) : 331.794 2.436
 Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.4°C)
Gypsum:	-1.223	-5.807
Anhydrite:	-1.47	-5.807

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.850	5.012E-08	4.260E-08
Na+	: 0.850	1.964E-02	1.669E-02
K+	: 0.850	2.558E-04	2.174E-04
Mg++	: 0.522	1.671E-03	8.717E-04
Ca++	: 0.522	2.727E-03	1.423E-03
Cl-	: 0.850	7.009E-03	5.957E-03
SO4--	: 0.522	2.102E-03	1.097E-03
CO2:	3.84E-03 bar	7.408 mg/l	

Location : 5
Site : 5
Sampling Date : 5
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl

Total dissolved solids : 34.7 meq/l 1006. mg/l
 Total hardness : 4.26 mmol/l 42.64 °f 23.88 °g
 Alkalinity : 2.90 mmol/l 14.50 °f 8.12 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	335.73	14.603	14.603	42.082
K	10.0	0.256	0.256	0.738
Ca	136.27	3.4	6.8	19.596
Mg	21.0	0.864	1.728	4.98
Cl	220.1	6.208	6.208	17.89
SO4	106.0	1.104	2.207	6.36
HCO3	176.9	2.9	2.9	8.357
Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.489	3.936	0.319	0.194
Ca/SO4	1.286	3.081	0.152	0.364
Na/Cl	1.525	2.352	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 10.244 0.1751
 Carbonate (CaCo3) : 143.402 1.434
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 159.033 0.864
 Anhydrite (CaSO4) : 150.3 1.104
 Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K(16.1°C)

Calcite:	0.048	-8.387	-8.434
Aragonite:	-0.103	-8.387	-8.284
Dolomite:	-0.229	-17.371	-17.142
Magnesite:	-1.1	-8.984	-7.884
Gypsum:	-1.42	-6.004	-4.584
Anhydrite:	-1.668	-6.004	-4.336

(Act.coeff.Molalities Activities (Mol

H+	: 0.867	5.012E-08	4.344E-08
Na+	: 0.867	1.460E-02	1.266E-02
K+	: 0.867	2.558E-04	2.217E-04
Mg++	: 0.564	8.283E-04	4.673E-04
Ca++	: 0.564	3.281E-03	1.851E-03
Cl-	: 0.867	6.208E-03	5.380E-03
SO4--:	0.564	9.488E-04	5.353E-04
HCO3-:	0.867	2.900E-03	2.513E-03
CO3--:	0.564	3.933E-06	2.219E-06
H2CO3:		2.813E-04	
CO2	: 6.35E-03 bar	12.379 mg/l.	

Location : 6
 Site : 6
 Sampling Date : 6
 Geology : mioplioquaternaire
 Watertype : Na-Ca-Mg-Cl

Total dissolved solids : 51.9 meq/l 1462.7 mg/l
 Total hardness : 6.55 mmol/l 65.50 °f 36.68 °g
 Alkalinity : 4.12 mmol/l 20.60 °f 11.54 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	505.31	21.98	21.98	42.359
K	10.0	0.256	0.256	0.493
Ca	144.0	3.593	7.186	13.849
Mg	71.88	2.957	5.914	11.397
Cl	330.15	9.312	9.312	17.946
SO4	150.0	1.562	3.123	6.019
HCO3	251.32	4.119	4.119	7.938

Ratios		Seawater mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.003	1.215	0.319
Ca/SO4	0.96	2.301	0.152
Na/Cl	1.531	2.36	0.556

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 15.366 0.2627
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 544.348 2.957
 Anhydrite (CaSO4) : 212.688 1.562
 Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K (16.1°C)

Calcite:	-0.021	-8.455	-8.434
Aragonite:	-0.171	-8.455	-8.284
Dolomite:	0.143	-16.999	-17.142
Magnesite:	-0.659	-8.543	-7.884
Gypsum:	-1.357	-5.94	-4.584
Anhydrite:	-1.604	-5.94	-4.336

Act.coeff.Molalities Activities Mol

H+	: 0.846	7.943E-08	6.716E-08
Na+	: 0.846	2.198E-02	1.858E-02
K+	: 0.846	2.558E-04	2.162E-04
Mg++	: 0.511	2.815E-03	1.439E-03
Ca++	: 0.511	3.447E-03	1.762E-03
Cl-	: 0.846	9.312E-03	7.874E-03
SO4--	: 0.511	1.274E-03	6.512E-04
HCO3-	: 0.846	4.119E-03	3.483E-03
CO3--	: 0.511	3.891E-06	1.989E-06
H2CO3:		6.030E-04	
CO2	: 1.36E-02 bar	26.531 mg/l	

Location : 7
 Site : 7
 Sampling Date : 7
 Geology : mioplioquaternaire
 Watertype : Na-Ca-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 23.9 meq/l 716.6 mg/l
 Total hardness : 3.82 mmol/l 38.16 °f 21.37 °g
 Alkalinity : 3.24 mmol/l 16.20 °f 9.07 °

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	192.57	8.376	8.376	35.086
K	10.0	0.256	0.256	1.072
Ca	121.48	3.031	6.062	25.393
Mg	19.08	0.785	1.57	6.577
Cl	95.85	2.704	2.704	11.327
SO4	80.0	0.833	1.666	6.979
HCO3	197.64	3.24	3.24	13.572

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.367	3.862	0.319
Ca/SO4	1.519	3.639	0.152
Na/Cl	2.009	3.098	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl) :	4.461	0.0763
Carbonate (CaCo3) :	141.464	1.4146
Dolomite (CaMg (CO3)2):	144.493	0.785
Anhydrite (CaSO4) :	113.434	0.833

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.4°C
Calcite:	-0.017	-8.453	-8.436
Aragonite:	-0.167	-8.453	-8.286
Dolomite:	-0.355	-17.495	-17.14
Magnesite:	-1.152	-9.042	-7.89
Gypsum:	-1.533	-6.116	-4.583
Anhydrite:	-1.779	-6.116	-4.337

(Act.coeff.Molalities	Activities	Mol
H+ :	0.882	6.310E-08
Na+ :	0.882	8.376E-03
K+ :	0.882	2.558E-04
Mg++ :	0.605	7.569E-04
Ca++ :	0.605	2.939E-03
Cl- :	0.882	2.704E-03
SO4--:	0.605	7.128E-04
HCO3- :	0.882	3.240E-03
CO3--:	0.605	3.282E-06
H2CO3:	4.074E-04	
CO2 :	9.29E-03 bar	17.927 mg/l

Location : 8
Site : 8
Sampling Date : 8
Geology : mioplioquatenaire
Watertype : Na-Ca-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 28.4 meq/l 813.5 mg/l
 Total hardness : 4.42 mmol/l 44.18 °f 24.74 °g
 (Alcalinity : 2.96 mmol/l 14.80 °f 8.29 °g

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	240.8	10.474	10.474	36.896
K	10.0	0.256	0.256	0.902
Ca	123.44	3.08	6.16	21.699
Mg	32.52	1.338	2.675	9.423
Cl	156.2	4.406	4.406	15.521
SO4	70.0	0.729	1.457	5.132
HCO3	180.56	2.96	2.96	10.427

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.796	2.302	0.319	0.194
Ca/SO4	1.763	4.226	0.152	0.364
Na/Cl	1.542	2.377	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 7.27 0.1243
 Carbonate (CaCo3) : 101.439 1.0144
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 246.274 1.338
 Anhydrite (CaSO4) : 99.255 0.729
 Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.7°C
Calcite:	-0.457	-8.894	-8.437
Aragonite:	-0.607	-8.894	-8.287
Dolomite:	-1.014	-18.152	-17.138
Magnesite:	-1.363	-9.258	-7.895
Gypsum:	-1.618	-6.201	-4.583
Anhydrite:	-1.864	-6.201	-4.337

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.874	1.585E-07	1.386E-07
Na+	: 0.874	1.047E-02	9.159E-03
K+	: 0.874	2.558E-04	2.236E-04
Mg++	: 0.585	1.299E-03	7.594E-04
Ca++	: 0.585	3.003E-03	1.756E-03
Cl-	: 0.874	4.406E-03	3.853E-03
SO4--:	0.585	6.131E-04	3.585E-04
HCO3-:	0.874	2.960E-03	2.588E-03
CO3--:	0.585	1.243E-06	7.269E-07
H2CO3:	9.147E-04		
CO2:	2.10E-02 bar	40.248 mg/l	

Location : 9
Site : 9
Sampling Date : 9
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl-HCO3
Total dissolved solids : 24.0 meq/l 692.3 mg/l
Total hardness : 3.82 mmol/l 38.21 °f 21.40 °g
Alcalinity : 2.90 mmol/l 14.50 °f 8.12 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	200.38	8.716	8.716	36.386
K	10.0	0.256	0.256	1.069
Ca	109.01	2.72	5.44	22.71
Mg	26.76	1.101	2.202	9.193
Cl	124.25	3.505	3.505	14.632
SO4	45.0	0.468	0.937	3.912
HCO3	176.9	2.9	2.9	12.106

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4.074	2.471	0.319
Ca/SO4	2.422	5.806	0.152
Na/Cl	1.613	2.487	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	5.783	0.0989
Carbonate (CaCo3)	115.17	1.1517
Dolomite (CaMg (CO3)2):	202.654	1.101
Anhydrite (CaSO4)	63.807	0.468

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16.5°C)
Calcite:	2.597	-5.839
Aragonite:	2.447	-5.839
Dolomite:	5.066	-12.073
Magnesite:	1.658	-6.234
Gypsum:	-1.822	-6.405
Anhydrite:	-2.069	-6.405

(Act.coeff.Molalities	Activities (Mol
H+ :	0.883 1.259E-10 1.111E-10
Na+ :	0.883 8.716E-03 7.693E-03
K+ :	0.883 2.558E-04 2.257E-04
Mg++ :	0.607 1.079E-03 6.546E-04
Ca++ :	0.607 2.673E-03 1.622E-03
Cl- :	0.883 3.505E-03 3.093E-03
SO4--:	0.607 3.994E-04 2.424E-04
HCO3-:	0.883 2.900E-03 2.559E-03
CO3--:	0.607 1.470E-03 8.922E-04
H2CO3:	7.278E-07
CO2 :	1.66E-05 bar 0.032 mg/l

Location : 10
Site : 10
Sampling Date : 10
Geology : mioplioquatenaire
Watertype : Na-Ca-HCO₃

Total dissolved solids : 33.0 meq/l 980.8 mg/l
 Total hardness : 4.74 mmol/l 47.40 °f 26.54 °g
 Alkalinity : 4.18 mmol/l 20.90 °f 11.70 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	308.38	13.414	13.414	40.692
K	10.0	0.256	0.256	0.777
Ca	144.28	3.6	7.2	21.842
Mg	27.72	1.14	2.281	6.92
Cl	99.4	2.804	2.804	8.506
SO ₄	136.0	1.416	2.832	8.591
HCO ₃	254.98	4.179	4.179	12.677

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.205	3.157	0.319	0.194
Ca/SO ₄	1.061	2.543	0.152	0.364
Na/Cl	3.102	4.784	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 4.626	0.0791
Carbonate (CaCo ₃)	: 104.473	1.0447
Dolomite (CaMg (CO ₃) ₂)	: 209.924	1.14
Anhydrite (CaSO ₄)	: 192.838	1.416

	coeff.	Molalities	Activities	Mol
H ⁺	: 0.867	5.012E-08	4.344E-08	
Na ⁺	: 0.867	1.341E-02	1.163E-02	
K ⁺	: 0.867	2.558E-04	2.217E-04	
Mg ⁺⁺	: 0.564	1.080E-03	6.096E-04	
Ca ⁺⁺	: 0.564	3.438E-03	1.940E-03	
Cl ⁻	: 0.867	2.804E-03	2.430E-03	
SO ₄ ⁻⁻	: 0.564	1.194E-03	6.737E-04	
HCO ₃ ⁻	: 0.867	4.179E-03	3.623E-03	
CO ₃ ⁻⁻	: 0.564	5.708E-06	3.222E-06	
H ₂ CO ₃	: 4.035E-04			

CO₂ : 9.20E-03 bar 17.752 mg/l

Location : 11
 Site : 11
 Sampling Date : 11
 Geology : mioplioquaternaire
 Watertype : Na-Ca-HCO₃

Total dissolved solids : 32.1 meq/l 963.9 mg/l
 Total hardness : 4.3 mmol/l 43.03 °f 24.10 °g
 Alkalinity : 4.10 mmol/l 20.50 °f 11.48 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	313.72	13.646	13.646	42.454
K	10.0	0.256	0.256	0.796
Ca	136.27	3.4	6.8	21.155
Mg	21.96	0.903	1.807	5.622
Cl	95.85	2.704	2.704	8.412
SO ₄	136.0	1.416	2.832	8.811
HCO ₃	250.1	4.099	4.099	12.752

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.205	3.764	0.319	0.194
Ca/SO ₄	1.002	2.401	0.152	0.364
Na/Cl	3.273	5.047	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 4.461 0.0763
 Carbonate (CaCO₃) : 108.186 1.0819
 Dolomite (CaMg(CO₃)₂): 166.303 0.903
 Anhydrite (CaSO₄) : 192.838 1.416

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16°C)
Calcite:	0.096	-8.338	-8.434
Aragonite:	-0.054	-8.338	-8.283
Dolomite:	-0.113	-17.255	-17.142
Magnesite:	-1.035	-8.917	-7.883
Gypsum:	-1.311	-5.894	-4.584
Anhydrite:	-1.558	-5.894	-4.336

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H ⁺	: 0.869	6.310E-08	5.481E-08
Na ⁺	: 0.869	1.365E-02	1.185E-02
K ⁺	: 0.869	2.558E-04	2.222E-04
Mg ⁺⁺	: 0.570	8.547E-04	4.868E-04
Ca ⁺⁺	: 0.570	3.244E-03	1.848E-03
Cl ⁻	: 0.869	2.704E-03	2.349E-03
SO ₄ ⁻⁻	: 0.570	1.211E-03	6.900E-04
HCO ₃ ⁻	: 0.869	4.099E-03	3.561E-03
CO ₃ ⁻⁻	: 0.570	4.363E-06	2.485E-06
H ₂ CO ₃ :	5.041E-04		
CO ₂	: 1.13E-02 bar	22.179 mg/l	

Location : 12
 Site : 12
 Sampling Date : 12
 Geology : mioplioquaternaire
 Watertype : Na-Ca-Cl-SO4

Total dissolved solids : 62.6 meq/l 1807. mg/l
 Total hardness : 6.08 mmol/l 60.84 °f 34.07 °g
 Alkalinity : 3.72 mmol/l 18.60 °f 10.42 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	687.59	29.908	29.908	47.814
K	10.0	0.256	0.256	0.409
Ca	147.49	3.68	7.36	11.766
Mg	58.44	2.404	4.808	7.687
Cl	326.6	9.212	9.212	14.727
SO4	350.0	3.644	7.287	11.65
HCO3	226.92	3.72	3.72	5.947

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.524	1.531	0.319	0.194
Ca/SO4	0.421	1.01	0.152	0.364
Na/Cl	2.105	3.247	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 15.201 0.2598
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 442.567 2.404
 Anhydrite (CaSO4) : 496.273 3.644
 Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K(16.4°C)

Calcite:	0.107	-8.328	-8.436
Aragonite:	-0.043	-8.328	-8.286
Dolomite:	0.291	-16.849	-17.14
Magnesite:	-0.631	-8.521	-7.89
Gypsum:	-1.026	-5.61	-4.583
Anhydrite:	-1.273	-5.61	-4.337

Act.coeff.Molalities Activities Mol
 H+ : 0.835 5.012E-08 4.186E-08
 Na+ : 0.835 2.991E-02 2.498E-02
 K+ : 0.835 2.558E-04 2.136E-04
 Mg++ : 0.487 2.161E-03 1.052E-03
 Ca++ : 0.487 3.363E-03 1.637E-03
 Cl- : 0.835 9.212E-03 7.695E-03
 SO4--: 0.487 3.083E-03 1.501E-03
 HCO3- : 0.835 3.720E-03 3.107E-03
 CO3--: 0.487 5.891E-06 2.868E-06
 H2CO3: 3.334E-04
 CO2: 7.60E-03 bar 14.671 mg/l

Location : 13
Site : 13
Sampling Date : 13
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-HCO3-SO4

Total dissolved solids : 79.5 meq/l 2352.2 mg/l
 Total hardness : 7.95 mmol/l 79.54 °f 44.54 °g
 Alkalinity : 8.34 mmol/l 41.70 °f 23.35 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	897.67	39.046	39.046	49.138
K	10.0	0.256	0.256	0.322
Ca	190.78	4.76	9.52	11.981
Mg	77.64	3.194	6.387	8.038
Cl	273.35	7.71	7.71	9.703
SO4	394.0	4.102	8.204	10.324
HCO3	508.74	8.339	8.339	10.494

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.457	1.49	0.319	0.194
Ca/SO4	0.484	1.16	0.152	0.364
Na/Cl	3.284	5.064	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	12.722	0.2175
Dolomite (CaMg (CO3)2):		587.969	3.194
Anhydrite (CaSO4)	:	558.662	4.102

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16.2°C)
Calcite:	0.339	-8.095	-8.435
Aragonite:	0.189	-8.095	-8.285
Dolomite:	0.77	-16.371	-17.141
Magnesite:	-0.39	-8.276	-7.886
Gypsum:	-0.93	-5.513	-4.584
Anhydrite:	-1.177	-5.513	-4.336

(Act.coeff.Molalities Activities Mol)

H+	:	0.822	7.943E-08	6.531E-08
Na+	:	0.822	3.905E-02	3.210E-02
K+	:	0.822	2.558E-04	2.103E-04
Mg++	:	0.457	2.873E-03	1.313E-03
Ca++	:	0.457	4.353E-03	1.989E-03
Cl-	:	0.822	7.710E-03	6.339E-03
SO4--:		0.457	3.374E-03	1.542E-03
HCO3-	:	0.822	8.339E-03	6.856E-03
CO3--:		0.457	8.832E-06	4.036E-06
H2CO3:		1.152E-03		
CO2	:	2.61E-02 bar	50.692 mg/l	

Location : 14
Site : 14
Sampling Date : 14
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 21.2 meq/l 611.3 mg/l
 Total hardness : 3.5 mmol/l 35.05 °f 19.63 °g
 Alkalinity : 2.48 mmol/l 12.40 °f 6.94 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	167.54	7.288	7.288	34.351
K	10.0	0.256	0.256	1.207
Ca	109.01	2.72	5.44	25.641
Mg	19.08	0.785	1.57	7.4
Cl	131.35	3.705	3.705	17.463
SO4	23.0	0.239	0.479	2.258
HCO3	151.28	2.48	2.48	11.689

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.713	3.465	0.319
Ca/SO4	4.74	11.359	0.152
Na/Cl	1.276	1.967	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 6.113	0.1045
Carbonate (CaCo3)	: 169.72	1.6972
Dolomite (CaMg (CO3)2):	144.493	0.785
Anhydrite (CaSO4)	: 32.612	0.239

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16.3°C)
Calcite:	-0.06	-8.495	-8.435
Aragonite:	-0.21	-8.495	-8.285
Dolomite:	-0.39	-17.53	-17.141
Magnesite:	-1.147	-9.035	-7.888
Gypsum:	-2.084	-6.668	-4.583
Anhydrite:	-2.331	-6.668	-4.336

(Act.coeff.Molalities	Activities (Mol
H+ :	0.888 5.012E-08 4.452E-08
Na+ :	0.888 7.288E-03 6.474E-03
K+ :	0.888 2.558E-04 2.272E-04
Mg++ :	0.623 7.763E-04 4.835E-04
Ca++ :	0.623 2.695E-03 1.678E-03
Cl- :	0.888 3.705E-03 3.291E-03
SO4--:	0.623 2.057E-04 1.281E-04
HCO3- :	0.888 2.480E-03 2.203E-03
CO3--:	0.623 3.062E-06 1.907E-06
H2CO3:	2.519E-04
CO2 :	5.72E-03 bar 11.083 mg/l.

Location : 15
Site : 15
Sampling Date : 15
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl

Total dissolved solids : 41.0 meq/l 1157.2 mg/l
 Total hardness : 6.89 mmol/l 68.86 °f 38.56 °g
 Alkalinity : 2.78 mmol/l 13.91 °f 7.79 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	313.52	13.637	13.637	33.257
K	10.0	0.256	0.256	0.624
Ca	222.84	5.56	11.12	27.118
Mg	32.24	1.326	2.652	6.467
Cl	276.9	7.81	7.81	19.046
SO4	132.0	1.374	2.748	6.702
HCO3	169.7	2.782	2.782	6.784

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.912	4.192	0.319	0.194
Ca/SO4	1.688	4.046	0.152	0.364
Na/Cl	1.132	1.746	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 12.888 0.2203
 Carbonate (CaCo3) : 286.234 2.8623
 Dolomite (CaMg(CO3)2): 244.154 1.326
 Anhydrite (CaSO4) : 187.166 1.374

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16.4°C)
Calcite:	0.022	-8.414	-8.436
Aragonite:	-0.129	-8.414	-8.286
Dolomite:	-0.314	-17.454	-17.14
Magnesite:	-1.15	-9.04	-7.89
Gypsum:	-1.195	-5.778	-4.583
Anhydrite:	-1.442	-5.778	-4.337

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.854	7.943E-08	6.787E-08
Na+	: 0.854	1.364E-02	1.165E-02
K+	: 0.854	2.558E-04	2.185E-04
Mg++	: 0.533	1.265E-03	6.747E-04
Ca++	: 0.533	5.343E-03	2.849E-03
Cl-	: 0.854	7.810E-03	6.674E-03
SO4--	: 0.533	1.097E-03	5.848E-04
HCO3-	: 0.854	2.782E-03	2.377E-03
CO3--	: 0.533	2.538E-06	1.353E-06
H2CO3:	4.136E-04		
CO2	: 9.43E-03 bar	18.198 mg/l	

Location : 16
Site : 16
Sampling Date : 16
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Mg-HCO3

Total dissolved solids : 14.9 meq/l 440.7 mg/l
 Total hardness : 2.43 mmol/l 24.30 °f 13.61 °g
 Alkalinity : 2.24 mmol/l 11.20 °f 6.27 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	125.41	5.455	5.455	36.562
K	10.0	0.256	0.256	1.716
Ca	65.73	1.64	3.28	21.984
Mg	19.2	0.79	1.58	10.59
Cl	49.7	1.402	1.402	9.397
SO4	34.0	0.354	0.708	4.745
HCO3	136.64	2.24	2.24	15.014

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.423	2.076	0.319	0.194
Ca/SO4	1.933	4.633	0.152	0.364
Na/Cl	2.523	3.891	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 2.313 0.0395
 Carbonate (CaCo3) : 49.671 0.4967
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 145.402 0.79
 Anhydrite (CaSO4) : 48.209 0.354
 Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K(16.3°C)

Calcite:	-0.099	-8.534	-8.435
Aragonite:	-0.249	-8.534	-8.285
Dolomite:	-0.245	-17.386	-17.141
Magnesite:	-0.964	-8.852	-7.888
Gypsum:	-2.067	-6.651	-4.583
Anhydrite:	-2.314	-6.651	-4.336

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.903	3.162E-08	2.854E-08
Na+	: 0.903	5.455E-03	4.924E-03
K+	: 0.903	2.558E-04	2.309E-04
Mg++	: 0.664	7.754E-04	5.147E-04
Ca++	: 0.664	1.614E-03	1.072E-03
Cl-	: 0.903	1.402E-03	1.265E-03
SO4--	: 0.664	3.140E-04	2.085E-04
HCO3-	: 0.903	2.240E-03	2.022E-03
CO3--	: 0.664	4.112E-06	2.730E-06
H2CO3:		1.482E-04	
CO2	: 3.37E-03 bar	6.521 mg/l.	

Location : 17
Site : 17
Sampling Date : 17
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Cl

Total dissolved solids : 25.1 meq/l 714.5 mg/l
 Total hardness : 4.06 mmol/l 40.60 °f 22.74 °g
 Alkalinity : 1.90 mmol/l 9.50 °f 5.32 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	201.89	8.782	8.782	35.055
K	10.0	0.256	0.256	1.022
Ca	118.6	2.959	5.918	23.623
Mg	26.76	1.101	2.202	8.79
Cl	131.35	3.705	3.705	14.789
SO4	110.0	1.145	2.29	9.141
HCO3	115.9	1.9	1.9	7.584

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4.432	2.688	0.319	0.194
Ca/SO4	1.078	2.584	0.152	0.364
Na/Cl	1.537	2.37	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	6.113	0.1045
Carbonate (CaCo3)	:	71.385	0.7138
Dolomite (CaMg (CO3)2):		202.654	1.101
Anhydrite (CaSO4)	:	155.972	1.145

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(16°C
Calcite:	0.324	-8.11	-8.434
Aragonite:	0.173	-8.11	-8.283
Dolomite:	0.489	-16.653	-17.142
Magnesite:	-0.66	-8.543	-7.883
Gypsum:	-1.424	-6.008	-4.584
Anhydrite:	-1.672	-6.008	-4.336

(Act.coeff.Molalities	Activities	Mol	
H+ :	0.879	1.585E-08	1.393E-08
Na+ :	0.879	8.782E-03	7.717E-03
K+ :	0.879	2.558E-04	2.247E-04
Mg++ :	0.596	1.048E-03	6.250E-04
Ca++ :	0.596	2.839E-03	1.693E-03
Cl- :	0.879	3.705E-03	3.256E-03
SO4--:	0.596	9.725E-04	5.798E-04
HCO3- :	0.879	1.900E-03	1.669E-03
CO3--:	0.596	7.691E-06	4.585E-06
H2CO3:	6.003E-05		
CO2 :	1.35E-03 bar	2.641 mg/l	

Location : 18
Site : 18
Sampling Date : 18
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-Mg-Cl

Total dissolved solids : 30.0 meq/l 809.6 mg/l
 Total hardness : 5.61 mmol/l 56.10 °f 31.42 °g
 Alkalinity : 1.76 mmol/l 8.80 °f 4.93 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	194.35	8.454	8.454	28.204
K	10.0	0.256	0.256	0.854
Ca	160.32	4.0	8.0	26.689
Mg	39.14	1.61	3.22	10.742
Cl	280.45	7.91	7.91	26.389
SO4	18.0	0.187	0.375	1.251
HCO3	107.36	1.76	1.76	5.872

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4.096	2.484	0.319	0.194
Ca/SO4	8.907	21.346	0.152	0.364
Na/Cl	0.693	1.069	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	13.053	0.2231
Carbonate (CaCo3)	:	220.477	2.2048
Dolomite (CaMg (CO3)2):		296.408	1.61
Anhydrite (CaSO4)	:	25.523	0.187

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(16.3°C)
Calcite:	0.226	-8.209	-8.435
Aragonite:	0.076	-8.209	-8.285
Dolomite:	0.327	-16.814	-17.141
Magnesite:	-0.717	-8.605	-7.888
Gypsum:	-2.118	-6.702	-4.583
Anhydrite:	-2.365	-6.702	-4.336

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.871	2.512E-08	2.188E-08
Na+	: 0.871	8.454E-03	7.363E-03
K+	: 0.871	2.558E-04	2.228E-04
Mg++	: 0.576	1.598E-03	9.200E-04
Ca++	: 0.576	3.975E-03	2.288E-03
Cl-	: 0.871	7.910E-03	6.890E-03
SO4--:	0.576	1.509E-04	8.686E-05
HCO3-	: 0.871	1.760E-03	1.533E-03
CO3--:	0.576	4.691E-06	2.700E-06
H2CO3:		8.613E-05	
CO2:	1.96E-03 bar	3.790 mg/l	

**RESULTAT D'HYDROWIN
(période des hautes eaux).**

Location : 1
Site : 1
Sampling Date : 1
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Na-Ca-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 29.5 meq/l 859.6 mg/l
 Total hardness : 5.58 mmol/l 55.77 °f 31.23 °g
 Alkalinity : 4.00 mmol/l 20.00 °f 11.20 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	213.26	9.276	9.276	31.447
K	10.0	0.256	0.256	0.868
Ca	180.36	4.5	9.0	30.511
Mg	26.18	1.077	2.154	7.302
Cl	127.8	3.605	3.605	12.221
SO4	58.0	0.604	1.208	4.095
HCO3	244.0	3.999	3.999	13.557

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.889	4.179	0.319	0.194
Ca/SO4	3.11	7.453	0.152	0.364
Na/Cl	1.669	2.573	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	5.948	0.1017
Carbonate (CaCo3)	:	282.208	2.8221
Dolomite (CaMg (CO3)2):		198.262	1.077
Anhydrite (CaSO4)	:	82.24	0.604

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(14.9°C)	
Calcite:	-0.594	-9.023	-8.429
Aragonite:	-0.745	-9.023	-8.278
Dolomite:	-1.52	-18.669	-17.149
Magnetite:	-1.783	-9.646	-7.863
Gypsum:	-1.562	-6.147	-4.585
Anhydrite:	-1.811	-6.147	-4.335

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.871	3.981E-07	3.467E-07
Na+	: 0.871	9.276E-03	8.079E-03
K+	: 0.871	2.558E-04	2.227E-04
Mg++	: 0.575	1.052E-03	6.050E-04
Ca++	: 0.575	4.410E-03	2.537E-03
Cl-	: 0.871	3.605E-03	3.139E-03
SO4--:	0.575	4.889E-04	2.812E-04
HCO3-	: 0.871	3.999E-03	3.483E-03
CO3--:	0.575	6.495E-07	3.736E-07
H2CO3:		3.183E-03	
CO2:	6.92E-02 bar	140.030 mg/l	

Location : 2
Site : 2
Sampling Date : 2
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Ca-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 39.3 meq/l 1169.7 mg/l
 Total hardness : 6.42 mmol/l 64.21 °f 35.96 °g
 Alkalinity : 5.80 mmol/l 29.00 °f 16.24 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	328.88	14.305	14.305	36.354
K	10.0	0.256	0.256	0.651
Ca	228.45	5.7	11.4	28.971
Mg	17.52	0.721	1.441	3.662
Cl	181.05	5.107	5.107	12.979
SO4	50.0	0.521	1.041	2.646
HCO3	353.8	5.799	5.799	14.737

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	13.039	7.909	0.319	0.194
Ca/SO4	4.569	10.95	0.152	0.364
Na/Cl	1.817	2.801	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	8.427	0.144
Carbonate (CaCo3)	:	446.309	4.4631
Dolomite (CaMg (CO3)2):	:	132.679	0.721
Anhydrite (CaSO4)	:	70.896	0.521

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(14.9°C
Calcite:	-0.152	-8.581
Aragonite:	-0.304	-8.581
Dolomite:	-0.913	-18.062
Magnesite:	-1.618	-9.481
Gypsum:	-1.572	-6.157
Anhydrite:	-1.821	-6.157

(Act.coeff.Molalities Activities (Mol

H+	:	0.859	2.512E-07	2.157E-07
Na+	:	0.859	1.431E-02	1.229E-02
K+	:	0.859	2.558E-04	2.196E-04
Mg++	:	0.544	7.077E-04	3.850E-04
Ca++	:	0.544	5.612E-03	3.053E-03
Cl-	:	0.859	5.107E-03	4.386E-03
SO4--:	:	0.544	4.199E-04	2.284E-04
HCO3-	:	0.859	5.799E-03	4.980E-03
CO3--:	:	0.544	1.579E-06	8.587E-07
H2CO3:			2.831E-03	
CO2	:		6.16E-02 bar	124.574 mg/l

Location : 3
Site : 3
Sampling Date : 3
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Ca-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 24.4 meq/l 690.7 mg/l
 Total hardness : 4.5 mmol/l 45.01 °f 25.21 °g
 Alkalinity : 2.64 mmol/l 13.20 °f 7.39 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	171.99	7.481	7.481	30.633
K	10.0	0.256	0.256	1.048
Ca	137.07	3.42	6.84	28.008
Mg	26.28	1.081	2.162	8.853
Cl	163.3	4.606	4.606	18.86
SO4	21.0	0.219	0.437	1.789
HCO3	161.04	2.64	2.64	10.81

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.216	3.164	0.319	0.194
Ca/SO4	6.527	15.643	0.152	0.364
Na/Cl	1.053	1.624	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	7.6	0.1299
Carbonate (CaCo3)	:	212.237	2.1224
Dolomite (CaMg (CO3)2):		199.019	1.081
Anhydrite (CaSO4)	:	29.776	0.219

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.5°C)	
Calcite:	-0.559	-8.991	-8.432
Aragonite:	-0.71	-8.991	-8.281
Dolomite:	-1.337	-18.483	-17.145
Magnesite:	-1.618	-9.492	-7.874
Gypsum:	-2.067	-6.651	-4.584
Anhydrite:	-2.315	-6.651	-4.336

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.881	1.995E-07	1.758E-07
Na+	: 0.881	7.481E-03	6.590E-03
K+	: 0.881	2.558E-04	2.253E-04
Mg++	: 0.602	1.071E-03	6.451E-04
Ca++	: 0.602	3.393E-03	2.044E-03
Cl-	: 0.881	4.606E-03	4.058E-03
SO4--:	0.602	1.815E-04	1.093E-04
HCO3-	: 0.881	2.640E-03	2.325E-03
CO3--:	0.602	8.296E-07	4.997E-07
H2CO3:		1.065E-03	
CO2:	2.36E-02 bar	46.866 mg/l	

Location : 4
Site : 4
Sampling Date : 4
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Ca-Mg-Cl-HCO₃

Total dissolved solids : 29.6 meq/l 832.2 mg/l
 Total hardness : 4.77 mmol/l 47.69 °f 26.71 °g
 Alkalinity : 3.50 mmol/l 17.50 °f 9.80 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	246.0	10.7	10.7	36.178
K	10.0	0.256	0.256	0.866
Ca	112.22	2.8	5.6	18.934
Mg	47.88	1.97	3.939	13.318
Cl	184.6	5.207	5.207	17.605
SO ₄	18.0	0.187	0.375	1.268
HCO ₃	213.5	3.5	3.5	11.834

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.344	1.422	0.319	0.194
Ca/SO ₄	6.234	14.942	0.152	0.364
Na/Cl	1.333	2.055	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	8.592	0.1469
Carbonate (CaCo ₃)	:	64.359	0.6436
Dolomite (CaMg (CO ₃) ₂):		362.596	1.97
Anhydrite (CaSO ₄)	:	25.523	0.187

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15.2°C)
Calcite:	0.558	-7.872	-8.43
Aragonite:	0.407	-7.872	-8.279
Dolomite:	1.249	-15.898	-17.147
Magnesite:	-0.158	-8.026	-7.868
Gypsum:	-2.25	-6.835	-4.584
Anhydrite:	-2.499	-6.835	-4.335

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H ⁺	: 0.874	1.585E-08	1.385E-08
Na ⁺	: 0.874	1.070E-02	9.349E-03
K ⁺	: 0.874	2.558E-04	2.235E-04
Mg ⁺⁺	: 0.583	1.955E-03	1.139E-03
Ca ⁺⁺	: 0.583	2.782E-03	1.621E-03
Cl ⁻	: 0.874	5.207E-03	4.549E-03
SO ₄ ⁻⁻ :	0.583	1.549E-04	9.028E-05
HCO ₃ ⁻ :	0.874	3.500E-03	3.058E-03
CO ₃ ⁻⁻ :	0.583	1.420E-05	8.276E-06
H ₂ CO ₃ :	1.109E-04		
CO ₂ :	2.44E-03 bar	4.882 mg/l	

Location : 5
Site : 5
Sampling Date : 5
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Ca-Mg-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 28.3 meq/l 794.9 mg/l
 Total hardness : 5.27 mmol/l 52.75 °f 29.54 °g
 Alkalinity : 3.26 mmol/l 16.30 °f 9.13 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	200.25	8.71	8.71	30.806
K	10.0	0.256	0.256	0.905
Ca	149.89	3.74	7.48	26.455
Mg	37.32	1.535	3.07	10.858
Cl	184.6	5.207	5.207	18.416
SO4	14.0	0.146	0.291	1.029
HCO3	198.86	3.26	3.26	11.53

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4.016	2.436	0.319	0.194
Ca/SO4	10.706	25.659	0.152	0.364
Na/Cl	1.085	1.673	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	8.592	0.1469
Carbonate (CaCo3)	:	206.091	2.0609
Dolomite (CaMg (CO3)2):		282.625	1.535
Anhydrite (CaSO4)	:	19.851	0.146

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15.8°C)
Calcite:	-0.337	-8.77	-8.433
Aragonite:	-0.487	-8.77	-8.282
Dolomite:	-0.783	-17.926	-17.144
Magnesite:	-1.278	-9.157	-7.879
Gypsum:	-2.24	-6.824	-4.584
Anhydrite:	-2.488	-6.824	-4.336

	Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	:	0.874	1.585E-07	1.385E-07
Na+	:	0.874	8.710E-03	7.613E-03
K+	:	0.874	2.558E-04	2.235E-04
Mg++	:	0.584	1.526E-03	8.908E-04
Ca++	:	0.584	3.721E-03	2.172E-03
Cl-	:	0.874	5.207E-03	4.551E-03
SO4--:		0.584	1.183E-04	6.904E-05
HCO3-	:	0.874	3.260E-03	2.849E-03
CO3--:		0.584	1.341E-06	7.827E-07
H2CO3:				1.023E-03

Location : 6
Site : 6
Sampling Date : 6
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Mg-Ca-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 45.7 meq/l 1276.7 mg/l
 Total hardness : 7.15 mmol/l 71.47 °f 40.03 °g
 Alkalinity : 5.12 mmol/l 25.60 °f 14.34 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	399.74	17.388	17.388	38.042
K	10.0	0.256	0.256	0.56
Ca	139.47	3.48	6.96	15.227
Mg	89.16	3.668	7.335	16.048
Cl	252.05	7.109	7.109	15.553
SO4	74.0	0.77	1.541	3.371
HCO3	312.32	5.119	5.119	11.199

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1.564	0.949	0.319	0.194
Ca/SO4	1.885	4.517	0.152	0.364
Na/Cl	1.586	2.446	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 11.731 0.2005
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 675.21 3.668
 Anhydrite (CaSO4) : 104.926 0.77

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15.2°C)
Calcite:	-0.834	-9.265	-8.43
Aragonite:	-0.985	-9.265	-8.279
Dolomite:	-1.361	-18.508	-17.147
Magnesite:	-1.375	-9.244	-7.868
Gypsum:	-1.661	-6.246	-4.584
Anhydrite:	-1.91	-6.246	-4.335

	Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.851	6.310E-07	5.370E-07	
Na+	: 0.851	1.739E-02	1.480E-02	
K+	: 0.851	2.558E-04	2.177E-04	
Mg++	: 0.525	3.576E-03	1.877E-03	
Ca++	: 0.525	3.406E-03	1.788E-03	
Cl-	: 0.851	7.109E-03	6.051E-03	
SO4--	: 0.525	6.055E-04	3.178E-04	
HCO3-	: 0.851	5.119E-03	4.357E-03	
CO3--	: 0.525	5.795E-07	3.041E-07	
H2CO3:	6.132E-03			
CO2:	1.35E-01 bar	269.799 mg/l		

Location : 7
Site : 7
Sampling Date : 7
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Ca-Na-HCO₃

Total dissolved solids : 18.4 meq/l 546.4 mg/l
 Total hardness : 4.18 mmol/l 41.84 °f 23.43 °g
 Alkalinity : 3.54 mmol/l 17.70 °f 9.91 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	106.28	4.623	4.623	25.164
K	10.0	0.256	0.256	1.393
Ca	140.28	3.5	7.0	38.102
Mg	16.63	0.684	1.368	7.446
Cl	53.25	1.502	1.502	8.176
SO ₄	4.0	0.042	0.083	0.452
HCO ₃	215.94	3.54	3.54	19.269

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	8.435	5.116	0.319	0.194
Ca/SO ₄	35.07	84.049	0.152	0.364
Na/Cl	1.996	3.078	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	2.478	0.0424
Carbonate (CaCo ₃)	:	277.705	2.7771
Dolomite (CaMg (CO ₃) ₂)	:	125.939	0.684
Anhydrite (CaSO ₄)	:	5.672	0.042

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(14.8°C)
Calcite:	-0.409	-8.838	-8.429
Aragonite:	-0.56	-8.838	-8.277
Dolomite:	-1.235	-18.385	-17.149
Magnesite:	-1.686	-9.547	-7.861
Gypsum:	-2.733	-7.318	-4.585
Anhydrite:	-2.983	-7.318	-4.335

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H ⁺	: 0.892	1.995E-07	1.779E-07
Na ⁺	: 0.892	4.623E-03	4.122E-03
K ⁺	: 0.892	2.558E-04	2.280E-04
Mg ⁺⁺	: 0.632	6.827E-04	4.314E-04
Ca ⁺⁺	: 0.632	3.494E-03	2.208E-03
Cl ⁻	: 0.892	1.502E-03	1.339E-03
SO ₄ ⁻⁻	: 0.632	3.451E-05	2.180E-05
HCO ₃ ⁻	: 0.892	3.540E-03	3.156E-03
CO ₃ ⁻⁻	: 0.632	1.042E-06	6.581E-07
H ₂ CO ₃ :	1.482E-03		
CO ₂ :	3.21E-02 bar 65.214 mg/l.		

Location : 8
Site : 8
Sampling Date : 8
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Na-Ca-Cl

Total dissolved solids : 33.2 meq/l 959.1 mg/l
 Total hardness : 4.23 mmol/l 42.27 °f 23.67 °g
 Alkalinity : 3.30 mmol/l 16.50 °f 9.24 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	309.38	13.457	13.457	40.5
K	10.0	0.256	0.256	0.77
Ca	145.89	3.64	7.28	21.91
Mg	14.28	0.587	1.175	3.536
Cl	266.25	7.51	7.51	22.602
SO4	12.0	0.125	0.25	0.752
HCO3	201.3	3.3	3.3	9.932

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	10.216	6.197	0.319	0.194
Ca/SO4	12.158	29.137	0.152	0.364
Na/Cl	1.162	1.792	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	12.392	0.2118
Carbonate (CaCo3)	:	293.056	2.9306
Dolomite (CaMg (CO3)2):		108.143	0.587
Anhydrite (CaSO4)	:	17.015	0.125

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(14.9°C
Calcite:	-0.363	-8.792	-8.429
Aragonite:	-0.514	-8.792	-8.278
Dolomite:	-1.228	-18.377	-17.149
Magnesite:	-1.722	-9.585	-7.863
Gypsum:	-2.307	-6.892	-4.585
Anhydrite:	-2.556	-6.892	-4.335

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.871	1.585E-07	1.380E-07
Na+	: 0.871	1.346E-02	1.172E-02
K+	: 0.871	2.558E-04	2.227E-04
Mg++	: 0.575	5.846E-04	3.362E-04
Ca++	: 0.575	3.625E-03	2.085E-03
Cl-	: 0.871	7.510E-03	6.540E-03
SO4--:	0.575	1.071E-04	6.158E-05
HCO3-:	0.871	3.300E-03	2.873E-03
CO3--:	0.575	1.346E-06	7.743E-07
H2CO3:		1.045E-03	
CO2	: 2.27E-02 bar		45.982 mg/l

Location : 9
Site : 9
Sampling Date : 9
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Ca-Na-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 20.6 meq/l 587.4 mg/l
 Total hardness : 5.18 mmol/l 51.82 °f 29.02 °g
 Alkalinity : 3.22 mmol/l 16.10 °f 9.02 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	94.19	4.097	4.097	19.906
K	10.0	0.256	0.256	1.244
Ca	169.13	4.22	8.44	41.006
Mg	23.4	0.963	1.925	9.353
Cl	92.3	2.603	2.603	12.647
SO4	2.0	0.021	0.042	0.204
HCO3	196.42	3.22	3.22	15.645

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7.228	4.384	0.319	0.194
Ca/SO4	84.565	202.669	0.152	0.364
Na/Cl	1.02	1.574	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	4.296	0.0734
Carbonate (CaCo3)	:	323.966	3.2397
Dolomite (CaMg(CO3)2):		177.209	0.963
Anhydrite (CaSO4)	:	2.836	0.021

Mineral saturation indices

	LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.3°C)
Calcite:	-0.274	-8.704	-8.431
Aragonite:	-0.425	-8.704	-8.28
Dolomite:	-0.904	-18.051	-17.146
Magnesite:	-1.476	-9.346	-7.87
Gypsum:	-2.994	-7.578	-4.584
Anhydrite:	-3.243	-7.578	-4.335

Act.coeff.Molalities Activities Mol

H+	:	0.885	1.585E-07	1.403E-07
Na+	:	0.885	4.097E-03	3.626E-03
K+	:	0.885	2.558E-04	2.264E-04
Mg++	:	0.614	9.617E-04	5.901E-04
Ca++	:	0.614	4.217E-03	2.587E-03
Cl-	:	0.885	2.603E-03	2.304E-03
SO4--:		0.614	1.664E-05	1.021E-05
HCO3-	:	0.885	3.220E-03	2.850E-03
CO3--:		0.614	1.244E-06	7.634E-07
H2CO3:			1.045E-03	
CO2	:		2.30E-02 bar	46.002 mg/l

Location : 10
Site : 10
Sampling Date : 10
Geology : mioplioquaternaire
Watertype : Ca-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 21.4 meq/l 708.8 mg/l
 Total hardness : 5.43 mmol/l 54.29 °f 30.40 °g
 Alkalinity : 4.84 mmol/l 24.20 °f 13.55 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	25.88	1.126	1.126	5.269
K	10.0	0.256	0.256	1.198
Ca	215.63	5.38	10.76	50.348
Mg	1.2	0.049	0.099	0.463
Cl	127.8	3.605	3.605	16.868
SO4	33.0	0.344	0.687	3.215
HCO3	295.24	4.839	4.839	22.642

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	179.692	108.99	0.319	0.194
Ca/SO4	6.534	15.66	0.152	0.364
Na/Cl	0.203	0.312	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	65.854	1.1257
Carbonate (CaCo3)	:	499.206	4.9921
Dolomite (CaMg (CO3)2):		9.088	0.049
Anhydrite (CaSO4)	:	46.791	0.344

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15.2°C)
Calcite:	-0.103	-8.534	-8.43
Aragonite:	-0.254	-8.534	-8.279
Dolomite:	-1.959	-19.106	-17.147
Magnesite:	-2.704	-10.572	-7.868
Gypsum:	-1.686	-6.27	-4.584
Anhydrite:	-1.935	-6.27	-4.335

	Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	:	0.882	1.995E-07	1.760E-07
Na+	:	0.882	1.126E-03	9.932E-04
K+	:	0.882	2.558E-04	2.257E-04
Mg++	:	0.606	4.863E-05	2.947E-05
Ca++	:	0.606	5.312E-03	3.219E-03
Cl-	:	0.882	3.605E-03	3.181E-03
SO4--:		0.606	2.751E-04	1.667E-04
HCO3-	:	0.882	4.839E-03	4.270E-03
CO3--:		0.606	1.500E-06	9.091E-07
H2CO3:			1.970E-03	
CO2	:	4.32E-02 bar	86.667 mg/l	

Location : 11
 Site : 11
 Sampling Date : 11
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Ca-HCO3-Cl

Total dissolved solids : 16.7 meq/l 570. mg/l
 Total hardness : 4.48 mmol/l 44.81 °f 25.09 °g
 Alkalinity : 4.38 mmol/l 21.90 °f 12.26 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	0.0	0.0	0.0	0.0
K	10.0	0.256	0.256	1.529
Ca	166.73	4.16	8.32	49.697
Mg	7.8	0.321	0.642	3.835
Cl	92.3	2.603	2.603	15.548
SO4	26.0	0.271	0.541	3.231
HCO3	267.18	4.379	4.379	26.156

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	21.376	12.965	0.319	0.194
Ca/SO4	6.413	15.369	0.152	0.364
Na/Cl	0.0	0.0	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Carbonate (CaCo3) : 357.197 3.572
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 59.07 0.321
 Anhydrite (CaSO4) : 36.866 0.271

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15°C)
Calcite:	-0.341	-8.77	-8.43
Aragonite:	-0.492	-8.77	-8.278
Dolomite:	-1.506	-18.654	-17.148
Magnesite:	-2.019	-9.884	-7.864
Gypsum:	-1.851	-6.436	-4.585
Anhydrite:	-2.101	-6.436	-4.335

	(Act.coeff.Molalities	Activities (Mol
H+	: 0.892 2.512E-07	2.242E-07
K+	: 0.892 2.558E-04	2.283E-04
Mg++	: 0.634 3.168E-04	2.010E-04
Ca++	: 0.634 4.115E-03	2.610E-03
Cl-	: 0.892 2.603E-03	2.324E-03
SO4--:	0.634 2.214E-04	1.404E-04
HCO3-	: 0.892 4.379E-03	3.909E-03
CO3--:	0.634 1.025E-06	6.501E-07
H2CO3:	2.305E-03	
CO2	: 5.03E-02 bar	101.408 mg/l

Location : 12
Site : 12
Sampling Date : 12
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Ca-Mg-SO4-HCO3

Total dissolved solids : 28.3 meq/l 869.2 mg/l
 Total hardness : 7.1 mmol/l 71.02 °f 39.77 °g
 Alkalinity : 4.08 mmol/l 20.40 °f 11.42 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	61.99	2.696	2.696	9.524
K	10.0	0.256	0.256	0.904
Ca	181.16	4.52	9.04	31.936
Mg	62.76	2.582	5.163	18.239
Cl	99.4	2.804	2.804	9.906
SO4	205.0	2.134	4.268	15.078
HCO3	248.88	4.079	4.079	14.41

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2.887	1.751	0.319	0.194
Ca/SO4	0.884	2.118	0.152	0.364
Na/Cl	0.624	0.962	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	157.739	2.6964
Dolomite (CaMg(CO3)2):		475.282	2.582
Anhydrite (CaSO4)	:	290.674	2.134

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(14.8°C)
Calcite:	-0.217	-8.646	-8.429
Aragonite:	-0.369	-8.646	-8.277
Dolomite:	-0.392	-17.541	-17.149
Magnesite:	-1.034	-8.895	-7.861
Gypsum:	-1.081	-5.665	-4.585
Anhydrite:	-1.33	-5.665	-4.335

(Act.coeff.Molalities	Activities (Mol
H+ :	0.865 1.585E-07 1.372E-07
Na+ :	0.865 2.696E-03 2.333E-03
K+ :	0.865 2.558E-04 2.213E-04
Mg++ :	0.561 2.378E-03 1.334E-03
Ca++ :	0.561 4.217E-03 2.365E-03
Cl- :	0.865 2.804E-03 2.426E-03
SO4--:	0.561 1.628E-03 9.133E-04
HCO3- :	0.865 4.079E-03 3.530E-03
CO3--:	0.561 1.702E-06 9.548E-07
H2CO3:	1.278E-03

CO2 : 2.77E-02 bar 56.253 mg/l

Location : 13
Site : 13
Sampling Date : 13
Geology : mioplioquaternaire
Water type : Ca-Mg-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 40.4 meq/l 1350.3 mg/l
 Total hardness : 8.05 mmol/l 80.53 °f 45.10 °g
 Alkalinity : 8.66 mmol/l 43.30 °f 24.25 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	84.53	3.677	3.677	9.11
K	10.0	0.256	0.256	0.634
Ca	209.21	5.22	10.44	25.866
Mg	68.88	2.833	5.667	14.04
Cl	312.4	8.812	8.812	21.832
SO4	137.0	1.426	2.853	7.069
HCO3	528.26	8.659	8.659	21.453

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.037	1.842	0.319	0.194
Ca/SO4	1.527	3.66	0.152	0.364
Na/Cl	0.271	0.417	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	215.094	3.6768
Carbonate (CaCo3)	:	96.112	0.9611
Dolomite (CaMg (CO3)2):		521.629	2.833
Anhydrite (CaSO4)	:	194.255	1.426

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.2°C)	
Calcite:	0.166	-8.265	-8.43
Aragonite:	0.015	-8.265	-8.279
Dolomite:	0.349	-16.798	-17.147
Magnesite:	-0.665	-8.533	-7.868
Gypsum:	-1.232	-5.817	-4.584
Anhydrite:	-1.481	-5.817	-4.335

Act.coeff.Molalities Activities Mol

H+	:	0.853	1.585E-07	1.352E-07
Na+	:	0.853	3.677E-03	3.137E-03
K+	:	0.853	2.558E-04	2.182E-04
Mg++	:	0.530	2.701E-03	1.430E-03
Ca++	:	0.530	5.011E-03	2.654E-03
Cl-	:	0.853	8.812E-03	7.517E-03
SO4--:		0.530	1.085E-03	5.747E-04
HCO3-	:	0.853	8.659E-03	7.387E-03
CO3--:		0.530	3.866E-06	2.048E-06
H2CO3:			2.617E-03	
CO2	:		5.75E-02 bar	115.153 mg/l

Location : 14
 Site : 14
 Sampling Date : 14
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Ca-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 18.2 meq/l 570.7 mg/l
 Total hardness : 3.91 mmol/l 39.05 °f 21.87 °g
 Alkalinity : 2.70 mmol/l 13.50 °f 7.56 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	28.64	1.246	1.246	6.829
K	10.0	0.256	0.256	1.403
Ca	126.65	3.16	6.32	34.64
Mg	18.12	0.745	1.491	8.172
Cl	216.55	6.108	6.108	33.478
SO4	6.0	0.062	0.125	0.685
HCO3	164.7	2.7	2.7	14.799

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.99	4.239	0.319	0.194
Ca/SO4	21.108	50.588	0.152	0.364
Na/Cl	0.132	0.204	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 72.877	1.2458
Carbonate (CaCo3)	: 235.445	2.3544
Dolomite (CaMg (CO3)2):	137.223	0.745
Anhydrite (CaSO4)	: 8.508	0.062

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.6°C)	
Calcite:	-0.357	-8.789	-8.432
Aragonite:	-0.508	-8.789	-8.281
Dolomite:	-1.062	-18.206	-17.145
Magnesite:	-1.542	-9.417	-7.875
Gypsum:	-2.594	-7.178	-4.584
Anhydrite:	-2.842	-7.178	-4.336

(Act.coeff.Molalities	Activities (Mol
H+ :	0.892 1.259E-07 1.124E-07
Na+ :	0.892 1.246E-03 1.112E-03
K+ :	0.892 2.558E-04 2.283E-04
Mg++ :	0.634 7.432E-04 4.715E-04
Ca++ :	0.634 3.152E-03 2.000E-03
Cl- :	0.892 6.108E-03 5.451E-03
SO4--:	0.634 5.234E-05 3.321E-05
HCO3- :	0.892 2.700E-03 2.409E-03
CO3--:	0.634 1.280E-06 8.120E-07
H2CO3:	7.042E-04
CO2 :	1.57E-02 bar 30.983 mg/l

Location : 15
 Site : 15
 Sampling Date : 15
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Ca-Na

Total dissolved solids : 34.5 meq/l 865.8 mg/l
 Total hardness : 8.65 mmol/l 86.49 °f 48.43 °g
 Alkalinity : 2.82 mmol/l 14.10 °f 7.90 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	253.12	11.01	11.01	31.925
K	10.0	0.256	0.256	0.742
Ca	280.56	7.0	14.0	40.595
Mg	40.08	1.649	3.297	9.56
Cl	110.05	3.104	3.104	9.001
SO4	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO3	172.02	2.82	2.82	8.177

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7.0	4.246	0.319
Na/Cl	2.3	3.547	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 5.122	0.0876
Carbonate (CaCo3)	: 535.665	5.3566
Dolomite (CaMg (CO3)2):	303.526	1.649

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.2°C)
Calcite:	-0.362	-8.793
Aragonite:	-0.513	-8.793
Dolomite:	-1.066	-18.213
Magnesite:	-1.552	-9.421

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.860	2.512E-07	2.161E-07
Na+	: 0.860	1.101E-02	9.470E-03
K+	: 0.860	2.558E-04	2.200E-04
Mg++	: 0.547	1.649E-03	9.026E-04
Ca++	: 0.547	7.000E-03	3.832E-03
Cl-	: 0.860	3.104E-03	2.670E-03
HCO3-	: 0.860	2.820E-03	2.425E-03
CO3--:	0.547	7.685E-07	4.207E-07
H2CO3:	1.373E-03		

CO2 : 3.01E-02 bar 60.421 mg/l

Location : 16
 Site : 16
 Sampling Date : 16
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Ca-Na-Cl-HCO3

Total dissolved solids : 19.9 meq/l 627.9 mg/l
 Total hardness : 2.83 mmol/l 28.31 °f 15.86 °g
 Alkalinity : 2.58 mmol/l 12.90 °f 7.22 °

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	90.05	3.917	3.917	19.709
K	10.0	0.256	0.256	1.288
Ca	86.57	2.16	4.32	21.737
Mg	16.32	0.671	1.343	6.757
Cl	255.6	7.21	7.21	36.278
SO4	12.0	0.125	0.25	1.258
HCO3	157.38	2.58	2.58	12.982

Ratios	Seawater	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5.305	3.217	0.319
Ca/SO4	7.214	17.29	0.152
Na/Cl	0.352	0.543	0.556

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 229.14	3.9169
Carbonate (CaCo3)	: 136.504	1.365
Dolomite (CaMg (CO3)2):	123.592	0.671
Anhydrite (CaSO4)	: 17.015	0.125

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K(15.4°C)
Calcite:	-0.345	-8.776
Aragonite:	-0.496	-8.776
Dolomite:	-0.915	-18.061
Magnesite:	-1.413	-9.284
Gypsum:	-2.434	-7.019
Anhydrite:	-2.683	-7.019

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.893	7.943E-08	7.095E-08
Na+	: 0.893	3.917E-03	3.499E-03
K+	: 0.893	2.558E-04	2.284E-04
Mg++	: 0.636	6.673E-04	4.247E-04
Ca++	: 0.636	2.149E-03	1.368E-03
Cl-	: 0.893	7.210E-03	6.439E-03
SO4--:	0.636	1.100E-04	7.003E-05
HCO3-:	0.893	2.580E-03	2.304E-03
CO3--:	0.636	1.922E-06	1.223E-06
H2CO3:	4.268E-04		
CO2:	9.43E-03 bar	18.779 mg/l	

Location : 17
 Site : 17
 Sampling Date : 17
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Ca-Na-HCO₃

Total dissolved solids : 18.2 meq/l 508.4 mg/l
 Total hardness : 4.58 mmol/l 45.83 °f 25.67 °g
 Alkalinity : 2.52 mmol/l 12.60 °f 7.06 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	104.31	4.537	4.537	24.939
K	10.0	0.256	0.256	1.407
Ca	147.49	3.68	7.36	40.457
Mg	21.96	0.903	1.807	9.933
Cl	31.95	0.901	0.901	4.953
SO ₄	39.0	0.406	0.812	4.463
HCO ₃	153.72	2.52	2.52	13.852

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6.716	4.074	0.319	0.194
Ca/SO ₄	3.782	9.063	0.152	0.364
Na/Cl	3.265	5.035	0.556	0.858

Dissolved Minerals:		mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	:	1.487	0.0254
Carbonate (CaCO ₃)	:	237.292	2.3729
Dolomite (CaMg (CO ₃) ₂)	:	166.303	0.903
Anhydrite (CaSO ₄)	:	55.299	0.406

Mineral saturation indices

(LOG (AP/K) Log (AP) Log K (15.2°C)

	LOG (AP/K)	Log (AP)	Log K (15.2°C)
Calcite:	-0.439	-8.87	-8.43
Aragonite:	-0.59	-8.87	-8.279
Dolomite:	-1.203	-18.351	-17.147
Magnesite:	-1.613	-9.481	-7.868
Gypsum:	-1.744	-6.329	-4.584
Anhydrite:	-1.994	-6.329	-4.335

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H ⁺	: 0.889	1.585E-07	1.410E-07
Na ⁺	: 0.889	4.537E-03	4.035E-03
K ⁺	: 0.889	2.558E-04	2.275E-04
Mg ⁺⁺	: 0.626	8.865E-04	5.546E-04
Ca ⁺⁺	: 0.626	3.622E-03	2.266E-03
Cl ⁻	: 0.889	9.012E-04	8.015E-04
SO ₄ ⁻⁻	: 0.626	3.309E-04	2.070E-04
HCO ₃ ⁻	: 0.889	2.520E-03	2.241E-03
CO ₃ ⁻⁻	: 0.626	9.525E-07	5.959E-07
H ₂ CO ₃ :	8.277E-04		
CO ₂ :	1.82E-02 bar 36.418 mg/l		

Location : 18
 Site : 18
 Sampling Date : 18
 Geology : mioplioquaternaire
 Water type : Na-Ca-Mg

Total dissolved solids : 25.8 meq/l 601.2 mg/l
 Total hardness : 6.47 mmol/l 64.69 °f 36.22 °g
 Alkalinity : 1.94 mmol/l 9.70 °f 5.43 °g

Major ion composition

	%mg/l	mmol/l	meq/l	meq
Na	242.08	10.53	10.53	40.873
K	10.0	0.256	0.256	0.994
Ca	177.95	4.44	8.88	34.468
Mg	49.32	2.029	4.058	15.751
Cl	3.55	0.1	0.1	0.388
SO4	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO3	118.34	1.94	1.94	7.53

Ratios	Seawater		mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3.608	2.188	0.319	0.194
Na/Cl	68.192	105.159	0.556	0.858

Dissolved Minerals: mg/l mmol/l
 Halite (NaCl) : 0.165 0.0028
 Carbonate (CaCo3) : 241.349 2.4135
 Dolomite (CaMg (CO3)2): 373.501 2.029

Mineral saturation indices

	(LOG (AP/K))	Log (AP)	Log K(15.5°C)
Calcite:	-0.089	-8.52	-8.432
Aragonite:	-0.24	-8.52	-8.281
Dolomite:	-0.236	-17.381	-17.145
Magnesite:	-0.987	-8.861	-7.874

Act.coeff.	Molalities	Activities	Mol
H+	: 0.875	6.310E-08	5.519E-08
Na+	: 0.875	1.053E-02	9.210E-03
K+	: 0.875	2.558E-04	2.237E-04
Mg++	: 0.585	2.029E-03	1.187E-03
Ca++	: 0.585	4.440E-03	2.598E-03
Cl-	: 0.875	1.001E-04	8.758E-05
HCO3-	: 0.875	1.940E-03	1.697E-03
CO3--:	0.585	1.984E-06	1.161E-06
H2CO3:	2.440E-04		
CO2:	5.41E-03 bar	10.735 mg/l	

Tableau 5.1 :

**Données des analyses chimiques
(période des basses eaux).**

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques			S.A.R	Potabilité			
	T (°C)	PH	δ à 20°C(μS/cm)	Minéralisation Calculée (mg/l)	Norme (mg/l)	Cations			Anions			D.H.T		rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺	rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻			r(Na ⁺ +K ⁺) / rCl ⁻		
						140	150	-	Σ ⁺ (mé/l)	-	250	250	Σ ⁻ (mé/l)						50 F°	(F°)
Unités	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻													
01	16.8	7.3	1462	892.92	mg/l	158.72	29.64	258.1	11.46	129.36	168	149.1	11.46	52	3.21	1.26	0.25	0.75	0.46	Non potable
					mé/l	7.93	2.47	1.06		3.76	3.5	4.2								
					r %	69.19	21.55	9.24		64.22	46.24	36.64								
02	16.6	7.6	1394.49	1043.56	mg/l	123.44	47.88	350.46	10.29	236.68	106	179.1	10.29	50.8	1.55	0.53	0.03	0.97	0.06	Moyenne
					mé/l	6.17	3.99	0.13		3.88	2.21	4.2								
					r %	59.96	38.77	1.26		37.70	21.47	40.81								
03	16.4	7.4	1156.67	687.44	mg/l	117.03	21.96	204.73	7.84	129.32	44	170.4	7.84	38.4	3.20	0.19	0.03	0.97	0.08	potable
					mé/l	5.85	1.83	0.16		2.12	0.92	4.8								
					r %	74.61	23.34	2.04		27.04	11.73	61.22								
04	16.4	7.3	1794.46	1244.96	mg/l	117.03	44.04	461.41	15.05	139.98	234	248.5	15.05	47.6	1.59	0.70	0.79	0.21	2.53	potable
					mé/l	5.85	3.67	5.53		3.18	4.87	7								
					r %	38.87	24.38	36.74		21.12	32.35	46.51								
05	16.1	7.3	1411.26	1006	mg/l	136.27	21	345.73	11.31	176.9	106	220.1	11.31	42.8	3.89	0.36	0.44	0.56	1.33	potable
					mé/l	6.81	1.75	2.75		2.9	2.21	6.2								
					r %	60.21	15.47	24.31		25.64	19.54	54.81								
06	16.1	7.1	1980.14	1462.94	mg/l	144.28	71.88	515.31	16.54	251.32	150	330.15	16.54	66	1.20	0.34	0.36	0.64	1.30	Non potable
					mé/l	7.21	5.99	3.34		4.12	3.12	9.3								
					r %	43.59	36.21	20.19		24.90	18.86	56.22								
07	16.4	7.2	951.28	716.98	mg/l	121.84	19.08	202.57	7.61	197.64	80	95.85	7.61	38.4	3.83	0.62	0.03	0.97	0.04	potable
					mé/l	6.09	1.59	0.07		3.24	1.67	2.7								
					r %	80.02	20.89	0.91		42.57	21.94	35.47								
08	16.7	6.8	1228.92	813.52	mg/l	123.44	32.52	250.8	8.82	180.56	70	156.2	8.82	44.4	2.28	0.33	0.01	0.99	0.03	potable
					mé/l	6.17	2.71	0.06		2.96	1.46	4.4								
					r %	69.95	30.72	0.68		33.56	16.55	49.88								

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques			i.e.b	S.A.R	Potabilité		
					Norme (mg/l)	Cations			Anions			D.H.T								
	Unités	140	150	-		Σ ⁺ (mé/l)	-	250	250	Σ ⁻ (mé/l)	50 F°	rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺	rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻	r(Na ⁺ +K ⁺) / rCl ⁻						
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻		(F°)									
09	16.5	9.9	997.28	692.3	mg/l	109.01	26.76	210.38	7.34	176.9	45	124.25	7.34	38.4	2.44	0.27	0.10	0.90	0.17	<i>potable</i>
					mé/l	5.45	2.23	0.34		2.9	0.94	3.5								
					r %	74.25	30.38	4.63		39.50	12.80	47.68								
10	16.4	7.3	1178.29	980.76	mg/l	144.28	27.72	318.38	9.81	254.98	136	99.4	9.81	47.6	3.12	0.95	0.10	0.90	0.13	<i>Moyenne</i>
					mé/l	7.21	2.31	0.29		4.18	2.83	2.8								
					r %	73.49	23.54	2.95		42.60	28.84	30.50								
11	16.5	7.2	1084	963.9	mg/l	136.27	21.96	323.72	9.63	250.1	136	95.85	9.63	43.2	3.72	1.05	0.37	0.63	0.48	<i>potable</i>
					mé/l	6.81	1.83	0.99		4.1	2.83	2.7								
					r %	70.71	19.00	10.28		42.57	29.38	28.03								
12	16.4	7.3	2443.06	1807.04	mg/l	147.49	58.44	697.59	20.21	226.92	350	326.6	20.21	61.2	1.51	0.79	0.87	0.13	3.22	<i>Non potable</i>
					mé/l	7.37	4.87	7.97		3.72	7.29	9.2								
					r %	36.46	24.09	39.43		18.40	36.07	45.52								
13	16.2	7.1	2563.85	2352.18	mg/l	190.78	77.64	907.67	24.25	508.74	394	273.35	24.25	80	1.47	1.07	1.07	-0.07	2.92	<i>Non potable</i>
					mé/l	9.53	6.47	8.25		8.34	8.21	7.7								
					r %	39.29	26.68	34.02		34.39	33.85	31.75								
14	16.3	7.3	979.2	611.26	mg/l	109.01	19.08	177.54	6.66	151.28	23	131.35	6.66	35.2	3.43	0.13	0.10	0.90	0.20	<i>potable</i>
					mé/l	5.45	1.59	0.38		2.48	0.48	3.7								
					r %	81.83	23.87	5.70		37.23	7.20	55.55								
15	16.4	7.1	2064.71	1157.2	mg/l	222.84	32.24	323.52	13.25	169.7	132	276.9	13.25	70.8	3.69	3.53	1.17	-0.17	0.34	<i>Non potable</i>
					mé/l	11.14	3.02	0.91		2.7	2.75	7.8								
					r %	84.07	22.79	6.89		20.37	20.75	5.88								
16	16.3	7.5	685.44	440.68	mg/l	65.73	19.2	135.41	4.35	136.64	34	49.7	4.35	24.4	2.05	0.51	0.38	0.62	0.34	<i>potable</i>
					mé/l	3.28	1.6	0.53		2.24	0.71	1.4								
					r %	75.40	36.78	12.18		51.49	16.32	32.18								

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques			S.A.R	Potabilité		
	T (°C)	PH	δ à 20°C(μS/cm)	Minéralisation Calculée (mg/l)	Norme (mg/l)	Cations			Anions			D.H.T		rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺	rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻			r(Na ⁺ +K ⁺) / rCl ⁻	
						140	150	-	Σ ⁺ (mé/l)	-	250	250	Σ ⁻ (mé/l)						50 F°
Unités	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺	Σ ⁺ (mé/l)	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Σ ⁻ (mé/l)	(F°)	(F°)	(F°)	(F°)	(F°)						
17	16.0	7.8	1106.96	714.5	mg/l	118.6	26.76	211.89	7.89	115.9	110	131.35	7.89	40.8	2.66	0.62	0.07	0.13	<i>potable</i>
					mé/l	5.93	2.23	0.27		1.9	2.29	3.7							
					r %	75.15	28.26	3.42		24.08	29.02	46.89							
18	16.3	7.6	1512.32	811.62	mg/l	160.32	39.14	206.35	10.03	107.36	18	280.45	10.03	56.4	2.46	0.05	0.16	0.52	<i>Non potable</i>
					mé/l	8.01	3.26	1.24		1.76	0.37	7.9							
					r %	79.86	32.50	12.36		17.54	3.68	78.76							

Tableau 5.1 :

**Données des analyses chimiques
(période des hautes eaux).**

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques			i.e.b	S.A.R	Potabilité		
					Norme (mg/l)	Cations			Σ^+ (mé/l)	Anions									D.H.T	
	Unités	140 Ca ⁺⁺	150 Mg ⁺⁺	- Na ⁺⁺ +K ⁺		- HCO ₃ ⁻	250 SO ₄ ⁻	250 Cl ⁻		Σ^- (mé/l)	50 F° (F°)	rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺	rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻	r(Na ⁺⁺ +K ⁺) / rCl ⁻						
01	14.9	6.4	1217.16	859.6	mg/l	180.36	26.18	223.26	20.89	244	58	127.8	8.8	56	4.13	0.33	1.13	-0.13	4.10	Non potable
					mé/l	9.018	2.18	9.70		4	1.2	3.6								
					r %	43.16	10.43	46.43		45.45	13.63	40.90								
02	14.9	6.6	1622.88	1169.7	mg/l	228.45	17.52	338.88	27.61	353.8	50	181.05	11.94	64.4	7.83	0.20	1.24	-0.24	5.80	Non potable
					mé/l	11.42	1.46	14.73		5.8	1.04	5.1								
					r %	41.36	5.28	53.35		48.57	8.71	42.71								
03	15.5	6.7	1120.09	690.68	mg/l	137.07	26.28	181.99	16.95	161.04	21	163.3	7.64	45.2	3.12	0.08	0.77	0.22	3.72	Moyenne
					mé/l	6.85	2.19	7.91		2.64	0.4	4.6								
					r %	40.41	12.92	46.66		34.55	5.23	60.20								
04	15.2	7.8	1352.78	832.2	mg/l	112.22	47.88	256	20.4	213.5	18	184.6	9.07	48	1.53	0.07	0.95	0.04	5.16	potable
					mé/l	5.61	3.66	11.13		3.5	0.37	5.2								
					r %	27.5	17.94	54.55		38.58	4.07	57.33								
05	15.8	6.8	1123.02	794.92	mg/l	149.89	37.32	210.25	19.74	198.86	14	184.6	8.75	53	2.40	0.05	0.77	0.22	3.97	Non potable
					mé/l	7.49	3.11	9.14		3.26	0.29	5.2								
					r %	37.94	15.75	46.30		37.29	3.31	59.42								
06	15.2	6.2	1677	1276.7 4	mg/l	139.47	89.16	409.74	32.21	312.32	74	252.05	13.76	72	0.93	0.21	1.07	-0.07	6.63	Non potable
					mé/l	6.97	7.43	17.81		5.12	1.54	7.1								
					r %	21.63	23.06	55.29		37.20	11.19	51.59								
07	14.8	6.7	835.46	546.38	mg/l	140.28	16.63	116.28	13.44	215.94	4	53.25	4.81	42	5.08	0.05	1.20	-0.20	2.42	Moyenne
					mé/l	7.01	1.38	5.05		3.53	0.083	1.5								
					r %	52.15	10.26	37.57		73.38	1.72	31.18								
08	14.9	6.8	935.41	959.1	mg/l	145.89	14.28	319.38	22.36	201.3	12	266.25	11.05	42.4	6.12	0.03	0.91	0.08	6.74	Non potable
					mé/l	7.29	1.19	13.88		3.3	0.25	7.5								
					r %	32.60	5.32	62.07		29.86	2.26	67.87								

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques		i.e.b	S.A.R	Potabilité			
	T (°C)	PH	δ à 20°C(µS/cm)	Minéralisation Calculée (mg/l)	Norme (mg/l)	Cations			Anions			D.H.T		r(Na ⁺ +K ⁺) / rCl ⁻				rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻		
						140	150	-	Σ ⁺ (mé/l)	-	250	250	50 F°						Σ ⁻ (mé/l)	rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺
Unités	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺ +K ⁺	Σ ⁺ (mé/l)	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Σ ⁻ (mé/l)	(F°)	rCa ⁺⁺ / rMg ⁺⁺	r(Na ⁺ +K ⁺) / rCl ⁻	rSO ₄ ⁻ / rCl ⁻								
09	15.3	6.8	1071.36	587.44	mg/l	169.13	23.4	104.19	14.97	196.42	2	92.3	5.86	52	4.35	0.015	0.682	0.317	1.98	Non potable
					mé/l	8.49	1.95	4.53		3.22	0.041	2.6								
					r %	56.71	13.02	30.26		54.94	0.69	44.36								
10	15.2	6.7	1173.9	708.75	mg/l	215.63	1.2	35.88	12.44	295.24	33	127.8	9.12	53.4	108.3	0.188	0.317	0.682	0.66	Non potable
					mé/l	10.78	0.1	1.56		4.84	0.68	3.6								
					r %	86.65	0.8	12.54		53.07	7.45	39.47								
11	15	6.6	920.86	563.69	mg/l	166.73	7.8	3.68	9.14	267.18	26	92.3	7.52	38.4	12.81	0.207	0.050	0.94	0.07	Moyenne
					mé/l	8.33	0.65	0.16		4.38	0.54	2.6								
					r %	91.13	7.11	1.75		58.24	7.18	34.57								
12	14.8	6.8	2122.52	869.19	mg/l	181.16	62.76	71.99	17.41	248.88	205	99.4	11.15	71.4	1.73	1.524	0.715	0.28	0.06	Moyenne
					mé/l	9.05	5.23	3.13		4.08	4.27	2.8								
					r %	51.98	30.04	17.97		36.59	38.29	25.11								
13	15.2	6.8	1889.42	1350.28	mg/l	209.21	68.88	94.53	20.31	528.26	137	312.4	20.31	81	1.82	0.323	0.466	0.32	1.44	Non potable
					mé/l	10.46	5.74	4.11		8.66	2.85	8.8								
					r %	51.5	28.26	20.23		42.63	14.03	43.32								
14	15.6	6.9	830.25	570.66	mg/l	126.65	18.12	38.64	9.52	164.7	6	216.55	8.92	39.2	4.19	0.020	0.257	0.74	0.84	potable
					mé/l	6.33	1.51	1.68		2.7	0.125	6.1								
					r %	66.49	15.86	17.64		30.26	1.4	68.38								
15	15.2	6.6	1811.16	865.83	mg/l	280.56	40.08	263.12	28.8	172.02	0	110.05	5.92	86.8	4.20	00	0.758	0.24	3.88	Non potable
					mé/l	14.02	3.34	11.44		2.82	0	3.1								
					r %	48.68	11.59	39.72		47.63	0	52.36								
16	15.4	7.1	633.84	627.92	mg/l	86.57	16.32	100.05	10.03	157.38	12	255.6	10.03	28.4	3.17	0.034	0.604	0.39	2.58	Moyenne
					mé/l	4.32	1.36	4.35		2.58	0.25	7.2								
					r %	43.07	13.55	43.36		25.72	2.49	71.78								

Puits N°=	Paramètres physiques				Paramètres chimiques								Rapports caractéristiques			i.e.b	S.A.R	Potabilité		
					Norme (mg/l)	Cations			Σ^+ (mé/l)	Anions									D.H.T	
	Unités	140	150	-		Σ^- (mé/l)	-	250		250	Σ^- (mé/l)	50 F° (F°)	rCa^{++} / rMg^{++}	$r(Na^+ + K^+) / rCl^-$	rSO_4^{--} / rCl^-					
17	15.2	6.8	927.94	508.43	mg/l	147.49	21.96	114.31	14.17	153.72	39	31.95	4.23	46	4.02	0.899	1.648	-0.64	2.31	Moyenne
					mé/l	7.37	1.83	4.97		2.52	0.81	0.9								
					r %	52.01	12.91	35.07		59.57	19.14	21.27								
18	15.5	7.2	1297.53	601.24	mg/l	177.95	49.32	252.08	23.96	118.34	0	3.55	2.04	65	2.16	00	9.334	-8.33	4.29	Moyenne
					mé/l	8.89	4.11	10.96		1.94	0	0.1								
					r %	37.1	17.15	45.74		95.09	0	4.9								

تأثير السبخة علي نوعية المياه الجوفية في المنطقة الجنوبية الشرقية لولاية سطيف حالة قجال

الماء هو عنصر الأساسي للتطور المستمر لجميع الكائنات الحية بما فيها ملخص:
الحيوانات، النباتات الخضروات و المحيط الذي تعيش فيه لأنه ضروري لضمان الحياة في
كوكبنا وكذلك ضروري للصحة والتطور الاقتصادي الاجتماعي للمجتمعات مع احترام
المحيط.

إن التغيير في الطقس مع الجفاف أدي إلي حدوث تغيير في نوعية الماء بين الماء المالح و
الماء العذب و هذا الاختلاف موجود منذ العقد الماضي وإن من بين المشاكل الموجودة في
المناطق الجافة و الشبه جافة و بدون شك هي ملوحة المياه الجوفية
هذه الملوحة هي من بين العوامل التي أدت إلي انخفاض منسوب المياه العذبة . و هي دائما
مرتبطة بالطبيعة الليتولوجية للضخور المحتوية علي المياه، التبخر و النقص الفادح في
التساقط.

إن نقص الماء أدي إلي انخفاض منسوب الخزانات الجوفية و هذا الاستغلال المفرط للماء أدي
إلي ارتفاع معدنية الماء مما أدي بالمسييرين بالاعتقاد بان مياه الخزانات قد امتزجت بمياه
الاسباخ.

و من خلال هذا العرض نود أن نبين تأثيرا لسبخة علي نوعية المياه، و امتداده علي السطح.
ومهما بحثنا يبقى السؤال مطروحا للبحث في المستقبل.

و لهذا نقترح دراسة هيدرو كيميائية لمنطقة قجال من اجل تحديد الخصائص الهيدروكيميائية
الضرورية لمعرفة تكوينه تطورها و اصلها. وهذا يسمح لنا بان نقترح بعض الاقتراحات التي
تتعلق بالاستغلال العقلاني للمياه عن طريق التحديد الفعلي للمناطق القابلة للاستغلال.

و في هذه الدراسة نستطيع إن نقول بان الملخص الهيدروجيولوجي و الهيدرو كيميائي في
منطقة سطيف مركز بصفة عامة علي التعريف بالأحواض و خصائصها الهيدرو دينمكية
وإنشاء خرائط خاصة بمعدنية الماء، الخاصية الكيميائية والاستغلالية له.

الكلمات المفتاحية: الهيدروكيميائية، الهيدروجيولوجية، السبخة، المياه الجوفية، الليتولوجية، المعدنية

**THE AFFECT OF THE SEBKHA ON THE QUALITE OF THE UNDER
GROUND WATER IN SOUTH-EAST PART OF SETIF
CASE OF GUIDJAL**

ABSTRACT: *Water is an essential source for a permanent development, in the substance of all the alive organisms, animals, vegetables and the biosphere because it is necessary to insure the life in our planet as well for the health and the socio-economic progress of the societies with the respect of the environment.*

The climatic changes with long dryness, did they create a rupture of quality between the fresh water and the salt water and this difference exit, has known a hard dryness during the last decade. Yet, one of the great problems linked to the dry and semi dry zones and without doubt the salinity of groundwater.

It's one of the factors which cause the degradation of the quality natural water. It is always linked with lithological nature of reservoir rocks, to the intense evaporation and to the weak pluviometric system.

This lack of water has caused a very increased solicitation of the sheet to palliate the quantity defects. This big exploitation of the sheets has caused increasing in the mineralization, which leads the managers to proceed with the mixture of the pick up waters of and the waters of Sebka to minimize the salinity.

By the bias of this work, and according to the obtained results from the given interpretation i will try to show if the Sebeka has an affect on the quality of water, and its extension on the ground, but the question will be proposed in future recherche .

That's why we have proposed a hydro-chemical study on the under basin of Guidjal, of which the goal is to determine the essential hydrochemical characteristics to get some information on its notification, evolution and origins.

This will allow some proposition concerning the rational exploitation of the waters of the region by the limitation of eventual zones which are favorable to the exploitation.

In this vision hydro geological and hydro chemical synthesis in the region of Sétif are, principally, axed on the identification of the aquifers and the determination of its hydro dynamical characteristics and as well on the establishment of the mineralisation cards and of chemical features of the water.

Key wordes : *hydrochemical, hydrogeological, sebkha, under ground water, lithological. mineralisation.*