



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامه خميس مليانة

Université Djilali BOUNAAMA de Khemis Miliana

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

قسم علوم الأرض

Département des Sciences de la Terre

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences de la Terre

Filière : Sciences de la Terre

Option : Hydrogéologie

Thème

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DU
MOYEN CHÉLIF**

Soutenu le 02/07/2015

Présenté par :

Mr. João Yuri Francisco Miguel
Mlle. Tela Mariana Matondo Pumba

Devant le jury :

Mr. Gharbi Benyoucef	Président	UKM
Mr. Abada Abdallah	Examineur	UKM
Mr. Bensaada Mohamed	Examineur	UKM
Mr. Sadoune Ali	Promoteur	UKM

Année Universitaire : 2014 /2015

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la santé, la force, le courage et les moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail.

La famille de Mr. João Yuri Francisco Miguel et la famille de Mlle. Têla Mariana Matondo Pumba.

Nous tenons particulièrement à remercier :

Mr. Sadoune Ali de nous avoir guidé à réaliser ce mémoire.

Mr. Garbbi Benyucef, pour avoir accepté de nous honorer en tant que président du jury.

Mr. Abada Abdallah pour avoir accepté de nous honorer en tant qu'examinateur.

Mr. Bensaada Mohamed pour avoir accepté de faire partie comme membre du jury en tant qu'examinateur.

A Mme. Messelmi Hayette de nous avoir guidé jusqu'à la fin, sa disponibilité constante, ses efforts et ses précieux conseils nous ont permis d'élaborer ce mémoire, M^{lle}. Rachida Mayouf, et aux M^r. Sadeuk Benabbes, M^r. Bouderbala et M^r. Boulifrak Oussama.

Nous remercions aussi à notre gouvernement Angolais de nous avoir donné cette bourse d'étude, au responsable du secteur d'appui aux étudiants à l'ambassade d'Angola en Algérie M^r. Kiafuka Maleta Diedone, le Directeur de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, nous remercions aussi à tous les enseignants du département des sciences de la terre du même établissement.

Aux agents de l'ANRH (Khemis Miliana et Blida) et de la DREW (Ain Defla).

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé de loin ou de près pour que ce travail soit terminé.

JOAO et Têla

Dédicace

Je remercie Dieu le tout puissant pour soutenir durant tous ses années mes sincères remerciements. à mes parents qui m'ont mis dans ce monde.

Yango Tela et Bernadeth Lungieki Pumba symbole de sacrifice, et d'amour, vous avez comblé ma vie de tendresse d'affection et de compréhension.

Rien au monde ne pourrait compenser les efforts et les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être, et la poursuite de mes études. Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte. Des parents exemplaires que sans vous, je ne serais pas à la hauteur de ce que je suis aujourd'hui. Puisse Dieu, vous procure santé, bonheur et longue vie.

*La famille **Pumba** et **Tela**, mon beau frère **Kabamba Pascoal**, mes Frères et Sœurs, mes Neveux et mes Nièces, (**Chantal, Ady, Blanda** etc...) **Natalia, Ruth Matilde, Moises, Geovania, Gloria** qui m'ont supporté durant mon **dégoutage** et qui m'ont beaucoup encouragé, à poursuivre mes études.*

*A mon binôme **João Yuri Francisco Miguel** pour avoir accepté de travailler avec moi, et pour son encouragement et patience.*

*A mes amis et amies **Muangongo Ivanete, Kamba Isabel, Marcia francisco, sandra veloso, Luciano lupedia**, a mon amie mozambicaine **Nhantumbo Yula** qui m'ont supporté et m'on aidé à traverser plusieurs phases de mon parcours universitaire, avec vous j'ai trouvé une nouvelle famille. A **Victorina lutonadio, Ilda da conceicao** merci beaucoup à vous tous d'être là pour moi, sachez que j'y serais là pour vous aussi.*

*A toute la promotion **2ème année master hydrogéologie** à qui mon amie je souhaite plein de succès dans la vie professionnelle ainsi que pour tout le reste.*

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont contribué de près où de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Ce mémoire vous est dédié à tous.

Tela Mariana

Dédicaces

Je remercie Dieu le tout puissant pour me soutenir durant tous ses années.

*Je remercie mes parents **Agostinho Francisco João et Teresa Miguel** pour leurs présence constante, leur soutien dans toutes les domaines de ma vie. Je vous aime énormément.*

*Je dédie aussi a mon beau père **João Gomes Rodrigues Leitão** pour m'avoir toujours conseillé a m'attacher aux études.*

*Je remercie ma deuxième mère **Esperança Francisco João Agostinho** pour m'avoir toujours comme un fils et avoir pensé à mon avenir en me proportionnant cette bourse d'étude.*

A Angélica Agostinho, Emanuel Antonio, José Agostinho pour le soutien.

*Je dédie ce mémoire toute la famille **Agostinho** et à la famille **Miguel** (oncles et tantes, Cousins et cousines, neveu et nièces).*

*Je remercie mes frères **Mino, Zitinho, Floyd, Chico et Gugu, Cali** et mes petites sœurs **Kistinha, Natàlia, Vanice et Érica**.*

*A mon binôme **Tela Mariana Matondo Pumba** d'avoir accepté de travailler avec moi.*

*A mes grands amis **Candido Eduardo João (Cadijo), Mendeleïev Farel, Paulo Gourgel, Sérgio Calado , Ibrahima Bamba** et mon neveu et mon ami **Alexandre Baptista (Chandinho)**.*

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont contribué de près où de loin pour la réalisation de ce mémoire.

*A celle qu'a toujours était la pour moi, dans les pires et bons moments, ma très chère copine et amour de ma vie: **Ivanete Musseno Da Conceição Muangongo (Muhanda Tchiviva)**.*

*Je dédie spécialement ce mémoire a ma grande mère, celle qui était très chère à moi, **ÂNGELA CUIMBRA** je prie Dieu toujours pour qu'il t'accepte et te garde avec lui.*

*Je t'aime et je t'aimerais toujours **Canjila** .*

João Yuri

Résumé

L'étude hydrogéologique des différents aquifères du secteur d'étude a été basée sur l'étude lithostratigraphique et structural ainsi que la nature et la géométrie des différentes formations. Ceux-ci ont permis de mettre en évidence les formations susceptibles d'être aquifères au niveau du secteur d'étude, il s'agit :

- Des formations alluvionnaires du Quaternaires
- Les formations gréseuses et conglomératique du Miocène
- Les calcaires fracturés et karstifiés du Jurassique.

L'établissement des cartes piézométrique et des cartes en iso-teneurs a permis de déterminer les zones de drainances, dont l'axe principal d'orientation Est-Ouest correspond à l'axe de la vallée et les zones d'alimentations ainsi que la direction des écoulements.

L'étude hydrogéochimique permet de classer les eaux de la zone d'étude par différentes méthodes afin de déterminer leur faciès chimique et de comparer leurs teneurs aux normes de l'OMS.

Mots clés : – Géologie – Géophysique - Hydrogéologie – Hydrochimie- Moyen Chélif

Summary

The hydrogeological study of the different aquifers in the study area was based on lithostratigraphic and structural as well as the nature and geometry of the different study. These have helped to emphasize the training perhaps aquifers in the study area, it is:

- The Quaternary alluvial formations.
- The conglomeratic sandstone formations and Miocene
- The limestone fractured and karstified Jurassic.

The establishment of piezometric maps and maps of iso-levels will help to determine areas drainances and power and the direction of flow.

The hydrogeochemical study classifies the waters of study by different methods and compares their contents to WHO standards rules.

Keys words: - Geology- Geophysics –Hydrogeology -Hydrogeochemistry- Moyen Chélif

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Introduction Générale et Situation Géographique Page.

1. Introduction générale	1
2. Objectifs de l'étude.....	2
3. Situation géographique.....	2

Chapitre I Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique.

I.1 Chapitre Géomorphologique.....	5
I.1.1 Introduction.....	5
I.2 Géomorphologie de la région d'étude	5
I.2.1 Paramètres de formes	6
A. Indice de compacité de Gravelius	6
B. Rectangle équivalent	7
I.2.2 Paramètres du relief	8
I.3 Contexte pédologique.....	8
I.4 Végétation	9
I.5 Réseau hydrographiques	9
I.6 Conclusion.....	9
I.7 Etude Hydroclimatologique.....	9
I.7.1 Introduction.....	9
I.7.2 Climat.....	9
I.7.3 Etude des précipitations.....	10
I.7.4 Le réseau pluviométrique.....	10
I.8 Etude des précipitations moyennes mensuelles (période 2000-2012).....	10

I.8.1 Etude des précipitations moyennes annuelles (Période 2000-2012).....	12
I.8.9 Calcul de la lame précipitée moyenne.....	14
A) La méthode Arithmétique.....	14
B) La méthode des Polygones de Thiessen.....	15
I.9 Etude des températures.....	16
I.9.1 Etude des températures moyennes mensuelles et annuelles.....	16
I.9.2 Evapotranspiration ou déficit d'écoulement.....	18
I.9.3 Calcul de l'évapotranspiration potentielle et réelle par la méthode de Thornthwaite....	19
I.9.4 Calcul de l'évapotranspiration réelle.....	20
I.10 Ruissellement.....	21
I.10.1 Etablissement du bilan hydrologique relatif à la région d'étude.....	21
I.10.2 Conclusion.....	22

Chapitre II Géologie

II.1 Introduction.....	24
II.2. Cadre géologique régional	26
II.3 Analyse structurale	26
II.4. Lithostratigraphie	27
II.4.1 Les formations autochtones	28
A- Les formations paléozoïques :.....	29
B - Les formations mésozoïques	29
C - Les formations cénozoïques	29
II.4.2 Les terrains allochtones	30
II.5 Conclusion.....	33

Chapitre III Géophysique

III.1 Introduction	35
--------------------------	----

III.2 Echelle de résistivité	37
III.3 Interprétation des coupes	37
A) Coupes géoélectrique MCD3-MCD4	38
B) Coupe géoélectrique MFG3	39
C) Coupe géoélectrique MEF6	38
D) Coupe géoélectrique MH3	38
E) Coupe géoélectrique MN4-MN5	38
F) Coupe géoélectrique MO3-MNO4	39
III.3.1 Coupe géoélectrique	39
III.4 Interprétation des différentes cartes	42
a) Carte des résistivités apparentes en AB = 300m	42
b) Carte de résistivité En AB = 3000 m	43
III.V Conclusion	46

Chapitre IV Hydrogéologie

IV.1 – Introduction.....	48
IV.2 -Les Paramètres hydrodynamiques des différentes formations aquifères.....	48
IV.3 Comparaison des résultats de l'étude géophysique avec les données des forages.....	49
IV.4 Étude Piézométrique de la Région.....	52
IV.4.1 Inventaire des points d'eau.....	52
IV.4.2 Interprétation des cartes piézométriques.....	53
IV.4.2.1 Interprétation des cartes piézométriques de l'année 2010/2012.....	53
IV.4.2.2 Alimentation de la nappe.....	55
IV.4.2.3. L'exutoire de la nappe.....	55
IV.4.3 Etude de la variation du gradient hydraulique.....	56
IV.5 Les paramètres hydrodynamiques.....	56
IV.6 Conclusion	57

Chapitre V Hydrochimie

V.I Introduction.....	59
V.2 Evolution spatiale de la chimie des eaux.....	60
V.2.1 Le résidu sec et la conductivité électrique.....	64
V.2.2 Le pH.....	64
V.2.3 Courbes des iso – teneurs.....	64
a) Teneurs en calcium (Ca^{++}).....	65
b) Teneurs en magnésium (Mg^{++}).....	66
c) Teneurs en Sodium (Na^+).....	67
d) Teneurs en Chlorures (Cl^-).....	67
e) Teneurs en Sulfates (SO_4^-).....	68
f) Teneurs en Bicarbonates (HCO_3^-).....	69
g) Teneurs en Nitrates (NO_3^-).....	70
V.3 Représentations graphiques et classification des eaux.....	72
V.3.1 Classification des eaux selon le diagramme de Piper.....	72
V.3.2 Classification des eaux selon le diagramme de Schoeler-Berkaloff.....	76
V.4 Conclusion.....	81
VI. Conclusion générale.....	82

Références Bibliographiques

Annexes

Liste des Tableaux

Titre du tableau	Pag.
Tab.1: Paramètres géométriques des sous bassins de la région du moyen Chélif source ANRH (Blida).....	5
Tab. 2: Résultats de paramètres géométriques des sous bassins de la région du moyen Chélif source ANRH (Blida).....	7
Tab. 3: Caractéristiques des stations pluviométriques (d'après ANRH, Khemis).....	10
Tab. 4: Précipitations moyennes mensuelles (Période 2000-2012).....	11
Tab. 5: Précipitations moyennes annuelles (période 2000-2012).....	13
Tab. 6: Estimation de la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen.....	16
Tab. 7: Températures moyennes mensuelles à la station d'El Attaf (ANRH, 1913-1938).....	17
Tab. 8: Bilan d'eau selon la méthode de THORNTHWAITE «Application aux données climatologiques d'El Attaf (période 1913-1938)	19
Tab. 9: Evapotranspiration réelle relative au secteur d'été de Période (1922/1960-1969/1989).....	21
Tab. 10: Echelle des résistivités utilisées.....	37
Tab. 11: Les différentes formations aquifères.....	48
Tab. 12: Corrélation entre les logs de forages.....	52
Tab. 13: Résultats des paramètres hydrodynamiques, (D. Pradine 1971).....	57
Tab. 14: Valeurs du Résidu sec, de la conductivité et du pH des points d'eau en période 2012 (ANRH).....	61
Tab. 15: Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Juin 2012 (ANRH).....	62
Tab. 16: Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Octobre 2012 (ANRH).....	63
Tab. 17: Normes internationales d'une eau potable selon I OMS.....	64
Tab. 18: Classifications des eaux d'après le diagramme de Piper, pour la période de Juin 2012.....	72
Tab. 19: Classifications des eaux d'après le diagramme de Piper, pour la période d'octobre.....	74
Tab. 20: Classifications des eaux d'après le diagramme Schoeler-Berkaloff, pour la période de Juin 2012.....	76

Liste des figures

<u>Figure</u>	<u>Page</u>
Fig. 1 Carte de situation de la zone d'étude (Mokrane Zeddine et Sadia Safia 12/13)	3
Fig. 2: Carte de situation des sous bassins de la zone d'étude (ANRH).....	6
Fig. 3: Variation des précipitations moyennes mensuelles (période 2000-2012).....	12
Fig. 4: Variations des précipitations annuelles (période 2000-2012).....	14
Fig.5: La surface du bassin versant divisée en polygones.....	15
Fig.6: Températures moyennes mensuelles minimales et maximales (période 1913/1938) station d'El Attaf.....	18
Fig. 7: Carte géologique d'El Abadia (Ex-Carnot).....	25
Fig. 8: Cadre géologique (Perrodon 1967 - Mattauer 1958).....	27
Fig. 9 : Log lithostratigraphique de la région du moyen Chélif.....	28
Fig.10 : Schéma structurale du bassin du Cheliff.....	31
Fig. 11 : Coupe géologique d'après S.N. REPAL (1964).....	32
Fig. 12 : Carte des situations des sondages (Messelmi Hayette 2011).....	36
Fig. 13 : La Coupe MCD3-MCD4.....	39
Fig. 14 : La Coupe MFG3	40
Fig. 15: La Coupe MFE6 et la Coupe MEF9	40
Fig. 16: La Coupe MH3 / les Coupes MH4-MH5	41
Fig. 17: Les Coupes MN4-MN5	41
Fig. 18: Les Coupes MO3-MNO4 / MO5-MO6 / MO6-MO7 / MO7_MO8	42
Fig. 19: Cartes de résistivité apparente en AB=300 m d'après CGG, 1969 (Messelmi Hayette 2011)	44
Fig. 20: Carte de résistivité apparente en AB=3000 m d'après CGG 1969 (Messelmi Hayette 2011)	45
Fig21: Carte de situation des coupes géologiques (Richa Amina 2009/ 2010)	50
Fig. 22: Coupes géologiques interprétatives (Richa Amina 2009/2010)	51
Fig. 23: Carte d'inventaire des points d'eau (voir annexe)	52
Fig. 24: Carte piézométrique de la période des Hautes eaux (Avril 2010)	53

Fig. 25: Carte piézométrique de la période des basses eaux (Octobre de 2010)	54
Fig. 26: Carte piézométrique de la période des hautes eaux (Mai 2012)	54
Fig. 27: Carte piézométrique de la période des basses eaux (Octobre de 2012)	55
Fig. 28: Variation de la conductivité en fonction du résidu sec pour les points d'eau de Juin 2012	61
Fig. 29: Variation de la conductivité en fonction du résidu sec pour les points d'eau d'Octobre 2012	61
Fig. 30: Carte d'isoteneurs de Ca^{++} (mg/l) Juin	65
Fig. 31: Carte d'isoteneurs de Ca^{++} (mg/l) Octobre	66
Fig. 32: Carte d'isoteneurs de Mg^{++} (mg/l) Juin	66
Fig. 33: Carte d'isoteneur de Mg^{++} (mg/l) Octobre	67
Fig. 34: Carte d'isoteneur de Cl^- (mg/l) Juin	68
Fig. 35: Carte d'isoteneur de Cl^- (mg/l) Octobre	68
Fig. 36: Carte d'isoteneur de SO_4^{--} (mg/l) Juin	69
Fig. 37: Carte d'isoteneur de SO_4^{--} (mg/l) Octobre	69
Fig. 38: Carte d'isoteneur de HCO_3^- (mg/l) Juin	70
Fig. 39: Carte d'isoteneur de HCO_3^- (mg/l) Octobre	70
Fig. 40: Carte d'isoteneur de NO_3^- (mg/l) Juin	71
Fig. 41: Carte d'isoteneur de NO_3^- (mg/l) Octobre	71

Liste des abréviations

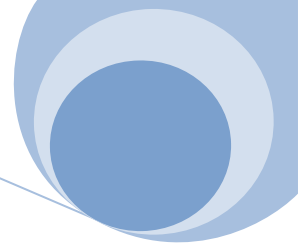
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

CCG : Campagne Générale de Géophysique

IFES: Icosium Forages Engineering Services.

DREW : Direction de Ressource en Eau de la Wilaya.

UKM : Université de Khemis Miliana.



I. Introduction générale

La géologie est la science qui traite de la composition, de la structure, de l'histoire et de l'évolution des couches internes et externes de la Terre, et des processus qui la façonnent.

Un log géologique ou échelle stratigraphique est un outil de connaissance géologique très utilisé en stratigraphie. Il s'agit d'une représentation schématique de la succession des couches géologiques d'un terrain. Il peut être levé lors de la réalisation d'un forage de reconnaissance, ou par l'étude des affleurements.

Idéalement, le log représente chaque couche géologique d'une succession stratigraphique à savoir :

- Sa lithologie
- Son épaisseur
- L'âge géologique

Le travail réalisé s'organise autour des axes suivants :

- Étude hydroclimatologique dont l'objectif est de faire un bilan hydrologique et de déterminer l'infiltration et les paramètres physiques de la zone d'étude.
- Une approche géologique de la région afin de déterminer la structure générale et identifier les horizons susceptibles d'être aquifères, localiser les accidents tectoniques pouvant constituer les zones de drainage ou d'intercommunication entre les différents aquifères.
- L'examen et l'interprétation des travaux géophysiques réalisés dans la zone d'étude pour préciser la nature et la géométrie des différentes formations.
- Une étude hydrogéologique afin de déterminer les paramètres hydrodynamiques des différents horizons aquifères en passant par la piézométrie pour préciser les directions d'écoulement et les zones de drainages des eaux souterraines.
- Une étude qualitative des eaux basée sur des analyses et la détermination des faciès Chimiques des eaux.



II. Objectifs

Les objectifs assignés à cette étude concernent essentiellement:

- La détermination de la lithostratigraphie et la structure géologique des différentes formations.
- Evolutions physico-chimique des eaux des différents aquifères
- Les zones d'alimentation de la nappe d'eau.

III. Situation géographique :

La plaine de Moyen Chélif correspond à une cuvette intra montagneuse située à 175 km au Sud Ouest de la capital Alger (fig.1.1), elle est limitée par:

- Au Nord par le Djebel Baskra et le flanc sud de Dahra.
- Au Sud par les calcaires jurassiques du Djebel Rouina.
- A l'Est par le Djebel Doui.
- A l'Ouest par le Djebel Bouksir.

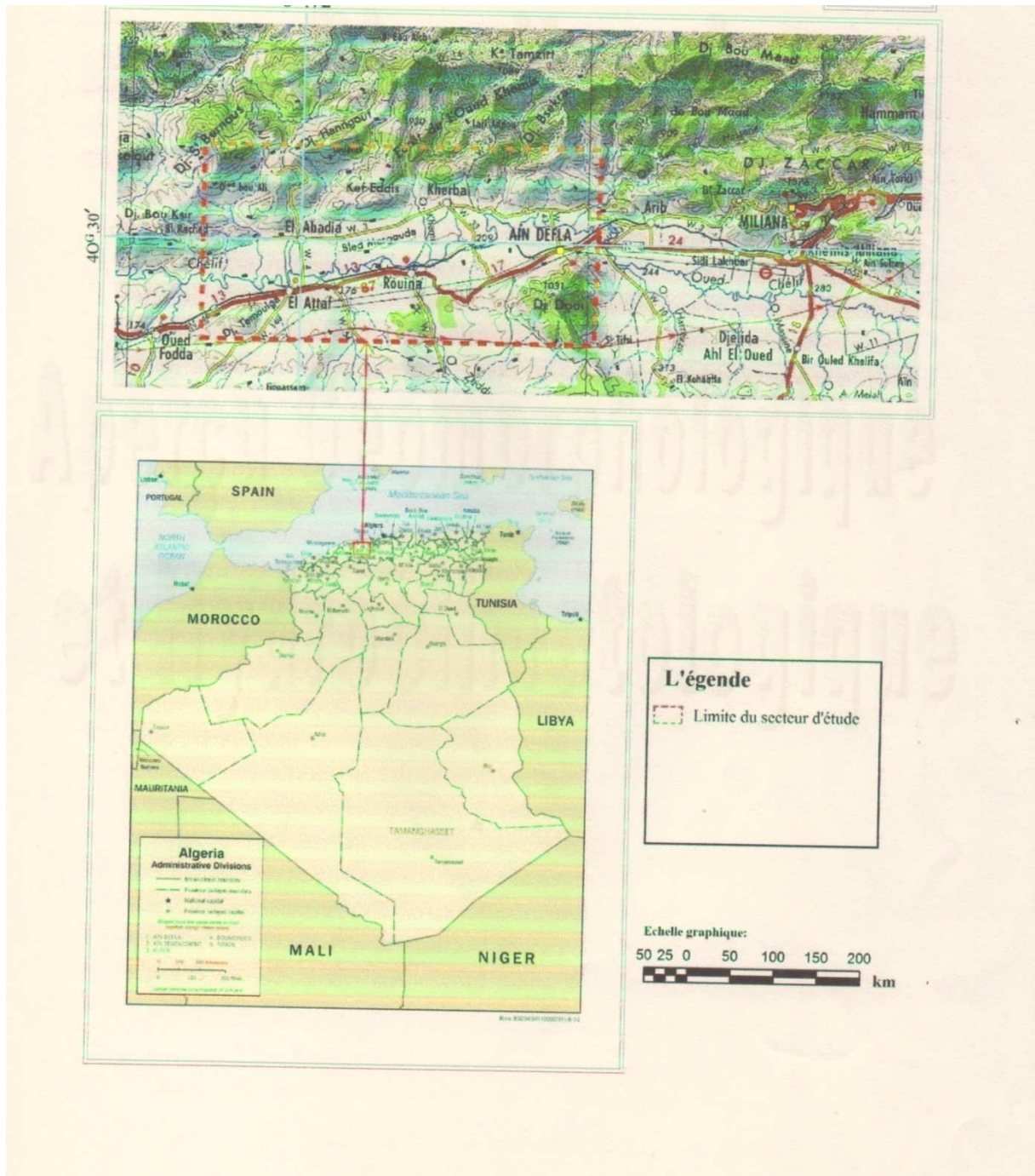
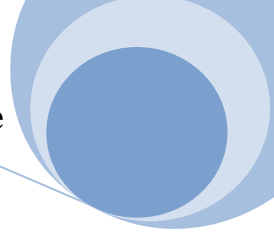


Fig. 1 Carte de situation de la zone d'étude (Mokrane Zeddine et Sadia Safia 2012/2013)



I.1 Etude Géomorphologique

I.1.1 Introduction

L'analyse du comportement hydrologique (l'écoulement, l'infiltration etc.) d'un bassin versant nécessite la connaissance des caractéristiques topographiques et morphologiques, telles que :

-La forme, le relief, la disposition du réseau hydrographique, la nature du sol et le couvert végétal.

I.2 Géomorphologie de la région d'étude :

La zone d'étude appartenant au bassin de l'Oued Chélif, est subdivisée au point de vue géomorphologique en quatre sous- bassins codés (01-18), (01-19), (01-20), (01-21) drainés respectivement par l'Oued Ebda, l'oued Rouina-Zeddine, et l'oued Chélif Tikazale.

Tableau 1: Paramètres géométriques des sous bassins de la région du moyen Chélif source (ANRH Blida).

Code et nom de sous bassin	Superficie (km ²)	Périmètre (km)
01-18 (Ebda)	681,6	141,1
01-19 (Rouina-Zeddine)	898,6	173,7
01-20 (Tikazele)	570,6	142,6
01-21 (Oued Fodda)	1161	212,8

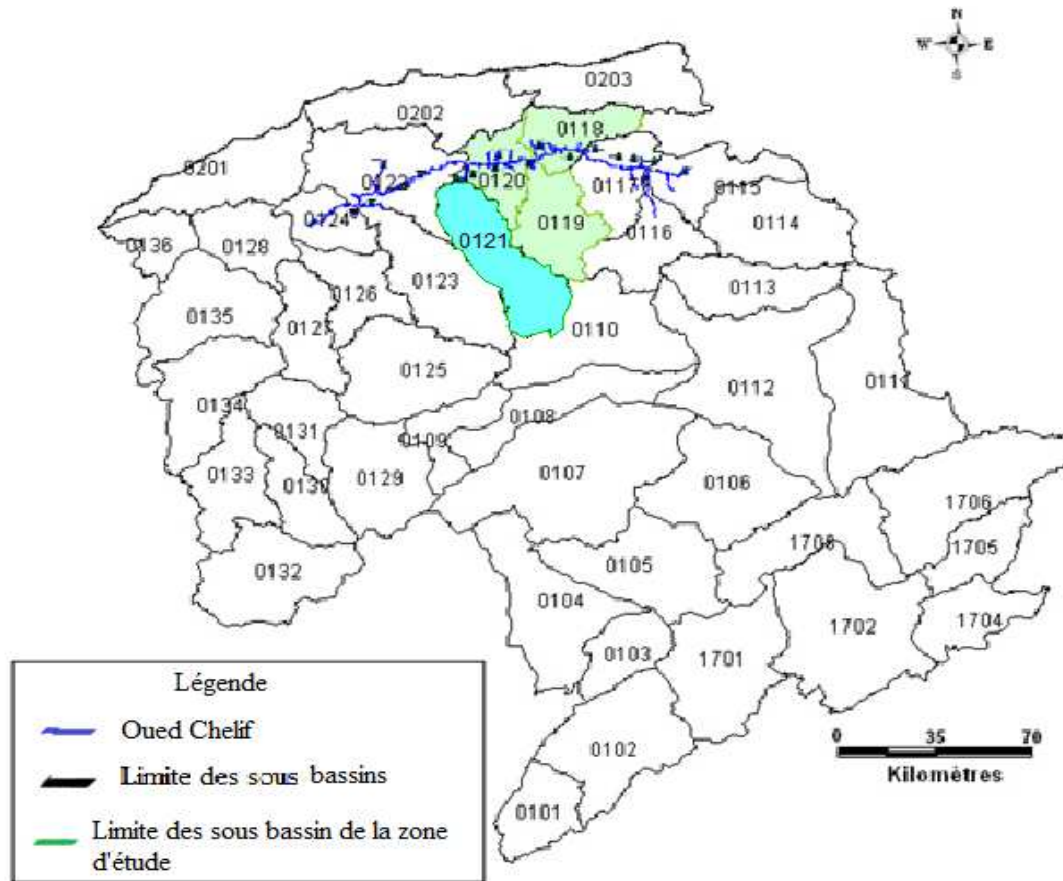


Fig. 2: Carte de situation des sous bassins de la zone d'étude (ANRH)

I.2.1 Paramètres de forme :

La forme des bassins versants traduite par l'indice de compacité a une influence directe sur l'écoulement, qui compare le périmètre du bassin considère a celui d'un cercle de même surface. Un bassin versant allongé ne réagira pas de la même façon qu'un bassin versant de forme ramassée.

A. Indice de compacité de Gravelius :

Défini comme le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface (Wisler & Brater, 1959; Roche, 1963; Ward, 1975; OMM, 1996). Si le périmètre du bassin est noté P et sa surface A , le coefficient de compacité s'exprime par:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Chapitre I. Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique

Avec :

K_c : Indice de compacité de Gravelius.

A : Surface du bassin versant [Km²].

P : Périmètre du bassin versant [Km].

B. Rectangle équivalent :

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve les mêmes paramètres de forme et par conséquent la même répartition hypsométrique.

La dimension du rectangle équivalent est calculée par la formule :

$$Lr = \frac{KG\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG} \right)^2} \right]$$

$$Lr = \frac{KG\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG} \right)^2} \right]$$

Avec :

L_r : Longueur du rectangle équivalent (Km).

l_r : Largeur du rectangle équivalent (Km)

Tableau 2: Résultats des paramètres géométriques des sous bassins de la région du Moyen Chélif (ANRH Blida).

Code et nom du sous Bassin	Indice de Compacité de Gravelius	Longueur du rectangle équivalent (Km)	Largeur du rectangle équivalent (Km)	Observation
(Edba) 01-18	1,51	18,40	13,6	Allongée
(Rouina Zeddine) 0 1-19	1,62	22,98	14,86	Allongée
(Tikazale) 01-20	1,67	21,88	13,74	Allongée
(Oued Fodda) 01-21	1,74	28,54	16,45	Allongée

D'après les résultats de ce tableau et les valeurs de l'indice de compacité obtenues pour les sous bassins de l'Oued Fodda, Oued Tikazale, et l'Oued Rouina- Zeddine montrent que nous avons affaire à des bassins qui présentent une forme assez allongée, et le bassin de L'Oued Ebda est le moins allongée que les précédents .

I.2.2 Paramètres du relief :

Le relief c'est un des facteurs dominants sur la rapidité de la concentration des eaux à l'exutoire du bassin versant, et même d'approcher les paramètres hydro climatologiques moyens en tenant compte des gradients altimétriques. (Djelouli, 2000).

I.3 Contexte pédologique:

D'après (Boulaine 1956-1957; Daoud, 1983) la composition du sol de la plaine est formée par des alluvions quaternaires, ce sont des sols en majorité peu différenciés.

D'après la carte pédologique des sols de Carnot, on constate également que l'unité hydrogéologique de la région est caractérisée par une couverture pédologique de dominance alluvionnaire (Remaoun, 2007).

L'analyse de la carte pédologique de la zone d'étude montre les types des sols suivants:

- Sols alluviaux non évolués: il s'agit des sols non évolués des dépôts sableux du lit et des bourrelets des oueds, caractérisés par une nature légère (sables fins et limons) perméable, avec une couverture moins perméable.
- Sols engorgés par l'eau : ce sont des terrains engorgés d'eau provenant soit des réseaux hydrographiques, soit des nappes phréatiques ou bien des inondations temporaires hivernales.
- Sols calciques : formés sur carapaces calcaires, peu épais, qui recouvrent une carapace calcaire consolidée.
- Sols alluviaux évolués : ils sont de plusieurs natures (tirsifiés complexes, solonchiques ...), ce sont des terrains argileux limoneux peu perméables avec l'existence des horizons calcaires.
- Sols colluviaux et sols alluviaux des affluents mineurs : ce sont des sols provenant des carapaces calcaires gréseuses, de nature variable caillouteuse, parfois sableuse et limoneuse.
- Sols très évolués : on les trouve parfois partiellement décalcifiés et parfois décalcifiés lessivés, ils portent la même composition pédologique limoneuse argileuse très hétérogène.

I.4 Végétation :

Du point de vue hydrogéologique l'abondance de la végétation réduit le ruissèlement et diminue le transport de matériaux en suspension. L'analyse de la répartition de la végétation dans la région, montre que sur le plan topographique les zones déprimées, procèdent une prédominance de cultures céréales et maraichères limitées aux affleurements Miocènes (la plaine et les terrasses alluviales) Ces secteurs sont caractérisés par des pentes assez faibles, nous avons constaté en outre que les zones qui possèdent une élévation forte, sont liées caractérisés par une nature forestière, d'où on rencontre lors de belles forêts de chênes lièges (Remaoun, 2007; Messelmi, 2011), (Benamar Mohamed Abdalilah 2012)

I.5 Réseau hydrographiques :

Le réseau hydrographique représente l'ensemble des cours d'eau permanents et temporaires ainsi que les talwegs, dont les eaux s'écoulent de surface, la partie infiltrée dans les nappes constitue une composition d'écoulement souterrain (Bradai, 2006).

La plaine du moyen Chéelif oriental est drainée par un réseau hydrographique bien marqué, dont les ramifications principales sont constituées par les affluents de l'Oued Chéelif, situé à la partie inférieure du bassin, notant que son lit est plus large que les affluents et son débit est abondant.

Suivant la région d'étude, les climats et les reliefs nous obtenons des formes et densités différents, les réseaux hydrographiques et leur forme où densité sont influencés par la nature lithologique dans laquelle circulent les eaux et par leurs structures tectoniques.

I.6 Conclusion

La plaine du moyen Chéelif oriental appartient aux quatre (04) sous bassins qui sont caractérisés par une forme géomorphologique allongée, elle possède un climat continental semi-aride. Elle se compose d'un sol formé par des alluvions quaternaires en surface.

I.7 Etude Hydroclimatologique

I.7.1 Introduction

Les différentes variations de la quantité d'eau emmagasinée dans la réserve d'eau souterraine reposent intimement sur les apports (précipitations) et leurs répartitions (ruissèlement, infiltration, évaporation, évapotranspiration) à la surface du sol, ce qui exige dans une étude hydrogéologique d'une région de passer par ces différentes caractéristiques hydro climatologiques.

I.7.2 Climat

La région est caractérisée par le type continental semi-aride, sec en été et pluvieux de forte intensité en hiver (Bradai, 2006). La répartition des précipitations dans la région se caractérise par une irrégularité interannuelle (Remaoun, 2007).

I.7.3 Etude des précipitations

La pluviométrie de l'Algérie a été étudiée jusqu'ici par plusieurs auteurs, toutes les données pluviométriques adaptées aux études anciennes ont été traitées avant 1963 après que les stations pluviométriques ont connu un arrêt jusqu'au 1968.

I.7.4 Le réseau pluviométrique

Le réseau pluviométrique du secteur d'étude comporte 5 stations pluviométriques, dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau 3.1.

Tableau 3: Caractéristiques des stations pluviométriques (d'après ARNH, Khemis).

Stations Pluviométriques	Altitude (m)	Coordonnées Lambert	
		X (km)	Y (km)
El Hassania	216	429,510	294,612
El abadia	162	407,85	327,30
Tikazale CDS4	320	414,35	321,40
Ain Delfa	270	434,50	330
El Touaibia	360	431,35	312,850
Barrage O. Fodda	500	401,95	305,900

I.8 Etude des précipitations moyennes mensuelles (période 2000-2012)

La figure 3 et les valeurs mentionnées dans le tableau 4 montrent que le mois le plus pluvieux correspond à Novembre, et ce pour l'ensemble des stations, et dans ce cas les précipitations les plus élevées ont été observées à la station d'Ain Defla où elles atteignent 78,01 mm. La pluviométrie la plus faible a été mesurée durant le mois de Juillet aux différentes stations. On constate d'autre part (fig.3) que les précipitations les plus élevées ont lieu en automne et au printemps où les valeurs maximales sont atteintes en Novembre et Avril. Il est à noter que la variation des précipitations mensuelles est importante entre les valeurs mesurées aux différentes stations durant les périodes pluvieuses (automne et printemps).

Le calcul de la précipitation moyenne mensuelle a été réalisé par la formule suivante:

$$P = \frac{\sum P_n}{n}$$

P: précipitation moyen mensuelle en (mm)

P_n : précipitation moyenne mensuelle de chaque année en (mm)

n: nombre des années

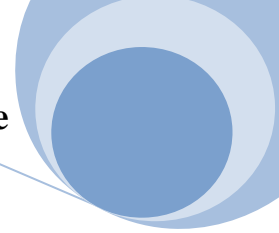


Tableau 4: Précipitations moyennes mensuelles (Période 2000-2012)

Mois	Précipitations (mm) pour chaque Station					
	El Touaibia	El Abadia	Tikazale	El Hassania	Ain Defla	Oued Fodda (barrage)
Septembre	18,93	12,83	14,95	17,54	21,16	14,96
Octobre	27,93	33,53	33,33	39,39	37,82	34,27
Novembre	45,73	63,99	70,10	67,33	78,01	69,5
Décembre	41,93	48,43	43,70	49,96	58,13	47,29
Janvier	44,33	51,35	54,61	64,22	64,11	55,81
Février	49,28	55,67	53,03	67,03	66,07	62,07
Mars	32,90	32,35	35,73	40,43	50,25	39,15
Avril	38,83	33,90	41,54	52,95	49,21	44,74
Mai	21,10	34,28	34,93	37,56	32,22	32,39
Juin	4,35	3,7	4,46	10,43	3,06	4,15
Juillet	1,23	0,7	0,63	3,46	2,06	0,56
Août	5,11	0,2	4,07	9	4,96	5,21
Précipitation totale annuelle	331,65	370,93	387,01	459,3	467,06	410,1

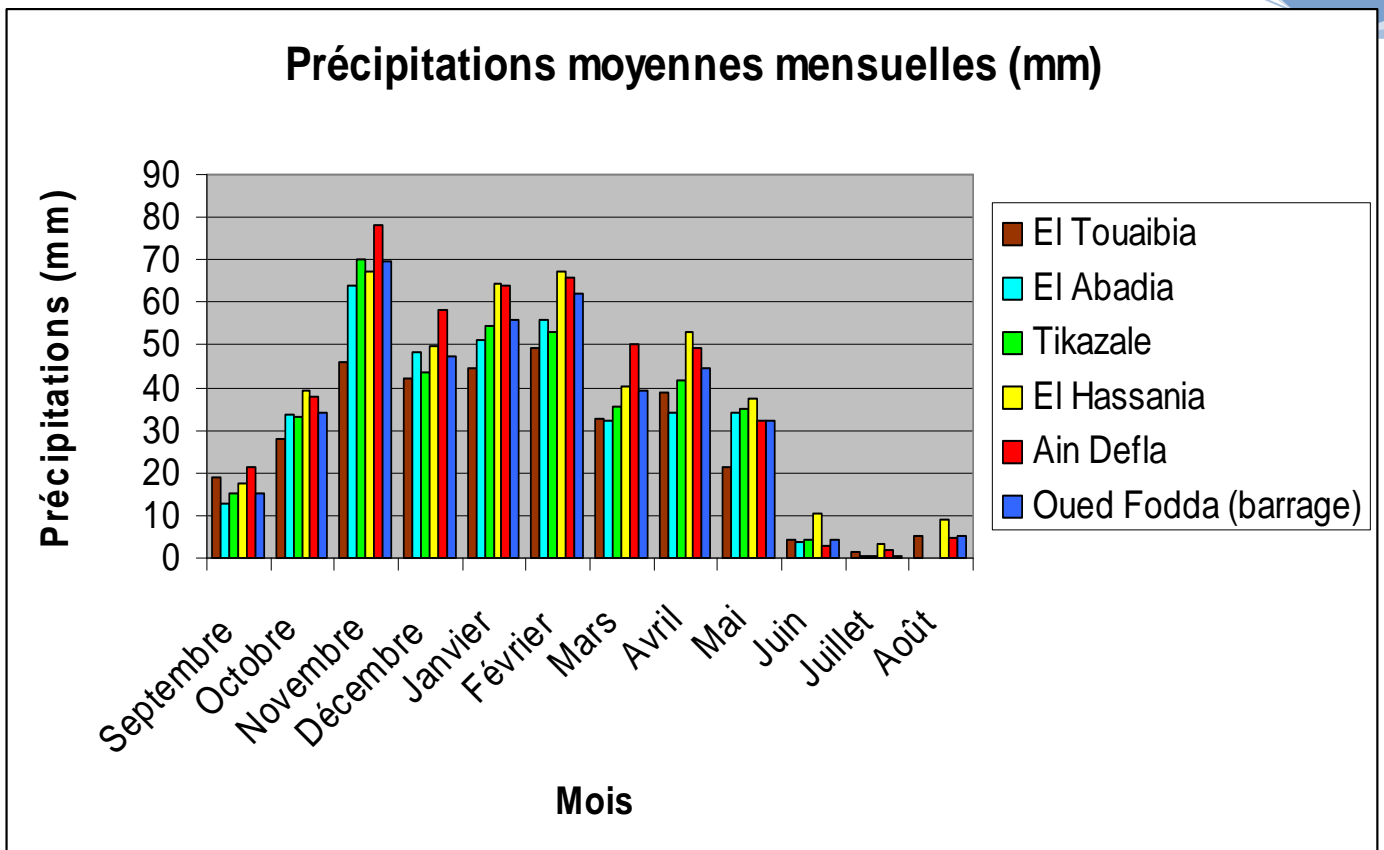


Fig. 3: Variation des précipitations moyennes mensuelles (période 2000-2012)

1.8.1 Etude des précipitations moyennes annuelles (Période 2000-2012)

La figure 4 et les valeurs mentionnées dans le tableau 5, montrent que les précipitations annuelles présentent une variabilité interannuelle importante, caractéristique d'un régime pluviométrique irrégulier et que l'année la plus pluvieuse correspond à 2008 avec 627,1 mm à la station d'Ain Defla et la plus sèche à 2001 avec 196,4 mm correspondant à la station d'Oued Fodda (barrage). On remarque que durant la période sus citée que les précipitations moyennes annuelles les plus élevées ont été observées à station d'Ain Defla et les plus faibles à celles d'Oued Fodda (barrage) bien que cette dernière soit située à une altitude plus élevée. On constate que l'écart entre les précipitations annuelles mesurées aux différentes stations devient plus élevé durant les périodes pluvieuses (2001 et 2008).

$$P = \frac{\sum P_n}{n}$$

P: précipitations moyennes mensuelles en (mm)

P_n : précipitation moyennes annuelles (mm)

n: nombre des années

Chapitre I. Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique

Tableau 5: Précipitations moyennes annuelles (période 2000-2012)

Années	Précipitations en (mm) pour chaque Station					
	El Touaibia	El Abadia	Tikazale	El Hassania	Ain Defla	Oued Fodda (barrage)
2000	340,8	344,3	416,9	536,4	416	318,4
2001	200,2	263,7	298,3	297,5	326,7	196,4
2002	278,7	359,8	359,5	517	415,7	387,8
2003	348,7	359,4	379,4	457,2	378,6	393,2
2004	309,2	296,3	313,9	363,5	386	217,5
2005	344,8	310,5	371,7	484,5	450,8	171,5
2006	270	348,2	291,2	358,8	470,3	271,6
2007	304,9	390,8	375,2	345,6	498,7	443
2008	441	462,8	508,4	546,9	627,1	601,9
2009	388,1	390,4	453,8	464,2	472,2	539,3
2010	334,7	523,1	489,2	495	546	557,5
2011	320,4	308,5	410,3	432,6	572,8	451,8
2012	445,5	491,6	398,9	581,9	511,8	585,3
Précipitations moyennes interannuelles	332,85	373,03	389,75	454,04	467,13	395,01

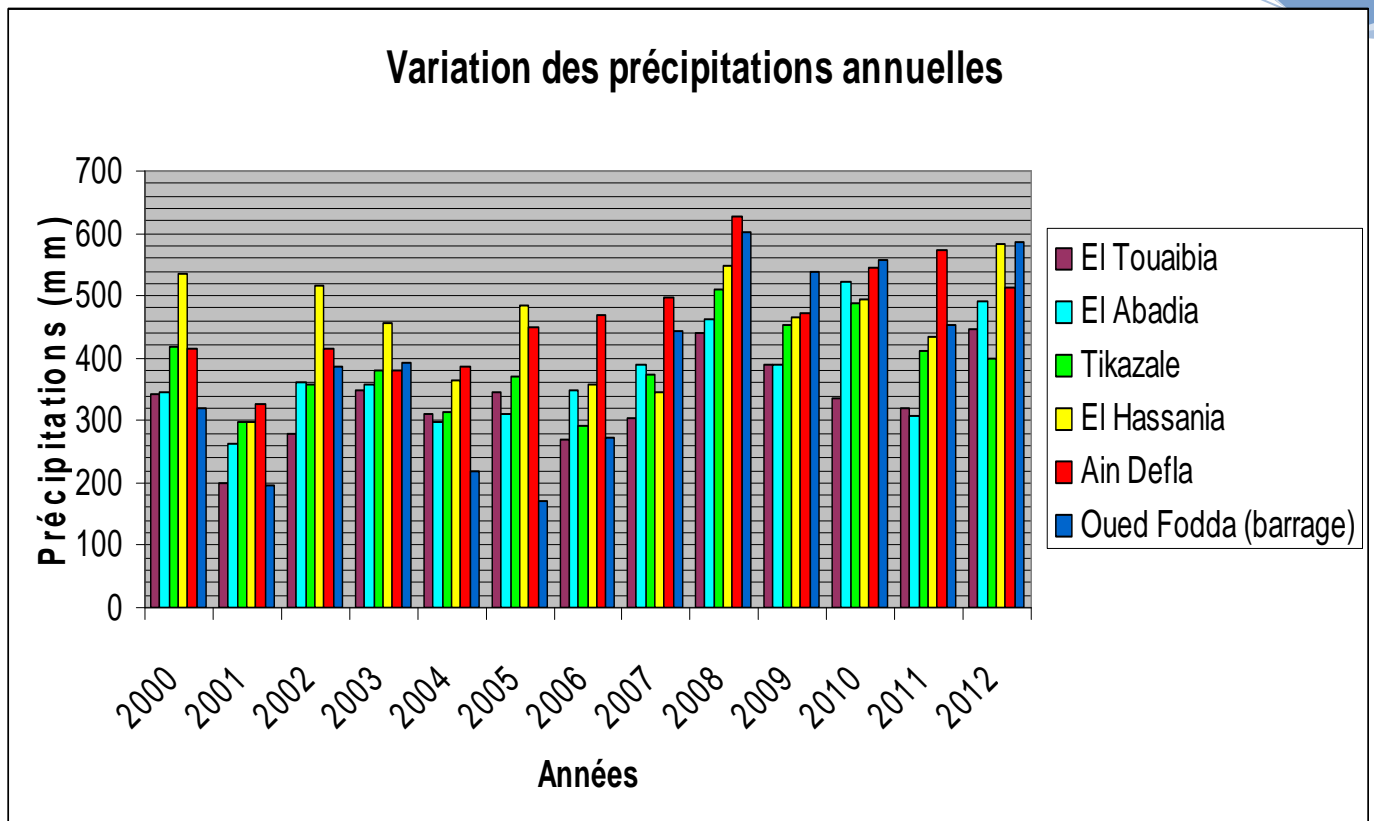


Fig. 4: Variations des précipitations annuelles (période 2000-2012)

I.8.9 Calcul de la lame précipitée moyenne

La lame d'eau précipitée moyenne durant la période (2000-2012) va être déterminé par :

- La méthode Arithmétique
- La méthode des polygones de Thiessen

Les pluviomètres donnent des indications ponctuelles sur la hauteur d'eau tombée, et ne peuvent pas forcément représenter les conditions pluviométriques d'une grande surface.

A) La méthode Arithmétique

Cette méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique de précipitations moyennes annuelles observées dans chaque station. C'est la méthode la plus simple et la plus rapide, elle est donnée par l'expression suivante :

$$P = \frac{\sum P_i}{n}$$

$$P = 401,96 \text{ mm}$$

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles en (mm)

P_i : précipitations moyennes annuelles de chaque station

N : nombre de stations

B) La méthode des Polygones de Thiessen.

C'est une méthode géométrique qui consiste à diviser la surface du bassin versant en polygones, dont on attribut à chaque station un point proportionnel à une zone d'influence, de tel sort que les points soient situés le plus près possibles du pluviomètre correspondant que de tout autre pluviomètre. De cette façon les précipitations moyennes annuelles à l'échelle du bassin versant, sont considérés égales aux précipitations enregistrées par le pluviomètre pondéré à la surface d'influence considérée.

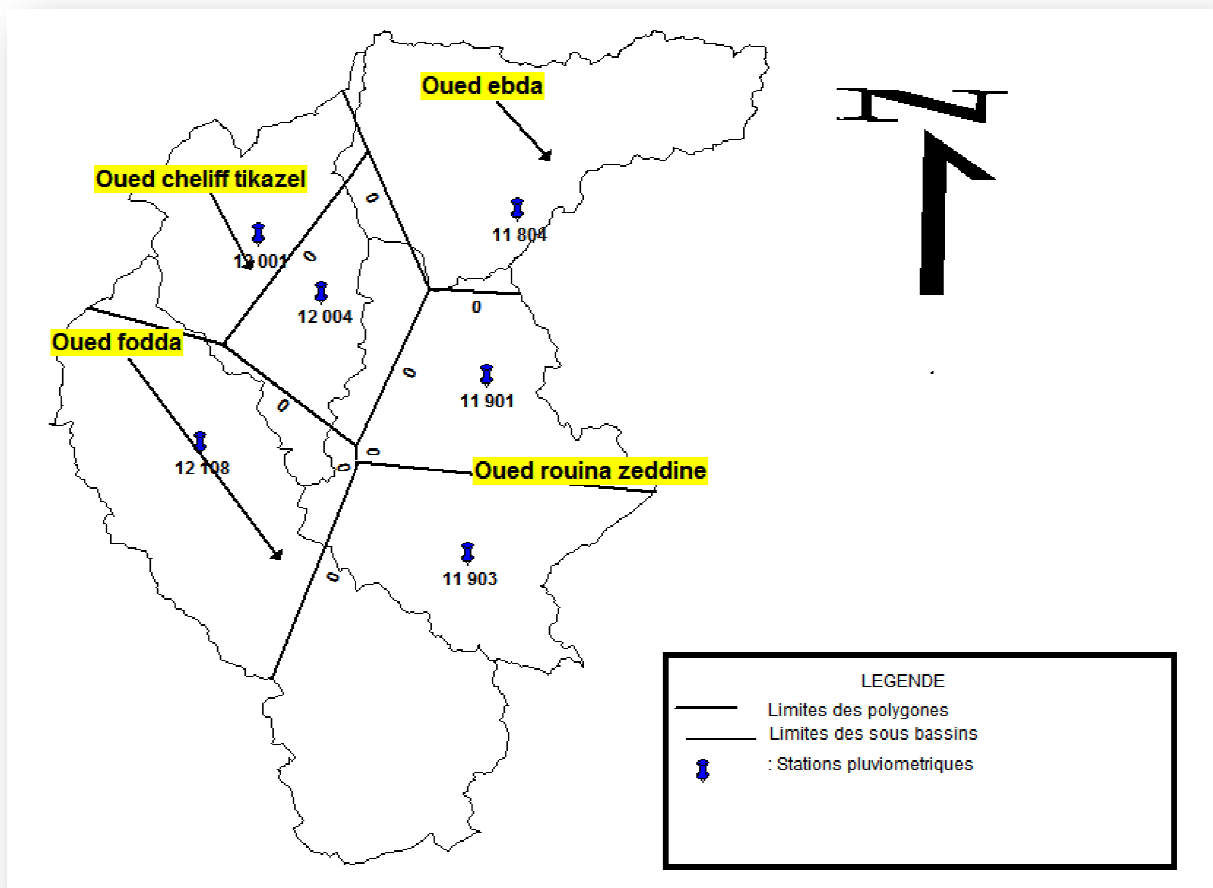


Fig. 5: la surface du bassin versant divisée en polygones.

La lame d'eau précipitée moyenne peut être calculée par l'expression suivante :

$$L_p = \frac{\sum(P_i \cdot S_i)}{S_t}$$

Avec :

L_p : lame d'eau moyenne précipitée en (mm)

P_i : précipitation moyenne annuelle de chaque station en (mm)

S_i : surface des polygones considérés en (Km²)

S_t : surface totale du Bassin versant en (Km²)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Estimation de la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen

Codes	Station	Surfaces en (km ²)	Précipitation (mm)	Pi . Si
11804	Ain Defla	195,32	467,13	91239,83
11901	El Touaibia	84,46	332,85	28112,51
11903	El Hassania	286,12	454,04	129909,92
12001	El Abadia	99,77	373,03	37217,20
12004	Tikezale CDS4	80,24	389,75	31273,54
12108	Barrage O. Fodda	253,39	395,01	100091,58
Total		999,3	2411,81	417844,58

La lame d'eau moyenne précipitée s'élève à **418,14 mm**.

I.9 Etude des températures

La connaissance de la température permet, de calculer l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle à l'aide de différentes formules empiriques, elle peut à l'aide du gradient thermique donner une idée sur la profondeur de circulation des eaux souterraines et déterminer les zones d'intercommunication possible entre différents horizons aquifères.

I.9.1 Etude des températures moyennes mensuelles et annuelles

Pour l'étude des températures moyennes mensuelles on s'est basé sur les données relatives à la station d'El Attaf (tableau 7 et fig. 6) qui montrent que le mois le plus froid correspond à celui de janvier avec 9,15°C et le plus sec à août avec 28,8°C. La température minimale la plus faible (2,7°C) a été mesurée au mois de janvier, la valeur maximale (38,7°C) quant à elle correspond au mois d'Août.

La température moyenne annuelle pour la période (1913- 1938) d'après P.Seltzer est de 18,0°C L'écart entre la température moyenne minimale et maximum est important et atteint 16,2°C.

Chapitre I. Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique

Tableau 7: Températures moyennes mensuelles à la station d'El Attaf

(Période 1913- 1938)

Mois	Températures moyennes mensuelles (°C)		
	Min (m)	Max (M)	(m+M)/2
janvier	2,7	15,6	9,15
février	3,3	17,3	10,3
mars	5,2	20,0	12,6
avril	6,7	23,8	15,2
mai	10,1	27,9	19,0
juin	14,8	33,6	24,2
juillet	18,3	38,6	28,4
août	19,0	38,7	28,8
septembre	16,2	34,5	25,3
octobre	11,4	26,9	19,1
novembre	7,2	20,6	13,9
décembre	3,4	16,0	9,7
Tmoy (°C) annuelle	9,9	26,1	18,0

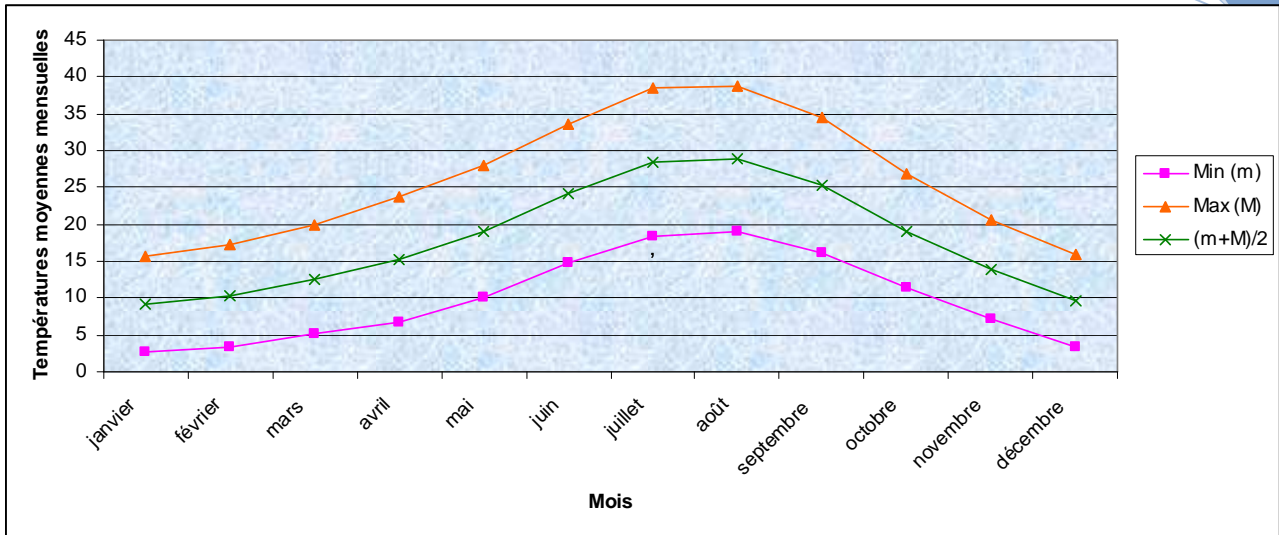


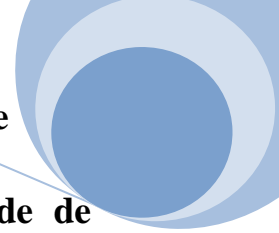
Fig 6 : Températures moyennes mensuelles minimales et maximales (période 1913/1938) station d'El Attaf.

La température moyenne annuelle à la station d'El Attaf, localisée à 166 m d'altitude n'est pas représentative de l'ensemble du secteur d'étude constitué par les sous bassins de l'oued Ebda, l'oued Rouina et l'oued Tikazale du fait que celle ci dépend en général de l'altitude et ce plus particulièrement dans les zones éloignées du littoral. (Messelmi Hayette 2011/2012)

I.9.2 Evapotranspiration ou déficit d'écoulement

L'évapotranspiration représente l'ensemble des processus d'évaporation (physique) et de transpiration (biologique) qui permettent la restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface des sols , des plans d'eau et des végétaux à l'atmosphère , selon la disponibilité ou l'absence d'eau on distingue:

- L'évapotranspiration potentielle (ETP) qui constitue la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée si le sol est constamment saturé en eau.
- L'évapotranspiration réelle (ETR) qui représente la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée, elle est inférieure ou au maximum égale à l'ETP.



I.9.3 Calcul de l'évapotranspiration potentielle et réelle par la méthode de Thornthwaite.

Cette méthode permet, à partir des données de températures moyennes mensuelles de calculer l'ETP à l'aide de la formule empirique ci-dessous:

$$ETP = 1,6(10 T/I)^a \text{ avec } I = \sum i \text{ et } i = (t/5)^{1,514}$$

$$a = 1,6 I / 100 + 0,5 \text{ (d'après Serra)}$$

I: Indice thermique annuelle

i: Indice thermique mensuelle

T : température moyenne annuelle en °C

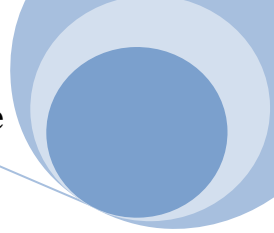
t : température moyenne mensuelle en °C

L'application de la formule a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans le tableau n° ci-dessous

Tableau 8: Bilan d'eau selon la méthode de THORNTHWAITE.

«Application aux données climatologiques d'El Attaf (période 1913-1938 (Messelmi H.) »

Mois	P (mm)	ETP (mm)	RU=100 (mm)	ETR (mm)	Déficit (mm)	Excédent (mm)
Septembre	13,4	123,8	0	13,40	110,40	0
Octobre	41,72	68,2	0	42,72	25,5	0
Novembre	51,77	32,8	18,97	32,80	-	-
Décembre	65,7	16,3	68,37	16,30	-	-
Janvier	62,62	14,9	100,0	14,90	-	16,09
Février	51,22	18,3	100,0	18,30	-	32,91
Mars	42,9	32,6	100,0	32,60	-	10,3
Avril	32,26	49,6	82,65	49,60	-	-
Mai	31,86	84,0	30,50	84,00	-	-
Juin	7,02	133,1	0	37,53	95,37	0
Juillet	2,15	184,4	0	2,15	182,25	0
Août	1,01	178,0	0	1,01	177,59	0
Moyenne annuelle	404,35	936,6	100	345,31	591,31	59,3



On constate d'après le tableau ci-dessus que pour :

- Les mois de septembre et octobre les précipitations sont inférieures à l'ETP dans ce cas il existe donc un déficit égal à $ETP - P$ et l'ETR est égale aux précipitations. De novembre à janvier, les précipitations deviennent supérieures à l'ETP, et on note une reconstitution des réserves utiles du sol;
- De novembre et décembre on a $P > ETP$ et on assiste à une reconstitution des réserves utiles du sol égale à $P - ETP$, et l'ETR = ETP.
- De janvier à Mars, l'augmentation des précipitations a permis la reconstitution totale des réserves utiles du sol, et cette période devient excédentaire avec une $ETR = ETP$.
- A partir du mois d'Avril les précipitations diminuent et deviennent inférieures à l'ETP ce qui a pour effet d'entraîner un épuisement des réserves utiles du sol pour satisfaire cette dernière.
- En juin, juillet et Août la diminution importante des précipitations et l'épuisement total des stocks du sol amènent à un déficit.
- A la station d'El Attaf l'ETP moyenne annuelle pour la période 1913- 1938 est de 936,6 mm et l'ETR = 345,31 mm, l'écart assez important entre ces deux paramètres permet d'affirmer que la région appartient à un régime semi-aride.

I.9.4 Calcul de l'évapotranspiration réelle

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, il existe plusieurs formules empiriques applicables selon le climat. En ce qui concerne le secteur d'étude on a préféré utiliser celle de Turc qui semble la plus adéquate.

Formule de Turc

L'évapotranspiration réelle moyenne annuelle pour la période 1922/1960 - 1969/1989 au niveau du secteur d'étude a été calculée à l'aide de la formule de Turc ci-dessous.

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

Avec :

D = ETR: déficit d'écoulement = évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm),

P : pluie moyenne annuelle en mm,

T : température moyenne annuelle [°C],

Chapitre I. Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique

$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$ (Pouvoir évaporant de l'atmosphère).

$$ETR = 409,37 \text{ mm}$$

L'évapotranspiration réelle moyenne annuelle représente au niveau du secteur d'étude 90,6% des précipitations, bien que l'ETR moyenne annuelle à l'échelle du globe terrestre d'après G. Castany ne corresponde qu'à 60,5% de la pluviométrie. Il apparaît donc bien que le secteur d'étude appartient à un climat semi-aride à aride.

Tableau 9: Evapotranspiration réelle relative au secteur d'étude Période (1922/1960 - 1969/1989)

Température (°C)	Précipitations moyennes annuelles (mm)	Altitude moyenne (m)	Pouvoir évaporant L	ETR (mm)
14,29	451,4	840,52	803,154	409,37

I.10 Ruissellement

Du fait du manque de données relatives au débit écoulé en fonction du temps et par conséquent d'hydrogramme pour la séparation du ruissellement superficiel de l'écoulement de base, on a utilisé pour l'estimation du ruissellement la formule de Tixeront - Berkaloff:

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

P : Précipitations moyennes annuelles (mm)

ETP : Evapotranspiration potentielle moyenne annuelle
(mm)

R : Ruissellement moyen annuel (mm)

Le calcul montre que **R** = 34,95 mm, correspondant ainsi à 7,74% des précipitations moyennes annuelles.

I.10.1 Etablissement du bilan hydrologique relatif à la région d'étude

Le bilan hydrologique est exprimé à l'aide de la formule suivante:

$$P = ETR + R + I + \Delta S$$

Sachant que :

Chapitre I. Aperçu Géomorphologique et Hydroclimatologique

P = précipitation moyenne annuelle en mm,

ETR = évapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm,

R = Ruissellement en mm,

I = infiltration en mm,

ΔS = variations des réserves en mm.

Pour une période relativement longue (1922/1960 - 1969/1989) les variations des réserves sont généralement nulles.

L'Infiltration a été déterminée à partir de l'équation du bilan:

$$I = P - (ETR + R) = 7,08$$

I.10.2 Conclusion

L'étude hydroclimatologique montre que la dépression du moyen Chélif correspond à un climat semi-aride à aride caractérisé par:

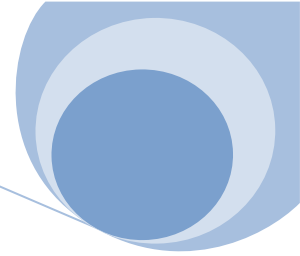
- Des étés chauds avec une température moyenne mensuelle de 28,8°C en Août et des hivers tièdes avec une température moyenne mensuelle de 9,15°C en Janvier.
- Des précipitations moyennes annuelles faibles (451,4mm) assez irrégulières d'une année à l'autre et dont la plus grande partie est reprise par l'évapotranspiration (90,6%).
- Des faibles excédents en eau ne représentant que 9,4% des précipitations, ce qui a pour effet de limiter la recharge des aquifères ainsi que la dilution des eaux souterraines.

Chapitre II. Géologie

II.I Introduction

Les caractéristiques du secteur étudié ont été définies à l'aide de la carte répertoriée par le service géologique de L'Algérie N°83 (Figure 7) dite carte géologique de Carnot et ainsi que par la synthèse des travaux majeurs dans la région par différents auteurs : A.Perrodon (1957), M.Matteuer (1953- 1955- 1958), M.Maghraoui (1981- 1982), O.Kireche (1977).

L'étude géologique a pour but d'identifier et de préciser la nature lithologique et structurale des différentes formations ainsi que leurs textures, structures tectoniques, leurs successions stratigraphiques, et leurs discontinuités, afin de pouvoir présenter les grandes axes géologiques et hydrogéologiques de la région.



II.2. Cadre géologiques régional

Les bassins sublittoraux de l'Algérie Centro occidentale s'alignent parallèlement à la cote méditerranéenne, ce qui forme des zones peu élevées par rapport aux chaînes secondaires plissées qui les encadrent. Ce sont des bassins néogènes notons que leur tectonique est liée étroitement aux phases ultimes et paroxysmales de l'orogénèse alpine.

Le bassin du Chéelif qui évolue dans ce milieu est un bassin de type intra montagneux fonctionnant en graben le long des flexures bordières (A.Perrodon 1957), il constitue un bassin néogène post nappes situé à l'Atlas Tellien, qui lui sert également comme un substratum, individualisé à partir de Tertiaire, et qui correspond également à une dépression synclinale subsidence comblée par des dépôts mio-plio-quaternaires riches en alluvions récentes.

II.3 Analyse structurale

Le bassin du Chéelif correspond à un large synclinorium complexe, en compression d'âge Mio-plio-Quaternaire à axe de direction générale E-W. Il s'est structuré pendant les dernières étapes de l'orogénèse alpine (A. Perrodon 1975). On note une subsidence tardi-tectonique, constituée de formations néogènes et quaternaires. Les terrains miocènes et pliocènes affleurent au niveau du flanc Nord de Dahra et plongent vers le Sud selon un pendage d'environ 45°.

Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le Tell septentrional, elle est représentée par une suite de reliefs parallèles formés essentiellement de terrains jurassiques et crétacés qui l'on retrouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Temoulga).

Au Sud, le bassin du Chéelif est limité par le Tell méridional représenté par un ensemble de massif montagneux, le substratum y est principalement <<schisteux-quartziteux>> et correspond à l'allochtone tellien avec ces différentes nappes.

Ces deux ensembles telliens ont été structurés au cours du Mésozoïque suite à plusieurs phases tectoniques qui sont :

- La phase infra-crétacé, compressive donnant des plis d'orientations NE-SW.
- La phase à composante tangentielle qui intervient après le Sénonien et le Paléocène et serait en partie responsable de l'épi-métamorphisme.
- La phase datée Aquitano-Burdigalienne, compressive et profonde génératrice d'un nouvel épi-métamorphisme.

Les massifs de la plaine sont Doui, Temoulga et Rouina, ils sont caractérisés par l'existence de plis, de schistosité et un métamorphisme léger (O.Kireche 1977).

Le trait de la tectonique profond le plus intéressant est la présence des failles et des dislocations sus-jacentes, de direction générale sub-atlasiques, que recouperont la dépression du Chéelif.

Le plissement du Quaternaire résulte d'une dernière phase de compression, la présence de ces différents phases tectoniques montre que la région d'étude est située dans un domaine instable et actif (M.Maghraoui 1977).

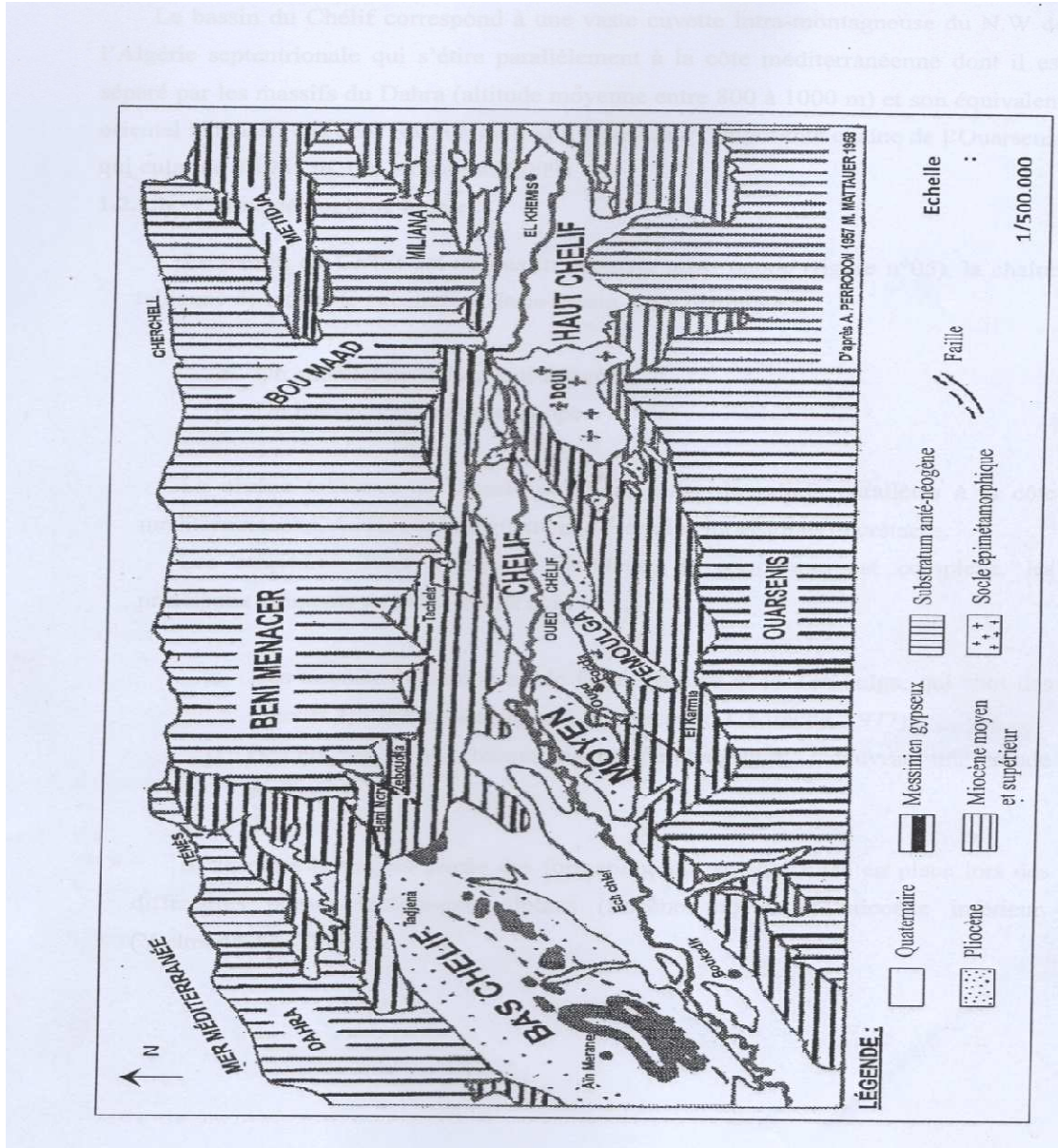
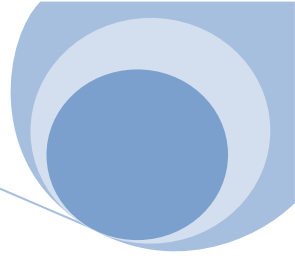
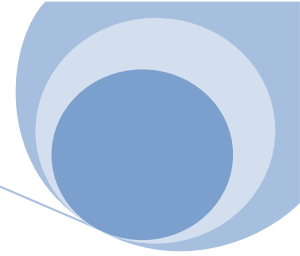


Figure 8: Cadre géologique (Perrodon 1967 - Mattauer 1958).

II.4. Lithostratigraphie

La lithostratigraphie sert à étudier en particulier la nature lithologique et stratigraphique des formations dominantes dans la région, ainsi que l'identification de leur superposition et leurs âges, a fin d'extraire les terrains susceptible d'être des bons aquifères. La lithostratigraphie est de ce fait un outil de corrélation.



Epaisseur	Lithologie	Description lithologique	Age
20 à 120m		Limons Alluvions	Quaternaire
20 à 200m		conglomérats et sable rouge parfois argileux Grès astiens Marnes bleues	Pliocène
120 à 1200 m		Marnes blanches Grès Marnes bleues conglomérats et sable	Miocène Supérieur
150 à 700 m		Poudingues et grès	Miocène inférieur
400 m		Argiles Grès quartzites Argiles Grès quartzites	Eocène
400 m		Argiles verdâtres Calcaires marneux Marnes Calcaires marneux	Crétacé supérieur
100 m à 1400m		Marnes Calcaires marneux Argiles brunes	Crétacé inférieur
300 à 700m		Calcaires	Jurassique
		Gypses et Argiles	Trias

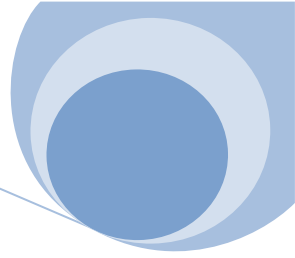
Fig. 9: Log lithostratigraphique de la région du moyen Chélif (Messelmi H. 2011/2012)

D'après l'analyse du log lithostratigraphique, nous pouvons ressortir les formations suivantes d'après (M.Mattauer.1953, 1955,1958).

II.4.1 Les formations autochtones

Les terrains autochtones du Chélif d'âge primaire et secondaire s'observent au niveau des bordures du bassin où ils apparaissent souvent en fenêtres surmontées de terrains allochtones tant dans sa partie méridionale (Ouarsenis) que septentrionale (Dahra). Dans la partie centrale de la dépression les formations suscitées affleurent dans les massifs du Doui, du Rouina et du Temoulga, où elles sont isolées et noyées dans les sédiments néogènes. (Messelmi H. 2011/2012).

Chapitre II. Géologie



A- Les formations paléozoïques :

Les terrains paléozoïques légèrement métamorphisés et affectés par une série de déformations continues affleurent dans les massifs du Doui, du Rouina et du Temoulga où ils sont représentés de la base au sommet par:

- Le socle cristallophyllien (Doui)
- Le complexe volcanique (Doui, Zaccar)
- La série schisto-gréseuse et conglomératique (Doui, Zaccar, Rouina)

B - Les formations mésozoïques

Les terrains mésozoïques d'une épaisseur d'environ 500m sont bien représentés dans les massifs de la plaine du Chélif, où ils sont constitués de la base au sommet par :

➤ Le Trias

Le Trias apparaît sous forme de diapirs et de semelles sous les terrains allochtones représentant les différentes nappes. Il est formé essentiellement par du gypse, des argiles, de cargneules, et des brèches dolomitique.

➤ Le Jurassique :

Le Jurassique est représenté dans les massifs du Doui et du Temoulga par des calcaires compactes, cristallins, souvent dolomitiques fracturés et parfois karstifiés. Dans le détail cet étage est constitué de la base au sommet par :

- Des calcaires et des calcaires dolomitiques fracturés et karstifiés attribués au Lias.
- Des calcaires fracturés à épisodes grésoschisteux appartenant au Dogger marno-calcaire.
- Des marno-calcaires et marnes compactes.

➤ Crétacé

Le crétacé supérieur affleure au niveau de tous les massifs et les terrains autochtones du bassin du Chélif, il est caractérisé par une composition marneuse exempté les terrains de Rouina localisés à l'Ouest et qui sont attribués au Crétacé inférieur.

C - Les formations cénozoïques

➤ L'Eocène

L'Eocène constitue le principal affleurement au Sud du Temoulga où il est représenté par une puissante formation de grés quartzeux et argileux, de marnes calcaires et des argiles schisteuses avec quelques intercalations de bancs de quartzites.

➤ Le Miocène

Le Miocène inférieur repose en discordance sur les terrains plus anciennes (Eocène et Crétacé), cette série continentale détritiques est composée essentiellement par des conglomérats polygéniques à éléments de taille très variables, avec des passages sableux ou gréseux mal stratifiés est parfois gypsifères. Ce niveau est surmonté par des calcaires récifaux

Chapitre II. Géologie

du Miocène supérieur, on marque leurs affleurements au Sud en bordure de la plaine dans le bassin d' El Abadia.

Le Miocène supérieur est présenté par une série marine formée à la base par un dépôt débutant par des niveaux conglomératiques à ciment sableux surmonté par un niveau marneux de couleur bleue dont ce dernier est surmonté par des marnes blanches alternant avec quelques bancs siliceux avec présence des dépôts gréseux et sableux.

➤ Le Pliocène

On distingue un Pliocène marin (inférieur) : il est représentée par des dépôts marin discordants sur les terrains sous – jacents constitués en grande partie par des calcaires récifaux de mêmes types que ceux du Miocène supérieur, mais ils sont moins développés, dont ils peuvent se comporter comme des grès. Le Pliocène comporte aussi des marnes bleues parfois gréseuses qui affleurent dans le Nord de la plaine, et le Pliocène continental (supérieur) : qui prend la forme discordante sur les formations antérieures et il comporte des argiles et des rares bancs de grès grossiers, et des grès et limons à Hélix il affleure également à l'Est d'El Abadia.

➤ Quaternaire

La transition entre le Pliocène et le Quaternaire n'est pas très précise. La couche de transition est constituée des conglomérats à élément gros et de grès quartzite, du calcaire et de calcaire gréseux avec au sommet des intercalations de sables argileux.

On distingue le :

- Quaternaire ancien : formé par des alluvions grossiers essentiellement conglomératiques représentées par des éléments détritiques ; graviers ; galets et sables.
- Quaternaire récent : formé par des terrasses représentent des niveau de comblement limono-argileux non rubéfiés , alluvions qui sont pratiquement dépourvues de sables grossiers (dépôts lamineux), des alluvion actuelles composées des limons, sables, galets, et des matériaux d'origine fluviatiles dans la zone de confluence des Oueds et méandres.

II.4.2 Les terrains allochtones

Les terrains allochtones sont constitués d'un empilement de nappes. A.Caire (1953) et M.Mattauer (1953) en distinguent trois grands ensembles correspondant aux nappes A, B et C.

- La nappe « A » est constituée d'une alternance marno-gréseuse épaisse, d'âge essentiellement Crétacé inférieur, avec un Trias gypseux.
- La nappe « B » est à faciès principalement flychoïde à marneux avec des blocs de quartzites et des calcaires emballés, d'âge Crétacé supérieur.
- La nappe « C » est constituée de terrains grés-micacés à dragées de quartz d'âge Oligo-Miocène et de calcaire argileux du Crétacé supérieur.

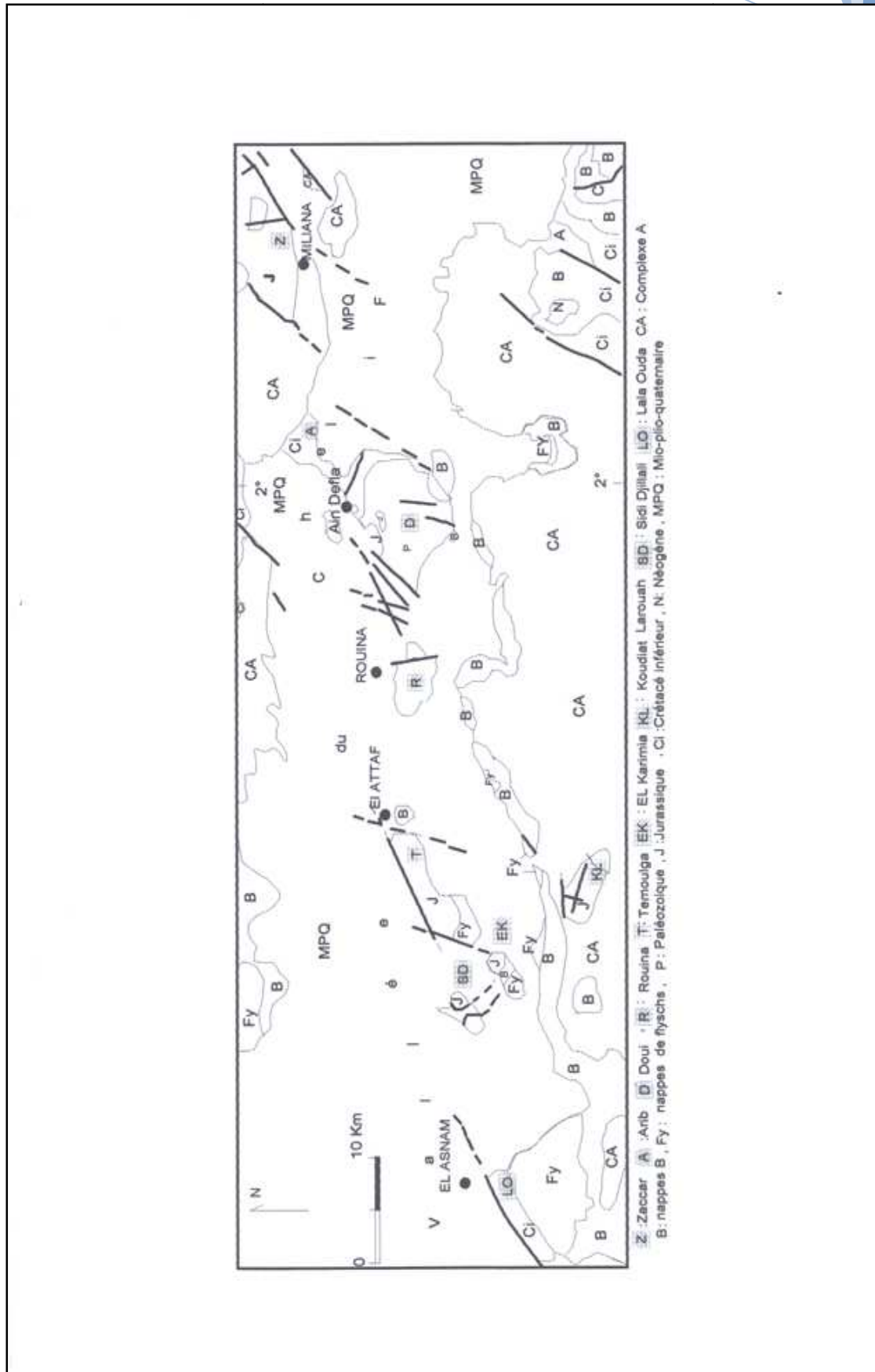


Fig.10 : Schéma structurale du bassin du Chélif (Perrodon 1967).

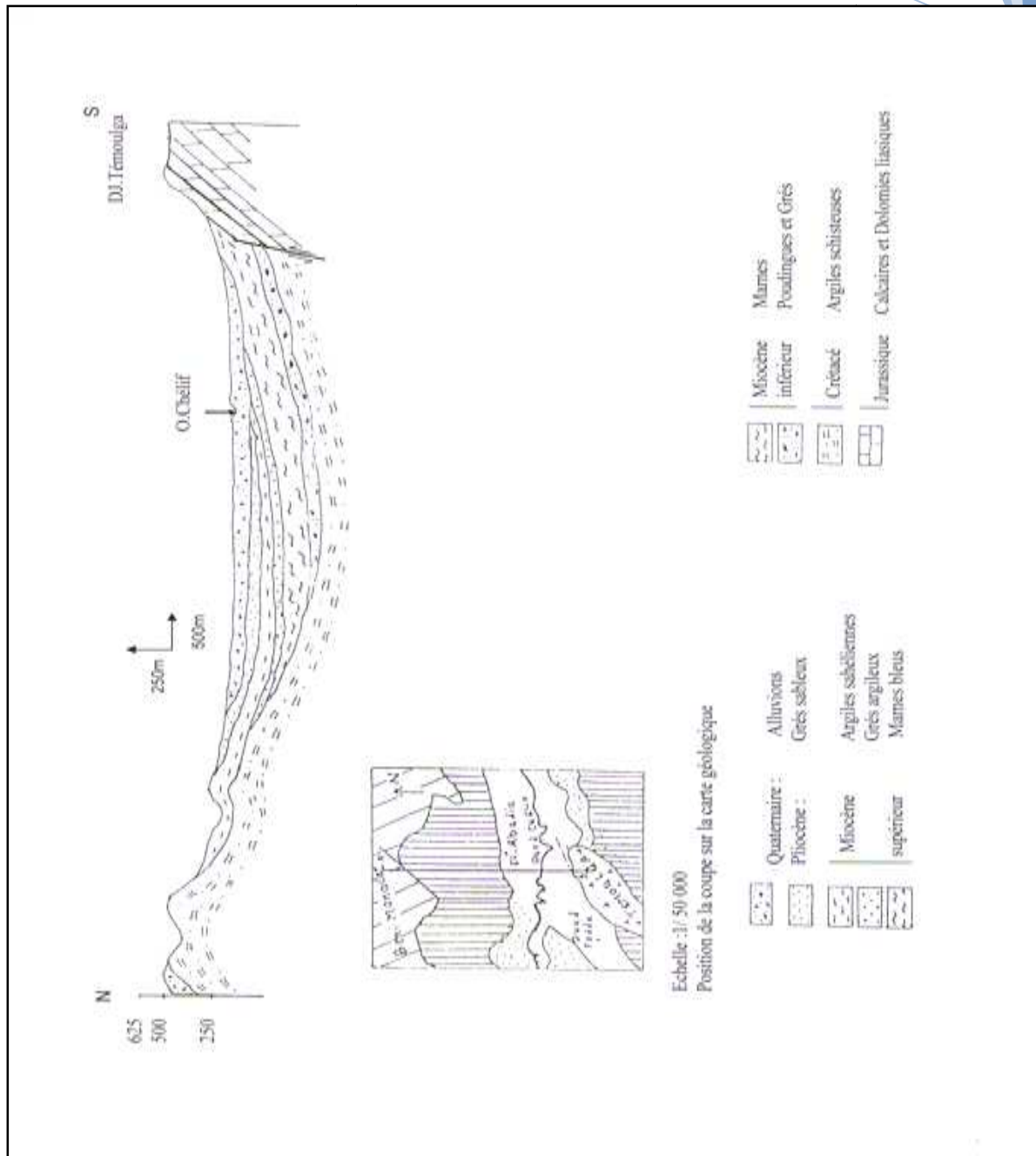
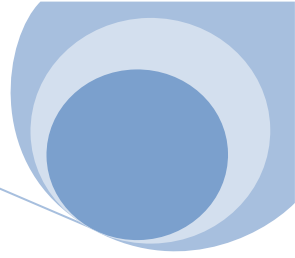


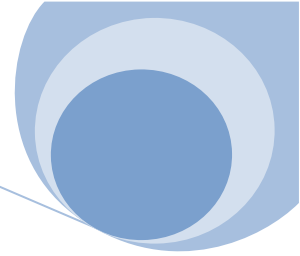
Fig. 11 : Coupe géologique d'après S.N. REPAL (1964)



II.5 Conclusion

L'étude lithostratigraphique et structurale a permis de déterminer les formations susceptibles d'être aquifères, il s'agit des formations :

- De sables et alluvions du Quaternaire
- Gréseuses (grés dunaire et grés à hélix) du Pliocène supérieur
- Des calcaires, grés et sables du Pliocène inférieur
- Conglomératiques, sableuses et gréseuses du Miocène
- Des calcaires Jurassiques des massifs du Chélif, intensément fissurés et karstifiés.
- Des horizons quartzeux intercalés dans des schistes du Paléozoïque.



III.1 Introduction

L'étude géophysique du secteur d'étude sert à confirmer la géométrie et la nature des aquifères et ceci particulièrement dans les zones où le recouvrement alluvionnaire est important. Dans ce chapitre, on s'intéresse particulièrement aux travaux de prospection géophysique réalisés par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G) en 1969 et par le bureau d'études IFES (Icosium Forages Engineering Services) de 2002 au niveau du moyen Chéelif oriental. Cette étude a été basée sur trois profils d'orientation Nord-Sud. Les objectifs de cette étude étaient de déterminer les différentes formations susceptibles d'être aquifères, de préciser leur épaisseur, leur nature ainsi que leur géométrie.

- L'étude géophysique effectuée par la compagnie générale de géophysique (CGG) de 1969 au niveau de la zone d'étude a été basée sur trois profils d'orientation nord-sud, où ont été exécutés vingt trois (23) sondages électriques (Fig.12), à l'aide d'une ligne d'émission AB comprise entre 2000 et 8000m et ce, pour atteindre le substratum schisto – quartzitique primaire.
- L'étude réalisée par le bureau d'études IFES (Icosium Forages Engineering Services) en 2002 dont l'objectif principal était de déterminer les facteurs responsables de l'augmentation de la minéralisation des eaux de la nappe alluviale d'El Attaf qui a eu lieu probablement après le séisme du 10 Octobre 1980. Le but de cette étude est de procéder à l'étalonnage des données des deux campagnes de prospection électrique à l'aide de l'analyse des logs de 13 forages.

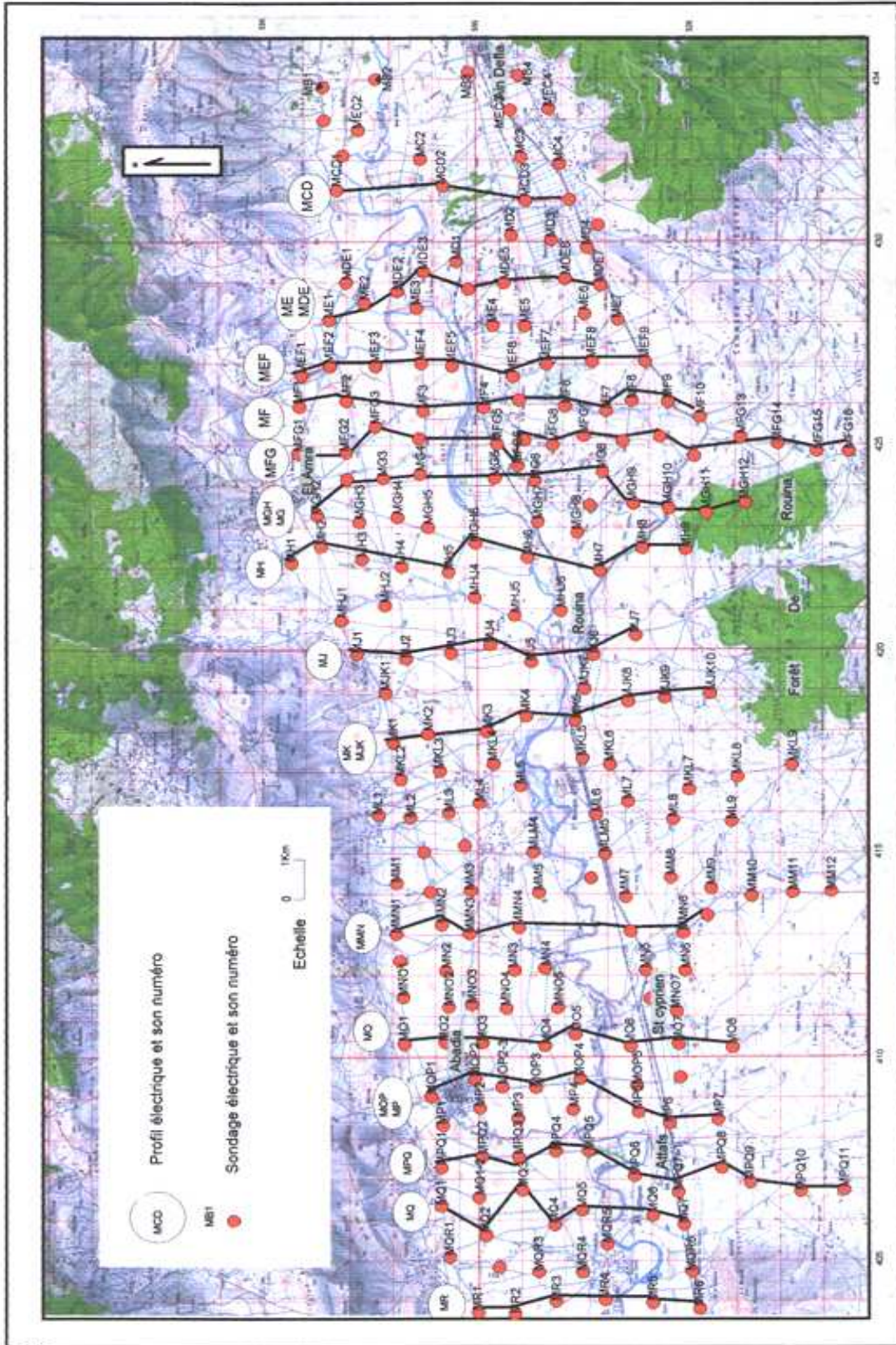
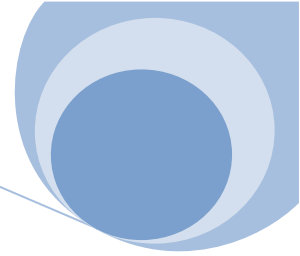


Fig. 12: Carte des situations des sondages CGG 1969 (Messelmi Hayette 2011).



III 2. Echelle de résistivité

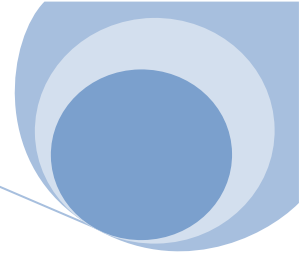
Dans le but de réaliser et d'interpréter les différents résultats de cette prospection, des sondages étalons, ont été réalisés par la CGG pour établir une échelle de résistivité présentée dans le tableau suivant.

Tableau 10: Echelle des résistivités utilisée

Résistivité en ohm .m	Caractéristiques lithologiques	Age des formations
3 - 10 10 - 30 70 - 120	Alluvions récentes limoneuses Alluvions argilo-graveleuses Alluvions graveleuses	Quaternaire
80 – 100 15 – 20 100 - 150 10 - 15	Conglomérats et argiles rouges Argiles et sables Grès et grès sableux Marnes bleues	Pliocène
200 – 400 100 – 150 30 – 70 8 – 15	Grès secs Grès et poudingues Grès, sables et argiles Argiles grises	Miocène
15 - 100	Argiles, marno-calcaires et grès	Eocène
15 – 20	Marnes et schistes	Crétacé
200 - 500	Calcaires et calcaires dolomitiques	Jurassique
30 - 70	Schistes et quartzites	Primaire

III.3 Interprétation des coupes

Les sondages réalisés, ont permis d'après les résistivités réelles retenues dans le tableau ci-dessus d'établir des coupes géo-électrique et des cartes, montrant l'extension et la structure tectonique des différents terrains Mio-Plio-Quaternaires.



A) La coupe géoélectrique MCD3-MCD4

Au Sud de l'oued Chélif, cette coupe montre une couche avec une résistivité de 15 (ohm.m) et d'épaisseur fine de 10 m qui correspond aux Marnes du Crétacé. La deuxième couche correspond à des grès avec intercalation des argiles et une résistivité de 40 (ohm.m), son épaisseur est de 50 m, reposant sur une couche de Marne du Crétacé qui possède une résistivité de 15 (ohm.m).

B) La coupe géoélectrique MFG3

Au Nord, cette coupe montre une couche de Marne du Crétacé avec une résistivité de 20 (ohm.m) et une épaisseur de 20 m, reposant sur une formation de grès de l'Astien possédant une résistivité de 100 (ohm.m)

C) La coupe géoélectrique MEF6

Au Nord, se situe dans la rive droite de l'oued Cheliff présentant des formations de grès du Miocène (ou calcaire à lithotamniac), avec une résistivité de 100 (ohm.m) et une profondeur de 90m, le substratum est représenté par une couche de Marne du Crétacé ayant une résistivité de 10 (ohm.m).

D) La coupe géoélectrique MH3

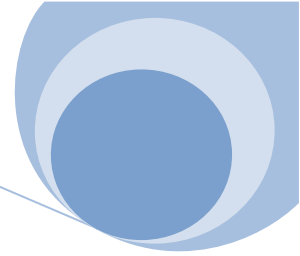
Au Sud, se situe dans la rive droite de l'oued Chélif présentant un système aquifère composé par des formations suivantes:

- Une couche de marne du Crétacé avec une résistivité de 10 (ohm.m) et une épaisseur de 50m.
- Une couche de Grès de l'Astien avec une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 75m.
- Une couche de marne du Crétacé avec une résistivité de 10 (ohm.m) et une épaisseur de 55m.
- Une couche de grès du Miocène (ou calcaire à Lithotamniac) avec une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 55m.
- Le substratum est représenté par la formation de marne du Crétacé avec une résistivité de 10 (ohm.m).

E) La coupe géoélectrique MN4-MN5

Au sud de l'oued Chélif, cette coupe présente aussi un système aquifère composé par:

- Une couche alluvionnaire avec une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 60m.
- Une couche de marne du Crétacé ayant une résistivité de 10 (ohm.m) et une épaisseur de 40m.
- Une couche de grès du Miocène (ou calcaire à lithotamniac) ayant une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 40m.



F) La coupe géoélectrique MO3-MNO4

Au Nord de l'oued Chélif, cette coupe présente un système aquifère composé par:

- Une couche de marne du Crétacé ayant une résistivité de 10 (ohm.m) et une épaisseur de 50m.
- Une couche de grès de l'Astien ayant une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 100m.
- Une couche de grès de marne du Crétacé ayant une résistivité de 10 (ohm.m) et une épaisseur de 50m, reposant sur une formation des grès du Miocène avec une résistivité de 100 (ohm.m) et une épaisseur de 170 m.

III.3.1 Les coupes géoélectriques :

Les coupes géoélectriques montrent que la dépression du moyen Chélif correspond à un synclinal dont l'axe est localisé en rive droite de l'oued Chélif.

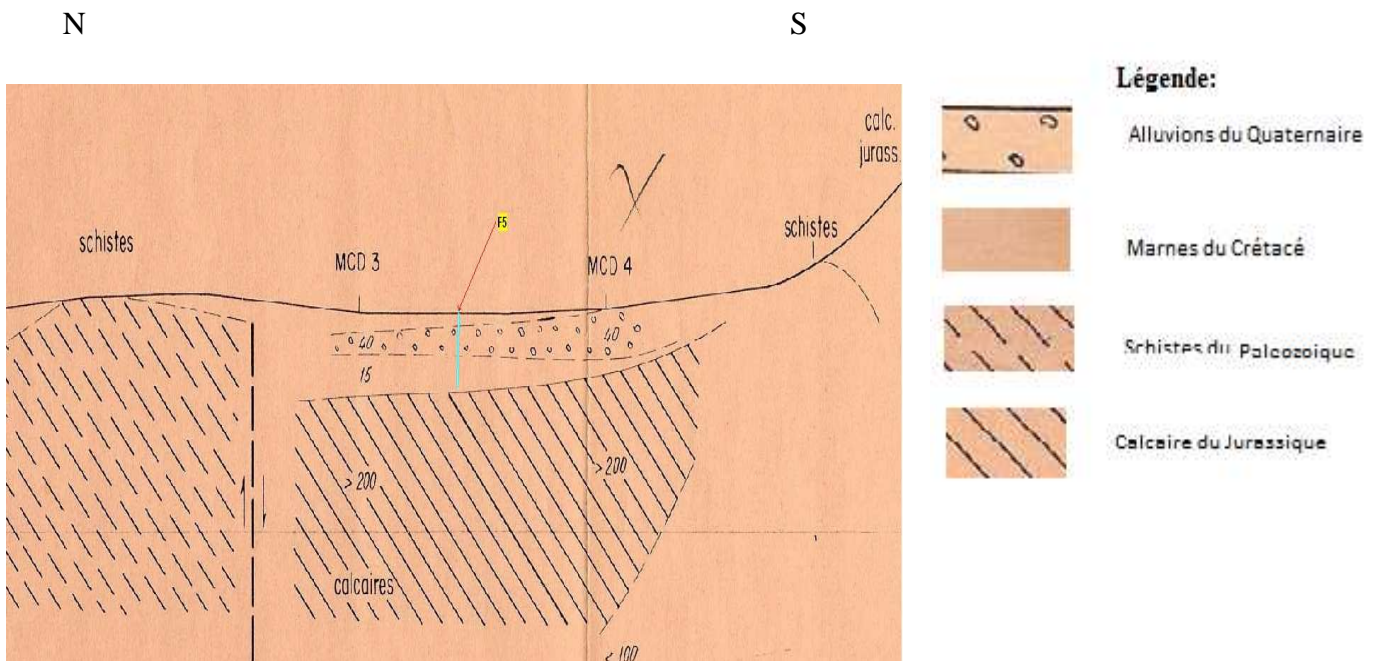


Fig. 13: La Coupe MCD3-MCD4

Chapitre III. Géophysique

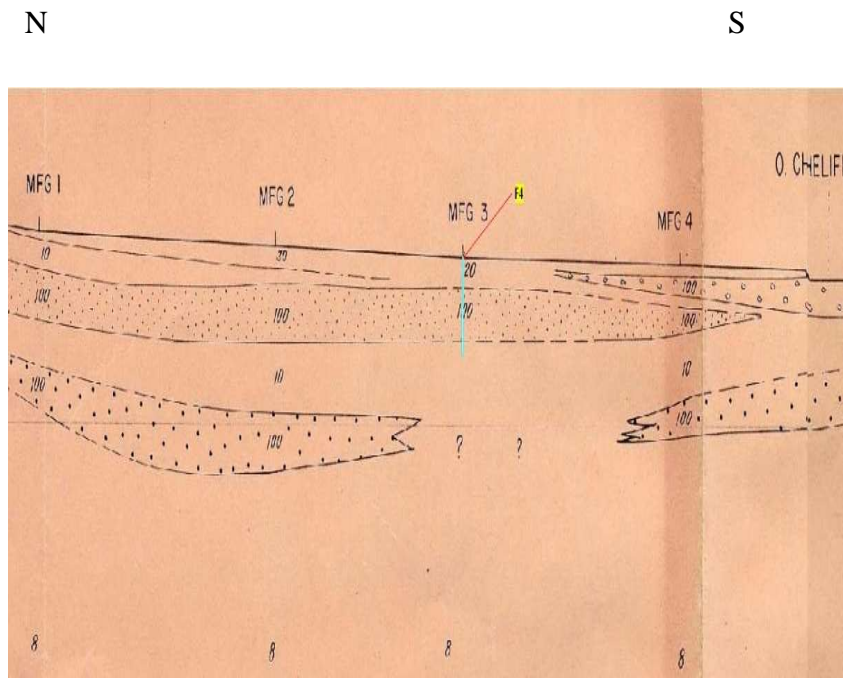
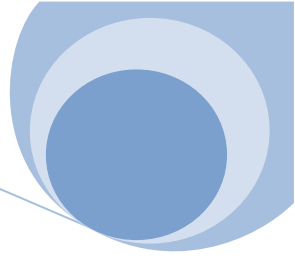


Fig. 14: La Coupe MFG3

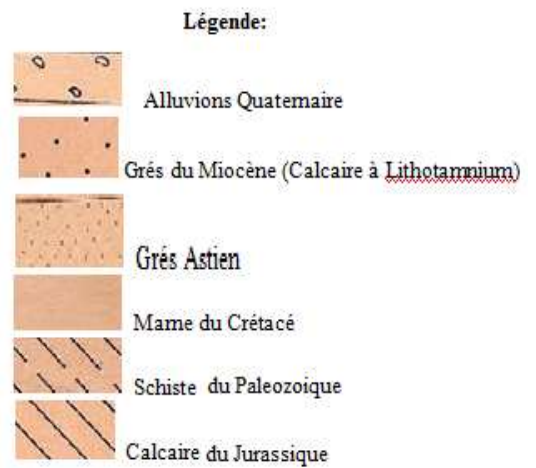
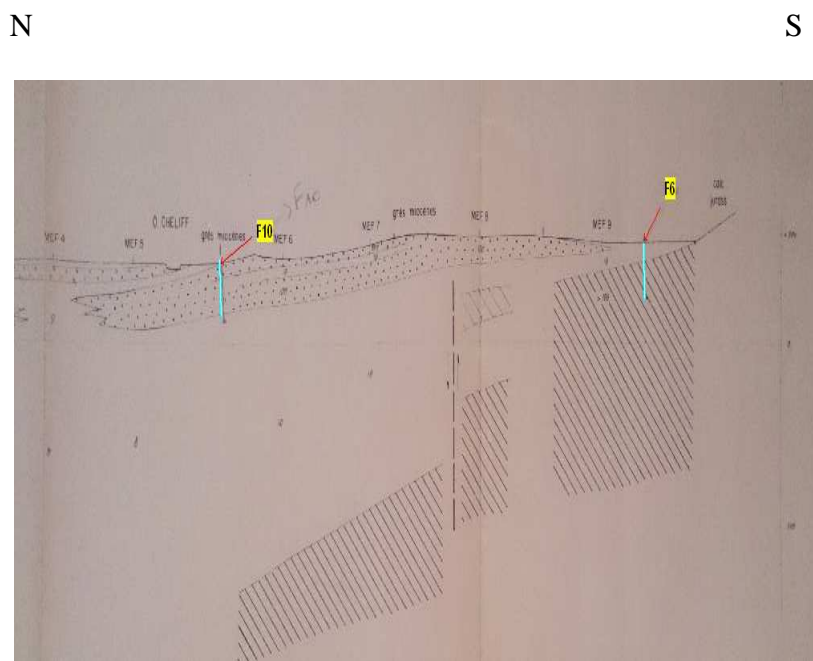


Fig. 15: La Coupe MFE6 et la Coupe MEF9

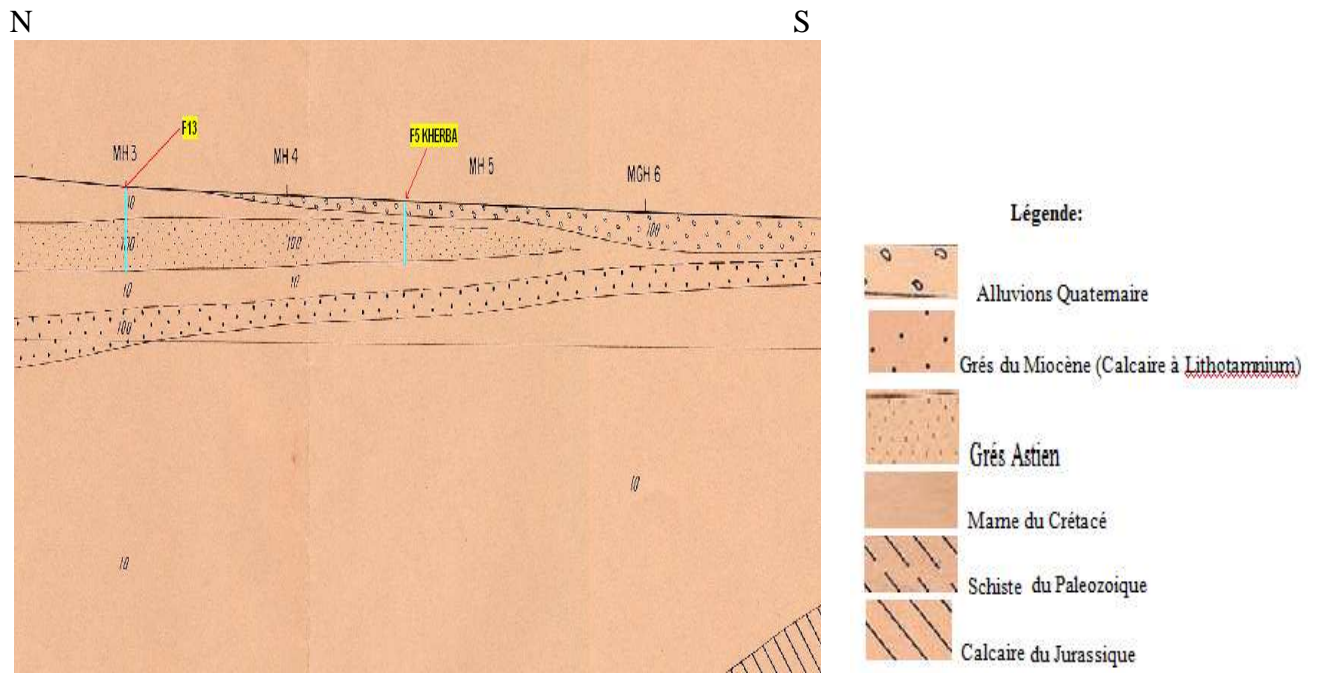
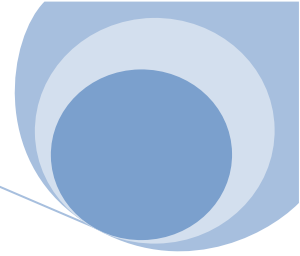


Fig. 16: La Coupe MH3 / les Coupes MH4-MH5

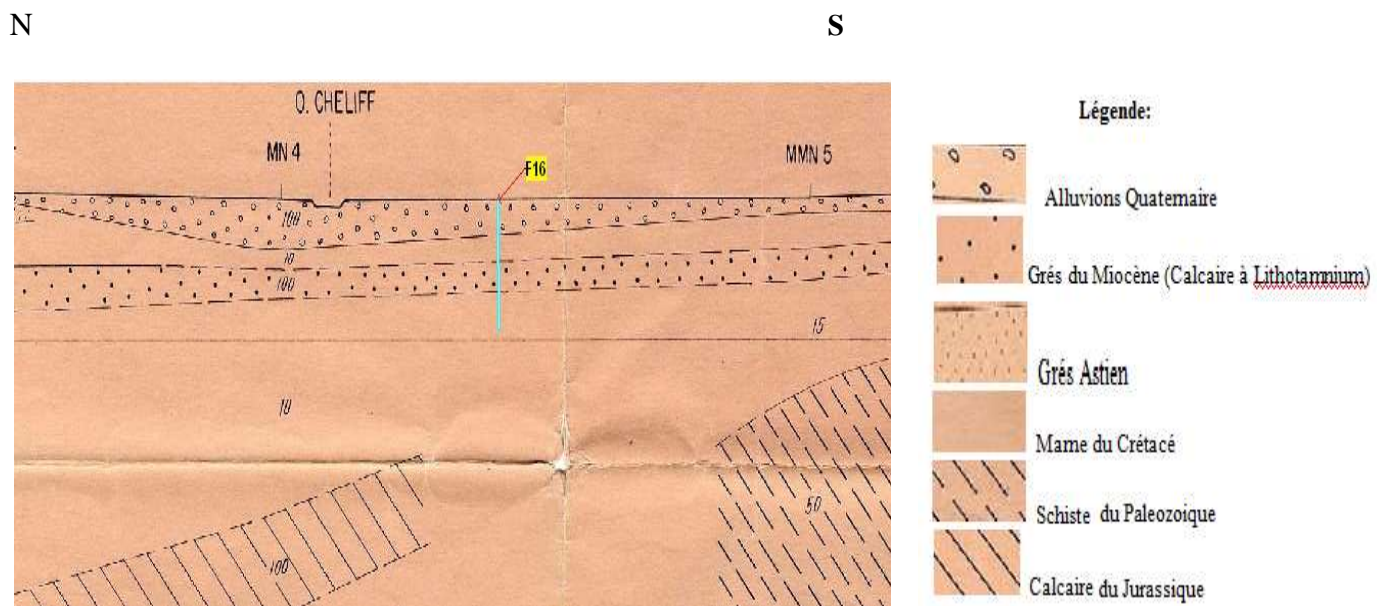


Fig. 17: Les Coupes MN4-MN5

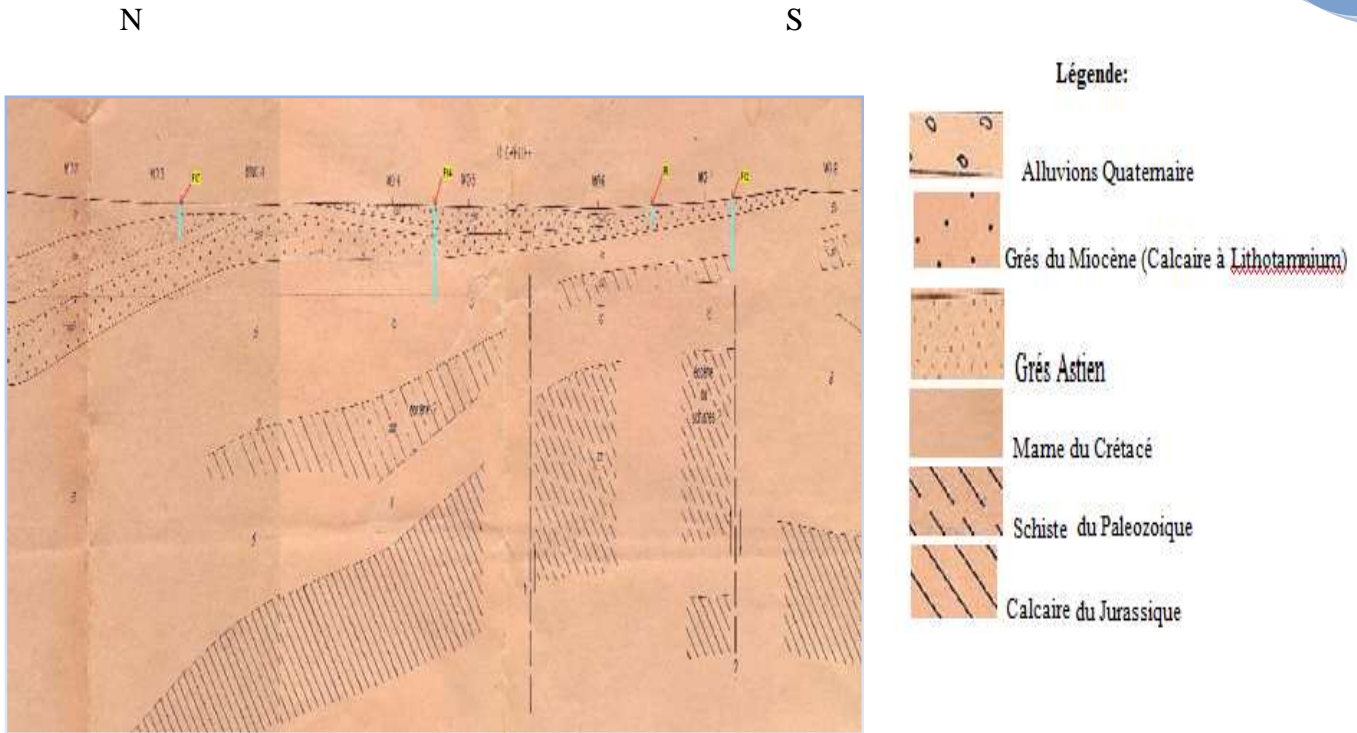
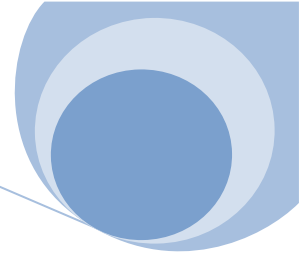


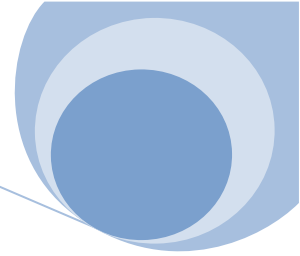
Fig. 18: Les Coupes MO3-MNO4 / MO5-MO6 / MO6-MO7 / MO7_MO8

III.4 Interprétation des différentes cartes de résistivité

a) Carte des résistivités apparentes en AB = 300m

Cette carte (Fig.19) d'une profondeur d'investigation comprise entre 30 et 75m montre d'après la résistivité apparente que les plages résistantes correspondant probablement à des horizons aquifères qui sont localisées :

- Au Sud d'El Abadia où la résistivité apparente est supérieure à 30 Ohm.m et correspond au remplissage alluvionnaire et aux formations gréseuses pliocènes qui affleurent au niveau du versant nord de la dépression du chélif. Les horizons résistants suscités sont bordés au Nord et au Sud par deux plages conductrices d'une résistivité inférieure à 30 ohm.m appartenant respectivement aux terrains argilo- sableux du Plio-Quaternaire et aux argiles helvétiques qui arrivent à l'affleurement dans la partie méridionale de la dépression et ce à cause de la dissymétrie de l'axe synclinal mis en évidence au niveau des coupes géoélectriques.



b) Carte de résistivité En AB = 3000 m

Cette carte de résistivités apparentes AB = 3000 m (fig.20) dont la profondeur d'investigation est nettement plus importante que celle de AB = 300m permet de mettre en évidence les formations du substratum représentées soit par :

- Les calcaires du Jurassique soit par les schistes du Paléozoïque, et de déterminer leur extension.
- On remarque par les gammes de valeurs comprises entre 10 à 30 ohm.m, l'existence des formations conductrices, des marnes et schistes du Paléozoïque, et aussi les calcaires du Jurassique avec des valeurs supérieurs à 200 ohm.m.

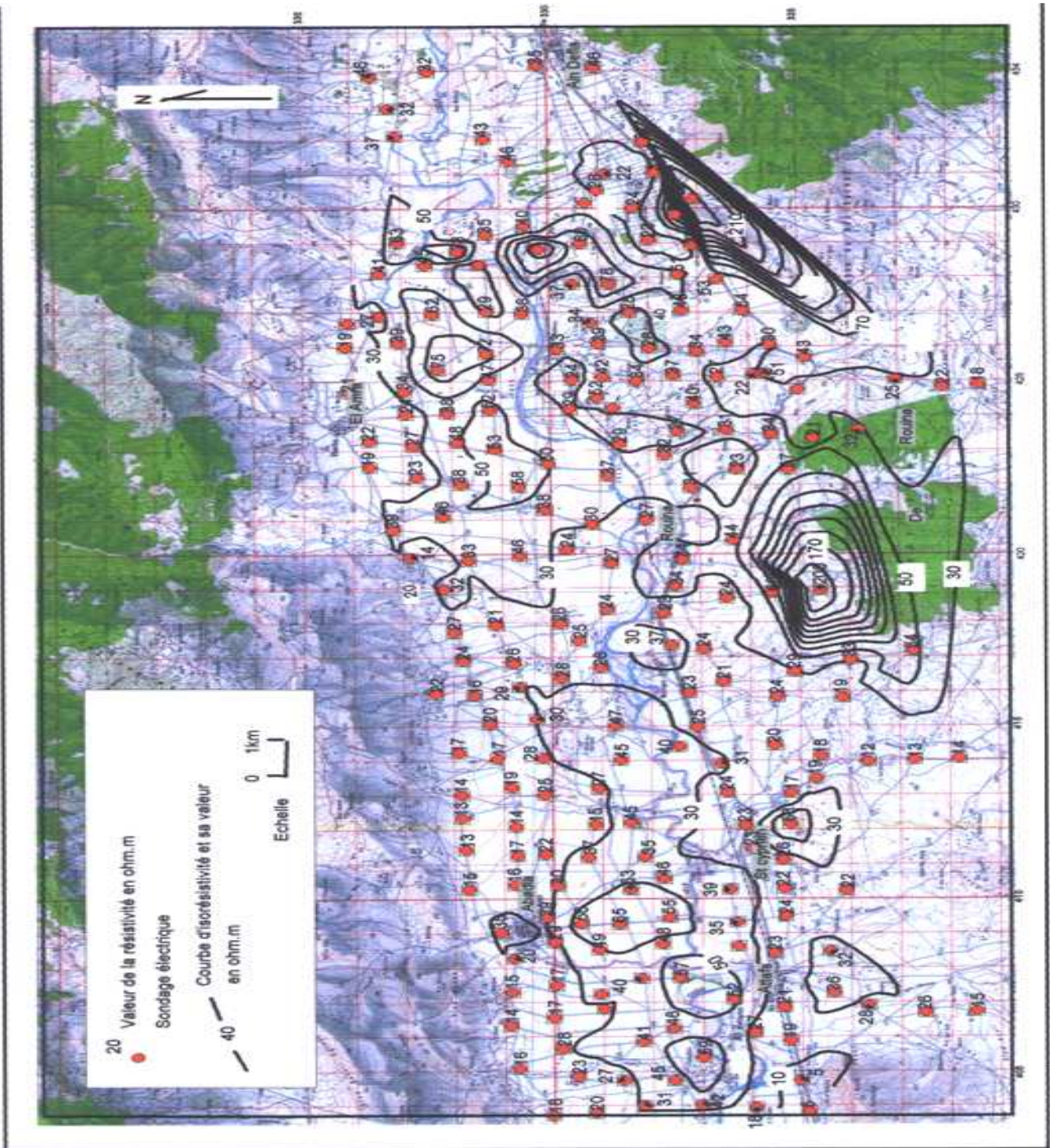
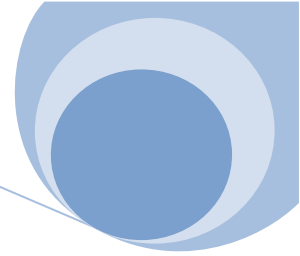


Fig. 19: Cartes de résistivité apparente en AB=300 m d'après CGG, 1969 (Messelmi Hayette 2011)

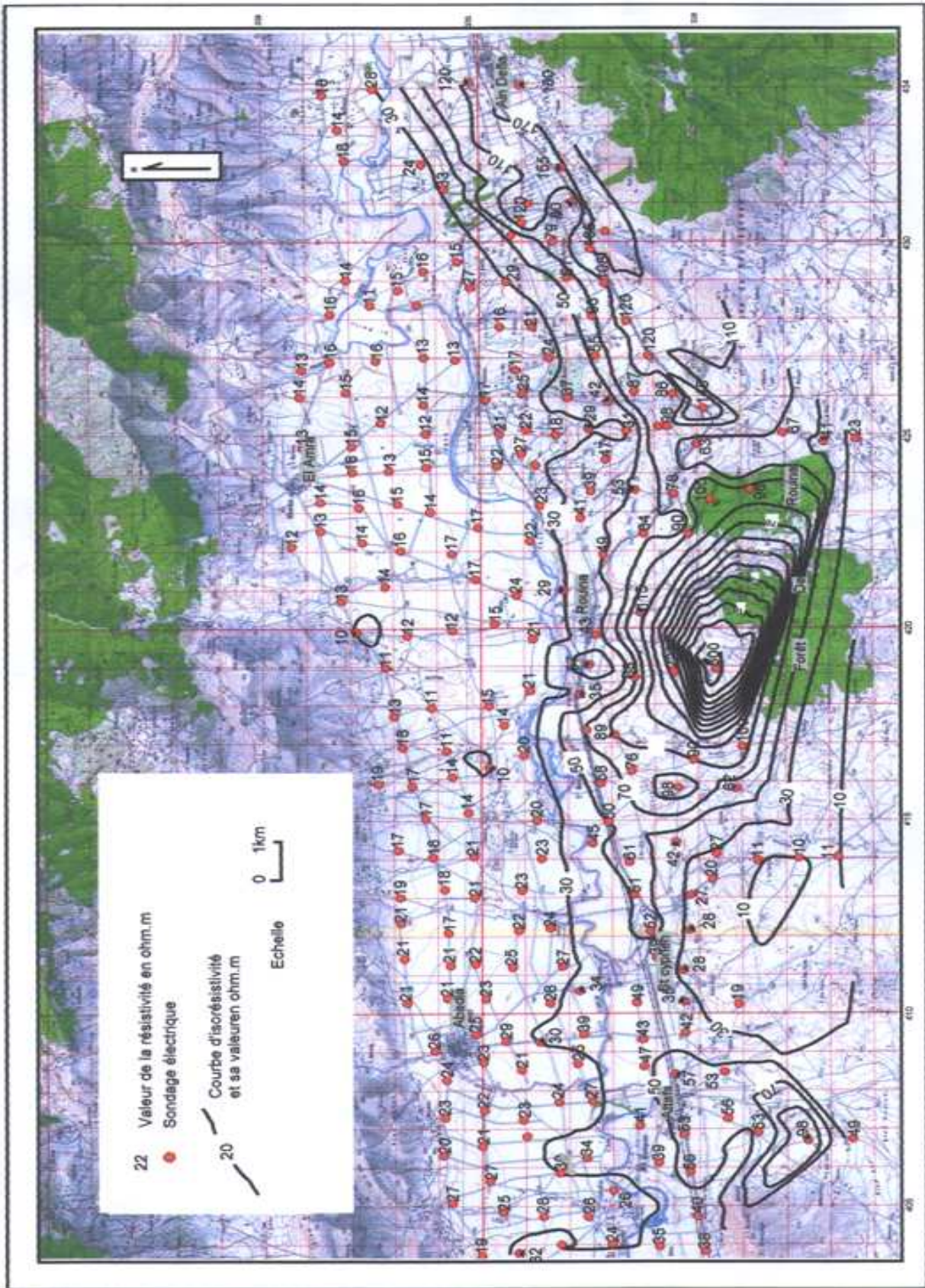
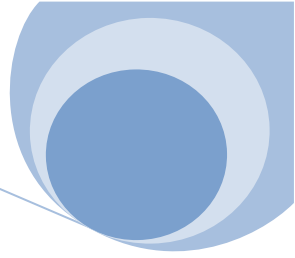
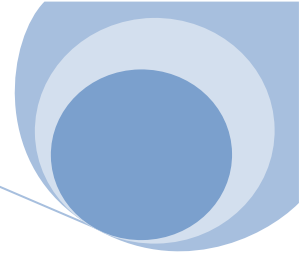


Fig. 20: Carte de résistivité apparente en AB=3000 m d'après CGG 1969 (Messelmi Hayette 2011)



III.5 Conclusion

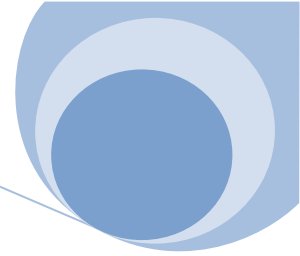
L'étude géophysique montre que les formations susceptibles d'être aquifères dans le secteur étudié sont représentées par :

- Les alluvions grossières quaternaires dont l'épaisseur est maximale au niveau des berges de l'oued Chélif.
- Les grès du Miocène dont l'épaisseur augmente vers le Nord.
- Les grès éocènes.
- Les calcaires fracturés et karstifiés du Jurassique.

L'ensemble des formations décrites ci-dessus correspondent à trois types de nappes.

- Une nappe multicouche représentée par les formations mio-plio-quaternaires.
- Une nappe multicouche constituée par les formations éocènes.
- Une nappe multicouche représentée par les calcaires, les schistes et quartzites du Primaire.

Il est à noter que ces aquifères possibles peuvent présenter entre eux des intercommunications par l'intermédiaire des failles profondes mises en évidence par l'étude géophysique.



IV.1 - Introduction

L'objectif de cette étude va nous permettre de déterminer le comportement hydrogéologique de différentes formations, les caractéristiques hydrodynamiques des différents aquifères (transmissivité, perméabilité, et coefficient d'emmagasinement), drainage et alimentation des eaux souterraines ainsi que les zones d'intercommunication entre les différents horizons hydrogéologiques, le suivi continu de la fluctuation du niveau piézométrique (carte piézométrique), d'estimer le gradient hydraulique et de tracer les principaux axes des écoulements de convergence ou de divergence.

IV.2 - Les Paramètres hydrodynamiques des différentes formations aquifères

L'étude litho-stratigraphique, structurale, et géophysique nous ont permis de déterminer les différentes formations susceptibles d'être aquifères dans la région d'étude. Ces formations sont principalement représentées par:

- **Les alluvions anciennes du Quaternaire :** Elles sont formées par un ensemble conglomératique qui est enrobé dans des limons argilo-calcaires, et un autre ensemble formé de terrasses sablo conglomératiques.
- **Les alluvions récentes du Quaternaire :** Elles sont composées d'horizons sablo-gréseux évoluant vers des niveaux à poudingues atteignant parfois une épaisseur de 30 m.
- **Les formations du Cénozoïque,** sont représentées essentiellement par :

Une puissante formation de grés dans l'Eocène, et par la formation conglomératique du Miocène inférieur qui débute par une épaisseur variable, pouvant parfois atteindre 220 m ;

➤ **Le Mésozoïque:** Est constitué essentiellement par des calcaires et des calcaires dolomitiques fracturés et karstifiés.

Les formations susceptibles d'être aquifère ont été résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11: Les différentes formations aquifères de la Plaine du Moyen Chéelif, (RICARDO Moisés Nvuala Bunda et MAMANE SOURADJ 2013/2014).

Age	Aquifère	Epaisseur	Type de Nappe
Quaternaire	Alluvions récentes	30 m	Libre
	Alluvions anciennes	20 m	Libre
Pliocène	Grés et conglomérats	100 m	Libre
Miocène gréseux	Grés et conglomérats	220 m	Captive
Jurassique	Calcaires		Karst



IV.3 Comparaison des résultats de l'étude géophysique avec les données des forages

Pour l'étalonnage des données relatives à l'étude géophysique, on s'est basé sur les logs des différents forages qui montrent de point de vue lithologique que les marno-calcaires éocènes n'existent pas et la valeur de la résistivité obtenue (100 ohm. m) correspond à des argiles et conglomérats Pliocène, ce qui n'a pas été démontré par la géophysique.

Du point de vue structural, nous avons pris en considération la faille d'orientation NE-SW affectant le versant nord du djebel Temoulga. L'accident tectonique transverse d'orientation NE-SW est confirmé par le forage (E6-636) qui a recoupé les conglomérats et argiles pliocènes, les calcaires marneux du Crétacé, montre que le compartiment (Est) est effondré et les calcaires jurassique ont remonté (les formations les plus anciennes ont remontées et les plus récents on descendues).

On remarque aussi que l'Astien peut être replissé alors que la géophysique ne le montre pas, et son toit a été recoupé au niveau du forage (E6-822) sur une profondeur de 70m, qui est en communication directe avec les alluvions quaternaires.

Le toit de l'Astien, a une épaisseur de 100 m et profondeur qui atteint les 160 m, alors que dans les coupes géologiques interprétatives il a une épaisseur de 140 m et une profondeur de 70 m au niveau du forage (E6-822) et au niveau du forage (E6-676), et se trouve à 200 m de profondeur.

Les coupes interprétatives montrent que le toit de l'Astien s'enfouille progressivement d'Est en Ouest, il est d'une profondeur 70 m à 130 m sur la coupe hors qu'il se trouve en surface (affleure sur la coupe E).

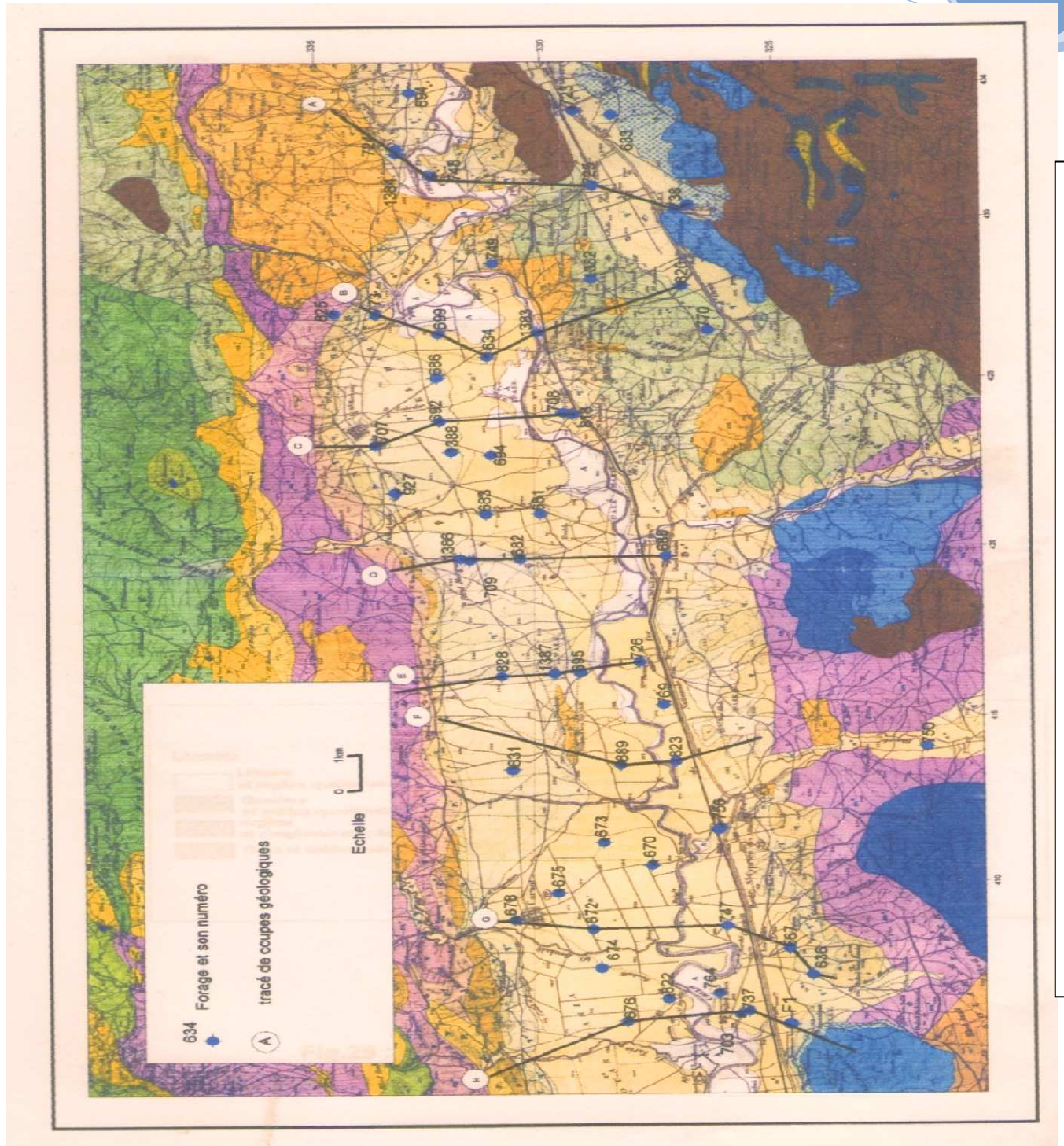


Fig.21: Carte de situation des coupes géologiques (Richa Amina 2009/ 2010)

Chapitre IV. Hydrogéologie

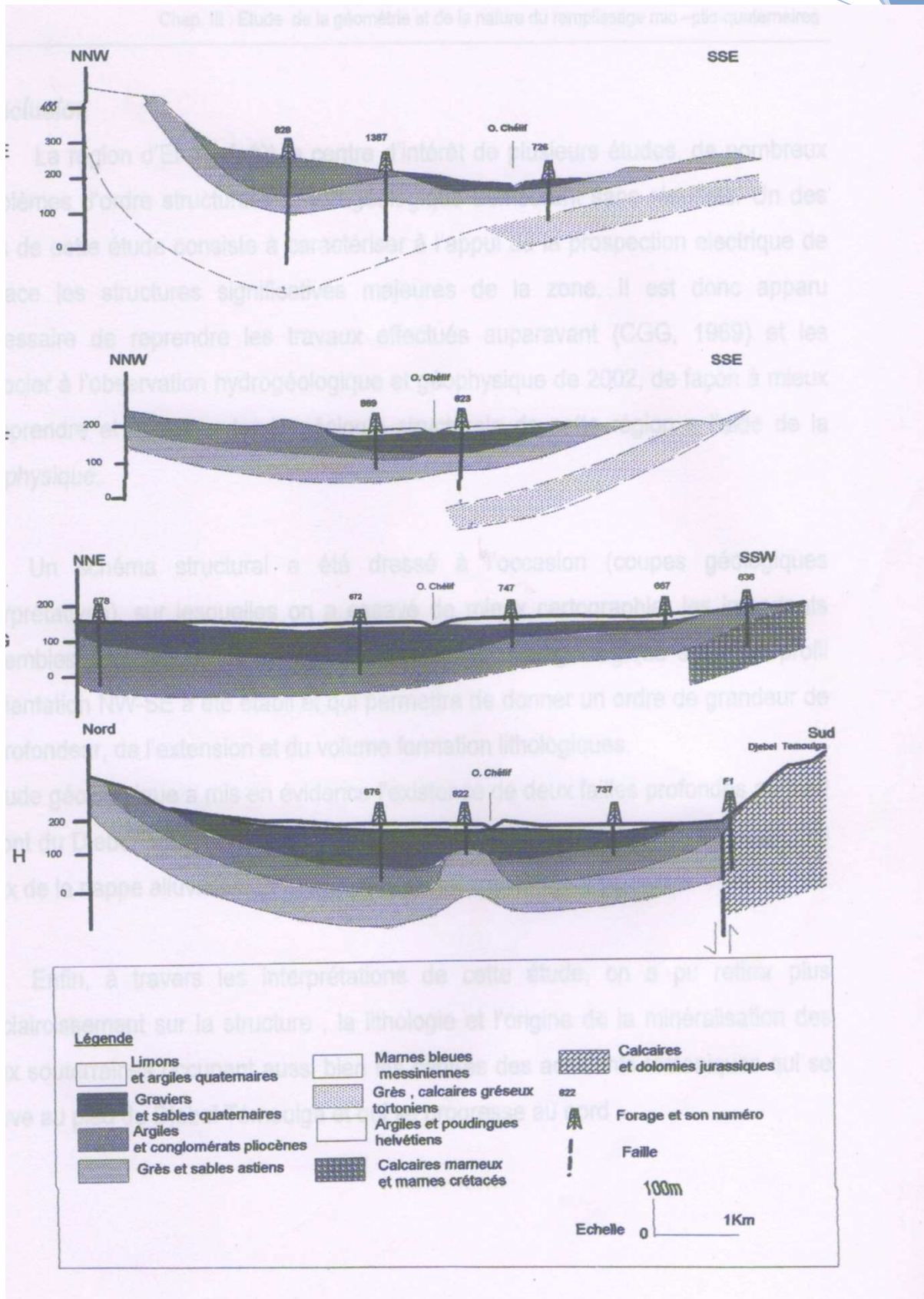


Fig. 22: Coupes géologiques interprétatives (Richa Amina 2009/2010)

Tableau 12: Corrélation entre les logs de forages

Sidi Bouabida	El Abadia
(0-6,5m) Argile grise sableux avec quelques graviers	(0-50m) Argile grise sableux avec quelques graviers (Quaternaires)
(10-24m) Galets et graviers	(50-80m) Galets et graviers (Quaternaire)
(24 -26m) Argile sableux avec graviers	(138-160m) Argile sableux avec graviers (Tertonien)

IV.4 Étude Piézométrique de la Région

IV.4.1 Inventaire des points d'eau

La carte d'inventaire des points d'eau, du réseau de surveillance piézométrique de l'ANRH, qui est composé de 9 puits domestiques et de 8 Piézomètres.

Les puits domestiques sont utilisés pour l'irrigation des petites parcelles agricoles et pour l'alimentation en eau potable, leurs profondeurs varient entre 5 à 25 m.

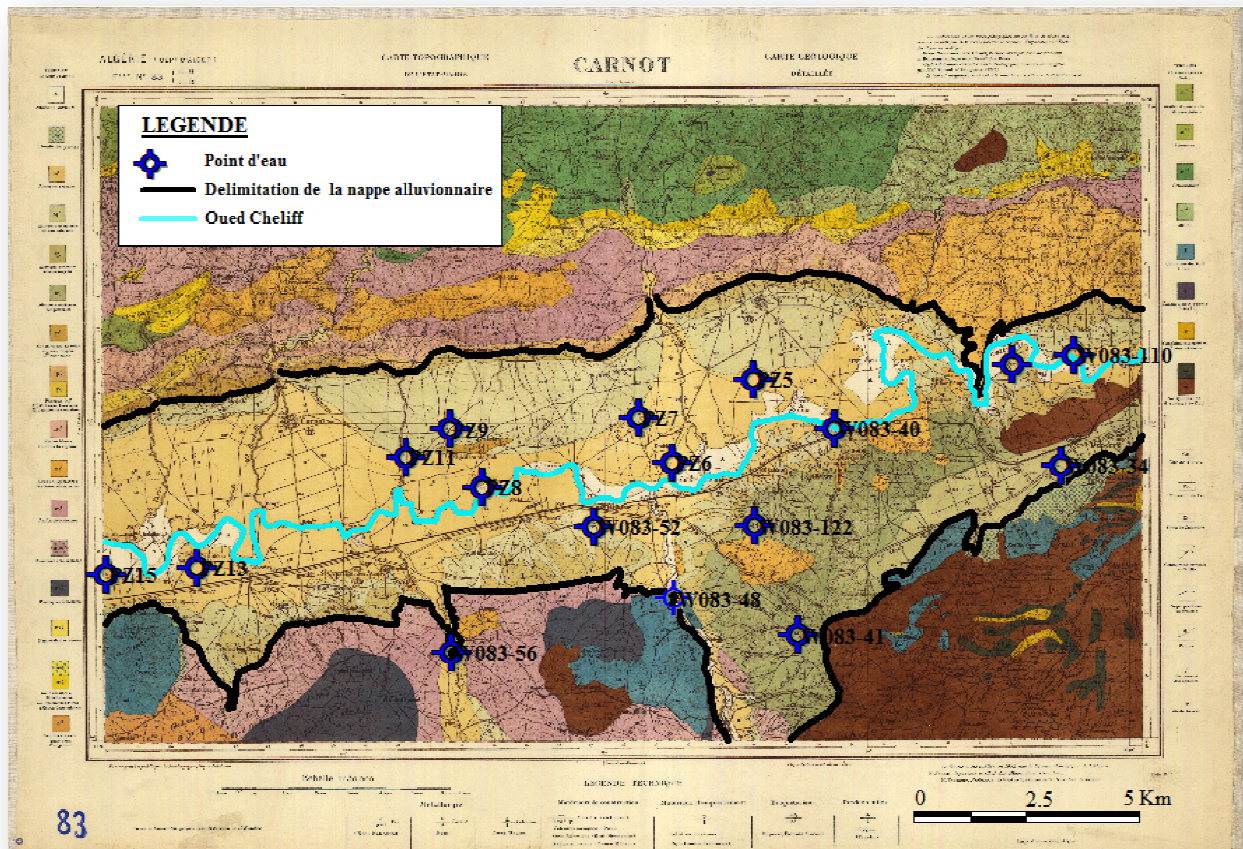


Fig. 23: Carte d'inventaire des points d'eau (voir annexe).

IV.4.2 Interprétation des cartes piézométriques

L'établissement des cartes piézométriques a pour but de donner une vision instantanée de l'état de celle-ci pour une période précise.

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

Pour cette étude nous nous sommes basé sur l'établissement de cartes piézométriques des deux périodes distinctes, à savoir :

Avril/Octobre de 2010 et Mai/Octobre de 2012.

IV.4.2.1 Interprétation des cartes piézométriques de l'année 2010/2012

L'analyse des 4 cartes piézométriques, tel que 2 des basses eaux et 2 des hautes eaux, montrent une légère différence concernant la fluctuation du niveau piézométrique, malgré la différence de période.

L'analyse de la piézométrie montre une convergence des eaux de l'amont vers l'aval de la plaine, les courbes hydro-isohypses sont plus serrées au voisinage du massif de Doui à cet endroit présentant un gradient hydraulique important (0.011), par conséquent une perméabilité faible.

Les courbes hydro-isohypses deviennent plus espacées au niveau de la commune d'El Abadia qui se traduit par un gradient hydraulique plus faible (0.005) ce qui signifie que la perméabilité est plus importante.

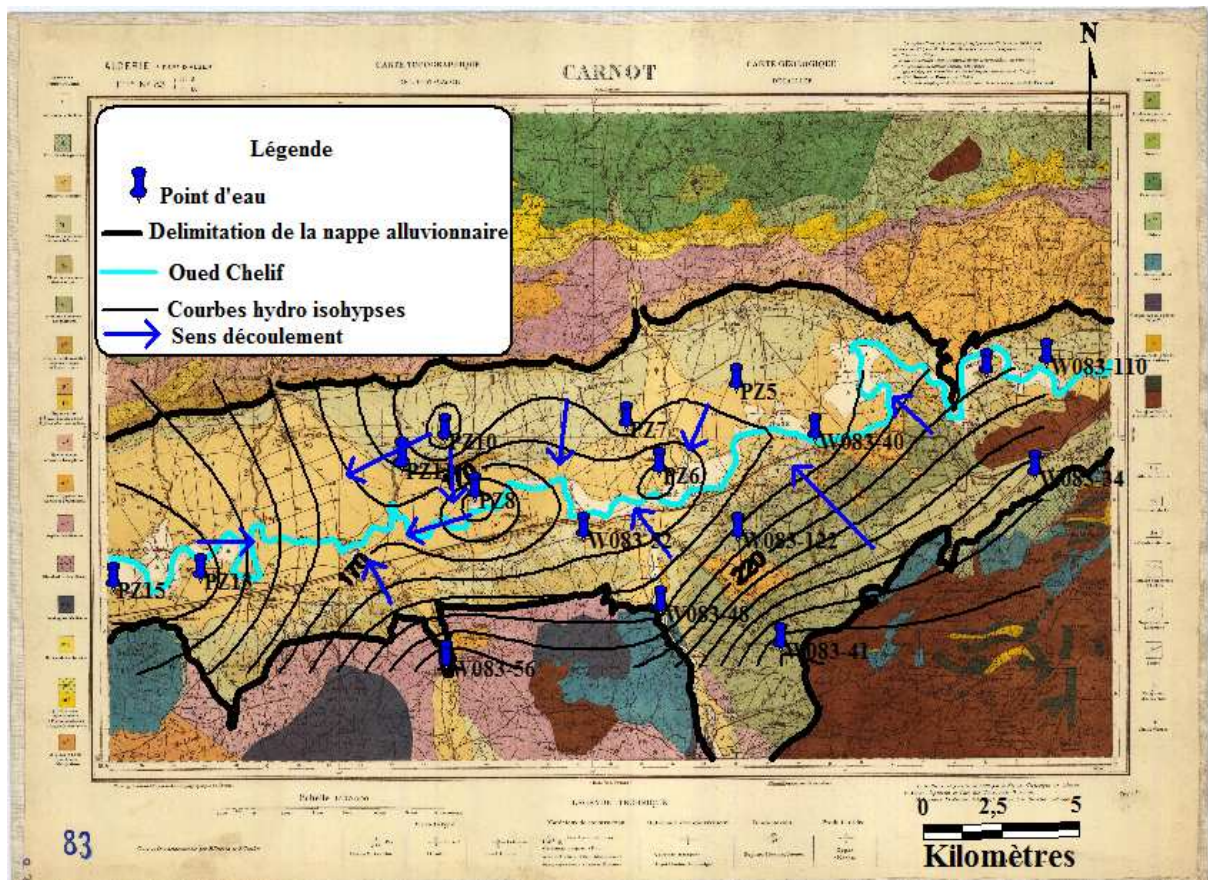


Fig. 24: Carte piézométrique de la période des Hautes eaux (Avril 2010)

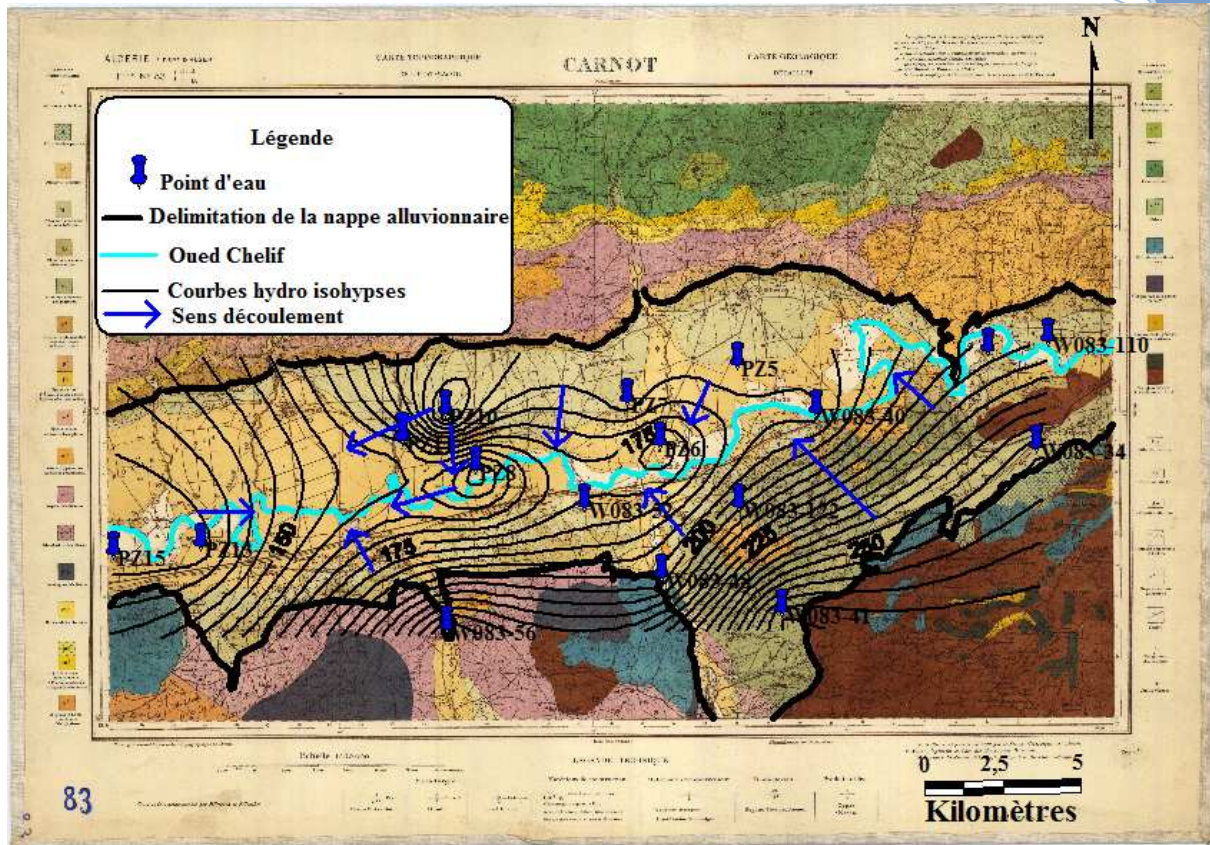


Fig. 25: Carte piézométrique de la période des basses eaux (Octobre de 2010)

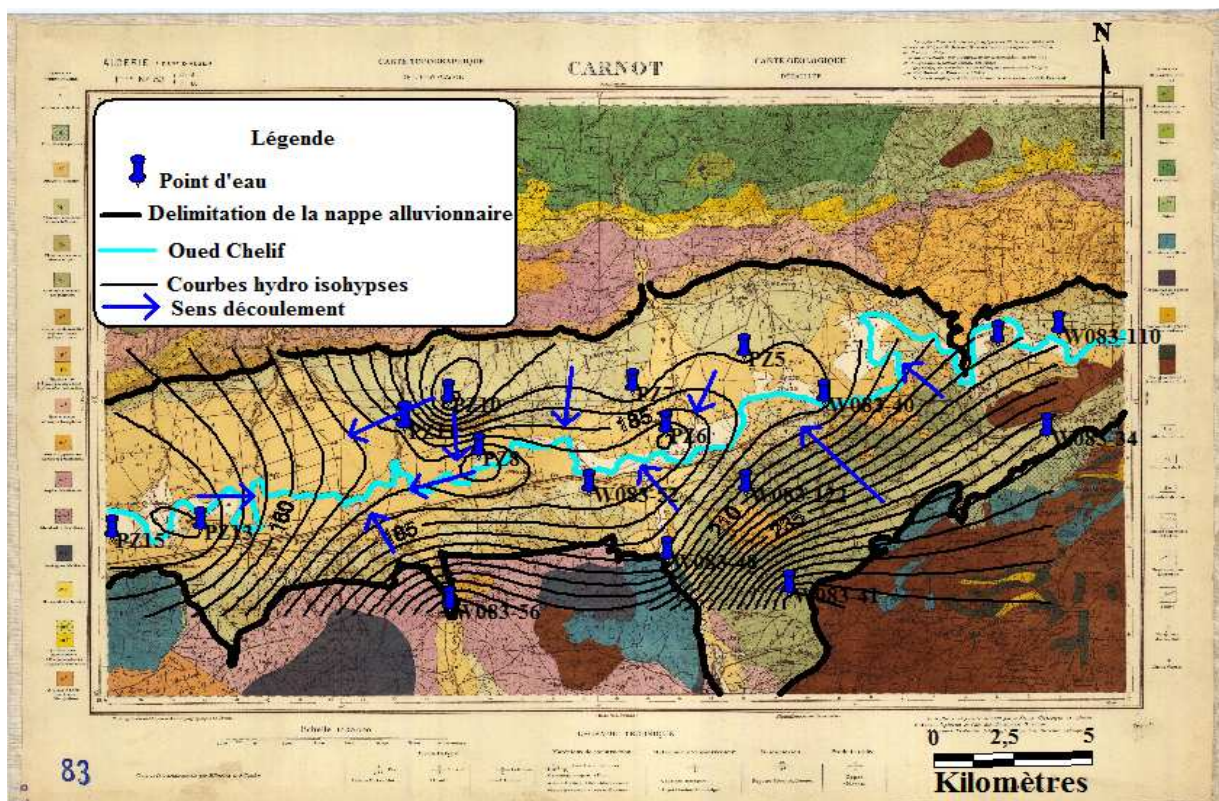


Fig. 26: Carte piézométrique de la période des hautes eaux (Mai 2012)

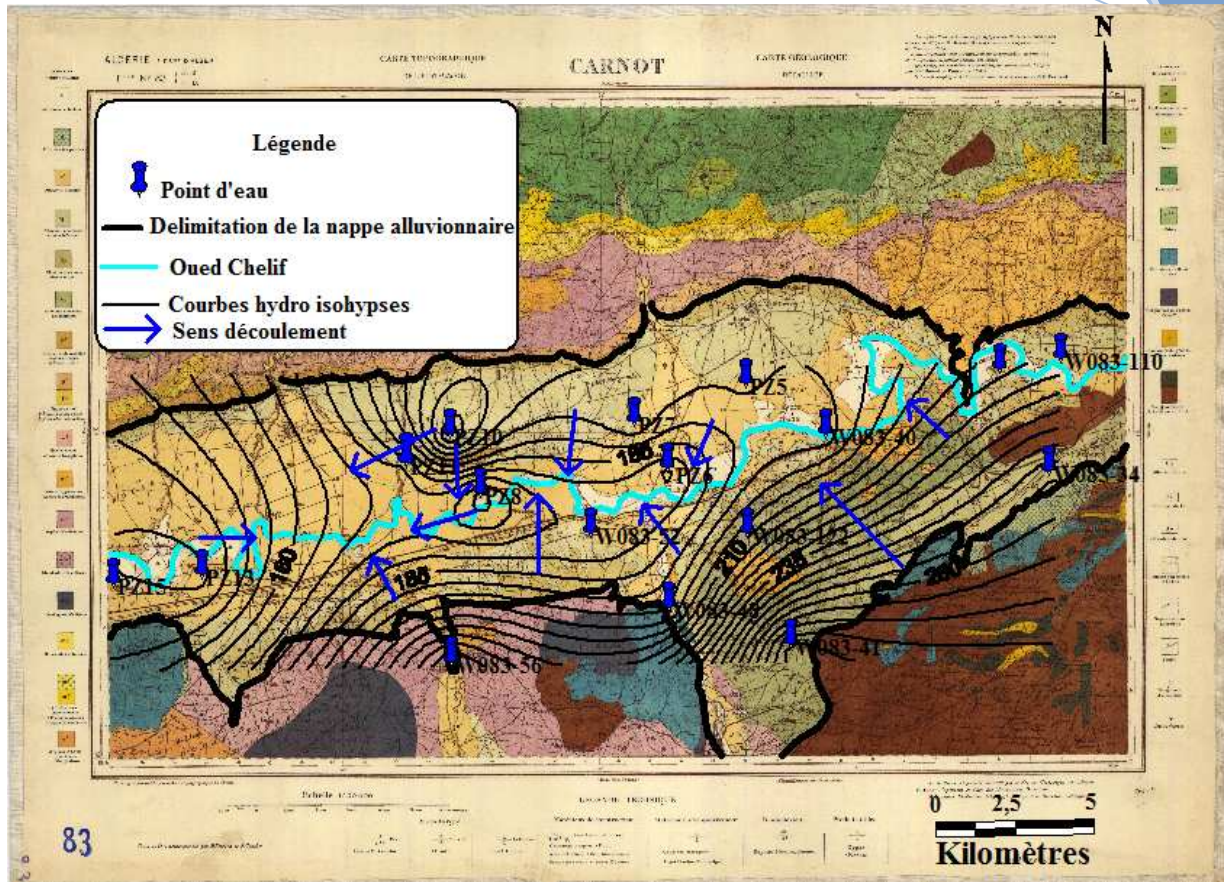


Fig. 27: Carte piézométrique de la période des basses eaux (Octobre de 2012)

IV.4.2.2 Alimentation de la nappe

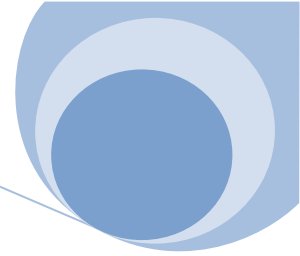
L'alimentation de la nappe alluviale se fait:

- En amont à partir des versants Nord et Sud où les alluvions arrivent à l'affleurement et en contact direct avec les sables et les grès de l'Astien formant une nappe multicouche (fig.27).
- Dans la partie aval la nappe n'est alimentée qu'à partir du flanc Nord de la dépression, car le flanc Sud est représenté par une limite étanche (argiles et poudingues helvétiques).
- Aux niveaux des bordures de l'oued, nous observons un phénomène d'inféro flux et aussi dans la même dépression la recharge de la nappe alluviale est limité par l'existence des limons qui les recouvrent.

IV.4.2.3. L'exutoire de la nappe

Les exutoires de la nappe sont représentés par l'oued Chélif vers l'aval, et de nombreux puits de captage.

Ainsi, l'eau transitant par la nappe alluviale, est reprise en grande partie par les forages d'exploitation et en faible partie en l'inféro flux de l'oued Chélif. En situation de hautes eaux, quand le niveau statique arrive très près de la surface, on peut avoir des pertes par évaporation.



IV.4.3 Etude de la variation du gradient hydraulique

C'est la différence du niveau piézométrique entre deux points de la surface piézométrique par unité de longueur, mesurée le long d'une ligne de courant par la formule suivante :

$$I = \frac{\Delta H}{L} \implies I = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

Avec :

ΔH : différences de charge hydraulique en m;

L : distance entre **H_i** et **H_{i+1}** en m;

H_1 et **H_2** : hauteurs piézométriques de deux courbes iso-pièzes qui se suivent exprimées en m.

IV.5 Les paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques (tableau 13) de la nappe ont été déterminés à partir de plusieurs essais de pompages.

- La transmissivité c'est un des paramètres réagissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée et par unité de gradient hydraulique, elle s'exprime en mètre carré par second (**m^2/s**).
- La perméabilité c'est l'aptitude d'un réservoir à se laisser traverser par un fluide.

$$K = T/e$$

avec:

K: Perméabilité (m/s)

T: Transmissivité (**m^2/s**).

e: Epaisseur de la nappe au niveau du forage (m)

- Le coefficient d'emménagement (**S**) c'est le rapport de volume d'eau libère ou emmagasinée par unité de surface d'un aquifères à la variation de charge hydraulique correspondante, sans référence au temps (ou en un temps limite). Dans un aquifère captive, ce paramètre est lié à l'expansibilité de l'eau et du milieu aquifère. Il est sans unité. Ses paramètres sont corrigés dans le tableau ci-après.

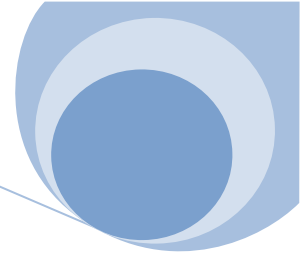


Tableau 13: Résultats des paramètres hydrodynamiques, (D.Pradine 1971)

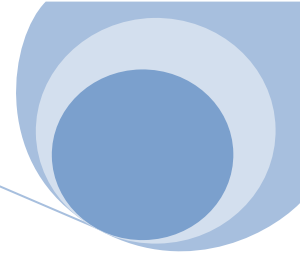
Forages et aquifères	X (km)	Y (km)	Transmissivité (T) 10^{-2} m ² /s	Epaisseur du réservoir utile (e)	Perméabilité K (10^{-4})	Coefficient d'emmagasinement (S)
Forage El Abadia	402.2	327.5	9.5	243.7	4	4.10^{-4}
Forage Kherba						
• Aquifère des Alluvions			1,1	21	5.2	$1,14.10^{-2}$
• Aquifères des grés et sables	425.9	331.2	0,14	53	0,2	$1,2.10^{-3}$
Forage Oued fouda1	394.83	319.12	1,3	18	7,2	$8,1.10^{-3}$
Forage Oued fouda2	393.57	318.13	1,0	27.5	3,6	$9,7.10^{-2}$
Forage Ain Defla	433.1	328.420	0,34	35	0,97	$1,7.10^{-4}$

IV.6 Conclusion

L'étude hydrogéologique a permis de mettre en évidence au niveau de la dépression du moyen Chélif trois horizons aquifères représentés par des alluvions du Quaternaires, des sables et grés Astiens, et des sables, grés et calcaires gréseux du Tortonien inférieur. Les nappes suscitées sont généralement séparées par des horizons imperméables, mais dans certains cas du fait de structure tectonique (plissement, discordance) elles peuvent former des aquifères multicouches captifs sous le recouvrement constitué de limons Quaternaires, leur alimentation en eau a lieu essentiellement à partir du versant septentrional où elles sont libres. La recharge à partir du flanc méridional de la dépression est assez limitée. Le drainage principal de la nappe est assuré par l'oued Chélif.

Cette étude a montré d'autre part sur le versant méridional, l'existence de deux nappes, ils s'agit des calcaires fracturés et karstifiés du Jurassique et schistes et quartzites fracturés du Paléozoïque dont l'alimentation a lieu directement à partir des précipitations.

Il est à noter qu'il n'existe aucune communication entre les aquifères du versant méridional et ceux de la dépression dont ils sont séparés par un horizon étanche constitué par des argiles et poudings helvétiques.



V.I Introduction

La partie d'hydrochimie, sert essentiellement dans à définir la qualité d'eau souterraine et sa composition chimique, en étudiant en particuliers les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines par réalisation des cartes de répartition spatiale.

L'analyse effectuée a porté sur les cations (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) et les anions (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^- , NO_3^-) et le pH, la conductivité électrique et le résidu sec en mg/l.

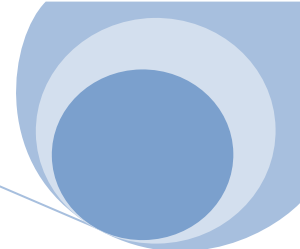
Dans l'aquifère, il établit un équilibre entre la composition chimique de l'eau et celles des roches .L'eau prend une minéralisation que demeure stable dans le temps et sert à caractériser un facies hydrochimique. Les ions majoritairement présents dans l'eau vont réfléchir la nature des roches rencontrées.

- Dans les terrains cristallins (granitiques), sableux et gréseux c'est-à-dire riches en minéraux siliceux et silicatés – les eaux sont douces, donc peu minéralisées mais agressives pour les conduites.
- Dans les réservoirs calcaires, les eaux sont dures, moyennement a fortement minéralisées en sels de calcium et magnésium et entartrent les conduits.
- Au contact de gypse, l'eau se charge en sulfates et en calcium et devient dure (séléniteuse) et impropre à la consommation.
- L'invasion de la nappe d'eau douce par l'eau salée (biseau salée) est accélérée par les pompes et le rabattement de la nappe.

L'interprétation des différentes analyses va nous permettre de classer les eaux selon différentes méthodes et d'établir un certain nombre de graphiques et/cartes de suivi de la répartition spatiale des différents éléments chimiques.

La minéralisation des eaux souterraines, dépend:

- De la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration;
- Du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol;
- Du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau d'infiltration.



V.2 Evolution spatiale de la chimie des eaux

Les résultats des données de l'analyse chimique pour la période 2012, ont été obtenues du service de l'ANRH de Khemis-Miliana.

Tableau. 14: Valeurs du Résidu sec, de la conductivité et pH des points d'eau en période 2012 (ANRH).

Juin				Octobre			
Point d'eau	CE μ/cm	Résidu Sec mg/l	pH	Point d'eau	CE μ/cm	Résidu Sec mg/l	pH
W083-48	1 870	1 202	7,9	W083-34	2 100	1 326	7,6
W083-41	1 574	1 188	7,6	W083-40	2 630	1 688	7,6
W083-40	2 170	1 318	7,7	W083-41	1 549	846	7,5
W083-34	1 893	1 249	7,6	W083-48	1 900	1 174	7,5
W083-52	2 190	1 445	7,6	W083-52	2 200	1 748	7,5
W083-56	3 280	2 175	7,6	W083-56	3 260	2 201	7,5
W083-110	2 060	1 360	7,6	W083-110	2 020	1 554	7,4
W083-122	5 400	3 541	7,6	W083-122	5 100	3 415	7,2
W083-126	2 880	1 967	7,8	W083-126	3 000	2 078	7,5
PZ 5 A	1152	760	7	PZ 5 A	1013	751	7,5
PZ 6 A	1152	760	7,5	PZ 6 A	1200	662	7,5
PZ 7 A	1419	837	8,1	PZ 7 A	1418	958	7,3
PZ 9 A	1525	1000	9,4	PZ 8 A	2210	1375	7,8
PZ 10 A	3160	/	7,6	PZ 9 A	1550	986	8,3
PZ 11 A	1172	/	7,6	PZ 10 A	3730	2269	7,4
PZ 13 A	9010	/	7,2	PZ 11 A	1300	757	7,8
PZ 15 A	13970	/	6,9	PZ 13 A	8710	5639	6,8

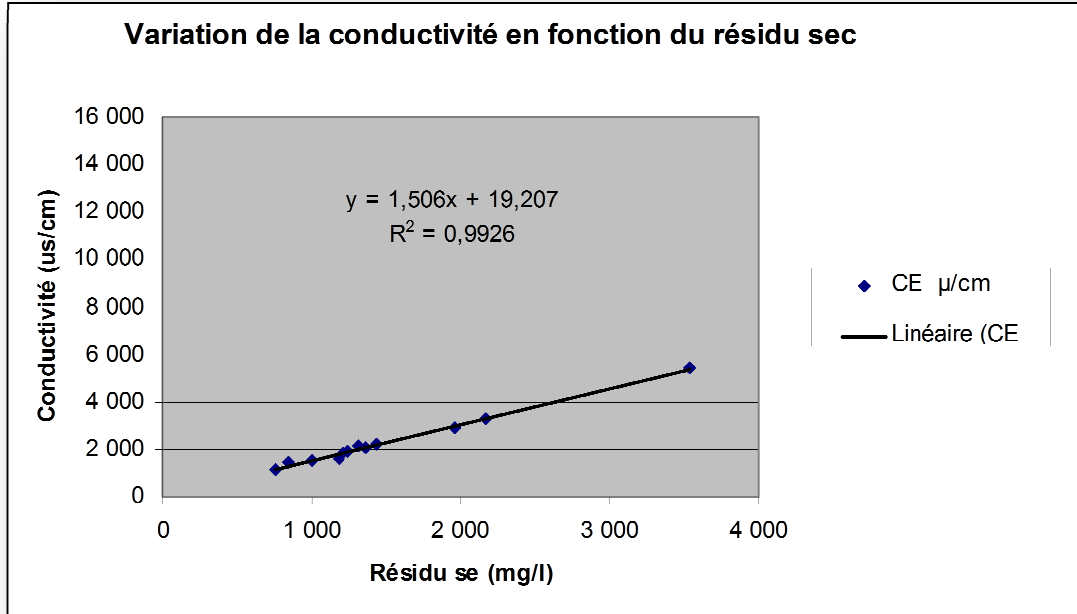
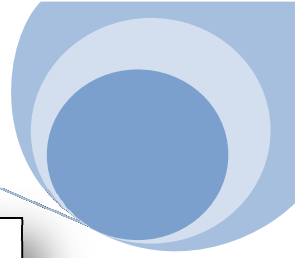


Fig. 28: Variation de la conductivité en fonction du résidu sec (Juin 2012).

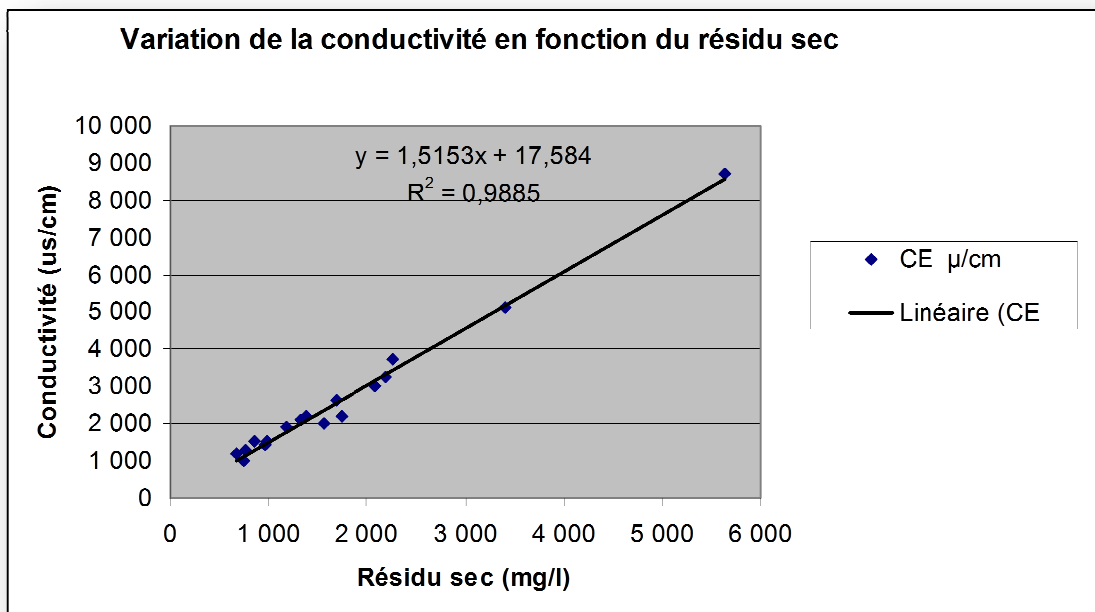


Fig. 29: Variation de la conductivité en fonction du résidu sec (Octobre 2012).

Chapitre V. Hydrochimie

Tableau. 15: Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Juin 2012 (ANRH).

Point d'eau	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	CO ₃ H ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
W083-48	133	80	83	1	263	105	275	100,0
W083-41	83	80	111	1	193	211	320	8,0
W083-40	133	83	163	1	298	335	366	10,0
W083-34	175	90	70	1	260	242	336	51,0
W083-52	108	113	102	1	263	127	412	100,0
W083-56	233	123	243	7	575	548	305	88,0
W083-110	133	78	127	1	380	92	320	100,0
W083-122	525	225	169	2	1 500	239	275	100,0
W083-126	238	80	193	2	490	508	153	94,0
PZ 5 A	71,6	37,9	62	1,1	250	31	91,5	12
PZ 6 A	46,3	29,1	112	1,4	124	228	76,25	0
PZ 7 A	84,2	50,5	94	1,1	320	63	122	10
PZ 9 A	0,0	25,3	253	1,8	200	72	274,5	0
PZ 10 A	227,4	116,2	163	1,4	865	380	244	
PZ 11 A	63,2	37,9	93	1,4	340	72	152,5	0
PZ 13 A	277,9	166,7	1065	8	3600	431	122	0
PZ 15 A	842,1	252,6	270	35,7	4930	620	30,5	0

Chapitre V. Hydrochimie

Tableau 16: Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Octobre 2012(ANRH)

Point d'eau	Ca⁺⁺ mg/l	Mg⁺⁺ mg/l	Na⁺ mg/l	K⁺ mg/l	Cl⁻ mg/l	SO₄⁻ mg/l	CO₃H⁻ mg/l	NO₃⁻ mg/l
W083-34	267	67	49	2	284	256	427	59,0
W083-40	209	117	149	4	375	433	458	9,0
W083-41	133	80	76	2	194	228	366	8,0
W083-48	178	99	58	2	294	103	336	195,0
W083-52	156	147	63	2	413	138	458	91,0
W083-56	267	160	162	2	765	205	366	60,0
W083-110	156	80	90	2	435	66	244	111,0
W083-122	622	187	102	3	1 190	405	336	89,0
W083-126	244	157	113	4	628	395	305	0,0
PZ 5 A	46,7	38,7	85	6,1	229	9	137,25	0
PZ 6 A	46,7	38,7	116	4,4	180	220	122	0
PZ 7 A	88,9	53,3	105	5	354	53	76,25	6
PZ 8 A	133,3	40,0	200	5	377,5	300	183	30
PZ 9 A	133,3	26,7	141	5	352	109	213,5	1
PZ 10 A	355,6	160,0	161	5,8	790	460	244	74
PZ 11 A	111,1	33,3	113	5	317	79	152,5	3
PZ 13 A	266,7	133,3	1000	11,9	2200	374	30,5	4

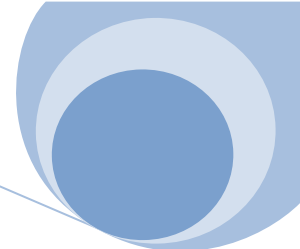


Tableau 17: Normes internationales d'une eau potable selon I OMS.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH	-	6,5 à 8,5	9,5
Conductivité électrique	Us/cm à 20° e	1000	
Résidu sec	mg/l		1500
Minéralisation	mg/l	500	2000
Dureté totale	F°		50
Calcium	mg/l	75	200
Magnésium	mg/l	50	150
Sodium	mg/l	20	150
Potassium	mg/l	10	10
Chlore	mg/l	200	200
Sulfate	mg/l	200	200
Bicarbonate	mg/l	120 a 600	400
Nitrate	mg/l		50

V.2.1 Le résidu sec et la conductivité

La mesure de la conductivité électrique ou son inverse (la résistivité), donne une image fidèle de la minéralisation des eaux.

Un résidu sec très variable s'explique par le fait que les eaux ont des origines différentes. On constate que les eaux ayant les résidus sec plus élevés, se trouvent au niveau du piézomètre n°15, et ceux qu'on retrouve les valeurs plus basses, au niveau du piézomètre n°6, alors qu'ils mettent en évidence le rôle du secteur dans l'augmentation de la salinité des eaux, ceci est confirmé par les fortes valeurs du Sodium au niveau du piézomètre n° 15.

V.2.2 Le pH

Le pH d'une solution varie en fonction de la concentration des ions $[H_3O^+]$ c'est le potentielle en hydrogène. Les valeurs obtenues sont compris entre 6,8 et 9,3 Conformement aux normes de l'OMS.

V.2.3 Courbes des iso – teneurs

Les courbes d'iso-valeurs, nous permettent d'avoir une idée de la distribution et de la concentration spatiale, d'un élément chimique, dans toute la zone d'étude et sur une période donnée. Elles contribuent à une comparaison plus simplifié de l'évolution des eaux.

Chapitre V. Hydrochimie

a) Teneurs en calcium

Le calcium est lié aux roches carbonatées (CaCO_3) et sulfatées (CaSO_4). Géologiquement, les ions de calcium proviennent de la dissolution des carbonates, c'est-à-dire leur transformation sous l'influence du CO_2 lors d'échange pour le cycle calco-carbonique. Tandis que les sulfates, dont la solubilité va en augmentant avec la force ionique de la solution, proviennent de la dissolution du gypse.

En effet, les teneurs en Calcium dans la nappe du secteur varient de 46,3 à 842,1 mg/l, pour les piézomètres Pz 6 A et Pz 15 A (tableau 15), correspondant à la période de juin ; alors que la période d'Octobre est marquée par de concentration allant de 46,7 mg/l pour les Pz 5A et Pz 6A à 622 mg/l pour le puits W083-122 (tableau 16). Pour une bonne qualité d'eau, la teneur en Calcium admissible, selon l'OMS ne doit pas être supérieur à 200 mg/l.

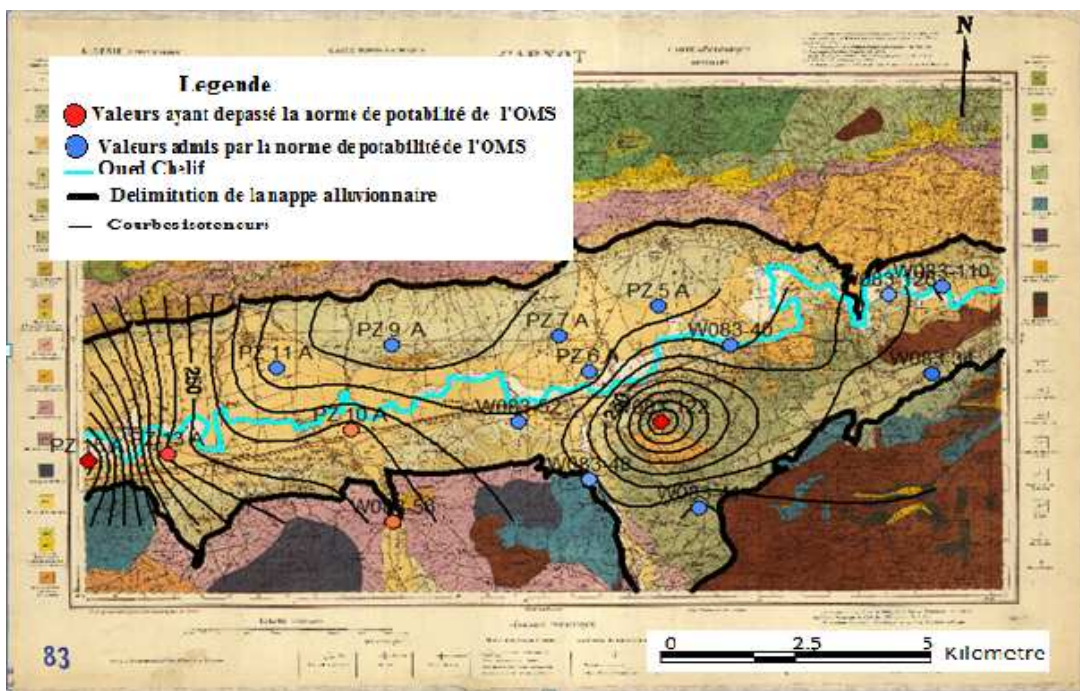


Fig. 30: Carte d'isoteneurs de Ca^{++} (mg/l) Juin 2012.

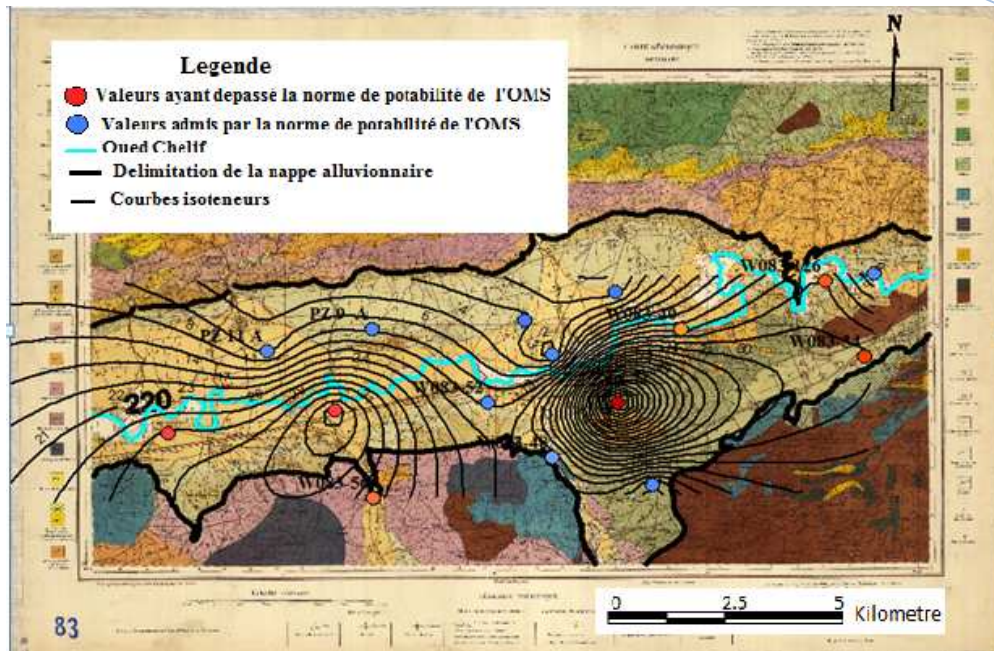


Fig. 31: Carte d'isoteneurs de Ca^{++} (mg/) Octobre 2012.

b) Teneurs en magnésium

La valeur la plus élevée en magnésium est observée au niveau du piézomètre Pz 15A et du puits W083-122 pour la période de juin, ainsi que pour la période d'octobre. Ceci peut être justifié par leurs positions vis-à-vis des formations carbonatées. Alors que les plus faibles concentrations sont enregistrées au niveau des piézomètres Pz 9A avec une valeur de 27 mg/l pour toute la région. Pour une bonne qualité d'eau, la teneur en nitrate admissible, selon l'OMS ne doit pas être supérieur à 150 mg/l.

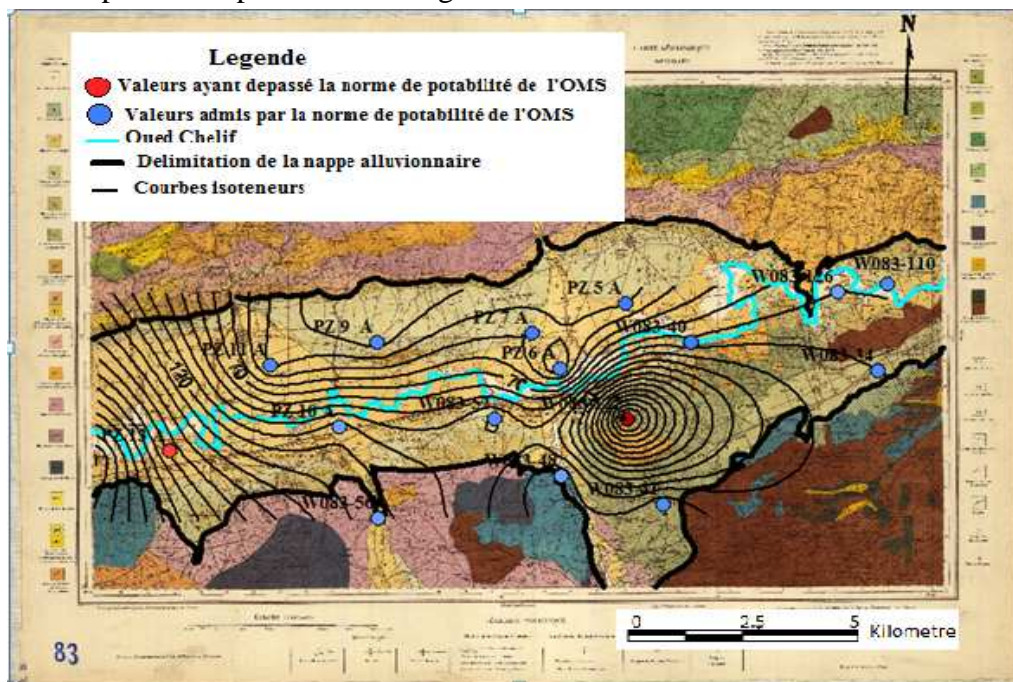


Fig. 32: Carte d'iso teneurs de Mg^{++} (mg/l) Juin 2012.

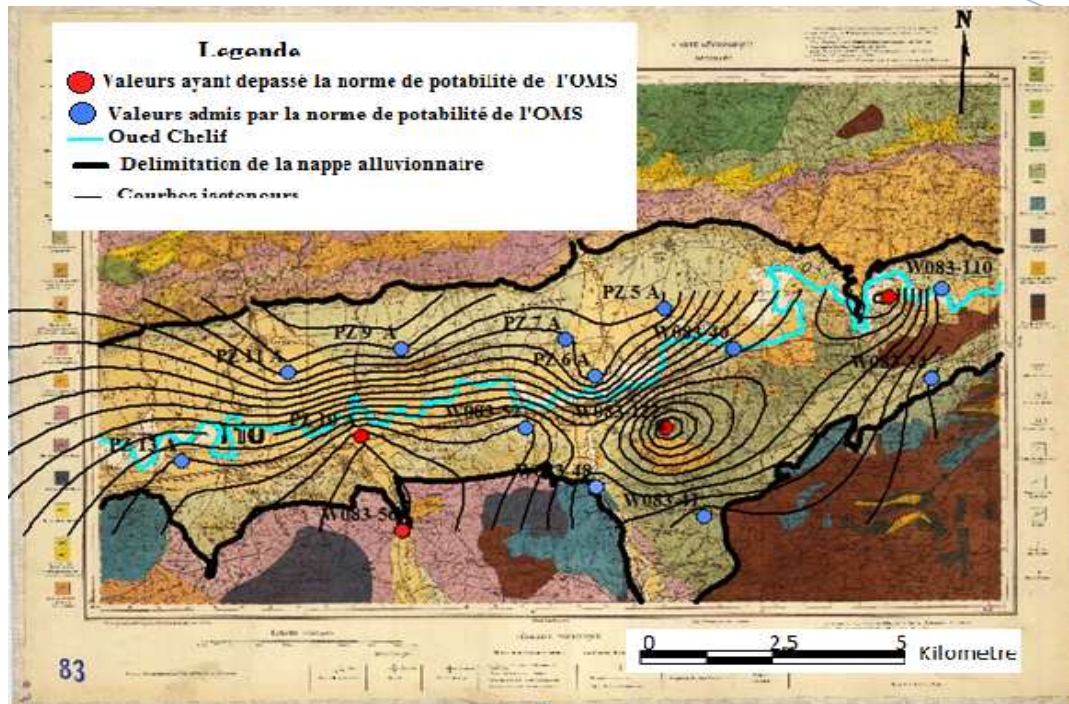


Fig. 33: Carte d'iso teneurs de Mg^{++} (mg/l) Octobre 2012.

c) Teneurs en Sodium

Le sodium étant l'un des ions caractérisant la salinité des eaux, ces concentrations les plus élevées sont observés au niveau du piézomètre Pz 13A pour les périodes de juin et d'octobre, (Voir en annexe).

d) Teneurs en Chlorure

Tel que le sodium, les chlorures font partis des éléments caractérisant la salinité des eaux. Ces concentrations dans la région varient de 124 à 4930 mg/l, dépassant fortement les concentrations maximales admises par l'OMS (200 mg/l). Sur la zone d'étude la plus grande concentration est de 1500 mg/l pour le mois de Juin, et 1190 mg/l pour octobre (voir la fig. 34).

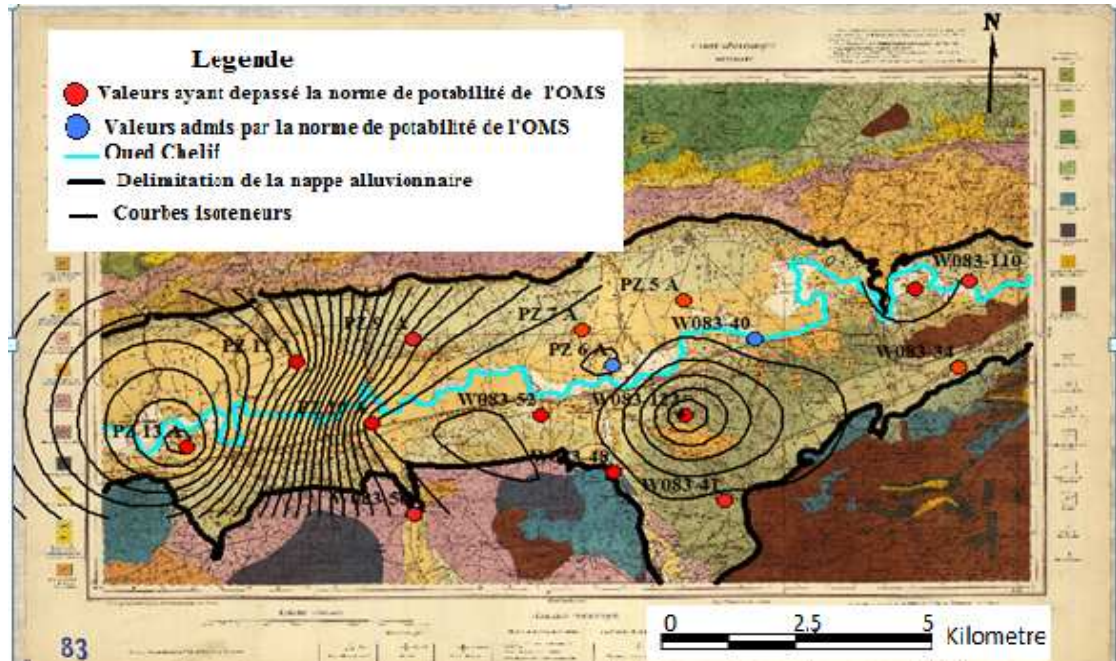


Fig. 34: Carte d'isoteneurs de Cl^- (mg/l) Juin 2012.

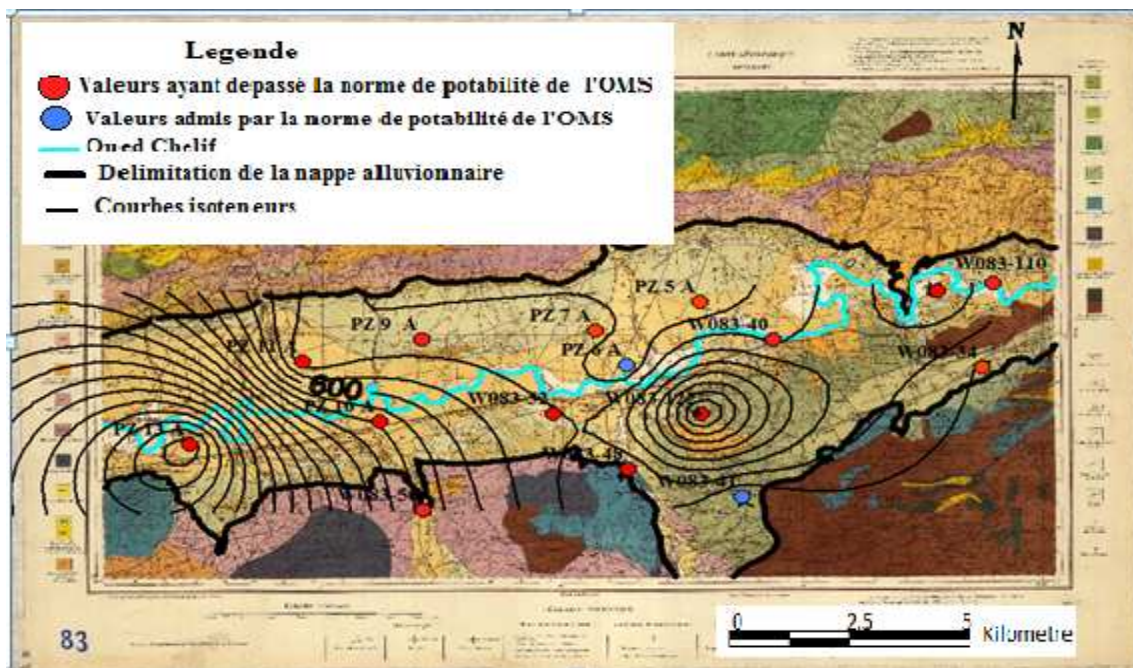


Fig. 35: Carte d'isoteneurs de Cl^- (mg/l) Octobre 2012.

e) Teneurs en Sulfate

La teneur limite en sulfate admise par l'OMS est de 200 mg/l, notre région possède des concentrations qui varient de 9 à 620 mg/l, Impliquant des captages des eaux qui dépassent la norme admissible.

La région, étant caractérisée par des fortes activités agricoles, nous pouvons déduire que ces valeurs assez élevées en sulfate sont induit par une probable pollution liée à l'agriculture.

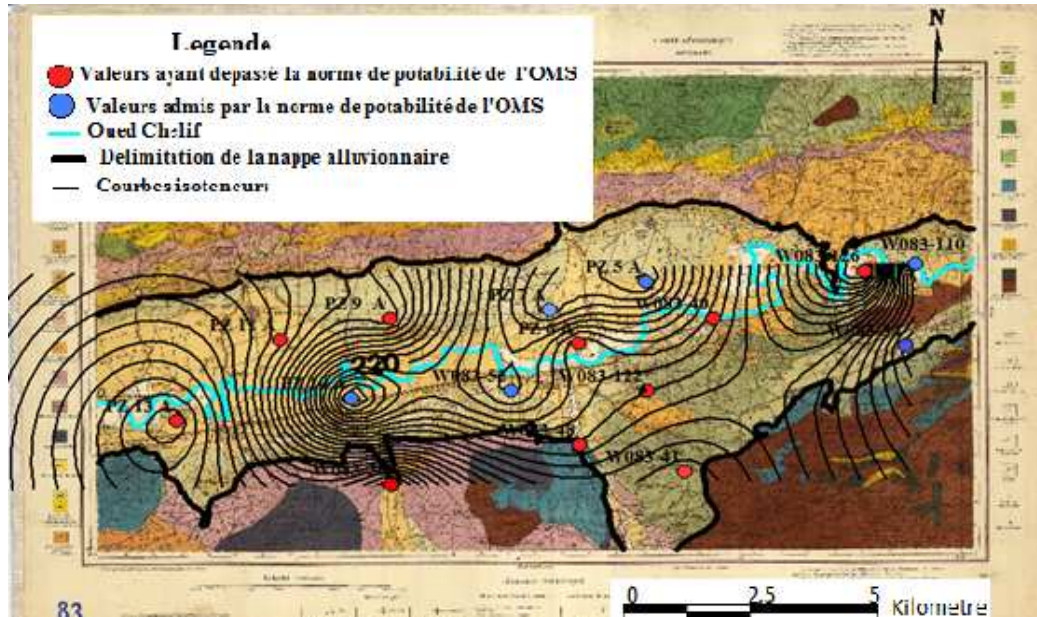


Fig. 36: Carte d'isoteneurs de SO_4^- (mg/l) Juin 2012.

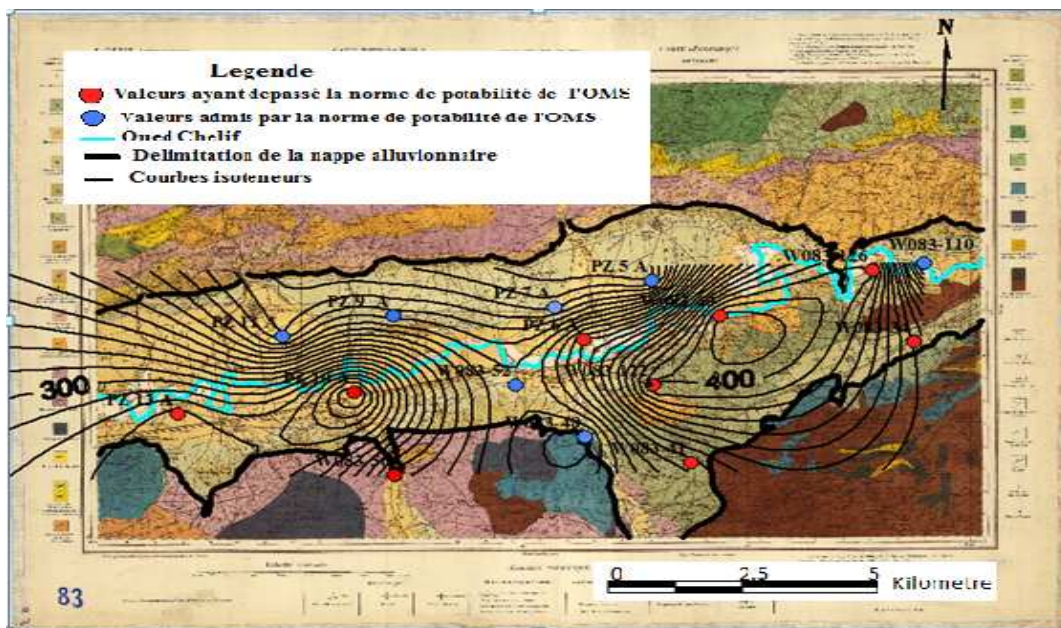


Fig. 37: Carte d'isoteneurs de SO_4^- (mg/l) Octobre 2012.

f) Teneurs en Bicarbonates

Les ions présents dans les bicarbonates sont largement répandus dans le secteur. Les concentrations les plus importantes sont observées au niveau des puits n°W083-40 et W082-52, néanmoins on remarque une bonne représentativité et concentrations des valeurs au niveau des bordures de l'oued (fig. 38).

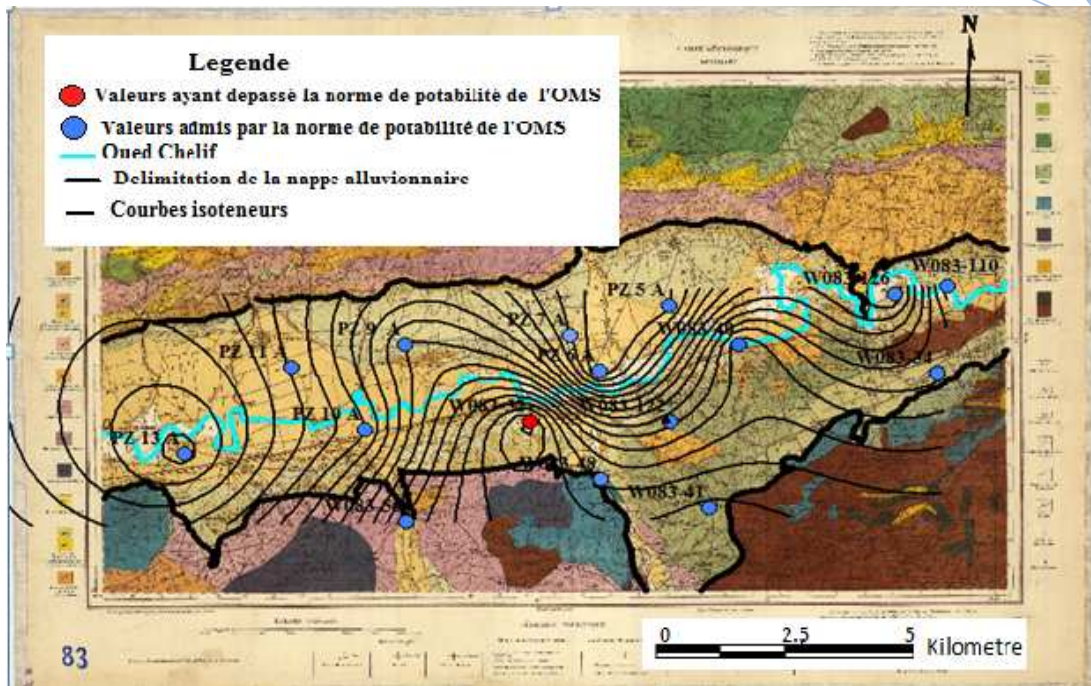


Fig. 38: Carte d'isoteneurs de HCO_3^- (mg/l) Juin 2012.

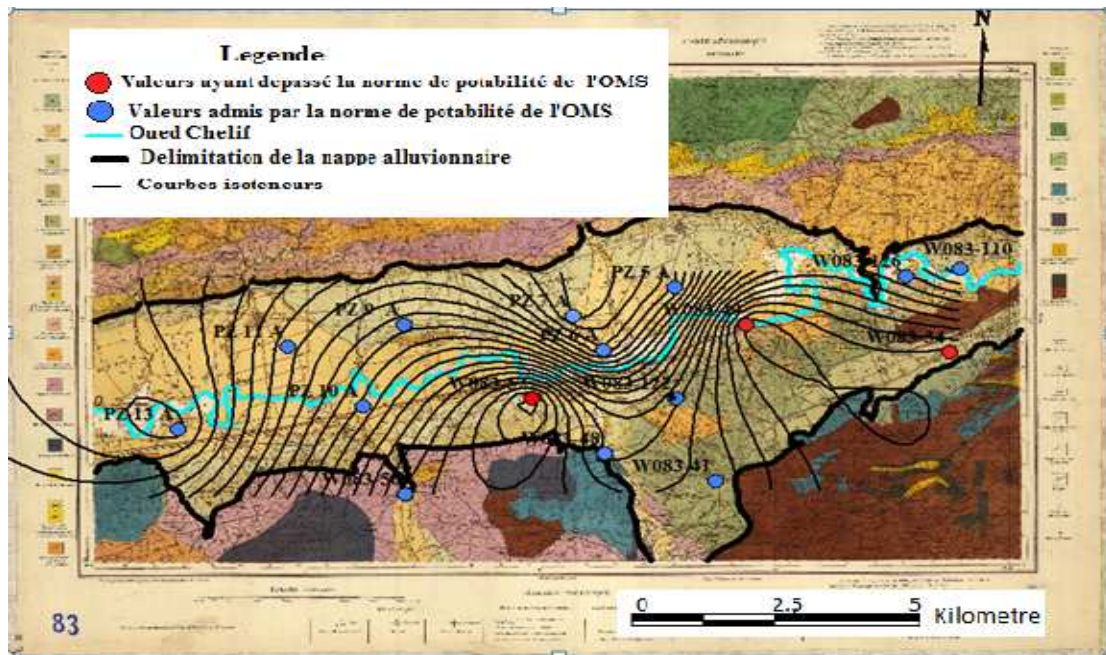


Fig. 39: Carte d'isoteneurs de HCO_3^- (mg/l) Octobre 2012.

g) Teneur en Nitrates

Pour une bonne qualité d'eau, la teneur en nitrate admissible, selon l'OMS ne doit pas être supérieur à 50 mg/l. La région est caractérisé à des grandes activités agricoles, cela nous amène des le départ à s'attendre a des grandes concentrations de nitrates dans les eaux. Dans toute la région les valeurs de nitrates varient de 0 à 195 mg/l, pendant le mois d'Octobre, et de 0 à 100 mg/l, pour le mois de Juin. Cette concentration varie de la même façon dans la zone

Chapitre V. Hydrochimie

d'étude. Donc nous pouvons en déduire que les fortes concentrations dans la région sont dû à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

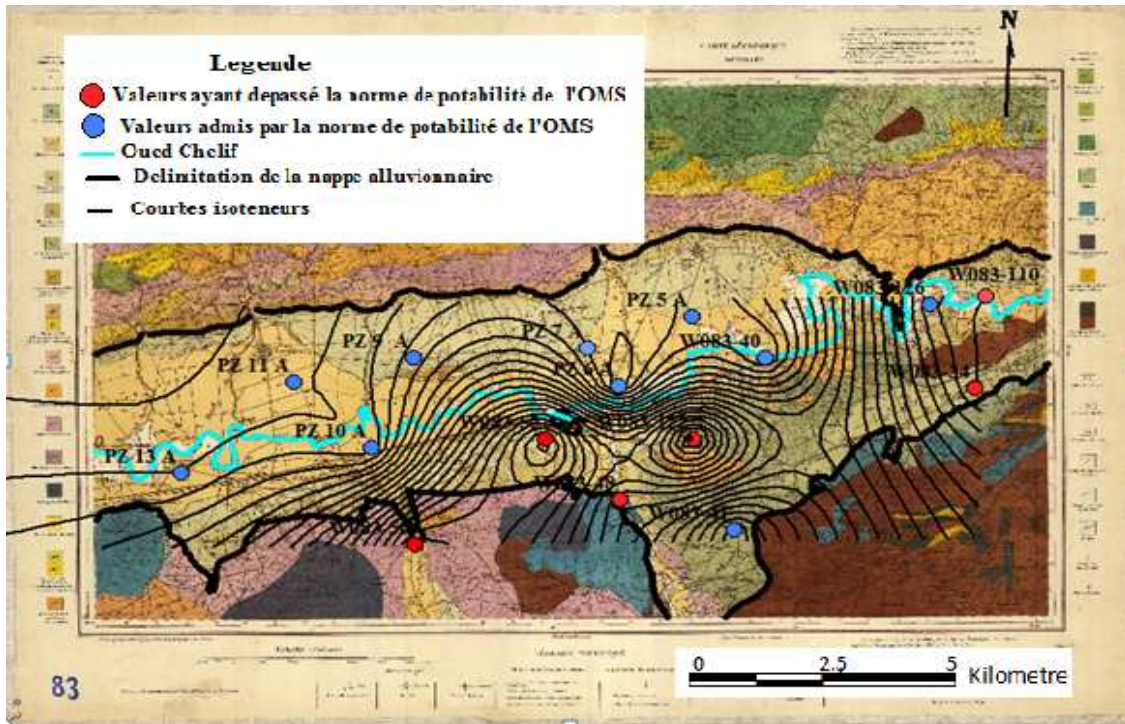


Fig. 40: Carte d'isoteneurs de NO_3^- (mg/l) Juin 2012.

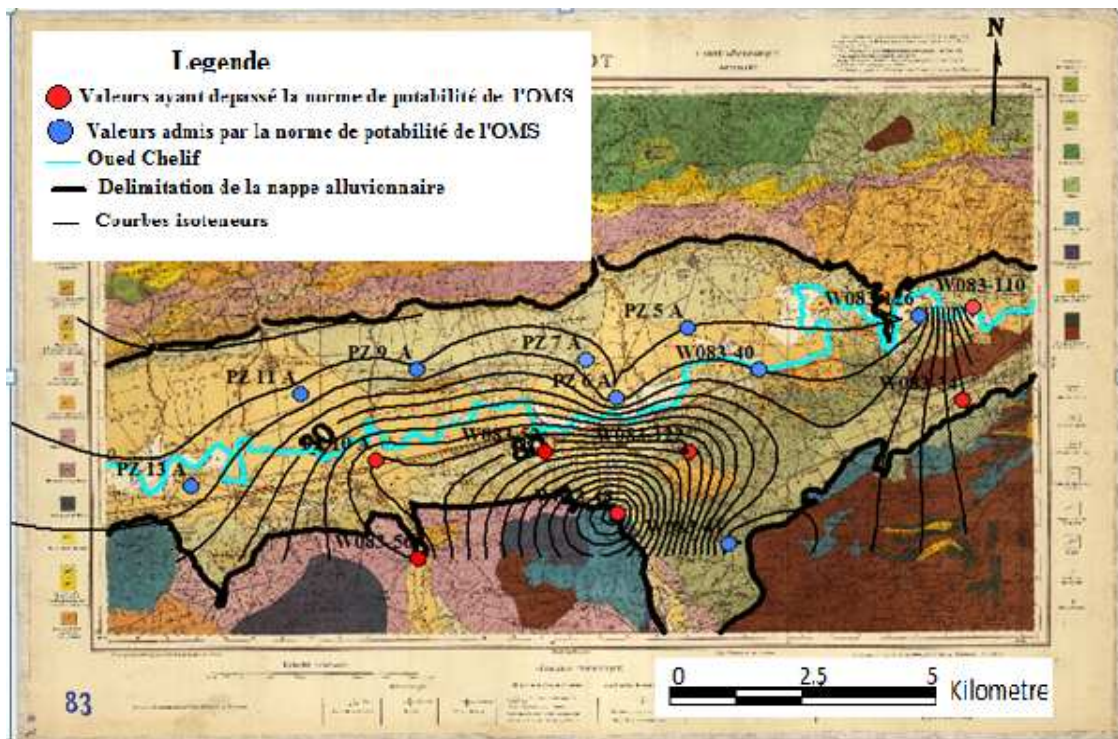
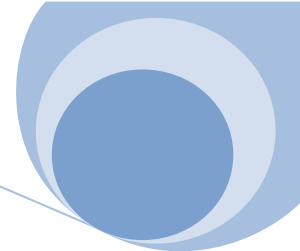


Fig. 41: Carte d'isoteneurs de NO_3^- (mg/l) Octobre 2012.



V.3 Représentations graphiques et classification des eaux

Le fait de l'existence en grande quantité des éléments chimiques dans les eaux, mènent à l'utilisation de plusieurs techniques pour l'étude ou approches permettant de faire les comparaisons et/ou analyses des eaux au long d'un période, d'où l'utilisation des techniques de représentation graphiques, avec comme objectif de permettre une approche rapide des résultats analytiques, pour caractériser facilement une eau, suivre son évolution et/ou faire comparaison avec d'autres eaux.

Parmi les graphes les plus utilisés nous pouvons citer d'entre eux, celui de Schoeler-Berkaloff, et celui de Piper.

V.3.1 Classification des eaux selon le diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des cations et des anions dans deux triangles spécifiques dont les côtés représentent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions. La position relative d'un résultat analytique dans chacun de ces triangles permet en premier lieu de préciser la dominance cationique et anionique. A ces deux triangles est associé un losange dans lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés dans chaque triangle.

Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée :

Les classifications obtenues, pour les eaux de notre nappe d'après le diagramme de Piper, sont représentés dans le tableau ci-joint

Tableau 18: Classifications des eaux d'après le diagramme de Piper, pour la période de Juin 2012.

Point d'eau	Faciès chimique
W083-48	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-41	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-40	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-34	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-52	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-56	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-110	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-122	Hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique
W083-126	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 5 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 6 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne

Chapitre V. Hydrochimie

PZ 7 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 9 A	Carbonatée sodique et potassique
PZ 10 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 11 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 13 A	Hyper chlorure sodique
PZ 15 A	Hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique

Tableau 19: Classifications des eaux d'après le diagramme de Piper, pour la période d'oct.

Point d'eau	Faciès Chimique
W083-34	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-40	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-41	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-48	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-52	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-56	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-110	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
W083-122	Hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique
W083-126	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 5 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 6 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 7 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 8 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 9 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 10 A	Hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique
PZ 11 A	Chlorure et sulfaté, calcique et magnésienne
PZ 13 A	Hyper chlorurée sodique

Chapitre V. Hydrochimie

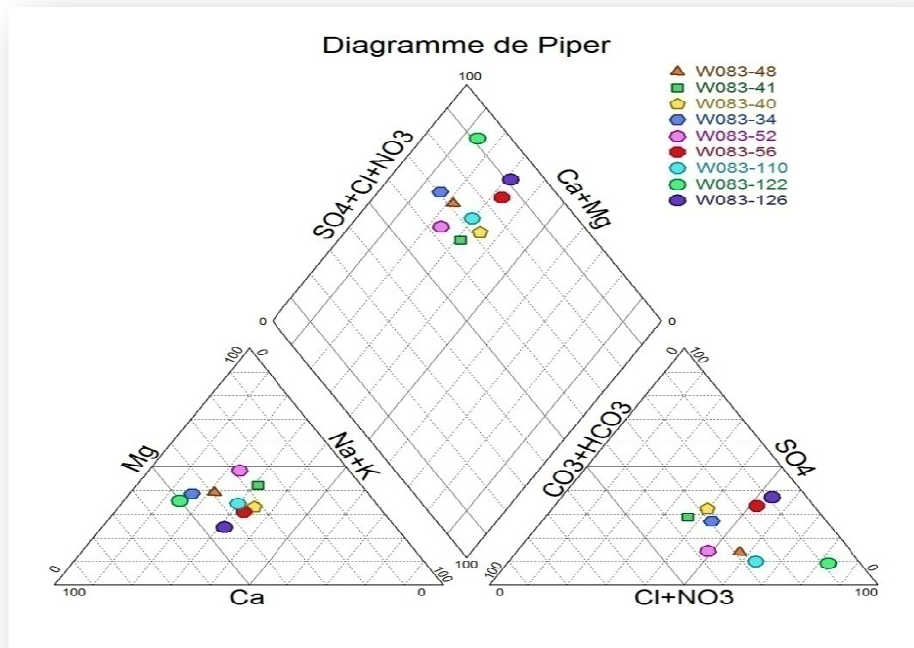


Fig. 42: Diagramme de Piper pour les puits dans le mois de juin 2012

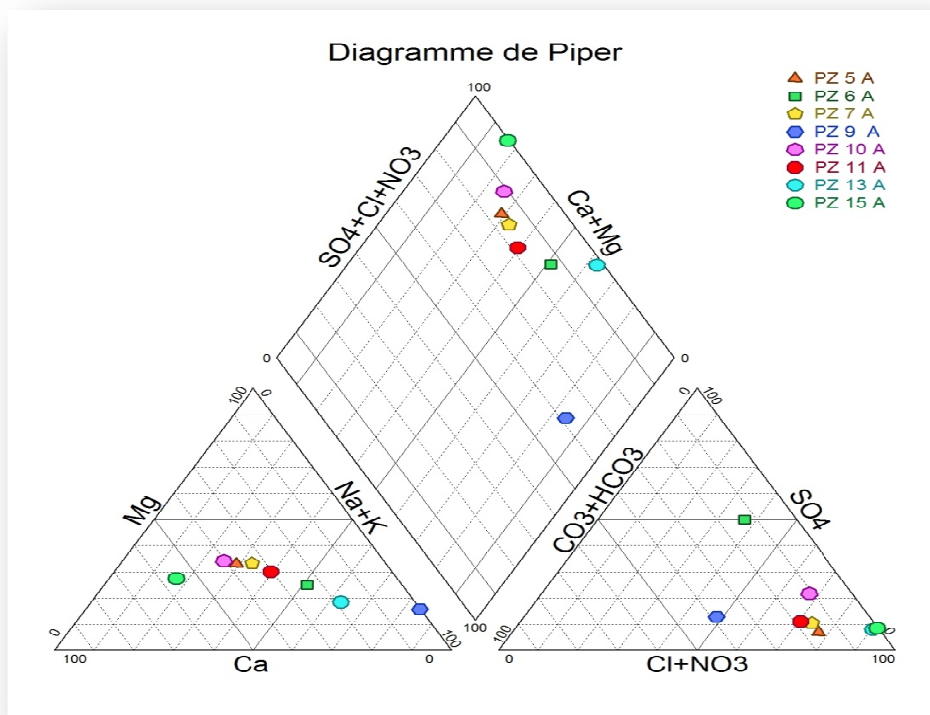


Fig. 4 : Diagramme de Piper pour les piézomètres dans le mois de juin 2012

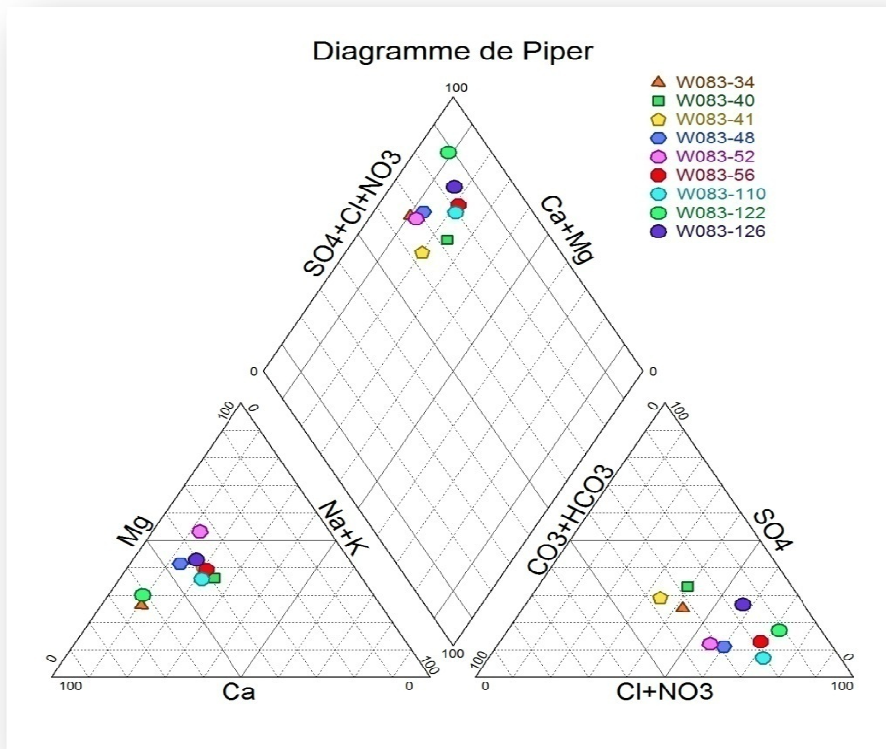
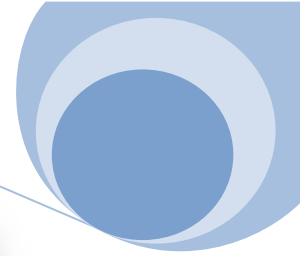


Fig. 44: Diagramme de Piper pour les puits dans le mois d'octobre 2012

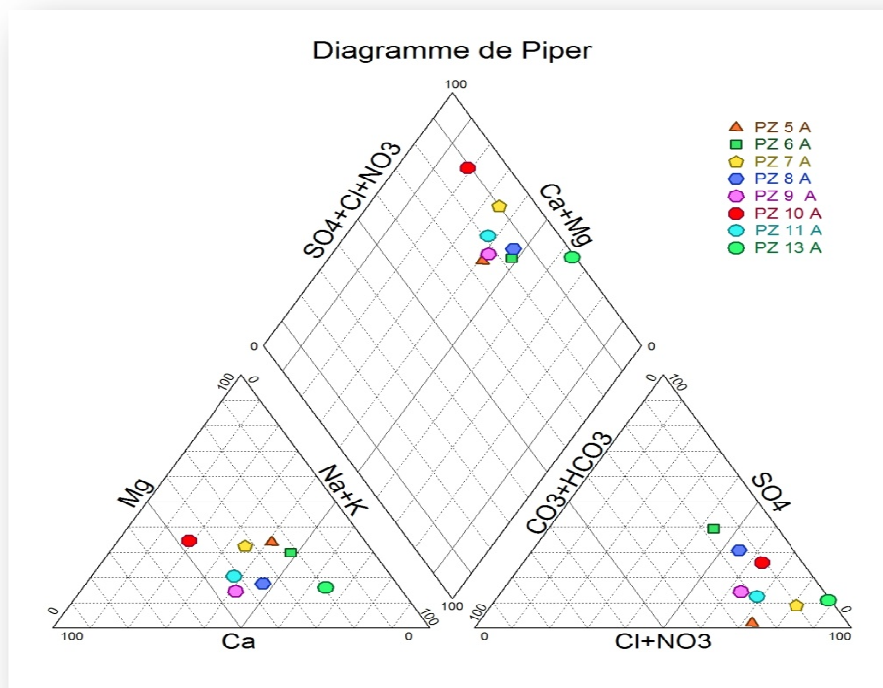
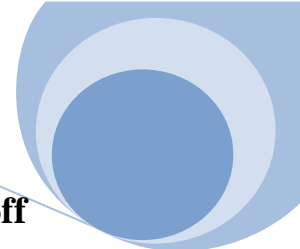


Fig.45: Diagramme de Piper pour les piézomètres dans le mois d'octobre 2012



V.3.2 Classification des eaux selon le diagramme de Schoeler-berkaloff

Le diagramme de Schoeler-Berkaloff tient compte des principaux cations et anions. Il permet une lecture rapide du faciès chimique des eaux, suivant des axes verticaux gradués selon une échelle logarithmique. Les teneurs exprimées en mg/l sont reportées sur les axes, puis reliés par des droites.

Les faciès trouvés en appliquant cette méthode de classification pour les points d'eau de notre zone sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 20: Classifications des eaux d'après le diagramme Schoeler-Berkaloff, pour la période de Juin 2012.

Juin		Octobre	
Point d'eau	Faciès chimique	Point d'eau	Faciès chimique
W083-48	Chloruré calcique	W083-48	Chloruré calcique
W083-41	Chloruré magnésienne	W083-41	Bicarbonaté calcique
W083-40	Chloruré sodique	W083-40	Chloruré calcique
W083-34	Chloruré calcique	W083-34	Bicarbonaté calcique
W083-52	Bicarbonaté magnésienne	W083-52	Chloruré magnésienne
W083-56	Chloruré calcique	W083-56	Chloruré magnésienne
W083-110	Chloruré calcique	W083-110	Chloruré calcique
W083-122	Chloruré calcique	W083-122	Chloruré calcique
W083-126	Chloruré calcique	W083-126	Chloruré magnésienne
PZ 5 A	Chloruré calcique	PZ 5 A	Chloruré calcique
PZ 6 A	Sulfaté sodique	PZ 6 A	Sulfaté sodique
PZ 7 A	Chloruré sodique	PZ 7 A	Chloruré sodique
PZ 9 A	Chloruré sodique	PZ 9 A	Chloruré sodique
PZ10 A	Chloruré calcique	PZ 10 A	Chloruré sodique
PZ 11 A	Chloruré sodique	PZ 11 A	Chloruré sodique
PZ 13 A	Chloruré sodique	PZ 13 A	Chloruré sodique
PZ 15 A	Chloruré calcique	PZ 15 A	Chloruré sodique

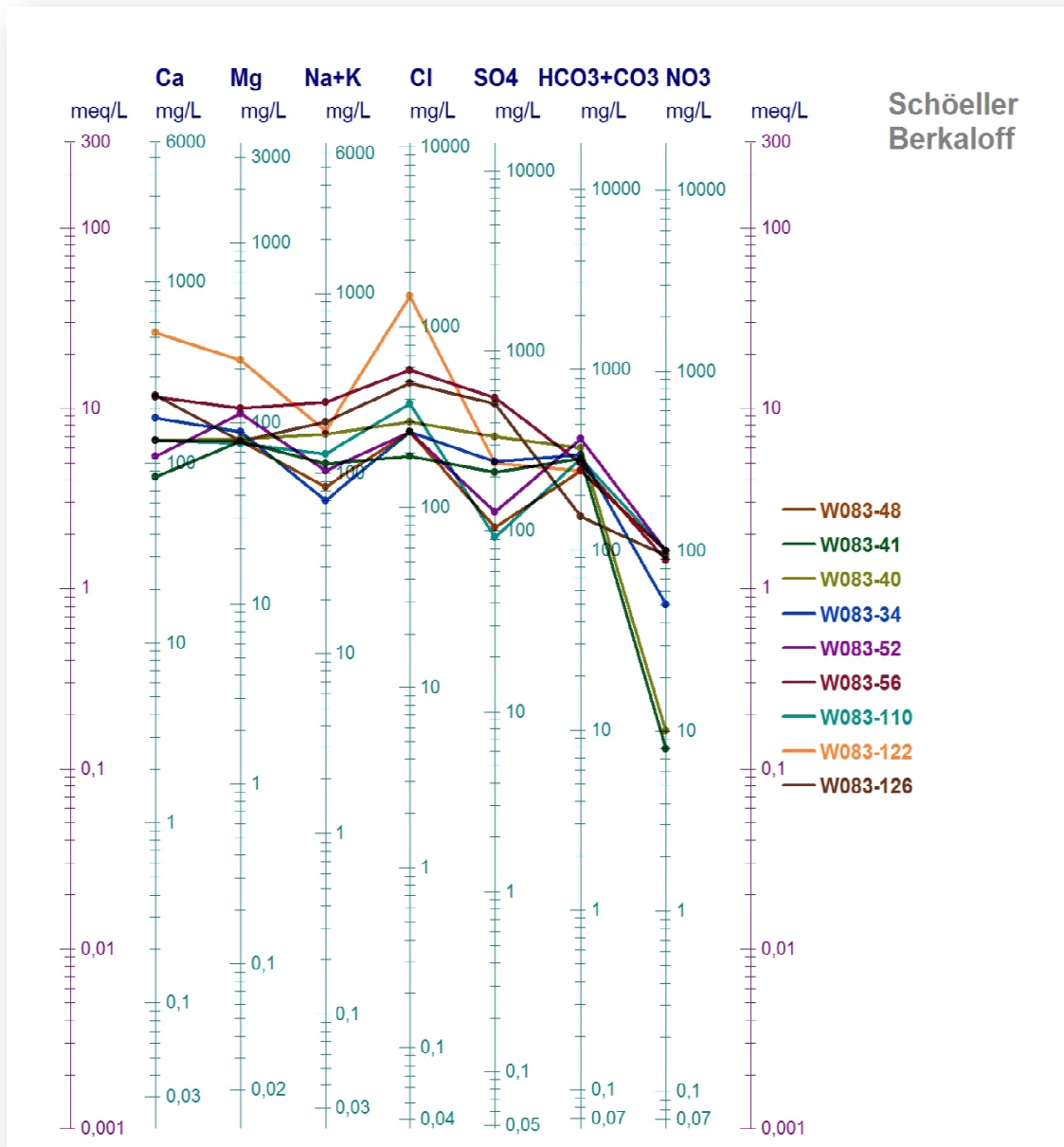


Fig. 46: Diagramme de Schoeler-Berkaloff pour les puits dans le mois de juin 2012

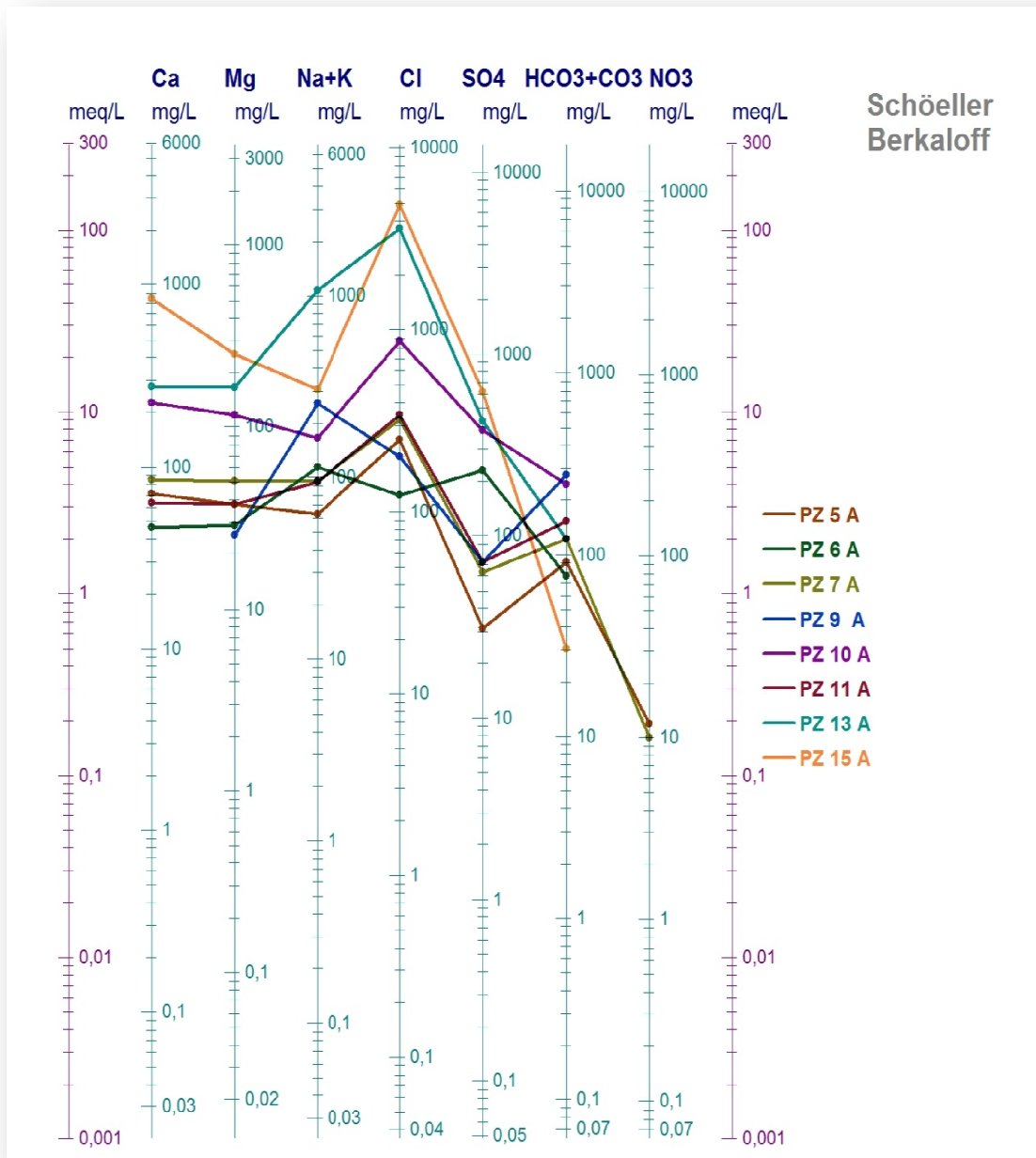
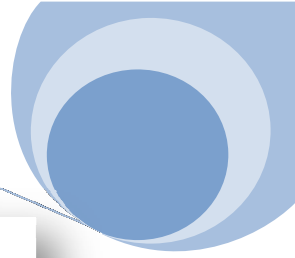


Fig. 47: Diagramme de Schoeler-Berkaloff pour les piézomètres dans le mois de juin 2012

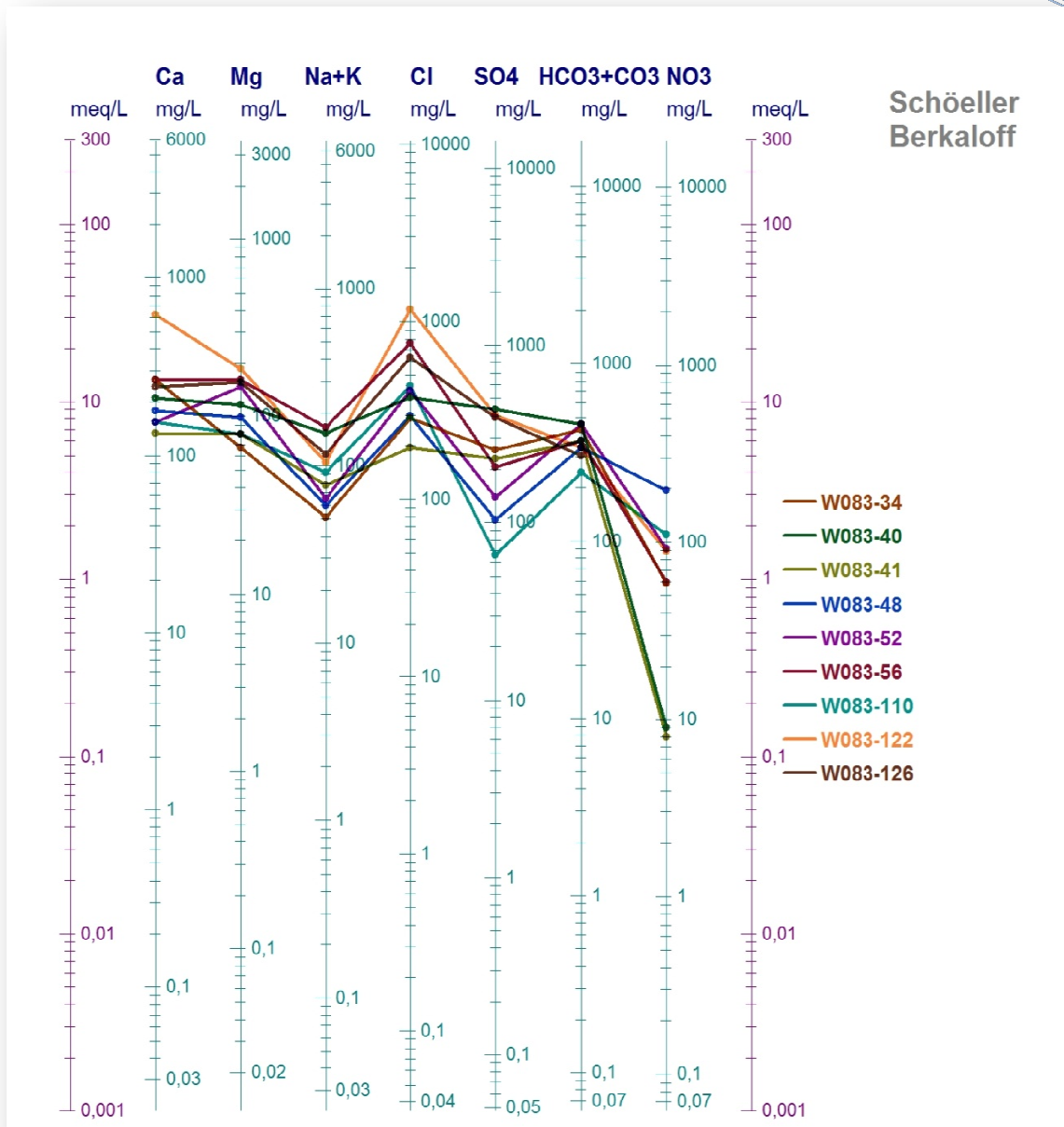


Fig. 48: Diagramme de Schoeler-Berkaloff pour les puits dans le mois de juin 2012

Chapitre V. Hydrochimie

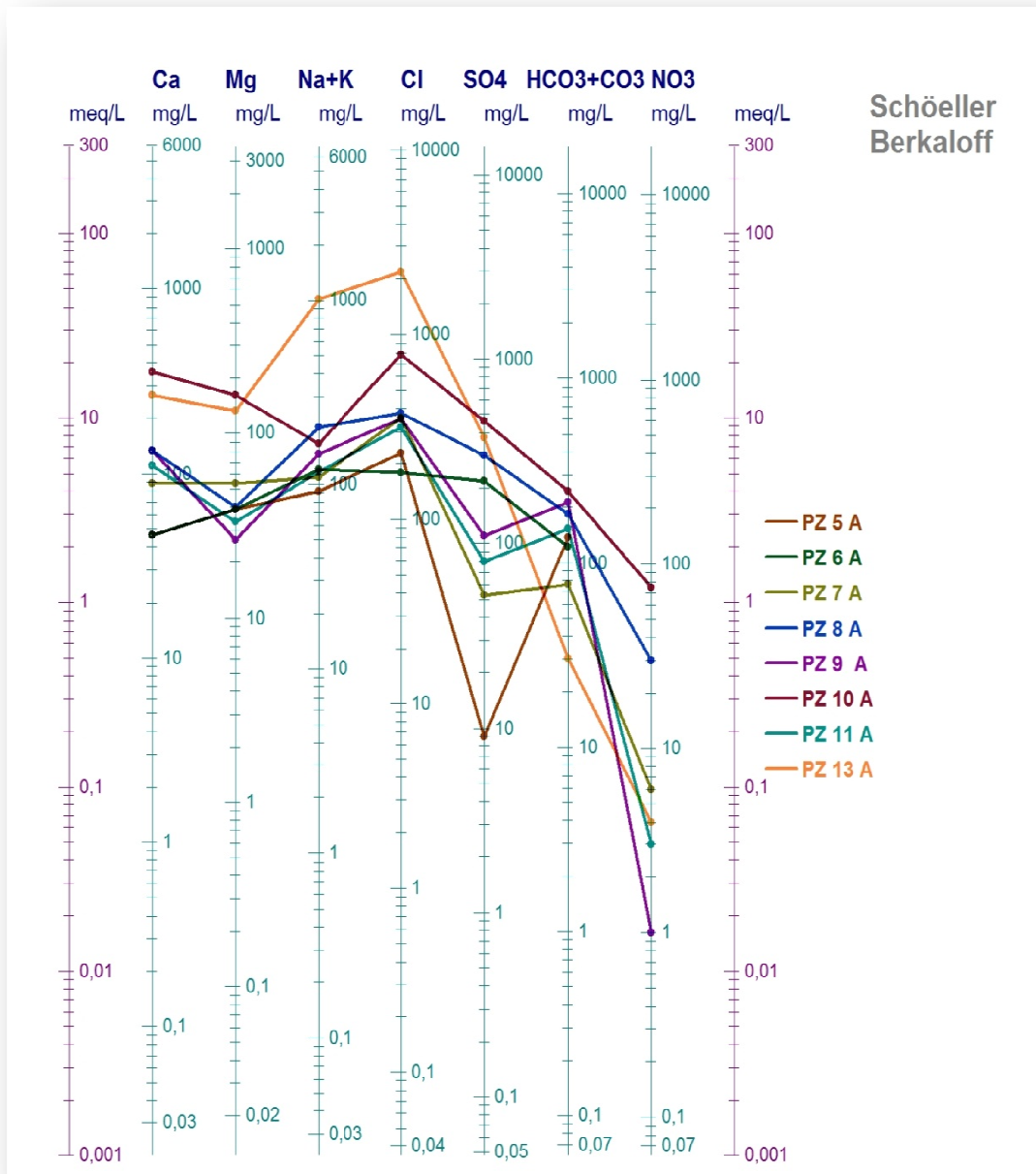
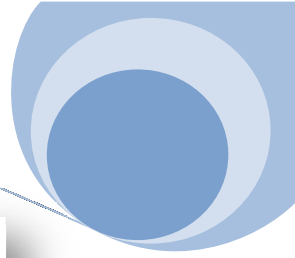
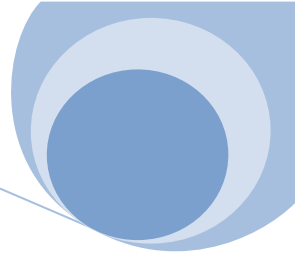


Fig. 49: Diagramme de Schoeler-Berkaloff pour les piézomètres dans le mois de juin 2012



V.4 Conclusion

L'étude hydrochimique à montre l'influence de la géologie sur le chimisme des eaux par le contact eau / roche, le temps de séjours, et les échanges minéraux des certains formations.

- De part les classifications on peut distinguer une première zone ayant un chimisme bien spécifique en majorité chloruré sodique et chloruré calcique (Na^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{++}) au niveau des bordures de l'oued dans certains cas dans les formations alluvionnaires en général.
- La deuxième zone de chimisme rencontrée, bicarbonaté magnésique ou calcique et chloruré calcique (HCO_3^- , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , Ca^{++}) est attribuée au point d'eau proche des formations carbonatées.

L'établissement des courbes d'iso-teneurs des éléments chimiques à montré, la répartition spatiale de ces éléments sur notre zone et leur concentration.

VI.1 Conclusion générale

VI.1 Conclusion générale

Le secteur d'étude correspond à la plaine du Moyen Chélif, il correspond du point de vue géomorphologique à quatre (4) sous bassins versants dont les caractéristiques principales traduisent une concentration assez lente des eaux aux différents exutoires, ce qui favorise l'infiltration au dépend du ruissellement lorsque la lithologie est perméable. Dans le cas contraire c'est l'écoulement superficiel qui prévaut.

La région est caractérisée par de type continental semi-aride, sec en été et pluvieux de forte intensité en hiver. La répartition des précipitations dans la région se caractérise par une irrégularité interannuelle. Géologiquement la zone est constituée des formations alluvionnaires.

La vallée du Chélif est une dépression qui appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés d'EST en OUEST et mis en place après la dernière phase alpine de la tectonique.

Les études géophysiques réalisées en 1969, ont permis de préciser la géométrie et la nature des aquifères et ceci particulièrement dans les zones où le recouvrement alluvionnaire est important.

L'étude piézométrique nous a permis de mettre en évidence le sens d'écoulement des eaux en général qui comprend un axe de drainage de direction orientées Est-Ouest ; il correspond à l'axe de la vallée. L'alimentation de la nappe alluvionnaire se fait par les eaux de pluies ou par les versants (Oued).

Les exutoires de la nappe sont représentés par le drainage de l'oued Chélif vers l'aval, et de nombreux champs de captage.

L'hydrogéochimie est caractérisée par deux zones bien distinctes, dont la première a un chimisme bien spécifique en majorité chloruré sodique et chloruré calcique (Na^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{++}) au niveau des bordures de l'oued. La deuxième a chimisme bicarbonaté magnésique ou calcique et chloruré calcique (HCO_3^- , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , Ca^{++}) est attribuée aux points d'eau proches des formations carbonatées.

Références bibliographiques

A.N.R.H de Khemis Miliana : Données des précipitations, données piézométriques, et hydrogéochimiques.

A.N.R.H de Blida : données hydroclimatiques

Bradai, (2000)

Boulaine (1956-1957) : Contexte Pedologique.

CGG, Compagnie Générale de la Géophysique (1969) : Etude géophysique de la plaine du Chélif.

Daoud, (1983) : Contexte Pedologique.

Djellouli, (2006).

D.H.W d'Ain Defla. Données de log lithostratigraphiques.

Dictionnaire de Géologie

Eric Gilli, Christian Mangan et Jaques Muddry : (3^e édition) **Hydrogeologie, Castany.**

Messelmi Hayette (2011) : Evolution physico-chimique des eaux souterraines de la nappe alluviale du moyen Chélif (mémoire de Master en géosciences, eau et environnement, Centre universitaire de Khemis Miliana).

Mokrane Zineb , Sadi Safia (2013) Evolution physico-chimique des eaux souterrains de la nappe alluviale du Moyen Chélif. Université de Khemis Miliana

MAMANE ET RICARDO (2013) Contribution à l'étude Hydrogéologique de la région d'Ain Defla. Université de Khemis Miliana.

OMM, 1996

Remaon, (2007)

Richa Amina, (2010)

Roche, (1963)

Ward, (1975)

Wisler & Brater, (1959)

Annexes

Tableau.1: des données piézométriques relatives aux mois d'Avril et octobre de 2010.

Point D'eau	X (m)	Y (m)	Z(m)	NS Avril 2010	NS Oct. 2010	H avril 2010	H Oct. 2010
W083-34	433000	329050	270,91	13,55	16,42	257,36	254,49
W083-40	425870	330350	199,34	9,1	10,8	190,24	188,54
W083-41	424970	323620	287,95	7,2	12,4	280,75	275,55
W083-48	421070	324850	203,54	4,73	5,48	198,81	198,06
W083-52	418500	327250	197,53	20,5	20,57	177,03	176,96
W083-56	414200	323200	239,25	5,5	7,15	233,75	232,10
W083-110	433250	332650	239,93	18	19,2	221,93	220,73
W083-122	423500	327200	225,19	19,8	19,01	205,39	206,18
W083-126	431350	332350	230,57	11,79	12,22	218,78	218,35
PZ5	423300	332000	210,00	15,55	15,6	194,45	194,40
PZ6	420900	329300	185,00	20,5	20,22	164,50	164,78
PZ7	419800	330800	225,00	32,1	32,55	192,90	192,45
PZ8	415000	328600	178,00	37,63	32,76	140,37	145,24
PZ9	413950	330500	220	13,4	11,41	206,60	208,59
PZ10	413950	330500	167	35,1	34,74	131,90	132,26
PZ11	412600	329600	200	21,45	37,64	178,55	162,36
PZ13	406200	326100	147	24,1	19,83	122,90	127,17
PZ15	403400	325900	145	18,78	17	126,22	128,00

Tableau. 2: des données pluviométriques relatives aux mois de Mai et Octobre de 2012.

Point D'eau	X (m)	Y (m)	Z(m)	NS Mai 2012	NS Oct. 2012	H Oct. 2012	H Mai 2012
W083-34	433000	329050	270,91	18,33	16,54	254,37	252,58
W083-40	425870	330350	199,34	6	7,26	192,08	193,34
W083-41	424970	323620	287,95	5,47	5,2	282,75	282,48
W083-48	421070	324850	203,54	6,6	8,36	195,18	196,94
W083-52	418500	327250	197,53	20,38	22,42	175,11	177,15
W083-56	414200	323200	239,25	5,74	6,94	232,31	233,51
W083-110	433250	332650	239,93	17,16	17,98	221,95	222,77
W083-122	423500	327200	225,19	16,83	15,12	210,07	208,36
W083-126	431350	332350	230,57	11,73	11,62	218,95	218,84
PZ5	423300	332000	210,00	14,52	14,11	195,89	195,48
PZ6	420900	329300	185,00	11,93	11,36	173,64	173,07
PZ7	419800	330800	225,00	26,39	26,09	198,91	198,61
PZ8	415000	328600	178,00	14,14	16,3	161,7	163,86
PZ9	413950	330500	220	5,73	4,78	215,22	214,27
PZ10	413950	330500	167	25,7	26,13	140,87	141,3
PZ11	412600	329600	200	25,08	25	175	174,92
PZ13	406200	326100	147	7,94	8,72	138,28	139,06
PZ15	403400	325900	145	3,06	4,2	140,8	141,94

Tableau.3 : Valeurs du Résidu sec, de la conductivité et pH des points d'eau en période Juin et oct. 2012 (ANRH).

Juin				Octobre			
Point d'eau	CE μ/cm	Résidu Sec mg/l	pH	Point d'eau	CE μ/cm	Résidu Sec mg/l	pH
W083-48	1 870	1 202	7,9	W083-34	2 100	1 326	7,6
W083-41	1 574	1 188	7,6	W083-40	2 630	1 688	7,6
W083-40	2 170	1 318	7,7	W083-41	1 549	846	7,5
W083-34	1 893	1 249	7,6	W083-48	1 900	1 174	7,5
W083-52	2 190	1 445	7,6	W083-52	2 200	1 748	7,5
W083-56	3 280	2 175	7,6	W083-56	3 260	2 201	7,5
W083-110	2 060	1 360	7,6	W083-110	2 020	1 554	7,4
W083-122	5 400	3 541	7,6	W083-122	5 100	3 415	7,2
W083-126	2 880	1 967	7,8	W083-126	3 000	2 078	7,5
PZ 5 A	1152	760	7	PZ 5 A	1013	751	7,5
PZ 6 A	1152	760	7,5	PZ 6 A	1200	662	7,5
PZ 7 A	1419	837	8,1	PZ 7 A	1418	958	7,3
PZ 9 A	1525	1000	9,4	PZ 8 A	2210	1375	7,8
PZ 10 A	3160	/	7,6	PZ 9 A	1550	986	8,3
PZ 11 A	1172	/	7,6	PZ 10 A	3730	2269	7,4
PZ 13 A	9010	/	7,2	PZ 11 A	1300	757	7,8
PZ 15 A	13970	/	6,9	PZ 13 A	8710	5639	6,8

Tableau.4: Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Juin 2012 (ANRH).

Point d'eau	Ca⁺⁺ mg/l	Mg⁺⁺ mg/l	Na⁺ mg/l	K⁺ mg/l	Cl⁻ mg/l	SO₄⁻ mg/l	CO₃H⁻ mg/l	NO₃⁻ mg/l
W083-48	133	80	83	1	263	105	275	100,0
W083-41	83	80	111	1	193	211	320	8,0
W083-40	133	83	163	1	298	335	366	10,0
W083-34	175	90	70	1	260	242	336	51,0
W083-52	108	113	102	1	263	127	412	100,0
W083-56	233	123	243	7	575	548	305	88,0
W083-110	133	78	127	1	380	92	320	100,0
W083-122	525	225	169	2	1 500	239	275	100,0
W083-126	238	80	193	2	490	508	153	94,0
PZ 5 A	71,6	37,9	62	1,1	250	31	91,5	12
PZ 6 A	46,3	29,1	112	1,4	124	228	76,25	0
PZ 7 A	84,2	50,5	94	1,1	320	63	122	10
PZ 9 A	0,0	25,3	253	1,8	200	72	274,5	0
PZ 10 A	227,4	116,2	163	1,4	865	380	244	
PZ 11 A	63,2	37,9	93	1,4	340	72	152,5	0
PZ 13 A	277,9	166,7	1065	8	3600	431	122	0
PZ 15 A	842,1	252,6	270	35,7	4930	620	30,5	0

Tableau.5 : Analyses chimiques des eaux échantillonnées en (mg/l) Octobre 2012(ANRH)

Point d'eau	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	CO ₃ H ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
W083-34	267	67	49	2	284	256	427	59,0
W083-40	209	117	149	4	375	433	458	9,0
W083-41	133	80	76	2	194	228	366	8,0
W083-48	178	99	58	2	294	103	336	195,0
W083-52	156	147	63	2	413	138	458	91,0
W083-56	267	160	162	2	765	205	366	60,0
W083-110	156	80	90	2	435	66	244	111,0
W083-122	622	187	102	3	1 190	405	336	89,0
W083-126	244	157	113	4	628	395	305	0,0
PZ 5 A	46,7	38,7	85	6,1	229	9	137,25	0
PZ 6 A	46,7	38,7	116	4,4	180	220	122	0
PZ 7 A	88,9	53,3	105	5	354	53	76,25	6
PZ 8 A	133,3	40,0	200	5	377,5	300	183	30
PZ 9 A	133,3	26,7	141	5	352	109	213,5	1
PZ 10 A	355,6	160,0	161	5,8	790	460	244	74
PZ 11 A	111,1	33,3	113	5	317	79	152,5	3
PZ 13 A	266,7	133,3	1000	11,9	2200	374	30,5	4

Tableau.6: Normes internationales d'une eau potable selon I OMS.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH	-	6,5 à 8,5	9,5
Conductivité électrique	Us/cm à 20° e	1000	
Résidu sec	mg/l		1500
Minéralisation	mg/l	500	2000
Dureté totale	F°		50
Calcium	mg/l	75	200
Magnésium	mg/l	50	150
Sodium	mg/l	20	150
Potassium	mg/l	10	10
Chlore	mg/l	200	200
Sulfate	mg/l	200	200
Bicarbonate	mg/l	120 a 600	400
Nitrate	mg/l		50