



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

## MEMOIRE DE MASTER

**Domaine:** Sciences de la Terre et de l'Univers  
**Filière:** Géosciences  
**Option:** Hydrogéologie  
**Date de soutenance :** 17/06/2021

### Thème :

**Actualisation des données hydrogéologiques et hydrochimique de la nappe  
des sables du miocène d'EL MALBIOD, Tébessa NE Algérien**

### Présentée par:

SALHI SOMAYA

### Devant le jury:

GUEFAIFIA Omar	M.C.A	Président
FETHI BAALI	Pr	Encadreur
BENHAMMADI HOCINE	MCB	Examineur



# REMERCIEMENT

*Au terme de cette étude, nous tenons en premier lieu à remercier Allah qui m'a guéri, qui m'a facilité le travail en mettant dans notre chemin des gens qui nous ont énormément aidés et de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur professeur **BAALI Fethi**, Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé, sans oublier mon co-promoteur **professeur chemseddine fethi** a bien voulu diriger, suivre et orienter ce travail, Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance, ma profonde gratitude.*

*Je suis très honoré que **Dr GUEFAJIA Omar** Maître de Conférence à l'Université **TEBESSA**, le **Dr BENHAMMADI HOCINE** qu'ils aient bien voulu accepter d'être les examinateurs.*

*Je remercie également **M. ALI GATTAL** pour son aide, sa générosité et ses conseils judicieux*

*Reconnaissance à nos enseignants qui n'ont pas cessé de donner le mieux tout au long de notre formation. (Pr **BOUMEZBEUR Abderrahmane**, Pr **HEMILA Med laid**, Pr **GOUAIDIA Layachi**, Pr **BOBAAJA DJAMEL**, , Madame **SEGHIR KARIMA**, Dr **Defafliia Nabil**, ..)*

# DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail :*

- ❖ *A mes chères parents qui sans eux je n'aurai jamais pu arriver jusqu'ici ; ils m'ont soutenu le long de ce parcours, ils ont veillé à ce que je ne manque de rien, ils m'ont encouragé à tenir bon et à aller jusqu'au bout et ils n'ont cessé de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait exprimer ce que vous méritiez pour les sacrifices que vous n'avez cessé de faire depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Maman et papa je vous aime tellement.*
- ❖ *A ma sœur **HOUDA** qui est le meilleur et le plus beau cadeau que mes parents m'ont offert*
- ❖ *Mes sœurs (**RADIA** et **NADIA**) et mes frères(**SOUFIAN ET OUAHID**) qui m'ont tellement inspiré et encouragé à avancer et à ne jamais abandonner .*
- ❖ *A mes nièces et neveux (mes princesses : **BOUCHRA** ,**ARYAM** , **GHOFRANE** , **HIBAT ERRAHMAN** , mes chers **ANES ET ABD EL-ALIM** )*
- ❖ *A ma plus belle cousine et ma moitié **Rania**, à mes copines **Ibtihel** , **Hadjer** , **Aya***
- ❖ *A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin.*

## RESUME

La plaine d'EL MALABIOD est située à l'extrême Est algérien, dans la wilaya de Tébessa et faisant partie du bassin versant de Chott Melhrir, elle est soumise à un climat semi-aride où la moyenne pluviométrique n'excède guère les 350mm/an. Au cours de ces dernières décennies, la région d'EL MALABIOD a été marquée par une sécheresse intense (irrégularité des précipitations, une augmentation des températures et une forte évapotranspiration), également la surexploitation des réserves hydriques donnant lieu un rabattement très significatif du niveau piézométrique de la nappe miocène, qui sont la principale source de l'alimentation dans la région ; ceci conduisant à une désertification progressive de la plaine.

À partir de l'analyse de la situation actuelle du terrain, le présent travail permet d'expliquer les mécanismes de fonctionnement de la nappe des sables miocène, depuis ses conditions aux limites jusqu'à ses caractéristiques hydrodynamiques et physico-chimiques, à savoir la présence de polluants et leurs origines. Cette étude est basée sur l'élaboration d'un inventaire des sources de pollution en tenant compte de plusieurs facteurs, tels que la nature lithologique des terrains, ainsi que les conditions climatiques, l'emplacement des rejets des eaux usées, de l'activité agricole et l'élevage des animaux.

Par ailleurs, au cours de ces dernières années, du fait de l'accroissance démographique et d'un développement économique généralisé et surtout dans le domaine d'agriculture, cette région a connu un processus rapide et global de mobilisation de l'ensemble de ses ressources en eau. Il semble en effet nécessaire de réorienter l'agriculture irriguée et les techniques d'irrigation vers les productions et les méthodes les plus adaptées, en plus, de lutter contre toute sorte de gaspillage et de perte dans tous les réseaux et pour tous les usagers d'eau.

En ce qui concerne notre étude, il s'agit d'un suivi de l'évolution des niveaux d'eau et de la qualité chimique.

**Mots clés : bassin versant, évolution, niveaux d'eaux, agricole, aquifère.**

## **ABSTRACT**

The plain of El MALABIOD is located in the extreme East of Algeria, in the wilaya of Tébessa and part of the Chott Melhrir watershed, it is subjected to a semi-arid climate where the average rainfall does not exceed 250 mm/year. In recent decades, the EL MALBIOD region was marked by intense drought (irregular rainfall, increased temperatures and strong evapotranspiration), also the over-exploitation of water reserves giving rise to a very significant reduction in the piezometric level of the Miocene aquifer, which are the main source of food in the region; this leading to a gradual desertification of the plain.

From the analysis of the current situation in the field, the present work makes it possible to explain the mechanisms of operation of the Miocene Sands Aquifer, from its boundary conditions to its hydrodynamic and physico-chemical the presence of pollutants and their origins. This study is based on the development of an inventory of pollution sources taking into account several factors, such as the lithological nature of the land, as well as climatic conditions, the location of wastewater discharges, agricultural activity and animal husbandry.

Moreover, in recent years, as a result of population growth and widespread economic development, particularly in the field of agriculture, this region has undergone a rapid and global process of mobilizing all its water resources. It seems necessary to reorient irrigated agriculture and irrigation techniques towards production and the most appropriate methods, in addition, to fight against all kinds of waste and loss in all networks and for all water users.

As far as our study is concerned, it is a follow-up to the evolution of water levels and chemical quality.

**Keywords: watershed, evolution, water levels, agricultural, aquifer.**

## ملخص

يقع سهل الماء الأبيض في أقصى الشرق الجزائري في ولاية تبسة. والذي يشغل جزءا من حوض شط ملغيغ. حيث يتميز هذا السهل بمناخ شبه جاف حيث لا يتعدى معدل سقوط الأمطار 350 ملم في السنة إلا نادرا. لقد عرف الماء الأبيض خلال هذه السنوات الأخيرة فترة جفاف حادة ( ندرة الأمطار , زيادة درجات الحرارة و شدة التبخر), بالإضافة إلى الاستغلال المفرط للمياه الجوفية, الذي تسبب في انخفاض محسوس في مستوى الخزان الجوفي , والذي يعتبر المصدر الأساسي لتزويد المنطقة بالمياه الصالحة للشرب, مما قد يجعل هذا السهل عرضة للتصحّر.

بعد المعاينة الميدانية والتحليل الحديث للمياه الجوفية, يهدف هذا الموضوع إلى توضيح آليات عمل مائدة المياه الجوفية للخزان الرملي من حيث خصائصه الهيدروديناميكية والفيزيوكيميائية. لقد اعتمدت هذه الدراسة على إبراز مصادر التلوث الناجمة على العديد من العوامل منها : التركيب الجيولوجي, الظروف المناخية, إلى جانب تأثير المياه القذرة الناتجة عن الأنشطة الصناعية , الزراعة و تربية المواشي.

إلا أنه في السنوات الأخيرة و نظرا للنمو الديموغرافي و التطور الاقتصادي خاصة مجال الزراعة , هذه المنطقة عرفت حركية سريعة من أجل تعبئة جميع الموارد المائية المتواجدة بها , أصبح هناك شح في المياه يهدد المنطقة . في الواقع أصبح من الضروري الآن توجيه الفلاحة المسقية للمنتجات الزراعية و طرق ري جديدة أقل استهلاكاً للماء . بالإضافة إلى محاربة جميع أشكال التبذير في جميع شبكات توزيع المياه و في كل الاستعمالات . فيما يتعلق بدراستنا فإنها تتمثل في متابعة تطور مستويات المياه ونوعيتها الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: الخزانات المائية ، التطور ، منسوب المياه ، الزراعة ، طبقة المياه الجوفية.

Table de matière	
Résumé	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Introduction Générale	
Chapitre I : Cadre Générale	
I. Introduction .....	4
II. Situation géographique .....	5
III. Le couvert végétal .....	7
IV. Topographie .....	7
V. Aperçu socio-économique de la région .....	8
V.1. Population et démographie .....	8
V.2. Activités agricole .....	8
V.3. Activités industrielles .....	8
VI. Réseau hydrographique .....	8
VI.1. Densité de drainage Dd .....	9
VI.2. Temps de concentration TC .....	9
VII Géomorphologie .....	10
VII.1. Le bassin – versant .....	10
VII.2. La cuvette du Miocène .....	11
VII.3. Les collines .....	11
VII.4. La limite Bassin versant – Cuvette du Miocène .....	11
VII.5. Les lits des oueds .....	11
VII.6. Les alluvions .....	11
VII.7. Les sources .....	11
VII.8. Les barrières rocheuses .....	11
Conclusion .....	12
<b>Chapitre II: Les caractéristiques géologiques du bassin d’EL MALBIOD</b>	
I INTRODUCTION .....	14
II Stratigraphie et Description Lithologique Des Formations : .....	15
II.1. TRIAS .....	16
II.2. CRETACE .....	16
II.3. TERTIAIRE .....	20
II.3.1. Miocène : .....	20



II.3.2.Miocène Moyen et inférieur (Vindobonien et Burdigalien) : .....	20
II.4.QUATERNAIRE : .....	20
II.4.1.Facies Anciens : .....	21
III.TECTONIQUE .....	23
III.1.Première phase.....	23
III.2.Style tectonique .....	23
III.3.Mouvements récents .....	24
IV.Paléogéographie.....	25
Conclusion.....	26
<b>Chapitre III: Climatologie</b>	
I. Introduction .....	29
II. Etude des paramètres climatique .....	29
II.1 La température .....	29
II.2Pluviométrie :.....	31
III Détermination des indices climatiques.....	34
III.1 Diagramme pluviométrique :.....	34
III.2 Coefficient de pluviométrie relatif :.....	35
III.3 L'indice d'aridité de E. DE Martone .....	36
III.4 Type de climat .....	37
III.5 Le régime des vents : .....	37
III.6 L'HUMIDITE RELATIF :.....	38
III.7 LE VENT .....	38
IV Bilan hydrique : .....	38
IV.1 Étude de l'Évapotranspiration.....	38
IV.2Commentaire sur le bilan hydrique .....	42
V Le ruissellement .....	43
VI L'infiltration .....	43
<b>Chapitre IV: Hydrogéologie</b>	
A. GÉOMETRIQUE DE L'AQUIFÈRE .....	46
I Introduction .....	46
II. Quelques profils géo-électriques .....	46
II.2 Coupe transversale I (Nord-Sud) .....	47
II.3 Coupe transversale II. (Nord-Sud).....	48
II.3 Coupe transversale III. (Nord-Sud).....	49

II.4 Coupe transversale IV. (sud-ouest - nord-est) :.....	50
II.5 Profil longitudinal V (Sud-ouest Nord-est) :.....	52
III Les cartes isopaches : .....	53
III.1 Carte d'égale épaisseur des sables :.....	53
III.2 Carte d'égale épaisseur des grès :.....	53
III.3 Carte d'égale épaisseur des argiles sableuses : .....	54
Conclusion :.....	54
<b>B. LES DIFFERENTES NAPPES AQUIFÈRES :</b> .....	<b>55</b>
I Introduction : .....	55
II Structure du système :.....	55
II.1 La nappe alluviale .....	56
II.2 La nappe du Miocène .....	56
III Apports du système et conditions aux limites : .....	57
IV. Caractéristique hydrodynamique :.....	58
IV.1 Répartition spatiale de la Perméabilité .....	59
IV.2 Répartition spatiale de la Transmissivité .....	60
IV.3 Synthèse des deux cartes (Transmissivité / Perméabilité) : .....	60
V. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE : .....	61
V.1 Extension et alimentation de la nappe .....	61
IV. Evolution de la Piézométrie:.....	61
IV.1 Dans le temps et dans l'espace:.....	62
V. La piézométrie : .....	64
V.1 Inventaire des points d'eau.....	64
V.2. Quelques cartes piézométriques .....	64
Conclusion :.....	67
<b>Chapitre V: Hydrochimie</b>	
I. Introduction .....	70
II. Matériels et moyens d'analyse .....	71
II.1 Les Paramètres mesurés in situ .....	71
II.2 Les paramètres mesurent au laboratoire :.....	71
III. Evaluation de la qualité des eaux souterraines .....	71
III.1 Description des paramètres physico-chimiques : .....	71
IV. Paramètres et facies chimiques .....	73
IV.1 DETERMINATION DES FACIES HYDROCHIMIQUES :.....	73

V. Evolution des éléments chimiques dans le temps et dans l'espace .....	76
Conclusion : .....	78

### **Liste de Tableaux**

TAB N° 01 : les températures moyennes mensuelles à la station d'EL MALBIOD (2007-2017) ..	30
Tab N°02 températures moyennes annuelles (2007_2017).....	30
Tab N°03 : Moyenne des précipitations mensuelles sur une période de 10 ans (2007/2017).....	32
Tab N°04 :Les Hauteurs annuelles sur une période de 10ans (2007\2017) .....	34
Tab N°05 : les années excédentaires et les années déficitaires par rapport le Coefficient pluviométrique. ....	35
Tab N°06: Indice d'aridité de E. DE Martone et type de climat. ....	36
Tab N°07 : Indice d'aridité mensuel/Bassin d'El Ma Labiod. ....	37
Tab N°08 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod.....	39
Tab N°09: ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod Pour l'année (2008/2009) .....	40
Tab N°10 : ETR selon la méthode de L. Turc. ....	40
Tab N°11 Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour période de 10 ans (2007/2017) .....	41
Tab N°12 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour l'année (2008/2009).....	42
Tab N°13 . Ruissellement selon la méthode de Tixeront-Berkaloff.....	43
Tab N° 14 : Infiltration efficace moyenne annuelle ( 2008/2009).....	44
Tab N°15 : Lithologie et résistivités des forages M4 et M5 (source ANRH) .....	48
Tab N°17 Lithologie et résistivités des forages M1, P23 et M6 (source ANRH).....	50
Tab N°18 : Lithologie et résistivités des forages M12, M13 M2, M10 et M15 (Source ANRH) ...	51
Tab N°19 : Épaisseur des diverses formatons dans différents ouvrages de captage/Bassin d'El Ma labiod.....	57
Tab N°20 : Valeurs de perméabilité et de transmissivité des forages.(source ANRH) .....	59
Tab N°21 : les forages actuellement ou prochainement en service. ....	61
Tab N°22 : Caractères chimiques des eaux de sources de la région EL MALABIOD (ANRH) .....	70
Tab N°23 : Classification des eaux de boisson en fonction de la conductivité. (Journal officiel de la république algérienne).....	73

## Liste de Figures

Fig. 01 – Situation géographique et Administrative de la plaine EL MALABIOD.(in ROUABHIA.ABK 2003) .....	6
Fig. 02 - Représentation en 3D.de la plaine d' EL MALABIOD (in ROUABHIA 2006) .....	7
Fig. 3. Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Ma El Abiod .....	10
Fig .04 : Carte géologique d'el Ma El Abiod. (G.DUROZOY 1948).....	15
Fig.05.Permis DJEBEL DOUKKANE FORAGE PETROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2]( source ANRH) .....	19
Fig.6. Coupes géologiques montrant les différentes formations de la région d'étude.(DUROZY1948 ;modifié) .....	22
Fig.07. : Esquisse tectonique de la zone d'étude (W.M.Kowalski et al. 1997).....	23
Fig.08. Carte du système de failles (UGF-BRNO 1971) .....	25
Fig. N° 09 : Variation des températures mensuelles, période de 10 ans (2007_2017) .....	30
Fig. N° 10 :Variation des températures inter annuelles. ....	31
Fig. N° 11 : Station pluviométriques et leurs codes/Bassin d'El Ma El Abiod (Rouabhia. A 2006)	31
Fig. N° 12 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations (2007-2017).....	33
Fig N °13 :Les Hauteurs annuelles sur période de 10 ans (2007-2017) à la station d'EL MALBIOD .....	34
Fig. N° 14: Diagrammes pluviothermiques (2007/2017) / Bassin D'EL MALABIOD. ....	35
Fig N°20 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°V traversant les forages M3, M8, M5 et le S23. ....	52
Fig. N°21 : Carte d'égale épaisseur des sables –In ROUBHIA 2006- .....	53
Fig. N°22 : Carte d'égale épaisseur des Grès -In ROUBHIA 2006- .....	54
Fig. N°23 Carte d'égale épaisseur des Argiles sableuses –In ROUBHIA 2006- .....	54
Fig. N°24 Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d'El Ma labiod. ....	56
Fig N°25 Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El Ma El Abiod. ( In Rouabhia 2001 ).....	58
Fig. N°26 Carte de Perméabilité/Bassin d'El MALBIO .....	59
Fig N°27 Carte de Transmissivité /Bassin d'El Ma El Abiod. ....	60
Fig. N° 28: Evolution de la profondeur du plan d'eau dans les trois piézomètres. ....	62
Fig. N°29 Variation de la côte Piézométrique dans le temps et dans l'espace (Période 2007-20021) .....	63
Fig N°30 : Carte des Points d'eau/Bassin d'El Ma El Abiod.(Lekrin.Y 2015).....	64
Fig N°31 : carte Piézométrique2004.(Rouabhia .2006) .....	65
Fig. N° 32 : Carte piézométrique 2009 ( Djabari 2011).....	65
Fig N°33 Carte piézométrique 2013. (LAKRIN 2015).....	66

Fig. N° 34 : Carte piézométrique 2017 .....	67
Fig. N° 35 : Conductivité électrique (CE).....	72
Fig. n°36 : Variation de la conductivité des puits étudiés en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	72
Fig. N°37 : Diagramme de Schoeller Berkalof. Période, (2021).....	74
Fig. N°38 : Diagramme de Piper.(2021) .....	75
Fig. N°39 : Carte des Chlorures. 2000 (mg/l)(Rouabhia ABK) .....	76
Fig N°40 .Carte des Chlorures. 2004 (mg/l) (Rouabhia .ABK) .....	77
Fig. N°41 : Carte des Chlorures 2013 (lakrin) .....	77
Fig.N°42 : Répartition spatiale des éléments chimiques.....	77

# *Introduction Générale*

## Introduction Générale

L'eau présente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant. C'est aussi un facteur prépondérant pour toute activité socioéconomique. L'eau est donc une ressource précieuse, d'autant plus qu'elle n'est pas uniformément répartie. Plusieurs pays sont menacés de pénurie d'eau potable et des milliers de personnes n'ont pas toujours accès à cette dernière. Préserver la ressource en eau et proposer un accès durable aux services d'eau et d'assainissement sont donc des enjeux majeurs pour la planète.

Dans ce mémoire, la présente étude s'additionne à des anciens travaux de recherche, et ceux pour donner un aperçu scientifique sur l'état actuel de la nappe d'El MALBIOD, du point de vue qualitatif et quantitatif. La qualité des eaux de cette région a subi ces dernières années une certaine dégradation, à cause des activités anthropiques, elles modifient le chimisme de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. Ainsi que la forte exploitation des eaux avec le climat semi-aride qui règne provoquent la désertification progressive de la région.

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'analyser la qualité des eaux au niveau de la nappe des sables miocènes. Plusieurs études, déjà réalisées sur la plaine d'El MALBIOD (mémoires d'ingénieurs, des Magisters et des thèses de Doctorat), ont révélé l'influence de la nature lithologique sur la minéralisation des eaux souterraines. Les facteurs climatiques ont également participé à la modification de cette minéralisation.

Dans cette approche, nous allons essayer de mieux comprendre l'impact des paramètres climatiques et lithologiques sur la qualité de cette ressource souterraine et d'améliorer l'interprétation des analyses physico-chimiques en utilisant des moyens plus appropriés.

Notre thème qui s'intitule : actualisation des données hydrogéologiques et hydrochimique de la nappe des sables du miocène d'EL MALBIOD, Tébessa NE Algérien

**Le premier chapitre** : concerne l'étude des caractéristiques physiques du bassin versant d'El MALBIOD (la situation géographique, le milieu naturel, la végétation...).

**Le deuxième chapitre** : La situation géographique, le milieu naturel et la géologie de la région ont été présentés dans les deux premiers chapitres, où nous avons essayé de montrer les différentes phases lithologiques, paléogéographiques et tectoniques liées à l'histoire géologique de la région, ainsi que les contraintes que subit un aquifère composé des sables et des grès d'âge miocène, limité entre deux accidents tectoniques qui contribuent à son alimentation.

**Le troisième chapitre** : a été consacré à la climatologie de la région, malgré le manque de données en absence de stations fonctionnelles. Plusieurs calculs abordés pour la mise au point d'un bilan hydrique qui permet l'évaluation de la recharge de l'aquifère en question.

**Le quatrième chapitre** : comprend deux parties :

-La première partie utilise les travaux de prospection géophysique antérieurs avec réinterprétation des coupes géo-électrique et des cartes d'isopaques pour visualiser l'extension des aquifères. Ce chapitre a permis d'acquérir une vision plus précise sur la géométrie de la aquifères ainsi que sur leur composition lithologique.

La deuxième partie traite de l'hydrogéologie de la nappe, Elle étudie les propriétés hydrogéologiques des aquifères, où nous avons abordé les conditions aux limites, la piézométrie, les paramètres hydrodynamiques de la nappe (Transmissivité, perméabilité).

**Le cinquième chapitre** présente l'évolution et la répartition des paramètres chimiques dans le temps et dans l'espace pour avoir une idée sur l'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines et la salinité des eaux (le suivi saisonnier des paramètres physico-chimiques, leur représentation cartographique).



*Chapitre I*  
*Cadre Générale.*

## I. Introduction

La plaine d'El MALABIOD est située à 260 km de la mer Méditerranée, à la limite de la frontière Algéro-Tunisienne, elle appartient entièrement au bassin versant saharien et fait partie intégrante des hauts plateaux, qui constituent un réseau serré de montagnes de moyenne à forte altitude plus ou moins séparées par des dépressions.

La limite Nord de la plaine d'El MALABIOD est formée par Dj. Doukkane, Dj. Anoual et Dj. Bouroumane. Ces reliefs, constituent une ligne de crêtes importante dans la géographie locale, puisqu'elle fait partie de la ligne de partage des eaux méditerranéenne et saharienne (Fig.01). En effet, au nord de la région d'étude se trouve le bassin versant de l'oued Ksob qui draine les eaux vers la mer.

La limite Est de la plaine s'approche du territoire tunisien dans la région de Koudiat sidi salah. A l'Ouest, on trouve la plaine de Chéria, la plus haute des régions du Sud-Est constantinois, drainée par l'oued Chéria à écoulement saharien, et sur un tronçon de 15 km, parsemé de marécages en aval de la ville. Un peu plus vers le sud, on rencontre en limite de zone, la plaine de Telidjen, caractérisée par un faible réseau hydrographique

La limite Sud est constituée par le synclinal de Bir Sbeikia d'âge Mio-Quaternaire.

La large dépression mio-quaternaire d'El MALABIOD est entourée par des massifs calcaires. Au Nord on trouve, Djebel Doukkane, Anoual et Bouroumane, au sud, Djebel Boudjelal, Dalaa et El Gallal, tandis que des « couteaux » calcaires de faible altitude sont présents à l'Ouest de la route reliant Tébessa et El MALABIOD. L'altitude de la dépression, décroît du nord vers le sud depuis le Djebel Doukkane (1712m) jusqu'à la ville d'El MALABIOD (1019m). Elle est drainée par de multiples ravins, qui forment trois collecteurs secondaires à écoulement temporaire et torrentiel après les fortes précipitations. Ces trois collecteurs ont un tracé sinueux, résultant de la faible pente de la plaine, et creusent des lits très profonds (2 à 3m de profondeur). Ils confluent en amont de la ville en un écoulement pérenne soutenu par la nappe alluviale. La largeur du lit à ce niveau atteint 50m.

La particularité de la plaine d'El MALABIOD, par rapport aux autres dépressions des hauts plateaux, est l'absence de cuvettes fermées comme on peut en trouver à Tébessa, Chéria, Ain Beida ...etc. Chaque dépression a en effet, son déversoir vers un cours d'eau, où le drainage superficiel s'exerce complètement jusqu'aux bas-fonds du Sahara oriental (chott), au-dessous du niveau de la mer (-40m) pour le chott Melhgir.

## II. Situation géographique

EL MALABIOD est une circonscription administrative de Tébessa, dont elle est distante de 28,7km. Elle est l'une des Daïrates que compte la wilaya qui, elle-même, est située au Nord-Est algérien. Selon le découpage administratif, ses confins sont:

- La Daïra d'Oum Ali, au Sud.
- La frontière algéro- tunisienne, à l'Est.
- La ville de Tébessa, au Nord.
- La Daïra de Chéria, à l'Ouest.

Le bassin D'EL MALABIOD, sujet de notre étude, appartient aux hautes plaines orientales de l'Atlas saharien. Il est par conséquent, l'un des constituants du grand bassin du Chott Melhrir. Ses limites naturelles sont :

- Au Nord, une ligne de crête regroupant les Djebels, Doukkane, El Khenga, Bouroumane
- Au Sud, les monts de Boudjellal, El Guelia et Ed'Dalâa.
- Á l'Ouest, Guebel Er'Rouiss et Draâ Douamiss.
- Á l'Est, Djebel El Kechrid et Koudiet sidi Salah qui matérialise les confins du coté du territoire tunisien.

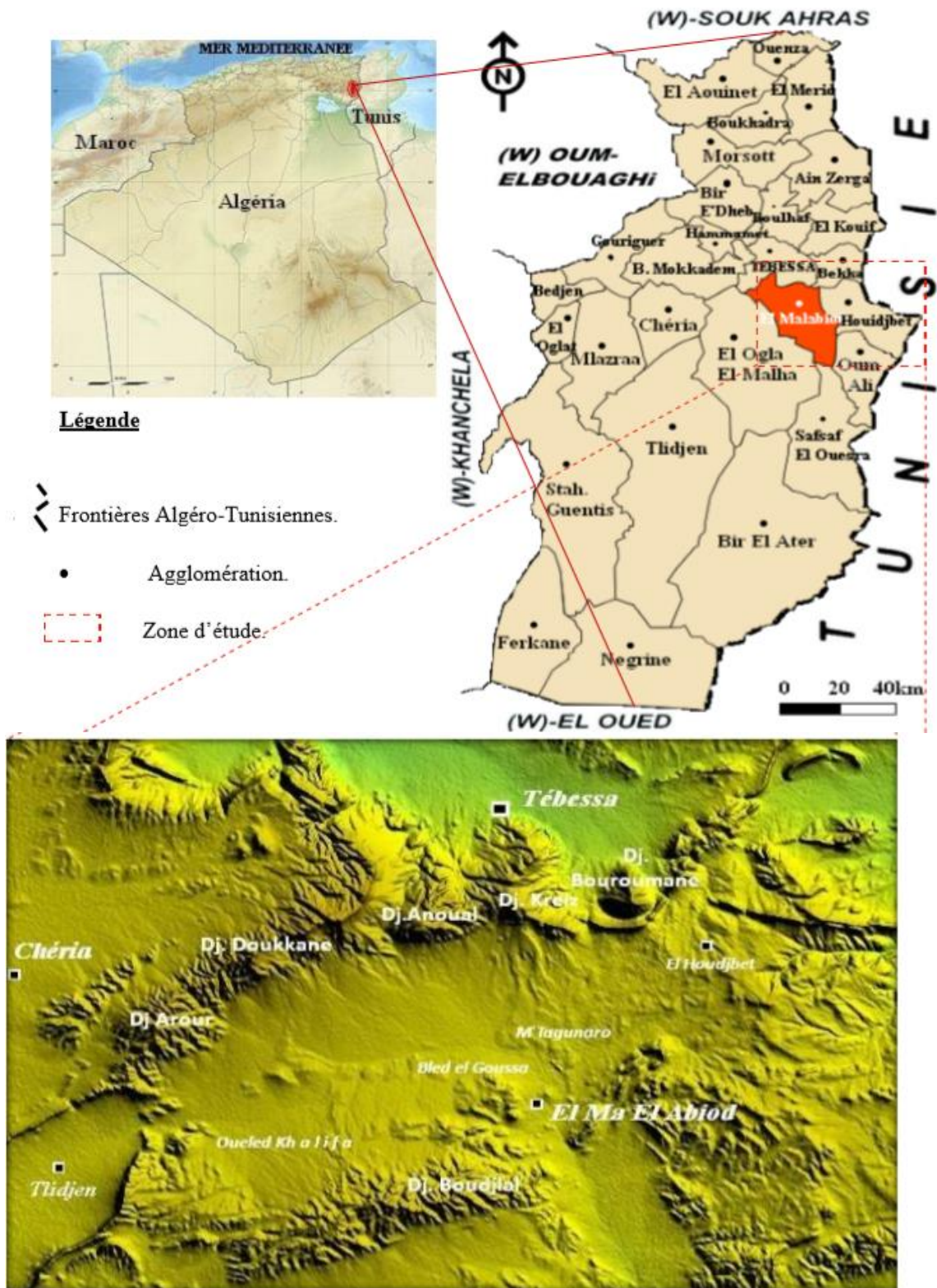


Fig. 01 – Situation géographique et Administrative de la plaine EL MALABIOD. (in ROUABHIA.ABK 2003)

### III. Le couvert végétal

La végétation naturelle, à base de pin d'Alep, est développée au nord de la zone d'étude et devient de plus en plus rare vers le sud jusqu'à disparition en limite sud au Dj. Boudjellal. Par opposition avec les plaines de Mellégué et les monts de Tébessa, les montagnes bordant la plaine d'EL MALABIOD se singularisent tout d'abord par l'absence presque totale de végétation arbustive. Ne fait vraiment exception que l'escarpement septentrional du bassin d'El Ma El Abiod, qui est recouvert d'une forêt de pins. On peut également citer les genévriers épais du djebel Abiod et surtout des basses pentes méridionales du Djebel Arour. Partout ailleurs, la roche ou les sols affleurent entre les touffes d'une steppe basse où domine l'Alfa.

### IV. Topographie

La région d'EL MALABIOD présente une allure de cuvette. Son altitude varie entre 1050m (au centre de la cuvette) et 1300m vers le nord de la région étudiée (le sommet le plus haut de la région est le djebel Doukkane situé au nord et qui présente une altitude de 1712m). La partie centrale de la région est constituée d'une plaine enserrée par des montagnes escarpées au nord et au sud.

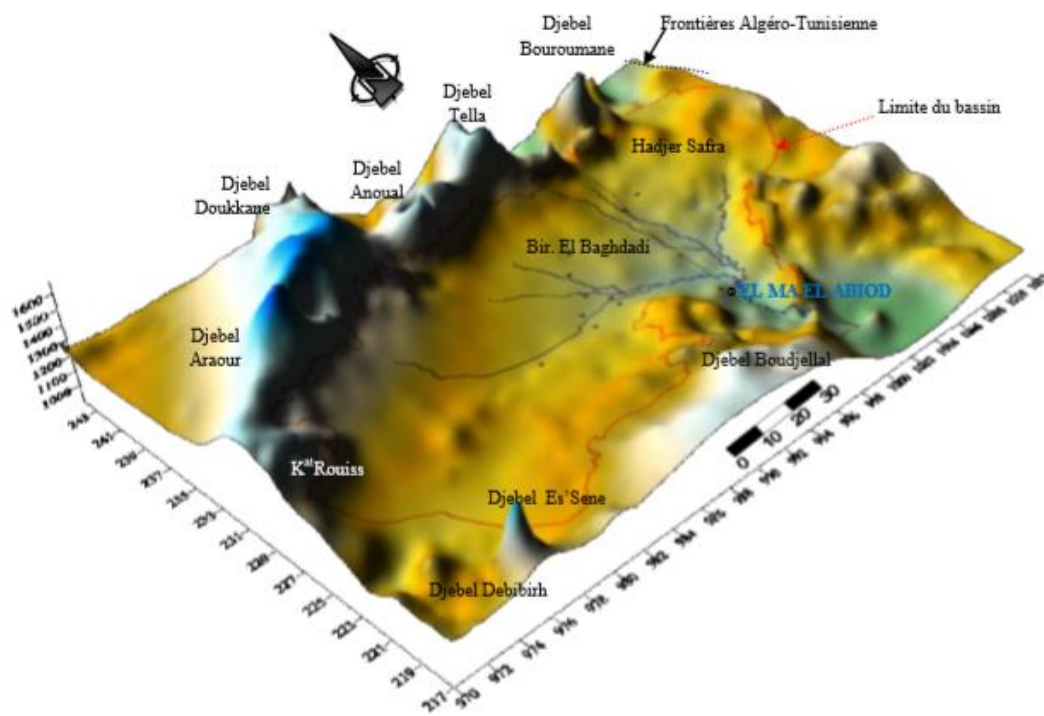


Fig. 02 - Représentation en 3D.de la plaine d' EL MALABIOD (in ROUABHIA 2006)

## **V. Aperçu socio-économique de la région**

### **V.1. Population et démographie**

Le problème de zonage, ne se pose heureusement pas pour le cas du bassin que constitue notre région ; du moment que les données nécessaires à l'étude démographique sont collectées d'une même circonscription.

Selon les opérations de recensement effectuées par les services de l'office national de statistique et ses collaborateurs, et arrêtées au 31-12-2008, seize mille cent soixante-huit (16 168) habitants se répartissent sur les deux principaux pôles urbains en l'occurrence; El Malabiod et Houdjbet sinon sur quelques hameaux et regroupements irréguliers (zone éparse). Ceci représente les 2,47% de la population totale de la wilaya.

### **V.2. Activités agricole**

Les terres agricoles dans le bassin d'El MALABIOD se caractérisent par une répartition

Anarchique et ce, selon le caractère de leur appartenance, la culture de la population et la nature du Climat (semi-aride à faibles précipitation), On distingue :

- La céréaliculture qui couvre 5,55% pour la commune El MALABIOD.
- La culture maraîchère occupe les 6,41% pour la commune El MALABIOD.
- La culture fourragère occupe les 34,81% de la commune.

On note aussi l'existence des sites romains plus récents et plus considérables qui marquent le paysage, et comprennent particulièrement des vestiges d'anciennes huileries, rappelant l'importance de la culture de l'olivier. La richesse de la région était mémorable, elle était appelée par les romains, « la Région du blé ».

### **V.3. Activités industrielles**

Le réveil, quant à l'activité industrielle, ne s'est fait sentir que très récemment, et ce n'est qu'au début des années 90, du siècle écoulé, que la région voit s'édifier sa première usine ; filiale société de ciment et dérivés de Tébessa (ciment Portland), suivie de la fabrique du verre (ENAVA) et ensuite l'entreprise nationale des tubes roulés et transformation des produits métalliques (ANABIB) , qui sont un acquis et un moyen de développement.

## **VI. Réseau hydrographique**

Les formes des réseaux hydrographiques constituent un caractère fondamental en géologie.

Elles sont liées à la fois à la lithologie de leur substratum et à la structure géologique.

Dans la région d'étude le réseau hydrographique est dense bien marqué avec de nombreux ravins

Formants des affluents secondaires, sinueux, intermittents et à pentes raides.

Le drainage s'effectue grâce aux trois oueds secondaires confluents en amont de la ville d'El MALABIOD et forment L'Oued El MALABIOD à écoulement intermittent du nord vers le sud.



➤ Oued El Ma Lassoued : Venant de Dj Taga qui après un parcours de 12km environ. il draine la partie Est de la plaine, il est considéré comme le collecteur des eaux de ruissellement du Nord et du Nord-est du secteur.

- Oued Ez'Zned : Prend naissance au Nord, il reçoit l'Oued de T'noukla (issu de Kef T'noukla) et s'écoule, comme ses prédécesseurs, vers le Sud.
- Oued El Goussa : C'est le thalweg principal, sa longueur est 28.2 km, il est considéré comme un collecteur des affluents tel que oued Kriz et celui d'Oued Es-Sagui, son drainage s'effectue d'Ouest vers l'Est.
- Oued El MALABIOD : c'est l'oued principal avec un écoulement pérenne ou se confluent différents oueds secondaires cités précédemment.

### VI.1. Densité de drainage Dd

Elle est déterminée comme étant le rapport entre la longueur totale des cours d'eau de tout ordre (Lx) sur la surface du bassin versant (S). La longueur des thalwegs est mesurée à l'aide du curvimètre pour chaque ordre séparément.

La densité de drainage, introduite par Horton, est définie par la longueur totale des cours d'eau rapportée à la surface du bassin. C'est un paramètre qui renseigne sur le degré de densité ou de lâcheté du chevelu hydrographique.

L'expression suivante aide à lui donner une grandeur :

$$D_d : \text{Densité de drainage.} \quad D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Li : Longueur de cours d'eau (km).

A : Aire du bassin (Km<sup>2</sup>).

$$AN: A = 648 \text{ Km}^2 ; \sum L_i = 1473 \text{ km} \quad \text{où} \quad D_d = 2.27 \text{ km/km}^2$$

### VI.2. Temps de concentration TC

C'est le temps que met une goutte d'eau tombée au point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. On va utiliser la formule de GIANDOTTI pour déterminer ce paramètre :

$$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}$$

Où:

Tc: temps de concentration en heures.

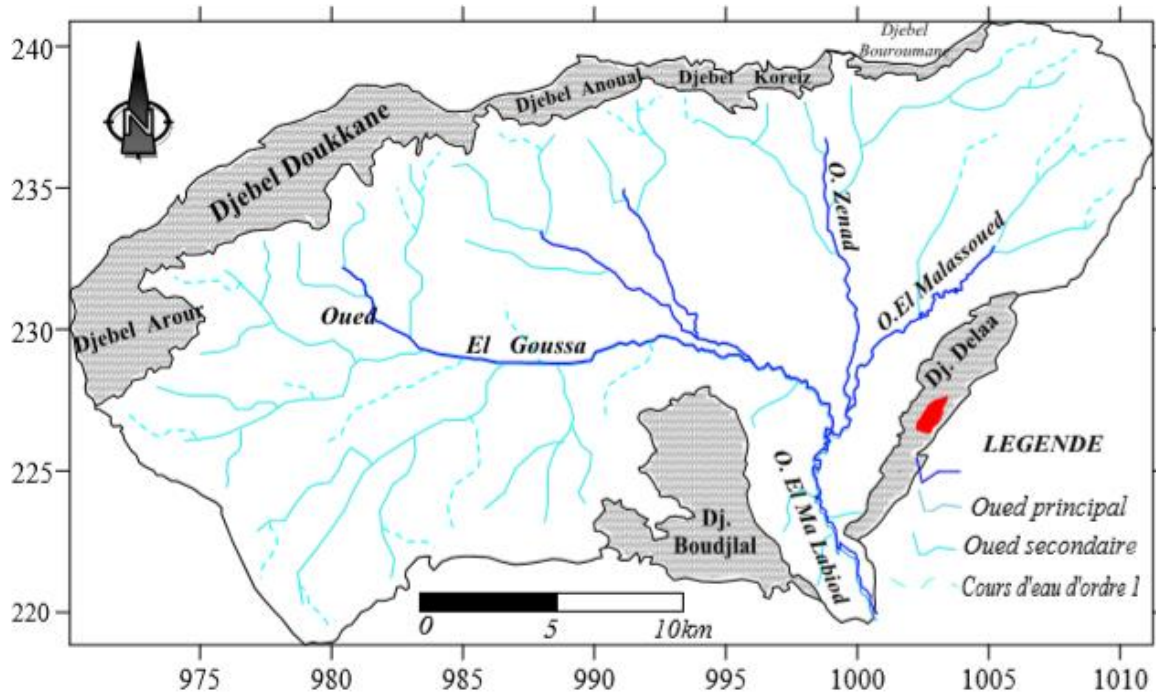
S: superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>, S= 648 km<sup>2</sup>

Lp: longueur du talweg principal, Lp= 30km

H<sub>moy</sub>: altitude moyenne du bassin versant ; H<sub>moy</sub> = 1180m.

H<sub>min</sub>: altitude moyenne du bassin versant ; H<sub>min</sub> = 1019m

AN :  $T_c = 14,51h$ . D'où  $T_c = 14$  heures, 30 min



*Fig. 3. Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Ma El Abiod*

## VII Géomorphologie

L'étude géomorphologique et la prospection géologique apportent des données nouvelles à l'hydrologie. Elles sont très utiles pour la prospection des eaux souterraines des formations superficielles.

Dans la région d'El MALABIOD, on observe différentes micro et macro formes géomorphologiques. L'étude de ces formes permet de localiser les différentes unités aquifères.

Elle donne également des indications précieuses sur les réservoirs possibles des eaux souterraines et leurs sources d'alimentation. Les principales formes qu'on distingue sont :

### VII.1. Le bassin – versant

Le bassin versant est essentiellement constitué par des formations du Crétacé, (marnes, marno-calcaires) qui constituent la base ancienne sur laquelle se sont déposées les formations du Miocène (voir coupes géologiques).

On note également que les roches du Crétacé, constituant le bassin versant, sont très tectonisées (failles et plissements). Les calcaires sont parfois très karstifiés et sont importants du point de vue hydrogéologique.



## **VII.2. La cuvette du Miocène**

Les formations de remplissage du Miocène sont constituées d'agiles rouges, de sable et de grès, recouverts de colluvions et d'alluvions qui bordent les rivières. Du point de vue hydrogéologique, ces formations sont très perméables et forment une nappe importante –objet de notre étude– reconnue par plusieurs puits et forages.

## **VII.3. Les collines**

Ce sont des formes géomorphologiques, des horsts ou des restes du bassin versant qui a subi une tectonique très intense. Elles se présentent comme des « îles » entre les formations du Miocène. Ces collines peuvent jouer un rôle très important dans l'alimentation de la nappe aquifère du Miocène. Selon leur caractère hydrogéologique (perméabilité) et leur situation sur le terrain, elles peuvent avoir deux rôles bien distincts. - Si elles sont constituées par des roches imperméables, (marnes, marno-calcaires, et calcaires compacts), elles forment des retenus souterraines. - Tandis que lorsqu'elles sont perméables (calcaires karstifiés), ces collines peuvent constituer des sources secondaires pour l'alimentation de la nappe principale.

## **VII.4. La limite Bassin versant – Cuvette du Miocène**

La limite, entre les formations du Miocène et celles du Crétacé, est formée par des éboulis, qui sont bien représentés au nord de la région étudiée (voir Carte géologique). Ces éboulis sont très perméables et par conséquent très intéressants pour la prospection des eaux souterraines.

## **VII.5. Les lits des oueds**

Les lits des oueds sont des formes qui résultent de l'érosion. Dans ces lits asséchés, on a pu distinguer la terrasse et les formations du Miocène supérieur.

## **VII.6. Les alluvions**

Quaternaires Dans cette région, la distinction entre haute, moyenne et basse terrasse n'est pas possible, car la puissance de ces formations alluvionnaires est faible et ne présente pas un grand intérêt hydrogéologique.

## **VII.7. Les sources**

Elles sont principalement localisées au contact entre les formations du Crétacé et celles du remplissage Miocène. Actuellement, elles sont à sec. favorise l'apparition de sources dans le secteur tel que les sources de Kreiz, Ain Rhorira et celle de T'noukla, avec un débit faible 2l/s. on peut citer également celles localisées dans la commune de Houdjbet tel que Ain Taga et Ain Mansoura.

## **VII.8. Les barrières rocheuses**

Barrière du Nord ; constituée par des séries de massifs montagneuses imposantes, dans une direction Nord-Est – Sud-Ouest, sur presque 60km sans discontinuités, dont les djebels Arrour, Doukkane (culminant à 1 712m), Tella, Anoual et Bouroumane. Elle forme, comme signalée plus haut, une ligne de partage des eaux entre les deux grands bassins versants ; Mellègue et Melhrir.

Barrière du Sud ; en similitude avec la précédente ; sur le plan orientation et comportement hydrologique (ligne de partage des eaux), elle se voit jouer le rôle d'un cordon, du côté sud, par la série de monts de Fouwa, Botna et Saf Saf.

Les massifs montagneux de Boudjellal, El Outed et Ed'Dalaâ font partager le secteur en épousant l'allure d'une troisième cordelière, au milieu, culminant à 1 496m. D'où la plaine de Boudjellal, au Sud et celle d'El MALABIOD, au Nord.

### **Conclusion :**

Le bassin objet de cette étude fait partie du grand bassin versant du Melhrir et donc des hautes plaines orientales de l'Atlas saharien.

Comptant une Daïra et deux communes, il s'étend sur une aire de 648km<sup>2</sup>, non surpeuplé (27hab/km<sup>2</sup>). Connue par sa vocation agricole avec une SAU d'environ 27 400ha, mais l'épanouissement des autres activités commence à se faire sentir.

Le domaine forestier y occupe les 23,7%, l'Alfa et l'association végétale (Pin d'Alep, chêne vert, genévrière) occupent les 23,59% et les parcours les 7,86%.

La topographie du bassin est variée, où une plaine, à pente douce avec une altitude moyenne oscillant entre 1020 et 1200m, est cernée par une série de monts au nord et au sud qui atteignent les 1400 voire les 1600m d'altitude.

Les montagnes se répartissent sur 26% de la superficie et la plaine sur 69,33%.

Toutes ces caractéristiques morphométriques influencent l'écoulement des eaux que l'impluvium est susceptible de recevoir, qui doivent mettre alors un temps de 11h et 36mn (temps de concentration) pour arriver à l'exutoire, avec une densité de drainage de 2,27km/km<sup>2</sup>.

Tout cela conjugué à la nature lithologique du terrain, rendent difficile le phénomène d'infiltration ; principale source d'alimentation des systèmes aquifères, et initient en contre partie une action érosive, ainsi qu'ils favorisent la perte d'énormes masses d'eau qui s'écoulent vers les entités naturelles limitrophes.

## *Chapitre II*

# *Les caractéristiques géologiques du bassin d'el malabiod.*

## **I INTRODUCTION**

La région d'El MALBIOD, est située à la limite de la frontière algéro tunisienne et fait partie de L'Atlas Saharien. Les reliefs y sont contrastés, constitués essentiellement par des calcaires allongés selon un axe SW-NE, et séparés par une dépression (plaine cultivée d'El MALABIOD) mio-quaternaire.

Cette structure à deux phases tectoniques ayant affectées la région.

La plaine d'El MALABIOD n'a pas fait l'objet d'une étude géologique précise, mais elle est intégrée dans un ensemble géologique un peu connu. Seulement, des forages et une étude géophysique ont été réalisés à partir des années 1970 dans le but de recherche de l'eau et du pétrolier.

Le remplissage sédimentaire du sous-bassin versant d'El MALABIOD est constituée :

- Dépôts de type épicontinental avec variation de faciès et d'épaisseur ayant une direction SW-NE (Aptien jusqu'au Maastrichtien).
- Grés et argiles bariolées de base miocène.
- Trias du type germanique sous forme diapirique.

Les assises crétacées, ont été affectées à leur tour, par des plissements de direction similaire. Les deux phases tectoniques, dont les jeux ont affectés la région, sont à l'origine de la structure qu'elle a épousée.

## **CADRE GEOLOGIQUE**

La zone d'étude fait partie de l'atlas saharien elle correspond à une plaine à pente douce ayant pour limites Nord et Sud des plis d'axes SW-NE (fig. 04). La limite Nord constitue la ligne de partage des eaux entre le bassin versant de la Medjerrdah et le bassin versant de chott Melhrir.

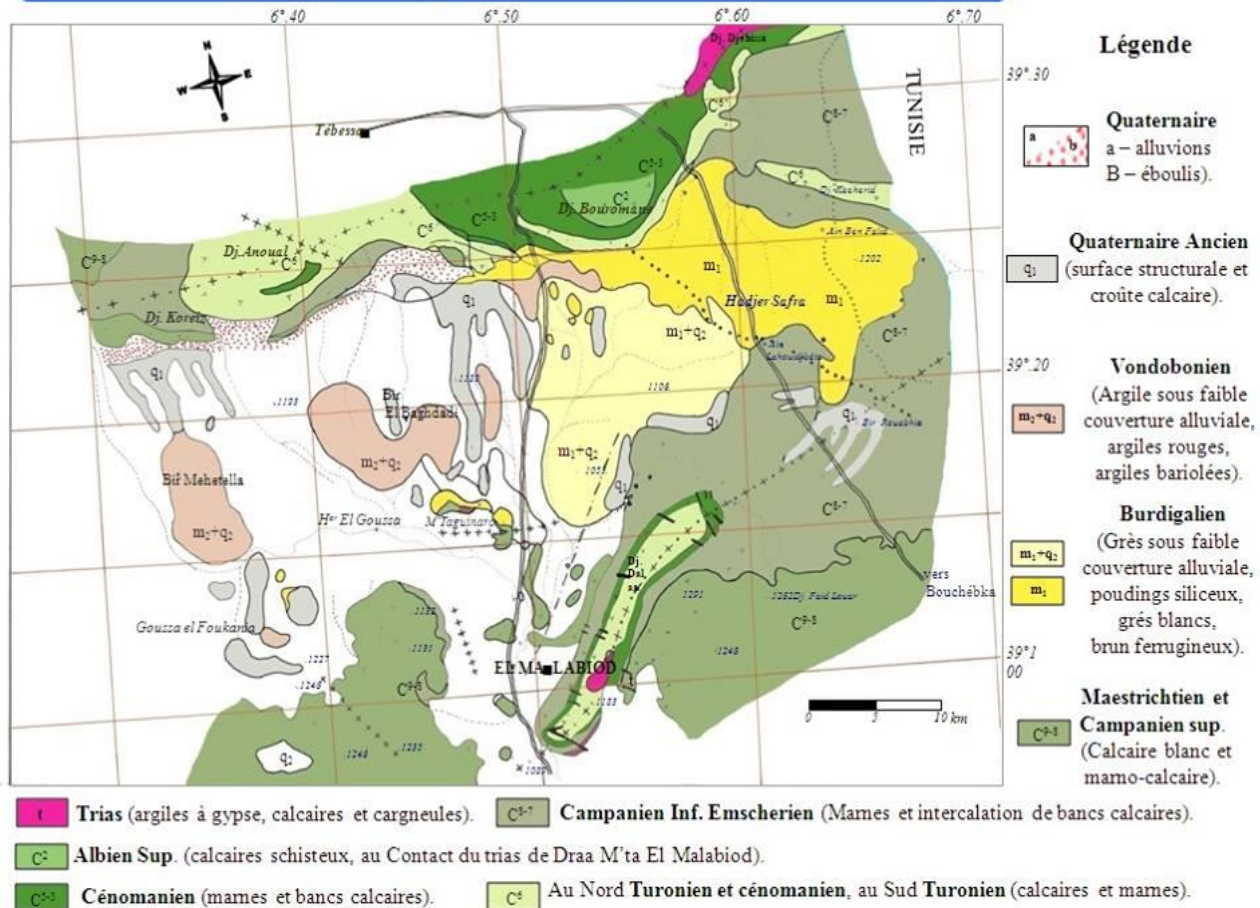


Fig .04 : Carte géologique d'el Ma El Abiod. (G.DUROZOY 1948)

## II Stratigraphie et Description Lithologique Des Formations :

(Cette description est basée sur les travaux de O.Guefaifia 1997 et A. Rouabhia 2006)

La région d'El MALABIOD n'a pas au fait été sujette à beaucoup de travaux précis en la matière, cependant, on l'a incorporé dans un ensemble géologique mieux connu.

Dans une perspective structurale, il a été montré donc, via les études dont elle a fait l'objet, qu'elle se manifeste comme un bassin subsident, encadré au Nord par des massifs calcaires (Djebel Anoual, Djebel T'noukla, Djebel El Khorza...), à relief important, allongés selon une direction générale Ouest – Est.

Deux grands ensembles représentent la lithostratigraphie du bassin d'El MALBIOD:

- Le premier est constitué essentiellement par les formations crétaées et tertiaires qui affleurent sur les bordures ;
- Le second est formé, en général, par un recouvrement Miocène et Quaternaire qui occupe la quasi-totale de la superficie de la plaine.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique incomplète (absence des formations éocènes) dont la description est la suivante voir (fig.05) :

La lithostratigraphie et la répartition de la série se décrivent comme suit:

- TRIAS ; plastique et diapirique
- CRÉTACÉ et ÉOCÈNE Néritique ; calcareux et marneux
- MIOCÈNE Littoral, Deltaïque et continental d'un faciès sableux argileux
- PLIO-QUATERNAIRE Continental

La dite série s'est établie de sorte que, allant de l'ancien au récent, on rencontre :

## II.1. TRIAS

Seule la partie méridionale de la plaine d'El MALABIOD à djebel Dalaa Er-Rouail présente un affleurement réduit, sous forme diapirique. Il est représenté par un faciès typique de la région :

- Argile à gypse, calcaires et cargneules. Au Nord –Est et à Djebel Djebissa, le Trias apparaît en diapir:
- Argiles rouges à gypse.
- Calcaires et calcaires dolomitiques noirs en plaquettes.

## II.2.CRETACE

### II.2.1.APTIEN MOYEN ET INFÉRIEUR

A l'extrémité Nord de la zone d'étude, au flanc Est de Djebel Bouroumane affleure un ensemble de calcaires et de dolomies. La partie inférieure est presque entièrement dolomitique. Les Orbitolines sont en abondance.

Dans les intercalations de calcaire rogneux d'épaisseur moyenne de 400m , on note la présence de quelques Rudistes.

Au sud de la plaine d'El MALABIOD, à Koudiat Adella, le forage pétrolier Boudjellal-2 (BDJ2) voir (fig.05) a intercepté l'Aptien moyen et inférieur respectivement aux cotes :

2531m et 2786m de profondeur. Ainsi, l'Aptien moyen se présente sous forme de calcaires gris clair à gris brunâtres, durs compacts, bioclastiques, pseudo-oolithiques légèrement carbonatée, souvent feuilletés. Son épaisseur est de 255m.

- l'Aptien inférieur se caractérise par des alternances de marne gris-foncée, compacte, silteuse, finement pyriteuse, argile grise à gris- foncée, feuilletée, carbonatée et calcaires gris- foncés, compact, cryptocristallin, parfois argileux. L'épaisseur est de 107m.

### II.2.2.APTIEN SUPERIEUR

Dans la partie nord, à Djebel Bouroumane, les affleurements qui datent de cet étage sont les calcaires massifs, gris ou roux avec des intercalations de quelques mètres de marnes et marno-calcaires. L'épaisseur moyenne est de 70m. Au Sud, le forage pétrolier boudjellal 2 a rencontré L'Aptien supérieur à la cote 2316m de profondeur, il s'agit de calcaire gris- clair, gris – fonce, oolithique, bioclastique, d'argile grise, noirâtre, induré, feuilleté, rarement silteux et pyriteux. L'épaisseur est de : 215m. en deux phrases

### II.2.3.ALBIEN INFÉRIEUR

Au Djebel Bouroumane, cet étage se présente sous forme de bancs calcaires bruns, épais, très durs à *Ostrea latissima*, et de bancs de calcaires à Rudistes. Au Sud de la zone d'étude, le forage pétrolier Boudjellal-2 donne de bas en haut la succession suivante :

- Des calcaires gris- clairs, blanchâtres, brunâtres, compacts souvent crayeux bioclastiques ou graveleux oolithiques, avec des traces de foraminifères et des intercalations d'argile grise : 85 m d'épaisseur.

- Alternances de calcaires, gris- clairs, blanchâtres, souvent bioclastiques et rarement graveleux, argileux et d'argile grise à gris- foncée, noirâtre, feuilletée d'une épaisseur de 87 m.
- Dolomies blanches à gris- brunâtres, microcristallines compactes ; 40m d'épaisseur.

#### **II.2.4. ALBIEN SUPERIEUR**

Au contact du Trias de Draa M'taa El MALBIOD (Djebel Dalaa Er- Rouail), L'Albien supérieur est présent en petit affleurement comprenant des calcaires et marno- calcaires en plaquettes.

A Adeila où fut exécuté le forage pétrolier Boudjellal -2, la succession de bas en haut est la suivante :

- Alternance de calcaires gris- clair, beiges, argileux et argile grise à grise foncée, feuilletée plus ou moins dolomitique : 116 m d'épaisseur.
- Alternance de calcaires gris, gris- foncés, argileux et marnes grises noirâtres, compactes, dure, silteuses : 129 m d'épaisseur.

Au Nord, à Djebel Bouroumane, les assises qui datent cet étage, sont constituées d'un ensemble de calcaires et marno- calcaires gris en plaquettes et en petits bancs. On note la présence de nombreuses empreintes d'Ammonites et de Bélemnites, l'épaisseur est de 150m.

#### **II.2.5. CENOMANIEN**

Il affleure assez largement dans la partie Sud-Est, en contact tectonique avec le Trias. C'est une série de marnes jaunes parfois grises et des bancs calcaires lumachelliques. La faune est très abondante (*Ostrea*, *Exogyra*, *Cardita*). L'épaisseur atteint les 682 m, on constate de bas en haut :

- Argile grise à gris- foncée, carbonatée : 238 m d'épaisseur.
- Alternances de calcaires gris – clairs et d'argile grise à gris- verdâtre, feuilletée : 130m d'épaisseur .
- Calcaires gris à gris- clair cryptocristallins avec intercalations d'argile grise à gris – verdâtre feuilletée : 76 m d'épaisseur.
- Alternances d'argile gris- foncées et de calcaire gris à gris- claires lumachellique : 73 m d'épaisseur.
- Argile grise à gris-verdâtre avec intercalations de calcaires blanc, crayeux : 29,5 m d'épaisseur.
- Alternances de calcaires blanc lithographiques et d'argile gris à gris- verdâtre, feuilletée : 24,5 m d'épaisseur .
- Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux : 39 m d'épaisseur.
- Argile gris-verdâtre calcareuse, fossilifère devenant marneuse dans les 16 derniers mètres avec fines passées de calcaire gris blanchâtre et lumachellique : 72 m d'épaisseur.

#### **II.2.6. TURONIEN :**

Il affleure largement au Nord (Sif Bouroumane, Djebel El- Koreize, Tenoukla). A sa base, on rencontre une série constante de calcaires marneux gris en petits bancs. L'épaisseur ne dépasse pas les 60 à 70m. Au- dessus c'est une assise massive de calcaires beiges et de

dolomies ou de calcaires dolomitiques. Des rognons de silex apparaissent à la partie supérieure.

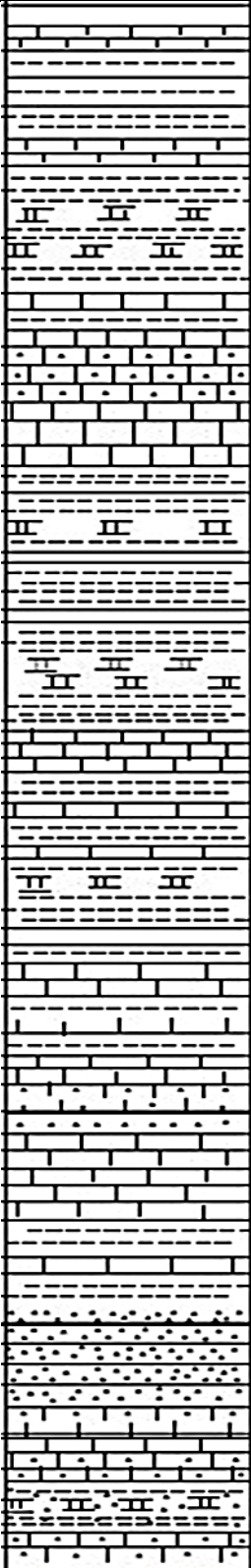
A proximité de Tenoukla, le Turonien supérieur, épais de 150 m donne de haut en bas la succession suivante :

- Des marnes noires gypsifères.
- Des marno- calcaires gris en plaquettes.
- Des marno- calcaires noires souvent lumachelliques et ognoneuses. Au Sud à Djebel Ed- Dalaa, on note la présence des calcaires, des marnes et des bancs calcaires.

A 8km à l'Ouest de la région d'El MALBIOD, le forage pétrolier Boudjellal -2 donne de bas en haut la succession suivante :

- Calcaires bruns, crayeux, légèrement dolomitique, partiellement lumachellique : 109,5m.
- Calcaires gris- clairs, compact, intercalation d'argile marneuse grise a gris- foncée : 131,5m.



Cote	Coupe	Description lithologique	Étage
13		Calcaire blanc, compact Biomicrite argileuse à faune pélagique	Maestrichtien, Campanien supérieur
576		Marne gris verdâtre et argile brun rougeâtre Argile gris foncé, calcareuse avec de rares bancs calcaires gris clair Argile grise avec quelques bancs de calcaire gris clair fossilifères Calcaire gris compact, marneux à foraminifères Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun –rouge, souvent marneux	Campanien inférieur Emschérien
917		Calcaire gris clair, argileux, graveleux, partiellement lumachellique, compact avec fractures remplies de calcite, intercalation d'argile marneuse, gris foncé, trace de calcite et de pyrite Calcaire brun, multicolore, moyen dur, crayeux légèrement dolomitique, partiellement lumachellique bitumeux, trace de calcite blanche, translucide, avec bande d'argile verte, à gris verdâtre, Glauconieuse	Turonien
1 010		Argile gris verdâtre, calcareuse, pyriteuse, fossilifère devenant marneuse à partir de 873m avec fines passées de calcaire gris blanchâtre, lumachellique Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux, pyriteux Alternance de calcaire blanc lithographique, cryptocristallin, crayeux moucheté, lumachellique d'argile gris à gris verdâtre, feuilletée marneuse Argile grise, gris verdâtre, feuilletée, calcareuse, finement pyriteuse, parfois légèrement glauconieuse et lumachellique avec intercalation de calcaire blanc, grisâtre lithographique, cryptocristallin, crayeux avec traces de calcite Alternance d'argile gris foncé, feuilletée, marneuse légèrement silteuse et de calcaire gris à gris claire, microcristallin, lumachellique Calcaire gris à gris clair induré cryptocristallin, parfois blanchâtre crayeux avec débris de fossiles, avec intercalation d'argile grise	Cénomanién
2 050		Alternance de calcaires gris, gris foncés parfois noirâtres, argileux. Alternance de calcaire gris clair, beige, crayeux cristallin.	Albien supérieur
2093		Dolomie blanche à gris brunâtre, microcristallin bitumineuse, compacte. Alternance de calcaire, gris claire blanchâtre souvent bioclastique. Calcaire gris claire blanchâtre, brunâtre, compacte, souvent crayeux, rarement bioclastique ou graveleux, oolithique, traces de foraminifères. Calcaire gris clair, gris foncé, oolithique, bioclastique, parfois cryptocristallin. Calcaire gris claire, légèrement dolomitique avec fines passées d'argiles vertes. Alternance de marnes gris foncée compactes, argiles grises à gris foncé, feuilleté, carbonaté.	Albo-Aptien
2058		Grès blanc à gris, fins à très fin, bien consolidé, quartzitique, ciment silicodolomitique glauconieux avec passées d'argiles grise à gris noirâtre, compact, silteuse, carbonaté. Intercalations de grès quartzitique, de siltes, d'argiles dolomitiques et de dolomies.	Barrémien
3560		Dolomies, grises, brunes et beiges, cryptocristallin à microcristalline, fines passées d'argiles grises et grises noirâtres. Dolomies moyennes à fantôme de débris. Alternance de dolomies oolithiques, de calcaires dolomitiques de grès quartzitiques et d'argiles dolomitiques silteuses à 3760m. dolomies fines à huîtres.	Néocomien

**Fig.05. Permis DJEBEL DOUKKANE FORAGE PETROLIER BOUDJELLAL-2 [BDJ-2]( source ANRH)**

**Coordonnées :**

**Géographiques :**

X = 8°07'35''E

Y = 35°13'12''N

**Lambert :**

X = 993.533,5

Y = 227.121,2 Z = 1120m (sol)

### **II.2.7.CAMPANIEN INFÉRIEUR - EMSCHERIEN:**

Il s'agit de marnes et d'intercalations de bancs de calcaires lumachelliques. Ces facies affleurent largement au Djebel Doukkane au Nord-Ouest et au Djebel Ed-Dalaa. Des affleurements de dimensions assez réduites (quelques mètres) sont à signaler à proximité de Tenoukla, M'togui-Naro et à Adeila au Sud- Sud-Ouest de la ville d'El-Ma-labioud.

D'après le forage pétrolier Boudjellal-2 où la série est la plus complète, on constate de haut en bas:

- Argile brune rougeâtre et marne gris-verdâtre : 47m.
- Argile grise avec quelques bancs de calcaires gris-clairs : 83m.
- Argile avec quelques bancs de calcaires gris clairs fossilifères : 242m.
- Calcaires gris compact, marneux à foraminifères : 24m.
- Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun-rouge souvent marneux : 88m.

### **II.2.8.MAASTRICHTIEN-CAMPANIEN SUPÉRIEUR :**

Localisé au Nord-Ouest à Djebel koreiz et au centre de la plaine (M'tagui Naro) et aux environs de la ville d'EL MALABIOD, il est caractérisé par des calcaires et marno- calcaires blancs à calcaires blancs à Incérâmes.

A Adelia, il affleure largement et le forage pétrolier Boudjellal-2 a permis la reconnaissance sur une épaisseur de 67m, le facies suivant :

- Calcaire blanc compact, biomicrite argileux à faune pélagique.

## **II.3.TERTIAIRE**

### **II.3.1.Miocène :**

En se référant au rapport de G. Durozoy du 18 avril 1949, la plaine d'El MALBIOD est dominée dans sa quasi-totalité par les formations d'âge miocène.

En présentant comme repère la route nationale N16 Nord-Sud reliant Tébessa à El MALBIOD on constate qu'à l'Est de cette route, ce sont les formations d'âge miocène moyen et inférieur qui affleurent largement. A l'Ouest, c'est le Miocène supérieur sous faible couverture alluviale, qui s'étend lui-aussi sur le reste de la superficie. Ce sont des séries transgressives sur tous les terrains antérieurs.

### **II.3.2.Miocène Moyen et inférieur (Vindobonien et Burdigalien) :**

C'est une série gréseuse blanche parfois brune, ferrugineuse sous faible couverture alluviale. Les poudingues siliceux existent par endroit, souvent ferrugineux avec des intercalations de marne jaune au vert voir (fig.05). A Hadjar Sefra, les niveaux supérieurs sont très durs et conglomératiques. L'épaisseur est variable de 45m à 1480m, d'après les forages hydrauliques.

### **II.3.3.Miocène Supérieur (Pontien)**

A Tenoukla, cet étage est représenté par des marnes rouges continentales, avec de rares niveaux bariolées.

## **II.4.QUATERNAIRE :**

La formation quaternaire recouvre largement la totalité de la plaine. Son épaisseur est très réduite ne dépassant pas une vingtaine de mètres. Le Quaternaire est constitué, en général, de facies anciens (conglomérats, croûte calcaire) et de facies récents (éboulis, couches

limoneuses).G.DUROZOY 1949).

#### **II.4.1.Facies Anciens :**

Ce sont surtout les conglomérats formés de la cimentation d'anciens éboulis ou matériaux d'épandage divers.

Le forage M6, situé à 2km au Nord de la ville d'El MALABIOD, a recoupé le Quaternaire sur une épaisseur de 20m.

A l'ouest de la route nationale Tébesa –El MALABIOD, la croûte calcaire est développée surtout sur les alluvions caillouteuses. La croûte calcaire est la conséquence des résidus des eaux chargées en carbonates.

#### **II.4.2.Facies récents :**

Il s'agit d'alluvions composées essentiellement de gravier fin et moyen parfois avec mélange de sables et d'argile. Le forage M12, exécuté au flanc Sud-Ouest de Djebel Dalaa, montre clairement la présence des niveaux cités ci-dessus. Les éboulis actuels existant au pied de tous les reliefs calcaires constituant les bordures.

#### **II.4.3.Les Conglomérats**

On parle surtout des conglomérats issus de la cimentation d'anciens éboulis ou matériaux d'épandages divers. Une série, dont l'épaisseur est variable mais relativement faible, s'est faite révélée, via le forage M6 (X= 999,100 - Y= 228,175), au Nord du chef lieu d'El MALABIOD

C'est une alternance de graviers calcaires, de gros galets à la base ou de sables grossiers et de galets calcaires, dont la disparition se fait sentir tout à fait vers l'Est.

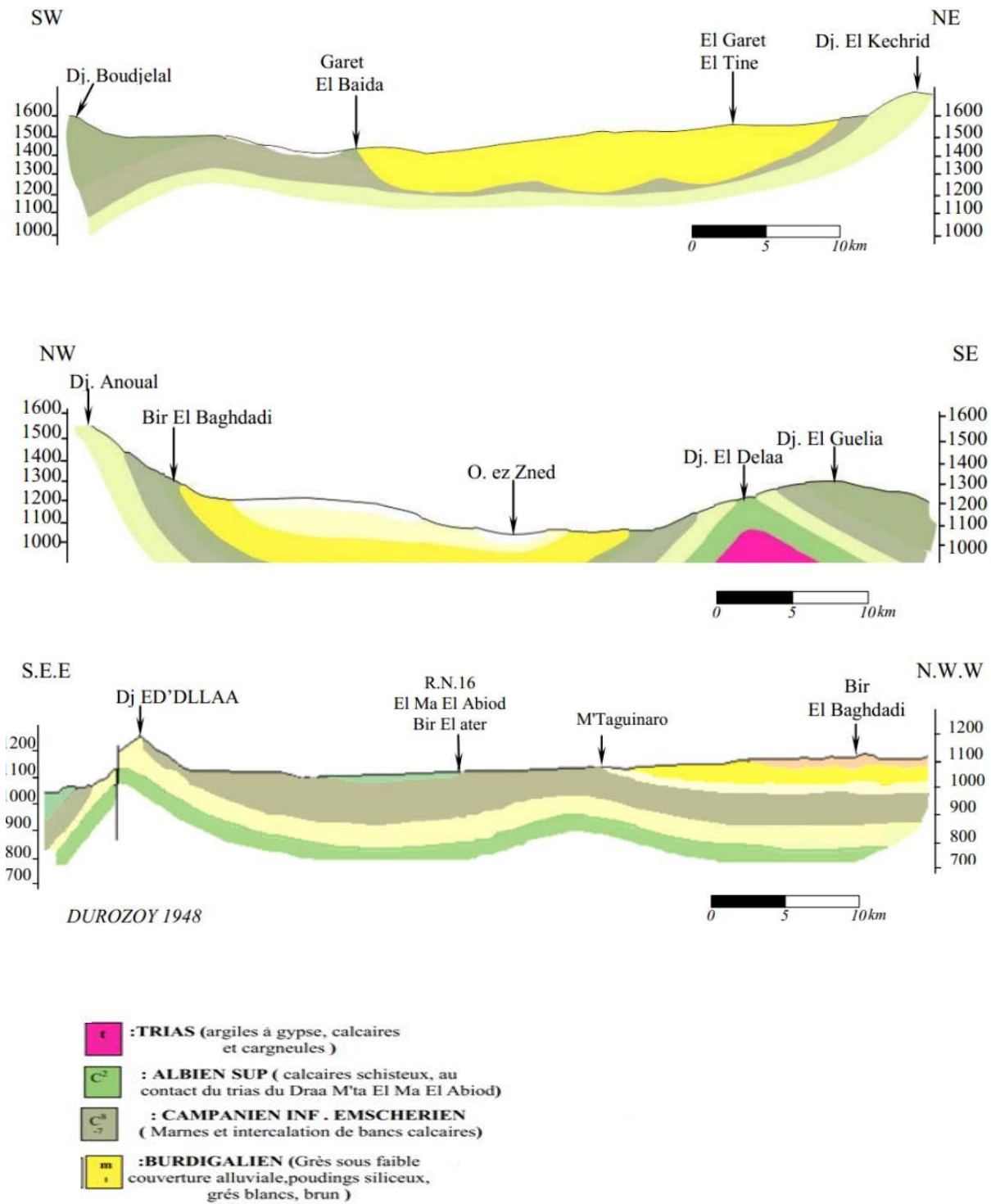


Fig.6. Coupes géologiques montrant les différentes formations de la région d'étude.(DUROZY1948 ;modifié)

### III.TECTONIQUE

La structure tectonique de la région d'étude a dû s'édifier suite à la manifestation de deux phases orogéniques M. Villa 1977

#### III.1.Première phase

Elle se manifeste dès la fin du Crétacé supérieur et inférieur. Son paroxysme se situe entre le Lutétien supérieur et le Miocène inférieur. Il s'agit bien de la phase atlasique qui constitue très certainement la phase principale de plissement dans la région d'étude. R. Laffite (1949) l'identifie par son étude sur l'Aurès comme étant la phase orogénique majeure dans l'Atlas Saharien. C'est durant cette phase que qu'il y a eu les plissements de couverture de direction SW-NE, qui donnent les grands axes anticlinaux (Dj. Bouroumane).

#### III.1.2.Deuxième phase

Cette phase est postérieure aux plissements précédents. Elle est responsable d'une tectonique cassante, marquée par des mouvements du socle L. D. VISSE (1956) considère, après les mouvements datant de cette phase, que les grands bassins délimités par les chaînes montagneuses anticlinales furent soumis certainement à des mouvements d'affaissement, donnant naissance à la plaine d'El Ma El Abiod dans sa forme actuelle (celle-ci représente parfaitement la description et l'hypothèse de L. D. Visse).

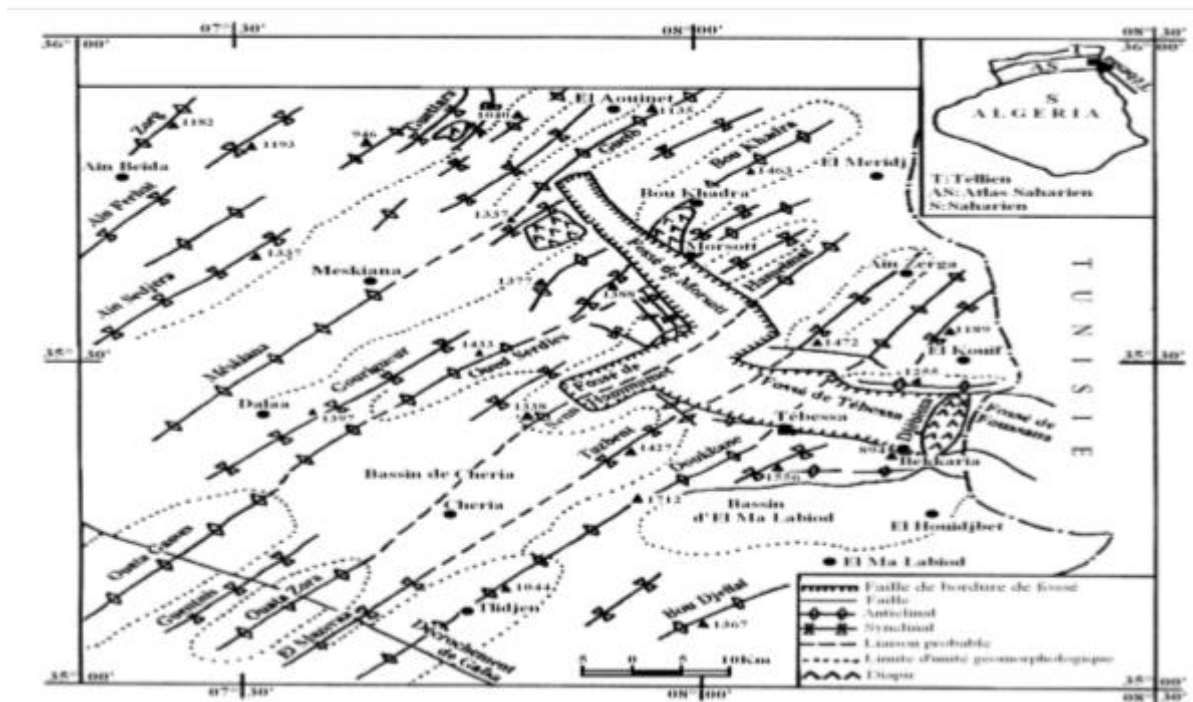


Fig.07. : Esquisse tectonique de la zone d'étude (W.M.Kowalski et al. 1997)

#### III.2.Style tectonique

Dans la région d'étude on reconnaît deux directions structurales dominantes qui se manifestent dans les accidents tectoniques : plissements, flexures, allongements de bassins et cassures. Elles se

reflètent dans la morphologie topographique et partiellement dans l'hydrographie. Les deux directions sont SW-NE et E-W.

Les plis sont typiques de ceux reconnus généralement dans l'Atlas Saharien. Ils sont de type isopaque, donc leur provenance est du niveau structural moyen. Ils sont souvent serrés, dressés en plans verticaux, ce qui traduit un fort raccourcissement de la couverture sédimentaire. Le socle, étant plus rigide, n'a pu être raccourci comme la couverture. Il s'agit donc d'une tectonique de couverture.

### **III.3.Mouvements récents**

La tectonique récente responsable de la genèse du fossé d'El MALBIOD , ne perturbe pas l'organisation des plissements plus anciens. Castany (1954), Dubourdiou (1965) ont qualifié cette tectonique distinctive aux formations autochtones de l'Algérie orientale et de la Tunisie. On constate une différence d'intensité de la tectonique plicatrice et cassante affectant d'une part les formations crétacées (fractures qui brisent la falaise Turonienne de Tnoukla) et la dislocation de l'anticlinal cenomanien-turonien de Draa M'Ta Abiod et d'autre part, le Miocène (plissement du grès miocène du col de Tnoukla). Cette phase serait la phase atlasique, qui est responsable des structures plissées. Il s'agit d'une phase compressive à contrainte principale orientée NN - SE. A. Caire en 1957 a montré que ces structures résultent d'importants coulissements qui ont affectés le socle au Plio-Quaternaire. L'ouverture des fossés résulte des déchirures dues à des fractures de distension dans la couverture, en partie entraînée par les déplacements méditerranéens dans la région d'El Ma El Abiod. Ce mouvement est caractérisé par de nombreuses déchirures de directions NE-SW et de longueurs variables, au maximum 30km. Il est représenté par trois failles (Fig.08) qui sont du sud au Nord :

- Faille F1 : située à l'Est de la ville d'El MALBIOD de 6km de longueur.
- Faille F2 : à décrochement très important, passe au milieu de la plaine. D'orientation NE-SW; elle change de direction et devient EW plus à l'Est près du village de l'Houdjbate. On observe environs, 30 Km de rejet.
- Faille F3 : jalonne la partie Nord de la plaine de direction NE-SW, le rejet est important, de l'ordre de 22 km.



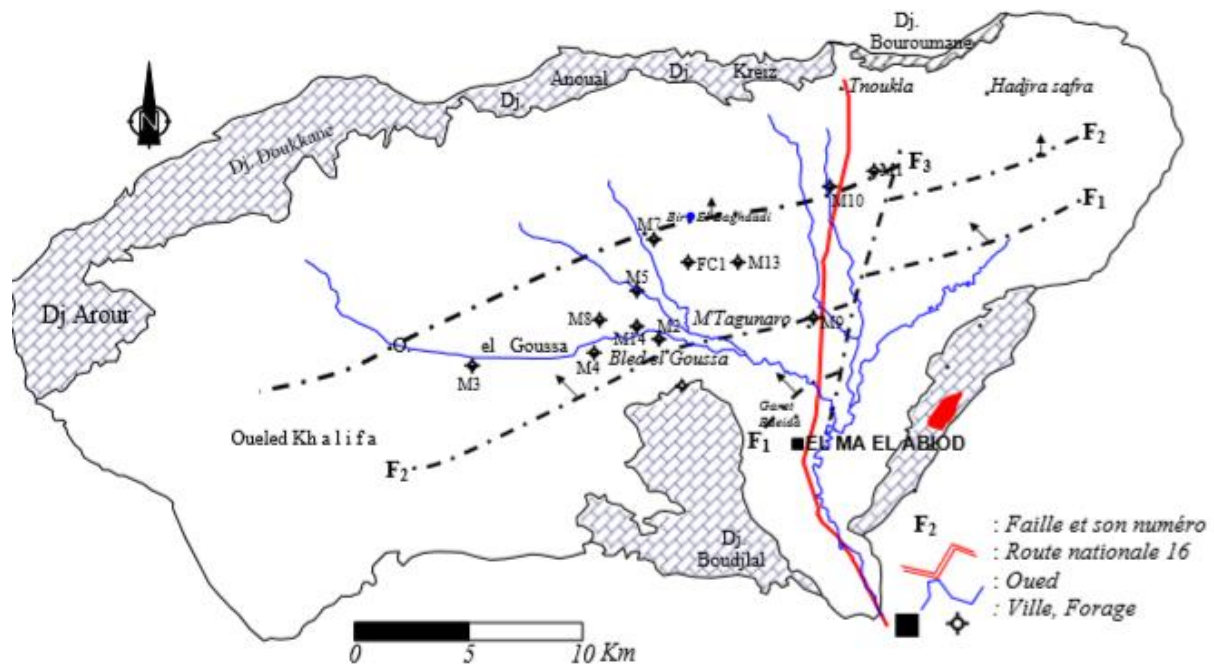


Fig.08. Carte du système de failles (UGF-BRNO 1971)

#### IV. Paléogéographie

Dans la région d'El MALABIOD, la formation autochtone la plus ancienne qui affleure est l'Aptien, représenté par l'anticlinal de Bouroumane. Le crétacé inférieur est connu par le sondage pétrolier de Boudjelal, qui a traversé le Barrémien à une profondeur de 2890 mètres et le Néocomien à 3368 mètres de profondeur.

Le Néocomien est marqué par une sédimentation néritique avec essentiellement des dolomies fines à huîtres ; au-dessous les dépôts alternent dolomies, dolomies calcaires, de grès, et argiles. Ces dépôts sont typiques d'une mer dotée d'une influence continentale. Conséquence d'un mouvement d'émersion au sud, au Jurassique supérieur, P.E. Burollet a indiqué un apport terrigène près de Tataouine (Tunisie).

Au Néocomien inférieur la sédimentation redevient celle d'une mer peu profonde, avec la disparition des apports terrigènes. A. Jouzein en 1962 a signalé le début d'une régression à l'Hauterivien et l'envahissement progressif par des dépôts continentaux. Cet apport terrigène atteint son maximum au Barrémien, où les dépôts gréseux dépassent 400 mètres d'épaisseur (sondage BJD2).

Burollet (1956) A. Jouzein (1962) signalent que l'ensemble de la Tunisie centrale a été recouvert de sable d'une épaisseur variable. Ce passage terrigène venant du sud, indique la reprise de l'orogénèse qui dure du Néocomien inférieur jusqu'à l'Aptien inférieur. Pendant cette période l'érosion dégrade les continents émergés au sud ce qui alimente les zones septentrionales en sable. Cette régression régionale qui a persistée durant le Barrémien prend fin à l'Aptien inférieur qui voit le début d'une transgression marine, caractérisée par des dépôts de mer peu profonde. La sédimentation est carbonatée de type plate-forme avec une subsidence plus importante au nord qu'au sud.

Cette sédimentation est marquée par l'effacement de la plate-forme. Le début de l'Albien est marqué par une réduction dans l'espace des dépôts carbonatés. La région d'El MALBIOD semble connaître alors, de manière générale, des dépôts terrigènes essentiellement calcaro-argileux, de caractère plus profond que leurs prédécesseurs carbonatés.

Durant la suite de la période vont se déposer des carbonates, précédés de dépôts calcaro-argileux. L'extension de ces faciès de plate-forme de la région de Morsott du Nord, par contre, aux environs de l'Ouenza, se développent des faciès terrigènes marneux.

La sédimentation albienne ne dépasse pas les 100m en surface et 250m en sondage dans le secteur d'étude, par contre elle est de 700m au Nord. Cette réduction est la conséquence, de mouvements orogéniques importants. Dès l'Aptien supérieur, une zone de haut fond va s'ébaucher.

En 1980, Villa a placé cette réduction au début de la migration du Trias. La fin de l'Albien et le début du Cénomaniens sont marqués par la réapparition des faciès terrigènes calcaro-argileuses et par l'enfoncement de la plateforme.

VILLA en 1980 a décrit le paysage des temps crétacés, en les comparant avec les côtes basses, et les estuaires actuels des contrées sénégalaises. Durant la suite de la période cénomaniens, la sédimentation reste homogène avec des dépôts de mer épinéritique. Le début des temps turoniens est marqué par des dépôts carbonatés, qui vont envahir l'ensemble de la région d'étude. La sédimentation carbonatée turonienne de type récifale plutôt que de plateforme, caractérise les dépôts d'une mer agitée et renouvelée.

Cette série présente une réduction sédimentaire importante (30m). On note ce même phénomène décrit par Blés, (1970) dans la région de Kasserine où il est la conséquence de l'instauration des formations deltaïques. L'île de Bouroumane s'est probablement instaurée durant le Turonien.

## **Conclusion :**

Après consultation des quelques documents, auxquels on a eu accès, et lors de cette étude géologique, quelques remarques, se rapportant à ce contexte, ont pu comme même être retenues.

L'étude géologique de la région d'El MALBIOD nous a permis de dégager les premières remarques sur l'évolution géologique de la région.

La région fait partie de l'Atlas Saharien. Elle est limitée par des plis d'axes NE-SW au Nord et au Sud, il s'agit d'un haut plateau où on peut distinguer deux grands ensembles :

- Les affleurements de bordure d'âge Crétacé ;
- Les formations d'âge Miocène et Quaternaire occupant la totalité de la plaine.

Suite à de multiples phénomènes, et lors de deux phases orogéniques, la structure de la région a du être édifiée.

Il s'agit d'un haut plateau appartenant à l'Atlas saharien, où des plis, d'orientation Nord-Est Sud-Ouest, cernent un bassin subsident.



Le bassin étudié présente deux grands ensembles ; les affleurements d'âge crétacé sur les bordures, les formations du Miocène et du Quaternaire disséminent la quasi-totalité de la plaine.

La plaine a l'air d'une dépression ayant épousé la forme d'une cuvette avec un substratum calcaireux et marneux. Ce dernier remonte au Crétacé, et il est séparé du Miocène par des éboulis très perméables.

Les formations de bordures (environ 100m de calcaire), constituent une source d'alimentation du système aquifère.

Celles de la plaine (plus de 50m de grés et de 40 à 250m de sable) se comportent comme réservoir principal, et ce grâce à leurs propriétés hydrodynamiques et leur potentiel hydraulique intéressant.

Le matériau alluvial qui leur vient au-dessus, constitue un aquifère, lui aussi, mais de moindre importance, vue sa

*Chapitre III*  
*Climatologie*

## I. Introduction

L'étude des caractéristiques climatiques d'un bassin versant joue un rôle important dans la connaissance des caractéristiques hydroclimatologiques et du comportement hydrologique des cours d'eau existants dans la région d'étude. Généralement, les précipitations et les températures sont les facteurs les plus intéressants dans l'identification du régime d'écoulement, elles conditionnent soit la sécheresse, soit l'humidification du milieu.

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés aux principaux facteurs, indispensables pour l'établissement du bilan hydrique, tels que, les précipitations, la température et l'évapotranspiration potentielle et réelle. Ces paramètres seront calculés avec différentes méthodes empiriques (ETR, ETP, R) et des mesures sur terrain (P, T°). Une attention particulière sera donnée au régime climatique selon différents méthodes pour placer la région étudiée dans son contexte climatique. Notre étude est basée sur des données recueillies au niveau de la station d'EL MALBIOD . Cette dernière présente les coordonnées suivantes :

Station	Code( ANRH)	Coordonnées		Altitude	Appareil de Mesure utilisé	Date de mise en service
		X	Y			
El malbiod	06_28_02	997.620	225.150	1030	Pluviomètre Pluviographe	01_01_1974

## II. Etude des paramètres climatique

### II.1 La température

C'est un facteur très important réagissant sur le phénomène de l'évapotranspiration et sur le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

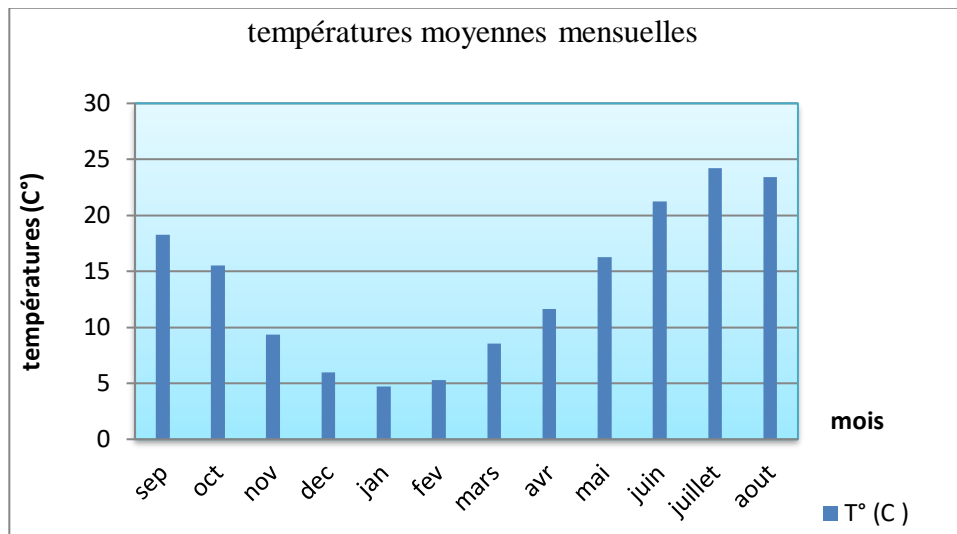
Les températures n'ont jamais fait l'objet de mesure. La région d'étude ne possède pas de stations. La plus proche est celle de Tébessa, située à 809m d'altitude au Sud de la ville, qui a servi de référence.

**II.1.1 Température moyen mensuelle :**

le tableau ci-dessous donne les températures moyennes mensuelles pour une période de 10 ans (2007/2008-2016/2017).

**TAB N° 01 : les températures moyennes mensuelles à la station d'EL MALBIOD (2007-2017)**

mois	sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aou
<b>T<sub>moy</sub> mensuelles</b>	18.29	15.5	9.35	5.95	4.72	5.2	8.54	11.63	16.26	21.23	24.19	23.42



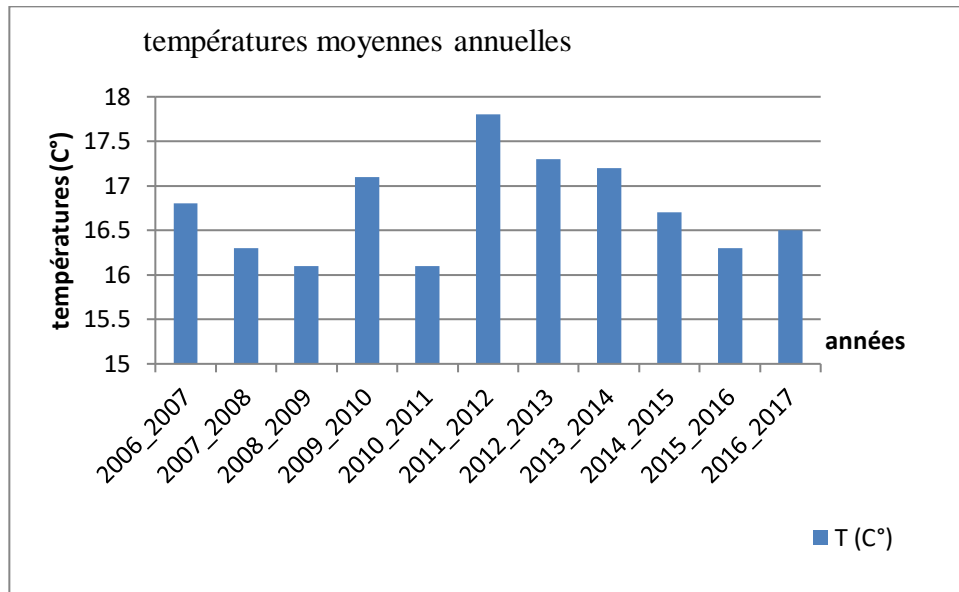
**Fig. N° 09 : Variation des températures mensuelles, période de 10 ans (2007\_2017)**

D'après le tableau des températures et l'histogramme on constate que le mois de janvier est le mois le plus froid de l'année tan disque les mois les plus chaud sont juillet et août.

**II.1.2 Répartition des Températures annuelles**

**Tab N°02 températures moyennes annuelles (2007\_2017)**

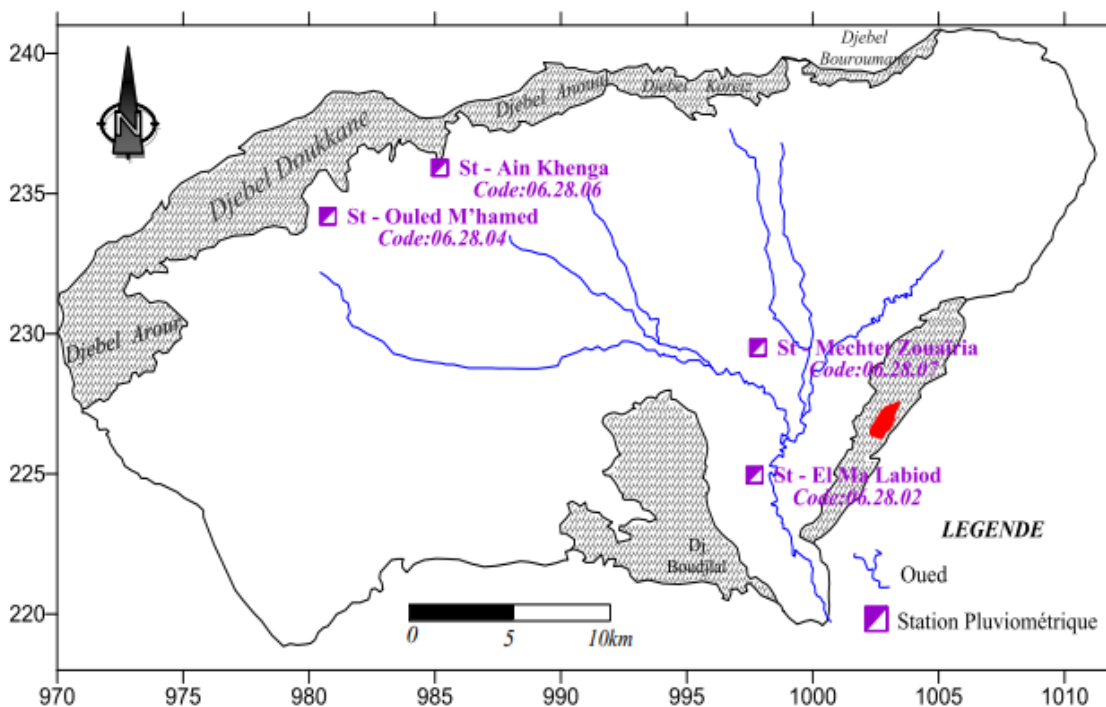
Année	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
<b>T°</b>	16.8	16.3	16.1	17.1	16.1	17.8	17.3	17.2	16.7	16.3	16.5



**Fig. N° 10 : Variation des températures inter annuelles.**

A travers la variation des températures durant la période d’observation (2007-2017) on peut remarquer que l’année la plus chaude est l’année 2011-2012 alors que les moins chaude sont les années (2008-2009 ; 2010-2011), la figure N°10 schématise cette variabilité.

## II.2 Pluviométrie :



**Fig. N° 11 : Station pluviométriques et leurs codes/Bassin d’El Ma El Abiod (Rouabhia. A 2006)**

L’étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydroclimatologie, car elle permet de décrire le régime d’écoulement. En outre, leur contrôle et leur enregistrement est indispensable pour

toute tentative d'estimation de lames d'eau encaissées, à l'échelle de l'impluvium, et en déduire par la suite les diverses franges ; écoulement superficiel et souterrain, infiltrations...etc.

Sur notre bassin, ces dernières sont caractérisées par une irrégularité et une variabilité saisonnières et annuelles, typiques des régions semi arides.

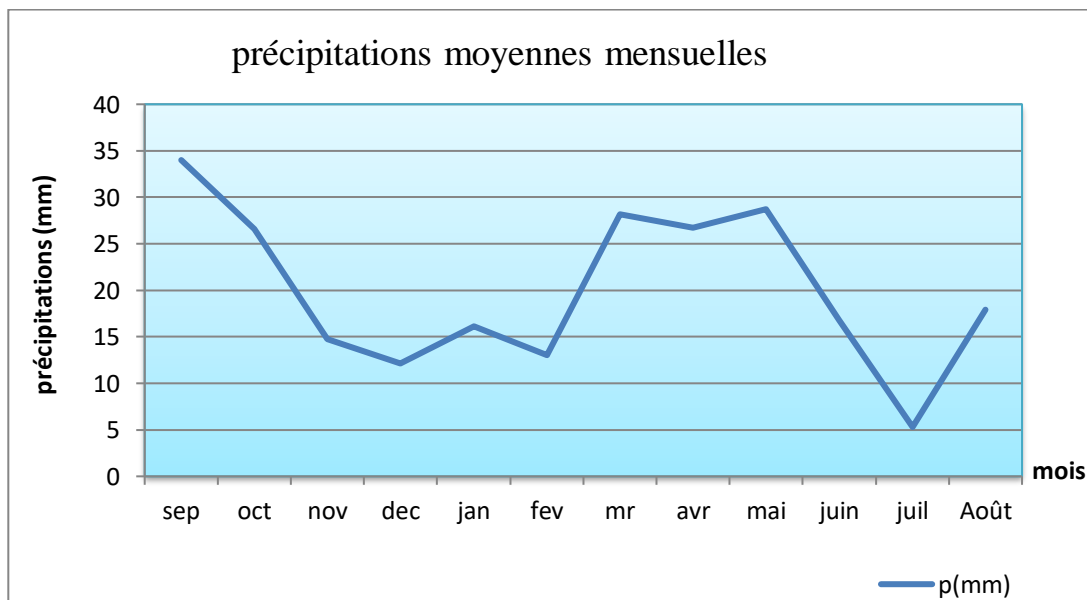
Précipitations moyennes mensuelles :

L'observation graphique (figure N°12) représente la répartition des précipitations moyennes mensuelles de la station d'EL MALBIOD comme suit :

Une période regroupant les mois novembre, décembre, janvier, février, juin, juillet, août, où les précipitations moyennes mensuelles ne dépassant pas 17.89 mm avec un minimum de 5.3mm en juillet et une seconde période pluvieuse qui s'étale sur les mois de septembre, octobre, mars, avril, mai, où les hauteurs moyennes mensuelles ne dépassent pas 34 mm avec un minimum 26.61 mm en octobre.

**Tab N°03 : Moyenne des précipitations mensuelles sur une période de 10 ans (2007/2017)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
<b>P mensuelles (mm)</b>	34	26.61	14.73	12.16	16.41	13.04	28.16	26.78	28.72	16.81	5.3	17.89



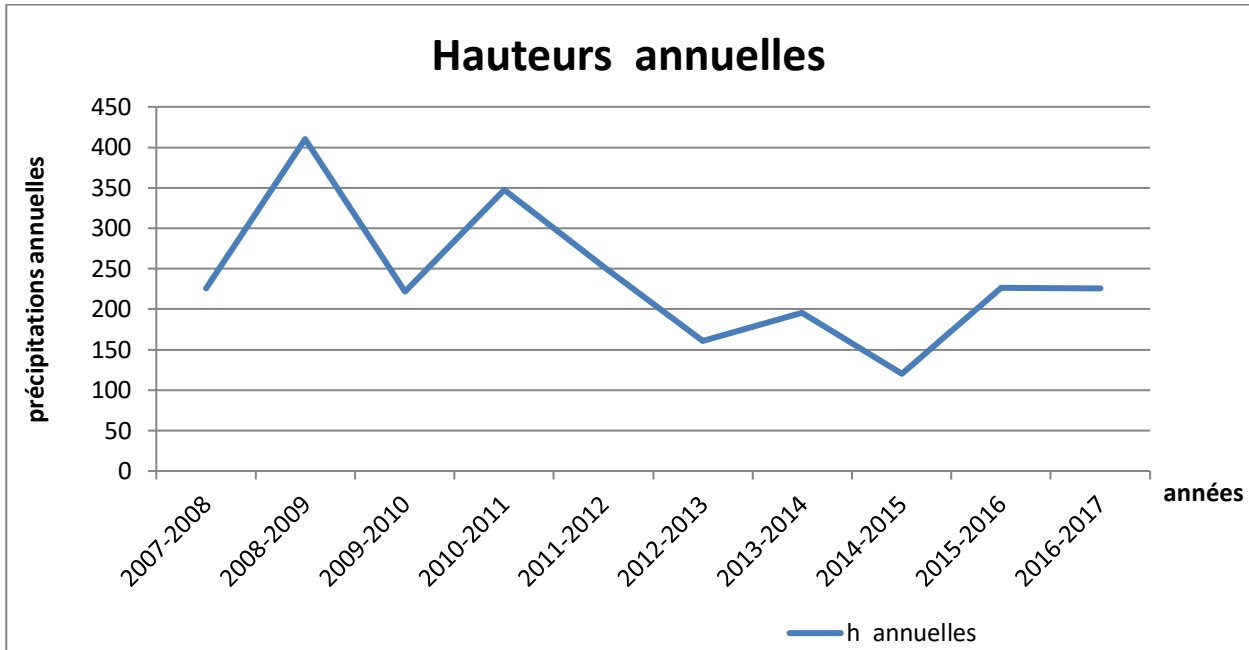
*Fig. N° 12 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations (2007-2017).*

### **II.1.2 Précipitation moyennes annuelles :**

Les précipitation annuelles sont plus au moins marquées d'une année à l'autre, l'année 2014-2015 est la plus sèche avec 120.1 mm, alors que l'année 2008-2009 est la plus arrosée avec 410.13 mm pour la station d'EL MA LBIOD, le tableau( N°03 )et la figure (N°12) montre cette répartition.

**Tab N°04 : Les Hauteurs annuelles sur une période de 10ans (2007\2017)**

Années	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
<b>Hauteurs annuels (mm)</b>	225.93	410.13	221.9	347.3	252.8	160.8	195.9	120.1	226.02	225.3



**Fig N°13 : Les Hauteurs annuelles sur période de 10 ans (2007-2017) à la station d'EL MALBIOD**

### III Détermination des indices climatiques

#### III.1 Diagramme pluviométrique :

Selon F. Bagnouls et Goussen, un mois sec est celui dont le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ( $P \leq 2T$ ).



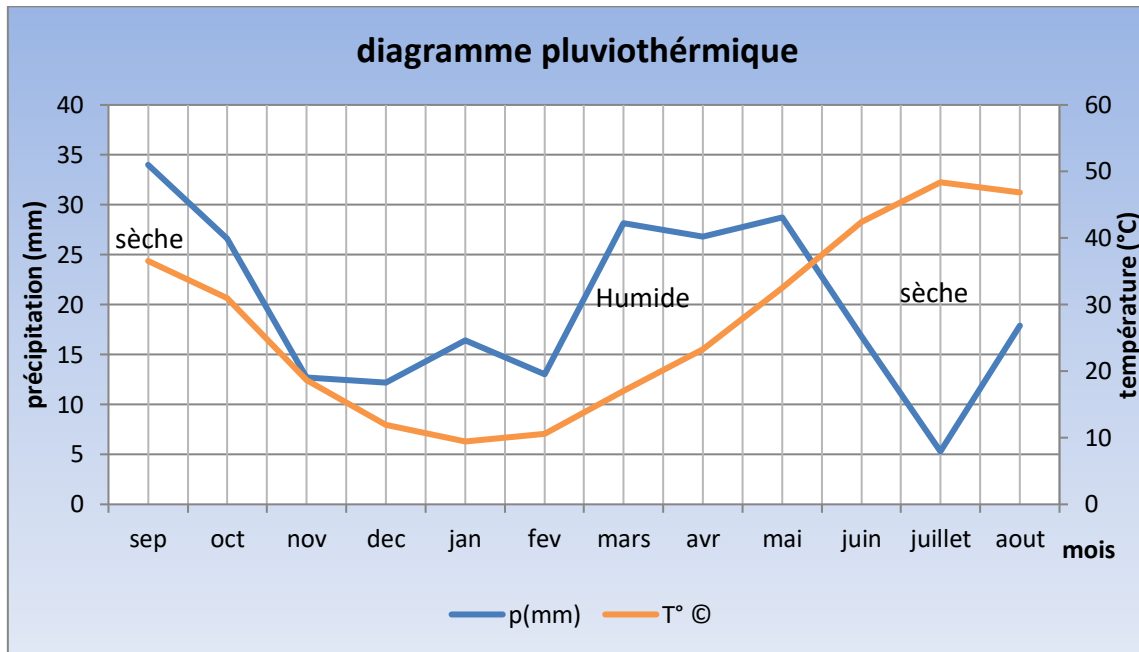


Fig. N° 14: Diagrammes pluviométriques (2007/2017) / Bassin D'EL MALABIOD.

### III.2 Coefficient de pluviométrie relatif :

Ce coefficient permet de déterminer pour une station donnée si l'année est excédentaire ou déficitaire. Il est défini par le rapport de la pluviométrie P d'une année sur la pluviométrie moyenne pour une période de 10 ans.

$$H = \frac{P}{P_{moy}}$$

P= Hauteur annuelle de pluie de l'année considérée, en (mm) .

P<sub>moy</sub> : Pluviométrie moyenne en (mm).

H : Coefficient pluviométrique ou coefficient d'hydraulicité.

L'année est excédentaire lorsque H est supérieur à l'unité (H>1) et déficitaire quand H est inférieur à 1 (H<1) comme le montre le tableau suivant :

Tab N°05 : les années excédentaires et les années déficitaires par rapport le Coefficient pluviométrique.

Années	H=P/P <sub>moy</sub>	Observation
2007-2008	0.94	Année déficitaire
2008-2009	1.71	Année excédentaire
2009-2010	0.93	Année déficitaire
2010-2011	1.45	Année excédentaire

<b>2011-2012</b>	1.06	Année excédentaire
<b>2012-2013</b>	0.67	Année déficitaire
<b>2013-2014</b>	0.82	Année déficitaire
<b>2014-2015</b>	0.5	Année déficitaire
<b>2015-2016</b>	0.95	Année déficitaire
<b>2016-2017</b>	0.94	Année déficitaire

### III.3 L'indice d'aridité de E. DE Martone

En 1925 DE Martone a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité. Cet indice est fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude. Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I = \frac{P}{T+10} \text{ avec :}$$

P= Précipitation annuelle moyenne (mm).

T = Température annuelle moyenne (°C).

Les valeurs de l'indice permettent déterminer le climat selon le classement suivant:

- $I < 5$  Le climat est hyperaride.
- $5 < I < 7,5$  Il est désertique.
- $7,5 < I < 10$  On parle de climat steppique.
- $10 < I < 20$  Il est semi-aride.
- $20 < I < 30$  Le climat est tempéré.

**Tab N°06: Indice d'aridité de E. DE Martone et type de climat.**

Station		Précipitation (mm)	Température (C°)	Indice d'aridité	Observation
<b>EL</b>	<b>Ma</b>	<b>El</b> 238,618	13.53	10.13	Climat semi-aride
<b>Abiod</b>					

### III.3.1L'indice d'aridité mensuel

La formule admettant la détermination de cet indice est établie en fonction des températures et des précipitations, seulement ces dernières sont prises comme des moyennes mensuelles. Avec :

$$I = \frac{12P}{T+10}$$

P : Moyenne mensuelle des précipitations (mm).

T : Moyenne mensuelle des températures (°C).

*Tab N°07 : Indice d'aridité mensuel/Bassin d'El Ma Labiod.*

Mois	Précipitation	Température	Indice d'aridité
Sep	34	18.29	14.42
Oct	26.61	15.5	12.52
Nov	14.73	9.35	9.13
Des	12.16	5.95	9.14
Jan	16.41	4.72	13.38
Fev	13.04	5.28	10.24
Mars	28.16	8.54	18.27
Avr	26.78	11.63	14.86
Mai	28.72	16.26	13.13
Juin	16.81	21.23	6.46
Juil	5.3	24.19	1.86
août	17.89	23.42	6.42

### III.4 Type de climat

La région d'étude est soumise à un climat, continental, semi-aride caractérisé par deux saisons distinctes, l'une humide marquée par une moyenne pluviosité allant de décembre jusqu'en avril et par des faibles températures atteignant leur maximum au mois de juillet et août.

### III.5 Le régime des vents :

C'est un paramètre dont l'influence sur certains phénomènes est tant ressentie, on cite entre autres, l'évapotranspiration, les précipitations, et à un degré moindre, les températures. D'après les services météorologiques de la station de Tébessa, les directions NW et SW sont les plus dominantes, avec une vitesse qui peut dépasser les 60km/h (un max de 70km/h et min de 34km/h). Les effets du sirocco sont possibles en toute époque, mais c'est en saisons estivales qu'ils sont plus fréquents, où ils peuvent provoquer des hausses brusques de températures ; ce qui initie une accentuation des assèchements (pouvoir évaporant et érosion éolienne, avec 40km/h de vitesse). La région est aussi sujette à un passage régulier de vents de sables, de quelques kilomètres d'envergures, de direction

prépondérante WNW-ESE, et ceux qui leur sont similaires au Sud, peuvent durer jusqu'à environ une vingtaine de jours durant l'année.

### III.6 L'HUMIDITE RELATIF :

C'est le rapport de la tension de vapeur réelle « e » à la tension de vapeur saturante « es » à la même température, exprimé en pourcentage (%).

Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. L'humidité relative est à l'origine de toutes précipitations en outre, elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau.

Comme on a déjà signalé avant que notre région d'étude appartienne à l'étage climatique semi-aride , le mois de janvier étant le mois humide .

### III.7 LE VENT

C'est un paramètre dont l'influence sur certains phénomènes est tant ressentie, on cite entre autres, l'évapotranspiration, les précipitations, et à un degré moindre, les températures. D'après les services météorologiques de la station de Tébessa, les directions NW et SW sont les plus dominantes, avec une vitesse qui peut dépasser les 60km/h (un max de 70km/h et min de 34km/h). Les effets du sirocco sont possibles en toute époque, mais c'est en saisons estivales qu'ils sont plus fréquents, où ils peuvent provoquer des hausses brusques de températures ; ce qui initie une accentuation des assèchements (pouvoir évaporant et érosion éolienne, avec 40km/h de vitesse). La région est aussi sujette à un passage régulier de vents de sables, de quelques kilomètres d'envergures, de direction prépondérante WNW-ESE, et ceux qui leur sont similaires au Sud, peuvent durer jusqu'à environ une vingtaine de jours durant l'année.

## IV Bilan hydrique :

Il traduit la suite des différentes phases du phénomène météorologique aqueux (pluie, neige, grêle) atteignant le sol, avant de rebrousser chemin vers l'atmosphère. L'estimation du bilan hydrologique naturel peut se faire par l'application de la formule suivante (G. Castany 1 982)

$P = ETR + R + I$  (mm) où :

P : Précipitations annuelles (mm), R : Ruissellement (mm),

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle (mm). I : Infiltration (mm).

### IV.1 Étude de l'Évapotranspiration

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur. L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette

dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. L'interdépendance des facteurs dont elle est fonction (l'humidité, la température, l'insolation et le couvert végétale) rend son estimation laborieuse.

#### IV.1.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

##### Formule de C.W. Thornthwaite :

Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de la température moyenne mensuelle et de l'indice thermique l'évapotranspiration non corrigée est donnée par l'expression suivante :

$$ETP (mm) = 16 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a \quad \text{Où } I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{et } i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

L'exposant (a) est donné par l'expression de Serra, après simplification de la longue formule de Thornthwaite :

$$a = \frac{1,6}{100} \cdot I + 0,5$$

ETP : Évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm), i : Indice thermique mensuel.

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré (C°), I: Indice thermique annuel.

Elle tient compte des températures moyennes mensuelles et de l'indice thermique.

Les valeurs obtenues sont corrigées par un coefficient de correction k qui dépend de la latitude du bassin, selon l'expression suivante :

$$ETP = 16 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a \cdot k (mm) \quad \text{avec :}$$

K : Coefficient de correction (ou d'ajustement mensuel).

**Tab N°08 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod.**

Mois	S	O	N	D	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juiel	Août	Total
<b>I</b>	7.12	5.54	2.54	1.30	0.91	1.09	2.24	3.58	5.96	9.18	10.87	10.35	60.68
<b>ETP<sub>nc</sub></b>	81	63.5	30.2	15.54	11	13.04	26.44	41.6	68.1	103.6	122.1	116.5	
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP<sub>c</sub></b>	83.43	61.6	26	12.6	9.62	11.08	27.23	45.8	82.4	126.4	151.4	135.1	772.8

On obtient une valeur totale de l'ETP de l'ordre de 772.8mm/an.

**Tab N°09: ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod Pour l'année (2008/2009).**

Mois	S	O	N	D	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Tot
<b>T</b>	20.89	16.5	10.35	6.95	5.72	6.98	9.54	12.63	17.66	22.63	25.69	24.92	
<b>I</b>	8.71	6.09	3	1.64	1.22	1.65	2.65	4.06	6.75	9.83	11.91	11.37	68.88
<b>ETP<sub>nc</sub></b>	94.42	64.73	30.69	16.23	11.9	16.34	26.94	42.21	99.02	107.3	131.4	125.2	
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP<sub>c</sub></b>	97.28	62.8	26.39	13.14	10.35	13.9	27.75	46.43	119.82	131	163	145.2	857.03

**IV .1.2 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :**

C'est une fraction de l'ETP qui dépend de l'état du stock en eau du sol. Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'évapotranspiration potentielle, si elles sont supérieures ou égales au stock d'eau de la réserve facilement utilisable.

En cas d'insuffisance, elles sont limitées à une quantité plus faible, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle (G. Castany). Son évaluation se fera par l'application de l'une des formules, soit de L. Turc ou celle de G. W. Thornthwaite

**IV.1.2.a .Formule de L. Turc :**

Cette expression permet de déterminer directement l'ETR annuelle d'un bassin versant à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$ETP = \frac{p}{\sqrt{0.9 + \frac{p^2}{L}}} \text{ (mm)} \quad \text{avec :}$$

P : Précipitation moyenne annuelle (m).

L : Facteur qui tient compte des échanges de chaleur ( $L = 0.5T^3 + 25T + 300$ ).

T : Température moyenne annuelle (°C).

**Tab N°10 : ETR selon la méthode de L. Turc.**

Station	Précipitatio (mm)	Température (°C)	L	ETR
<b>EL MA LBIOD</b>	238.618	13.73	772.66	239.17

**IV.1.2.b Bilan hydrique par la méthode de G. W. Thornthwaite :**

Pour estimer le bilan hydrique il faut suivre les conditions suivantes :

\* Si  $P > ETP$ , alors :  $ETR = ETP$

Il reste un excédent ( $P - ETP$ ) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (26mm), et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

*Tab N°11 Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour période de 10 ans (2007/2017)*

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
<b>Paramètre</b>													
<b>P(mm)</b>	34	26,61	14,73	12,16	16,41	13,04	28,16	26,78	28,72	16,81	5,3	17,89	240,61
<b>ETP(mm)</b>	83,43	61,6	26	12,6	9,62	11,08	27,23	45,8	82,4	126,4	151,4	135,1	772,66
<b>P-ETP</b>	- 49,43	-34,99	- 11,27	-0,44	6,79	1,96	0,93	-19,02	- 53,68	-109,6	-146,1	-117,2	
<b>RFU (mm)</b>	00	00	00	00	6,79	8,75	9,68	00	00	00	00	00	
<b>ETR(mm)</b>	34	26,61	14,73	12,16	9,62	11,08	27,23	36,46	28,72	16,81	5,3	17,89	240,7
<b>EX(mm)</b>	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
<b>DA(mm)</b>	49,43	34,99	11,27	0,44	00	00	00	9,2	53,68	109,6	146,1	117,21	532

\* Si  $P < ETP$ , la valeur de  $ETR = P + RFU$ , jusqu'à égalisation avec ETP.

**Pour vérification :**

$$p = ETR + EX \longrightarrow 240,61 = 240,7 + 00$$

$$DA = ETP - P \longrightarrow 532,05 = 772,66 - 240,61$$

**Tab N°12 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour l'année (2008/2009)**

Mois	S	O	N	D	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUIN	JU	Aou	TOT
<b>Paramètres</b>													
<b>T</b>	20,89	16.5	10.35	9.65	5.72	6.98	9.54	12.63	17.66	22.63	25.69	24.92	
<b>i</b>	8.71	6.09	3	1.64	1.22	1.65	2.65	4.06	6.75	9.85	11.91	11.37	68.88
<b>k</b>	1,03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>P</b>	60,3	44.1	11.6	26.4	57.8	6.33	31.8	118	10.1	12.5	0	31.2	410.13
<b>ETP<sub>c</sub></b>	97.25	62.8	26.39	13.14	10.35	13.9	27.75	46.43	119.82	131	163	145.2	857.03
<b>ETR</b>	60.3	44.1	11.6	13.14	10.35	13.9	27.75	46.43	39.1	12.5	0	31.2	310.37
<b>RFU</b>	0	0	0	13.26	29	21.43	25.48	29	0	0	0	0	49.79
<b>EXC</b>	0	0	0	0	31.71	0	0	68.05	0	0	0	0	99.76
<b>DA</b>	23.13	17.5	14.4	0	0	7.57	0	0	87.96	118.5	163	114	567.82
<b>Ecou</b>	1.12	0.56	0.28	0.15	15.85	7.92	3.96	36	18	9	4.5	2.25	99.60

#### **IV.2 Commentaire sur le bilan hydrique**

##### **Le bilan hydrique durant une période de 10 ans (2007-2017) :**

Le bilan hydrique moyen (2008-2017) est généralement déficitaire et nous a permis tirer les remarques suivantes :

- La RFU n'est remarquée que pendant les mois janvier, février, mars
- Les précipitations reprennent de manière relativement conséquente à partir du mois de

Mars, avril et mai, malheureusement, l'ETP augmente à la même période, donnant ainsi le déficit.

Le résultat de ce bilan ne peut que confirmer le caractère climatique de cette région, à savoir le type semi-aride, avec une pluviométrie n'excédant pas les 300 mm.



**Le bilan hydrique durant l'année excédentaire (2008/2009) :**

- L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet 163 (mm) avec un total annuel de 857.03 (mm).
- Le déficit agricole commence en mois d'Avril et s'étend au mois de Novembre, avec une valeur maximale au mois de juillet de 163 (mm) et une valeur minimale au mois de Février.
- La recharge du stock (RFU) commence à partir du mois de Décembre jusqu'au mois d'Avril.
- Il y a un excédent au mois de Janvier et Avril.

**V Le ruissellement**

Le ruissellement correspondant à la part des précipitations qui s'écoule directement sur le sol lors des précipitations. Il peut donc être connu d'une façon générale par analyse de l'hydrogramme d'un cours d'eau ou à l'aide des méthodes empiriques qui donnent une valeur approchée (Tab..). Parmi les méthodes empiriques on peut citer celle de Tixeront et Berkaloff. Ces auteurs ont établi une formule qui permet d'étudier le ruissellement moyen annuel ;cette dernière ne tient pas compte de la nature lithologique des terrains et l'influence de la perméabilité sur le ruissellement, elle reste toujours discutable. Elle s'écrit de la manière suivante :

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \quad \text{Si } P < 600\text{mm}$$

R : Ruissellement (m).

P : Précipitation moyenne mensuelle (m).

ETP : Évaporation potentielle (m).

**Tab N°13 . Ruissellement selon la méthode de Tixeront-Berkaloff**

Paramètres	Précipitation (mm)	ETP(mm)	R (mm)
Station d'EL MALBIOD	238,618	772.8	7.58

**VI L'infiltration**

On est appelé de faire recours à l'équation générale du bilan :

$$P = ETR + R + I \text{ D'où } I = P - ETR - R \quad \text{Avec :}$$

I : Infiltration efficace moyenne annuelle (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle (mm).

R : Ruissellement annuel (mm).

Et comme le bilan moyen des 10 ans est déficitaire donc en l'occurrence l'évapotranspiration est plus favorisée que l'infiltration. Par conséquent on calcule l'infiltration pour l'année excédentaire 2008/2009.

On obtient :

**Tab N° 14 : Infiltration efficace moyenne annuelle ( 2008/2009)**

Paramètres	Précipitation (mm)	ETP(mm)	R (mm)	I (mm)
Station d'el ma labiod	410.13	310.37	7.58	92.18

## CONCLUSION :

La plaine d'El MALABIOD possède un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et peu pluvieux, et un été chaud et sec, influencé par des facteurs géographiques (éloignement de la mer, altitude et orientation des reliefs).

Ce chapitre a fait l'objet d'une analyse des divers facteurs climatologiques, les mesures présentent la période (2007/2017), L'examen des précipitations moyennes dans la région d'étude sont de l'ordre 238.218mm/an. Et la température moyenne qui y règne est de 13.73°C.

Le bilan d'eau dans son ensemble est déficitaire ; L'évapotranspiration réelle calculée est de l'ordre de 239.17 mm/an, mobilisant 100% de la précipitation moyenne. Le ruissellement ne représente que 6mm des précipitations, avec une infiltration insignifiante.

Le bassin d'El MALABIOD est soumis à une longue période de sécheresse (7 mois), Ceci laisse penser que l'alimentation de la nappe ne se fait pas exclusivement à l'aide de l'infiltration efficace, mais aussi sur les calcaires fissurés qui bordent la nappe.

*Chapitre IV*  
*HydroClimatologie*

## A . GÉOMETRIQUE DE L'AQUIFÈRE

### I Introduction

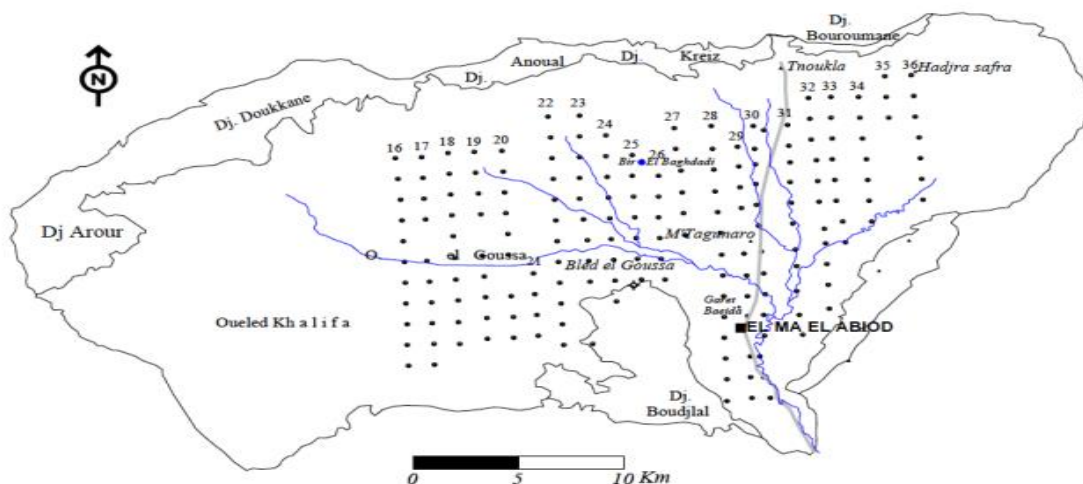
Pour ce faire, une mission d'étude géophysique, par prospection électrique, en partenariat avec les services de la société Transakta-Géometal, a été lancée en 1970, au cours de laquelle ils ont entrepris 315 mesures de sondage électrique en  $AB = 2\ 000m$ , pour un rayon d'investigation de 700m, et 120 mesures de sondage électrique en  $AB = 6\ 000m$ , pour un autre allant jusqu'à 2 000m, et ce, sur une superficie de 420Km<sup>2</sup>.

Sur la base des résultats de mesures paramétriques en comparaison avec les coupes stratigraphiques des forages situés dans le même périmètre, les plages concernant les différentes formations ont été déterminées :

Alluvions, et formations quaternaires : 20 à 150  $\Omega m$ .

- Argiles : 2 à 15  $\Omega m$ .
- Argiles sableuses : 20 à 60  $\Omega m$ .
- Sables et graviers : 50 à 250  $\Omega m$ .
- Grès ou calcaires : plus de 200  $\Omega m$ .

### II Quelques profils géo-électriques :



**Fig. N° 15 : Carte de position des sondages électriques (in ROUABHIA Aek 2006)**

C'est selon la disposition des profils géophysiques et un alignement meilleur des forages existants, qu'il était possible de réaliser d'avantage de coupes.

## II.2 Coupe transversale I (Nord-Sud)

Traversée par les forages M7, M5, M4, M15 la coupe est représentée par quatre horizons pratiquement homogènes, de résistivités variables, sauf le dernier horizon. De par sa faible résistivité (3 à 7Ωm), il constitue un substratum conducteur, au contraire des horizons supérieurs qui sont résistants.

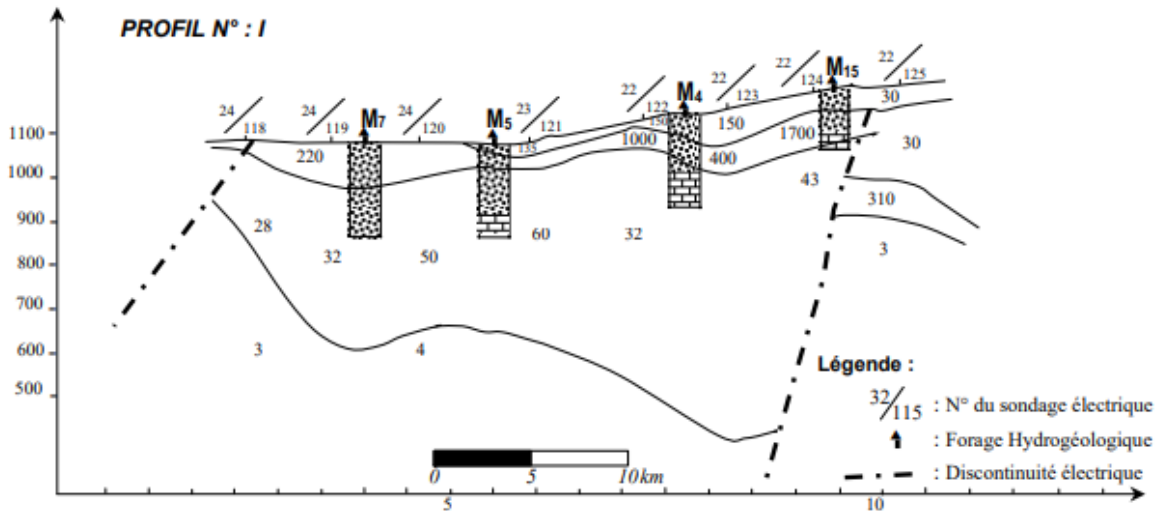


Fig.

N°16 Coupe géo-électrique transversale I. passant par les forages M7, M5, M4, et M15. (In Rouabhia et Guefaifia 1996)

- a- **Le premier horizon** d'une puissance maximale de 85m n'est pas continu au long du profil. Sa résistivité varie de 90Ωm à 150Ωm. Cette variation s'explique par l'hétérogénéité dans la composante de la couche géologique. La lecture des logs stratigraphiques fait ressortir la variation de ces différents faciès géologiques, où on a une alternance de couches argileuses, de sables gros à fins avec graviers et argiles sableuses. La variation des épaisseurs de ces couches fait augmenter ou diminuer la résistivité de cet horizon, ce qui explique les résultats enregistrés par la prospection électrique.
- b- **Le deuxième horizon**, continu le long du profil, est représenté par des résistivités allant de 220Ωm pour atteindre 1700Ωm, son épaisseur varie de 35m à 120m. La corrélation stratigraphique des forages avec les résistivités obtenues, exprime bien les résultats enregistrés. La formation rencontrée dans ce cas précis est représentée par des grès consolidés.
- c- **Troisième horizon** résistant, une diminution de la résistivité est observée, due à la variation lithologique des couches. En effet, on note la présence de deux formations géologiques distinctes ; il s'agit des argiles sableuses du Miocène et des calcaires marneux du Maestrichtien. Les résistivités obtenues corrélées à la stratigraphie des forages sont analogues, le tableau suivant schématise cette similitude :

Tab N°15 : Lithologie et résistivités des forages M4 et M5

(source ANRH)

Forage	Profondeur	Lithologie	Résistivité
M <sub>4</sub>	0 – 87m	argiles et argiles sableuses sables	0 – 50 m : $\rho = 150 \Omega\text{m}$
	87 – 150 m	argileux avec passées argileuses	50 –100 m : $\rho = 400 \Omega\text{m}$
	150 –164 m	sables moyen	>100 m : $\rho = 32 \Omega\text{m}$
M <sub>5</sub>	0 – 29 m	alternance d'argile et de grès sables	0 –25 m : $\rho = 135 \Omega\text{m}$
	29 – 61 m	argileux et grès alternance d'argile	25 – 65 m : $\rho = 330 \Omega\text{m}$
	51 – 156 m	et de sable	> 65 m : $\rho = 60 \Omega\text{m}$

### II.3 Coupe transversale II. (Nord-Sud)

La coupe est traversée par trois forages M10, M9, M6, qui fait apparaître aussi trois horizons discontinus et hétérogènes

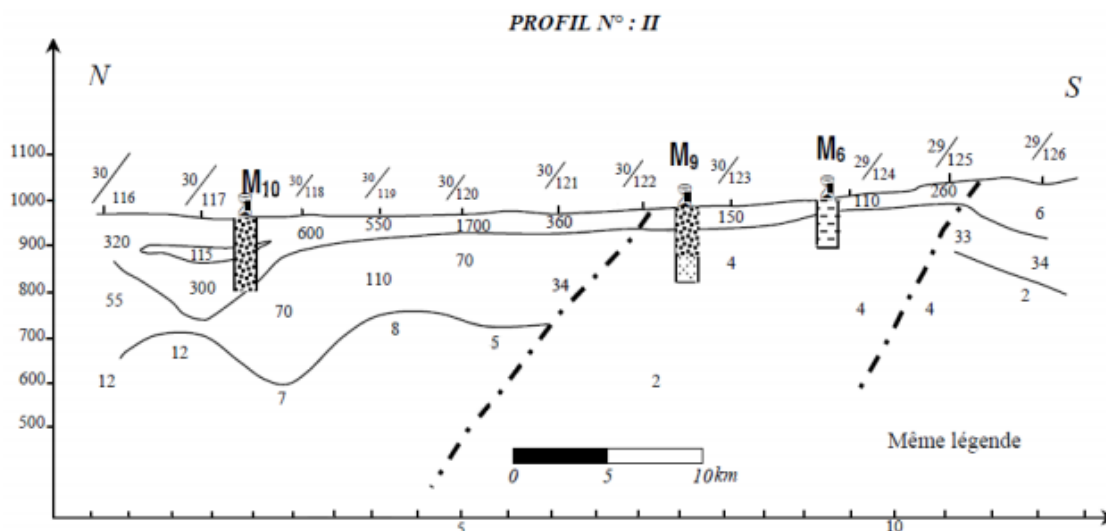


Fig.

N°17 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° II traversant les forages ; M10, M9, et M6. (In O. Guefaïfia 1996 et Roubhia ABK)

- a- **Le premier horizon** est composé par une formation résistante dont la résistivité varie de 110 à 600 $\Omega\text{m}$  avec une épaisseur assez régulière sur tout le long du profil, égale à 85m. Cependant, au niveau du flanc Nord, le profil a tendance à se transformer en une structure bombée (allure synclinale) avec une épaisseur de 175m.
- b- **Le deuxième horizon**, résistant, est continu sur tout le long du profil. Il disparaît en plein milieu de la zone étudiée et sur son flanc sud. Il est remplacé par un horizon conducteur, dont les résistivités vont de 50 à 110 $\Omega\text{m}$  et une épaisseur de 200m.

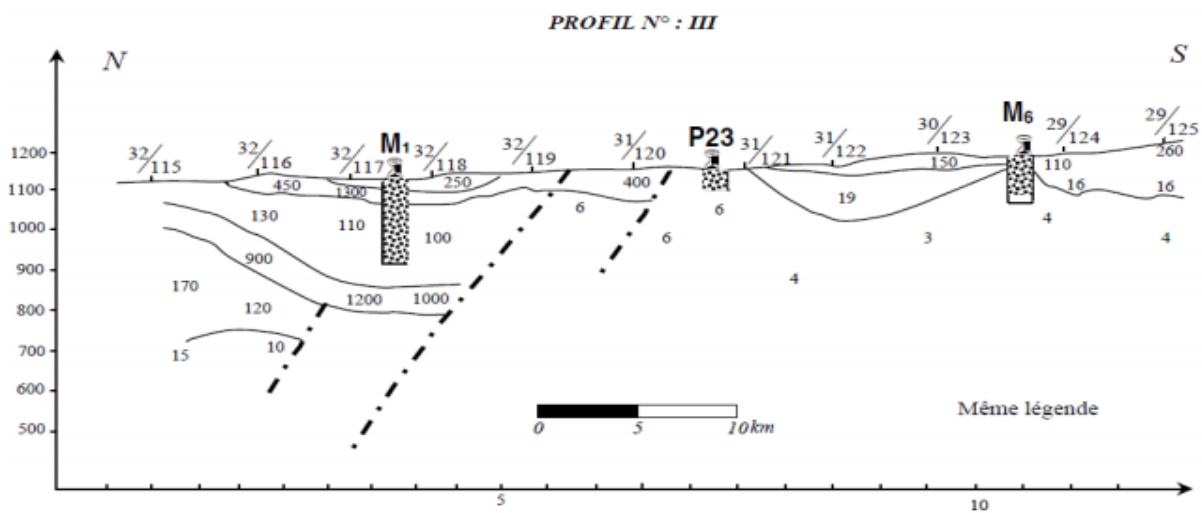
c- **Le troisième horizon**, conducteur, constitue le mur de ces formations géologiques. Il est représenté par des résistivités qui varient de 2 à 16Ωm. Ce profil est également marqué par deux discontinuités électriques mettant en relief la présence de deux failles.

**TAB N°16 : Lithologie et résistivités des forages M6, M9 et M10 (source ANRH )**

Forage	Lithologie	Résistivité
<b>M<sub>6</sub></b>	0 – 16m : gravier, calcaire argileux 16- 20m : argile et graviers	0 – 20m : R= 110Ωm >20m : R= 160Ωm
<b>M<sub>9</sub></b>	0 – 5m : Argiles 05 – 45m : Argile, sables argileux	00-55m : R= 140Ωm >55m :R= 60Ωm
<b>M<sub>10</sub></b>	0 0 – 152m : Grès avec variation de faciès dépendant de la grosseur des graviers et une faible présence d’argiles.	00-150m : R= 140Ωm 150 - 350m : :R= 70Ωm

### II.3 Coupe transversale III. (Nord-Sud)

Cette coupe révèle des caractéristiques similaire que la coupe II, elle est traversée par les forages M1, P23, M6. La corrélation entre la lithologie et les mesures géophysique est présentée dans le N°16 .



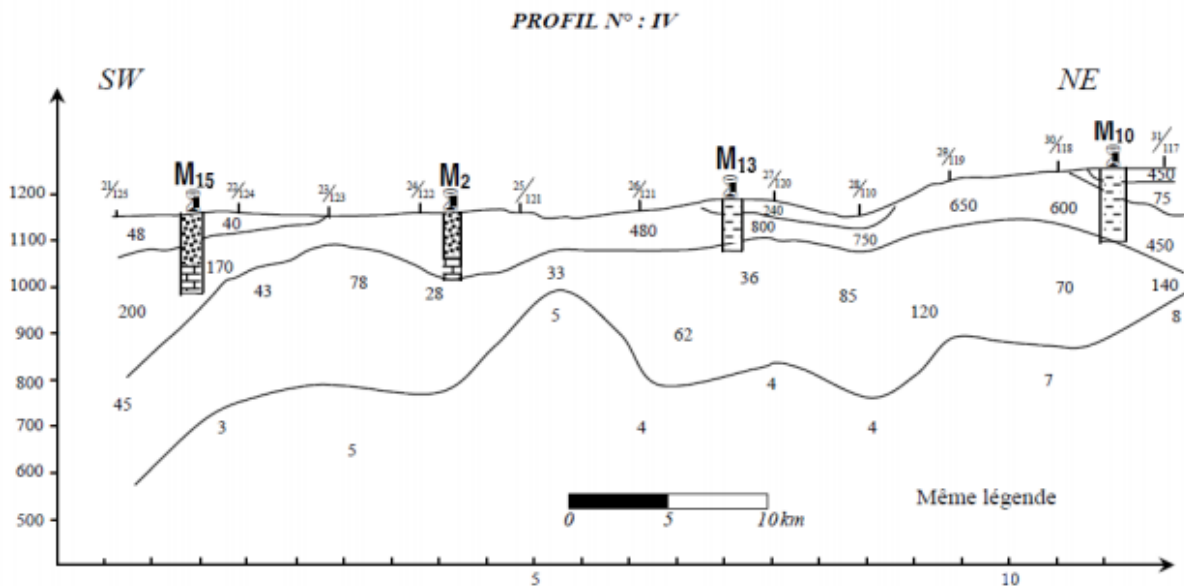
**N° 18 :Profil géo-électrique transversal (N/S) N° III traversant les forages ; M1, M6 et le puits P23. (In Magister O. Guefaifia 1996)**

**Tab N°17 Lithologie et résistivités des forages M1, P23 et M6** (source ANRH)

Forage	Profondeur	Lithologie	Résistivité
M <sub>1</sub>	0 – 125 m	sables argileux, les grains son	0 – 55 m : $\rho = 250$ à $1500\Omega m$
	125 – 200 m	t plus fins au niveau du toit	55 – 285 m : $\rho = 100\Omega m$
		. marnes grises	285 – 325 m : $\rho = 1000\Omega m$ > 325 m : $\rho = 10\Omega m$
P <sub>23</sub>	0 – 7 m	Argiles sableuses Sable à grains	0 – 40 m : $\rho = 19 - 60\Omega m$
	7 – 41 m	moyen	> 40 m : $\rho = 6\Omega m$
M <sub>6</sub>	0 – 16 m	Gravier, calcaire argileux	0 – 20 m : $\rho = 110\Omega m$
	16 – 20 m	graviers argiles et graviers	> 20 m : $\rho = 16\Omega m$

**II.4 Coupe transversale IV. (sud-ouest - nord-est) :**

Quatre forages (M15, M2, M13, M10) traversent le profil, qui apparaît composé de trois horizons bien distincts, deux parmi eux sont résistants et l'autre bien évidemment conducteur (Fig. N°19)



**Fig N°19 :Profil géo-électrique (SW/NE) N° IV traversant les forages M15, M2, M13 et M10.**(In Rouabhia et Guefaifia 1996)

**a – Le premier horizon** L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 170m aux flancs, et commence à se rétrécir tout en allant vers le centre. Les formations qui le composent donnent des valeurs de résistivité qui vont de 250 à 650 $\Omega m$ , au centre, et deviennent hétérogènes au flanc nord sur une plage de 75 à 1500 $\Omega m$



**b - Le deuxième horizon** Il est également résistant, est traversé par un seul forage (M13). Sa résistivité oscillant de 28Ωm à 120Ωm, l'importance de cette variation s'explique par l'hétérogénéité dans la composition lithologique de cet horizon. Son épaisseur est de l'ordre de 300m.

**c - Le troisième horizon** Il se comporte comme substratum, puisque les valeurs de résistivité qui y sont enregistrées sont variées de 3 et 10Ω.m, et c'est déjà un indice sur la conductivité de la couche qui le forme. Ainsi nous remarquons une disparition des discontinuités électriques, ce qui suppose que le bassin d'El MALBIOD est recoupé par deux failles longitudinales juste sur les limites Nord et Sud, la seconde remarque concerne l'inexistence de certaines couches apparentes sur les coupes transversales et l'homogénéité des formations existantes.

**Tab N°18 : Lithologie et résistivités des forages M12, M13 M2, M10 et M15 (Source ANRH)**

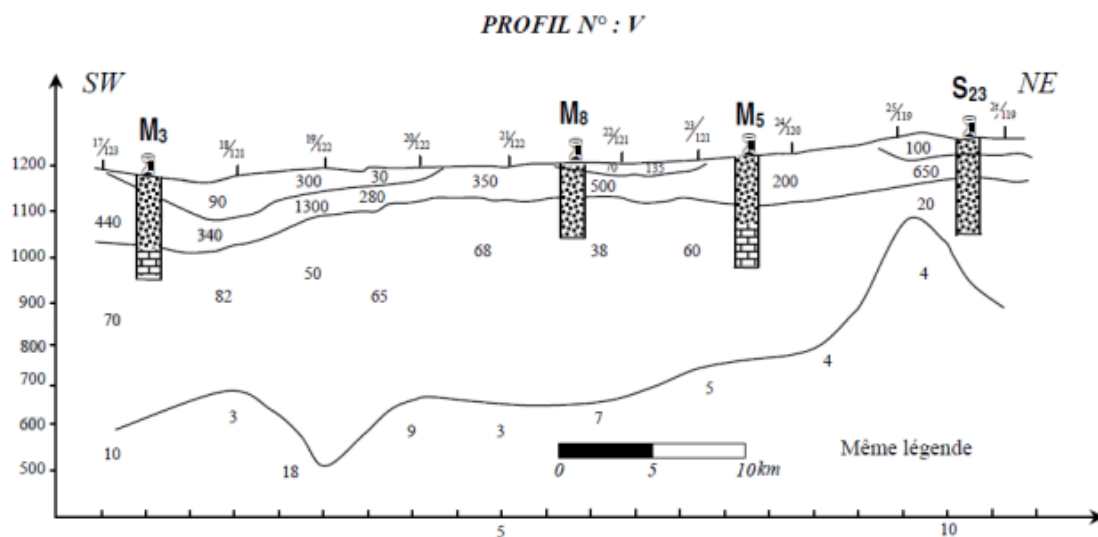
Forage	Profondeur	Lithologie	Résistivité
M <sub>13</sub>	0 – 30 m	sables fins et moyens grès argile	0 – 30m : ρ = 240 Ωm
	30 – 70 m	sableuse marnes grises	30 – 70m : ρ = 800 Ωm
	70 – 88 m		– 270m : ρ = 36 Ωm
	88 – 100 m		>270m : ρ = 40 Ωm
M <sub>2</sub>	0 – 77,5 m	Sable quartzeux avec parfois des passages Argileux marno-	0 – 120m : ρ = 200 Ωm
	77,5 – 110 m	calcaires et calcaire-marneux.	
M <sub>10</sub>	0 – 152 m	grès avec une variation de faciès, qui dépendent de la grosseur des graviers, et faible présence d'argile	0 – 30m : ρ = 400 Ωm 30 – 110m : ρ = 75 Ωm 110 – 260m : ρ = 450 Ωm
	0 – 16 m	argiles avec graviers marnes	0 – 70m : ρ = 90 Ωm
	16 – 25 m	bariolées sable gros à moyen	> 90m : ρ = 200 Ωm
M <sub>15</sub>	25 – 48 m	marnes verdâtres sables grossiers	
	48 – 55 m	calcaires blancs friables avec	
	55 – 70 m	parfois des passées marneuses	
	70 – 142 m		

## II.5 Profil longitudinal V (Sud-ouest Nord-est) :

Deux horizons résistants et un autre conducteur marquent aussi ce profil, Leurs résistivités et leurs épaisseurs varient comme suit :

- ◆ Le premier horizon :  $R = 90$  à  $1300\Omega\text{m}$  et  $H = 60$  à  $150\text{m}$ .
- ◆ Le deuxième horizon :  $R = 50$  à  $150\Omega\text{m}$  et  $H = 250$  à  $450\text{m}$ .
- ◆ Le troisième horizon :  $R = 3$  à  $10\Omega\text{m}$ , l'épaisseur est indéterminée.

La représentation en courbes isopaches des trois horizons aquifères précédemment définis; les sables ( $50\Omega\text{m} \leq \rho \leq 250\Omega\text{m}$ ), les grès aussi ( $\rho > 250\Omega\text{m}$ ) ainsi que les argiles sableuses ( $20\Omega\text{m} \leq \rho \leq 50\Omega\text{m}$ ), pour lesquels, épaisseur et coordonnées, ont pu être déduites dans les divers sondages électriques.



**Fig N°20 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°V traversant les forages M3, M8, M5 et le S23.**  
(In O. Guefaïfia et Raouabhia )

## II.6. Commentaire des résultats :

À travers ce qu'on vient d'avancer plus haut, via l'étude corrélative de la géologie, des mesures de diagraphie avec les données de prospection géophysique, on a pu constater une analogie presque parfaite des données ainsi obtenues par différents moyens d'étude et d'investigation.

- La quasi-totalité des profils géo-électriques recourent clairement les formations lithologiques traversées par les ouvrages de captage déjà existants.
- Deux grandes failles ont été mises en relief, suite à cette analyse. Ces dernières cernent du Nord comme du Sud une structure synclinale.

- L'étude géophysique entreprise, comparée à la géologie, à travers une interprétation globale, a permis de déceler l'existence de trois horizons aquifères superposés :
- Le premier constitué d'une nappe de Sables à grains fins et moyens.
  - Le second à nappe de Grès.
  - Le troisième formé d'Argiles sableuses.

Il est à noter que ces trois horizons remontent à l'âge Miocène.

### III. Les cartes isopaches :

C'est une représentation graphique en courbes dites isopaches, des horizons aquifères, cités plus haut ; les sables ( $50\Omega.m \leq \rho \leq 250\Omega.m$ ), les grès aussi ( $\rho > 250\Omega.m$ ) ainsi que les argiles sableuses ( $20\Omega.m \leq \rho \leq 50\Omega.m$ ), pour lesquels, épaisseur et coordonnées, ont pu être déduites dans les divers sondages électriques.

#### III.1 Carte d'égale épaisseur des sables :

Leur répartition n'est pas uniforme ; en effet, à l'Ouest de la région, ils sont connus par une faible extension sur des épaisseurs allant jusqu'à 65m. Elle commence à prendre de l'envergure et devient plus importante au centre et à l'Est, avec des épaisseurs qui peuvent atteindre respectivement les 100 et les 145m.

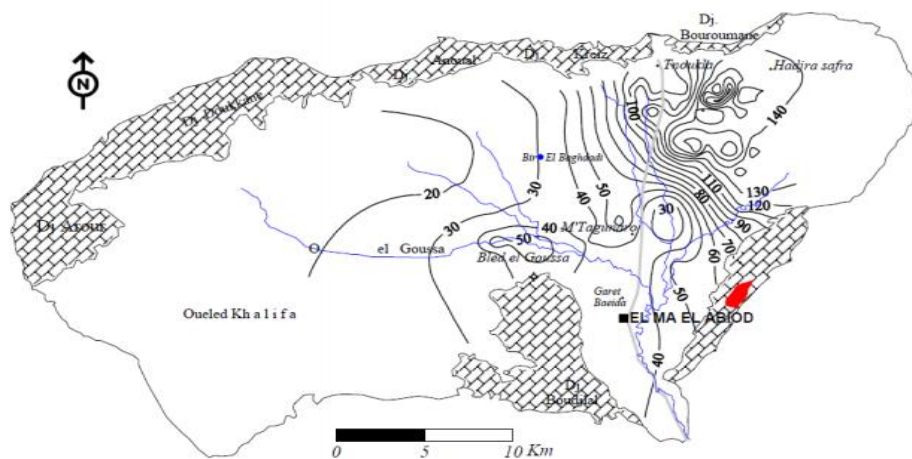
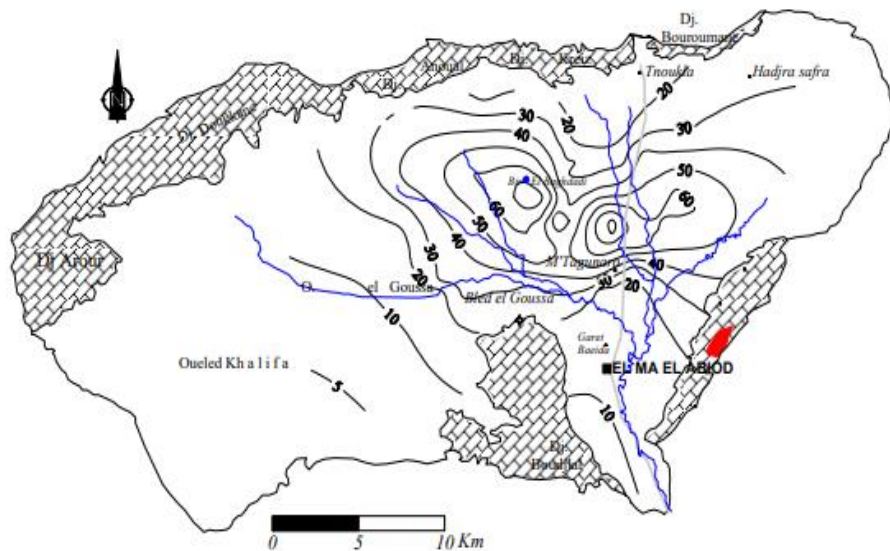


Fig. N°21 : Carte d'égale épaisseur des sables –In ROUBHIA 2006-

#### III.2. Carte d'égale épaisseur des grès :

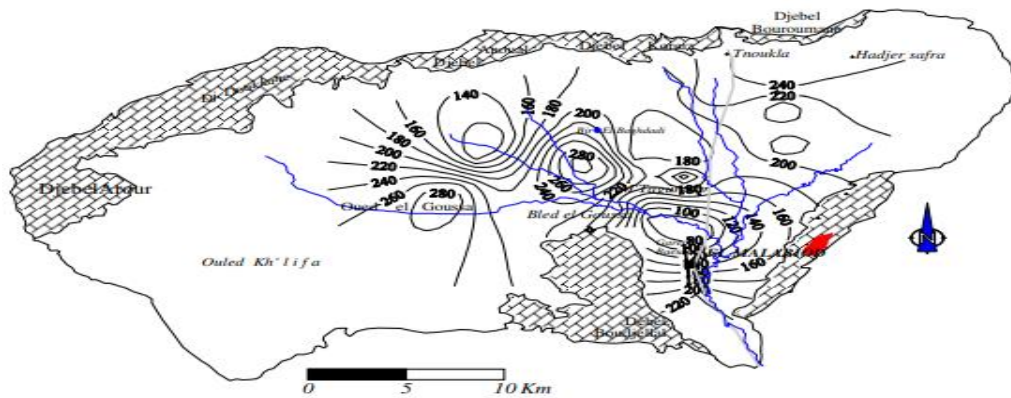
La même remarque pourra être faite quant à l'extension des grès, lesquels se localisent à l'Est, d'une manière aussi importante qu'à l'Ouest du secteur, mais avec des puissances sensiblement différentes, pouvant atteindre respectivement un maximum de 75m à l'Ouest et les 90m à l'Est.



**Fig. N°22 : Carte d'égale épaisseur des Grès -In ROUBHIA 2006-**

**III.3 Carte d'égale épaisseur des argiles sableuses :**

Une certaine hétérogénéité marque la répartition de ces horizons, mais l'Est et l'Ouest de la région s'individualisent par deux zones d'extension importantes, (Fig.18) Du côté Est, surtout au voisinage de Draâ El Herakel, elle atteint les 270m d'épaisseur, tandis qu'à l'Ouest ; à Bled El Goussa, elle est légèrement supérieur, elle atteint 290m.



**Fig. N°23 Carte d'égale épaisseur des Argiles sableuses –In ROUBHIA 2006-**

**Conclusion :**

En somme, à travers l'étude corrélatrice de la prospection électrique avec la géologie, on constate une analogie des résultats enregistrés. Les horizons géo-électriques recourent clairement les formations lithologiques rencontrées par les forages. L'examen des coupes a mis en évidence la présence de deux grandes failles longitudinales qui limitent au Nord et au Sud une structure synclinale.

L'interprétation révèle la présence de trois nappes aquifères superposées :

- une première formée de sables à grains fins et moyens
- une deuxième formée de grès
- La troisième formée d'argiles sableuses.

## **B\_ LES DIFFERENTES NAPPES AQUIFÈRES**

### **I Introduction :**

L'eau souterraine est contenue dans ce qu'on appelle les « aquifères ». Un aquifère est une formation géologique, ou une partie de celle-ci, constituée d'un matériau perméable capable de stocker des quantités importantes d'eau.

La plaine d'El MALBIOD se présente comme une cuvette dont le substratum crétacé, calcareux et marneux, surmonté par une couverture Mio-Pliocène. Le matériel qui constitue le système aquifère est venu prendre place, selon une extension lithologique hétérogène, horizontale et verticale.

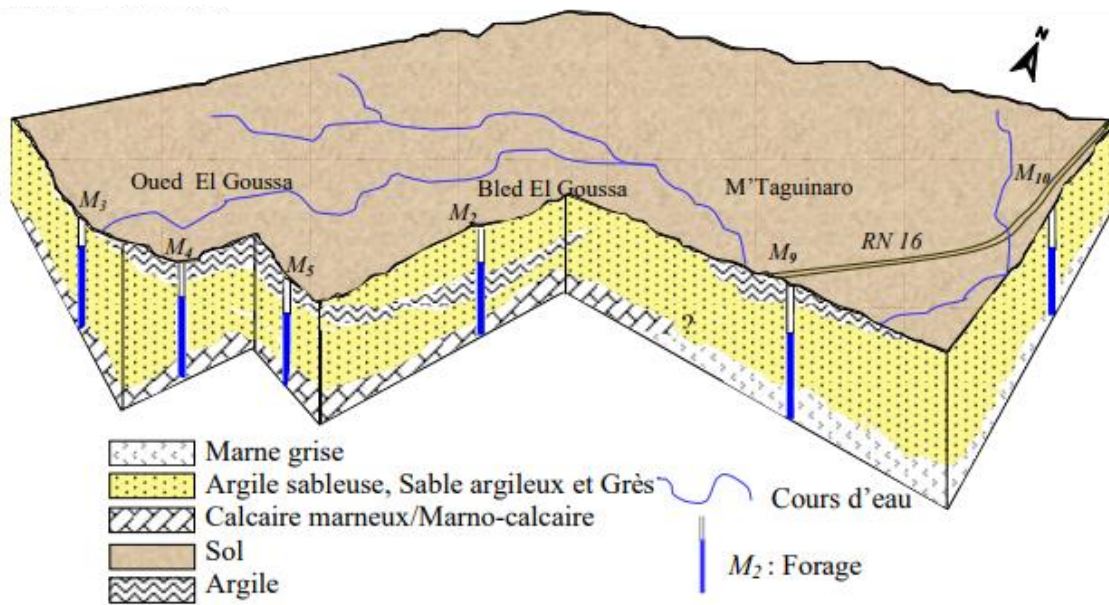
Suivant un ordre ascendant, on rencontre des Marnes, des Calcaires localisés, sur lesquels viennent se superposer les Grès et les Sables.

Au Nord-Est, on repère l'affleurement des Sables, celui des Argiles limoneuses, au centre, alors qu'aux bordures nord et sud, il s'agit de galets et Graviers calcaires. Ces derniers plongent vers le centre et deviennent masqués par le remplissage Quaternaire.

### **II Structure du système :**

L'étude de la structure géologique et hydrogéologique du bassin d'El MALABIOD, permet de mettre en évidence l'existence de deux nappes aquifères qui méritent d'être décrites :

- ❖ L'une, peu profonde, contenue dans des formations alluviales récentes (sables, cailloutis et argiles remaniées), sur une importante étendue, mais de faible puissance.
- ❖ L'autre, dans des formations miocènes (gravier, sable et grès), se rencontre à des profondeurs plus importantes que la précédente.



**Fig. N°24 Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d'El MALBIOD**

### II.1 La nappe alluviale

Localisée aux bordures de la plaine, sur une extension qui n'est pour autant négligeable, elle est constituée de matériel récent et actuel, dont des alluvions qui ont une faible épaisseur au Nord par rapport au Sud où elle atteint un maximum de 15m (forage M6). Face aux formations constituant la nappe Miocène, sa présence est contestée (ne se fait plus sentir), mais de par sa situation, elle contribue à l'alimentation de celle-ci par infiltration en profondeur ; surtout que, la nature du substratum et la lithologie de son matériel favorisent ce phénomène.

### II.2 La nappe du Miocène

Générée par l'ensemble des cassures qu'a subi l'écorce, au Mio-Quaternaire, qui ont facilité le remplissage continental du fossé d'effondrement de la plaine d'El MALBIOD, qui vient en transgression sur les formations antérieures de l'âge secondaire. Ceci est à l'origine de la structure actuelle de la nappe. Elle a été localisée dans le périmètre cerné par l'ensemble des failles qui a touché la région.

C'est une nappe libre, dans son ensemble, quoi qu'elle devienne légèrement captive tout à fait à l'Est. Selon le nombre de forages, qui y puisent, et leurs logs, on peut dire qu'elle a de l'épaisseur et sur une bonne envergure.



**Tab N°19 : Épaisseur des diverses formations dans différents ouvrages de captage/Bassin d'EL MALBIOD .**

Ouvrage	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>12</sub>
Formation											
Épaisseur des formations quaternaires (m)	/	2.5	11	09	13	30	/	12	05	/	7.3
Épaisseur des formations miocènes (m)	125	86	122	155	143	/	212	203	40	152	36
Épaisseur des formations calcaires (m)	/	21	67	06	60	06	/	3	/	/	/
Hauteur saturée (m)	91	75	111	136	135	14	172	166	31	37	38
Profondeur de l'ouvrage (m)	125	110	200	179	213	100	212	218	150	152	45.7

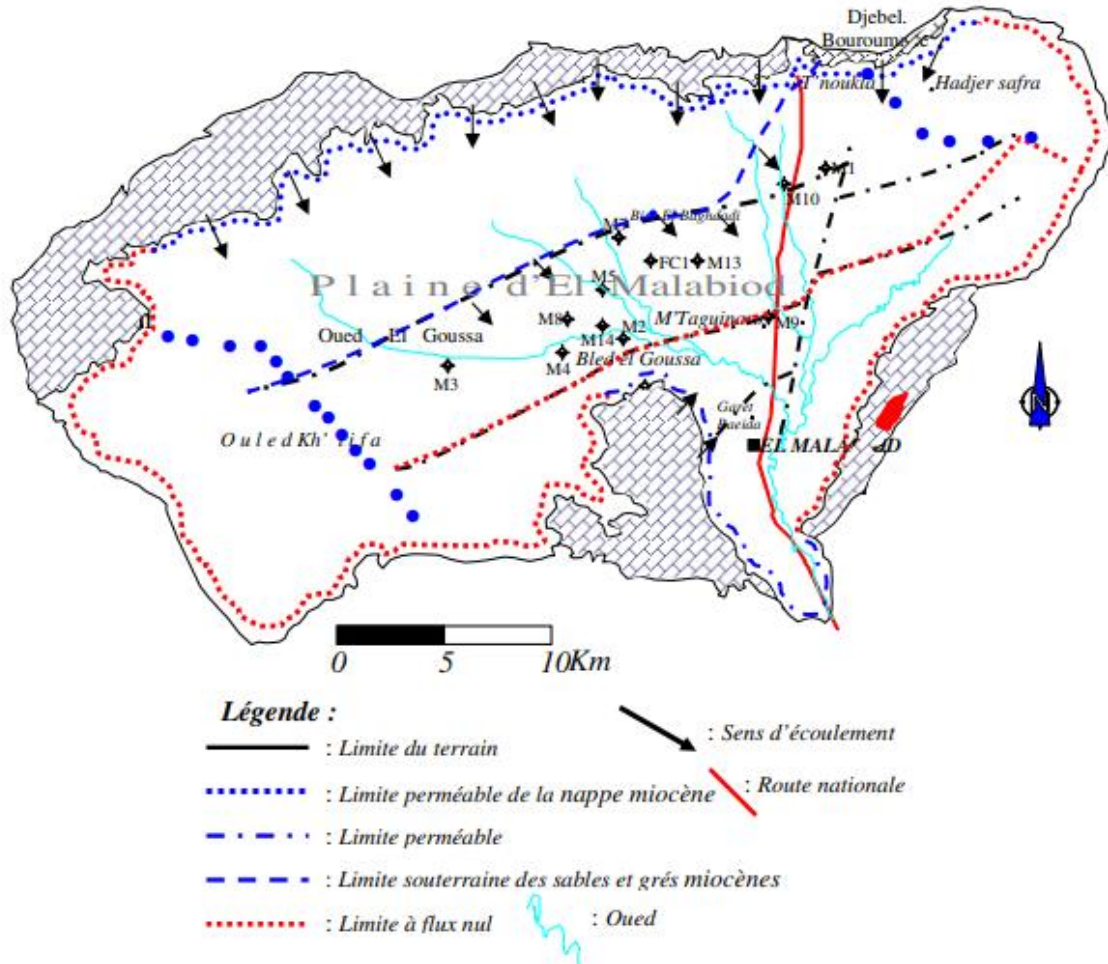
### III Apports du système et conditions aux limites :

D'après les caractéristiques hydrauliques et hydrodynamiques ainsi que du contexte hydrogéologique régional, l'étude du comportement du système aquifère de la région d'El Ma El Abiod montre :

✓ Une limite d'apport :

- ❖ La bordure Nord, matérialisée par les formations calcaires qui alimentent la nappe alluviale, suite à leur pendage orienté vers la plaine, et celle du Miocène, du côté de Hadjer Safra surtout ; où ils constituent une zone perméable (Fig..)
- ❖ La bordure Sud-Sud-ouest, constituée par une série de calcaires et de marno-calcaires, du Maestrichtien.
- Une zone de transition, au contact des deux nappes, que le système de failles favorise vers celle du Miocène.
  - Une alimentation de la nappe Miocène par un drainage descendant, favorisé par le substratum, des eaux d'infiltration en aval de la nappe alluviale, avec l'écoulement qui se fait du Nord vers le Sud.
  - Une limite imperméable, à la bordure sud-ouest, constituée de marnes du Campanien inférieur, empêchant les eaux d'infiltration de pénétrer en profondeur mais favorisant un ruissellement vers l'intérieur de la nappe.

On note que les précipitations efficaces constituent principalement la première source d'alimentation du système aquifère qui permet une limite imposé, en aval de la plaine, vers l'Oued El MALBIOD .



**Fig N°25** Carte des conditions aux limites du système aquifère du bassin d'El MALBIOD . ( In Rouabhia 2001 )

#### IV. Caractéristique hydrodynamique :

Le tableau qui suit donne les valeurs de la transmissivité et de la perméabilité obtenus après l'interprétation des essais par pompages des forages exploitant la nappe miocène (extrait de la fiche technique).



Tab N°20 : Valeurs de perméabilité et de transmissivité des forages.(source ANRH)

Forages	Coordonnée L			Tansmissivité T en (m <sup>2</sup> /s).10 <sup>-2</sup>	Perméabilité k en (m/s).10 <sup>-4</sup>
	X	Y	Z		
M <sub>1</sub>	100,525	235	1090	1.33	1.46
M <sub>2</sub>	992,975	229,1	1075	1.15	1.72
M <sub>3</sub>	990,7	228,625	1080	2.88	3.42
M <sub>4</sub>	992,19	230,78	1075	0.70	0.51
M <sub>5</sub>	998,65	223,6	1011	0.76	0.56
M <sub>7</sub>	992,78	992,78	992,78	0.70	0.37
M <sub>8</sub>	990.890	229.785	1072	0.5	0.27
M <sub>9</sub>	998.400	229.850	1048	0.95	1.50
M <sub>10</sub>	998.975	234.450	1085	1.33	1.03
M <sub>13</sub>	995,75	995,75	995,75	0.55	0.62
M <sub>14</sub>	991,25	991,25	991,25	1.76	0.88

#### IV.1 Répartition spatiale de la Perméabilité

L'ensemble de valeurs obtenues est utilisé dans la représentation cartographique suivante.

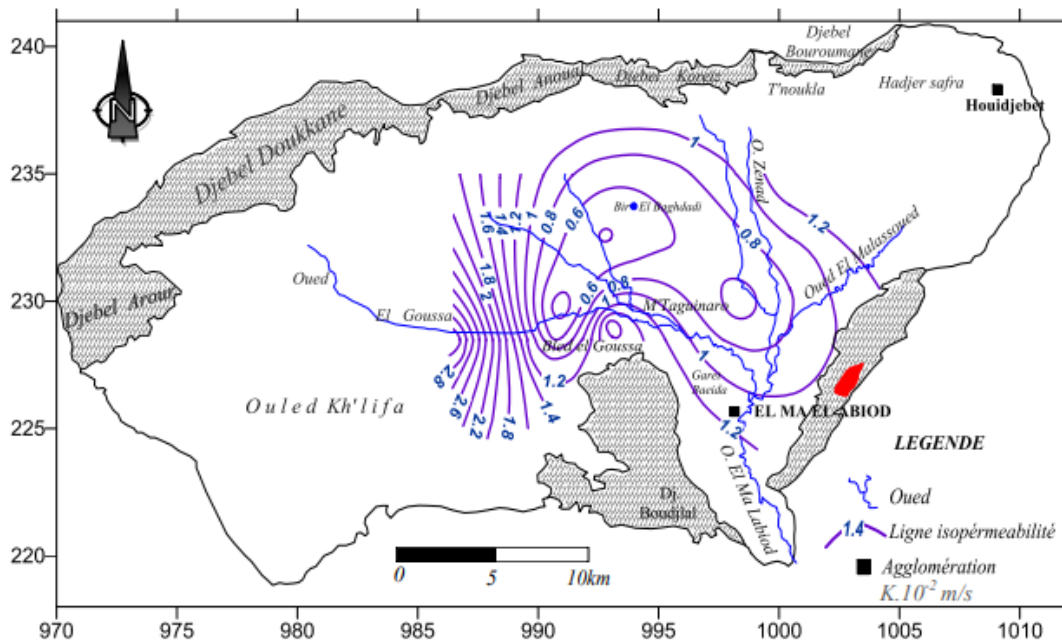


Fig. N°26 Carte de Perméabilité/Bassin d'El MALBIO

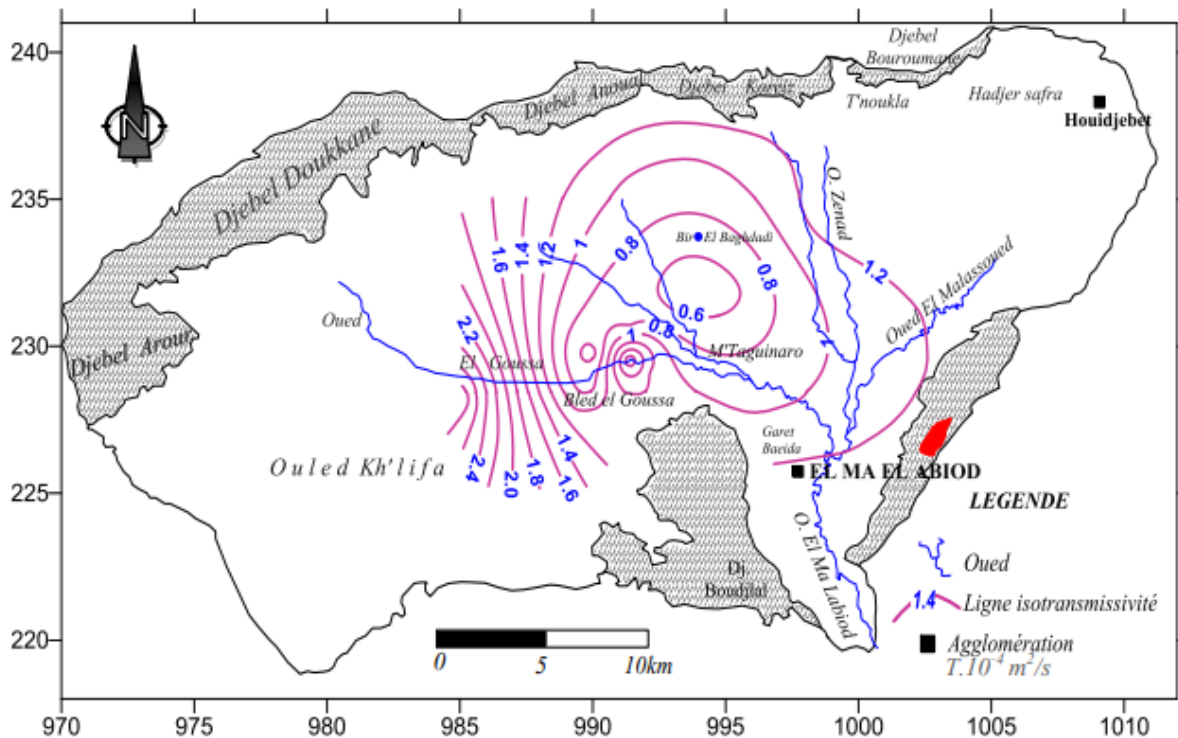
L'analyse de cette carte permet de montrer le comportement du système aquifère, du point de vue perméabilité, ou l'on remarque qu'il existe deux zones importantes :

- La première dans la partie Ouest (El Goussa), avec des valeurs qui y sont comprises entre  $0,27 \cdot 10^{-4}$  à  $3,42 \cdot 10^{-4}$  m/s.

- la deuxième dans la partie l'Est (Draâ El Herakel), où ses valeurs oscillent de  $1,03 \cdot 10^{-4}$  et  $1,46 \cdot 10^{-4}$  m/s. Alors que au centre et au Nord du bassin, Elle est moins importante puisque les mesures enregistrées de perméabilité n'excédant pas  $0,50 \cdot 10^{-4}$  m/s.

#### IV.2 Répartition spatiale de la Transmissivité

On a procédé à l'établissement de cette carte pour mieux comprendre la répartition de ce paramètre sur l'ensemble du bassin



**Fig N°27 Carte de Transmissivité /Bassin d'El MALABIOD.**

L'interprétation de la carte de transmissivité (figure N°27 ) montre trois zones distinctes :

- La zone Ouest (Bled El Goussa) : Elle se caractérise par des valeurs de transmissivité importantes, on a enregistré des valeurs qui oscillent entre  $0,5 \cdot 10^{-2}$  et  $2,88 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.
- La zone Est (Draâ El Herakel) : Elles deviennent légèrement inférieures là où on a pu relever que ce paramètre varie de  $1,20 \cdot 10^{-2}$  à  $1,33 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup> /s.
- La zone Nord et Nord-Ouest : Elles connaissent une faible transmissivité avec des valeurs comprises entre  $0,44 \cdot 10^{-2}$  et  $0,70 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup> /s.

#### IV.3 Synthèse des deux cartes (Transmissivité / Perméabilité) :

Les deux cartes des transmissivités et des perméabilités, mettent en évidence l'existence de deux zones importantes, celle d'El Goussa et de Draa El hrakel ; l'Ouest du bassin est la zone la plus

favorable en matière d'intérêt hydraulique (Bled El Goussa), et que toute implantation d'ouvrages de captage doit être prioritaire.

Alors que la zone orientale (Draâ El Herakel), n'est pas pour autant à négliger, mais à un degré moindre par rapport à Bled El Goussa prédécesseur, ainsi que le périmètre immédiat de Bir El Baghdadi.

## V. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE :

L'étude piézométrique d'une nappe fournit des renseignements de première importance sur les caractéristiques de l'aquifère. Elle permet, en particulier, d'apprécier de façon globale les conditions d'écoulement des eaux souterraines, ainsi que leurs conditions d'alimentation et de drainage, et la variation de leurs réserves.

### V.1 Extension et alimentation de la nappe

*Tab N°21 : les forages actuellement ou prochainement en service.*

FORAGE	X	Y	Z	M. Sée	h(tot)	h(eau)	Ns	Débit	alluvions	Miocène	marnes/ cal
M2bis	992.975	229.07	1075	2003-8	96	66.6	29.4	40	2	86	12
M3bbis	986.100	228.750	1100	201101	150	90.8	59.10	30	0	150	0
M4bis	990.7	228.6	1080	2003-6	165	126.5	38.5	40	1	160	4
M5bis	992.19	230.78	1075	2008-10	170	140.5	29.5	44	3	153	14
M7bis	992.78	232.6	1080	2005-12	205	168.52	36.48	50	0	205	0
M8bis	900.89	229.785	1072	2006-9	190	152.6	37.4	35	0	190	0
M9	998.4	229.82	1048	1982-12	50	30	20	20	5	40	5
M10bis	998.572	232.925	1087	/	150	118.09	31.91	40	0	150	0
M13bis	995.349	231.864	1080	2007-9	100	61.16	38.84	40	6	82	12
M14	992.2	229.55	1072	1988-6	200	181.9	18.1	20	10	123	67
M2bis	992.975	229.07	1075	2003-8	100	70.6	29.4	40	5	87	12
M16	992.684	992.975	1067	2007-8	120	98.09	22.91	40	2	93	25
M17	991.25	230.5	1075	2008-7	200	165.75	34.85	40	5	155	40
M18	989.310	230.258	1089	2015-10	200	149.55	50.5	17	35.5	165	10
M19	988.973	229.909	1097	2017	200	145	55	15	35.5	165	10
AT1bis	1007.325	229.5	1136	2008-7	150	144.6	5.4	10	0	109	41

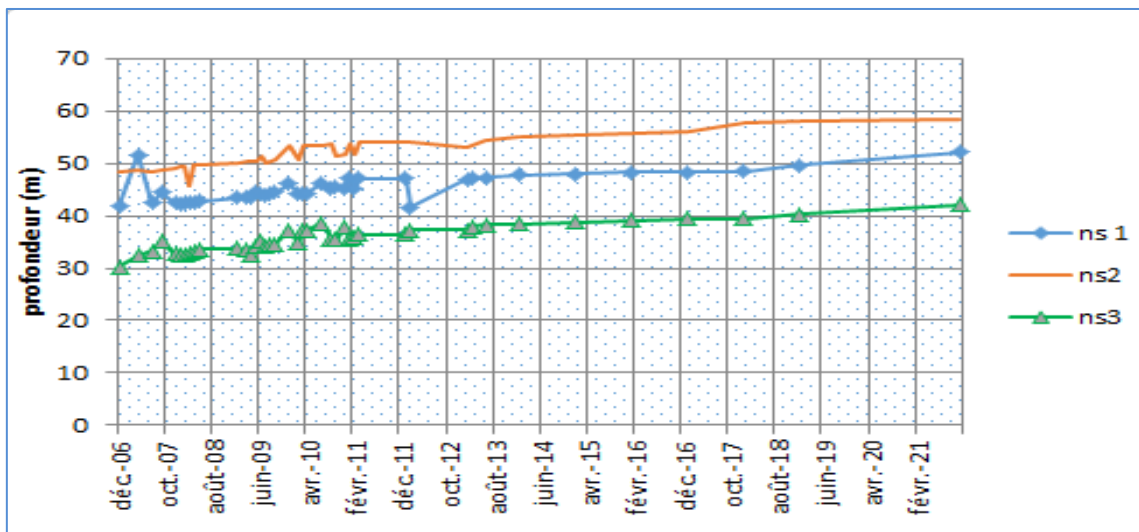
## VI. Evolution de la Piézométrie:

L'objectif principal de l'étude de l'évolution de la piézométrie dans le temps, est de visualiser la direction générale de l'écoulement horizontal et éventuellement vertical (drainante), ainsi que la profondeur du niveau piézométrique, tandis que dans l'espace ; est de comparer cette évolution d'un système aquifère par rapport à l'autre. En effet, les eaux souterraines sont le moyen de transport de

toute substance minérale ou organique, c'est d'après l'écoulement qu'on peut reconnaître les zones vulnérables ou contaminées.

### VI.1 Dans le temps et dans l'espace:

Le suivi des trois piézomètres installés au niveau de la région d'El MALBIOD (P1.P2.P3), illustrée l'évolution de la profondeur du plan d'eau dans le temps et dans l'espace, à l'issu des observations effectuées par les services de l'ANRH et CTH de Tébessa, enregistrée durant la période (2006/2021)

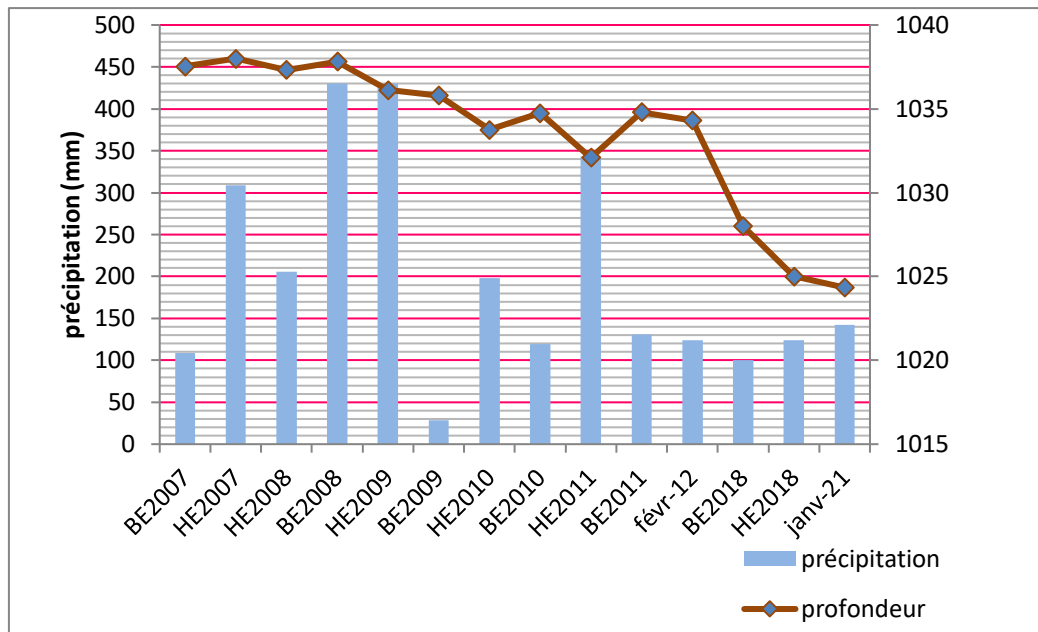


**Fig. N° 28: Evolution de la profondeur du plan d'eau dans les trois piézomètres.**

**-Le piézomètre N°1 (l'Est)**, il montre un rabattement de forte fluctuation de niveau piézométrique de l'ordre de 10.14 mètres pendant les 15 ans d'observation, ce qui traduit d'une part par l'exploitation intensive de la nappe pour l'irrigation, avec également une irrégularité des précipitations et de forte évaporation par les forages illicites.

**-Pour le piézomètre N°2** qui se localise au centre de la plaine d'El MALABIOD, il est plus profond que le premier, il montre un rabattement assez fort de niveau piézométrique de l'ordre de 10.5 mètres pendant les 15 ans d'observation ; ce qui a révélé la surexploitation de la nappe pour l'irrigation par les nombreuses forages, avec également une irrégularité des précipitations et la forte évapotranspiration.

**-le piézomètre N°3** qui s'installe à l'Ouest de la région d'étude où on a trouvé la majorité des forages étatiques, ce piézomètre n'est pas profond comme les deux premiers, mais il montre un fort rabattement de niveau piézométrique qui est de l'ordre de 11.5 mètres pendant les 15 ans d'observation.



**Fig. N°29 Variation de la côte Piézométrique dans le temps et dans l'espace (Période 2007-20021)**

L'observation du graphe de l'évolution du niveau, fait ressortir les remarques suivantes.

- On peut souligner de manière globale, une tendance à la baisse de la courbe en question. Cette tendance est entrecoupée d'épisodes de légers pics relativement modérés. La baisse est amorcée à partir des basses eaux de l'année 2008 jusqu'à l'année 2011.

Une remontée est amorcée a partie de 2011 jusqu'à 2012. Cette remonté est dû à la recharge des hautes eaux de l'année 2011(précipitations).

A partir de la période des basses eaux de la même année, débute une nouvelle descente du niveau des eaux de la nappe, jusqu'à la fin de l'année 2012. A partir de là, la courbe plonge de manière brutale jusqu'en janvier 2021.

- La corrélation des histogrammes de précipitations avec la courbe, montre un certain impact des pluies sur le niveau et cela est remarquable en 3 périodes :

De 2007 à 2009, ou les précipitations sont conséquentes, puis de 2009 jusqu'à 2010, une baisse de la hauteur de pluie entrainant la descente de la courbe, et enfin l'année 2011 marquée par des précipitations appréciables qui ont soutenu le niveau jusqu'en 2021.

Donc ; la chronique des fluctuations de la nappe (historique des niveaux), est interprété par une surexploitation de l'aquifère et par conséquent les sorties sont largement supérieures aux entrées et une sécheresse qui a touché la région durant les dernières décennies.

## VII. La piézométrie :

### VII.1 Inventaire des points d'eau

Le bassin D'EL MALABIOD compte une centaine d'ouvrages (puits et forages), étatiques et à usage lucratif. Les anciens d'entre eux sont réalisés d'une façon traditionnelle et anarchique, tandis que les plus récents, sont complets, plus profonds et captent donc la nappe du Miocène.

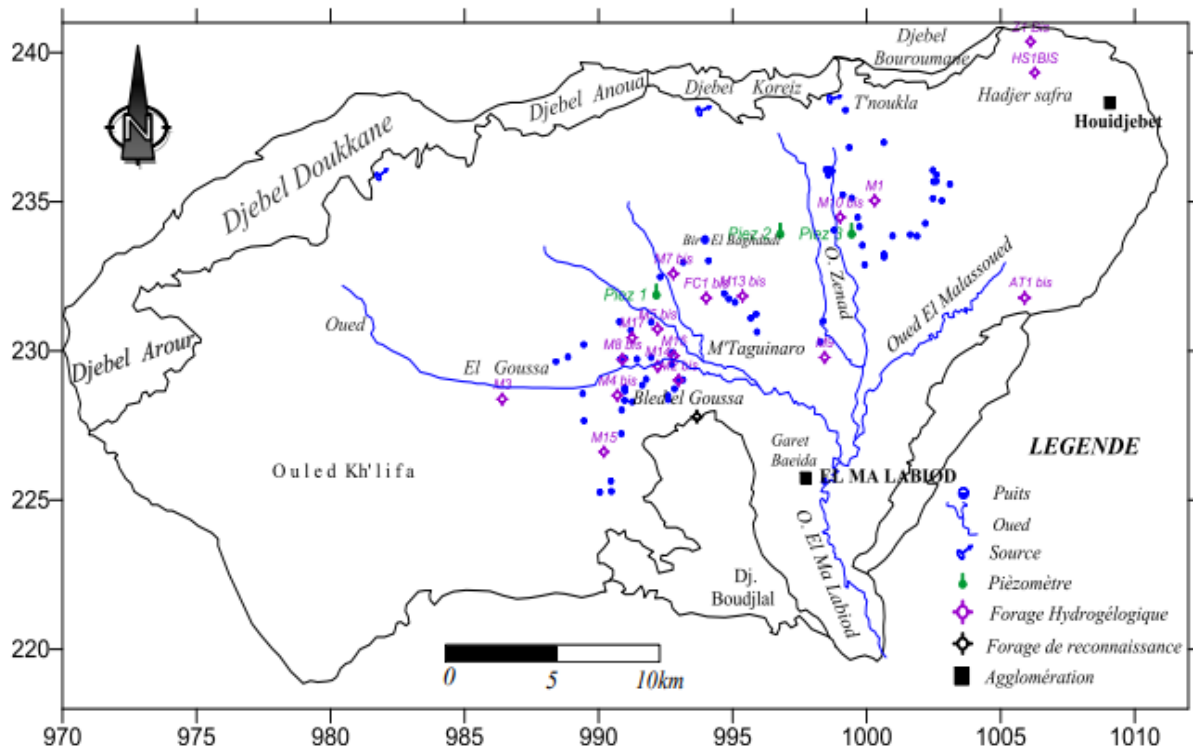


Fig N°30 : Carte des Points d'eau/Bassin d'El MALBIOD .(Lekrin.Y 2015)

### VII.2. Quelques cartes piézométriques

#### Carte piézométrique 2003 :

Sur cette carte l'écoulement se fait suivant un axe général Nord-Sud, qui regroupe les écoulements des zones Sud-Ouest, Nord et Nord-Est. L'écoulement au centre et au sud est rapide, le gradient calculé est de l'ordre de 0,014. L'état piézométrique présenté traduit les caractéristiques des périodes de basses eaux, notamment en ce qui concerne l'alimentation par les bordures.



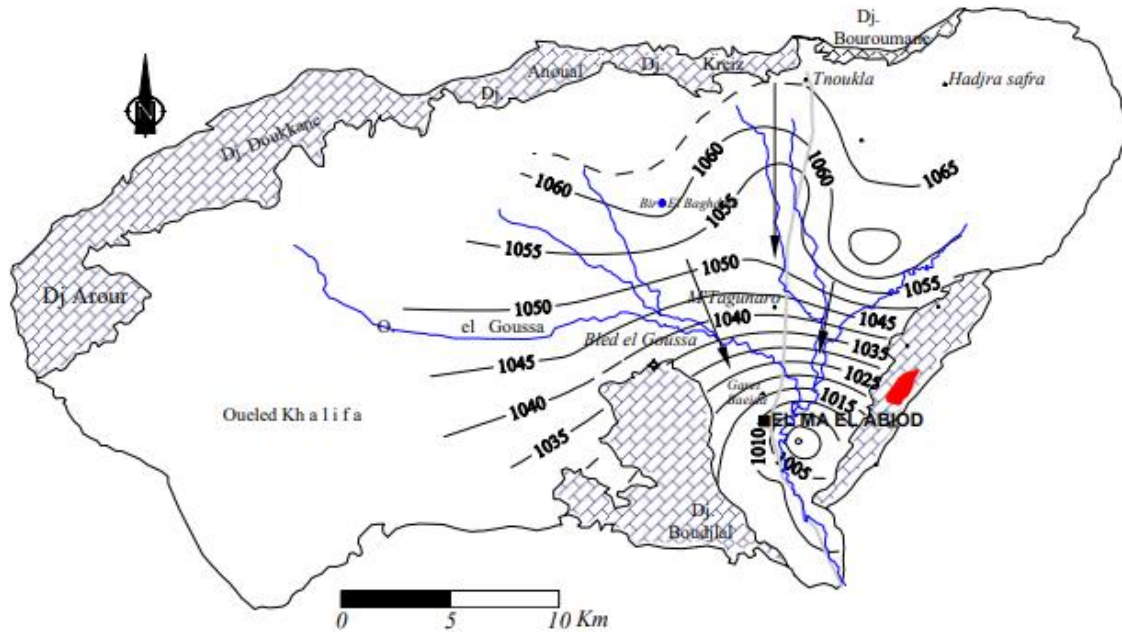


Fig N°31 : carte Piézométrique2004.(Rouabhia .2006)

Carte piézométrique 2009 :

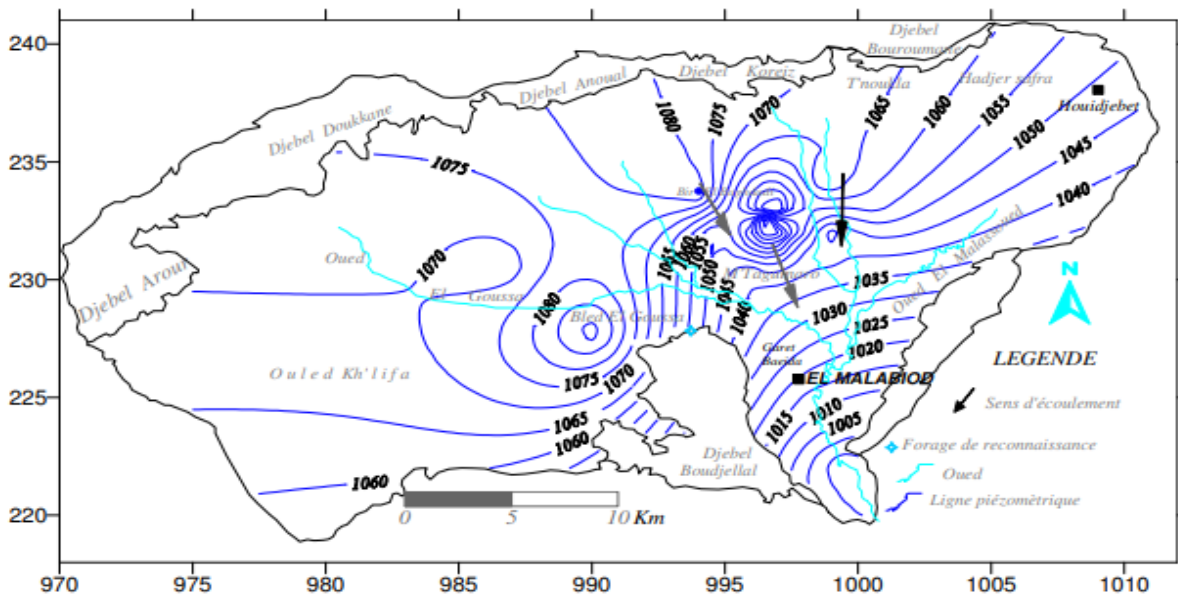
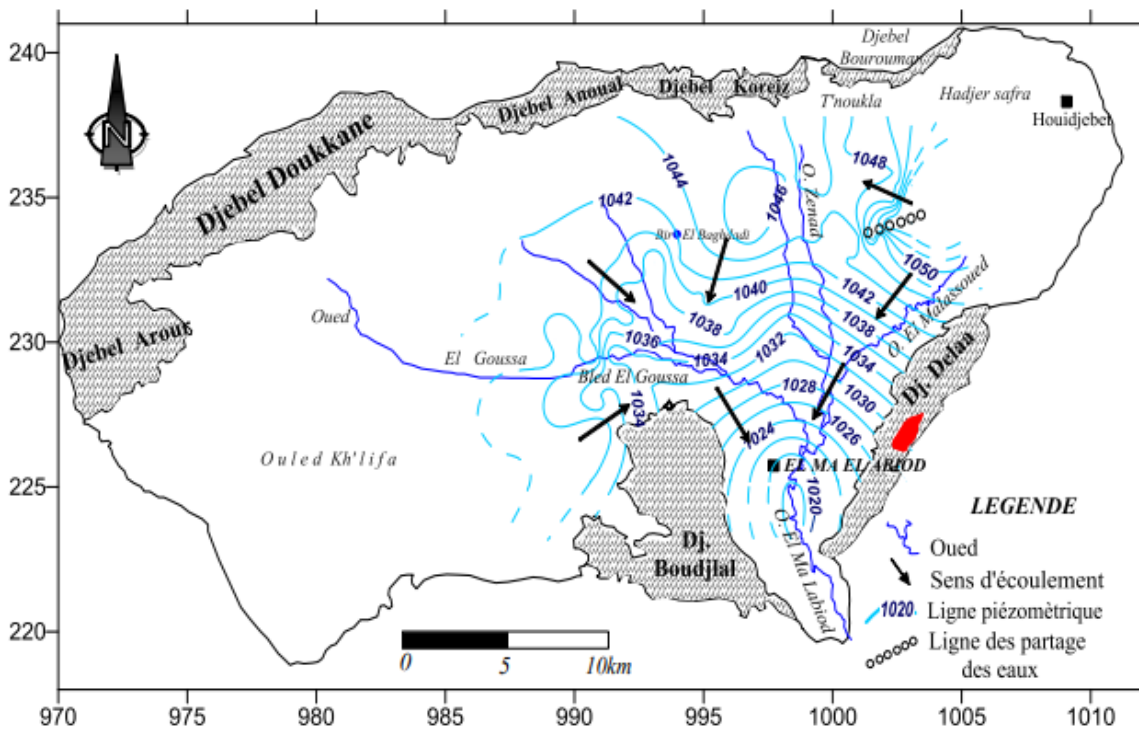


Fig. N° 32 : Carte piézométrique 2009 ( Djabari 2011)

La représentation cartographique des valeurs prises lors des campagnes effectuées le long de la période d'observation (hautes et basses eaux comprises), révèle déjà une idée quant au sens d'écoulement, l'allure des courbes hydroisohypses .

**Carte piézométrique 2013 :**



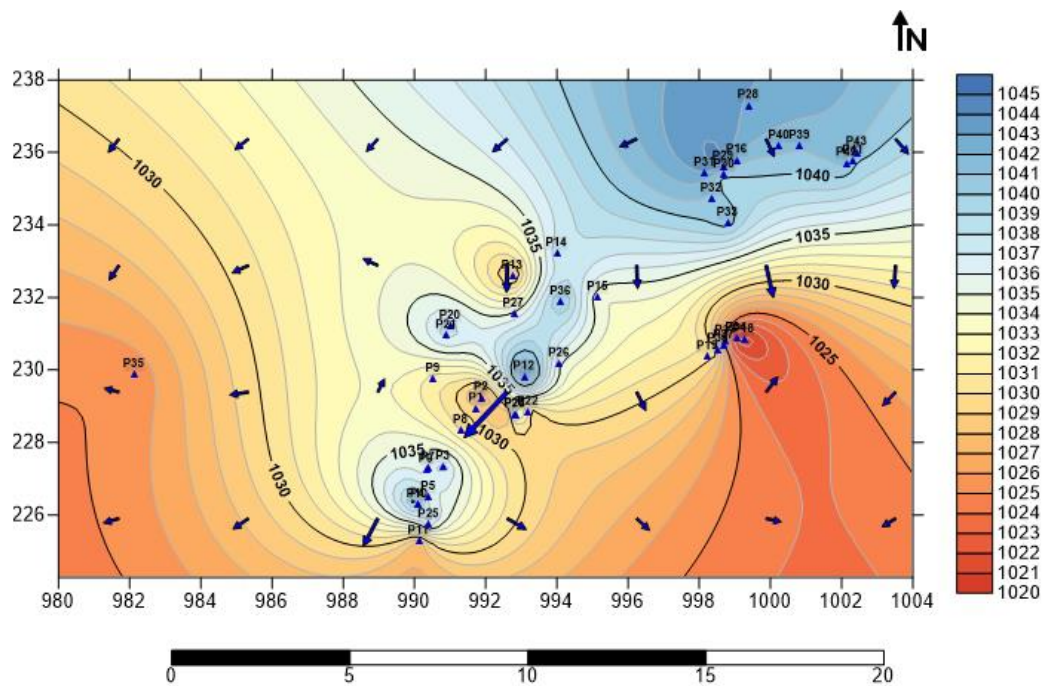
**Fig N°33 Carte piézométrique 2013. (LAKRIN 2015)**

Sur cette carte l'écoulement se fait suivant un axe général Nord-Sud, qui regroupe les écoulements des zones Sud-ouest, Nord et Nord-est. L'écoulement au centre et au sud est lent, le gradient calculé est de l'ordre de 0,024.

L'état piézométrique présenté traduit les caractéristiques des périodes de basses eaux, notamment en ce qui concerne l'alimentation par les bordures. Les lignes de courant convergent vers le centre du bassin, pour suivre un sens d'écoulement dominant (Nord/Sud) vers l'aval, reflétant une zone d'accumulation et de drainage par l'oued d'El MALBIOD (l'exutoire).



**Carte piézométrique 2017 :**



*Fig. N° 34 : Carte piézométrique 2017*

L'écoulement se fait du Nord vers le Sud avec une convergence locale à l'Est de la plaine, qui se trouve toujours en surexploitation. L'écoulement souterrain est généralement lent.

Les puits utilisés pour l'irrigation expliquent la dépression en cet endroit (surexploitation de la nappe)

**Conclusion :**

Selon les conditions lithologiques, tectoniques et hydrogéologiques, on peut retenir que le système aquifère du bassin d'El MALBIOD est composé essentiellement de deux nappes aquifères de nature différente.

Une alluviale, rencontre dans les formations Quaternaire, elle occupe le centre et l'Ouest de la plaine, constituée de matériau graveleux et d'argile sableuse, dont l'épaisseur est relativement faible ; environ 15m

La seconde, la nappe Miocène formée de matériau sableux et gréseux, est plus importante que la première avec épaisseur très intéressante de point de vue hydrogéologique, et sa puissance varie de 30m (le cas de forage M9), jusqu'à un maximum d'environ 200m (le cas de forage M8). Elle constitue le principal réservoir de la région d'El Ma El Abiod.

Les fluctuations saisonnières de la surface piézométrique dans les trois piézomètres caractérisées par une baisse durant la période des basses eaux sous l'effet de l'évaporation et la surexploitation, et

une remontée faible pendant la période de hautes eaux, suite à la recharge de la nappe. Cette diminution est due principalement à la baisse des précipitations des dernières décennies et à la forte exploitation. Ce déséquilibre a conduit à un rabattement de la nappe miocène de 10 à 11.5 m.

Les écoulements dominants convergent du Nord vers le Sud, et l'alimentation du système est directement liée aux précipitations ; du côté nord et même du sud par les massifs calcaires, soit par infiltration directe dans la plaine.

*Chapitre V*  
*Hydrochimie*

## I. Introduction

L'étude du chimisme des eaux nous permet d'identifier leurs faciès chimiques, leur qualité de potabilité et leur qualité d'eau d'irrigation. Cette étude aide également à suivre l'évolution spatiale des paramètres chimiques et de déterminer leur origine.

Il est évident que le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées, du mode de circulation et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ...). Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre aquifères et les eaux de surface.

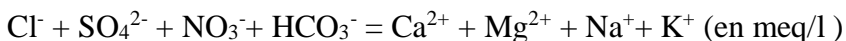
Le présent chapitre traite le chimisme des eaux souterraines, et nous permettra d'essayer d'expliquer le comportement, l'origine ainsi que l'évolution des éléments chimiques décrits pour expliquer le fonctionnement hydraulique du système aquifère.

**Tab N°22 : Caractères chimiques des eaux de sources de la région EL MALABIOD (ANRH)**

Forage	Date de prélèvement	Paramètres chimiques							
		Cations (mg/l)				Anions (mg/l)			
		$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{NO}_3^-$
M2	1974	120	29	03	80	105	136	284	128
M4	1977	108	29	06	60	115	177	160	96
M5	1997	142	23	04	76	65	250	262	60
M7	1980	48	92	07	26	140	201	96	08
M8	1982	118	28	08	76	80	250	224	40
M9	1983	102	37	5	72	140	244	132	39
M13	1988	68	24	02	70	100	153	154	22
M14	1988	130	16	01	38	65	220	180	30
M18	2016	49.35	6.97	5.34	19.33	45.69	89.96	51.23	08.23

### Vérification de la balance ionique :

Afin de valider nos analyses, la balance ionique doit être équilibrée en admettant une erreur acceptable de 5%. Une erreur sur la balance ionique peut provenir d'une erreur analytique ou d'une minéralisation particulière. La balance ionique s'appuie sur le principe que la somme des anions majeurs et la somme des cations majeurs sont équivalents :



L'erreur est donnée par la formule suivante :  $(\sum \text{anions} - \sum \text{cations}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) * 100$

La limite pour une analyse exploitable est fixée à un écart maximal de 10%

- - 1% < BI < 1% : Fiabilité des résultats d'analyses excellente.
- - 5% < BI < 5% : Fiabilité des résultats d'analyses acceptable.
- BI < -10% ou BI > 10% : Mauvaise fiabilité des résultats d'analyses.

## II. Matériels et moyens d'analyse

Les analyses sont portées essentiellement sur les éléments chimiques majeurs. Les méthodes employées sont le dosage colorimétrique ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ) et nuphélométrique, après précipitation du chlorure de baryum pour ( $\text{SO}_4^-$ ). La spectrophotométrie d'absorption atomique ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Sr}^+$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Pb}$ ) Les caractéristiques physiques, tels que la température, le PH., la conductivité ont été mesurées à l'aide d'une sonde multi paramètres WTW.

### II.1 Les Paramètres mesurés in situ

Les paramètres mesurés sur le terrain, c'est-à-dire l'ensemble des éléments qui peuvent varier entre le lieu d'échantillonnage et le laboratoire. Ils comprennent : - la température, mesurée à l'aide de la sonde température du conductimètre;

- la conductivité, mesurée avec le conductimètre portatif ;
- le pH, mesuré à l'aide d'un pH-mètre portatif de terrain ;
- l'oxygène dissous à l'aide d'un oxymétrie de terrain.

### II.2 Les paramètres mesurent au laboratoire :

En plus des paramètres physiques mesurés sur terrain, l'analyse au laboratoire a porté sur les ions majeurs :

- Anions:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ .
- Cations:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}$ ,  $\text{Ba}$ .

Trois méthodes d'analyses ont été utilisées pour déterminer les concentrations des différents éléments chimiques. Le dosage de la teneur des bicarbonates, des chlorures par titrimétrie. Les Cations ont été dosés soit par absorption atomique à flamme (Perkin Elmer, 1100B) soit par titrage potentiométrique (RODIER1996 et SACHENBERG S. et al. 1992).

## III. Evaluation de la qualité des eaux souterraines

### III.1 Description des paramètres physico-chimiques :

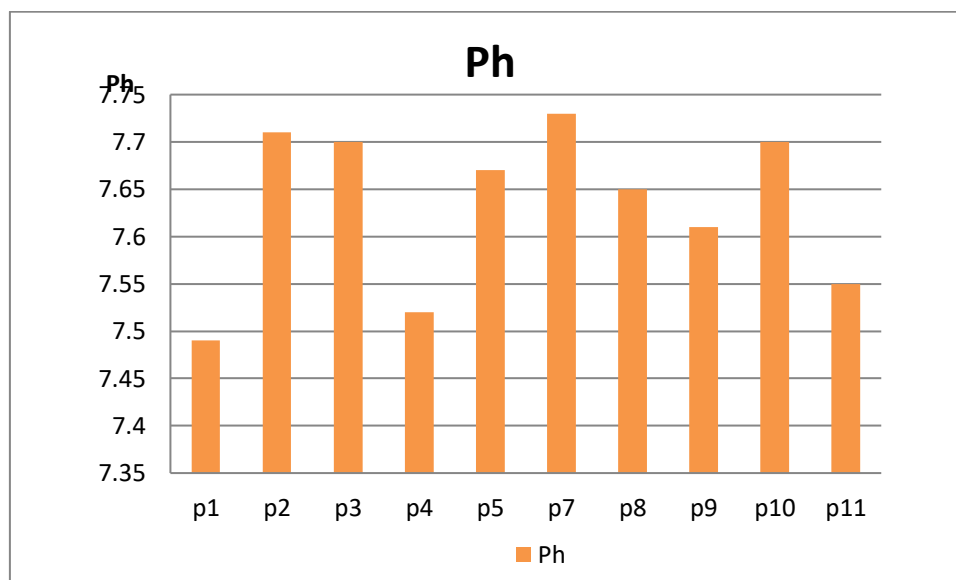
#### III.1.1 Température de l'eau

La température des eaux est fonction soit du climat ou de la profondeur. C'est un paramètre qui permet de distinguer les eaux de surfaces de celles souterraines, ainsi qu'il régit la solubilité des sels et des gaz.

Pour notre échantillons on a enregistré des valeurs oscillent de 21.0 à 21.8 °C. Et ca sur l'ensemble des forages étudiés. Selon les normes algériennes des eaux souterraines, la température est fixée à 25°C, les valeurs des eaux de forages ne dépassent pas cette norme .

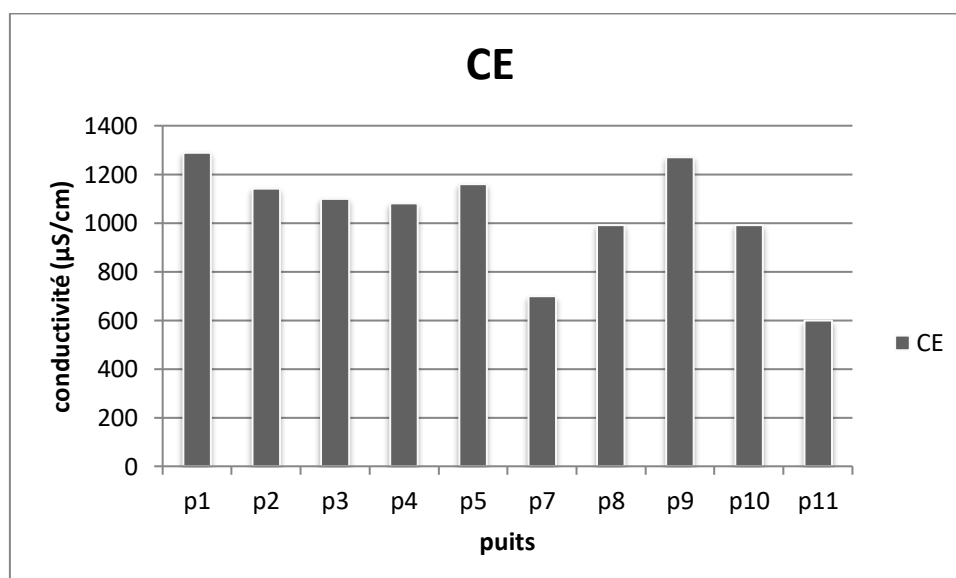
### III.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est un paramètre physique qui détermine l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Les mesures du pH montrent que tous les puits se trouvent dans l'intervalle de norme de potabilité. Pendant la période des hautes eaux le pH varie entre 7.0 et 7.7, alors qu'en période des basses eaux les valeurs oscillent entre 7.1 et 7.8, ceci indique que les valeurs varient peu et sont proches des valeurs acceptables.



**Fig. N° 35 : Conductivité électrique (CE)**

Définie comme étant l'aptitude d'une eau (ou d'un matériau) à se laisser traverser, plus ou moins vite, par un courant électrique. Elle est directement proportionnelle à la teneur en sels dissous d'une eau et dont les valeurs représentatives sont prises à des températures voisines à 20°C et exprimées en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Fig. n°36 : Variation de la conductivité des puits étudiés en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

Les valeurs de la conductivité pour les 11 puits varient entre 61.8 à 99.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ses valeurs ont une degré de minéralisation très faible, d'après le graphe on peut dire que la qualité de ses eaux excellentes.

**Tab N°23 : Classification des eaux de boisson en fonction de la conductivité. (Journal officiel de la république algérienne)**

<b>Conductivité (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Degré de Minéralisation</b>	<b>Qualité de l'eau</b>
C<100	Très faible	Excellente
100<C<200	Faible	Excellente
200<C<400	Peu accentue	Excellente
400<C<600	Moyenne	Bonne
600<C<1000	Importante	Utilisable
C>1000	Excessive	Utilisable

#### **IV. Paramètres et facies chimiques**

Les différentes méthodes d'analyse auxquelles a été fait recours, étaient utilisées dans une fin de déceler beaucoup plus les éléments chimiques majeurs dont :

- $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ . Comme anions
- $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  comme cations

Et ce, pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du bassin d'El MALABIOD

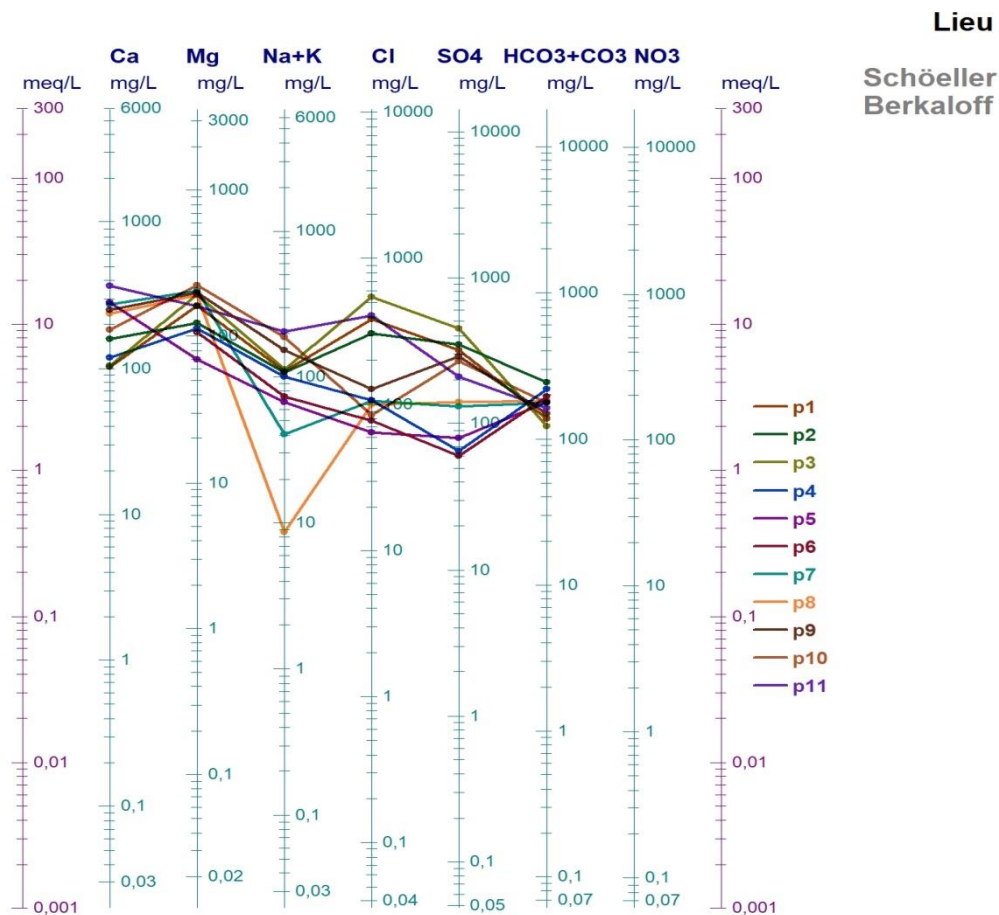
#### **IV.1 DETERMINATION DES FACIES HYDROCHIMIQUES :**

##### **IV.1.1 Représentation graphique et identification des faciès.**

Pour une meilleure identification des faciès et de l'aspect qualitatif des eaux souterraines, ainsi que son évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse, reste un outil primordial. Dans ce but, nous avons entamé, dans notre cas cette démarche et choisi les diagrammes de représentation tels que celui de Schoeller-Berkalof et Piper, afin de mieux cerner les caractéristiques des eaux étudiées.

##### **IV.1.1.a Diagramme de Schoeller-Berkalof :**

Ce type de représentation établi par Schoeller et repris par Berkalof, il comporte une échelle logarithmique sur laquelle on porte les teneurs des principaux ions en (mg/l) sur l'axe des abscisses. On porte de gauche à droite, à intervalle régulier ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui facilite la comparaison des résultats de l'analyse de l'eau d'un ensemble d'échantillons.



**Fig. N°37 : Diagramme de Schoeller Berkaloff. Période, (2021)**

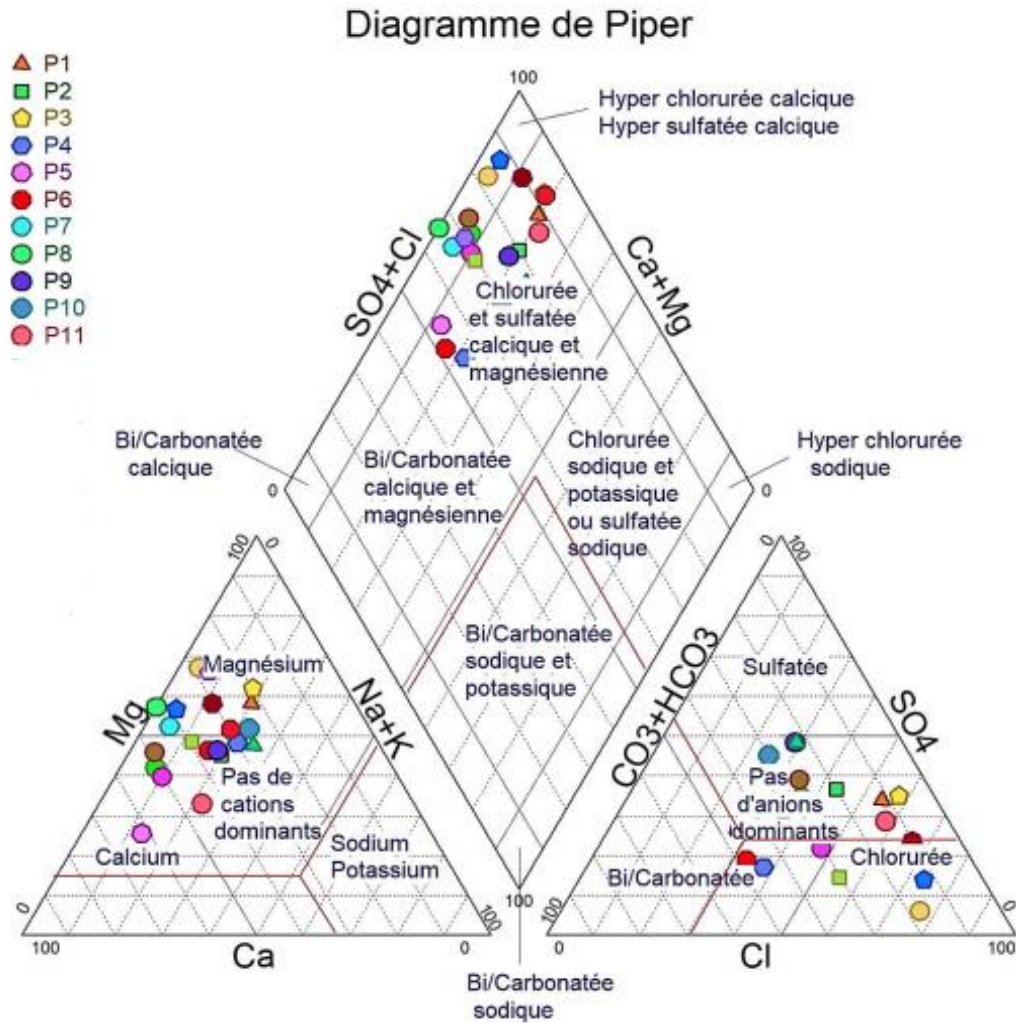
Le diagramme pour l’année 2021, confirme principalement un faciès sulfaté calcique dû à la dissolution de gypse contenu dans les alluvions ou bien liée au lessivage des formations marneuses ou triasiques de bordure (Djebel Dalaâ), Secondairement on observe un faciès bicarbonaté calcique, issu des formations calcaires des bordures, et le troisième faciès est le chloruré calcique. Les fortes concentrations en chlorures et en sulfates indiquent un état de pollution en rapport avec les activités anthropiques notamment au sud de la plaine.

**IV.1.1.b Classification chimique des eaux selon diagramme de piper :**

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Sur le diagramme de Piper nous allons interpréter les résultats des analyses hydrochimiques, correspondant aux périodes d’observations, pour avoir une idée sur le faciès chimique des eaux de la région et sur son évolution temporaire, ainsi que sur le mode d’acquisition de ce faciès.





*Fig. N°38 : Diagramme de Piper. (2021)*

Les diagrammes globaux confirment le faciès signalé :

- ✓ Le faciès chloruré calcique provient des formations alluvionnaires et gypsifères par échange de base entre Sodium et Calcium, et les ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Ca}^{2+}$  provoquent en conséquence une minéralisation des eaux. Le sulfaté-calcique et magnésien est localisé au Sud et à l'Est, suite à la mise en solution du gypse issu des formations triasiques.
- ✓ En effet, Le faciès sulfaté calcique, qui se développe à l'Ouest, Nord-est et au sud de la nappe, provient des argiles gypsifères triasiques et des formations évaporitiques, alors que les formations carbonatées du Crétacé bordant la nappe sont à l'origine du faciès bicarbonatécalcique. Le faciès chloruré calcique tire son origine des marnes gypsifères emschériennes qui constituent le substratum.
- ✓ Il est à noter qu'il n'existe pas de grandes variations entre les teneurs des eaux issues des puits de la nappe miocène et qui présentent par fois un faciès bicarbonaté calcique. Cette stabilité dans la composition chimique, en éléments qui tirent leur origine de la géologie, met en évidence l'alimentation de l'aquifère à partir des eaux qui lessive les formations calcaires des bordures ce qui confirme l'origine de l'alimentation de la nappe.

- ✓ Il est à signaler que l'évolution de la teneur en chlorures est plus importante que la période précédente, où elles présentent des valeurs supérieures à la norme au sud de la plaine c'est-à-dire au sud d'El Ma El Labiod (264mg/l), due à l'effet du lessivage et de l'évaporation. Alors que les faibles teneurs sont enregistrées au nord de la plaine (79mg/l)

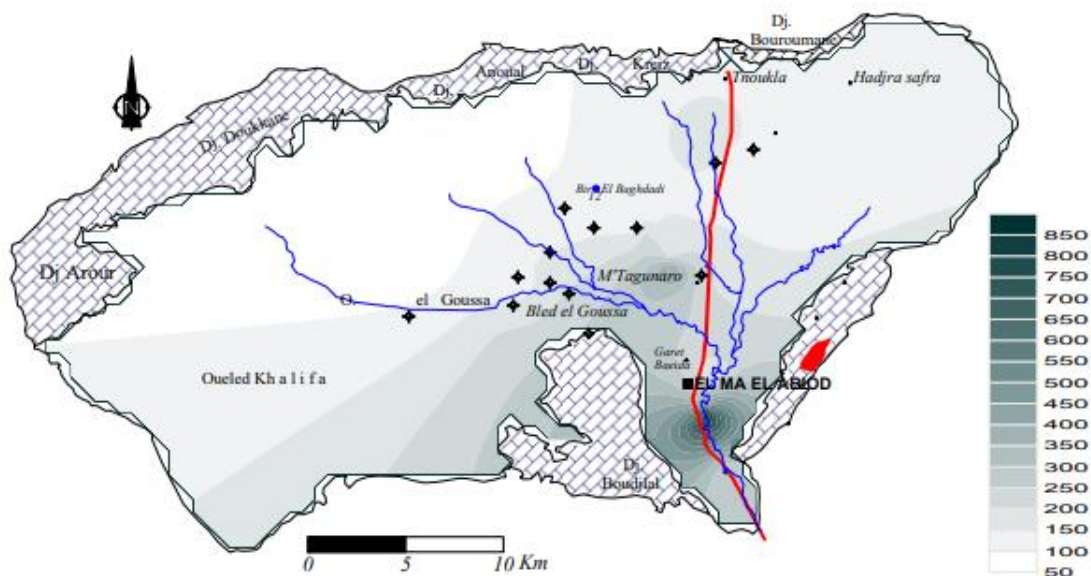
## V. Evolution des éléments chimiques dans le temps et dans l'espace :

A \_ dans le temps :

### Cartographie hydrochimique :

Le but de la cartographie est de créer la carte de la répartition spatiale d'élément étudié. La cartographie hydrochimique a été illustrée par la méthode d'interpolation, en utilisant le logiciel logiciel Surfer19et 10 (Golden software, 64bits)

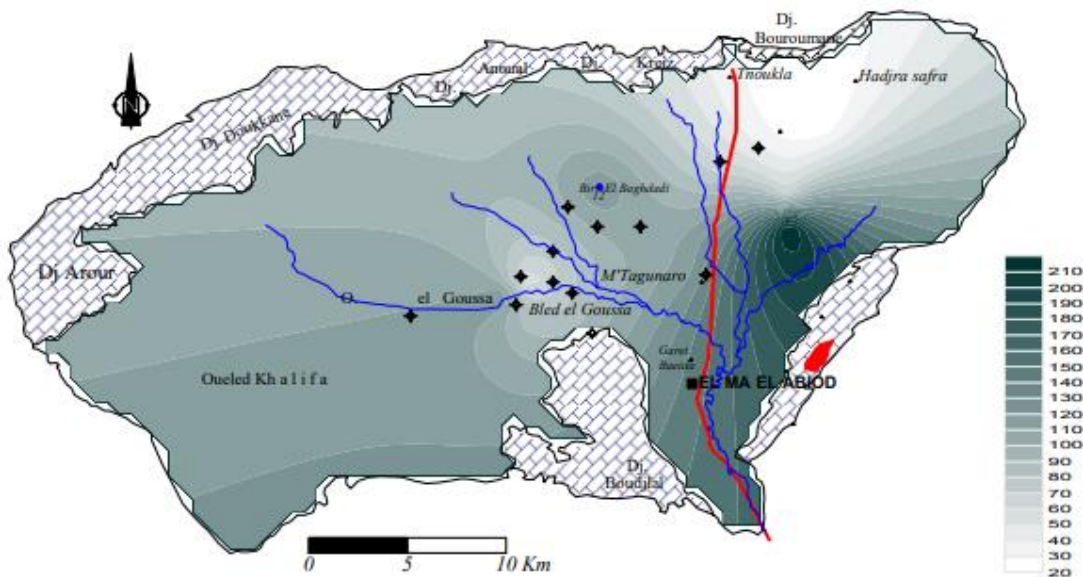
### Carte des chlorures :



*Fig. N°39 : Carte des Chlorures. 2000 (mg/l)(Rouabhia ABK)*

Les concentrations en chlorures pour cette période, suivent le sens d'écoulement. Elles sont faibles aux bordures, et se concentrent au centre et au sud à l'exécutoire du bassin.

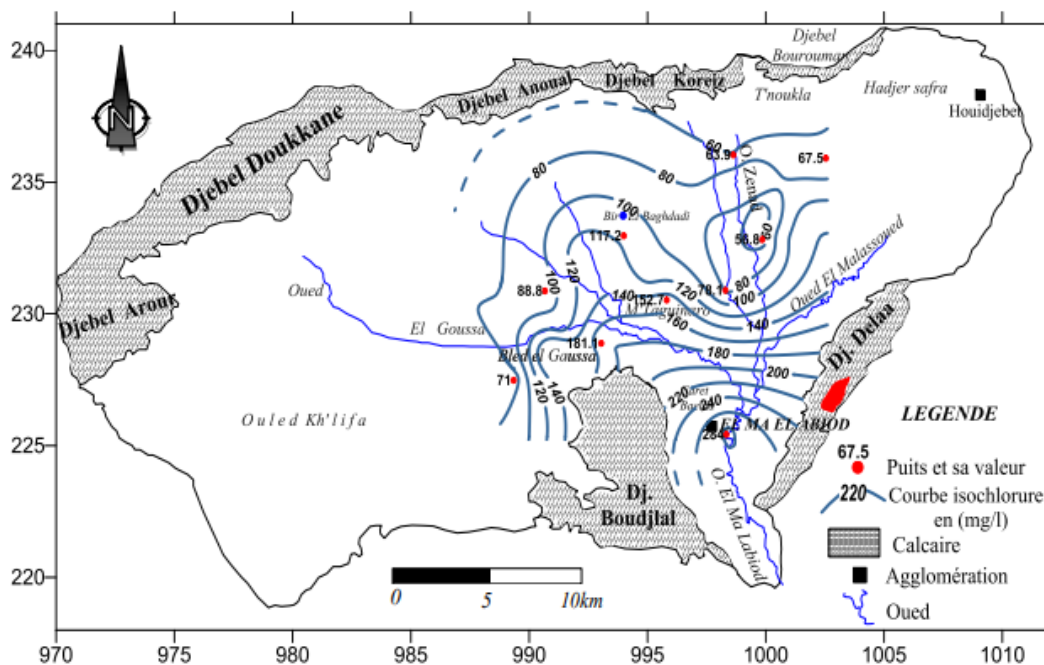
**Carte des chlorures. 2004 :**



**Fig N°40 .Carte des Chlorures. 2004 (mg/l) (Rouabhia .ABK)**

En mars 2004, les concentrations en chlorures sont dans les normes, elles sont toutes inférieures à 250mg/l. Une teneur de 215mg/l a été enregistrée du coté sud-est de la plaine.

**Chlorure 2013 :**

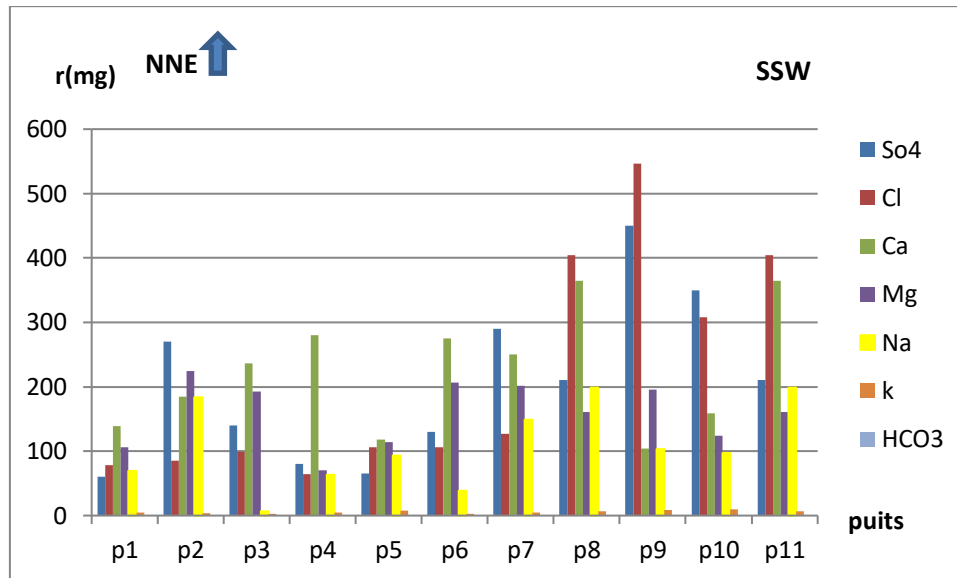


**Fig. N°41 : Carte des Chlorures 2013 (lakrin)**

Les concentrations en chlorures pour cette période, augmente suivant le sens d'écoulement. Elles sont faibles aux bordures, et se concentrent au sud à l'exutoire du bassin, issue des activités anthropiques et également aux formations salifères, Les concentrations en chlorures sont dans les

normes, elles sont toutes inférieures à 250mg/l une teneur de 220mg/l a été enregistrée du côté sud de la plaine.

**B. Evolution des éléments chimique dans l'espace :**



**Fig.N°42 : Répartition spatiale des éléments chimiques**

Les plus fortes concentrations des chlorures et calcium sont localisées au Sud ( p8,p9.,p10,p11 )de l'ordre de  $Cl^- = 546.2\text{mg/l}$ ,  $Ca^{2+} = 280.5$  par contre au nord ( p4,p5 ;p6,p7,p8 ) les concentrations n'excédant pas  $Cl^- = 150\text{ mg/l}$ ,  $Ca^{+2} = 280\text{ mg /l}$ .

La répartition spatiale des éléments chimiques montre que le chimisme est fortement influencé par la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques.

**Conclusion :**

L'étude et l'interprétation des données hydro chimiques des eaux souterraines et des eaux de surface dans la région d'étude nous a permis de faire les conclusions suivantes :

Suite à cette étude, on a pu retenir que les eaux du bassin d'El MALABIOD ont des caractéristiques physico-chimiques relativement variables; une température allant de 21 à 21.8°C, un pH de 7,8 à 8,4 et une conductivité électrique oscillant de 61.8 à 85.54µ s/cm

Les plus fortes concentrations sont localisées au Sud de l'ordre de 275 mg/l, par contre au nord les concentrations n'excèdent pas 100mg/l, La carte de calcium 2020 montre des valeurs très élevées au Sud de la plaine, avec des valeurs faibles au nord car les eaux souterraines ne sont pas encore minéralisées et proviennent de la dissolution des formations carbonatées de bordures. On remarque que les teneurs croissent dans le sens de l'écoulement.

On constate que les fortes concentrations coïncident avec la période des basses eaux, ce qui nous laisse penser que l'élévation des concentrations est due au phénomène d'évaporation.

- La répartition spatiale des éléments chimiques montre que le chimisme est fortement influencé par la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques.

Leur faciès dominant est chloruré et peut parfois être sulfaté calcique à magnésien. Dans l'ensemble, ces eaux sont bonnes à admissibles et peuvent alors être utilisées à la consommation humaine comme à l'irrigation est suggère un contrôle de l'évolution de leur salinité.

Le suivi de la qualité des eaux dans le temps a montré l'effet des précipitations et de l'évaporation sur la minéralisation des eaux souterraines, alors que l'évolution de la minéralisation se fait généralement dans le sens d'écoulement des eaux souterraines comme le montre la carte piézométrique.

Nous faisons l'accent sur les deux points de prélèvements, en première position le point (koriz ) et en deuxième position le point dit (Rhorira) , qui marque des traces importantes sur la pollution de toutes natures

## *Conclusion Générale*



La présente étude, qui a porté sur la nappe Miocène de la plaine d'El MALABIOD, située au Nord-est de l'Algérie, a abouti aux conclusions suivantes :

### **Etude géologique :**

Dans un premier temps, nous avons dégagé les premières remarques sur l'évolution géologique de la région. Il s'agit d'un haut plateau où on peut distinguer deux grands ensembles :

- ❖ Les affleurements de bordure d'âge Crétacé ;
- ❖ Les formations d'âge Miocène et Quaternaire occupant la totalité de la plaine.

La plaine se présente comme une cuvette, dont le substratum crétacé, calcareux et marneux, est séparé du Miocène, qui constitue la réserve principale de la région, par des éboulis très perméables.

### **Etude climatologique :**

La plaine d'El MALABIOD est soumise à un climat semi-aride, avec un hiver froid et peu pluvieux et un été chaud et sec, Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 238.218mm. pour une température moyenne annuelle de 13,75°C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de révéler une grande période de sécheresse, traduite par une évapotranspiration réelle moyenne qui est de l'ordre de 239.17mm, mobilisant la totalité des précipitations (100%), Avec un ruissellement faible et une infiltration insignifiante.

### **Etude hydrogéologique :**

Du point de vue hydrogéologique, le bassin d'El MALABIOD est composé essentiellement de deux nappes aquifères de nature différentes. Une alluviale, rencontrée dans les formations Quaternaire, et la nappe des formations d'âge Miocène est plus importante que la première qui constitue le principal réservoir d'eau dans la région d'étude. Les assises marneuses constitueraient un substratum imperméable.

Les enregistrements des trois piézomètres installés dans la plaine d'El MALABIOD (15 ans) révèlent un rabattement significatif qui est dû principalement à l'irrégularité des précipitations des dernières décennies et à la forte exploitation. Ce déséquilibre a conduit à un rabattement de la nappe miocène de 10 à 11.5 m.

La cartographie piézométrique des différentes campagnes d'observation a montré un écoulement convergent des bordures vers le centre de la plaine pour se diriger vers l'exutoire du bassin au sud.

La répartition spatiale des éléments chimiques a confirmé que l'origine de ces faciès est fortement liée à la nature lithologique de la nappe. La dissolution des formations carbonatées et évaporitiques est à l'origine de cette distribution. Le suivi de la qualité des eaux dans le temps et dans l'espace a montré l'impact des facteurs climatiques (les précipitations et l'évapotranspiration) sur la minéralisation des eaux de la nappe.

La forte minéralisation observée, particulièrement au Sud, qui n'est pas due uniquement à l'origine naturelle, mais elle est attribuée aussi aux activités anthropiques (eaux usées). La cartographie hydrochimique a distingué une zone à forte concentration au Sud, où la majorité des éléments chimiques présente des teneurs importantes.

Les résultats d'analyses effectuées et leurs représentations en formules et diagrammes, laissent dire que les eaux de sources avaient un faciès bicarbonaté-calcique, celles de surface sont plutôt chlorurées-calciques tandis que les eaux souterraines sont tantôt chlorurées-calciques ou magnésiennes, tantôt sulfatées-calciques.

La cartographie hydrochimique a montré une zonalité des concentrations d'éléments dosés ; en effet, le Sud de la plaine présente un état de vulnérabilité important et un niveau de risque à la pollution très élevé, ensuite c'est la zone centrale de la plaine qui doit être ciblée par une réglementation garantissant la protection des eaux souterraines en cet endroit.

Les résultats de ce travail nous permet de recommander la sensibilisation des autorités locales vis-à-vis le problème majeur de pollution et l'obligation de trouver des solutions en urgence ne se reste que pour l'aménagement des oueds drainants les eaux usées et une réflexion concernant l'utilisation abusive des engrais.



## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

**Agence National des Ressources hydrauliques (ANRH)** Constantine , Tébessa

**ALILAOUAR A. (1986)**, Ressource en eau d'une région semi-aride d'Algérie. Plaine d'El MALABIOD . Hydrodynamique et hydrochimie, Thèse Doc-Ing. Université Paul Sabatier Toulouse 204p

**AMRANI Fatma Zohra(1998/1999)**, Cartographie des parametres hydrodynamique ( Transmittivités et perméabilités) du remplissage miocène de la cuvette d'EL MALBIOD

**ANSER, 2012.** Guide pratique pour l'utilisation des indices et coefficients climatologiques. I.S.B.N : 978.9961

**BAALI F. LATRECHE Dj. (1 994)**, Approche hydrogéologique de la région d'El MALBIOD. Mémoire d'Ingénieur. IST Université de Annaba 168p.

**CASTANY G. (1968)** : Prospection et exploitation des eaux souterraines. Ed. Dunod Paris France 683p

**CASTANY G. (1982)** : Principes et méthodes de l'Hydrogéologie. Dunod Edit. Paris, 334p

**CASTANY G. et MARGAT (1977)** : Dictionnaire français d'Hydrogéologie. Bur. Rech. Géol. Minière, 249p.

**CASTANY. G, 1982. Principes et méthodes de l'hydrogéologie** .Edition Dunod, Paris, France, 236 pages.

**CBOUCHAOU L., CHAUVE P., MUDRY J., MANIA J., HSISSOU Y. (1997)** : Structure et fonctionnement d'un hydrosystème karstique de montagne sous climat semi-aride : cas de l'atlas de béni Mellal (Maroc). Journal of african earth sciences, Vol. 26, n°2. pp225-236. **Collection internationale ABH 4 et 5 juin 2012**

**Contrôle Technique Hydraulique (CTH)** , 1970-2016.Fichier technique des forages : M2, M4, M5, M7, M8, M9, M13, M14, M18.

**Dia T. et Souli M. (1989-1990)** : Contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine **D'EL MALABIOD**. (Tébessa) Mémoire d'ingénieur (Université de Constantine) 61p.

**DJEBARI Hacene, 2011.** Ressources et essais de gestion intégrée des eaux du bassin d'EL MALABIOD W de TEBESSA, Thèse de magister, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA

**DUROZOY G. 1949**, Captage d'El Ma El Abiod. Implantation des sondages de reconnaissances. Arch. Au S. C H. alger : rapport du 28/3/1947, 1947.coupes et carte géologique provisoire au 1/100.000 de la région d'El MALABIOD.

**Elie Serge Gaëtan SAURET, 2005.** Caractérisation hydrochimique et qualité des eaux souterraines du projet hydraulique villageoise 310 forages, dans la boucle du mouhoun : provinces des banwa,

des balles, du mouhoun et de la kossi (BURKINA FASO), Mémoire de fin d'études d'ingénieur géologue, 60 p.

**ERIC GILLI, CHRISTIAN MANGAN, JACQUES MUDRY, 2004.** Hydrogéologie : Objets, méthodes, applications, Paris, France, 292 pages.

**Guefaifia Omar** .Contribution a l'étude hydrogeologique de la nappe aquifère d'El Ma El Abiod. Université de Annaba. 1996. Magister.

**Journal officiel de la république algérienne, JORA, Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif la qualité de l'eau de consommation humaine.** Imprimerie Officielle, Algérie.

**LEKRINE Yacine, 2015.** Hydrodynamisme et minéralisation du complexe aquifère du bassin frontalier d'EL MALABIOD Wilaya de TEBESSA. Thèse de magister, Université Constantine1 ,157 p.

### **LES CARTE:**

MARSILY DE G. (2004) : Cours d'hydrogéologie. Université pierre & marie curie. 226p

**ROUABHIA Abdelkader, et al, 2004.** Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocène de la plaine d'El Ma El Abiod. N.E Algérie. Université d'Annaba, Algérie. 2006. Thèse de doctorat

**Rouabhia Aek** , cartes piézométriques et structures géologique et hydrogéologique du système aquifère de la plaine d' d'El MALABIOD.

**ROUABHIA Aek et BOUDOUKHA A (1996)** : Essai de synthèse sur l'hydrogéologie karstique du plateau de Chéria exp. du forage JK8. Séminaire national des sciences de la terre INH Boumérdes10p

**Rouabhia Aek, Baali F., Kherici N., Djabri L. (2004)** : Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El MA EL Abiod (Algérie) revue Sécheresse n°4, Vol.15

**Roubache. O et Fenni. D (1996)** : Contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine d'El MAELABIOD. (Tébessa) Mémoire d'ingénieur (Université de Constantine) 169 p

**Thornthwaite C. W. and Mather, J.R;** (1955), the water balance. Climatology 8(1), 104 p

**Verdeil P. (1988)** : Abaque pour calcul du déficit d'écoulement (Régions semi-arides).

**YASMINA Bouroubi** .projet, Réseaux de surveillance des ressources en eaux du Nord-est Algérien . <https://www.researchgate.net/publication/329864244>

# *L'ANNEXES*



# SONDAGE M<sub>1</sub> EL MA EL ABIOD

N° 527.3.235

Carte: n° 235 1/50 000

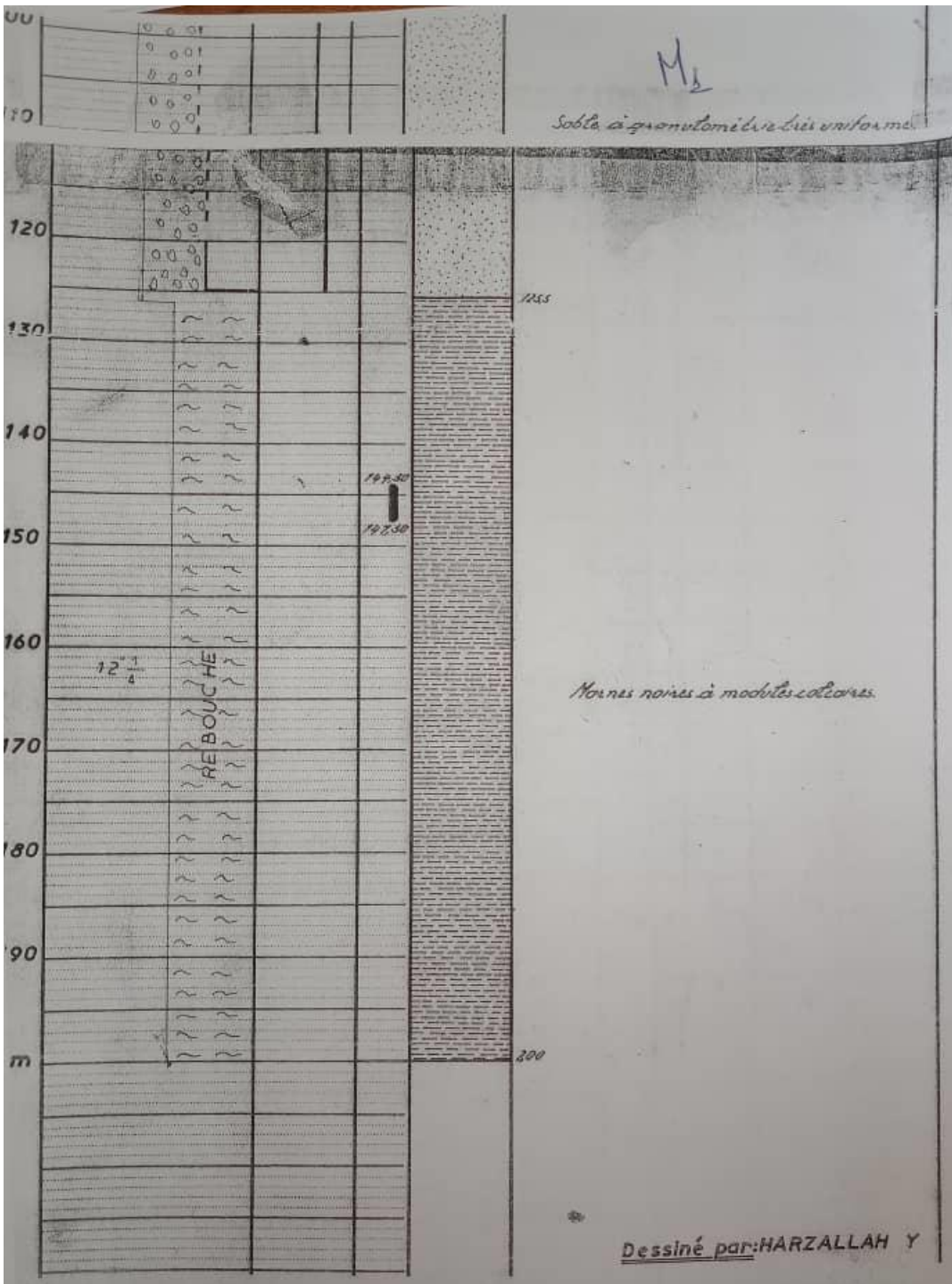
Date des travaux: 11.2.74 ou 7.5.74

Long: X 1000.525 Z 1093

Echelle de la coupe: vert. 1/500 hor. 1/10

Latit: Y 235.000

Profondeurs et cotes	Tubages et Cimentation	Plans d'eau	Échant.	Coupe	DESCRIPTION GÉOLOGIQUE	(sup)
000 m						
					2.5 3.5 4.4 5.5	Sable Argile sableuse Sable très fin argileux. Sable
10					7.5	Sable et gravier blanc quartziteux très propre.
					18.5 20.5	Sable et gravier avec présence d'oxyde de fer soit qui cimentent les grains soit en coating. Sable très fin et graviers avec matière argileuse.
20						Sable et graviers de moyenne grosseur avec oxyde de fer.
30	19"	13" $\frac{3}{8}$	34.5		36.5 38.5	Sable argileux argile vert clair.
40					41.5 42.5 43.5	Sable et sable grossier. Sable grossier argileux. Sable et sable grossier.
50					48.5 51.5 54.5	Sable et sable grossier à matière argileuse. Sable et sable grossier. Sable grossier à matière argileuse blanche qui sèche et peut devenir tendre et collante.
60					63.5	Sable granulo-métrique uniforme et clair.
70	73m				70.5 71.5 72.5 73.5 74.5	Sable argileux à argile sableuse. Argile pure grise Sable Argile Sable grossier argileux.
80					77.5 80.5 81.5 82.5	Sable grossier légèrement argileux. Sable grossier. Sable Sable argileux.
90	17" $\frac{1}{2}$				84.5 91.5	Sable à sable grossier. Sable à sable grossier à matière légèrement argileuse blanche.
100						
110						Sable à granulométrie très uniforme.

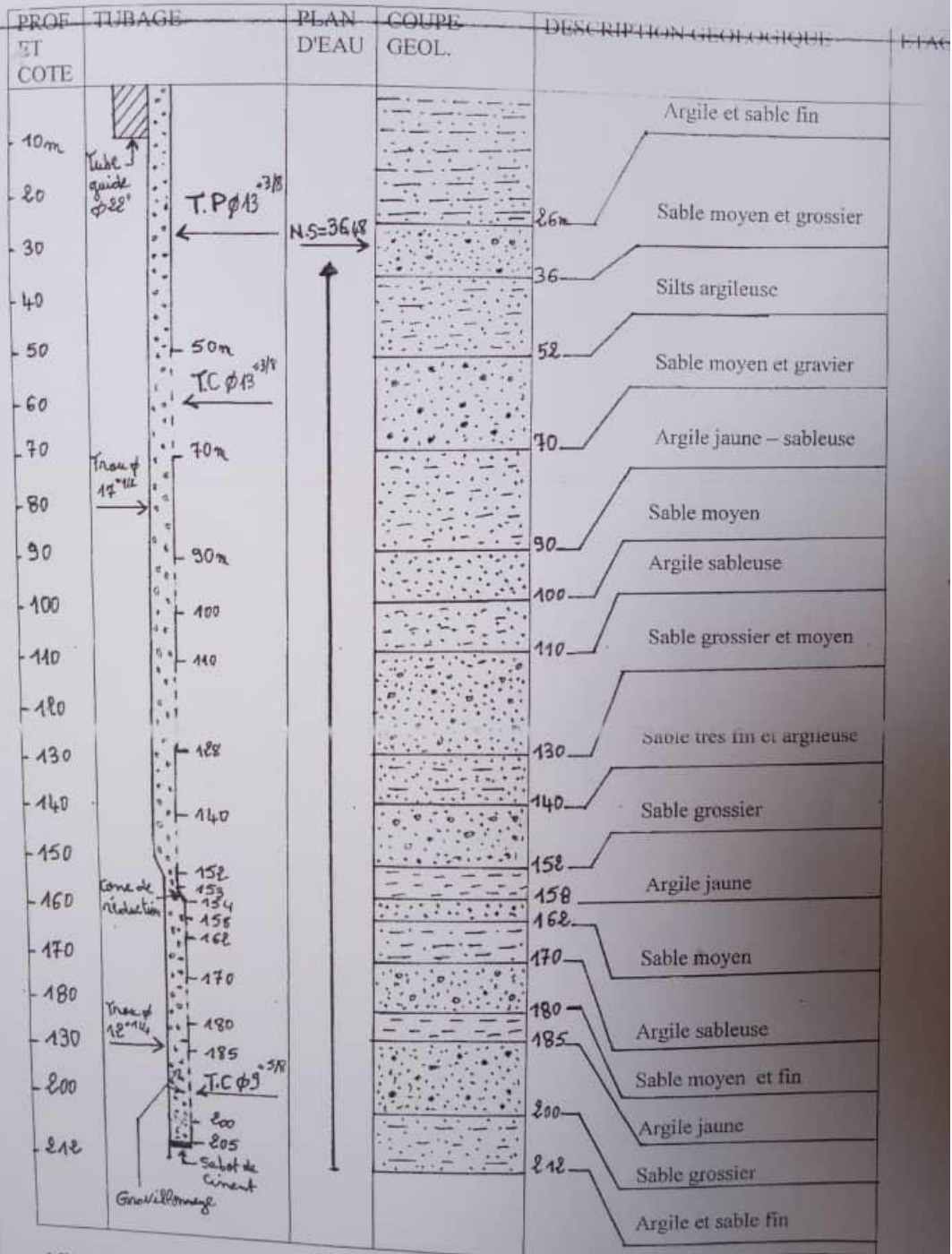


s à jour par \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_



SONDAGE : EL MALABIOD M7 BIS  
 CARTE : EL MALABIOD N° 235 ECHELLE 1/50.000  
 DATE DES TRAVAUX : DU 24/09/2005 AU 24/12/2005  
 ECHELLE DE LA COUPE : 1/1000

X = 992.780 Km  
 Y = 232.600 Km  
 Z = 1080 m



Mise à jour par : KHALLADI FATMA



COURBE DE DEBIT D'EXPLOITATION DU  
FORAGE EL MA LABIOD M7 BIS

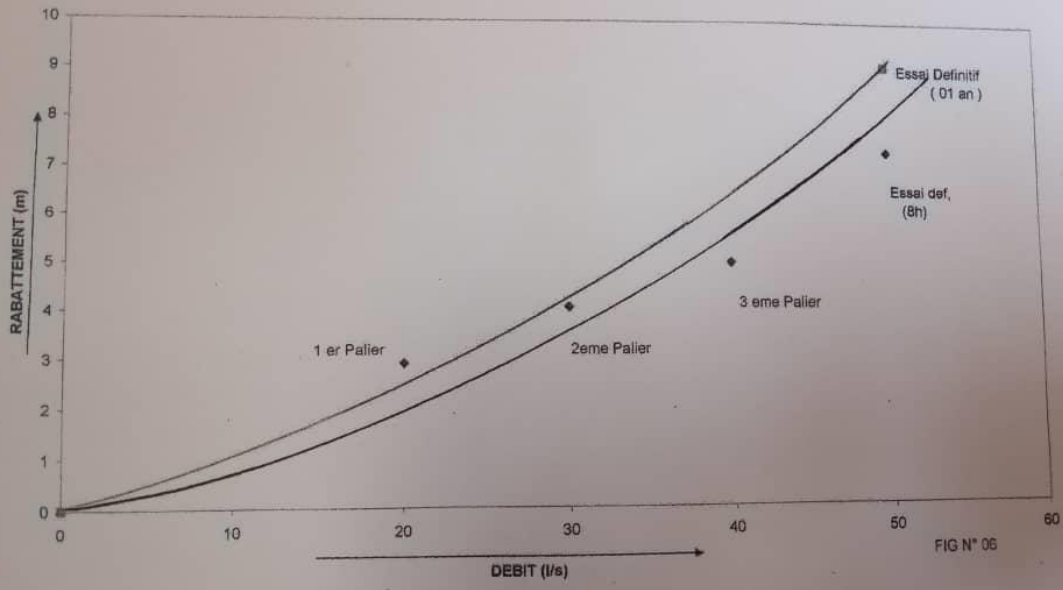


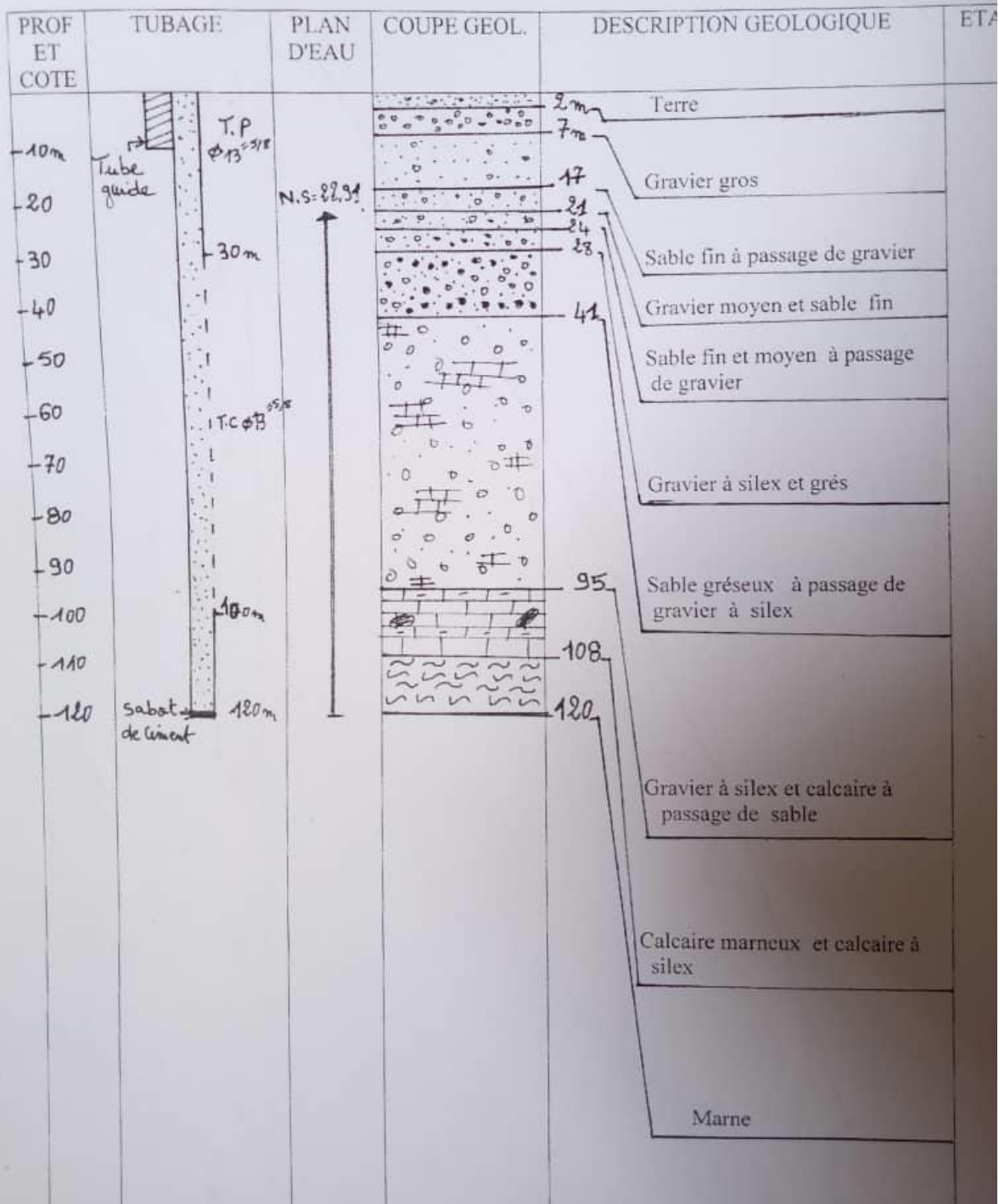
FIG N° 06





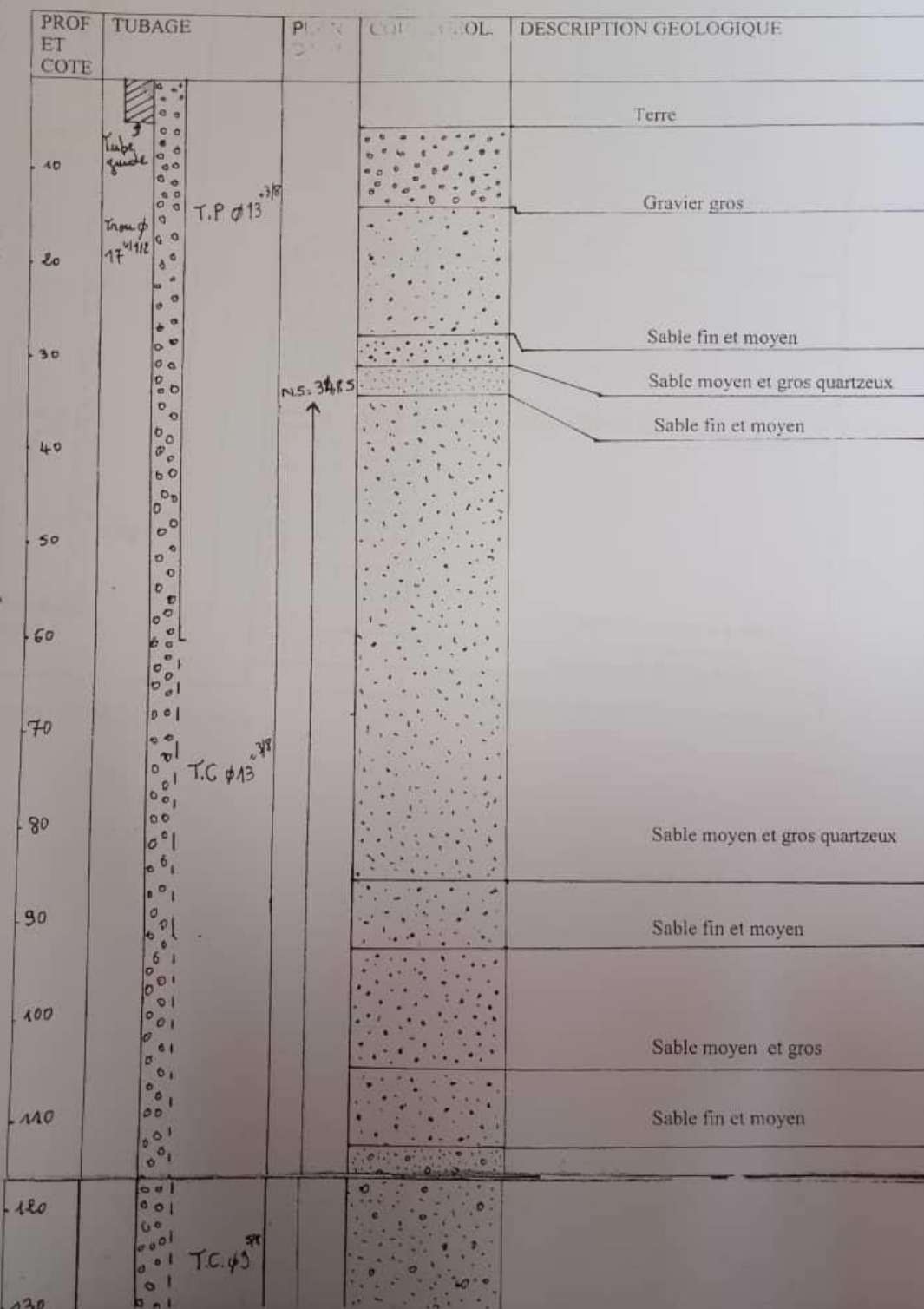
SONDAGE : EL MALABIOD M16  
 CARTE : EL MALABIOD N° 235 ECHELLE 1/50.000  
 DATE DES TRAVAUX : DU 14/06/2007 AU 28/08/2007  
 ECHELLE DE LA COUPE : 1/1000

X = 992.684 Km  
 Y = 229.991 Km  
 Z = 1067 m

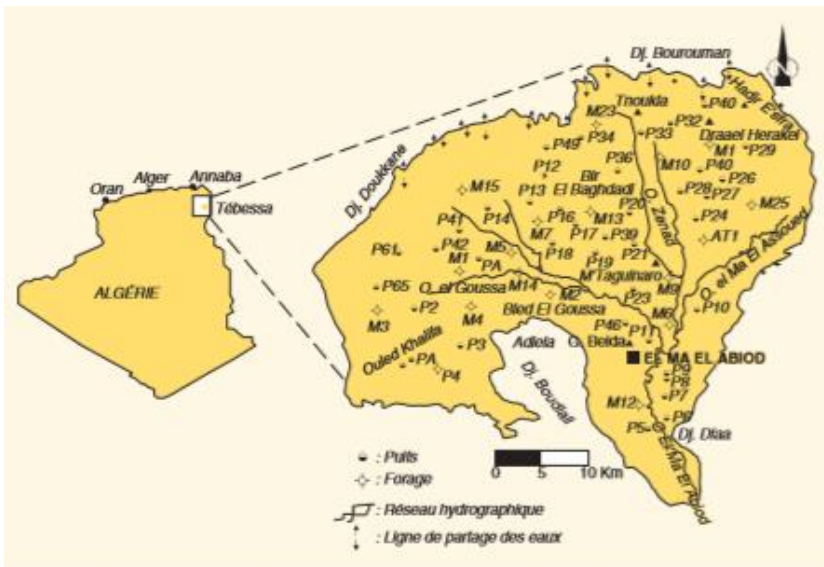


SONDAGE : EL MALABIOD M17  
 CARTE : EL MALABIOD : 235  
 DATE DES TRAVAUX : 20/07/2008  
 ECHELLE DE LA COUPE : 1/500

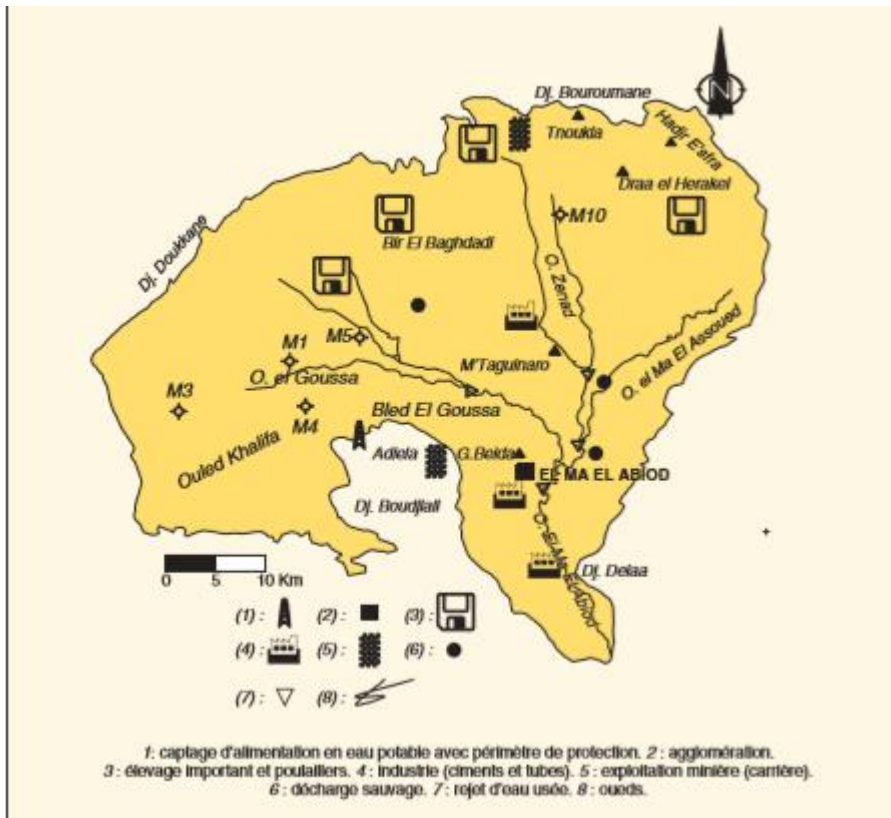
X = 991.250 Km  
 Y = 230.500 Km  
 Z = 1075 m







Carte de position les points d'eaux



Carte des sources de la pollution réelle ou potentielle des eaux