

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



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

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

Filière: "Géologie"

Spécialité: "Hydrogéologie et Environnement"

Thème :

Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de ksar Chellala (Wilaya de Tiaret).

Présentés et soutenus publiquement par :

1- Benkadi Mohamed

2-Benrighi Naimi

JURY:

-Président: Mr. AMEUR M, Maître assistant A

-Promoteur: Mr. ZERARKA, AEK, Maître conférence A

-Examineur: Mr. MOUCHARA NABIL, Maître assistant A

Année universitaire: 2014 -2015



Remerciements

En premier lieu nous remercions "ALLAH" le tout puissant, de nous avoir donnée la volonté, la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements les plus vifs et nos profondes gratitudes s'adressent à notre promoteur Mr :Zerarka Aek qui nous a accordé sa confiance et son soutien et son entière disponibilité pour mener à bien ces recherches.

Nous adressons aussi nos remerciements les plus chaleureux et nos parfaite gratitude à Mr : Bouchentoufe kh, Mr, Mohamed Cherif, Mr, sabboua T, pour ses encouragements, ses orientations et pour sa patience et ses précieux conseils.

Nos profonds remerciements et sincères gratitudes s'adressent aux membres de jury Mr. Ameer M, Mr.Mouchara N qui ont bien voulu de juger notre travail.

Nous tenons à remercier aussi la Subdivision de ksar Chellala

Nous tenons à remercier L'hydraulique de la wilaya de Tiaret



Dédicace

*Avec toute fierté, avec toute sincérité, et avec le respect je dédie
ce travail :*

*En premier lieu à mes parents (ma très chère mère et mon père)
que le Dieu les protège, pour leur encouragements et leur soutien.*

*Et mes frères à Zeinab Abdel Madjid. Amina .Mehdia .Houria
et Naziha .Et à ma tante*

Tous mes oncles, et mes cousins, toute la famille «Benkadi».

Tous mes amis, surtout Abdallah .Naimi. Abdelmadjid

.Abdelhamid .Nabil .Ahmed .Noureddine. Abdelkrim. Mohamed

.Allal .Abed .Salah Eddine .Boudjemaa. Abdelhakim. Et

beaucoup d'autres.

A Tous mes amis de mon classe

A mon encadreur Mr. Zerarka Abdelkader

Et à tous qui me connaît

Mohamed

MOHAMED



إهداء

إلى من قال فيهما الله عز وجل
﴿وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا﴾
إلى نبع الحنان، إلى أغلى ما ينطق به اللسان **أمي مريم**
إلى أعز إنسان إليّ من وهب لنا عمره، إلى سندي في الحياة إلى
أبي الغالي أحمد

إلى من عشق معهم أحلى وأجمل اللحظات
إلى من شاركوني حبي واعتزازي بكما، إلى من أمضيت برفقتهم أجمل أيام
حياتي إلى رياحين قلبي إلى أخوي: **العربي وقادة**
إلى سندي وعموني في الحياة إلى **إخوتي** المصونات إلى أبناء اخوتي
إلى كل من يحمل لقب **بن ريغي** إلى كل الأهل والأقارب.

إلى صديقي **ابراهيم** إلى رفيقي وشريكي في المذكرة **محمد بن قادي**
إلى **اساتذتي وجيرانتي** إلى كل من لم تسعمم مذكري انتم في ذاكري
إلى من كانوا إخوة لي في هذه الحياة، إلى كل أصدقاء الدريج الجامعي.
إلى كل طلبة كلية علوم الطبيعة والحياة
إلى كل من يعرفه أو يسمع **بالنعيمي**

بن ريغي النعيمي

Sommaire

Liste des abréviations
Liste des tableaux
Liste des figures
Introduction

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction.....	2
I.2. Situation géographique	3
I.3. Réseaux hydrographie	3
I.4.1. Caractéristiques générales	3
I.4.2. Données géomorphologiques.....	4
I.4.3 Etude comparative des deux sous bassins versants (01-06) et (01-07).....	6

CHAPITRE II : Géologie

II.1. Introduction.....	8
II.2. Tectonique :.....	10
II.2.1. Les grands ensembles structuraux	10
II.3 Stratigraphie	13
II.3.1. Kimméridgienne inférieure	13
II.3.2. Tithonique	13
II.3.3. Crétacé Inférieur Gréseux	13
II.3.4. Crétacés supérieures	14
II.3.5 Miocènes Inférieurs Marins	14
II.3.6. Dépôts Continentales Postes-miocènes	15

CHAPITRE III : Cadre Climatologie

III.1. Introduction.....	18
III.2. Climat.....	18
III.3. Les données brutes	19
III.3.1. Les précipitations.....	19
III.3.2. Températures	21
III.4. Diagramme ombrothermique.....	22

CHAPITRE IV : Hydrogéologie

IV.1. Introduction.....	25
IV.2. Présentation des aquifère	25
IV.2.1. La nappe superficielle du Plio-Quaternaire	25
IV.2.2. Les nappes profondes	26
IV.2.3. Les forages	27
IV.2.4. Les puits	28
IV.2.5. Les sources	28
IV.3. Hydrogéologie de la région d'étude	31
IV.4. Généralité des cartes piézométriques	32
IV.4.1 Définition	32
IV.4.2. Etablissement des cartes piézométriques	32
IV. 5. La partie expérimentale.....	36
IV.5.1. Objectif :.....	38
IV.5.2. Matérielles utilisées	36
IV.5.3. Méthodologie de travaille :.....	36
IV.5.4. Résultat et interprétation	37

IV.5.4.1 Résultat.....	37
IV.5.4.2. Interprétation	38
IV 5.5. Interprétation de la coupe hydrogéologique	40
IV.5.6.Etat des forages	41
IV.6. Conclusion	44

Chapitre v. Hydrochimie :

V.1. Introduction ..	46
V.2. Discussion des résultats des paramètres physiques.....	47
V.2.1 Température (T°)	47
V.2.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)	48
V.2.3. Conductivité électrique (CE).....	49
V.3. Discussion des résultats des paramètres chimiques	50
V.3.1. Calcium (Ca ²⁺)	50
V.3.2. Magnésium (Mg ²⁺)	51
V.3.3 Les Sulfates (SO ₄ ²⁻)	52
V.3.4. Teneur en bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	53
V.3.5. V.3.5.Chlorures (Cl ⁻).....	53
V.3.6. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	54
V.4. Résultats des paramètres bactériologiques.....	55
V.4.1. Les coliformes	55
V.5. Conclusion	56

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Ca²⁺ : ions de calcium.

CE : Conductivité électrique.

cm : centimètre.

cm² : centimètre carré.

Cl⁻ : Chlorures.

HCO₃⁻ : Carbonates d'hydrogène.

INSID : institut nationale des sols, d'irrigation et drainage.

Mg²⁺ : Magnésium.

mg : Milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

µg /l : microgramme par litre.

mn : minute.

m : mètre.

ml : millilitre

mm : millimètre.

NO₃⁻ : Nitrates.

PH : potentiel d'hydrogène.

PO₄⁻ : Phosphates.

SO₄²⁻ : Sulfates.

T₀ : Température.

°C : degré Celsius.

l: Litre.

S : Siemens.

µ S /cm : Micro siemens par centimètre.

h : heure.

N : Nord

S : Sud

E : Est

W : West

Fig : Figure

F : Forage

GPS : globale position système

Coor : coordonnée

Liste Des tableaux :

Tableau 1: caractéristiques de la station météorologique.....	19
Tableau 2 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région d'étude (1992-2013).....	19
Tableau 3: Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station Rechaiga (1991– 2013).....	21
Tableau 4: les coordonnées des forages des trois régions.....	36
Tableau 6: Résultats des paramètres bactériologiques.....	55

Liste des figures

Fig.1 : Extrait de la carte Topographie de la région d'étude. . (Edition de section Géographique De l'armée 1960).....	2
Fig.2 : Bassin de Cheliff code (01) (In Soltani Yahia ; 2009/2010).....	5
Fig.3 : Carte Géologique de(Reibell) ksar Chellala. (feuille publiée en 1968 par le service géologique de l'Algérie).....	9
Fig. 4 : Log stratigraphique synthétique de la région d'étude (in Nouredine M, Djardjar S ; 2013/ 2014).....	15
Fig.5 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles de la région de Ksar.....	20
Fig. 6 : Répartition des températures moyennes mensuelles en (°C) de la station de Rechaiga (1991-2013).....	22
Fig. 7: diagramme ombrothermique de la région de ksar Chellala.....	23
Fig. 8 coupe géologique de Plio-Quaternaire (Soltani Yahia ; 2009/2010).....	29
Fig. 9 : Log stratigraphique hydrogéologique synthétique. Echelle : 1/10000 (in Soltani Yahia ;2009/ 2010).....	30
Fig.10 : Tracé des courbes hydro isohypses par la méthode d'interpolation de triangle.....	34
Fig. 11: Carte Piézométriques et répartition des tranches (Surfer).....	37
Fig.12 : Coupe hydrogéologique de la zone d'étude.....	39
Fig.13 : Image satellitaire des répartitions des forages de la zone d'étude (Date de l'image satellite.15/04/2015).....	41
Fig.14 Carte piézométrique avec forages en service.....	42
Fig.15 carte piézométrique avec forages en attente.....	43

Fig. 16 Photo satellitaire Google Earth montrant la répartition spatiale des points de Prélèvement.....	46
Fig. 17 Histogramme des résultats de la température (en °C) des points de prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	47
Fig18: Histogramme des résultats du pH des points de prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	48
Fig20 Histogramme des résultats de la conductivité électrique en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) des points de Prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	49
Fig.21 Histogramme des résultats du Calcium (mg/l) des points de prélèvement Source (Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	50
Fig.22 Histogramme des résultats du Magnésium (mg/l) des points de prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	51
Fig.23 Histogramme des résultats des analyses des Sulfates (SO_4^{2-}) des points de prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	52
Fig.24 Histogramme des résultats des bicarbonates (mg/l) des points de prélèvement Source :(Nouredine M, Djardjar S; 2013/2014).....	53
Fig.25 Histogramme des résultats des Chlorures (mg/l) des points de prélèvement.....	53
Fig.26 Histogramme des résultats des nitrates (NO_3^-) des points de prélèvement Source (Nouredine M, Djardjar S ; 2013/2014).....	54

Introduction générale :

La région de Chellala a connu de nombreuses métamorphoses dans différents domaines notamment l'agriculture et l'urbanisme .Elle était le théâtre d'un grand remaniement géologique fin secondaire début tertiaire .L'effet négatif dont se heurtaient les chercheurs c'est bien la négligence des études géologiques en générale et hydrogéologiques en particulier.

La région est le secteur localement qualifié de cuvette qui rassemble les ressources les plus importantes en eaux souterraines contenues essentiellement dans les grés du Miocène et les calcaires Sénonien. L'influence de la lithologie sur l'hydrochimie de ces aquifères est très apparente en particulier par les gypses contenus essentiellement dans les marnes. Dans toute la région, certains secteurs sont confrontés à un manque d'eau qui est à l'origine de mauvaises implantations. Dans cette zone les ressources en eau souterraine sont caractérisée par un contexte géologique favorable même accentué par un des cycles de sécheresses prolongées engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au milieu urbain soit dans le domaine de l'agriculture. L'accroissement rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses et diverses activités humaines avait suscité l'intérêt des responsables locaux depuis toujours .En effet l'idée d'exploiter les eaux souterraines des aquifères proches avec des profondeurs maximales tolérables était beaucoup plus importante que celles qui se faisaient hasardement avec des résultats trop frappés d'approximation. Il apparaît évident à travers ce rapide survol sur l'histoire de la région qu'on se voit obligé de poser plusieurs questions :

- D'où vient l'eau de la région ?
- Quelles sont les formations géologiques qui alimentent les aquifères ?
- Quelles sont les zones susceptibles de donner des débits significatifs?

Les ressources en eau souterraine de la région d'étude (Hauts plateaux) dépendent des aquifères liés au Miocène, aux gréseux du Sénonien et aux calcaires du Jurassique .Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits .Le système hydrogéologique de la région peut être décrit comme suit :En ce milieu semi-aride le principale apport à la nappe est constitué par le ruissellement de quelques rares crues brutales sur la région ou par l'infiltration des eaux de précipitation. L'existence d'aquifère superficiel est alors limitée à quelques Lits mangeurs découpés par des oueds. Dans l'immédiat on se limitera à une description du système hydrogéologique dont l'objectif est la caractérisation du mode d'alimentation, du gisement de l'aquifère et les possibilités d'atteindre et d'exploiter les eaux

des formations gréseuse et calcaire. Devant cet état de fait, de nombreuses questions nous ont conduites à classer le travail en deux domaines.

-Le premier domaine relatif aux formations géologiques qui représentent les provinces distributrices.

-Le second domaine se rapportant beaucoup plus au fonctionnement du système aquifère.

Ces formations géologiques véritable poumon par lequel respire la région présente une certaine assurance grâce à la pérennité de son contenu.

Présentation des différentes parties traitées :

La première partie de ce travail sera consacrée à l'étude des paramètres physico géographiques, c'est à dire la géologie, la géomorphologie et l'hydro climatologie.

La géologie traitée dans ce premier chapitre, comportera essentiellement la litho stratigraphie.

Dans ce même chapitre un aperçu sur l'état structural et tectonique viendra terminer ce chapitre ou seront localisés les grands accidents affectant la région. En continuité avec la géologie, la géomorphologie étudiée au second chapitre dégage les paramètres en relation directe ou indirecte avec le relief et qui présentent une influence certaine sur les mouvements de l'eau à la surface ou en profondeur.

L'hydrochimie étudiée au troisième chapitre, donnera une idée sur le facteur principal qui est l'eau après la roche et le relief.

La deuxième partie traitera les paramètres hydrodynamiques à travers une étude hydrogéologique .A la fin une conclusion.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude : fig. 1

I.1. Introduction :

La région de ksar Chellala et située au cœur de la steppe centrale de l'Algérie, elle se localise sur le versant du djebel ben Hamed à une altitude moyenne de 800m. Les reliefs environnants culminent plus haut d'entre eux à près de 1100m. Le paysage de manière générale reflète un environnement de type steppique dégradé ou l'on découvre une végétation à base d'armoïse.

Le couvert végétal arborescent est totalement absent du fait d'un climat qui ne cesse de se dégrader depuis quelques décennies. À ce propos, nous notons une quantité de précipitation variable au gré des saisons et des années d'environ 250mm/moyenne annuel. (In Nouredine M, Djardjar S ; 2013 / 2014)

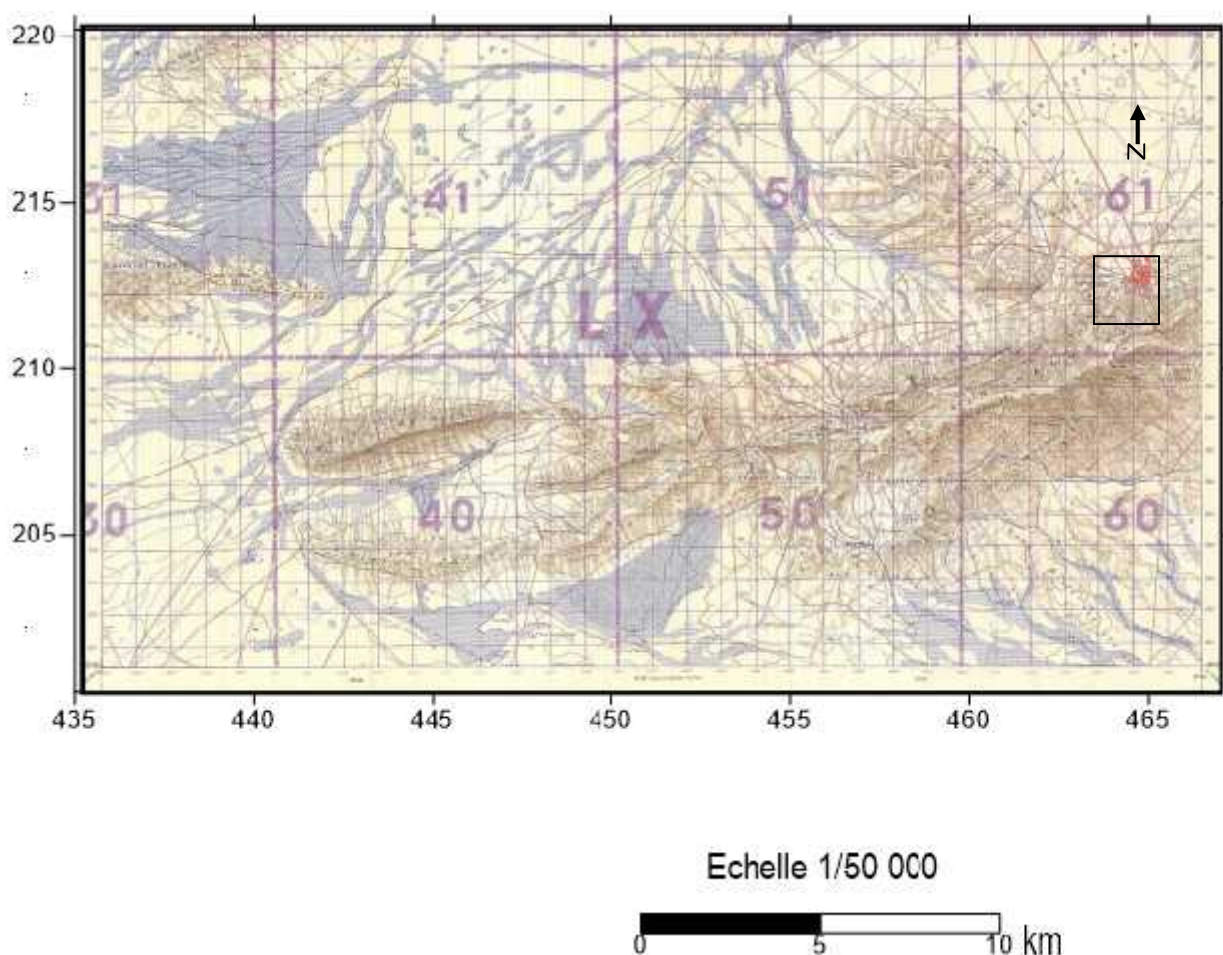


Fig. 1 : Extrait de la carte Topographie de la région d'étude.(Edition de section géographique De l'armée 1960)

I.2. Situation géographique :

La feuille Reibell dont le territoire se situe au Sud des Hautes Plaines algéroises, représente une des régions les plus septentrionales du domaine de l'Atlas saharien .Elle permet d'en observer une partie des ultimes reliefs.

S'élevant au-dessus de la « Plaine », on distingue les reliefs structuraux suivants :

- L'anticlinal de Ben Hammade culmine à 1303 m et constitue le massif le plus important ;
- Dans le prolongement occidental de cette zone anticlinale se trouve une région complexe composée de reliefs monoclinaux isolés les uns des autres : Es Sekkine, Djebel Metales, Djebel Koudiat. Le diapirisme s'y est manifesté intensément : Djebel Zerga, Djebel Zoubiat ;
- Au N de l'anticlinal de Ben Hammade s'étend un vaste plateau formé par les assises du Crétacé supérieur faiblement inclinées vers le sud Ouest ;
- Au NW de la feuille Reibell s'élève la partie méridionale de l'anticlinale de l'Oum ez zeboudj.

En dehors de ces reliefs, la géographie disparaît sous un manteau plus ou moins épais de formations récentes et seuls quelques puits indiquent la nature du substratum.

I.3. Réseaux hydrographie :

Le chevelu hydrographique est constitué de nombreux petits oueds secs durant la majeure partie de l'année .Seul l'oued Touil, oued le plus important de la région, connaît un écoulement permanent au Nord de la confluence avec l'oued Nahr Ouassel.

La saison des pluies se situe entre les mois de Septembre et Mai, les orages s'y produisant durant cette période peuvent provoquer des crues des oueds qui sortent de leurs lits et inondent la vallée. (Ayad A., 1997)

I.4.1 Caractéristiques générales :

La plaine Sud orientale de Chellala appartient au grand bassin versant du Cheliff codé 01. Ce bassin versant couvre une superficie de 45 000 km² et comporte deux régions distinctes : le Haute Chéiff et Bas Cheliff. (In Soltani Y;2009/ 2010)

La zone d'étude qui s'intègre au Haut Chélif chevauche les sous bassins versants de l'oued Soussalem et de l'oued Touil aval codés respectivement 01-07 et 01-06(.fig. 2)

I.4.2 Données géomorphologiques :

La topographie de la plaine sud orientale de Chellala traduit une morphologie relativement plate, perturbée par quelques reliefs da la terminaison orientale des monts de Chellala qui constituent les plus hauts sommets escarpés de la région avec des altitudes qui varient entre 900 et 1200 mètres.

Les plus basses altitudes du secteur sont situées en aval de l'oued Touil et atteignent des valeurs de l'ordre de 600 mètres. **(in Soltani Y ; 2009/ 2010)**

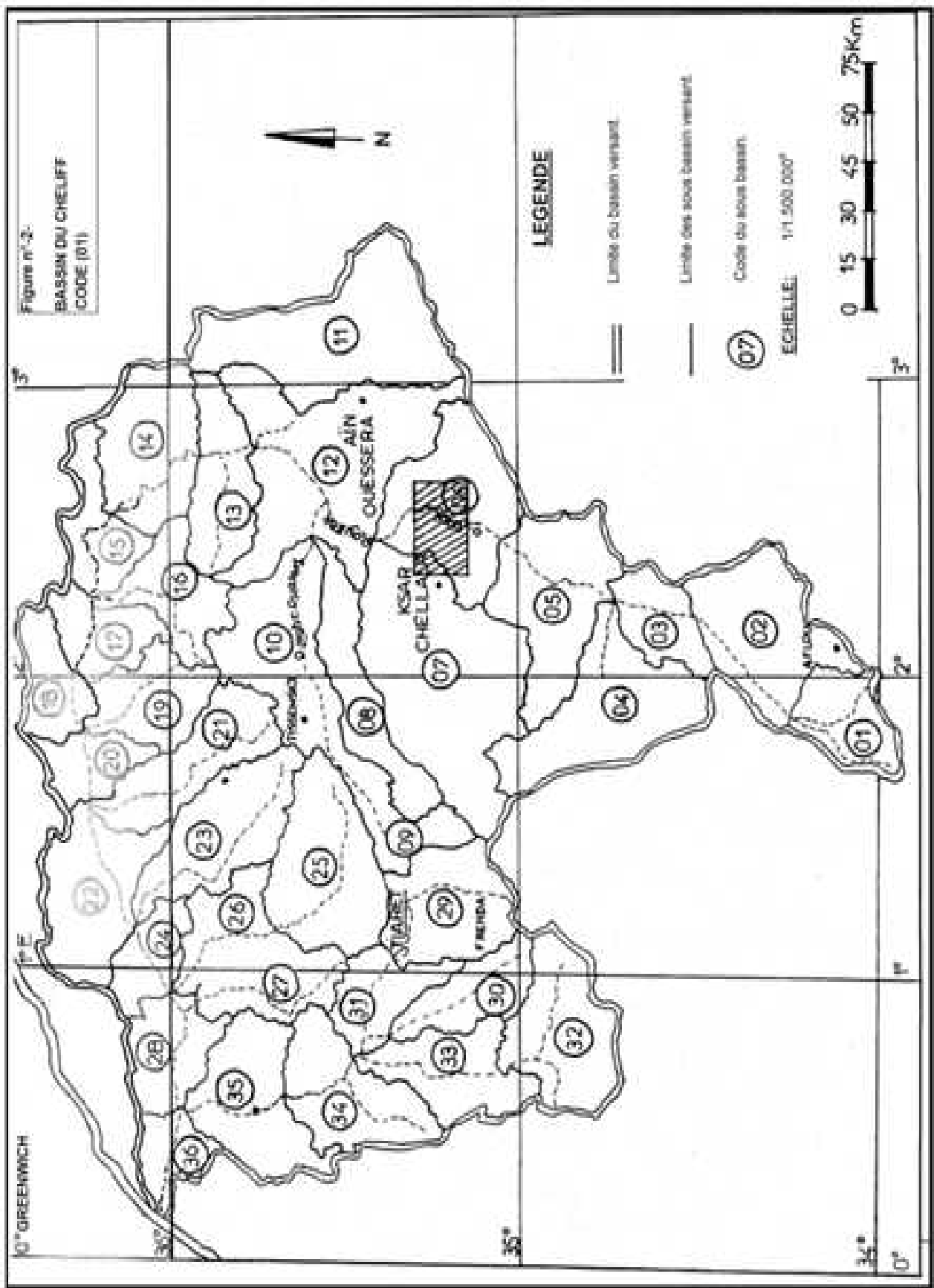


Fig.2 : Bassin de Cheliff code (01) (in Soltani Y; 2009/2010)

I.4.3. Etude comparative des deux sous bassins versants (01-06) et (01-07) :

Les caractéristiques morphométriques et orographiques. Les deux sous bassins versants présentent une topographie relativement plate. Selon l'indice de compacité de Gravelius et de pente globale, ces sous bassins favorisent beaucoup plus l'infiltration que le ruissellement.

Les indices de compacité montrent que ces sous bassins sont peu compacts et présentent respectivement un allongement Est-Ouest pour le sous bassin versant de l'oued Touil aval et SW-NE pour le bassin versant de l'oued Sousselem.

Le sous bassin versant de l'oued Sousselem est caractérisée par un ruissellement légèrement plus important que celui du sous bassin de l'oued Touil, par conséquent l'érosion serait plus importante et engendre un rajeunissement des reliefs et le creusement de nouveaux oueds.

Le réseau hydrographique du sous bassin (01-07) est plus dense que celui du (01-06).

(in Soltani Y; 2009/ 2010)

Chapitre II

Géologie

II. Géologie : fig. 3

II.1. Introduction :

Les reliefs sont essentiellement composés de calcaire appartenant à l'étage crétacé. d'autre formation grésos-calcaires et marno calcaires sont visibles mais de moindre importance se remarquent dans la zone .

La zone de Ksar Chellala se présente sous forme d'une cuvette ou les altitudes vont décroissant du Sud vers le Nord d'une part, et d'autre part de la zone Nord-Nord Ouest et Ouest vers l'oued Touil. Cette zone Nord-Nord Ouest et Ouest, est constituée de structures dont le point culminant est à 1300m pour le Djebel Ben Hammade. Plus au Sud, le Djebel Hachmia par rapport au Djebel Ben Hammade constitue la terminaison Est de l'anticlinal du Djebel Nador. L'essentiel des formations de ces structures sont d'âge Jurassique.

Dans la plaine, celle-ci est recouverte sur de vastes surfaces de formations d'âge Quaternaire (qui tapissent la vallée du Touil proprement dite), Tertiaire (Mio-Pliocène) et Crétacé. (Noureddine M, Djardjar S ; 2013 /2014)

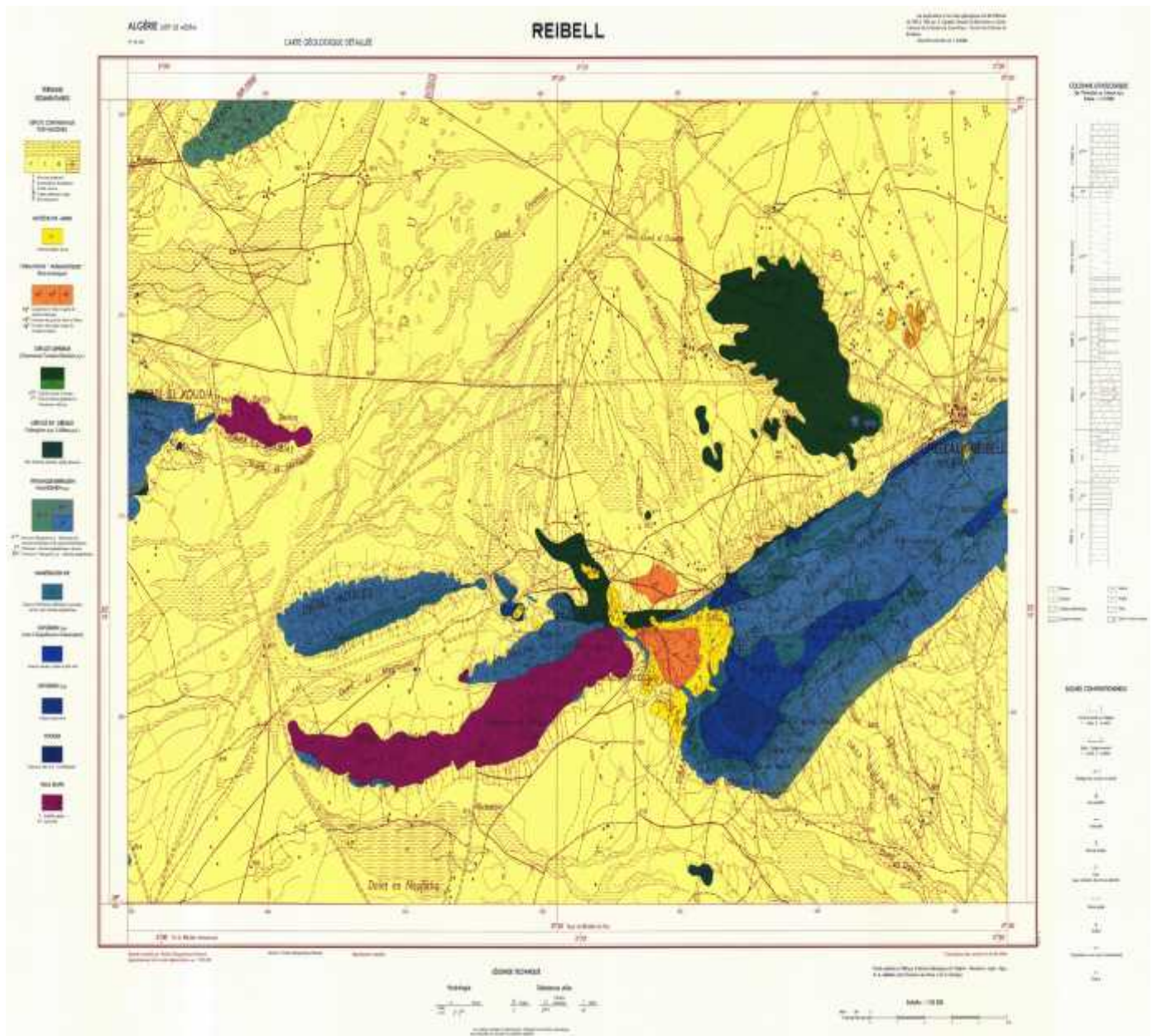


Fig.3 : Carte géologique de (Reibell) Ksar Chellala (feuille publiée en 1968 par le service géologique de l'Algérie)

II.2. Tectonique

L'anticlinal principal ou monts de Chellala peut se diviser longitudinalement en deux ensembles structuraux distincts que sépare la région topographique déprimée au Sud de Djefala.

- Le djebel Ben Hammade à l'Ouest
- Le djebel Zerguine à l'Est.

La dépression au Sud de Djefala est probablement le résultat de l'érosion dont l'activité a pu être accrue par l'existence d'un accident oblique à l'axe de la structure générale.

Le djebel Zerguine est l'un des reliefs situés dans le secteur Nord occidental de la feuille du djebel Kradou qui fournissent matière à une tectonique détaillée. Par contre, au niveau de la vallée de l'oued Touil, la monotonie des faciès toujours gréseux et la rareté des affleurements ne permettent aucune analyse structurale. Toutefois, le fait de ne rencontrer que le Crétacé inférieur sur de vastes étendues doit indiquer que cette région est faiblement tectonisée.

II.2.1. Les grands ensembles structuraux

Les reliefs de notre d'étude représentent l'extrémité Est de l'anticlinal principal et la terminaison orientale du djebel Ben Hammade. Cet anticlinal principal est étroit, allongé suivant la direction de l'accident important appelé « faille de Chellala » d'orientation N 55°E, long de plus de 6 km et large de moins d'un kilomètre. Cette faille sépare deux anticlinaux importants qui font l'objet de notre étude.

- Djebel Serguine au Sud.
- Djebel Ahmar Kradou au Nord.

La tectonique de la feuille Reibell est surtout marquée par la zone anticlinale de Ben Hammade C'est un anticlinal allongé, dissymétrique, où on peut distinguer transversalement trois zones d'architecture différente.

-La zone médionale : sa structure est simple et régulière.

Elle est marquée par deux flexures brusques de sens contraire et par l'effondrement de deux compartiments importants.

-La zone axiale : Elle est séparée de la précédente par une longue faille. sa principale caractéristique est large culmination subhorizontale qui donne à l'anticlinal de Ben Hammade, une allure coffrée.

-La zone septentrionale : C'est la « zone faillée de Reibell ». vers le Ksar Ben Hammade, il s'agit d'un accident de type pli-faille avec tendance au déversement vers le

Nord. son rejet atteint là 2000m. Vers Chellala-Reibell, la zone faillée se compose de plusieurs fractures, plus ou moins parallèles à sa direction générale, et qui isolent des compartiments situés à des niveaux différents.

-La klippe de kimméridgien inférieur-Tithonique de Seba el Hadid est issue du plus septentrional de ces compartiments.

-La situation normale des dolomies Totonques au-dessus des calcaires du Crétacé supérieur est probablement le résultat de l'effet de la gravité, facilité par une structure chevauchante vers le nord et aussi par la plasticité des terrains de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur

Les caractères principaux de la « zone faillée de la Reibell » sont :

- Son étroitesse par rapport à sa longueur,
- la variabilité de sa structure où l'on note souvent une tendance au déversement vers le Nord,
- son évolution complexe se traduisant par des compartiments « pincés », des stries de friction subhorizontales,....
- la variabilité de la valeur du rejet avec néanmoins le secteur septentrional.

On peut supposer valablement que les différents aspects de la zone faillée de Reibell sont les manifestations superficielles d'un unique accident profond.

A l'Ouest, l'aire anticlinale de Ben Hammade plonge plus ou moins régulièrement et s'estompe rapidement.

La zone faillée de Reibell sépare des domaines tectoniquement très différents puisqu'au Nord s'étend de vaste plateau de Draa et Leben –Seba el Hadid, régulièrement incliné de quelques degrés vers le sud Ouest, donc très peu tectonisée. Au Nord du Teniet el Hamra à l'approche de la zone faillée de Reibell ; les assises crétacées constituant ce plateau se redressent pour devenir verticales avec, localement, quelques phénomènes de «collapse structure ». Elles forment ainsi une gouttière synclinale dissymétrique.

Au-delà de l'aire anticlinale de Ben Hammade, vers l'Ouest, s'étend une zone complexe, marquée par la présence de trois reliefs monoclinaux : Djebel Metales, Es Sekkine et Djebel Koudiat dont les rapports réciproques apparaissent mal et qui sont sans doute des compartiments tectoniquement isolés au-dessus du Trias plastique.

C'est à la faveur de ce morcellement que l'ascension des termes plastiques du « Trias » a pu se produire le long des lignes de fracture.

Au Nord de cette zone complexe, s'élève le petit anticlinal de l'Oum ez Zeboudj, légèrement coffré, surprenant par sa régularité.

La région de Chellala(Reibell) appartient bien au domaine de l'Atlas Saharien.

En effet, l'orientation des plis et des fractures est nettement « atlastique » :N55°Est .En outre, les anticlinaux longs et étroits séparés par des aires peu tectonisées sont des structures caractéristiques du style de l'Atlas saharien.

- Age de L'orogénèse :

Les assises du Crétacé supérieur terminent une série sédimentaire où les discordances sont absentes. Ayant participé au diastrophisme du résultat les monts de Chellala-Reibell, elles fournissent donc une limite d'ancienneté à l'âge l'orogénèse.

La limite la plus récente est fournie par Miocène inférieur marin discordant sur n'importe lequel des terrains plus anciens.

Par comparaison avec l'Atlas saharien, on peut penser que la diastrophisme s'est déroulé de l'Eocène moyen à l'Oligocène supérieur.

Après le Miocène inférieur quelque déformations se sont encore produites.les importantes affectent le Miocène du Koudiat Aldjoun, mais l'ascension continue du diapir voisin, le Djebel Zerga, en est très probablement responsable.

Les seules traces de déformations récentes s'observent sur les bords du diapir du Djebel Zoubiat où la morphologie très jeune : oued encaissés, vallées suspendues,.... Peut traduire des mouvements verticaux.

II.3. Stratigraphie : fig.4

II.3.1. Kimméridgienne inférieure

La limite supérieure de cet étage est bien marquée par le sommet d'une séquence qui de haut en bas montre :

- -grès plus ou moins marneux : 5 à 17m,
- -calcaires souvent dolomitisés, en grand bancs : 40m environ,
- -grès marneux, parfois dolomitisés : 10 à 35m.

Au-dessous, les faciès sont très variés tant horizontalement que verticalement. Les marnes et les calcaires biolithiques, oolithiques, graveleux, alternent et donnent naissance à une morphologie très caractéristique.

II.3.2. Tithonique :

Dolomie méta somatique, gris bleu clair, cristalline, en gros bancs. Les irrégularités de la dolomitisation laissent parfois subsister le calcaire original. Épaisseur : 340m.

- Tithonique à Valanginien:

Dolomie méta somatique résultant d'une dolomitisation affectant toute la série de Tithonique à la base du Valanginien. Ce phénomène se produit notamment à l'Oum ez Zeboudj.

II.3.3. Crétacé Inférieur Gréseux

Le Crétacé inférieure gréseux s'étend de la partie inférieure du Valanginien jusqu'à l'Albien. Outre les gés dont les caractéristiques physiques sont très variables, on y observe des dolomies méta somatique plus ou moins gréseuses et des argiles également gréseuses.

Il n'est pas possible de mesurer l'épaisseur totale de Crétacé inférieure gréseux. On peut raisonnablement évaluer celle-ci à 500 ou 600m.

Les seuls restes organiques sont des débris de bois fossilisés ou solidifiés.

- **Berriasien-Valangienne :**

Le passage du Jurassique au Crétacé s'effectue sans variation dans les conditions de sédimentation. Aussi la limite adoptée pour séparer le Tithonique de berriasien n'a pas une valeur stratigraphique générale sûre. Elle est essentiellement lithologique.

II.3.4. Crétacés supérieures

- Cénomaniens supérieurs, turoniens, Sénoniens :

Calcaires finement poreux, jaunes bien lités admettant quelques niveaux de marnes jaunes. La faune y est très rare mal conservée.

L'érosion a fait disparaître les niveaux les plus récents et on ne peut observer que 250 m de strates environ.

- Cénomaniens inférieurs : alternance de :

-grès fins, homométriques peu cimentés,

-marnes gréseuses, bariolées, rouges, ocre, vertes..., rares Ostracodes ;

-calcaire gréseux à coquilles de Lamellibranches.

L'âge de cette formation dont 40m sont visible, est fourni par corrélation lithologique, avec le Cénomaniens bien daté de Bel Kreiter, près du pont de l'Ouest Touil .

II.3.5. Miocènes Inférieurs Marins

Il est représenté par des calcaires gréseux jaunes, en gros bancs, où l'on récolte surtout *Ostrea crassissima*. Les microfossiles sont abondants : Foraminifères, Ostracodes, Mélobésiées...

Ces terrains sont transgressifs et discordants sur n'importe quelle assise plus âgée, fossilisant par endroit (combe en Djebel Metales et Sekkine,...) un paléo relief marqué.

Ces affleurements de Miocène inférieur marin sont les plus méridionaux connus en Algérie à cette latitude.

II.3.6. Dépôts Continentaux Post-miocènes:

- Alluvions modernes : régulièrement réparties le long des cours d'eau, elles sont constituées par des sables limoneux.
- Accumulations de piedmont : au pied des reliefs s'étendent d'importants glacis d'accumulation presque uniquement constitués de blocs et de galets de dolomie Tithonique. Ces glacis sont souvent encrouvés.
- Daïa temporaire : dépression endoréique tapissée d'argile gypseuse et gréseuse et temporairement recouverte par les eaux.
- Croute calcaire : les encrouvements calcaires couvrent des grandes surfaces. Leur épaisseur est souvent supérieure au mètre.

- Argiles gréseuses rouges : cette formation prend une grande importance au SW de la feuille Reibell où son épaisseur peut dépasser 10 mètres. En outre, des argiles gréseuses rouges tapissent le plus souvent la surface de la croûte calcaire.





Formation	Log systématique	Epaisseur (m)	Lithologie	Hydrogéologie
Quaternaire-miocène		25	Argiles, calcaire marneux	Perméable
Albien		300	Grès continentaux, Argile	Perméable
Aptien		250	Calcaires dolomitisé, marno-calcaires et grès.	Semi Perméable
Barrémien		400	Grès marneux avec des blocs de dolomie.	Perméabilité de fissures

Fig. 04 : Log stratigraphique synthétique de la région d'étude (In Noureddine M, Djardjar S ; 2013/2014)

Chapitre III

Cadre Climatique

III. Cadre Climatique :

III.1. Introduction :

Le climat est l'élément naturel primordial dans le phénomène pédogénétique d'une part, et dans le choix d'un système de production d'autre part, le climat est de type continental avec des pluies concentrées sur la période hivernal.

Le climat correspond à des données scientifiques précises sur au moins trente ans et non pas à des interprétations personnelles du temps.

De nombreux facteurs influencent le climat. Le climat se caractérise par ses éléments climatiques, dans une région déterminée.

Ces éléments climatiques sont mesurable (pression, précipitations, humidité, vents, température,...). A leur tour, les éléments climatiques sont influencés par les facteurs climatiques qui regroupent les caractéristiques géographiques locales.

Dans ce chapitre nous déterminer les températures et les précipitations constituent les deux facteurs principaux de la nature d'un climat donné. Cependant, il faut aussi tenir compte d'autres éléments.

III.2. Climat

Le climat de la région de Ksar Chellala n'est pas différent de celui des autres régions Steppiques. C'est un climat semi-aride, caractérise par l'irrégularité des précipitations et par Les grands écarts de la température entre le jour et la nuit.

Les précipitations quant a elles, ne dépassent pas généralement les 400 mm/ (année). Cela Nous permet de les classer dans les faibles précipitations.

Pour réaliser notre travail nous avons utilisé les données collectées de la station Météorologique de Rechaiga qui se trouve à 60 km au Nord- Ouest de la ville de Ksar Chellala.

Les données de cette station sont représentatives de la situation météorologique qui Prévaut dans la région d'étude. Les caractéristiques de cette station sont présentées au Tableau ci-dessous. (Noureddine M, Djardjar S ;2013/2014)

Tableau 1: caractéristiques de la station météorologique

Station	Les coordonnées Lambert		Z(m)	Code	Période d'observation
	(Km)	(Km)			
Rechaiga	434.500	234.500	830	010703	1991- 2013

Source : (ANRH)

Parmi les principaux facteurs climatiques: la température et les précipitations. En effet, ces paramètres jouent un grand rôle en matière de régulation, de protection ou de dégradation des différents écosystèmes.

III.3. Les données brutes :

Les températures et les précipitations agissent d'une façon énergétique sur l'intensité d'altération des roches surtout dans les régions arides et sahariennes où la végétation se fait rare.

Les précipitations jouent également un rôle capital dans les phénomènes de migration des substances, la température peut avoir une influence directe sur le développement des végétaux ; elle peut également agir sur la répartition des êtres vivants.

Les températures extrêmes sont les plus importantes pour la végétation, en particulier les températures hivernales moyennes.

III.3.1. Les précipitations

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, L'estimation quantitative des précipitations à l'échelle locale est une nécessité sociale, à cause de l'augmentation des dégâts provoqués par des inondations exacerbées par l'urbanisation croissante.

Tableau 2 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région d'étude (1992-2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P _{moy}	16.88	18.06	23.18	18.65	24.54	22.09	26.44	20.75	20.68	5.17	3.80	2.91
P _{aisonnaire}	58.12			65.28			67.87			11.33		
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		

Source : (ANRH)

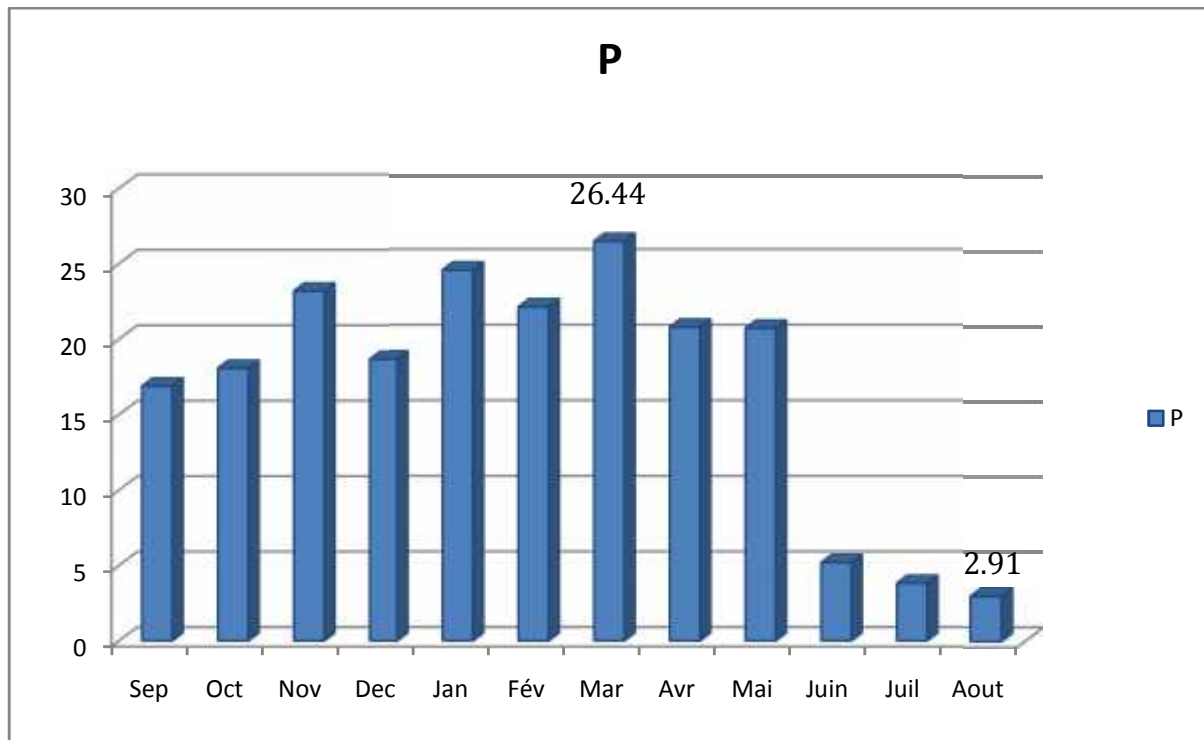


Fig.5 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles de la région de Ksar Chellala (1992-2013).

L'histogramme des variations des précipitations moyennes mensuelles sur une période 21 ans (1992-2013) montre qu'Aout est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne mensuelle égale à 2,91mm, et Mars est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne mensuelle égale à 26, 44 mm.

III.3.2. Températures :

C'est le degré de chaleur et de froideur de l'atmosphère. Elle est exprimée en degré Celsius (C°), elle varie selon l'altitude, les périodes de la journée.

La différence entre le mois le plus chaud et le mois le moins chaud est l'Amplitude thermique.

La température est le deuxième élément dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrologique.

Les données de la température de la station de Rechaiga sur une période de 22 ans ainsi que Les valeurs moyennes mensuelles, sont données dans le **tableau 3**.

Tableau 3: Les températures moyennes mensuelles (°C) de la station Rechaiga (1991– 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T°moy(C°)	37.13	33.35	21.97	10.19	2.85	3.46	10.61	13.08	23.56	30.63	40.26	43.58

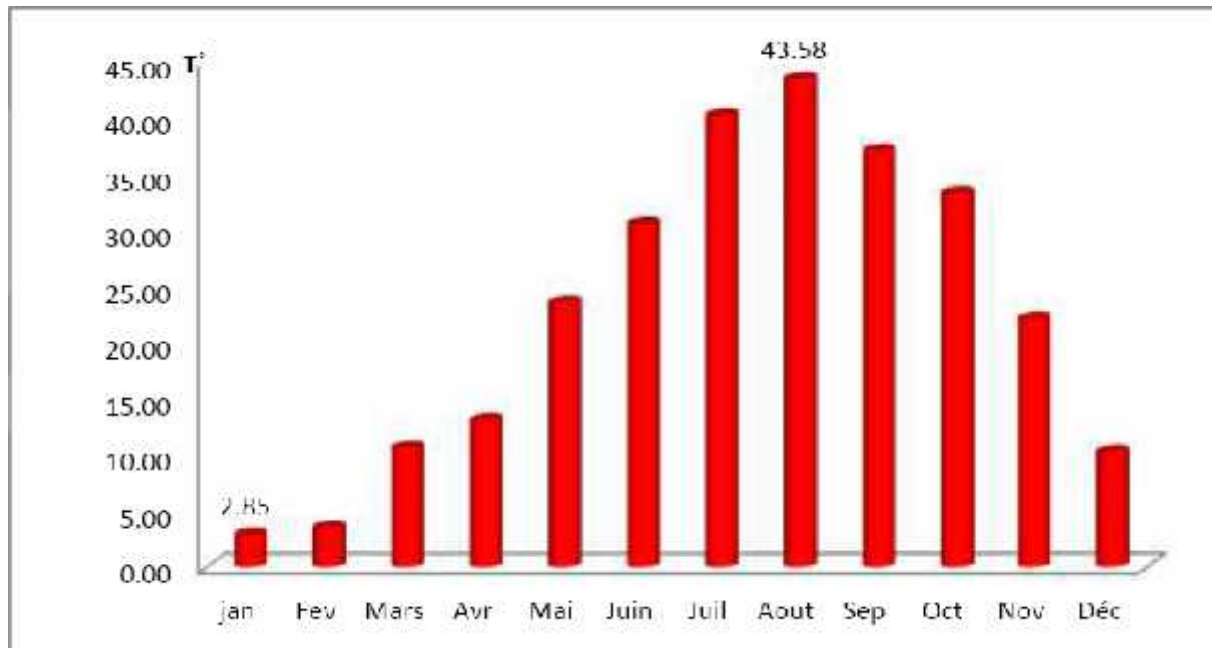
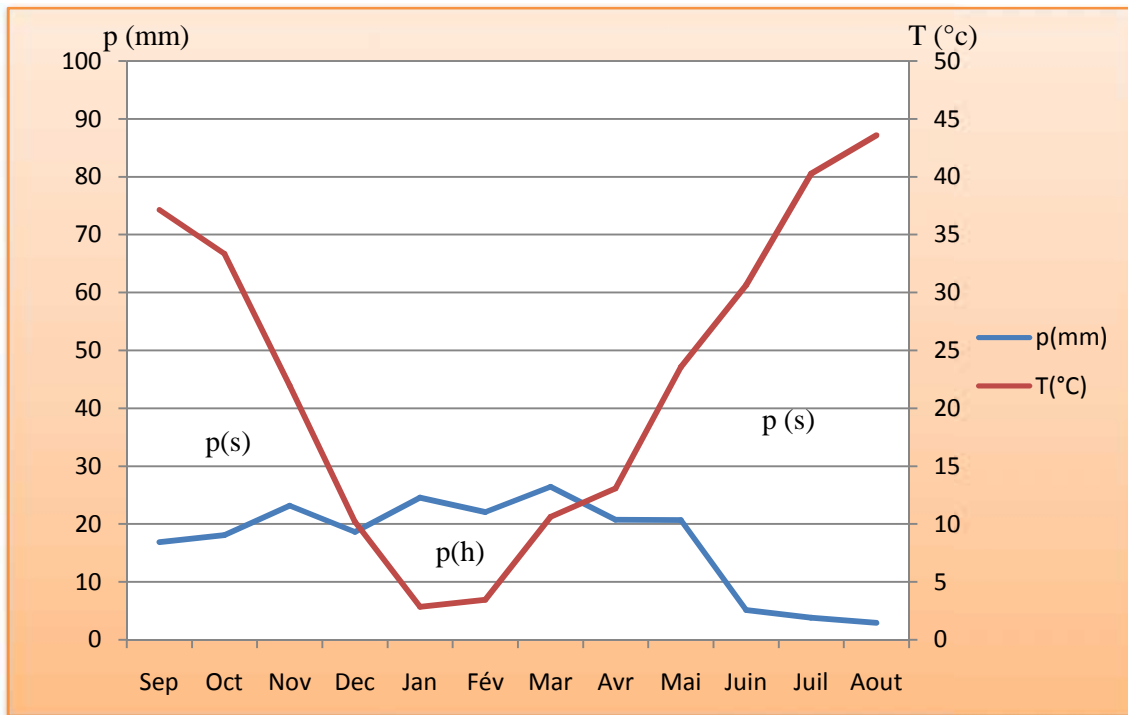


Fig. 6 : Répartition des températures moyennes mensuelles en (°C) de la station de Rechaiga (1991-2013)

L'amplitude maximale des variations des températures moyennes mensuelles (période allant de 1991 à 2013), en obtenue a été enregistrée entre le mois de janvier et aout. Le mois le plus chaud de l'année est aout avec un pic de 43,58°C, le mois le plus froid est janvier avec une température qui atteint 2,85°C.

III.4. Diagramme ombrothermique :

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures $P = 2T$. (**Henri Gaussen**).



P(s) : période sec p(h) : période humide

Fig. 7: diagramme ombrothermique de la région de ksar Chellala

La région de ksar Chellala peut être reporté au climat méditerranéen nuance semi-aride. Deux périodes principales sont caractéristiques pour cette région la période pluvieuse et relativement froide allant décembre jusqu'à la fin du mars et la saison sèche et chaude, allant d'Avril jusqu'à mai de Novembre

Chapitre IV

Hydrogéologie

IV. Hydrogéologie :

IV.1.Introduction

L'hydrogéologie peut être définie comme la science qui traite de l'eau souterraine. Cependant, l'eau est une entité : eau des précipitations, eaux de surface, glaces, eaux souterraines participent à un cycle perpétuel. L'hydrogéologie est donc indissociable de l'hydrologie de surface, de la climatologie, de la géologie, de la géographie. De plus, comme toutes les sciences modernes, elle fait appel aux innombrables domaines de la physique, de la chimie et de la biologie. L'eau devenant un enjeu de plus en plus important, l'hydrogéologue moderne est aussi confronté à des problèmes sociaux et politiques. Plus, peut-être, que toute autre science, l'hydrogéologie impose aujourd'hui une approche pluridisciplinaire. La définir précisément est donc un exercice difficile. Où commence et où se termine le monde souterrain de l'hydrogéologue. (Éric Gilli 2008)

Se objets sont l'acquisition de donnée numériques par la prospection ou l'expérimentation sur le terrain, le captage est planification de l'exploitation de l'eau souterraine.

IV.2. Présentation des aquifère :

IV.2.1. La nappe superficielle du Plio-Quaternaire :

Elle s'étale sur toute la vallée de l'oued Touil et est caractérisée dans sa majeure partie par des dépôts alluvionnaires formés de sables, limons, galets, graviers, argiles marneuses, grés, conglomérats et brèches. Il s'agit donc d'un remplissage hétérogène coiffé d'une croûte calcaire. Sur l'ensemble de son étude, cet horizons aquifère hétérogène de substratum peu perméable, marnes et argiles (Aptien) peu être limité par le Barrémien gréseux tel qu'il est indiqué sur les coupes géologiques réalisées au centre de la vallée de l'oued Touil. Sa puissance varie entre 5 et 10m mais devient plus importante le long de l'oued Touil où les dépôts constituent des terrasses alluviales d'une épaisseur de 20 à 25m. Cet aquifère est limitée au Nord-Ouest par les affleurements du Crétacé inférieur et du Jurassique supérieur et se présente sous forme d'une cuvette à fond plat sauf le long de l'oued Touil où les dépôts forment la vallée sur creusée. (Soltani Y ; 2009/2010)

IV.2.2. Les nappes profondes :

- **La nappe du Crétacé inférieur :**

Elle est dans son ensemble contenu dans des formations gréseuses. Il s'agit d'un système de plusieurs horizons aquifères (Valangino-Hauterivien, Barrémien, Aptien et Albien) superposés perméables où les fractures favorisent une intercommunication entre les différents niveaux. Ces différents niveaux peuvent être regroupés en un seul ensemble qui constituera alors une nappe multicouche du Crétacé inférieur. (Soltani Y ;2009/ 2010)

- **La nappe de l'Albien :**

C'est une nappe libre qui ne devient captive que lorsqu'elle passe sous les formations du Crétacé supérieur et du Miocène. Elle est mieux développée en rive droite qu'en rive gauche.

Le réservoir est essentiellement formé de grés de dureté moyenne à passées d'argiles et de marnes. Ces grés sont fracturés en certaines endroits ce qui facilite la circulation des eaux souterraines.

- **La nappe de l'Aptien :**

Dans son ensemble, elle joue le rôle d'un mur semi-perméable entre les horizons aquifères de l'Albien et du Barrémien. Elle est constituée d'une alternance d'argiles, de dolomies, de calcaires dolomitiques avec rares passages de grés. Si une communication existe, elle se fait essentiellement par les fractures.

- **La nappe du Barrémien :**

Le Barrémien s'étale sur tout le territoire et est constitué de grés quartzeux à granulométrie hétérogène. Ses potentialités semblent très importantes et il est exploité par un forage et quelques puits.

C'est une nappe libre qui passe progressivement à une nappe captive dès que les grés s'enfoncent sous les sédiments marno-argileux de l'Aptien peu perméable.

- **La nappe du Valangino-Hauterivien :**

Cette nappe est peu étudiée, elle affleure sur le flanc Ouest de l'anticlinal de Chellala. Ce réservoir est constitué par des calcaires, des dolomies gréseuses alternant avec des niveaux marno-argileux et gréseux. Son alimentation s'effectue vraisemblablement par la nappe

karstique du Jurassique supérieur par l'intermédiaire des fractures. Elle est exploitée par un seul forage situé au Nord-Ouest du secteur d'étude.

- **La nappe du Jurassique supérieur :**
- **La nappe du Tithonique :**

Largement répandue sur toute la région, elle est représentée par des calcaires, des dolomies fissurées et plus rarement des grès.

Cette nappe est artésienne lorsqu'elle passe sous les terrains du Valangino-Hauterivien, ses exutoires naturels et artificiels sont représentés par les sources et les forages.

- **La nappe du Kimméridgien :**

Le Kimméridgien est représenté par les dolomies massives, fissurées, cavernueuses, d'une épaisseur supérieure à 100m.

La nappe est captive ou artésienne, elle est limitée à la base et au sommet par des terrains argileux et marneux imperméables du Tithonique et du Collovo-Oxfordien. Les pertes se font essentiellement par l'intermédiaire des sources et les forages artésiens.

La majorité de ces points d'eau servent à satisfaire les besoins en eau potable et en irrigation de la ville de Ksar Chellala et Serguine.

IV.2.3. Les forages :

On distingue deux types de forages :

- Les forages artésiens, qui captent les formations Jurassiques sont situés au piedmont de la terminaison des monts de Chellala et ceux qui captent la formation Barrémienne sont localisés au centre de l'oued Touil.
- Les forages non artésiens en exploitation qui captent les formations du Crétacé inférieur situés respectivement à l'Est et au Nord-Ouest du secteur d'étude.

Nous n'avons pas pu effectuer des mesures de niveau dynamique à cause de l'encombrement de la pompe et du moteur dans le tubage ainsi que le blocage de certaines portes d'accès.

(Soltani Y ; 2009/2010)

IV.2.4. Les puits :

La majorité captent le Crétacé inférieur et le Plio-Quaternaire et sont le plus souvent équipés de pompes. Leur diamètre varie entre 0.8 et 7.0 m et leur profondeur mesurée est inférieure à 56m.

IV.2.5. Les sources :

Elles sont localisées au Nord du secteur d'étude (Ain Fritissa, Ain Guergoura, Ain Radjah). A l'exception des sources thermales qui émergent à Ain Zerguine, les autres sont froides leur eau est douce, potable et capacité par plusieurs griffons.

Ces différentes sources émergent des dolomies Kimméridgiennes et Tithonique.

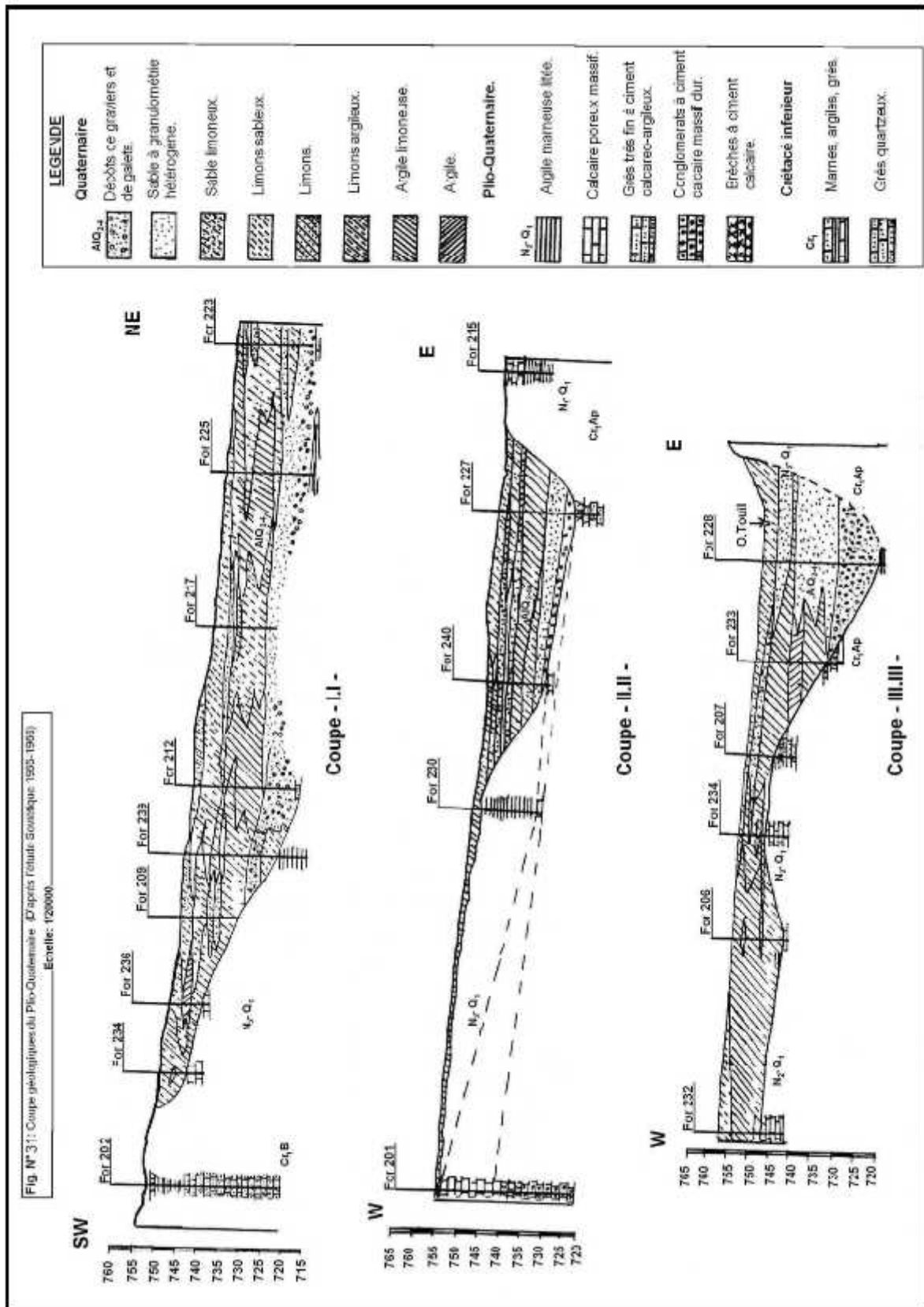


Fig. 8 coupe géologique de Plio-Quaternaire (in Soltani Y ; 2009/2010) (D'après l'étude soviétique 1965/1966)

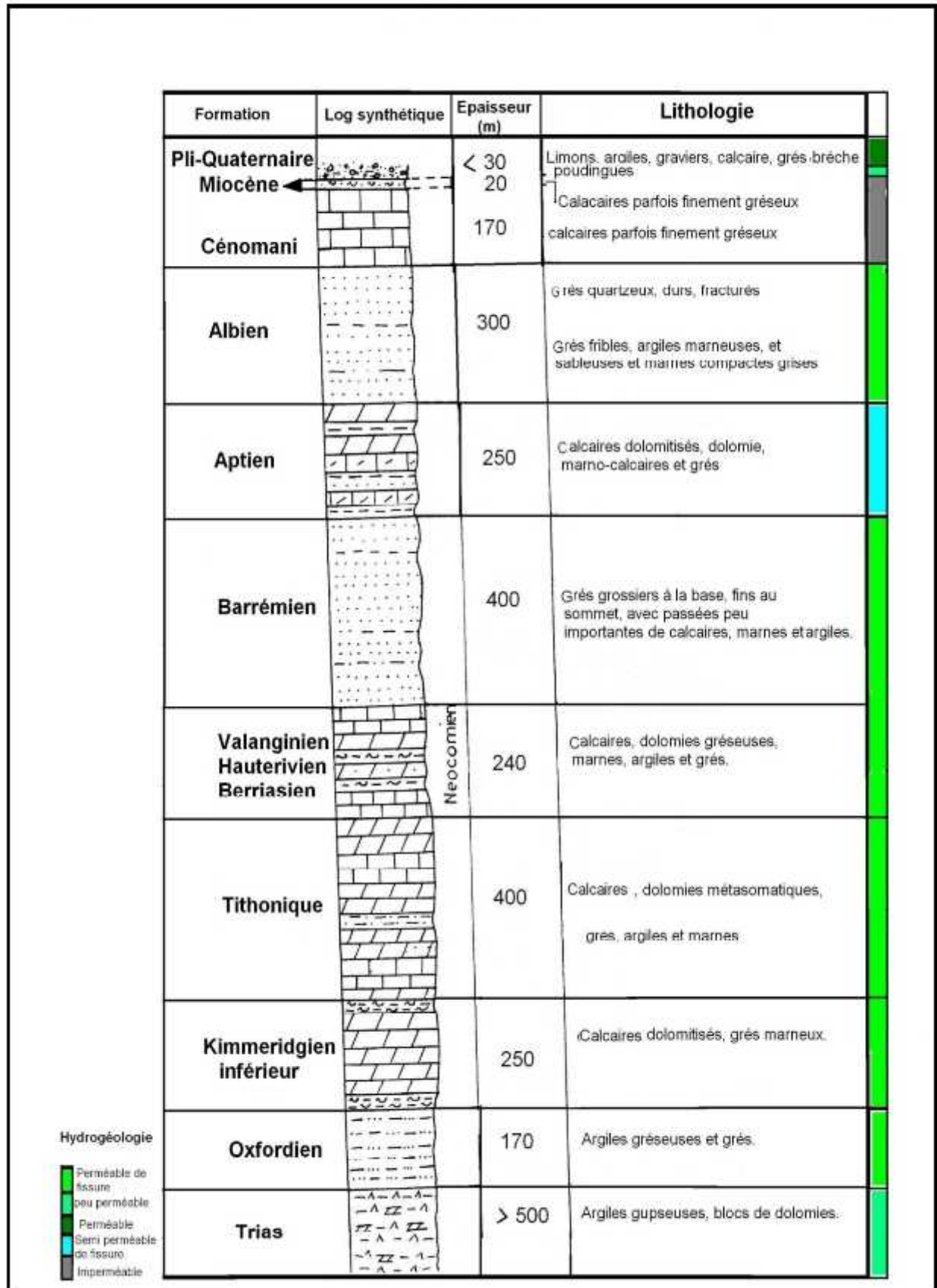


Fig. N° 9 : Log stratigraphique hydrogéologique synthétique. Echelle: 1/10000 (in Soltani Y; 2009/2010)

IV.3. Hydrogéologie de la région d'étude:

Du point de vue hydrogéologique, la région est caractérisée par la présence de plusieurs Horizons aquifères. Ceux qui contiennent une forte abondance en eau sont principalement le Barré mo-Albien et le Turonien.

Sur ce vaste territoire, l'horizon aquifère des dépôts du Barrémo-Albien est couvert par une assise des dépôts continentaux du Pliocène, en ce déchaussant seulement dans les secteurs limités. La profondeur du gisement de l'horizon aquifère dépend considérablement des conditions du relief.

L'écoulement principal des eaux souterraines s'opère dans le complexe inférieur où certaines passées d'argiles et de marnes jouent le rôle d'un substratum imperméable.

La nappe aquifère est alimentée par des précipitations dans la zone d'affleurement des grès du Barrémo-Albien, ainsi qu'à travers des conglomérats et des poudingues du Pliocène, du Quaternaire fortement perméable, étendus dans les limites du secteur et le transit des eaux souterraines dans la région de l'Atlas saharien.

Les superficies des déchaussements visibles des grès Barrémo-Albien dans les parties extrêmes de la dépression de Chellala sont certainement insuffisantes pour expliquer les hauts débits des sources Ain Rmel, Ain hamine et Ain Adhab.

Dans la vallée de l'Oued Touil, l'alimentation en eau des nappes souterraines se fait par les pluies et par les infiltrations des eaux de l'oued Touil quand il est en crue.

On ne prendra pas en compte les formations Jurassiques déjà reconnues au niveau de leurs affleurements dans les contreforts de Ksar Chellala d'une part, et d'autre part car le toit de ces formations au centre de la plaine se trouve à de grandes profondeurs. Par conséquent, on essaiera de mettre en valeur les réservoirs des formations crétacées, du Tertiaire et du Quaternaire, c'est à dire les formations affleurant dans la zone d'étude ou ayant un toit peu profond.

IV.4. Généralité des cartes piézométriques :

IV.4.1 Définition :

Les cartes de la surface piézométriques établies avec les données sur les niveaux piézométrique, représentent, à une date donnée, la distribution spatial des charges et des potentiels hydraulique, elles figurent également les conditions aux limite hydrodynamiques.

Des cartes des fluctuations de la surface piézométrique des nappes libres, dans l'espace et dans le temps, sont également établie. (CASTANY, 1998).

Les cartes piézométriques sont les documents de base de l'analyse et de schématisation des fonctions captive et conductrice du réservoir et du comportement hydrodynamique de l'aquifère. C'est la synthèse plus importante d'une étude hydrogéologique.

IV.4.2. Etablissement des cartes piézométriques

D'après CASTANY,(1998)il repose sur la mesure des niveau piézométrique, leur report sur des cartes topographiques en courbes de niveau et leur interprétation par des courbes hydro isohypses. Elle est définie par l'ensemble des courbes d'égal niveau piézométrique. Comme ce sont plus précisément les courbes d'égale altitude de la surface piézométrique, on les appelle souvent : courbe hydro isohypses ou plus simplement courbe ydrohypses. (CASTANY 63 .0 in BENSLIMANE.M ,1982).

La surface piézométrique est surface idéal qui représente la distribution des charges hydraulique d'une nappe à écoulement bidimensionnel, ou des charges rapportées à une strate déterminée de l'aquifère en cas d'écoulement tridimensionnel. (BRAILLON J.M.82)

Sa détermination est une donnée importante pour le calcule des réserves et de leurs variations, ou des ressources exploitables.

- **Mesure des niveaux piézométriques :**

Les niveaux d'eau se mesurent à l'aide des sondes hydrométriques mécanique te électronique (si c'est possible) pour avoir une meilleure Précision, du millimètre au centimètre prés. Les niveaux étant des variantes dans le temps, la surface piézométrique se rapporte à un instant prés. Les niveaux étant des variantes dans le temps, la surface piézométrique se rapporte à un instant précis. Les valeurs doivent être simultanées, c'est-à-dire que les mesures doivent être faites dans une période de temps telle qu'il ne puisse s'y produire de fluctuations importantes.

La détermination du niveau piézométrique d'un point d'eau n'est possible que si les données topographiques (Coté et margelle) sont connus.

Elles doivent être effectuées dans des conditions de la stabilisation et pour l'ensemble de la région cartographie au cours d'une période la plus courte possible. En effet ce document a une valeur de référence à une donnée .En cas de variations importantes au cours de la campagne de relevés, il faut effectuer des corrections en rapportant les résultats à une cote de référence d'un ou plusieurs ouvrages représentatifs en observation continue par enregistrement limnigraphique.

- **Report des niveaux piézométriques :**

Les points d'eau, affectés de leur cote de référence et de leurs niveaux piézométriques, sont reportés sur une carte topographique en courbes de niveau à grande échelle, en générale à 1/50000.L'échelle de la carte choisie en tenant compte de la densité des point des me sure et des fonds topographiques existants .la priorité est donnée à la précision des nivellements, la date à la quelle on été effectuées les mesures, est portée sur la carte.

Pour les cartes à petites échelles ou poursuivant des objectifs particuliers, comme de la réserve les données moyennes sont retenues.

- **Tracés des courbes hydro isohypses :**

La surface piézométrique est, comme la ma surface du sol, représentée par des courbes d'égal niveau piézométrique, dite courbe hydro isohypses. Le dessin des courbes comporte successivement le choix de leur équidistance et la technique de leur tracé.

- **Choix de l'équidistance des courbes hydro isohypses :**

L'équidistance des courbes est les distances constantes entre des plans horizontaux d'égal niveau piézométrique.

Leurs intersection avec la surface piézométrique est l'espacement qui se mesure sur la carte piézométrique entre deux courbes successives.

L'équidistance dépend de la précision et de la densité des mesures, des valeurs du gradient hydraulique, de l'échelle de la carte et de la qualité du nivellement. En générale elle est de l'ordre du mètre (0.5, 1ou2).

Pour les cartes à 1/100 et 1/200 ; de 5m ou 10m pour celle à 1/50000 et 1/100000.

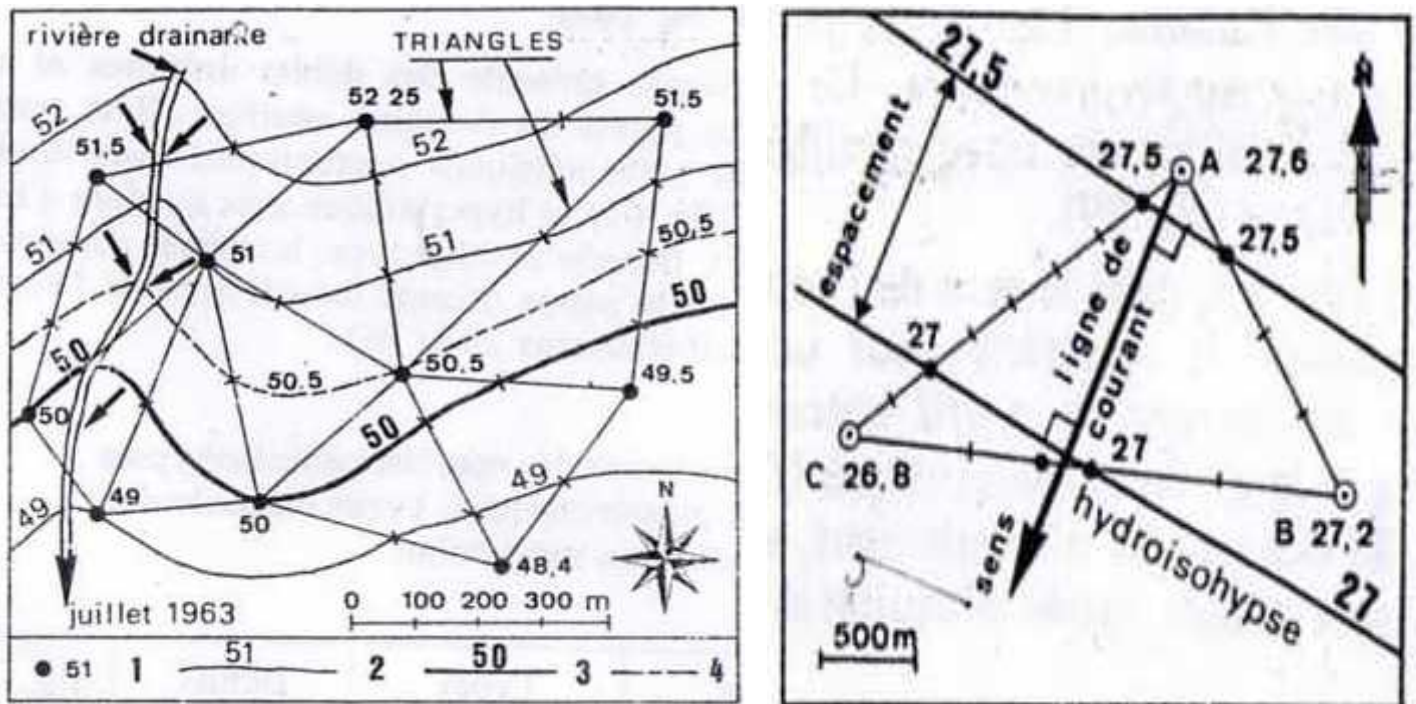


Fig.10 : Tracé des courbes hydro isohypses par la méthode d'interpolation de triangle.
(CASTNY.1998).

L'ouvrage d'observation ; 2 courbe hydro isohypses et niveau piézométrique ; 3, courbe maitresse ; équidistance de 10 m ; 4, courbe intermédiaire(CASTNY.1998).

- **Tracé des courbes hydro isohypse :**

Il est effectué trois méthodes d'interprétations, adaptées à la précision et à la densité des données disponibles.

L'interprétation approximative des niveaux piézométriques est effectuée par une méthode visuelle.les courbes sont tracées en tenant compte, implicitement, des trois générales de la morphologie de la surface piézométrique.

Dans la plupart des cas cette méthode donne des résultats satisfaisants.

Pour le tracé par la méthode d'interpolation du triangle, les données sont groupées par trois au sommet de triangle (**Fig.10**).

Les cotes du triangle sont tracées et divisées en segment proportionnels, l'équidistance retenue dans cet exemple est de 0.5.

Les courbes hydro isohypses sont obtenues en joignant, par des segments de trois, les points d'égal niveau, les tracés sont lissés pour obtenir des courbes régulières.

Cette méthode de donnée d'excellents résultats l'osque les points de mesures sont suffisants.

Les programmes de traitement des données piézométriques par ordinateur permettent d'obtenir une meilleure interpolation et avec table traçante, des cartes plus précises.

- **Interprétation de la carte piézométrique :**

D'après **BENSLIMANE,(1982)** les cartes piézométriques expriment la morphologie de la surface de la nappe à une époque déterminée.la première opération pour leur interprétation consiste à tracer des lignes de courants en vue de déterminer les différentes zones d'écoulements.

- **Direction et zone d'écoulement :**

La direction de l'écoulement, matérialisée par des lignes de courant est la droite de plus grande pente tracée sur les cartes en courbe iso pièze, donc la normale à ces dernière dans Le cas le plus simple nous élevons les perpendiculaires aux courbes régulières, des flèches indiqueront les sens d'écoulements.

Ayant tracé les axes d'écoulements on repère facilement les lignes de partages des eaux.

IV. 5. La partie expérimentale

IV.5.1. Objectif :

L'objectif de ce modeste travail c'est établissement une carte piézométrique de treize nappes sur la région de Ksar Chellala sur une carte géologique de 1/50 000.

IV.5.2. Matérielles utilisées :

Dans ce travail, nous avons utilisé le protocole suivant :

- 1) Une carte topographie au 1/50 000eme.
- 2) Une carte géologique au 1/50 000eme.
- 3) Appareille GPS pour la localisation exacte des points d'eau.

IV.5.3. Méthodologie de travaille :

On a identifié treize sites des nappes d'eau au niveau de l'endroit où on a effectuée notre modeste travail de la région de ksar Chellala avec l'appareille GPS où nous avons obtenu les résultats écrits dans le tableau N°4 .on a également été identifiés au niveau d'une carte géologique de Ksar Chellala et puis nous avons calculé le niveau piézométrique de chaque nappe.

Tableau 4: les coordonnées des forages des trois régions.

Sondage	N°	Coor.Lamber(x, y)	Altitude Z (m)	Niveau Statistique (m)
Ksar Chellala	01	x =460,26 y =217 ,85	792,00	21,05
	02	X=463 ,85 Y=215,60	795,56	26,50
	03	X=464,50 Y=215,70	780,00	23,00
	04	X=464,40 Y=214,30	802	115
ELFERAA	01	X=464,30 Y=216,65	784,00	24,00
	02	X=464,80 Y=217,20	779,00	22,00
	03	X=466,20 Y=219,15	772,87	25,00
OUM EZZEBOUDJ	01	X=439,50 Y=213,56	842,50	33,00
	02	X=438,00 Y=213,00	848,57	44 ,00
	03	X=437,00 Y=213,50	852,50	45,00
	04	X=437,30 Y=212,50	882,50	40,00
	05	X=437,60 Y=211,50	897,50	17,00

	06	X=439,00 Y=212,00	877,20	30,00
--	----	----------------------	--------	-------

IV.5.4. Résultat et interprétation :

IV.5.4.1 Résultat

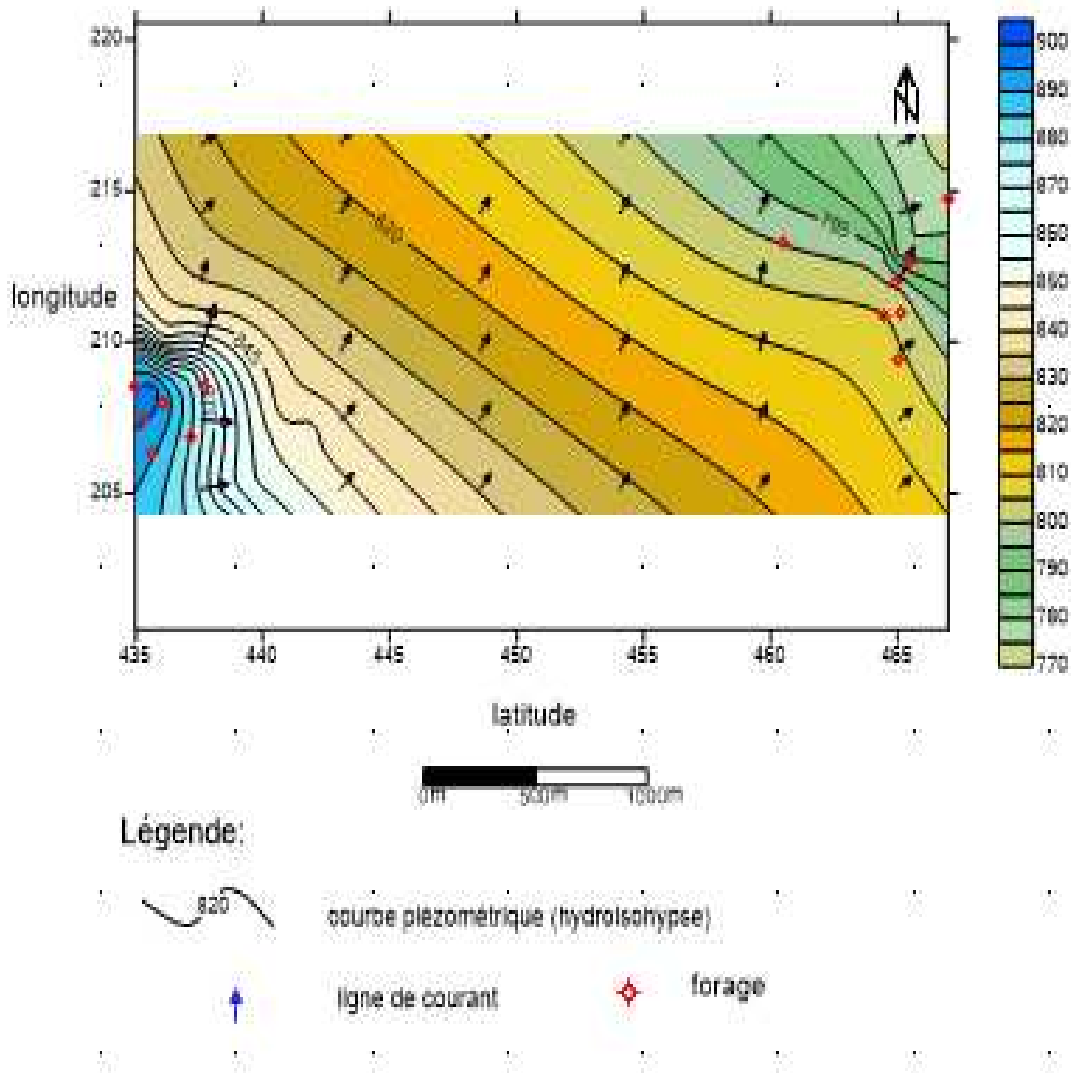


Fig. 11: Carte Piézométriques et répartition des tranches (**Surfer**)

IV.5.4.2. Interprétation :

L'étude piézométrique de nappe du ksar Chellala a permis de mettre en évidence :

A. Niveau de l'eau par rapport au sol :

Le niveau statique de la nappe superficielle varie entre 12 m et 77 m.

B. Sens d'écoulement général :

Globalement, l'écoulement général au sein du bassin versant sont tous orientés vers la commune de Chellala, puis dirigés ensuite vers l'Est. Ainsi dans le Nord du bassin versant, l'eau s'écoule vers Nord- Est. Dans l'Est du bassin versant. L'eau souterraine s'écoule Sud-Ouest-vers Nord- Est.

C. Gradient hydraulique :

Le gradient hydraulique est assez fort au l'Est (3%) et à l'Ouest (1.5%).le gradient hydraulique est plus faible, il varie entre 0.2 et 0.37%.Le gradient hydraulique faible traduit un bon écoulement de l'eau souterraine. L'aquifère est très transmissif et constitue un réservoir important.

D. Drainage des rivières :

Un autre élément qui ressort de la carte établie est l'existence de deux axes de drainage correspondant aux vallées d'Oued el Mezoubict et ksar Chellala. La nappe de calcaire du crétacé est drainée par Ponctuellement des relations peuvent exister entre d'autres cours d'eau secondaire du bassin versant et les systèmes aquifères. Sur l'ensemble du bassin versant, les échanges nappe-rivières sont donc importants.

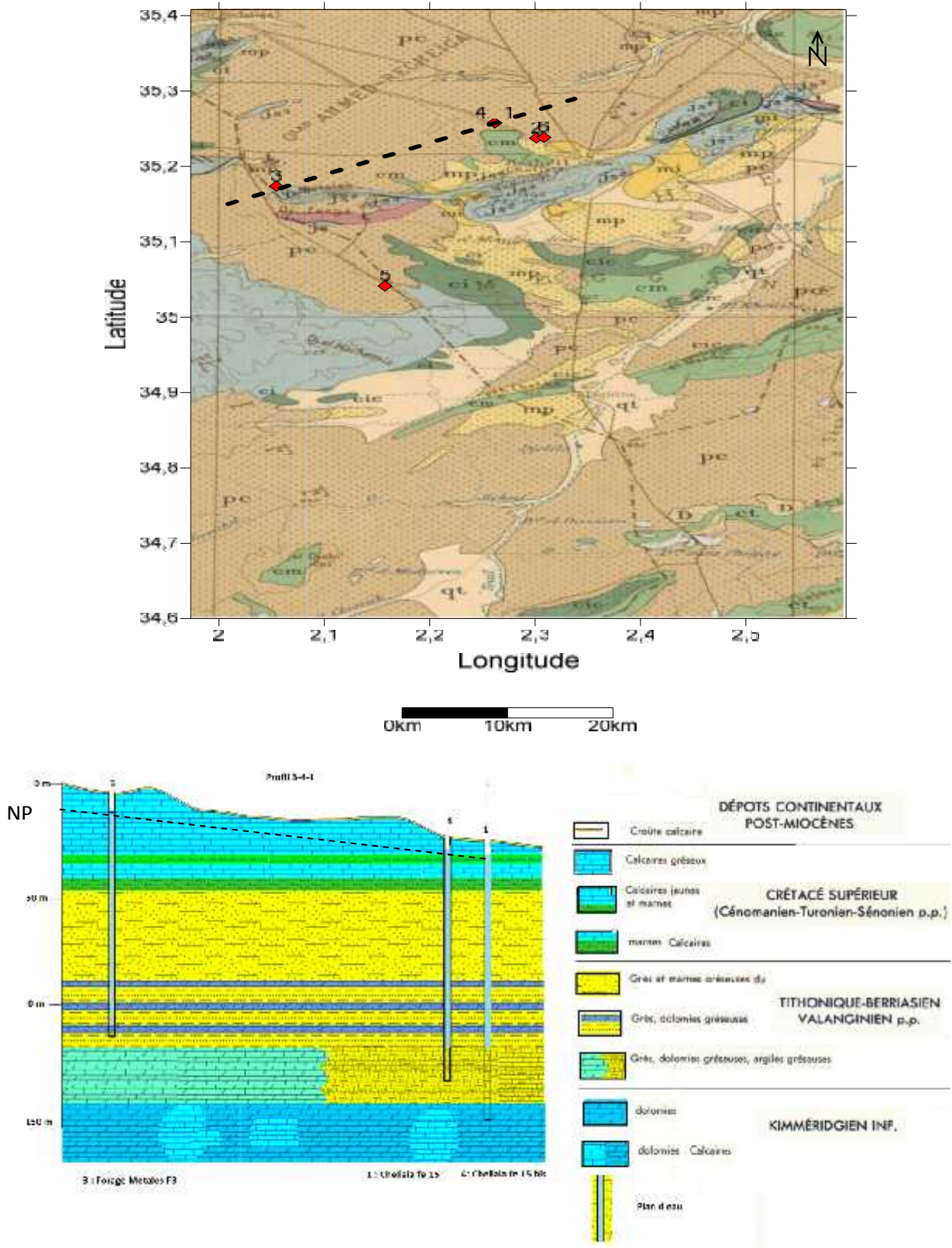


Fig.12 : Coupe hydrogéologique de la zone d'étude (surfer)

IV 5.5. Interprétation de la coupe hydrogéologique :

En simple regard sur la coupe hydrogéologique montre que la structure géologique est homogène et que le niveau piézométrique ne présente pas une grande fluctuation à l'écoulement principale Orienté du Sud- Ouest vers le Nord- Est et la nappe est alimentée par Oued Sousselem

IV.5.6 Etat des forages :

On a représenté l'état des forages dans une carte piézométriques Fig.13

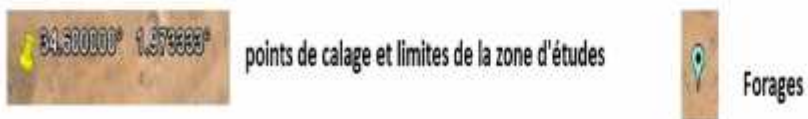


Fig.13 : Image satellitaire des répartitions des forages de la zone d'étude (Date de l'image satellite.15/04/2015)

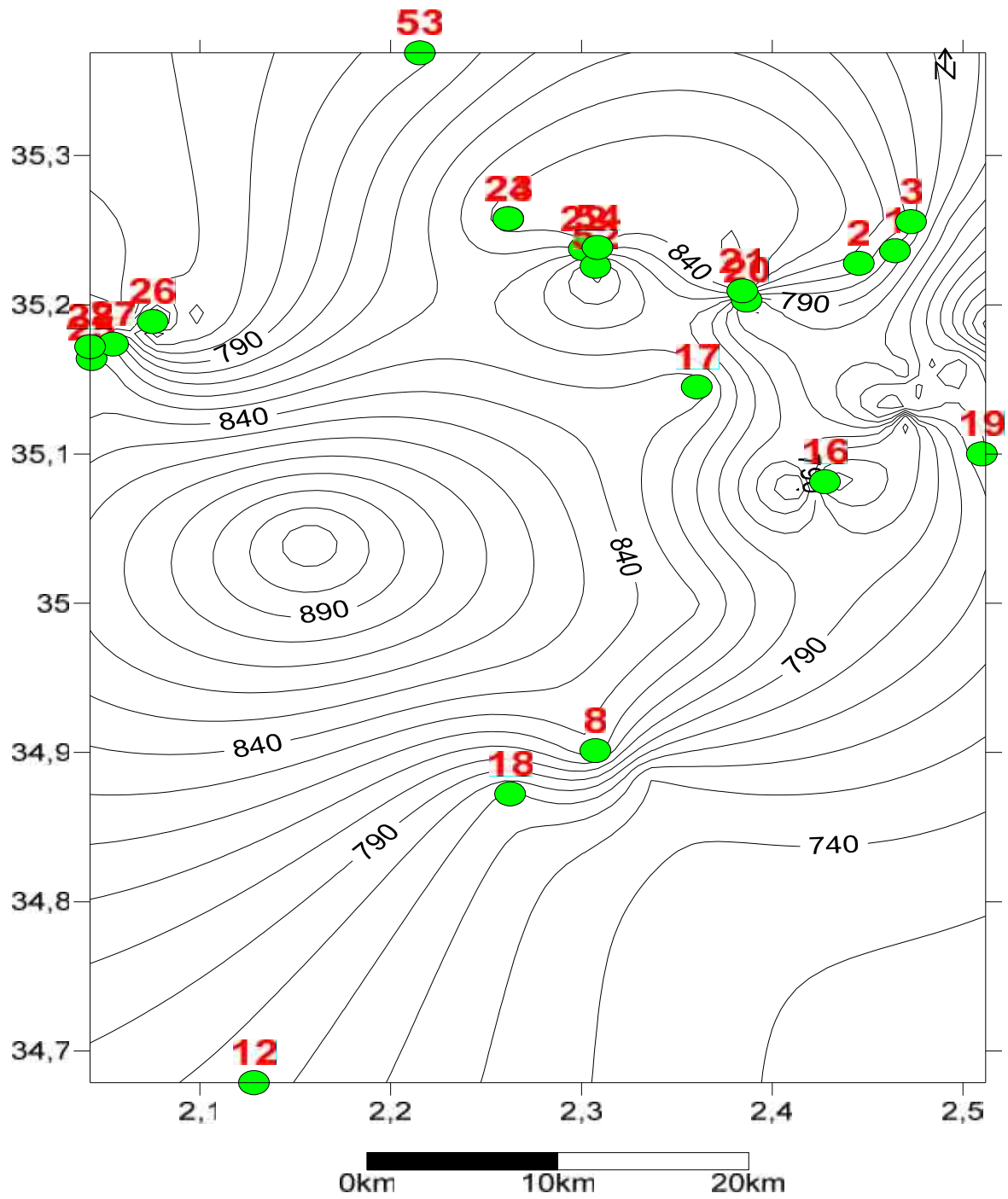


Fig.14 Carte piézométrique avec forages en service (surfer)

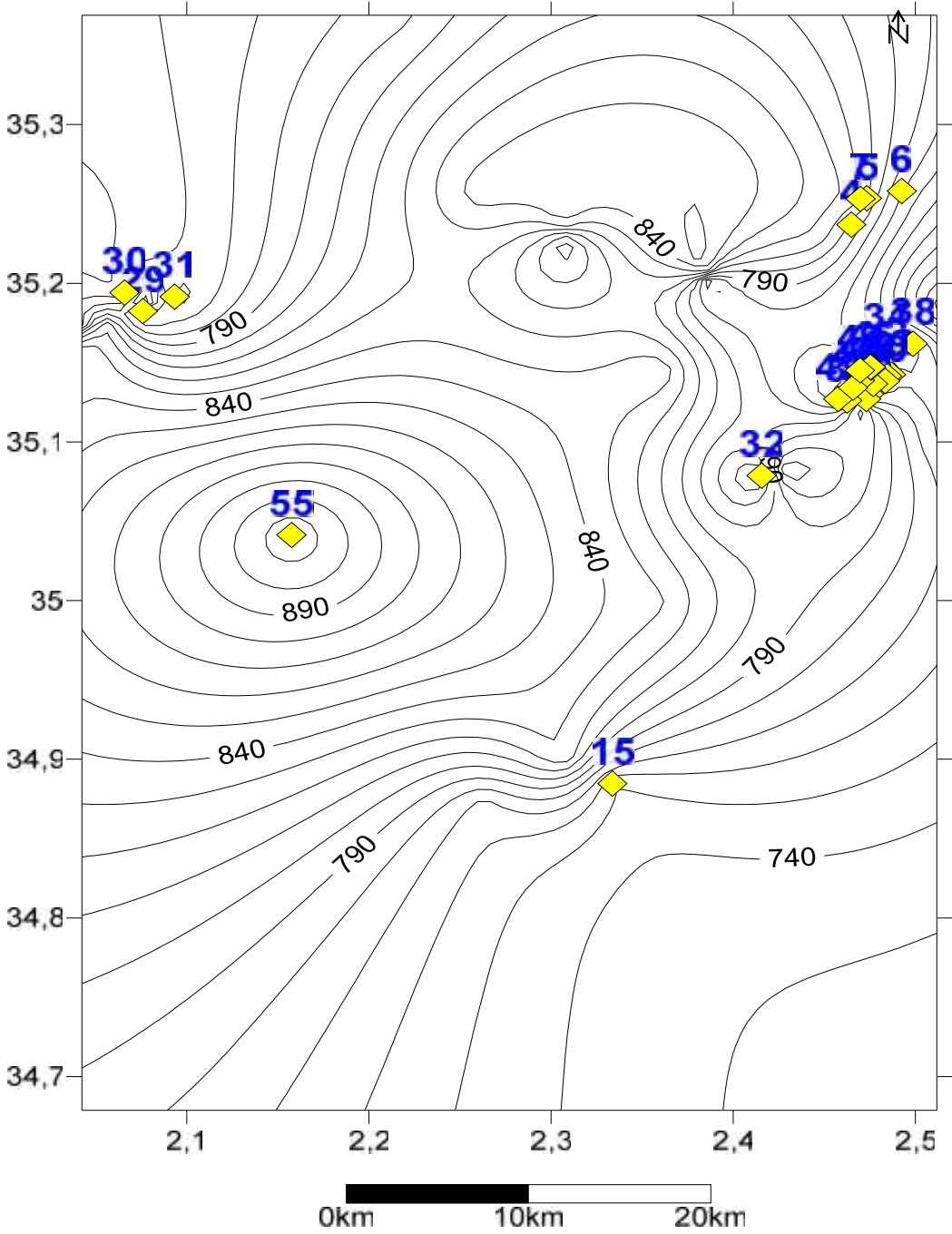


Fig.15 carte piézométrique avec forages en attente(surfer)

IV.6. Conclusion :

L'analyse des données litho stratigraphiques de la région d'étude permet de prévoir la présence de plusieurs aquifères d'importances diverses :

- Les formations du Plio-quadernaire constituées de calcaires gréseux et de sables limoneux représentant le premier aquifère. Toutefois la faible épaisseur et l'extension réduite de ces formations ne peuvent traduire qu'un intérêt limité de cet aquifère, par ailleurs exploité pour les besoins domestiques et agricoles.

- Les formations du Crétacé inférieur représentées par grès des dolomies plus ou moins gréseuses, des marnes, des argiles et des calcaires. C'est-à-dire par des niveaux à perméabilité de fissure et des niveaux imperméables. L'importance hydrogéologique de ces milieux compétents dépendra surtout de la porosité plus ou moins élevée et du degré de fissuration des grès en particulier.

- en la carte piézométrique l'écoulement général au sein du bassin versant sont tous orientés vers la commune de Chellala, et l'écoulement principale Orienté du Sud- Ouest vers le Nord- Est et la nappe est alimentée par Oued Sousselem.

Chapitre v

Hydrochimie

V.1. Introduction :

Les autorités gestionnaires des ressources en eau ont été rapidement conduites à établir des normes de qualité. Ces dernières sont indispensables à la prise de décision du gestionnaire qui exige la comparaison des critères généraux de qualité d'une eau avec les données physico-chimiques et biologiques qui la caractérisent et avec les normes de qualité requises à un usage déterminé des eaux considérées.

Mettre en place une étude pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux Souterraines de la région de Ksar Chellala et leur conformité avec les normes algériennes de Potabilité.

Les échantillons des eaux à analyser proviennent de deux forages (F1 M'harim et INSID) et la source Djefala. (fig. 16)



Fig. 16 Photo satellitaire Google Earth montrant la répartition spatiale des points de Prélèvement

V.2. Discussion des résultats des paramètres physiques

V.2.1 Température (T°) :

Les valeurs mesurées de la température des échantillons d'eau de chaque prélèvement sont exprimés dans la figure ci-dessous :

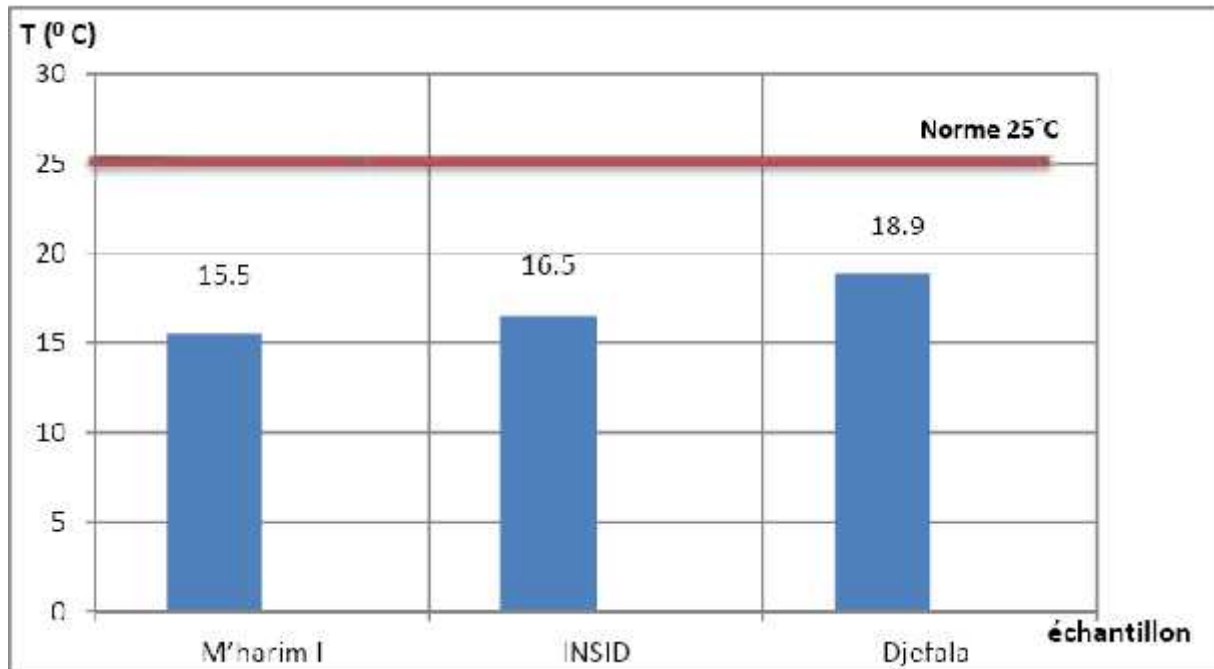


Fig. 17 Histogramme des résultats de la température (en °C) des points de prélèvement

Source :(Noureddine M ,Djardjari S ; 2013/ 2014)

Selon les résultats obtenus de la température de l'eau des trois points de prélèvement qui varient entre 18,9 et 15,5°C, cette différence est due au changement de la température atmosphérique .Ces valeurs de température sont inférieures aux normes algériennes qui sont fixés à 25°C.

V.2.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les eaux peuvent être, soit acidulées soit neutres, soit alcalines. Ces caractères sont représentés par le PH de l'eau



Fig19: Histogramme des résultats du pH des points de prélèvement

Source :(Noureddine M, Djardjari S ; 2013/2014)

Les valeurs de pH obtenues sont comprises entre 7,19 et 7,07 qui répondent effectivement aux normes algériennes des eaux de consommation fixées entre ($6,5 < \text{pH} < 9$).

La valeur du pH est liée à la nature des terrains traversés (**Rodier et All, 2005**).

V.2.3. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de 1 cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de conductivité ϵ est le siemens par mètre (S/m) (Rodier et All, 2005).

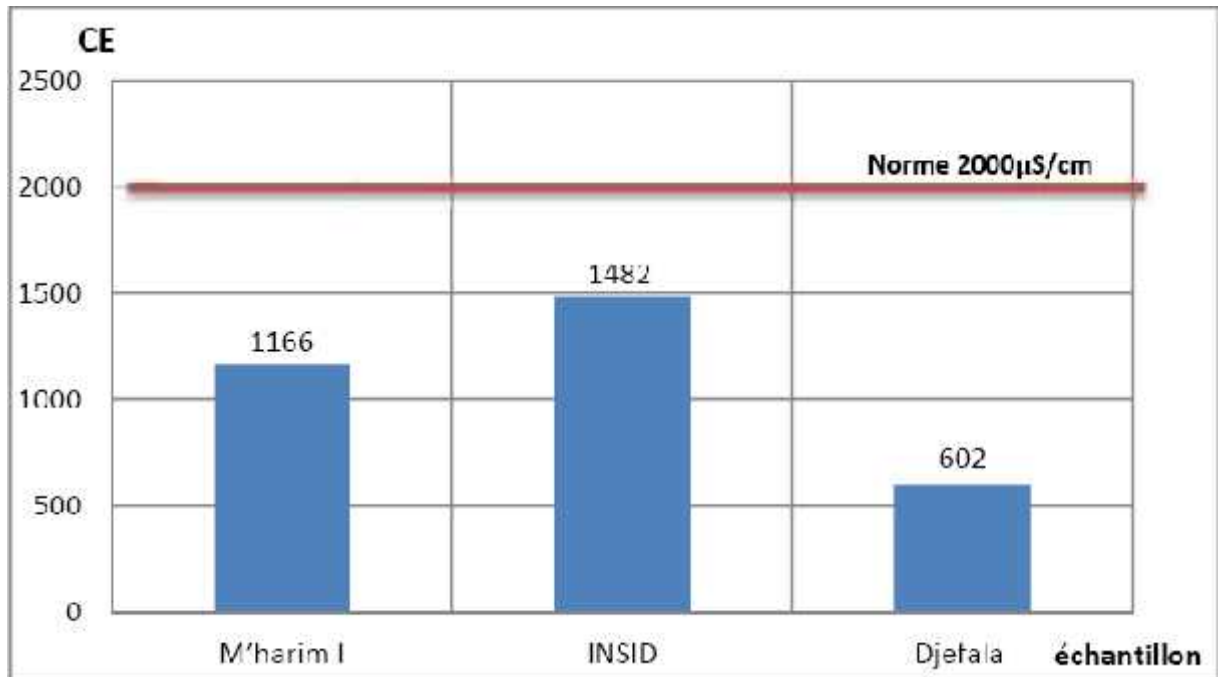
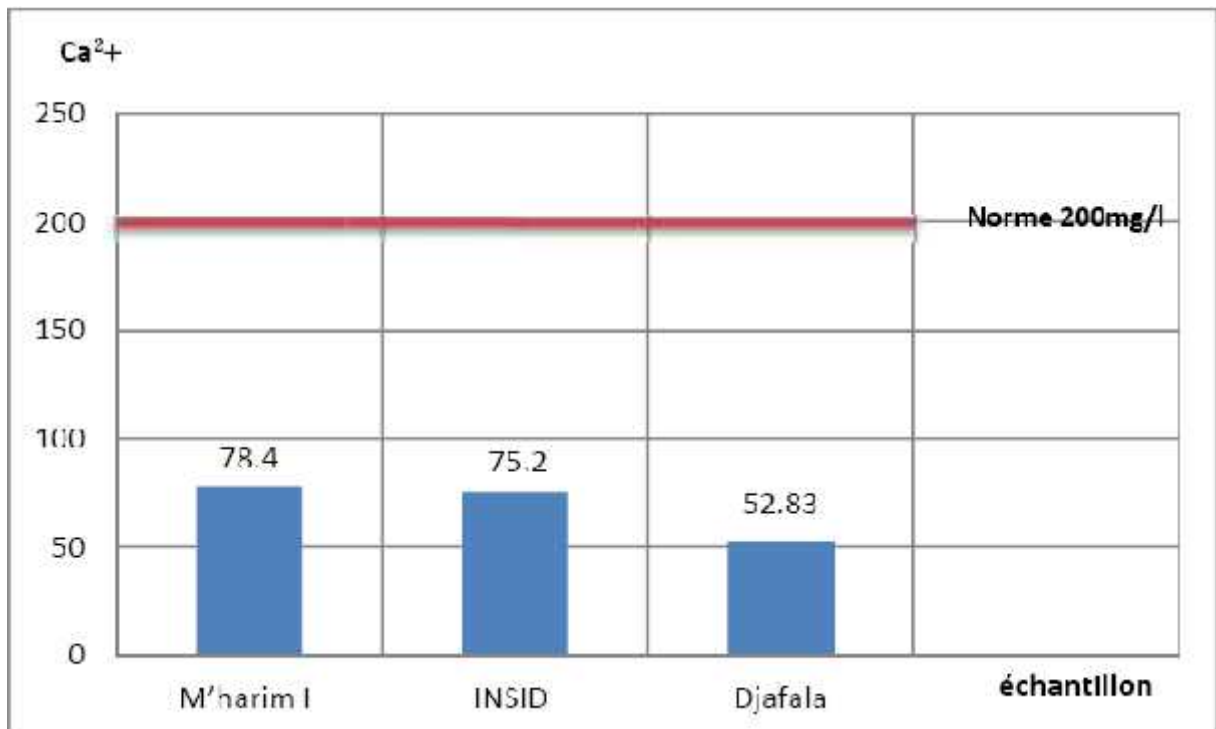


Fig20 Histogramme des résultats de la conductivité électrique en ($\mu\text{S/cm}$) des points de Prélèvement Source :(Noureddine M, Djardjari S ; 2013/2014)

La conductivité électrique est un signe de minéralisation, et selon nos résultats obtenus aux cours des mesures qui varient entre 1482 et 602 $\mu\text{S/cm}$, ces valeurs sont inférieures à la Norme algérienne des eaux potables fixée à (2000 $\mu\text{S/cm}$)

V.3. Discussion des résultats des paramètres chimiques :**V.3.1. Calcium (Ca^{2+}) :****Fig.21** Histogramme des résultats du Calcium (mg/l) des points de prélèvement

Source :(Noureddine M, Djardjri S ; 2013/2014)

D'après les résultats d'analyse illustrée dans la fig. 18, on observe que l'eau des points de prélèvement a une teneur en calcium inférieure aux normes algériennes des eaux potables fixées à 200mg/l.

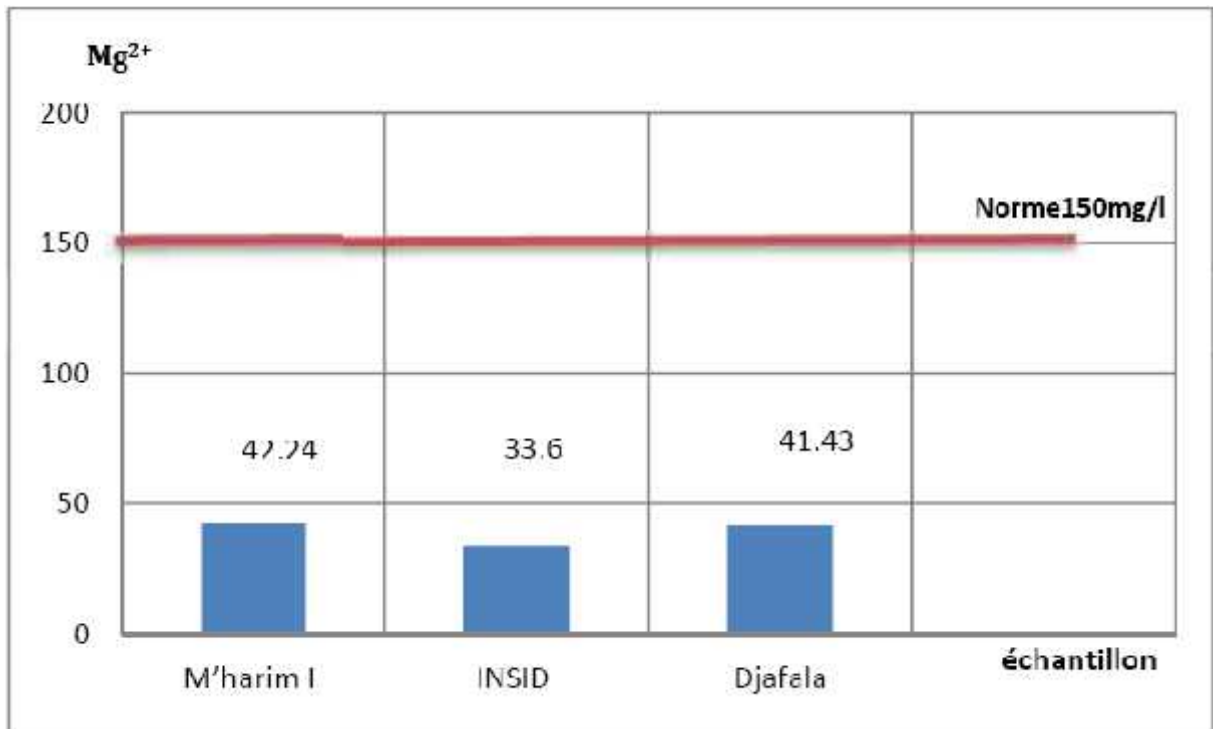
V.3.2. Magnésium (Mg^{2+}) :

Fig.22 Histogramme des résultats du Magnésium (mg/l) des points de prélèvement

Source :(Noureddine M, Djardjari S ; 2013/2014)

Le magnésium est un élément de la dureté de l'eau et sa teneur dépend des terrains traversés.

Nous remarquons que les teneurs en magnésium varient entre 33,6 et 42,24 mg/l pour les trois points de prélèvement.

On peut dire que ces valeurs répondent aux normes algériennes des eaux potables qui sont 150mg/l.

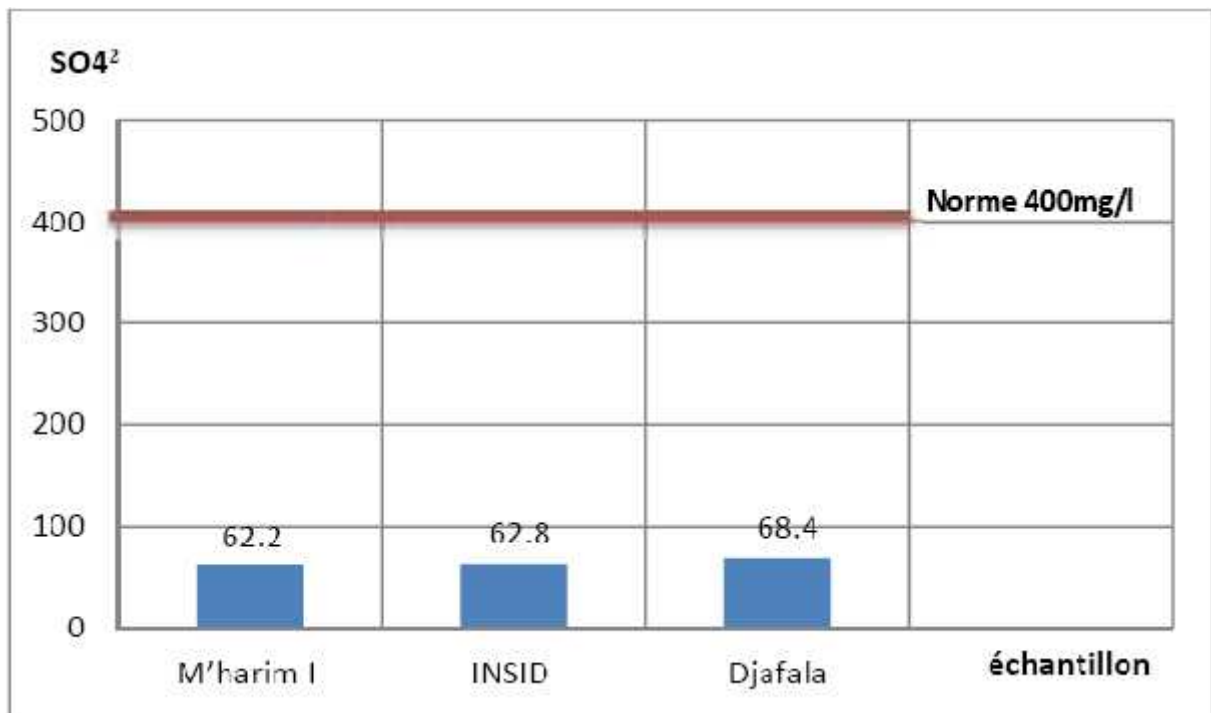
V.3.3 Les Sulfates (SO_4^{2-}) :

Fig.23 Histogramme des résultats des analyses des Sulfates (SO_4^{2-}) des points de prélèvement Source :(Noureddine M, Djardjari S ; 2013/2014)

La représentation graphique des résultats des concentrations des sulfates dans nos échantillons montre clairement que les valeurs des trois prélèvements sont relativement faibles qui varient entre 62,2 et 68,4 mg/l. Cette diminution dépend à la qualité de l'eau. Ces valeurs faibles restent inférieures à la norme algérienne fixée à 400mg/l.

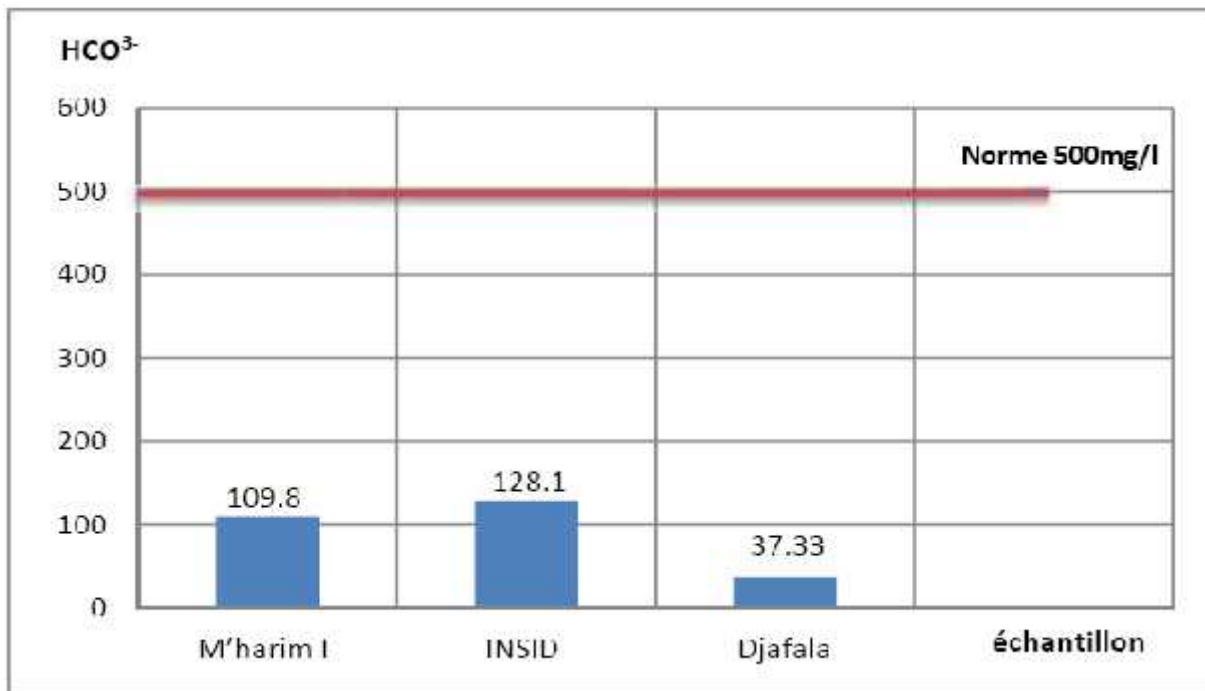
V.3.4. Teneur en bicarbonates (HCO_3^-) :

Fig.24 Histogramme des résultats des bicarbonates (mg/l) des points de prélèvement

Source :(Noureddine M, Djarjar S ; 2013/2014)

• Les résultats montrent que la teneur en bicarbonates (HCO_3^-) varie entre 128,1mg/l et 37,33. Ces valeurs des trois échantillons restent inférieures aux normes de potabilité fixées à 500mg/l

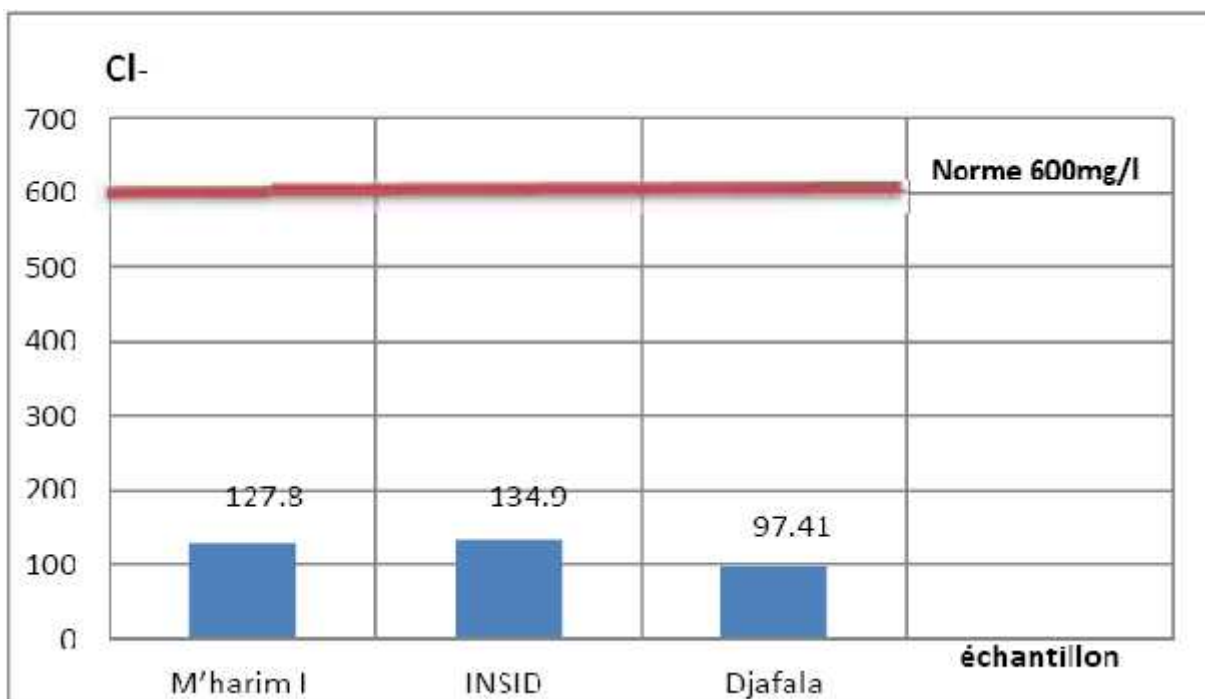
V.3.5.Chlorures (Cl^-):

Fig.25 Histogramme des résultats des Chlorures (mg/l) des points de prélèvement

• Les résultats obtenus montrent que la concentration en chlorures inférieure aux normes algériennes des eaux potables fixées à 600mg/l, donc les eaux des 03 points analysées : F1 M'harim, F. INSID et source Djefala répondent aux normes d'eau potable en chlorure respectivement 127.8, 134.9 et 97.41mg/l.

V.3.6. Nitrates (NO_3^-) :

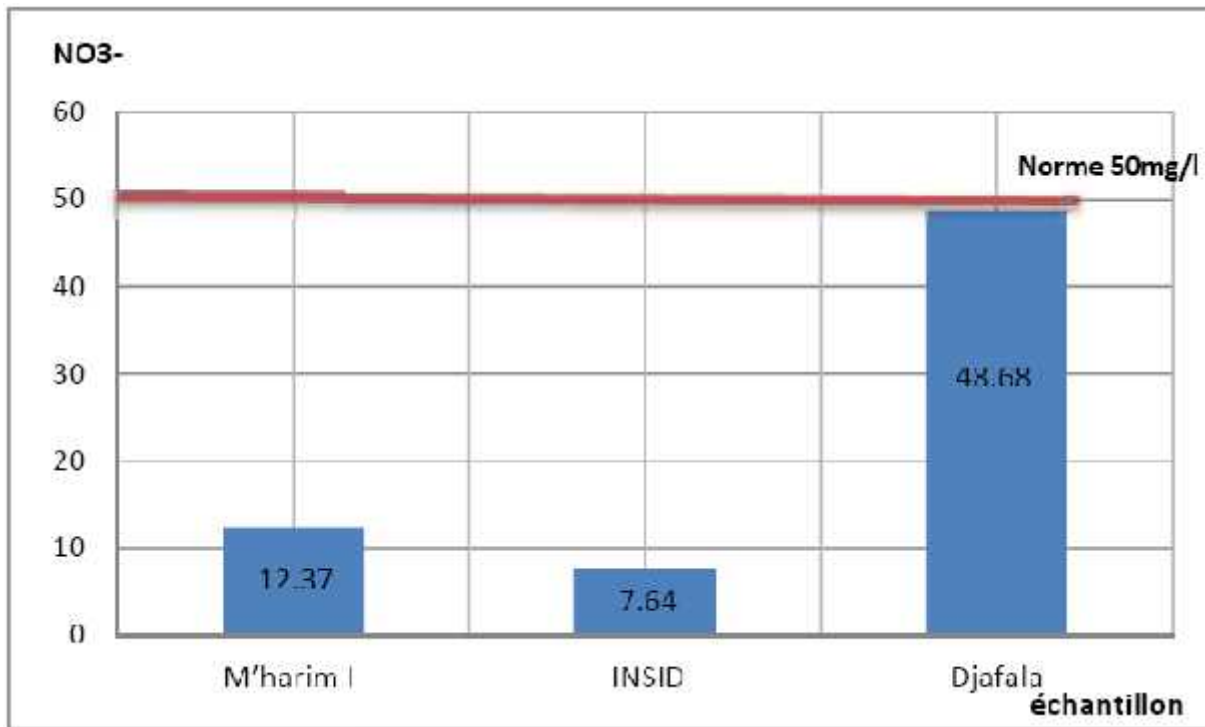


Fig.26 Histogramme des résultats des nitrates (NO_3^-) des points de prélèvement

Source :(Noureddine M, Djardjar S ; 2013/2014)

• Les nitrates sont des sels facilement entraînés en profondeurs par les eaux d'infiltration et leurs présences sont dues principalement à la présence des microorganismes. La présence des nitrates dans les eaux souterraines, résulte d'une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques et industriels ou l'utilisation des engrais chimiques.

• Les résultats obtenus montrent que les concentrations des nitrates dans les eaux des points d'eau étudiés sont comprises entre 7.64 et 48.68mg/l, ces valeurs sont inférieures aux normes de l'eau potable fixées à 50mg/l.

V.4. Résultats des paramètres bactériologiques

V.4.1. Les coliformes :

Les coliformes sont considérés depuis longtemps comme un bon indicateur microbien de la qualité de l'eau de boisson, notamment parce qu'ils sont faciles à détecter et à dénombrer dans l'eau.

Les résultats obtenus pour les analyses bactériologiques sont représentés dans le tableau cité ci-dessous :

Tableau N 6 : Résultats des paramètres bactériologiques

Les germes	Expression de résultat	Normes	Confirmation des trois prélèvements
Coliformes totaux	Nombre/100ml	00	-
Coliformes fécaux	Nombre/100ml	00	-
Streptocoques fécaux	Nombre/100ml	00	-

(-): absence des germes

Les analyses bactériologiques des eaux sont les plus importantes pour la protection publique, elles permettent de détecter les bactéries qui présentent un risque pour la santé humaine.

Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau des 03 points de prélèvement sont nettement nuls, ce qui nous indique que les eaux de ces points ne sont pas contaminées car elles ne renferment pas des germes pathogènes durant la période de prélèvement.

Selon les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, on remarque une absence totale des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux. :(Nouredine M,

Djardjar S ;2013/2014)

V.5. Conclusion

Les paramètres physico-chimiques:

Les différents résultats physico-chimiques des eaux des trois points de prélèvement, confirment sa conformité avec les normes algériennes sauf que les prélèvements ont été réalisés en période des hautes eaux (mois d'avril).

Les paramètres bactériologiques:

Les tests bactériologiques des différents germes: les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, on a noté l'absence totale dans nos échantillons. Donc les eaux des points d'eau prélevés sont de bonne qualité bactériologique dans la période d'échantillonnage en comparaison avec les normes nationales.

Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu (eaux souterraines) et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : La conductivité ; la température ; le pH ; les cations (calcium, magnésium) ; les anions (chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate).

Les résultats ont montré que tous les paramètres physico-chimiques répondent aux normes Algériennes de potabilité en vigueur. Pour les analyses bactériologiques, elles montrent l'absence de la plus part des germes pathogènes dans la période de prélèvement.

Conclusion générale :

- La plaine de Ksar Chellala est située aux confins de l'atlas saharien, elle présente des reliefs modérés et de faibles pentes. Le climat est semi-aride, caractérisé par des précipitations moyennes mensuelles de l'ordre de 243.6 (mm) une température de 17.08 (°C). et du point de vue géologique, la zone d'étude est caractérisée par plusieurs formations. la première est une triasique localisé au Nord, la seconde est Jurassique supérieur dolomitique fissurée avec notamment le Kimméridgien et le Tithonique. et la troisième est Une formation crétacée inférieure essentiellement gréseux et fissurée dont l'Albien et le Barrémien seraient le siège des ressources en eaux importantes. Et le reste ce sont, Le Miocène à caractère transgressif constitué de dépôts continentaux. ainsi que Un Plio-Quaternaire peu épais étendu.

Au propos de l'étude hydrogéologique, la nappe du Plio-Quaternaire située à une très faible profondeur présente un écoulement général orienté SW-NE, un gradient hydraulique de l'ordre de $3,35 \cdot 10^{-3}$ et des niveaux piézométriques peu profonds .et aussi une nappe de l'Albien est recouverte par la nappe superficielle.

D'après la carte piézométrique des nappes de la région sur une carte géologique de 1/50 000. Les écoulements ont une direction Sud-ouest vers Nord-Est. la même orientation des sens d'écoulement a été observé sur la coupe hydrogéologique. Le gradient hydraulique compris entre 0.2 et 0.37%. donc l'écoulement de l'eau souterraine est bon. L'aquifère est très transmissif et constitue un réservoir important.

Références bibliographiques

- **Noureddine Meryem ;(2014) :** Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la région de ksar Chellala (Wilaya de Tiaret). Mémoire d'ingénieur d'état en Nutrition et Technologie Agro-alimentaire 87p
- **Castny .G (1982):** Hydrogéologie principe et méthode .Ed : DUNOD, Paris ,224-227p
- **Ayad, A, (1997) :** Eude hydrologique de la plaine de Ksar Chellala. Ingénieur en chef hydrologique
- **Éric Gilli (2008) :** hydrogéologie ; Objets, méthodes, applications. Professeur à l'université Paris 8 de Vincennes-Saint-Denis
- **Rodi, L :(2005) :** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles ,eaux résiduares ,eaux de mer Chimie ,physico-chimique ,microbiologie ,interprétation des résultats ;8^{ème}Ed : Dunod :Paris 1383p .
- **GERARD, Gros Claude. (1999).**Un point sur l'eau Ed. INRA. Paris.191P.
- **Bersi M. et Massioun Y. :** Identification géoélectrique des potentialités aquifères des zones steppiques (Ksar Chellala, Taguine) 3P
- **Benyahia Leila ;(2007) :** Etude de la qualité des eaux souterraines de la région d'Ain Guesma Mémoire d'ingénieur en écologie-environnement .Université de Tiaret. P1-11.
- **Soltani Yahia ;(2010)** contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine sud orientale de ksar Chellala (wilaya de tiaret)
- **O.N.M :** Station météorologie de Ksar Chellala.

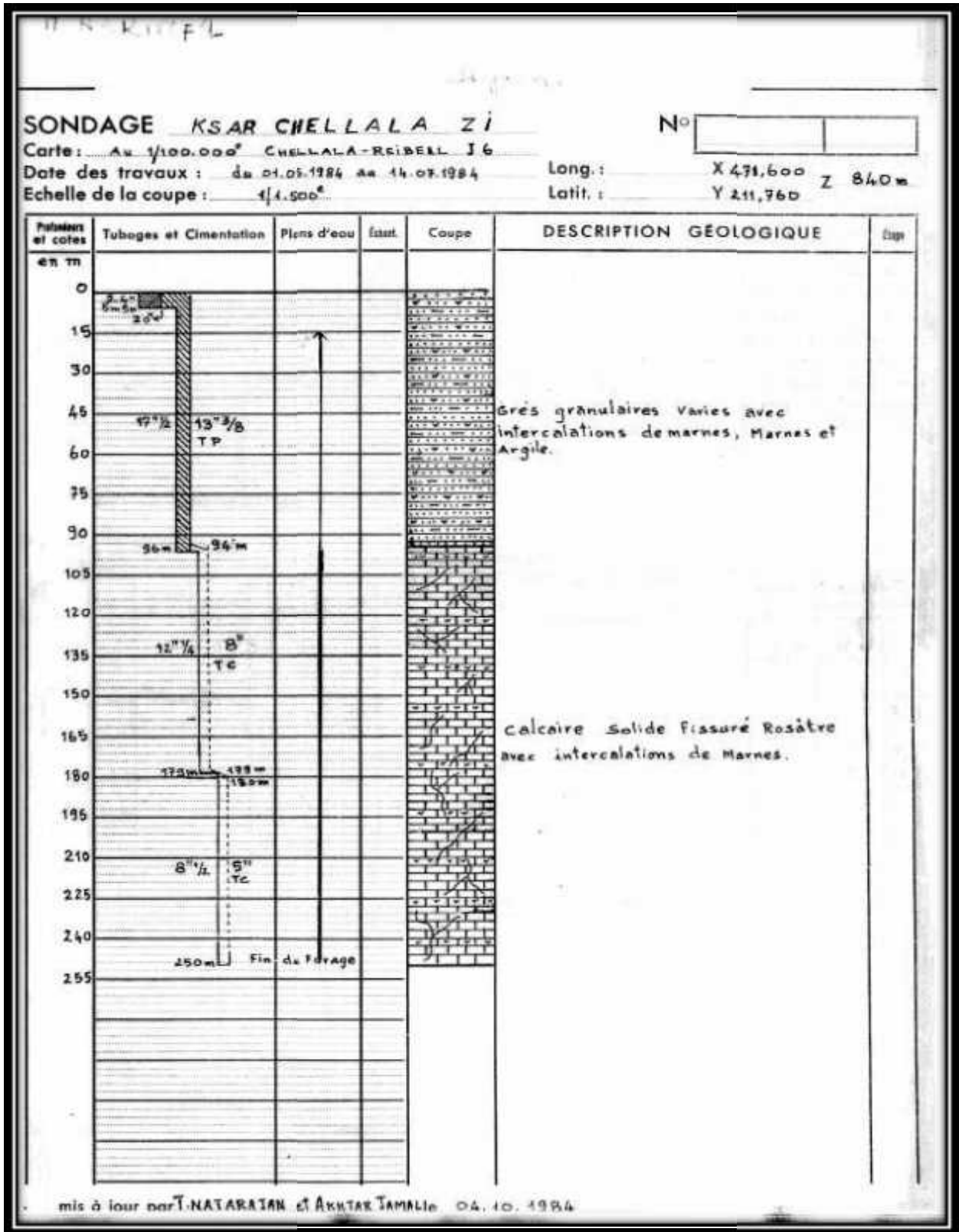
Annexes

Annexes

Annexe N°01: Résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des forages

Nom	Ca	Mg	K	Na	Cl	So4	HCo3	PH
F1	55	42	4	53	133	45	250	7,7
F2	82	42	4	127	196	72	354	7,4
F3	52	55	5	41	81	55	278	8,6
F4	56	43	7	230	302	101	315	8,1
F5	82	42	4	127	196	72	354	7,4

Annexe N°2 : Logs stratigraphiques des forages



SONDAGE KSAR CHELLALA-C.F.R.H

N°

Carte: Au 1/100.000^e RIBELL - J 6

Date des travaux : du 16.8.1983 au 06.2.1984

Long. : X 463,85

Echelle de la coupe : 1/1.500^e

Latit. : Y 215,60 Z

Profondeurs et cotes en m	Tubages et Cimentation	Plans d'eau	Isnt.	Coupe	DESCRIPTION GÉOLOGIQUE	épais
0	24" / 3m / 20" / 10" / 4"				croûte calcaire	
15					calcaire dur blanchâtre à Rougeâtre avec des passages d'Argile rougeâtre à grisâtre	
30	17" / 1/2"					
45	TMS / Tubage 15" / 3/4" / TP 10" / 5/4" / TMS				calcaire tendre blanchâtre à Rougeâtre	
60	70 x 75m / 85 x 83m / TC 60 x 70m					
75	75 x 85m				Grès calcaire granulaires variés calcaire du blanchâtre à Rougeâtre.	
90	TC 70 x 91 / TP 10" / 5/4" / TC 100m				calcaire tendre blanchâtre à Rougeâtre avec des passages d'Argile.	
105						
120	TP / 100m					
135						
150	TP 8" / 100m				Grès calcaire granulaires variés avec des passages de dolomie et de Marne Rougeâtre à grisâtre	
165	160m					
180	TP / 100m				Marne Rougeâtre	
195	150m					
210					Grès calcaires granulaires variés	
225	TC 100m / TP 10" / 5/4" / TC 100m					
240	290m / Fin de Forage				Marne grisâtre	
255						

mis à jour par T. NATARAJAN

le 10.02.1984

SONDAGE KSAR CHELLALA FEAS. Bis

Carte : Au 1:100.000° CHELLALA REIBELL FEUILLE N° 16

Date des travaux : 28.04.83 au 30.09.1983

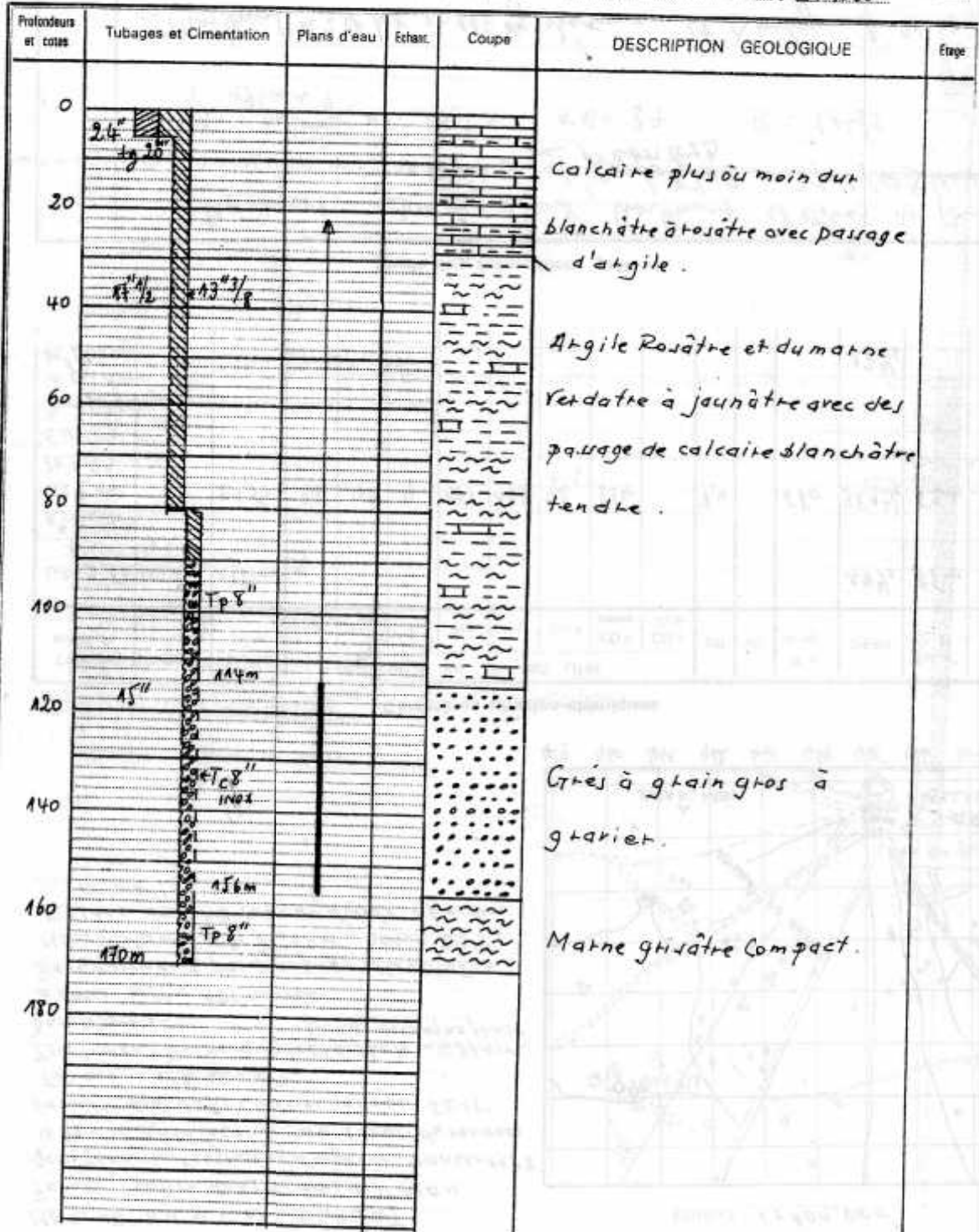
Echelle de la coupe : 1:1000°

N° Fichier Forages

N° Inventaire

Long : X 460,260

Lat : Y 247,855 Z 79



mis à jour par T. NATARAJAN

le 01.10.1983.

SONDAGE KSAR CHELLALA FE 15

Carte : Au 1:100.000 CHELLALA REIBEL Feuille: J6

N° Fichier Forages

N° Inventaire

Date des travaux : NOVEMBRE 1978 - MAI 1979

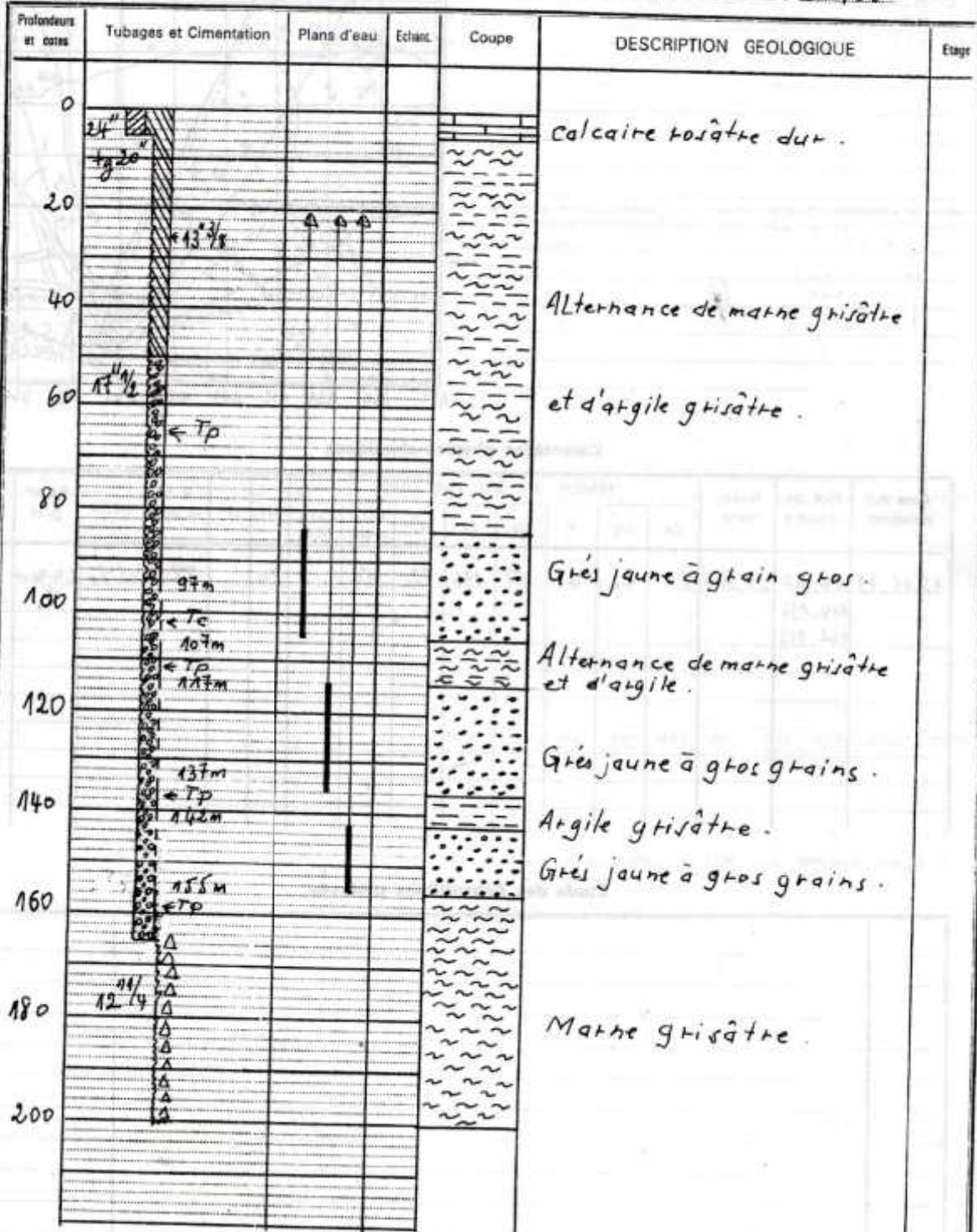
Long :

X 460,25

Echelle de la coupe : 1:1000

Lat :

Y 217,85 Z 792



mis à jour par T. NATARAJAN le 26.03.1980