

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Larbi Tebessi-Tébessa**



**Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Géologie**

**Spécialité : Hydrogéologie**

**Mémoire de Mastère**

**Thème :**

*Contexte hydrogéologique, hydrochimique et géophysique de trois  
sous bassins contigus : cas d'El Ma El Abiod-Brisgane et Doukara*

**Présenté par :**

AOUACHRIA Nabil

BEKKAI Islem

**Devant de jury :**

<b>SEGHIR Karima</b>	<b>Président</b>	<b>MCA</b>	<b>Univ. Larbi Tebessi</b>
<b>GUEFAIFIA Omar</b>	<b>Rapporteur</b>	<b>MCA</b>	<b>Univ. Larbi Tebessi</b>
<b>BAALI Fethi</b>	<b>Examineur</b>	<b>Prof</b>	<b>Univ. Larbi Tebessi</b>

Date de soutenance

25/06/2020

1ere session

Année Université 2019-2020

## *Dédicace*

*Au nom du dieu le clément le miséricordieux*

*Je dédie ce travail*

*Je suis Islem et je dédie ce mémoire :*

*A ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement. A mon frère Omar et ma sœur Amani.*

*Menassel Rafik pour ses encouragements, demoiselle Soulaf Rekkab pour ses efforts durant l'année scolaire.*

*Je suis Nabil et je dédie ce travail :*

*à mon père Mohammed et ma mère Amra et mes frères et leurs enfants :*

*Wissal – Mohamed Ali – Lamis.*

*Mon binôme et mon ami Bekkai Islem et mes amis Hichem ...etc.*

## **Remerciements**

*Je suis **Islem** et je remercie mon Dieu de m'avoir donnée la sante et la foi Durante toute ma vie.*

*Je remercie mon père **Lazhar**, ma mère **Latifa**, mon frère **Omar** et ma sœur **Amani** d'être à mes coté.*

*Je tiens à remercier monsieur **GUEFAIFIA Omar** le chef de département aussi mon encadreur pour son soutien durant tout ces années scolaires. Grace à sa pédagogie et sa patience, j'ai pu obtenir mon diplôme du master 2 en hydrogéologie.*

*Je remercie également madame **SEGHIR Karima** pour son travail et sa gentillesse ainsi que monsieur **BAALI Fethi** qui était respectueux et serviable. Monsieur **Djebbassi Toufik** directeur du ANRH un homme si poli et affectueux. Monsieur **Djebari Hacene** qui était sérieux et travailleur sans oublier mon partenaire de mémoire, mon binôme, mon ami **Aouachria Nabil** pour le soutien et le lieu qui s'est crée entre nous.*

*Je remercie aussi l'équipe de l'hydraulique pour leur collaboration.*

-----

*Je suis **Nabil** et Je remercie Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces années d'étude.*

*Au terme de ce mémoire, mes remerciements s'adressent à tous ceux qui, directement ou indirectement, ont contribué à faciliter ma tâche.*

*Monsieur **GUEFAIFIA Omar**, a bien voulu suivre et orienter ce travail. Ses encouragements et ses recommandations ont permis de finaliser ce projet.*

*Monsieur **SEGHIR Karima**, a agréé de présider le Jury d'examen. Qu'il en soit remercié.*

*Mes remerciements s'adressent également à Messieurs **BAALI Fethi** d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Je n'oublie pas de remercier mes collègues. Et aussi toute l'équipe de la promo et tous amis, pour leurs soutiens et encouragements.*

## TABLE DES MATIÈRES

Table de matière.....	1
Listes des Figures.....	5
Liste des Tableaux.....	7
Résumé.....	8
Introduction Générale.....	10

### Chapitre I : Cadre générale et situation géographique.

I-1. Situation géographique .....	12
I-2. Réseau hydrographique .....	14
I-3. Topographie .....	15
I-4. Le couvert végétal .....	16

### Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

I – Introduction .....	18
II – La région d'El Ma El Abiod .....	18
II – 1 : Stratigraphie et Description Lithologique Des Formations .....	18
II- 2- Trias .....	18
II- 3- Crétacé .....	18
II-3.1. Aptien moyen et inférieur .....	19
II-3.2. Aptien supérieur .....	19
II-3.3. Albien inférieur .....	19
II-3.4. Albien supérieur .....	19
II-3.5. Cénomaniens .....	20
II-3.6. Turonien .....	20
II-3.7 Campanien inférieur – Emscherien .....	21
II-3.8 Campanien supérieur – Mæstrichtien .....	21
II-4 TERTIAIRE .....	23
II-4.1 Miocène .....	23
II-5 Quaternaire .....	23
II– 6 Tectonique de la région .....	25
II– 6-1– Style tectonique .....	25
II– 6-2– Phases tectoniques .....	26

III - La région de Doukkara .....	26
III -1.1 Le Trias .....	27
III -2.2 Crétacé inférieur .....	27
III -2.3 Crétacé supérieur .....	27
III -3- L'Emschérien .....	27
III -4- Campanien-Maestrichtien .....	27
III -5- Miocène .....	28
III -6- Quaternaire .....	28
III -7- TECTONIQUE .....	29
IV- Conclusion .....	30

### **Chapitre III : Géophysique.**

I – Introduction .....	32
II – La région d'El Ma El Abiod .....	32
II – 1 Interprétation des coupes géo-électriques .....	33
II – 2 Coupe transversale 1 (Nord-Sud) .....	33
II – 3 Coupe transversale 2. (Nord-Sud) .....	34
II – 4 Coupe transversale 3. (Nord-Sud) .....	35
II – 5 Coupe transversale 4. (Sud-ouest - nord-est) .....	36
II – 6 Profil longitudinal 5 (Sud-ouest Nord-est) .....	38
III – La région de Doukkara et Berzegual .....	38
III – 1 Interprétation des coupes géo électriques .....	38
III – 1.1 Etalonnage .....	38
III – 1.2 Carte des résistivités apparentes en AB=1000 m.....	39
III – 1.3 Objectifs hydrogéologiques et possibilités d'existence d'aquifère .....	40
IV – Conclusion .....	40

### **Chapitre IV : Hydroclimatologie.**

I – Introduction .....	42
II – La pluviométrie .....	42
II – 1 Variations des précipitations mensuelles .....	43

II – 2 Les Hauteurs annuelles .....	44
II – 3 Coefficient pluviométrique relatif .....	45
III – La température .....	45
III – 1 Température moyenne mensuelle .....	46
III – 2 Détermination des indices climatiques .....	47
III – 2.1 Diagramme pluviothermique .....	47
III – 2.2 L'indice d'aridité de E. DE Martone .....	47
IV – Le Bilan Hydrique .....	48
IV – 1 L'Évapotranspiration .....	48
IV – 1.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) .....	48
IV – 1.1.2 Formule de L. Turc .....	48
IV – 1.2 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	49
IV – 1.2.1 Formule de C.W. Thornthwaite .....	49
IV – 1.3 Estimation de la réserve facilement utilisable .....	50
IV – 2 Bilan hydrique par la méthode de G. W. Thornthwaite .....	50
IV – 3 Le ruissellement .....	52
IV – 4 L'infiltration .....	53
Conclusion .....	53

### **Chapitre V : Hydrogéologie.**

I – Introduction .....	56
II – La région d'El Ma El Abiod .....	56
II – 1 Structure du système .....	56
II – 2 Conditions aux limites des aquifères de la plaine d'El Ma El Abiod .....	57
II – 2.1 Nappe alluviale .....	57
II – 2.2 Nappe miocène .....	57
II – 3 Inventaire des points d'eau .....	58
II – 4 Etudes des paramètres hydrodynamiques .....	58
II – 4.1 La Piézométrie .....	59
II – 5 Estimation et répartition des paramètres hydrodynamiques .....	61
II – 6 Essais de Pompage .....	62
III – La région de Doukara .....	63
III – 1 Carte d'inventaire des points d'eau .....	63
III – 2 Interprétation de la carte d'égale profondeur du niveau d'eau .....	64

IV – Conclusion .....	65
-----------------------	----

### **Chapitre VI : Hydrochimie.**

I – Introduction .....	68
II – Paramètres physico-chimiques et Identification des faciès .....	68
II – 1 Paramètres physiques .....	68
II – 2 Paramètres et Faciès chimiques .....	69
II – 2.1 Classification de Stabler .....	69
II – 2.2 les diagrammes .....	69
II – 2.3 Interprétation par le diagramme de Piper .....	74
III – Evolution spatiotemporelle .....	76
III – 1 Evolution des elements chimiques majeurs (anions) des trois bassin .....	76
III – 2 Evolution des elements chimiques majeurs (cations) des trois bassin .....	76
IV – Conclusion .....	77
Conclusion générale .....	79
Bibliographie .....	82
Annexes .....	83

## LISTE DES FIGURES

- Fig.01 : Situation géographique et administrative de la plaine d'El Ma El Abiod.
- Fig.02 : Situation géographique de Doukkara.
- Fig.03 : Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Ma El Abiod (In H. DJEBARI 2012)
- Fig.04 : Représentation en 3D.de la plaine D'El Ma El Abiod (In LEKRINE Yacine 2015)
- Fig.05 : Permis Djebel Doukkane Forage Pétrolier Boudjellal-2 [BDJ-2] (source ANRH)
- Fig.06 : Esquisse géologique de la région d'El Ma El Abiod d'après G. DUROZOY.
- Fig.07 : Coupes géologiques à travers le bassin d'El Malabiod d'après G. DUROZOY.
- Fig.08 : Esquisse tectonique de la zone d'étude (W.M.Kowalski et al. 1997).
- Fig.09 : Extrait de la carte géologique d'Algérie.
- Fig.10 : Carte des profils géo-électriques/Bassin d'El Ma El Abiod.
- Fig.11 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° I traversant les forages ; *M7*, *M5*, *M4* et *M15*. (In Magister O.Guefaïfia 1996)
- Fig.12 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° II traversant les forages ; *M10*, *M9*, et *M6*. (In Magister O. Guefaïfia 1996)
- Fig.13 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° III traversant les forages ; *M1*, *M6* et le puits *P23*. (In Magister O. Guefaïfia 1996).
- Fig.14 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°IV traversant les forages *M15*, *M2*, *M13* et *M10*. (In Magister O. Guefaïfia 1996)
- Fig.15 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°V traversant les forages *M3*, *M8*, *M5* et le *S23*. (In Magister O. Guefaïfia 1996)
- Fig.16 : Carte des résistivités AB= 1000
- Fig.17 : Station pluviométrique et leur code/Bassin d'El Ma El Abiod
- Fig.18 : variation des moyennes des précipitations mensuelles.
- Fig.19 : Les Hauteurs annuelles sur période de 10ans (2007\2017) à la station d'El Ma El Abiod.
- Fig.20 : Courbe représente les températures moyennes mensuelles.
- Fig.21 : diagramme pluviothermique.
- Fig.22 : Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d' d'El Ma El Abiod.

Fig.23 : Carte des conditions aux limites.

Fig.24 : Carte d'implantation des points d'eau bassin d'El Ma El Abiod.

Fig.25 : Carte piézométrique Avril 2013/Bassin d'El Ma El Abiod (In Lekrine.Y 2015).

Fig.26 : Carte piézométrique Septembre 2013/Bassin d'El Ma El Abiod (In Lekrine.Y 2015)

Fig.27 : Carte de Perméabilité Bassin d'El Ma El Abiod.

Fig.28 : Carte de Transmissivité Bassin d'El Ma El Abiod.

Fig.29 : Courbe de descente Forage M8bis. (In Lekrine.Y 2015)

Fig.30 : Carte d'inventaire des points d'eau.

Fig.31 : Carte d'égale profondeur de niveau d'eau.

Fig.32 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff Bassin d'El Ma El Abiod.

Fig.33 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff bassin de Brisgane.

Fig.34 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff Bassin de Doukara.

Fig.35 : Diagramme de Piper des puits a la région d'étude.

Fig.36 : Représentation graphique des évolutions des anions.

Fig.37 : Représentation graphique des évolutions des cations.

## ***LISTE DES TABLEAUX***

Tab n°1 : Lithologie et résistivités des forages M4 et M5 à la plaine d'El Ma El Abiod.

Tab n°2 : Lithologie et résistivités des forages M6 et M9, M10 à la plaine d'El Ma El Abiod.

Tab n°3 : Lithologie et résistivités des forages M1 et P23, M6 à la plaine d'El Ma El Abiod.

Tab n°4 : Lithologie et résistivités des forages M13 et M2, M10, M15 à la plaine d'El Ma El Abiod.

Tab n°5 : La station pluviométrique du bassin d'El Ma El Abiod

Tab n°6 : Moyenne des précipitations mensuelles sur une période de 10 ans (2007/2017)

Tab n°7 ; Les Hauteurs annuelles sur une période de 10ans (2007\2017)

Tab n°8 : les années excédentaires et les années déficitaires par rapport le Coefficient pluviométrique.

Tab n°9 : les températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa (2007/2008-2016/2017).

Tab n°10 : Indice d'aridité de E. DE Martone et type de climat.

Tab n°11 : ETR selon la méthode de L. Turc.

Tab n°12 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Malabiod.

Tab n°13 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod pour l'année (2008/2009).

Tab n°14 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour période de 10 ans.

Tab n°15 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite Pour l'année (2008/2009).

Tab n°16 : Ruissellement selon la méthode de Tixeront-Berkaloff.

Tab n°17 : Valeurs de perméabilité et de transmissivité des forages (ANRH).

Tab n°18 : classification des eaux selon leurs conductivités.

Tab n°19 : classification de Stabler des puits de la région d'El Ma El Abiod.

Tab n°20 : classification de Stabler des puits de la région de Brisgane.

Tab n°21 : classification de Stabler des puits de la région de Doukara.

## RESUME

Le thème aborde concerne le contexte hydrogéologique, géophysique et hydrochimique de trois sous bassins contigu : cas d'El Ma El Abiod, Brisgane et Doukara.

Ainsi, du point de vu hydrogéologique il a été décrit les caractéristiques des eaux souterrains ; en décrivant les écoulements souterrains et leurs paramètres hydrodynamique.

En étudiant la géophysique réalisée dans les trois sous bassins ; on a pu déterminer la géométrie des aquifères existant.

L'étude hydrochimique définit d'après les teneurs des éléments chimique majeurs nous a permis de déterminer les facies chimiques et la variation de ces éléments du Nord au Sud.

Enfin, l'ensemble des données hydrogéologique, géophysique et hydrochimique peuvent argumenter le fait d'une relation apparente entre les trois sous bassins.

### ملخص

يغطي هذا الموضوع السياق الهيدروجيولوجي والجيوفيزيائي والهيدروكيميائي لثلاثة أحواض فرعية متجاورة: الماء الابيض، بريزقان وذكارة.

من وجهة النظر الهيدروجيولوجية، تم وصف خصائص المياه الجوفية من خلال التدفقات الجوفية خصائصها الهيدروديناميكية.

من خلال دراسة الجيوفيزياء التي تمت في الأحواض الفرعية الثلاثة. تمكنا من تحديد هندسة طبقات المياه الجوفية الحالية.

سمحت لنا الدراسة الهيدروكيميائية التي تم تحديدها وفقاً لمحتويات العناصر الكيميائية الرئيسية بتحديد الوجه الكيميائي وتنوع هذه العناصر من الشمال إلى الجنوب.

وأخيراً، يمكن لجميع البيانات الهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية والهيدروكيميائية أن تدعم حقيقة وجود علاقة واضحة بين الأحواض الفرعية الثلاثة.

### Abstract

This theme covers the hydrogeological, geophysical and hydrochemical context of three contiguous sub-basins: the case of El Ma El Abiod, Brisgane and Doukara.

From the hydrogeological point of view, the characteristics of groundwater have been described; by describing underground flows and their hydrodynamic parameters.

By studying the geophysics carried out in the three sub-basins; we were able to determine the geometry of the existing aquifers.

The hydrochemical study defined according to the contents of the major chemical elements allowed us to determine the chemical facies and the variation of these elements from North to South.

Finally, all of the hydrogeological, geophysical and hydrochemical data can support the fact of an apparent relationship between the three sub-basins.

## Introduction Générale

Dans le but d'identifier la relation entre quelques bassins aquifères dans le sud de Tébessa notre étude basée sur l'interprétation des données géologique, géophysique et hydrogéologique pour les régions : d'El-Ma El Abiod, Brisgane et Kheneg-Doukara, qui sont localisées à une trentaine de Kms de Tébessa, s'étend sur 45 km environ le long de la route nationale Tébessa-El-Oued dans le sens N-S et sur 06 à 10kms en largeur.

La zone d'El Ma El Abiod est une circonscription administrative de Tébessa, dont elle est distante de 28,7km. Limitée par la Daïra d'Oum Ali au Sud, la frontière algéro-tunisienne à l'Est, la ville de Tébessa au Nord et la Daïra de Chéria à l'Ouest. Avec une topographie et un relief d'amplitude variable. On distingue au nord et au sud le haut pays ; une série de monts escarpés, dont l'altitude oscille de 1 432m (Djebel El Gautra) à 1 556m (Djebel Anoual), au centre le bas pays, zone dépressionnaire ayant une altitude moyenne de 1 020 à 1 200m, qui forme la plaine. Le nombre de cours d'eau, dans cette région semi-aride, est limité toutefois, le réseau y est dense, marqué d'affluents secondaires, sinueux, intermittents et à pentes raides. On cite Oued El Goussa (28,2Km), Oued El Malassoued et Oued Ez'Zned qui, leur confluence forme Oued El Ma El Abiod. La densité de drainage (Dd) est de 2,27km/km<sup>2</sup> et le temps de concentration est de 16h et 36 min.

La zone de Brisgane se trouve au Sud de la plaine d'El Ma EL Abiod (au Sud-Ouest de la Ville de Tébessa) bordé au Nord par une chaîne de montagnes de moyennes à hautes altitudes (Djebels Doukkane, Anoual et Bouroumane).

La zone de Kheneg-Doukara appartient à la région d'Oum Ali à 30 km au Sud de la Wilaya de Tébessa. Elle est limitée par la Daïra de Safsaf El Ouessra au Sud, la frontière algéro-tunisienne à l'Est, et la Daïra de El-Ma El Abiod au Nord. Elle comporte en fait deux parties distinctes du point de vue topographique :

Le bassin synclinal septentrional est limité au Nord par le Djebel El Dalaa, les Djebels Es Semaya, Siyar et Merfeg à l'Est. L'extrémité orientale du massif de Boudjellal, les djebels El Kouima et Mahrauga à l'Ouest. Son altitude est comprise entre les cotes 950m et 1050m.

Le bassins Sud reste ouvert à l'Est et est limité par la frontière tunisienne. Le Djebel Serraguia le ferme au Sud, alors qu'à l'Ouest sa limite est formée par des collines peu élevées. L'altitude de cette partie est comprise entre 880m et 1000m.

Les deux bassins sont séparés par les djebels Kheneg et Bou Gafer qui constituent, de plus un axe anticlinal.

Le présent travail s'articule autour de six chapitres relatifs à :

- 1) Cadre général : situation géographique des zones d'étude.
- 2) Le cadre géologique : description géologique des formations existante sur les sites d'étude ainsi que les structures tectoniques.
- 3) La géophysique : traitement des données géophysique dans le but de donner une idée sur la géométrie des aquifères.
- 4) L'hydroclimatologie : traitement et analyses des données pluviométriques et climatiques des zones d'étude.

### I – Situation géographique :

La région d'étude se situe au nord-est de l'Algérie, dans la wilaya de Tébessa, à environ 29 kilomètres au sud-ouest du chef-lieu et à proximité immédiate de la frontière tunisienne, elle se trouve à 260 km au Sud-est de la mer Méditerranée, Elle appartient entièrement au bassin versant saharien et fait partie intégrante des hauts plateaux.

Le site de Brisgane se localise au Sud de la plaine d'El Ma El Abiod et aussi à une quarantaine de de la wilaya de Tébessa, la région de Doukara est séparée de celle de Brisgane par la zone de Khinig, l'altitude de cette partie est comprise entre 880 mètres et 1000 mètres.

- La limite Nord de la plaine d'El Ma El Abiod est formée par les massifs calcaires de Dj Doukkane, Dj Anoual et Dj Bouroumane. Cet axe constitue la limite entre les grands bassins versant : Medjerdah à écoulement vert le Nord et Oued Melrhir à écoulement vers le Sud.
- La limite Sud est constituée par les monts de Boudjelal, El Guelia et Ed'Dalâa. Et par le synclinal de Bir Sbeikia d'âge Mio-Quaternaire.
- La limite Ouest est formée par Guebel Er'Rouiss et Draâ Douamiss.
- La limite Est de la plaine s'approche du territoire tunisien dans la région de Koudiat Sidi Salah, qui matérialise les confins du côté du territoire tunisien.

El Ma El Abiod est une circonscription administrative de Tébessa, Elle est l'une des Daïras que compte la wilaya. Selon le découpage administratif, ses confins sont :

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

Les limites des zone Brisgane et Doukara ce présent comme suit :

- Au nord la région d'El Ma El Abiod.
- A l'Est la frontière algero-tunisienne.
- A l'ouest Dj.Boudjelal et Dj Drimine.
- Au sud la zone SafSaf El Ouesra.

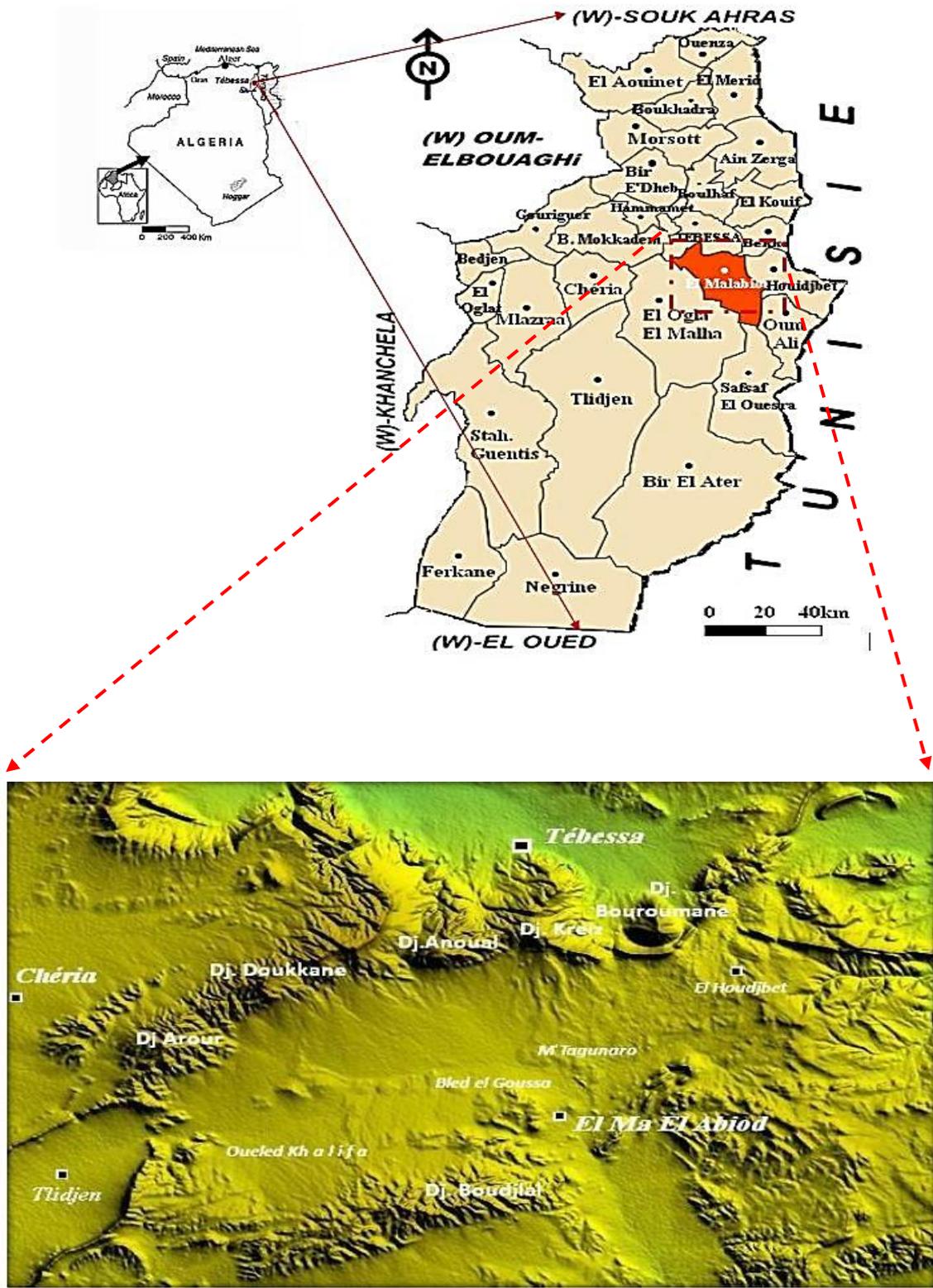


Fig.01 : Situation géographique et administrative de la plaine d'El Ma El Abiod.



Fig.02 : Situation géographique de Doukkara.

## II – 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 confluent en amont de la ville d'El Ma El Abiod et forment L'Oued El Ma El Abiod 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 qu'Oued Kriz et celui d'Oued Es-Sagui, son drainage s'effectue d'Ouest vers l'Est.

- **Oued El Ma El Abiod** : c'est l'oued principal avec un écoulement pérenne ou se conflue les différents oueds secondaires cités précédemment Malgré la forte densité de ce réseau hydrographique dans la région d'étude, il reste le type torrentiel avec un écoulement temporaire (Fig.02).

Nous trouverons à l'Est des grands bassins (bassin d'Oum Ali et SafSaf) en parallèle avec les frontières tunisiennes O. Brisgane, O.Rtouta, O.Oussera, qui rejoignent tous O.Safsaf qui présente l'oued principale et qui rejoint à son tour O.ElKsob et O.Reznata.

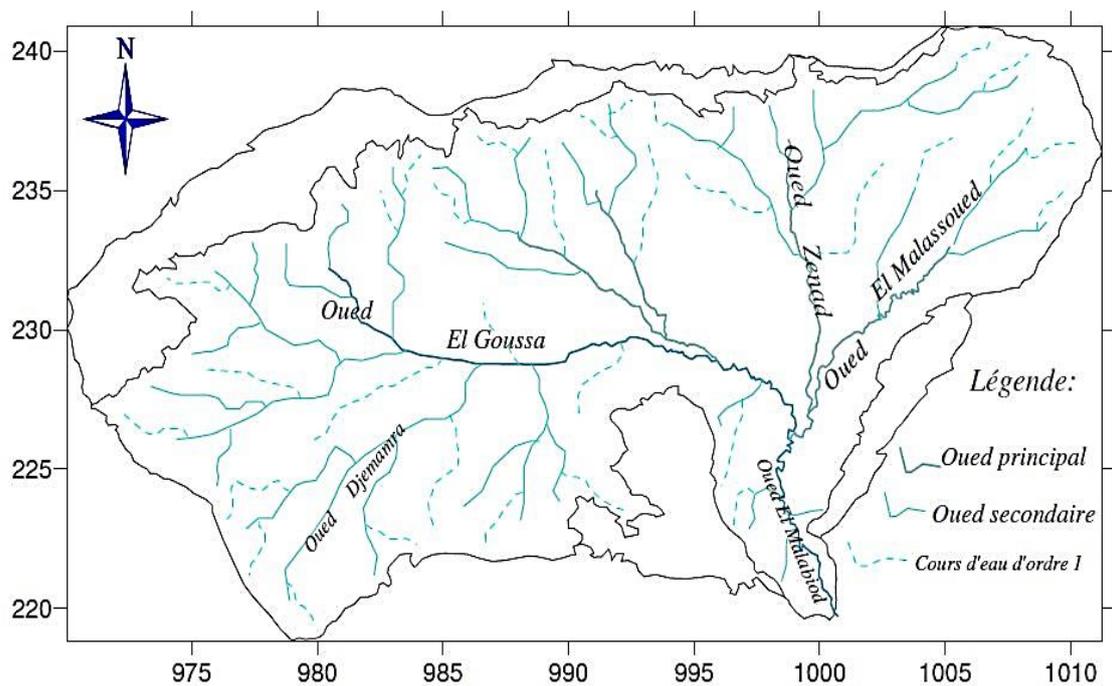


Fig.03 : Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Ma El Abiod (In H. DJEBARI 2012)

### III – Topographie :

La région d'étude présente au fait l'allure d'une dépression dont la forme d'une cuvette. Son altitude au centre de la cuvette varie entre 1020 et 1200m vers le nord de la région étudiée, le sommet le plus haut de la région est le Dj Doukkane situé au nord et qui présente une altitude de 1600m. La partie centrale de la région est constituée d'une plaine à pente douce encadrée par des massifs calcaires au nord et au sud.

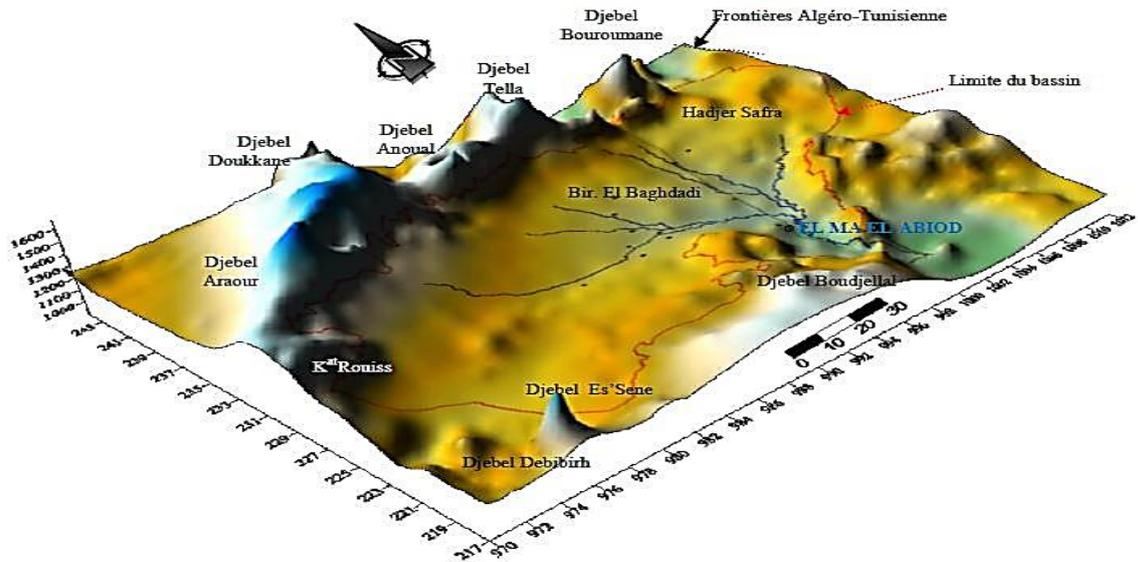


Fig.04 : Représentation en 3D.de la plaine D'El Ma El Abiod (In LEKRINE Yacine 2015)

## IV – 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 rare vers le sud jusqu'à disparition en limite sud au Dj.Boudjelal. Par opposition avec les plaines de Mellégue et les mots de Tébessa, les montagnes, bordant la plain d'El Ma El Abiod, 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 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 ou domine l'Afa.

Le couvert végétal y est varié, avec une dominance du domaine forestier (23,29%), 27 400ha c'est des terres agricoles, le reste c'est des parcours, des terres incultes ou improductive.

# **Géologie de la région d'étude**

## I – Introduction :

Ce chapitre décrit les informations utilisées pour la réalisation de ce travail, ainsi que les éléments pertinents du territoire à l'étude, notamment la géologie, la tectonique.

La zone étudiée fait partie de l'Atlas Saharien, la zone soumise à l'étude est connue par son relief contrasté ; dont des plis d'axes Sud-Ouest –Nord-Est limitant, du Nord comme du Sud, une plaine à pente douce.

La limite nord que constitue l'axe Dj Doukkane -Dj Anoual- Dj Bouroumane..., se comporte comme ligne de partage des eaux entre le grand bassin de la Medjerdah ; à écoulement vers le Nord (vers la mer) et celui de Melghir ; qui lui, draine au Sud.

La couverture sédimentaire composée de :

- Trias du type germanique en diapirs.
- Grés et Argiles bariolés de la base miocène.
- Dépôts, du type épicontinental avec variations de faciès et d'épaisseur, orientés selon une direction Sud-Ouest – Nord-Est (allant de l'Aptien au Maastrichtien).

Les assises crétacées, ont été affectées à leur tour, par des plissements de direction SW-NE.

## II – La région d'El Ma El Abiod :

### II – 1 : Stratigraphie et Description Lithologique Des Formations :

La litho stratigraphie du bassin d'El Ma El Abiod présente deux grands ensembles :

Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées 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 du bassin.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique présente des lacunes (absence des formations éocènes) dont la description, est la suivante :

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

### II – 2 Trias :

Seule la partie méridionale de la plaine d'El Ma El Abiod à Dj 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 Dj Djebissa, le Trias apparaît en diapir.  
-Argile rouges à gypse. -calcaire et calcaires dolomitique noirs plaquettes.

### II – 3 Crétacé :

#### II – 3.1 Aptien moyen et inférieur :

A l'extrémité Nord de la zone d'étude, au flanc Est de Dj Bouroumane affleure un ensemble de calcaire et de dolomie. La partie inférieure est presque entièrement dolomitique. Les orbitolines sont abondantes.

Dans les intercalations de calcaire rognon eux, on note la présence de quelques rudistes. L'épaisseur moyenne est de 400m.

Au sud de la plaine d'EL Ma El Abiod, à Koudiat Adeila, le forage pétrolier Boudjella2 (BDJ-2) a intercepté l'Aptien moyen et inférieur respectivement aux côtes 2531m et 2786m. Ainsi l'Aptien moyen se présente sous forme de calcaire gris clair à gris brunâtres, durs, compacts, bioclastiques, pseudo-oolitique et légèrement dolomitiques, avec de fines passes d'argile verte et grise légèrement carbonatée, souvent feuilletée. Son épaisseur est de l'ordre de 225m.

L'Aptien inférieur se détermine par des alternances de marnes gris foncé, compacts, carbonatées et de calcaires gris foncé, compacts, cryptocristallins, parfois argileux. L'épaisseur moyenne est de 107m.

### **II – 3.2 Aptien supérieur :**

Dans la partie Nord, à Dj Bouroumane a été décrit comme des calcaires massifs gris ou roux, avec quelques mètres, d'intercalations de marnes et de marno-calcaires. Il est marqué par une présence très fréquente d'Orbitolines.

Il est signalé à 2 316m, au cours de la réalisation du forage pétrolier Boudjella2 (BDJ-2), au Sud, il s'agit de calcaires gris clair, gris foncés, Oolitiques, bioclastiques parfois cryptocristallins, rarement argileux avec intercalations d'argiles grises, noirâtres, indurées, feuilletées, rarement silteuses et pyriteuses.

### **II – 3.3 Albien inférieur :**

Cet étage se présente à Dj Bouroumane 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 Boudjella2 (BDJ-2) donne de bas en haut la succession suivante :

- Des calcaires oolithiques gris-clairs, blanchâtres, brunâtres, compacts souvent crayeux bioclastiques ou graveleux, avec traces de foraminifères et intercalations d'argiles grises : 85m d'épaisseur.
- Alternance de calcaires, gris clairs, blanchâtres, souvent bioclastiques et rarement graveleux, argileux et d'argiles grises à gris foncées, noirâtres feuilletées : 87m.
- Dolomies blanches à grises brunâtres, microcristallines compactes : 40m.

### **II – 3.4 Albien supérieur :**

L'Albien supérieur est présent en petits affleurement au contact du Trias de Draa M'taa El Ma El Abiod (Dj Dalaâ Er Rouail), Il comprend des calcaires et des marno-calcaires en plaquettes.

A Adeila, où fut réalisé le forage pétrolier Boudjella2 (BDJ-2), la succession de bas en haut est la suivante :

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

Dans la partie Nord, à Dj Bouroumane, les assises qui datent de cet étage forment la base de ses pentes. Elles 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 – 3.5 Cénomanién :

À la partie Sud-Est et à l'Est de Dj Djebissa, en contact tectonique avec le Trias, il apparaît en affleurement assez large.

À Adeïla, où la série du Cénomanién est la plus complète selon le forage pétrolier Boudjella2 (BDJ-2), on observe de haut en bas :

- Argile grise à grise foncée, carbonatée : 238m d'épaisseur.
- Alternances de calcaires gris-clairs et d'argile grise à gris, verdâtre, feuilletée : 130m.
- Calcaires gris à gris- clair cryptocristallins avec intercalation d'argile grise à grise verdâtre feuilletée : 76m.
- Alternance d'argiles gris foncé et de calcaire gris foncé à gris clair lumachellique : 73m d'épaisseur.
- Argile grise, gris verdâtre avec intercalations de calcaires blancs, crayeux : 209.5m.
- Alternance de calcaire blanc lithographique et d'argiles grises à gris verdâtres, feuilletées :204m d'épaisseur.
- Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux : 39m d'épaisseur.
- Argile grise verdâtre calcareuse, fossilifère devenant marneuse dans les 16 derniers mètres avec de fines passées de calcaire gris blanchâtre, lumachellique : 72m d'épaisseur.

### II – 3.6 Turonien :

Au Nord cet étage affleure largement (Dj Bouroumane, Dj El-Koreiz, T'noukla). A sa base, on rencontre une série constante de calcaire marneux gris en petits bancs. L'épaisseur ne dépasse pas les 60 à 70m. Au-dessous, c'est une assise massive de calcaires beiges et de dolomies ou de calcaires dolomitiques. Des rognons de silex apparaissent dans la partie supérieure.

A proximité de T'noukla, le Turonien supérieur, épais de 150m, donne de haut en bas la succession suivante :

- Des marnes noires gypsifères.
- Des marno-calcaires gris en plaquettes.
- Des marnes noires souvent lumachelliques et rogneuses. Au sud à Dj Ed-Dalaâ, on remarque l'existence de calcaires, marnes et bancs calcaires.

A 8 Km à l'Ouest de ces affleurements, le forage pétrolier Boudjella2 (*BDJ-2*) donne de bas en haut la succession suivante :

- Des calcaires bruns, crayeux, légèrement dolomitiques, partiellement lumachelliques :109,5m d'épaisseur.
- Des calcaires gris clair, compacts, avec intercalation d'argile marneuse grise à gris foncée :131.5m d'épaisseur.

### **II – 3.7 Campanien inférieur – Emscherien :**

L'ensemble comprend des marnes avec intercalations des bancs de calcaires lumachelliques. Ces faciès affleurent largement à Dj Doukkane au nord-ouest et à Dj Ed-Dalaa. Des affleurements de dimensions assez réduites sont à signaler à proximité de T'noukla, M'Taguinaro et à Adeila au sud sud-ouest de la ville d'El Ma El Abiod. D'après le forage pétrolier Boudjella2 (*BDJ-2*) où la série est la plus complète, on constate de bas en haut :

- Argile brun rougeâtre et marnes gris verdâtres : 47m d'épaisseur.
- Argile grise avec quelques bancs de calcaires gris clair : 83m d'épaisseur.
- Argile grise avec quelques bancs de calcaires gris clair fossilifères : 242m.
- Calcaire gris compact, marneux à foraminifères : 24m.
- Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun-rouge souvent marneux : 88m d'épaisseur.

### **II – 3.8 Campanien supérieur – Mæstrichtien :**

Cette formation est située au Nord-Ouest à Dj korieiz et au centre de la plaine (M'tagui Naro) et aux environs de la ville d'El Ma El Abiod, il est caractérisé par des calcaires et marno-calcaires blancs à calcaires blanc à incérâmes.

## CHAPITRE II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

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
1010		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
2050		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 Pétrolier 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 – 4 TERTIAIRE :

#### II – 4.1 Miocène :

Le bassin d'El Ma El Abiod est dominé dans sa quasi-totalité par les formations d'Age Miocène (*G. Durozoy*).

À l'Est de la route nationale (*RN16*), il a été constaté un large affleurement des formations d'Age Miocène moyen et inférieur, tandis qu'à l'Ouest, c'est le Miocène supérieur qui occupe le reste du terrain, sous faible couverture alluviale.

#### II – 4.2 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 verte. 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 – 4.3 Miocène supérieurs (Pontien) :

Les formations datant de cet étage ont été signalées du côté de T'noukla, ce sont beaucoup plus des sables fins à grossiers et des grés directement en transgression sur les calcaires Maestrichtiens ou les marnes Emschériennes ainsi que des marnes rouges continentales, quelquefois bariolées.

### II – 5 Quaternaire :

La plaine d'El Ma El Abiod est presque recouverte, dans sa quasi-totalité, de formations quaternaires, dont l'épaisseur est inférieure à 30m.

Le quaternaire ancien (conglomérats, croûte calcaire) matérialisé par de longues terrasses alluvionnaires subhorizontales, qui se raccordent le plus souvent aux éboulis de piémonts des massifs calcaires et sont recouverts d'une épaisse couche calcaire.

Le récent, quant à lui, est représenté par les sédiments de surface (alluvions, limons, cailloutis, éboulis, sables et silts). Il est observé dans les vallées des Oueds (près de Henchir El Goussa), ainsi qu'au Sud de Bordj El Ma El Abiod.

Il est à noter que la distinction, n'est pas aussi évidente à faire, entre les alluvions récentes et les marnes abondent ou les grés burdigaliens recouverts d'une mince couche alluviale, ou simplement remaniés en surface par l'action de l'érosion. Les plaines sont essentiellement recouvertes de formations caillouteuses, dans l'ensemble, des matériaux épais de dimensions éphémères de nature surtout calcaire. À l'Est se répandent les sables tandis qu'à l'Ouest, règne un matériel marneux.

# CHAPITRE II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

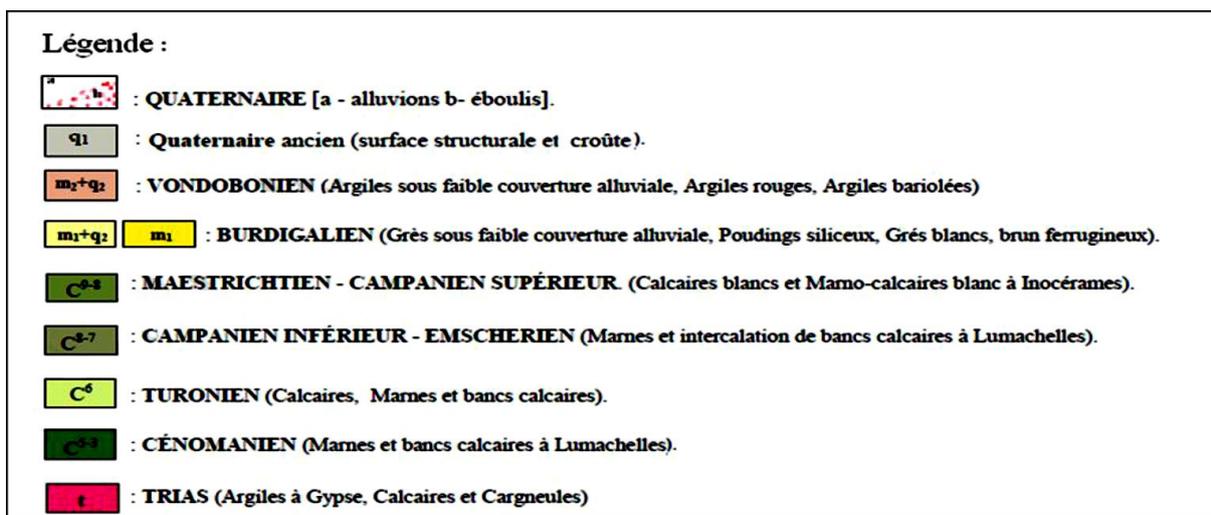
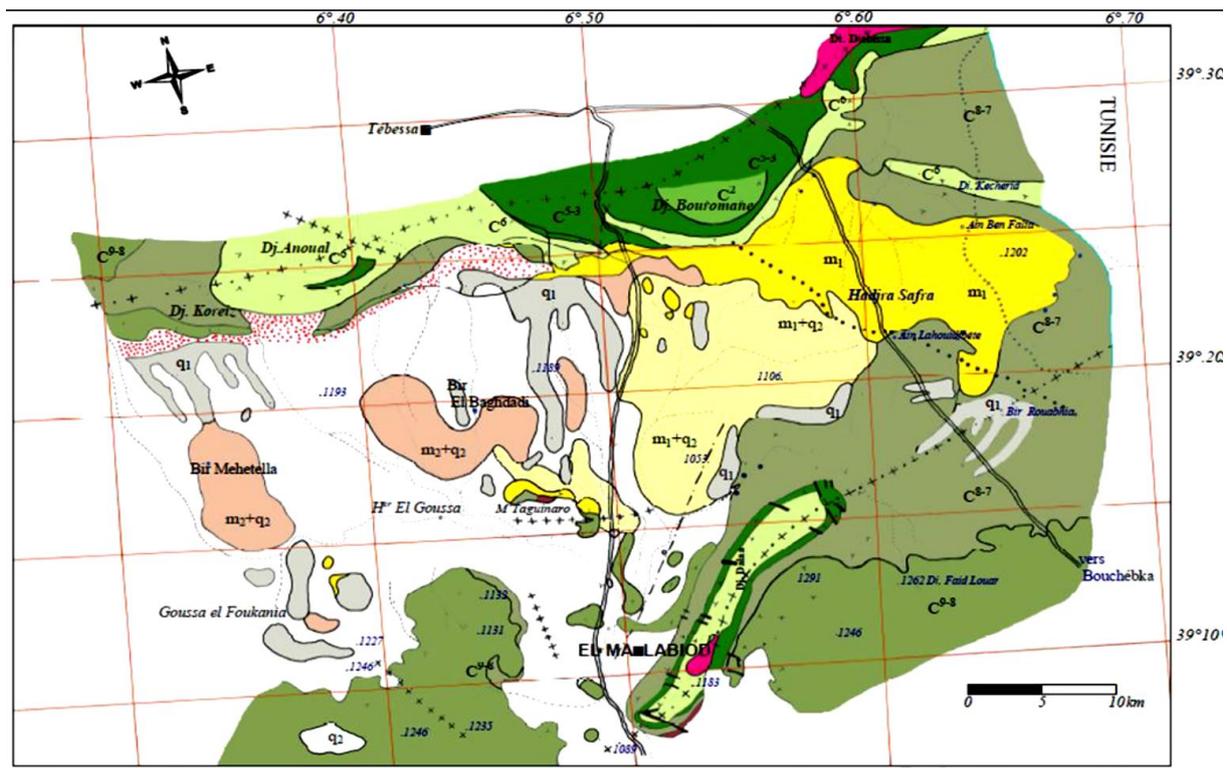
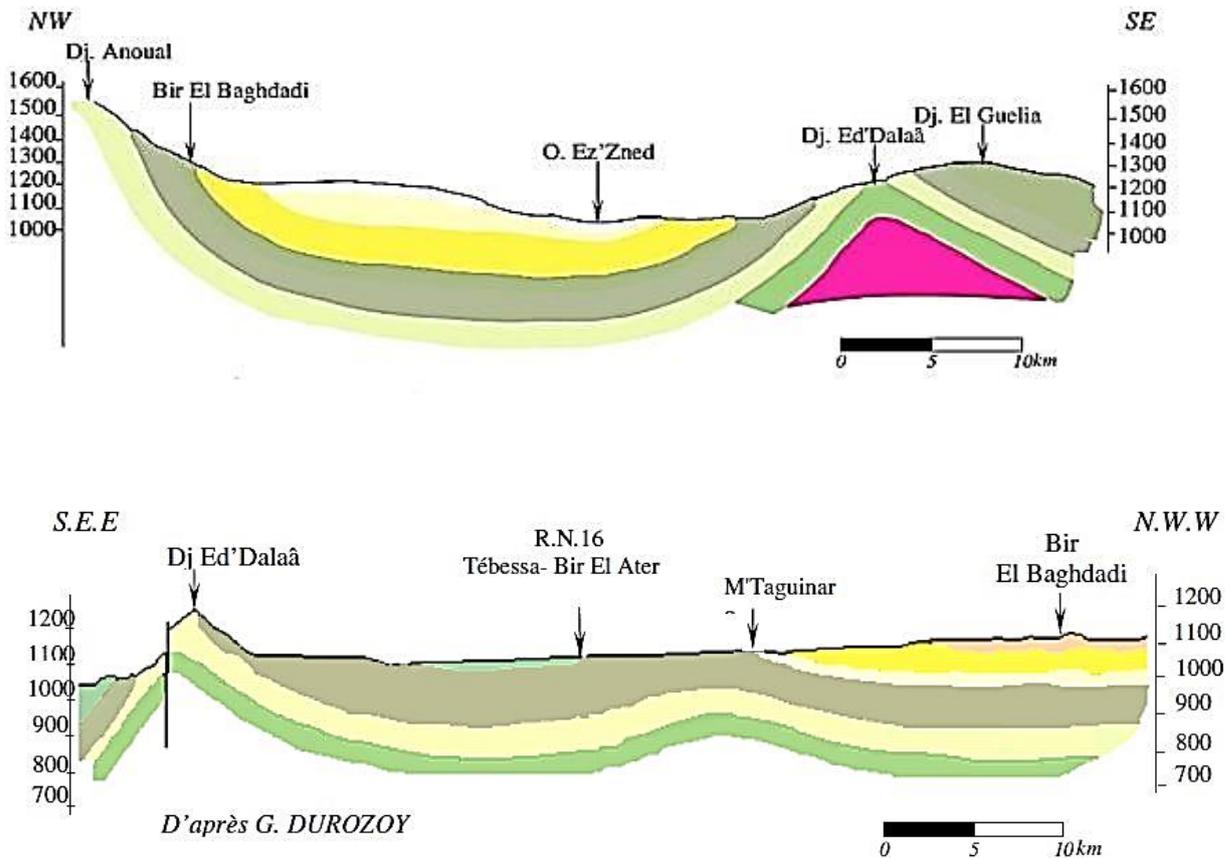


Fig.06 : Esquisse géologique de la région d'El Ma El Abiod d'après G. DUROZOY.



- m<sub>2</sub>+q<sub>2</sub> : VONDOBONIEN (Argiles sous faible couverture alluviale, Argiles rouges, Argiles bariolées)
- m<sub>1</sub>+q<sub>1</sub> m<sub>1</sub> : BURDIGALIEN (Grès sous faible couverture alluviale, Poudings siliceux, Grès blancs, brun ferrugineux).
- C<sup>9-8</sup> : MAESTRICHTIEN - CAMPANIEN SUPÉRIEUR. (Calcaires blancs et Marno-calcaires blanc à Inocérames).
- C<sup>8-7</sup> : CAMPANIEN INFÉRIEUR - EMSCHERIEN (Marnes et intercalation de bancs calcaires à Lumachelles).
- C<sup>6</sup> : TURONIEN (Calcaires, Marnes et bancs calcaires).
- C<sup>5-3</sup> : CÉNOMANIEN (Marnes et bancs calcaires à Lumachelles).
- t : TRIAS (Argiles à Gypse, Calcaires et Cargneules).

Fig.07 : Coupes géologiques à travers le bassin d'El Ma El Abiod d'après G. DUROZOY.

## II – 6 Tectonique de la région :

### II – 6.1 Style tectonique :

Deux directions structurales dominantes, Sud-Ouest Nord-Est et Est-Ouest, sont reconnues dans la région. Elles se manifestent dans les accidents tectoniques, tels que les plissements, les flexures, l'allongement des bassins et les cassures. Elles sont perceptibles dans la morphologie topographique et partiellement dans l'hydrographie.

Les plis sont du type iso pâques leur provenance est alors du niveau structural moyen. Ils sont souvent serrés, dressés en plans verticaux. Ils sont typiques des structures reconnues généralement dans l'Atlas saharien.

## II – 6.2 Phases tectoniques :

La structure tectonique de la région, qui a de l'être édifiée suite à la manifestation de deux phases orogéniques. L'impulsion distensive du Crétacé- Éocène a favorisé la formation d'un milieu subsident, où les dépôts néritiques ont pris place. Alors que celui compressif, de l'Éocène terminal (phase finilutétienne et priabonienne), d'une contrainte maximale orientée Nord-Ouest Sud-Est, est responsable des plissements de couverture de direction Sud-ouest Nord-est, et appartenant à la phase atlasique.

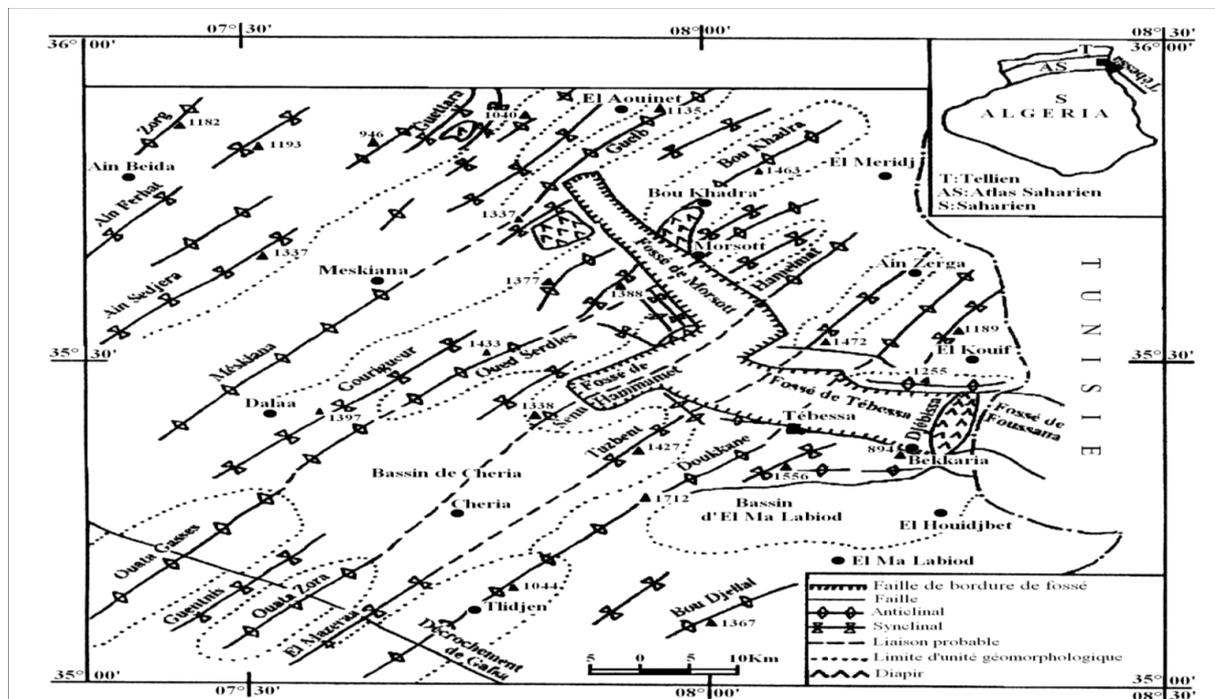


Fig.08 : Esquisse tectonique de la zone d'étude (W.M.Kowalski et al. 1997)

## III – La région de Doukara :

Cette zone fait partie du bassin Sud de grand bassin d'Oum Ali, aussi bien du point de vue topographique que géologique.

Des collines peuvent élever d'une altitude entre 800 et 1000 m constituent la limite Ouest de notre zone d'étude, alors qu'elle est fermée par le Dj Serroufa au Sud.

Géologiquement, on peut attribuer aussi notre zone d'étude au grand bassin versant de SafSaf. Alors ; l'aquifère de Bir Sbeïkia comporte comme sous bassin Sud d'Oum Ali et sous bassin

Nord de SafSaf qui sont en grande partie, des massifs calcaires tandis que la couverture sédimentaire.

### **III – 1.1 Le Trias :**

Qualifié comme la plus ancienne formation dans la région, il est matérialisé par des calcaires dolomitiques et dolomies rouges et noires, des argiles rouges et vertes, des gypses gris et roses à quartz bipyramides.

Son affleurement a été remarqué en de nombreux endroits, en épointements diapiriques, tel qu'à Dj Draa Ma El Ma El Abiod. (Djl Dalaâ Er-Rouaïl) ainsi qu'au Nord-Est ; sur la majeure partie de Dj Djebissa, où il a été d'ailleurs signalé l'existence de gisements métallifères entre autres ; Limonite, Hématite....

### **III – 2.1 Crétacé :**

#### **III – 2.2 Crétacé inférieur :**

Il représenté par une marne argileuse avec des grès à grains fins, il n'affleure que très peu dans le bassin.

#### **III – 2.3 Crétacé supérieur :**

Il couvre d'énormes surfaces au niveau du bassin versant ainsi que du notre région d'étude, il est présenté par le Maestrichtien qui consiste en une série épaisse de calcaires blancs, crayeux siliceux à rognons de silex de teinte brune.

Ces calcaires sont subhorizontaux ou affectés de plissements très faible amplitudes, ils présentent souvent, à la cassure, des dendrites de manganèse.

### **III – 3 L'Emschérien :**

Il est constitué de marnes noires ou vertes admettant à la partie supérieure des niveaux plus calcaireux, alors que la base est riche en fossiles.

A l'Ouest de l'oued SafSaf des bancs des calcaires s'observent au sommet de l'étage. Aucun affleurement de ces marnes n'est connu sur la zone d'étude proprement dites.

### **III – 4 Campanien-Maestrichtien :**

Cet ensemble est ici entièrement constitué de calcaires mais ceux-ci sont parfois très marneux et crayeux. Ils se chargent en silice vers le sud et l'Est de la zone.

Ils constituent les reliefs importants de la région (Dj Boudjellal, Fououa, Dj Bottena, Serroufa, etc...).

### III – 5 Miocène :

Les formations du Miocène sont largement représentées dans la partie sud de la zone d'Oum Ali (région de Bir Oum Ali, Bir Sbeikia). Ce Miocène est transgressif sur les calcaires à incérâmes du Compagnon-Maestrichtien.

Cette série est constituée, du haut en bas, du :

#### III – 5.1 Miocène inférieur et moyen :

- Vindobonien 40 à 50 m

Marnes rouges

Marnes vertes

- Burdigalien 30 à 40 m

Grés blancs et grés grossiers

#### III – 5.2 Miocène supérieur :

- Pontien 70 m

Sables fins et grés grossiers

Sables

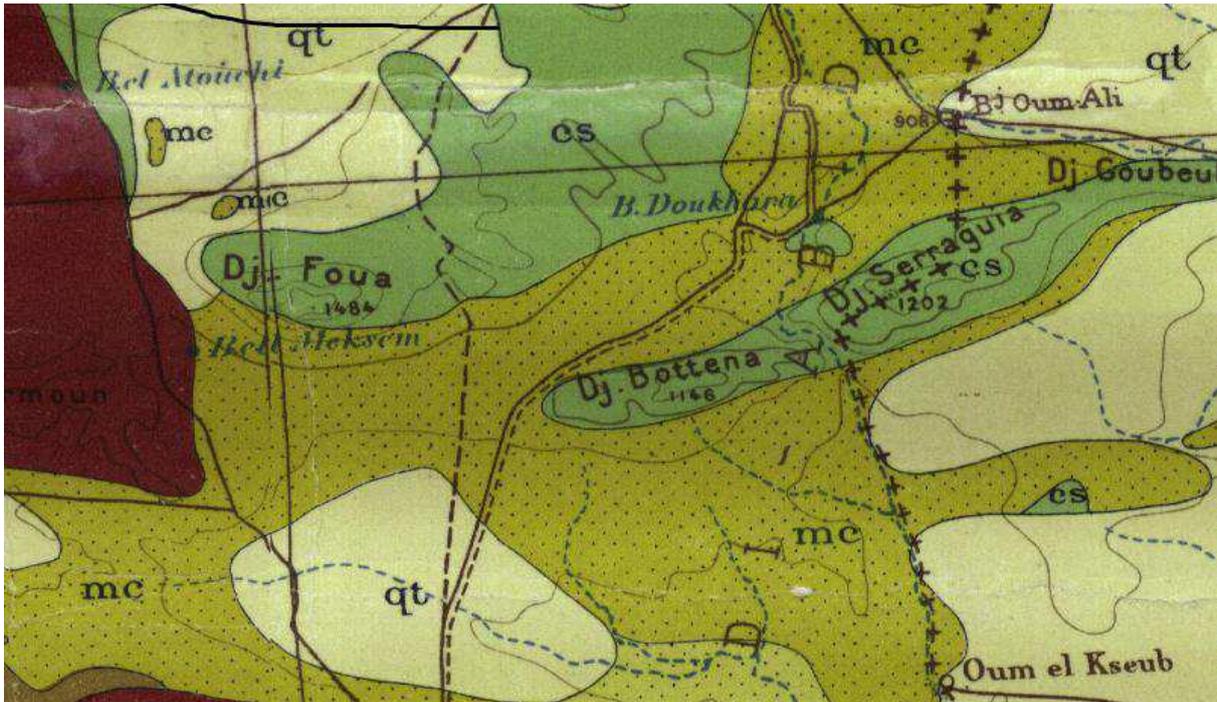
Argiles brunes

Grés durs à silex

### III – 6 Quaternaire :

Les alluvions quaternaires sont en majorité sableuses en surface. Les dragées de quartz parsèment le sol « des Behiret ». Les berges des oueds présentent de fortes épaisseurs de galets et cailloutis.

Le Quaternaire de la zone de Tébessa est généralement indemne de l'effet tectonique. Mais la variabilité périodique du climat et sa dégradation actuellement exercent une influence continue atteignant l'aspect morphologique de l'environnement géologique. Il faut noter que l'effet de la néotectonique est bien annoncé dans la formation quaternaire de Djebissa, lié à l'halocinèse du diapir triasique (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR, 2013).



**Fig.09 : Extrait de la carte géologique d'Algérie**  
**Echelle : 1/500000**

### III – 7 TECTONIQUE :

Le tectonique de la région d'étude est la même que la région El Ma El Abiod et d'Oum Ali, où elle est marquée par une large histoire tectonique qui correspond à une succession d'événement dont chacun a laissé sa trace sur la morphologie actuelle de la région. S'il est aisé de distinguer les directions générales des fractures, il est difficile de dater ces accidents avec certitude dans la majorité des cas. La région a subi plusieurs plissements d'âges et de directions différents.

#### III – 7.1 La direction NE-SW :

Elle est due à des plissements ante-miocènes alors que les plis orientés E-W sont post miocènes. D'autres mouvements plus récents sont à l'origine de la direction NW-SE.

Le bassin Sud-Est d'Oum Ali est sur l'emplacement d'un synclinal bordé au nord par les Dj Khinig et Merfeg et au Sud par le Dj Serrauoufa.

#### III – 7.2 Les failles :

Les failles sont peu représentées dans la région, il faut signaler toute fois que ces failles prennent des orientation Sud-Ouest comme la grande faille de Gafsa (Kef Zazia).

### III – 7.3 La fracturation NW-SE :

Très généralisé dans la région, ce système de fracturation affecte la majorité des édifices structuraux en particulier les calcaires campanien ou éocène. Certains de ces fractures ont accompagné la formation de l'édifice atlasique mais peuvent cependant avoir joué plus tard.

### III – 7.4 Les fossés tectoniques :

Les fossés constituent le caractère tectonique le plus marquant dans la région. Ceci en raison de leur impact sur le relief. Ces fossés sont définis par un système de fractures orienté perpendiculairement aux structures plissées.

La région de Tébessa a été relativement calme durant ce siècle. A l'exception de quelque secousse survenue récemment aux alentours de la ville de Tébessa en 1965.

### IV- Conclusion :

Le présent aperçu géologique de la région d'étude permet de distinguer quelques remarques, sur l'évolution rapportant à ce contexte. Lors des deux phases orogéniques, la structure de la région a dû être édifiée. Il s'agit d'un haut plateau appartenant à l'Atlas saharien, où des plis, d'orientation NE-SW au Nord et au Sud, 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 dominant la quasi-totalité de la plaine. La plaine se présente comme une cuvette avec un substratum calcaireux et marneux. Ce dernier remonte au Crétacé, et il est séparé du Miocène par des éboulis très perméables.

# **Géophysique**

## I – Introduction :

La géophysique est un moyen indispensable dans toute étude hydrogéologique. Elle permet de déterminer les différentes structures, la géométrie des réservoirs, déceler les accidents tectoniques et définir les zones susceptibles d'être aquifères. Pour un tel objectif, nous allons combiner entre les mesures fournies par les prospections géophysiques et les logs des forages.

Pour la recherche et l'exploitation des eaux souterraines dans une formation donnée, il faut connaître sa nature géologique, son extension aussi bien horizontale que verticale (épaisseur).

La région d'étude (la succession des trois bassins) a été couverte par deux études géophysiques par prospection par la méthode électrique. Il s'agit de bassin d'El Ma El Abiod et des bassins de Brisgane et Doukara.

## II – La région d'El Ma El Abiod :

Une mission d'étude géophysique, par prospection électrique faite par la société *Transakta-Géometal* en 1970 sur une superficie de 420Km qui couvre une grande partie de la plaine d'El Ma El Abiod, représentée par 315 mesures de sondage électrique en  $AB = 2000m$ , également 120 mesures de sondage électrique en  $AB = 6000m$ , (Fig.10). (5)

A partir des résultats enregistrés 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 comme suit :

- Argiles : 2 à 15  $\Omega m$ .
- Argiles sableuses : 20 à 60  $\Omega m$ .
- Alluvions, et formations quaternaires : 20 à 150  $\Omega m$ .
- Sables et graviers : 50 à 250  $\Omega m$ .
- Grès ou calcaires : plus de 200  $\Omega m$ .

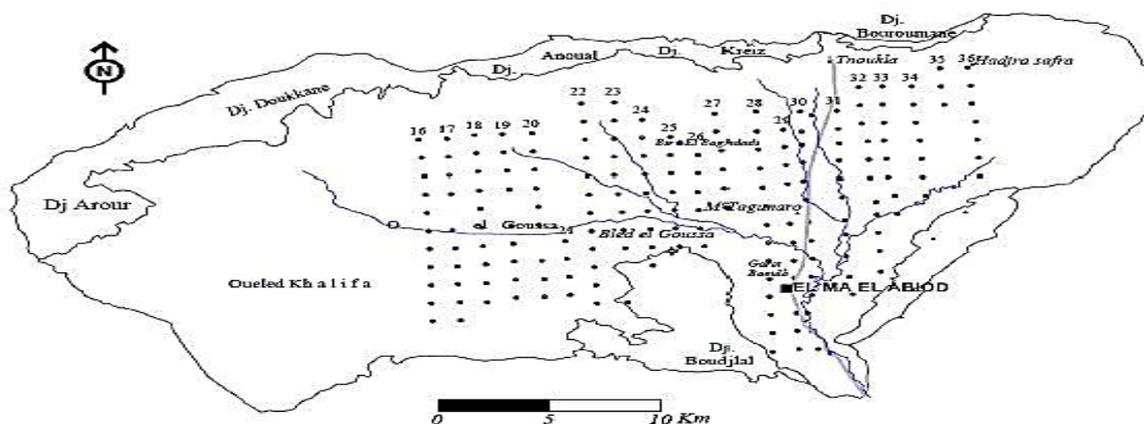


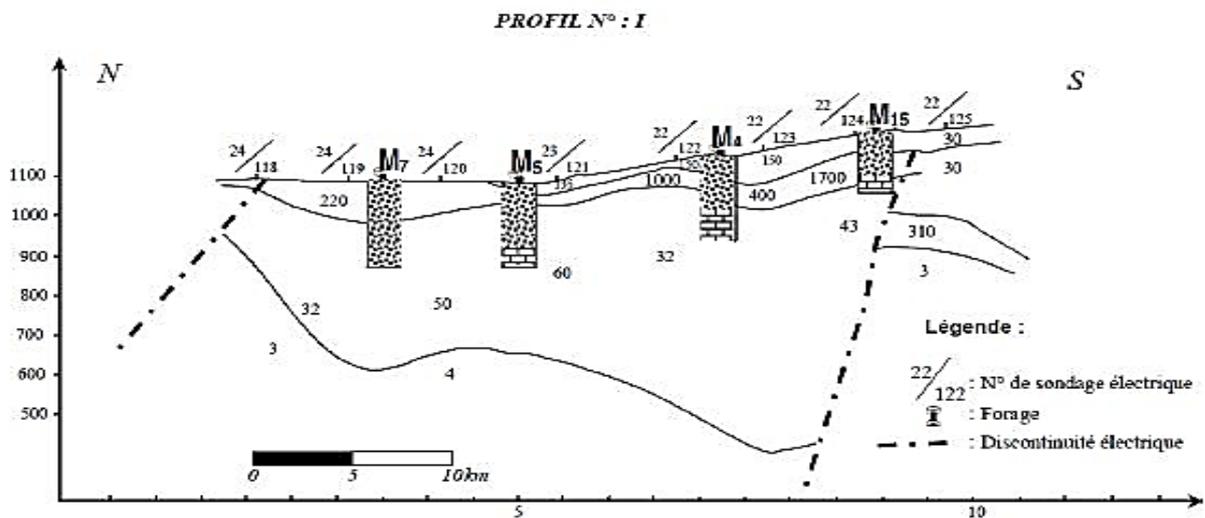
Fig.10 : Carte des profils géo-électriques/Bassin d'El Ma El Abiod.

## II – 1 Interprétation des coupes géo-électriques :

Le sondage électrique réalisé dans cette zone ont permis d'établir cinq coupes géo-électriques, selon la disposition des profils géophysiques et avec un alignement meilleur des forages hydrogéologiques. (5)

## II – 2 Coupe transversale I (Nord-Sud) :

Traversée par les forages M7, M5, M4, M15 la coupe est exposée par quatre horizons pratiquement homogènes et de résistivités variables, sauf le dernier horizon, de par sa faible résistivité (moins de 15  $\Omega\text{m}$ ), se comporte comme substratum conducteur, au contraire des horizons supérieurs qui sont résistants (Fig.11).



**Fig.11 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° I traversant les forages ; M7, M5, M4 et M15. (In Magister O.Guefaifia 1996)**

Le premier horizon d'une puissance maximale de 85m n'est pas continu au long du profil. Sa résistivité varie de 90 $\Omega\text{m}$  à 150 $\Omega\text{m}$ . 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.

Le deuxième horizon, continu le long du profil, est représenté par des résistivités allant de 220 $\Omega\text{m}$  pour atteindre 1700 $\Omega\text{m}$ , 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.

Le troisième horizon Une diminution de la résistivité est signalée, ce qui explique la variation dans la lithologie des couches. Puisqu'il s'agit des argiles sableuses du Miocène et des calcaires marneux du Maestrichtien. (1)

Forages	Lithologie	Résistivité (P. électrique)
<b>M4</b>	0 – 87m : argiles et argiles sableuses.	0 – 50m : R= 150Ωm
	87- 150m : sables argileux avec passées argileuses	50-100m : R= 400Ωm
	150-164m : sables moyens	>100m : R= 32Ωm
<b>M5</b>	0 - 29 : alternance d'argile et de grès	00-25m : R= 135Ωm
	29 – 61m : sables argileux et grès	25 – 65m : R=330Ωm
	61 –156m : alternance d'argile et de sable	>65m : R= 60Ωm

Tab n°1 : Lithologie et résistivités des forages M4 et M5 à la plaine d'El Ma El Abiod.

## II – 3 Coupe transversale 2. (Nord-Sud) :

La coupe est traversée par trois forages M10, M9, M6, qui fait apparaître aussi trois horizons discontinus et hétérogènes (Fig.12).

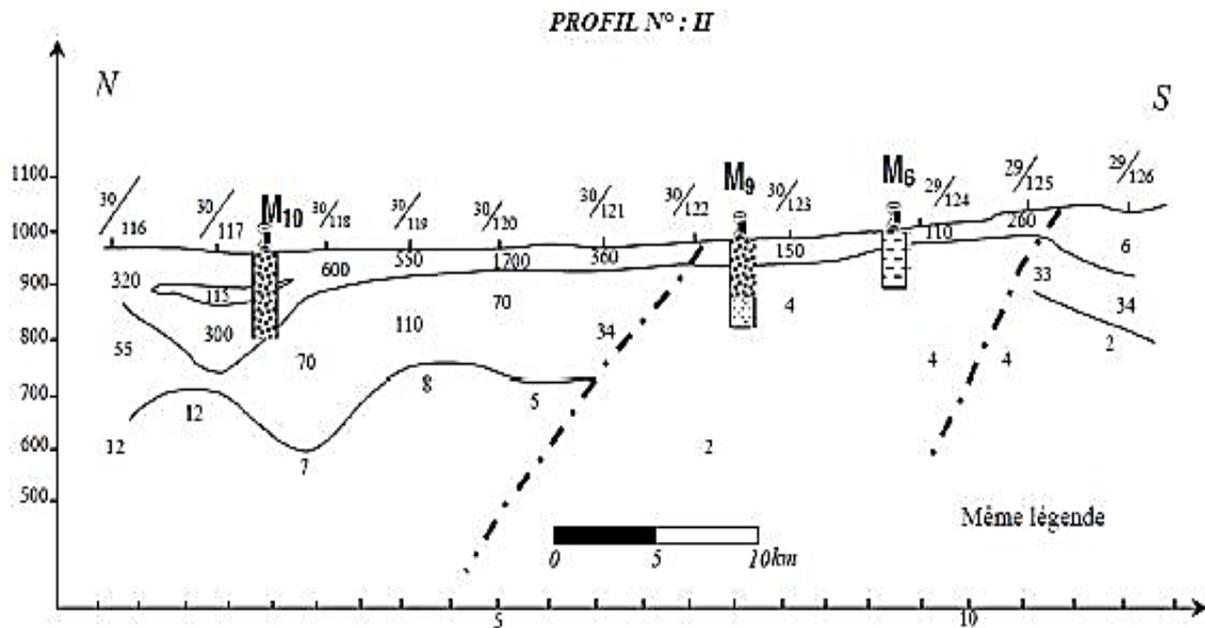


Fig.12 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° II traversant les forages ; M10, M9, et M6. (In Magister O. Guefaifia 1996)

Le premier horizon est formé par un massif résistant dont la résistivité varie de 200 à 600 Ωm avec une épaisseur pratiquement régulière sur tous le long du profil, ce niveau atteindre 40 m de profondeur, le profil a tendance à se transformer en une structure bombée (allure synclinale).

Le deuxième horizon, moins résistant ( $\rho = 70 \Omega\text{m}$  profile 30 cas de M10), et d'autre coté conducteur (profils 30 et 29, ce niveau a des résistivités enregistrées de 4 à 16  $\Omega\text{m}$  et une épaisseur de 200 m.

Le troisième horizon, conducteur constitue le substratum de ces formations géologiques. Il est représenté par des résistivités qui varient de 2 à 16  $\Omega\text{m}$ . Ce profil est également marqué par deux discontinuités électriques mettant en relief la présence de deux failles majeures. (1)

Forages	Lithologie	Résistivité (P. électrique)
<b>M6</b>	0 – 16m : gravier, calcaire argileux 16- 20m : argile et graviers	0 – 20m : R= 110 $\Omega\text{m}$ >20m : R= 160 $\Omega\text{m}$
<b>M9</b>	0 – 5m : Argiles 05 – 45m : Argile, sables argileux	00-55m : R= 140 $\Omega\text{m}$ >55m : R= 60 $\Omega\text{m}$
<b>M10</b>	0 – 152m : Grès avec variation de faciès dépendant de la grosseur des graviers et une faible présence d'argiles	00-150m : R= 140 $\Omega\text{m}$ 150 - 350m : R= 70 $\Omega\text{m}$

Tab n°2 : Lithologie et résistivités des forages M6 et M9, M10 à la plaine d'El Ma El Abiod.

## II – 4 Coupe transversale 3. (Nord-Sud) :

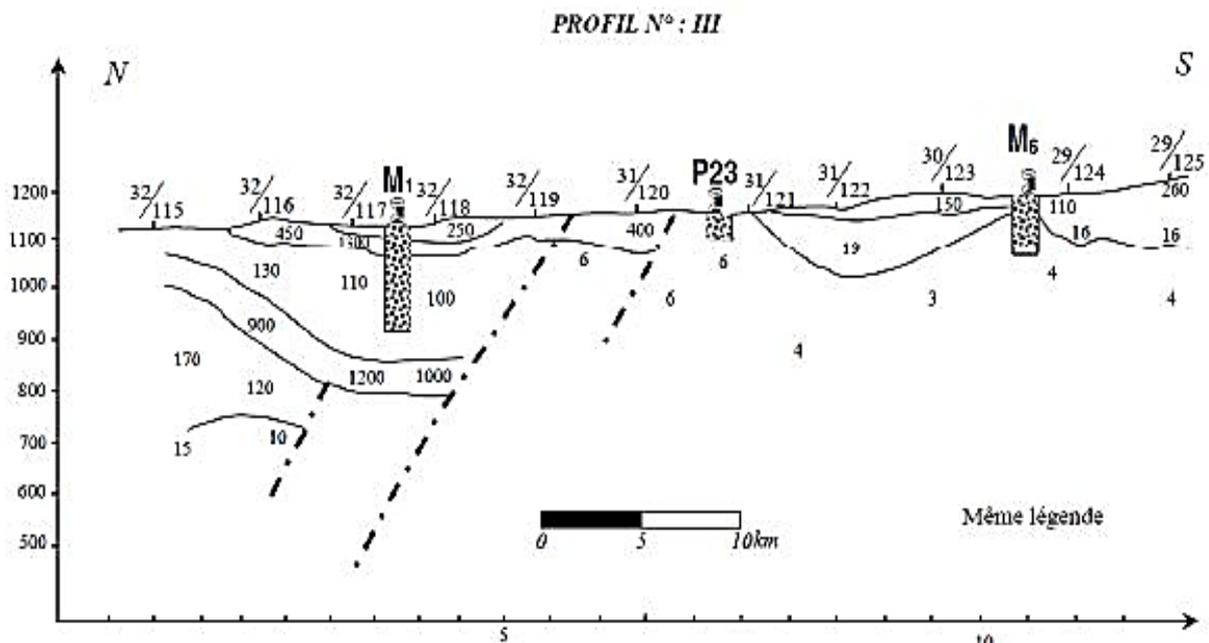


Fig.13 : Profil géo-électrique transversal (N/S) N° III traversant les forages ; M1, M6 et le puits P23.  
(In Magister O. Guefaifia 1996)

Ce profil présente les mêmes visages que la coupe précédente, elle est traversée par les forages ; M1, et M6, la corrélation entre les formations du log géologique et les données de sondage électrique (Fig.13).

Forages	Lithologie	Résistivité (P. électrique)
<b>M1</b>	0 – 125m : sable argileux, les grains sont plus fins au niveau du toit.	0 – 55m : R= 250 à 1500Ωm 55 –285m : R= 100Ωm 285 - 325m : R= 1000Ωm >325m : R= 10Ωm
<b>P23</b>	0 – 7m : Argiles sableuses 07 – 41m : Sable à grains moyen.	00- 40m : R= 19 -60Ωm >40m : R= 6Ωm
<b>M6</b>	0 – 16m : gravier, calcaire argileux 16- 20m : argile et graviers	0 – 20m : R= 110Ωm >20m : R= 160Ωm

Tab n°3 : Lithologie et résistivités des forages M1 et P23, M6 à la plaine d’El Ma El Abiod.

## II – 5 Coupe transversale 4. (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.14).

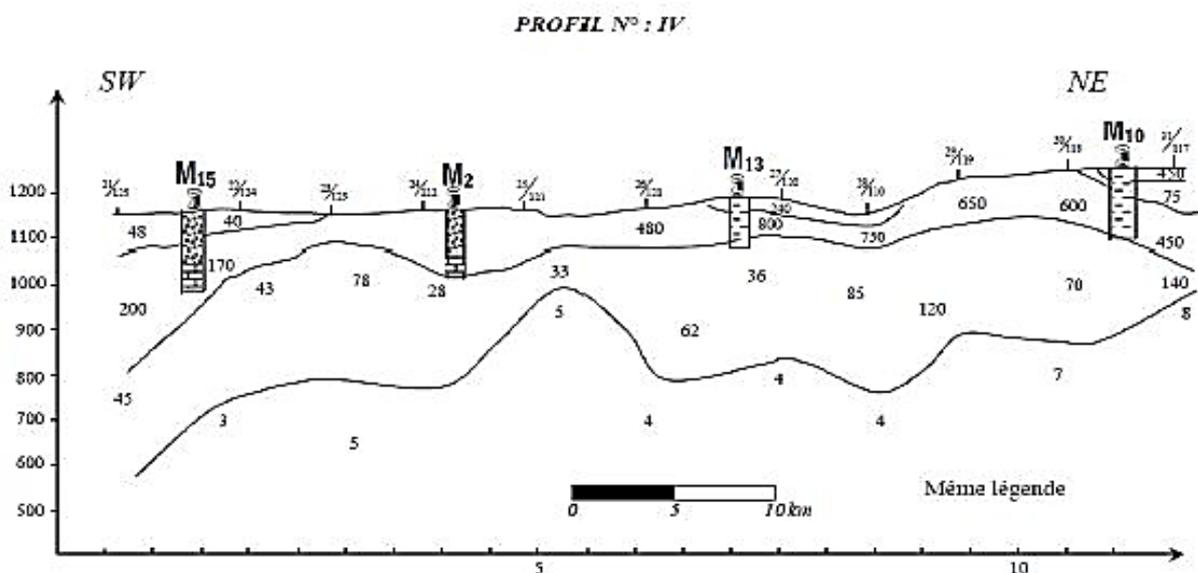


Fig.14 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°IV traversant les forages M15, M2, M13 et M10.  
(In Magister O. Guefaifia 1996)

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 650Ωm, au centre, et deviennent hétérogènes au flanc nord sur une plage de 75 à 1500Ωm.

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.

Le troisième horizon il se comporte comme substratum, puisque les valeurs de résistivité qui y sont enregistrées sont variées de 3 et 10Ωm, 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 Ma El Abiod 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. (5)

Forages	Lithologie	Résistivité (P. électrique)
<b>M13</b>	0 – 30 m sable fins et moyens 30 – 70 m grès 70 – 88 m argile sableuse 88 – 100 m marnes grises	0 – 30m : R = 240 Ωm 30 – 70m : R = 800 Ωm 70 – 270m : R = 36 Ωm >270m : R = 40 Ωm
<b>M2</b>	0 – 77,5 m Sable quartzeux avec parfois des passages Argileux .77,5 – 110 m marno-calcaires et calcaire-marneux	0 – 120m : R = 200 Ωm
<b>M10</b>	0 – 152 m grès avec une variation de faciès, qui dépendent de la grosseur des graviers, et faible présence d'argile	0 – 20m : R = 110Ωm >20m : R = 160Ωm
<b>M15</b>	0 – 16 m argiles avec graviers 16 – 25 m marnes bariolées 25 – 48 m sable gros à moyen 48 – 55 m marnes verdâtres 55 – 70 m sable grossiers 70 – 142 m calcaires blancs friables avec parfois des passées marneuses	0 – 70m : R = 90 Ωm > 90m : R = 200 Ωm

Tab n°4 : Lithologie et résistivités des forages M13 et M2, M10, M15 à la plaine d'El Ma El Abiod.

## II – 6 Coupe transversale 5 (Sud-ouest Nord-est) : (Fig.15)

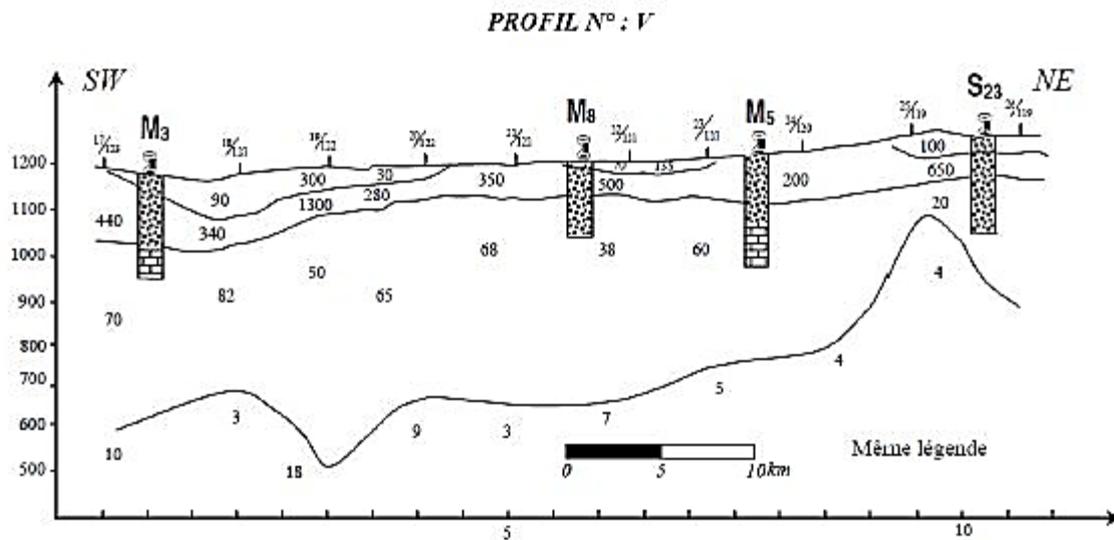


Fig.15 : Profil géo-électrique (SW/NE) N°V traversant les forages M3, M8, M5 et le S23.  
(In Magister O. Guefaifia 1996)

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

### III – La région de Brisgane et Doukara :

L'étude géophysique a été réalisée par la C.G.G en 1976. Elle a couvert la partie nord (Brisgane) et la partie sud (Doukara). Les travaux ont comporté l'exécution de 330 sondages électriques et y compris les zones de Boudjelel, Brisgane et Doukara.

Les résultats de la prospection géophysique du bassin de Brisgane a montré que le recouvrement mio-quaternaire se super pose sur un substratum crétaqué.

Les sondages électriques réaliser montre on profondeur l'existence de formation crétaqué.

#### III – 1 Interprétation des coupes géo électriques :

##### III – 1.1 Etalonnage :

D'après les sondages électriques et les fiches des forages de référence :

- Forage DK1

Date des travaux 1/06/1982 au 05/09/1982

X = 1 006,300 ; Y = 201,250 ; Z = 883

Profondeur 120 mètres.

- Forage DK3

Date des travaux 2/05/1993 au 17/09/1993

X = 1 004,650 Y = 199,750 Z = 880 Profondeur 200 mètres

Nous avons pu tirer :

- Les sables et les graviers superficiels ont des résistivités de 150 à 250  $\Omega\text{m}$  et d'épaisseur de 12 à 24 mètres.
- Les argiles entre 15 et 20  $\Omega\text{m}$ .
- Les calcaires sont très résistants 500 à 2000  $\Omega\text{m}$ .
- Les marnes ont des résistivités de 4 à 6  $\Omega\text{m}$ , et d'épaisseur 50 mètres en supérieur. (6)

### III – 1.2 Carte des résistivités apparentes en AB=1000 m :

La carte des résistivités apparentes pour la longueur de ligne choisie, reflète surtout l'influence des niveaux conducteurs du Miocène.

Leur développement correspond à une plage de basse résistivité et leur extension à l'ouest pour être limitée par la courbe d'iso résistivité de valeur 70  $\Omega\text{m}$ .

Le tracé des accidents tectoniques coïncide avec de brutales variations de résistivité apparente mettant en contact des compartiments de haute résistivité et des compartiments conducteurs.

Rien n'exclut que certains alignements de cette carte puissent correspondre à autre accidents non identifiés sur les coupes. (6)



Fig.16 : Carte des résistivités AB= 1000  
Echelle : 1 /50 000

### III – 1.3 Objectifs hydrogéologiques et possibilités d'existence d'aquifère :

Les ressources aquifères connues sont celles exploitées par les quelques puits creusés dans le Quaternaire. Les deux forages existants se sont révélés secs au cours des essais de débit. Cependant, la coupe du forage d'Henchir el Guiz témoigne de la présence de formations grossières (galets, graviers) au-dessous du niveau hydrostatique, qui devraient à priori représenter un aquifère potentiel ; l'absence de débit pourrait s'expliquer par une faible perméabilité de l'aquifère (galets à ciment, calcaire, calcaire par endroits) ou par colmatage du forage.

Les données géologique et l'interprétation des sondages électriques conduisent à considérer que les seules formations pouvant être susceptibles de constituer un aquifère sont les suivantes : Calcaires fracturés à condition que leur faciès ait favorisé le développement d'une fissuration intense et éventuellement d'un karst ; ce peut être le cas lorsqu'il s'agit de calcaire compact et franc relativement peu marneux. (6)

### IV – Conclusion :

Au niveau de bassin d'El Ma El Abiod, l'interprétation globale, des différentes données géologiques et géophysiques avec les corrélations possibles, a permis de déceler l'existence de trois horizons aquifères superposés :

Les Sables à grains fins et moyens, constituent le premier horizon

Les Grès, forment le second

Les Argiles sableuses composent, à leur tour, le troisième horizon.

Dans les deux bassins (Brisgane et Doukara) l'étude géophysique a permis d'étudier l'extension et d'évaluer l'épaisseur des formations quaternaire. Miocène dans ces deux bassins et de définir la tectonique profonde affectant le substratum crétacé.

Dans la partie nord le quaternaire constitue un recouvrement épais tandis que son épaisseur se réduit au sud. La série marno-calcaire de crétacé constituerait deux structures synclinale failles sépare par Dj Khinig.

# **Hydroclimatologie**

## I – Introduction :

La climatologie est un facteur très important pour la connaissance des venues d’eaux. Elles nous permettent de distinguer les différents paramètres de bilan hydrique qui sont les précipitations, les températures et l’évapotranspiration.

Pour développer cette partie de la présente étude nous avons utilisé les données de la station d’El Ma El Abiod il s’agit du même nom que la commune.

## II – La pluviométrie :

L’étude des paramètres climatiques nécessite un traitement des observations hydro climatologiques. Le sous bassin d’El Ma El Abiod est contrôlé par quatre stations pluviométriques.

Il a été utilisé les données de la station d’El Ma El Abiod pour les précipitations et les données de la station de Tébessa pour la température en supposant que les conditions climatiques sont semblables (entre El Ma El Abiod, Brisgane et Tébessa et Doukara).

Station	Code (ANRH)	Coordonnées		Altitude	Appareille de mesure utilisé	Date de mise en service
		X	Y			
<b>El Ma El Abiod</b>	06-28-02	997,620	225,150	1 030	Pluviomètre Pluviographe	01-01-1 974

Tab n°5 : La station pluviométrique du bassin d’El Ma El Abiod

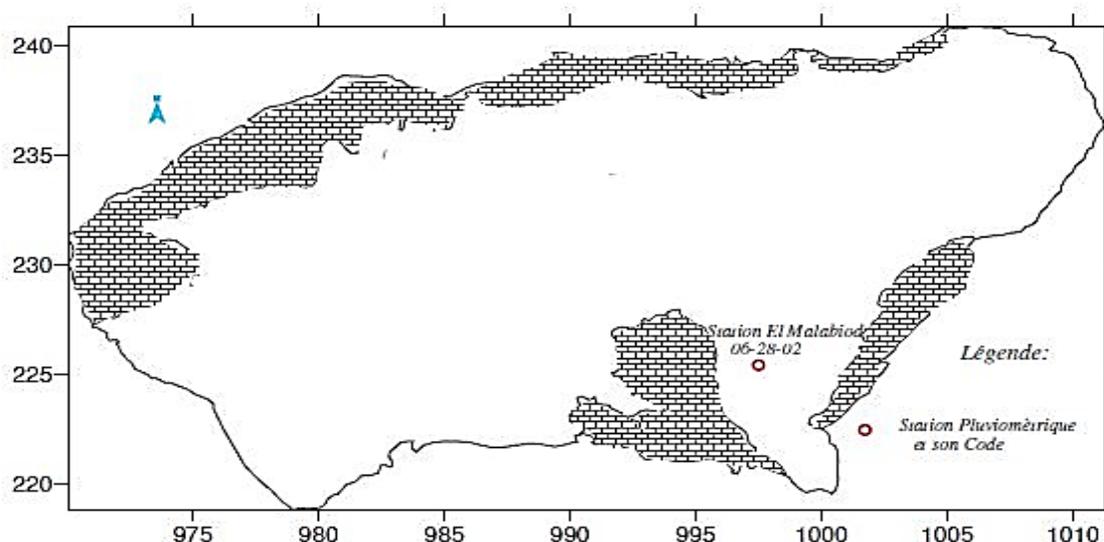


Fig.17 : Station pluviométrique et leur code/Bassin d’El Ma El Abiod

## II – 1 Variations des précipitations mensuelles :

Pour une durée d'observation de 10ans, relative à la station pluviométrique d'El Ma El Abiod il a été établi le graphe de variation des précipitations moyennes mensuelles (Tab n°2 et Fig.18)

Mois	Se o	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar s	Avr	Mai	Juin	Juil l	Aou t
<b>P mensuell es</b>	34	26.6	14.7	12.1	16.4	13.0	28.1	26.7	28.7	16.8	5.3	17.8
		1	3	6	1	4	6	8	2	1		9

Tab n°6 : Moyenne des précipitations mensuelles sur une période de 10 ans (2007/2017)

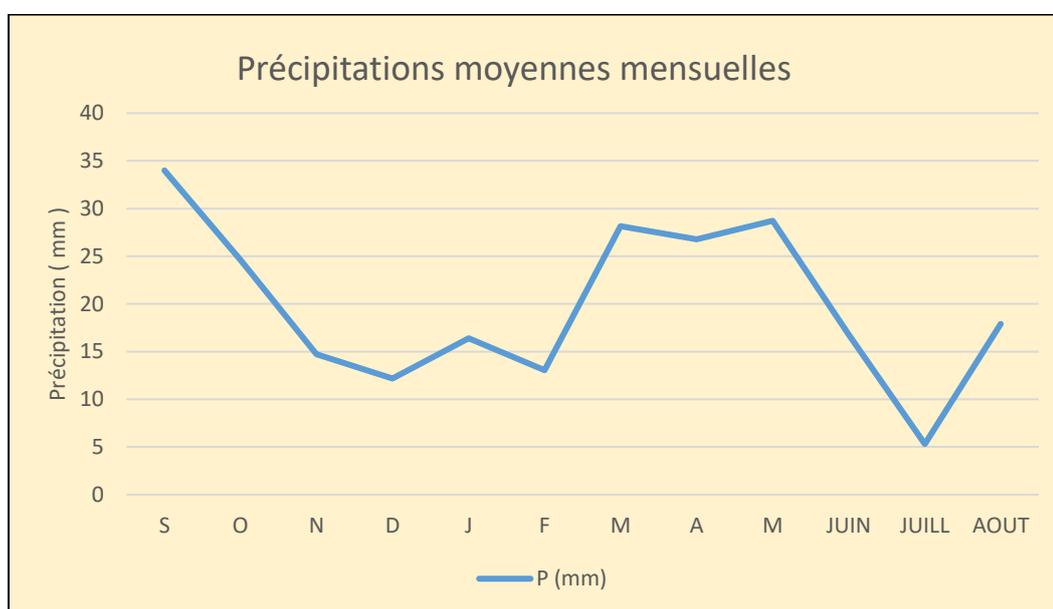


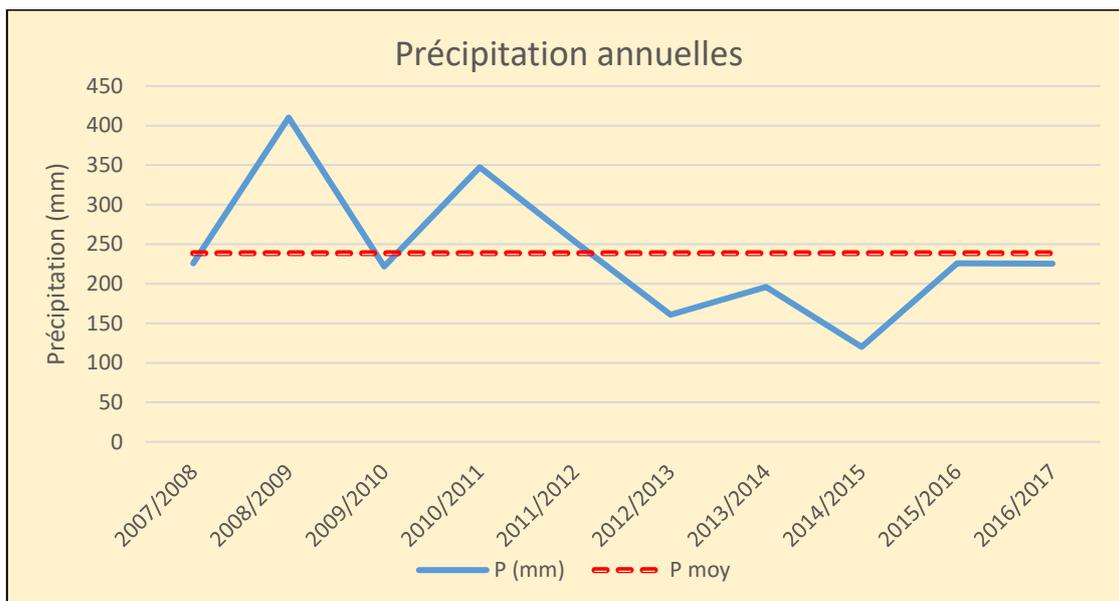
Fig.18 : variation des moyennes des précipitations mensuelles.

La courbe présentée par la figure18 montre que les mois les plus pluvieux correspondent au mois de Septembre, Mars et Mai, par contre les moins pluvieux sont enregistrés durant les mois de Juin et Juillet.

## II – 2 Les Hauteurs annuelles :

Années	Hauteur annuel
<b>2007/2008</b>	225,93
<b>2008/2009</b>	410,13
<b>2009/2010</b>	221,9
<b>2010/2011</b>	347,3
<b>2011/2012</b>	252,8
<b>2012/2013</b>	160,8
<b>2013/2014</b>	195,9
<b>2014/2015</b>	120,1
<b>2015/2016</b>	226,02
<b>2016/2017</b>	225,3
<b>P Moyenne</b>	238,618

Tab n°7 ; Les Hauteurs annuelles sur une période de 10ans (2007\2017)



**Fig.19 : Les Hauteurs annuelles sur période de 10ans (2007\2017) à la station d’El Ma El Abiod.**

La figure 19 montre que les années excédentaires sont (2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012) par contre les années déficitaires (2007/2008, 2009/2010, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017).

## II – 3 Coefficient pluviométrique 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.

$$H = P / P_{\text{moy}}$$

H : Coefficient pluviométrique

P : Hauteur annuelle de pluie de l'année, en (mm)

P Moy : pluviométrie moyenne.

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 :

Années	H=P/P moy	Observation
2007/2008	0,94	Années déficitaire
2008/2009	1,71	Années excédentaire
2009/2010	0,93	Années déficitaire
2010/2011	1,45	Années excédentaire
2011/2012	1,06	Années excédentaire
2012/2013	0,67	Années déficitaire
2013/2014	0,82	Années déficitaire
2014/2015	0,5	Années déficitaire
2015/2016	0,95	Années déficitaire
2016/2017	0,94	Années déficitaire

**Tab n°8 : les années excédentaires et les années déficitaires par rapport le Coefficient pluviométrique.**

## III – La température :

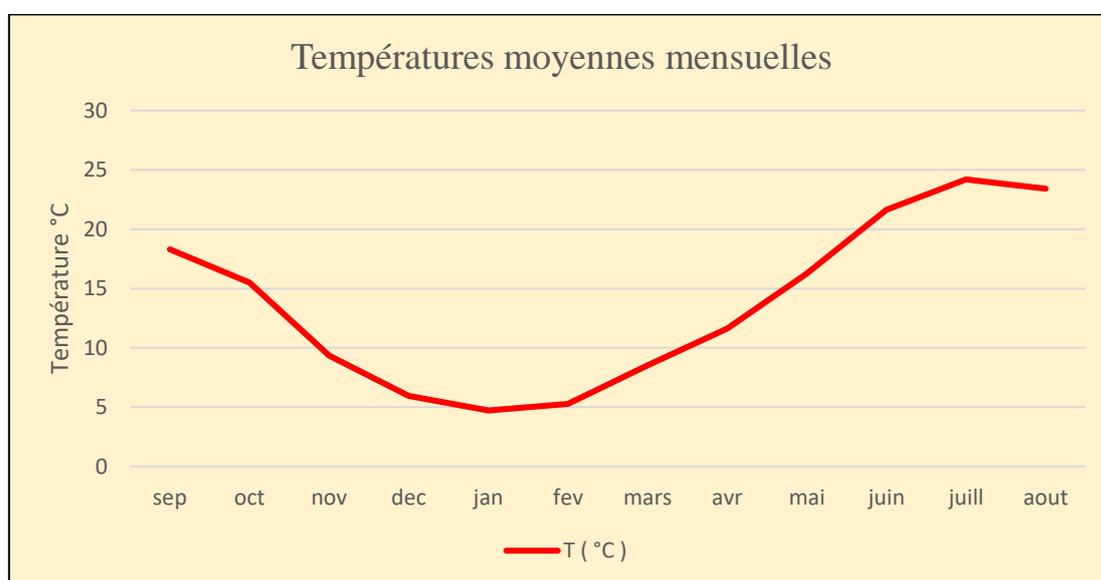
La température est un paramètre fondamental du climat. L'étude hydrogéologique d'un bassin devrait comporter l'analyse du caractère thermique, car l'étude d'évolution de la température est importante dans la détermination de l'évaporation, l'évapotranspiration, et...etc. La station d'El Ma El Abiod n'étant pas équipée pour les relevés des températures, seules les données de la station de Tébessa sont disponibles. Pour ce faire nous avons opté de faire une extrapolation à partir des données disponible (Tébessa).

## III – 1 Température moyenne mensuelle :

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

Mois	S	O	N	D	J	F	M	Av	Mai	Juin	Juill	Aou
Moyens mensuelles des T	18.29	15.5	9.35	5.95	4.72	5.28	8.54	11.63	16.26	21.63	24.19	23.42

**Tab n°9 : les températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa (2007/2008-2016/2017).**

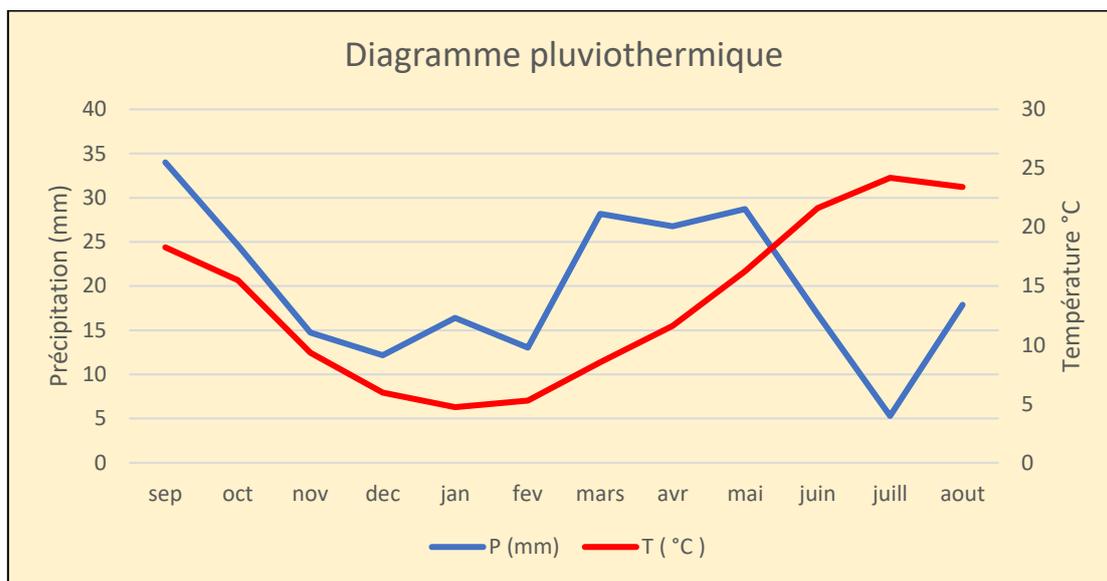


**Fig.20 : Courbe représente les températures moyennes mensuelles.**

A partir des données de températures moyennes mensuelles d'une période de 10 ans on constate que la courbe présentée par la figure 20 montre que la période froide commence à partir de mois de novembre jusqu'au mois de Mars et Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne mensuelle de 4.72°C et Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 24.19 °C de température.

## III – 2 Détermination des indices climatiques :

## III – 2.1 Diagramme pluviothermique :



**Fig.21 : Diagramme pluviothermique.**

Si sur la représentation graphique ainsi obtenue, la courbe des précipitations passe au-dessus de celles des températures, la saison est dite humide et elle est sèche dans le cas contraire. Laissent dire que la saison de sécheresse débute au la fin de mois d’Mai et continue jusqu’au mois d’Aout.

## III – 2.2 L’indice d’aridité de *E. DE Martone* :

DE Martone avait, depuis 1 923, établi une relation qu’on appela désormais l’indice d’aridité, qui est fonction des précipitations et des températures, et dont l’expression est :

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

Avec :

P : Précipitation annuelle moyenne (mm)

T : Température annuelle moyenne (°C).

Il a mis en place une classification selon les valeurs de cet indice, obtenues par l’application de la formule précédente.

- $I < 5$  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.

Paramètres Station	Précipitation (mm)	Température (°C)	Indice d'aridité	Observation
El Ma El Abiod	238,618	13.73	10.05	Climat semi-aride

Tab n°10 : Indice d'aridité de E. DE Martone et type de climat.

## IV – Le 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 1982) :

$$P = ETR + R + I \equiv (\text{mm})$$

Avec :

- P : Précipitations annuelles (mm),
- ETR : Évapotranspiration réelle annuelle (mm).
- R : Ruissellement (mm), I : Infiltration (mm).

### IV – 1 L'Évapotranspiration :

Elle est définie comme étant la somme de quantités d'eau (mm) reprises de la surface du sol suite à la conjugaison de deux phénomènes ; l'un biologique ; l'évaporation et l'autre physique qu'est la transpiration.

L'interdépendance des facteurs dont elle est fonction (l'humidité, la température, l'insolation et le couvert végétal).

#### IV – 1.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

##### IV – 1.1.2 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.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \equiv \text{mm}$$

P : Précipitation moyenne annuelle (m),

T : Température moyenne annuelle (°C).

L : Facteur qui tient compte des échanges de chaleur ( $L = 0,05T^3 + 25T + 300$ ).

Paramètres	Précipitation	Température	L	ETR
Station	(mm)	(°C)		(mm)
<b>El Ma El Abiod</b>	238,618	13.73	772.66	239.17

Tab n°11 : ETR selon la méthode de L. Turc.

## IV – 1.2 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

### IV – 1.2.1 Formule de C.W. Thornthwaite :

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle non corrigée, est rendu possible par l'application de la formule dite de Thornthwaite qui a pour expression :

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

L'exposant (a) est donné par l'expression :

$$a = \frac{1.6}{100} I + 0.5$$

ETP : Évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm).

i : Indice thermique mensuel, I : Indice thermique annuel.

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré (°C).

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

L'évapotranspiration potentielle corrigée peut être déterminée en faisant intervenir un coefficient correctif (k) qui dépend de la latitude, selon l'expression :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a k \equiv mm$$

k : Coefficient de correction (ou d'ajustement mensuel)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	J	Juill	Aou	Total
<b>Paramètre</b>													
<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 nc</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>ETPc</b>	83.43	61.6	26	12.6	9.62	11.08	27.23	45.8	82.4	126.4	151.5	135.1	772.8

Tab n°12 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod.

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

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	J	Juill	Aou	
Paramètre													
<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 nc</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>ETPc</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

**Tab n°13 : ETP selon la formule de C. W. Thornthwaite/Station d'El Ma El Abiod  
Pour l'année (2008/2009).**

On obtient une valeur totale de l'ETP de l'ordre de 857.03 mm/an.

### IV – 1.3 Estimation de la réserve facilement utilisable :

Définie comme étant la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, dont le degré de saturation est fonction de plus d'un facteur :

- La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle.
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le couvert végétal.
- Le climat de la région.

### IV – 2 Bilan hydrique par la méthode de G. W. Thornthwaite :

Lors de l'établissement du bilan mensuel, on fait intervenir l'évapotranspiration moyenne, réelle et potentielle, par la méthode de C.W. Thornthwaite. Il s'articule sur l'hypothèse suivant :

\_ La satisfaction de l'ETR est prioritaire sur l'écoulement.

\_ Le calcul de l'ETR peut se faire selon deux cas :

- Si  $P > ETP$ , alors  $ETR = ETP$ , il y a donc un excédent.
- Si  $P < ETP$ , alors  $ETR = P + RFU$ .

## CHAPITRE IV : HYDROCLIMATOLOGIE

RFU = 29

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jui	Aou	TOTAL
<b>T</b>	18.29	15.5	9.35	5.95	4.72	5.28	8.54	11.63	16.26	21.63	24.19	23.42	
<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>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>	34	26.61	14.73	12.16	16.41	13.04	28.16	26.78	28.72	16.81	5.3	17.89	238.618
<b>ETPc</b>	83.43	61.6	26	12.6	9.62	11.08	27.23	45.8	82.4	126.4	151.5	135.1	772.8
<b>ETR</b>	34	26.61	14.73	12.16	9.62	11.08	27.23	34.46	28.72	16.81	5.3	17.89	238.61
<b>RFU</b>	0	0	0	0	6.79	8.75	9.68	0	0	0	0	0	
<b>EXC</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>DEF</b>	49.43	35	11.2	0.44	0	0	0	10.34	54	109.66	146.2	117.26	533.41

Tab n°14 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour période de 10 ans.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jui	Aou	TOTAL
<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>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>ETPc</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>DEF</b>	23.13	17.5	14.4		0	7.57	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	99.59

Tab n°15 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W. Thornthwaite pour l'année (2008/2009).

$T^{\circ}$  : Température mensuelle ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $P$  : Précipitation mensuelle (mm).

$i$  : Indice thermique. RFU : Réserve facilement utilisable (mm).

ETR : Évapotranspiration réelle (mm).

$K$  : Coefficient de latitude, ETP : Évapotranspiration potentielle (mm).

Def : Déficit agricole (mm), EXC : Excédent (mm).

Les résultats des bilans hydriques nous ont permis d'évaluer la part de chaque paramètre hydrologique en se basant sur les données enregistrées à El Ma El Abiod (précipitations) et de la station de Tébessa (températures).

Ces résultats nous conduisent aux conclusions suivantes :

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

- L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet 151.5 (mm) avec un total annuel de 772.8(mm).
- Le déficit agricole commence au mois de Mai et s'étend au mois de Décembre, Avec une valeur maximale au mois de juillet de 146.2 (mm) et une valeur minimale au mois de décembre.
- La recharge du stock (RFU) commence à partir du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars.
- Pas d'excédent.

### **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 sa commence au mois de 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 de Avril.
- Il y a un excédent au mois de Janvier et Avril.

### **IV – 3 Le ruissellement :**

La formule empirique de Tixeront-Berkaloff, ci-après, qui s'appliquerait le plus souvent aux bassins hydrologiques en climat semi-aride à aride.

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

$R$  : Ruissellement (m),  $P$  : Précipitation moyenne mensuelle (m).

ETP : Évaporation potentielle (m).

Station	Paramètres		
	Précipitation(mm)	ETP (mm)	R(mm)
<b>El Ma El Abiod</b>	238,618	772.8	7.58

**Tab n°16 : Ruissellement selon la méthode de Tixeront-Berkaloff.**

Ruissellement pour l'année excédentaire (2008/2009) :

L'écoulement correspond au ruissellement et l'apport des nappes souterraines, D'où :

$$\text{Ruissellement} = \frac{\text{écoulement}}{2}$$

$$\text{Ruissellement} = \frac{99.59}{2} = 49.8$$

#### **IV – 4 L'infiltration :**

Pour le bilan d'eau d'une période de 10 ans il n'y a pas d'excédent alors I est négative, donc les quantités d'eau précipitées sont reprises ou presque par le phénomène d'évapotranspiration.

L'infiltration l'année excédentaire (2008/2009) :

Pour le calcul de l'infiltration on a :

$$\text{Excédent} = \text{Ruissellement} + \text{Infiltration}$$

D'où

$$\text{Infiltration} = \text{Excédent} - \text{Ruissellement}$$

$$I = 99.76 - 49.8 = 49.56 \text{ mm}$$

#### **V – Conclusion :**

La pluviométrie, La variation des moyennes mensuelles des précipitations montre que les mois les plus pluvieux correspondent au mois de Septembre, Mars et Mai, par contre les moins pluvieux sont enregistrés durant les mois de Juin et Juillet.

Le diagramme pluviothermique montre que : la période humide s'étale du mois de Septembre jusqu'au fin de Mai et la période sèche correspond à la période comprise entre les mois de Juin et Aout.

L'établissement du bilan hydrique d'après la méthode de C. W. Thornthwaite dans une période de 10 ans montre que son ensemble est déficitaire, avec une lame d'eau moyenne de l'ordre de 238.618(mm/an), et une ETR ce qui équivaut la totalité des précipitations, un ruissellement faible et une infiltration négative.

Et pour le bilan hydrique d'après la méthode de C. W. Thornthwaite pour une année excédentaire montre un excédant durant les mois de Janvier, Avril. Avec une infiltration pour la recharge des nappes souterraines qui atteint 49.56 m.

# Hydrogéologie

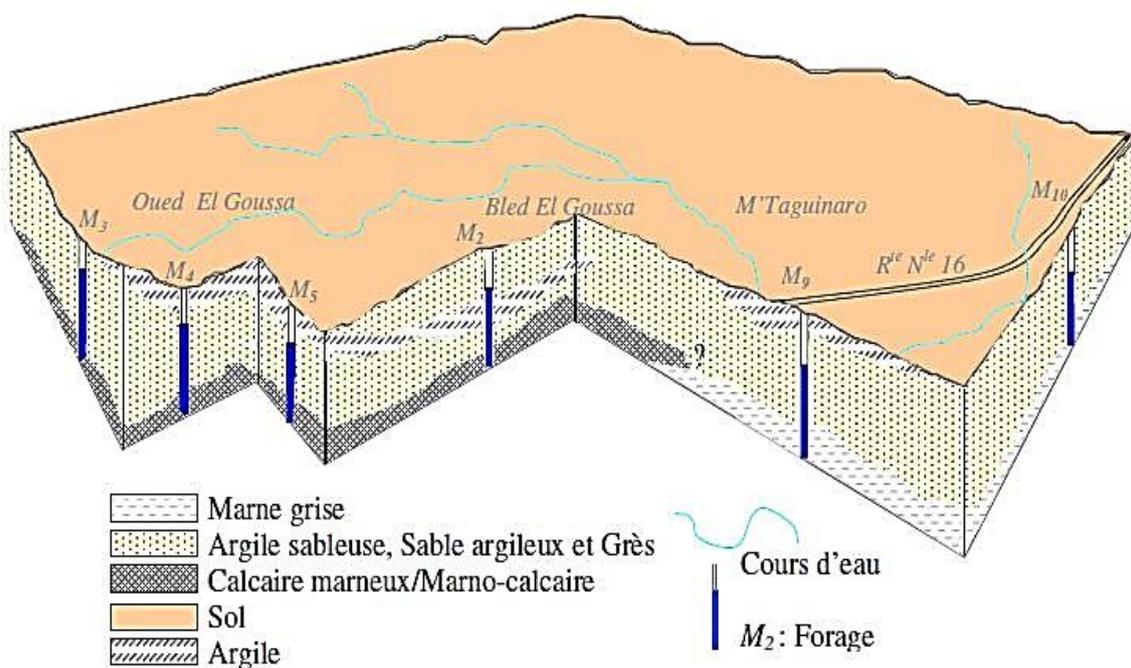
## I – Introduction :

Sur la base des cartes et les coupes géologiques, combinés avec les colonnes stratigraphiques des forages réalisés à travers la région, leurs profondeurs, l'altitude topographique, et la mesure des niveaux piézométriques ; des coupes hydrogéologiques et des cartes piézométriques ont été établis afin de comprendre le mécanisme de circulation de l'eau souterraine, dans les différents systèmes aquifères.

## II – La région d'El Ma El Abiod :

### II – 1 Structure du système :

La plaine d'EL Ma El Abiod, est encaissée dans un bassin versant d'effondrement d'âge mio-pliocène, dont la structure lithologique horizontale et verticale est peu variée.



**Fig.22 : Structures géologique et hydrogéologique du système aquifère du bassin d'El Ma El Abiod.**

La structure générale de la plaine d'EL MA EL Abiod montre deux familles d'unités aquifères de profondeurs différentes, la première, de faible profondeur et très étendue, se rencontre dans les formations alluviales récentes ; constituées d'argiles remaniées avec du sable et des cailloutis, la deuxième se trouve dans les formations miocènes, grès, sables et graviers à plus grandes profondeurs.

Les deux nappes sont libres, mais la nappe miocène devient captive sur un étendu faible à l'Est.

## II – 2 Conditions aux limites des aquifères de la plaine d'El Ma El Abiod :

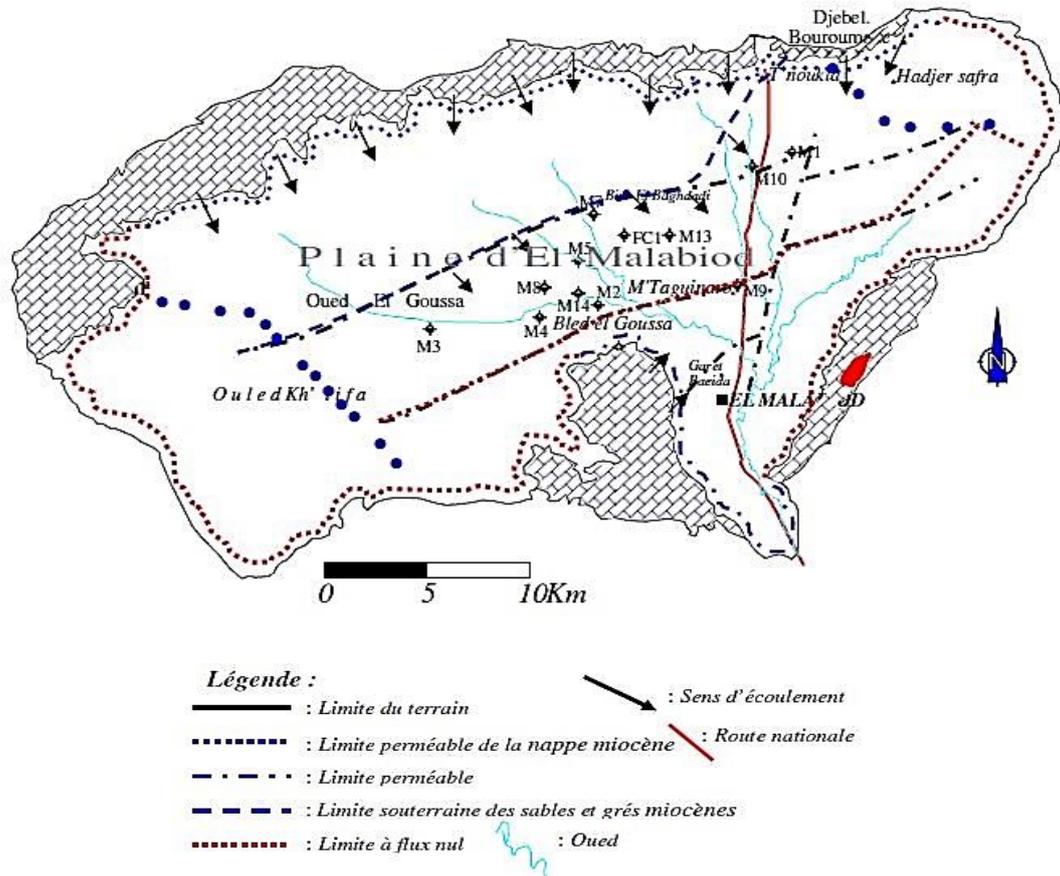


Fig.23 : Carte des conditions aux limites.

### II – 2.1 Nappe alluviale :

Au Nord, la nappe alluviale vient en contact avec les calcaires d'âge secondaire qui constituent une limite perméable par leur nature et par le pendage plongeant de leurs couches vers la plaine.

Au Sud, en contact avec les formations calcaires, les eaux de précipitations atmosphériques de ce versant ruissellent en surface et alimentent en partie la nappe alluviale, en plus des pluies efficaces qui tombent directement sur son impluvium.

Les argiles et les marnes constituent en profondeur le substratum imperméable, de ce fait les eaux d'infiltration s'écoulent en aval en direction de la nappe miocène. (3)

### II – 2.2 Nappe miocène :

Elle est alimentée principalement à partir :

- du massif calcaire du Nord (Dj Bouroumane) au niveau de Hdjar E'sefra au contact des grès miocènes, du fait que le pendage des couches calcaires est orienté vers la plaine.
- des précipitations tombant directement sur l'étendue des grès affleurant ; dans la zone Est et à l'Ouest.
- de la nappe alluviale lorsque les deux nappes sont en contact, le système de failles favorise la transition vers la nappe miocène. (3)

## II – 3 Inventaire des points d'eau :

Le bassin d'El Ma El Abiod 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. (4)

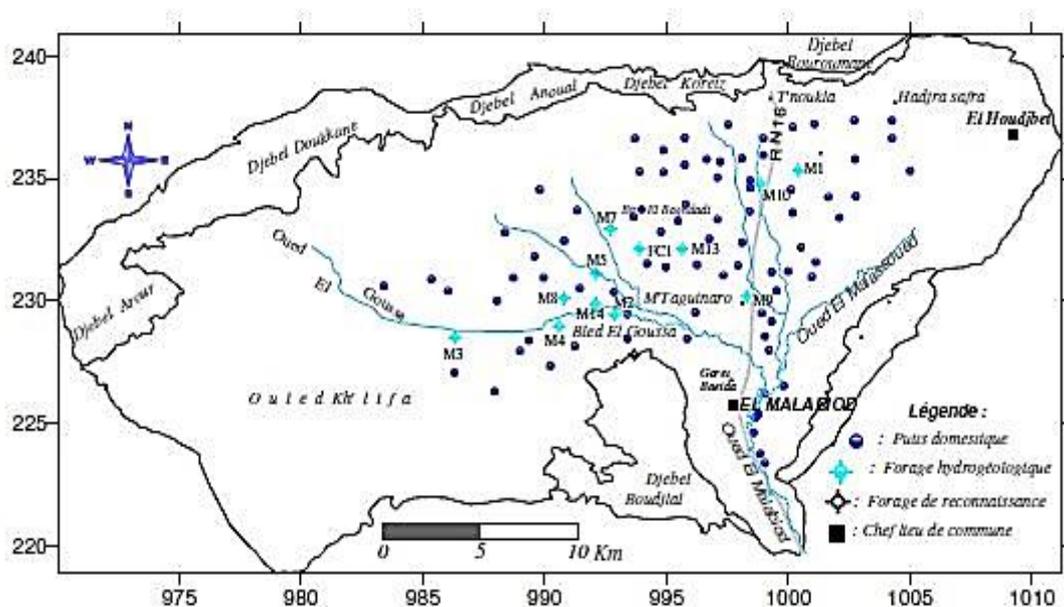


Fig.24 : Carte d'implantation des points d'eau bassin d'El Ma El Abiod.

L'ensemble de ces ouvrages sert à l'alimentation en eau pour la potabilité, l'irrigation ainsi que pour l'industrie.

## II – 4 Etudes des paramètres hydrodynamiques :

La connaissance des paramètres hydrodynamiques, notamment le niveau piézométrique est d'une importance fondamentale dans l'hydrogéologie. Le niveau des eaux souterraines de l'aquifère peut être utilisé pour plusieurs raisons ; la plus importante est la construction d'une

carte piézométrique qui est nécessaire afin de connaître l'extension de l'aquifère, la direction et la vitesse de l'écoulement des eaux souterraines, ainsi que leur zone d'accumulation. (3)

## II – 4.1 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 (drainance), ainsi que la profondeur du niveau piézométrique. (5)

La représentation cartographique des valeurs prises lors des campagnes effectuées le long de la période d'observation (hautes et basses eaux comprises).

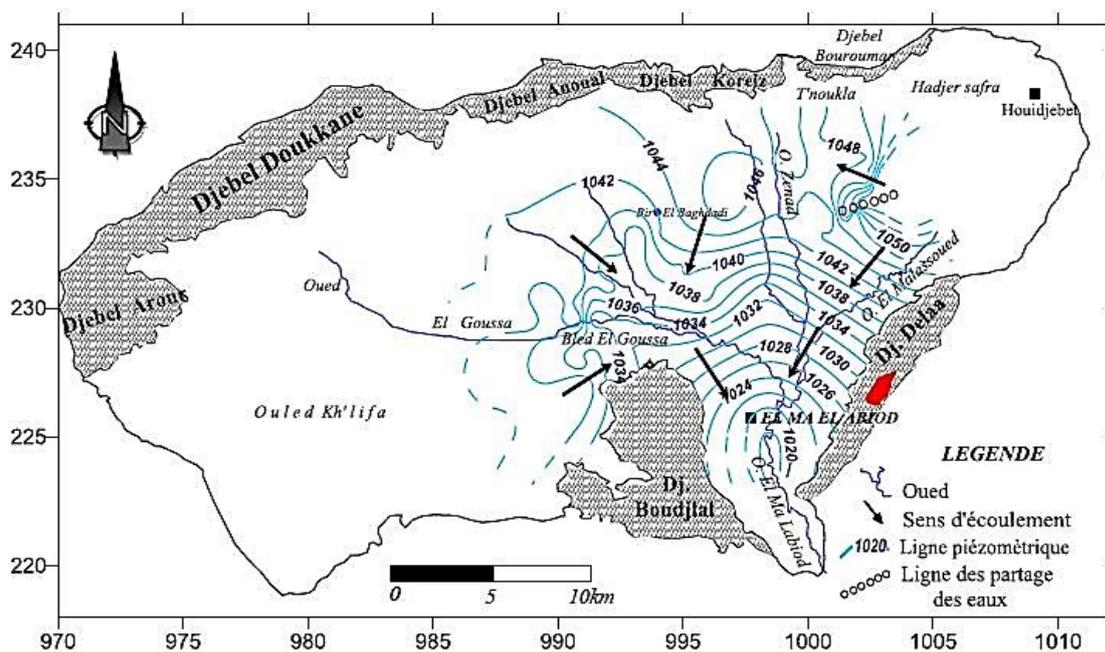


Fig.25 : Carte piézométrique Avril 2013/Bassin d'El Ma El Abiod (In Lekrine.Y 2015).

La carte piézométrique de la période des hautes eaux (avril 2013) montre un écoulement convergent vers le Sud (l'exutoire) (Fig.25), on peut distinguer trois zones d'écoulement souterrain :

- La zone Est présente des courbes isopièzes serrées ce qui indique un écoulement rapide, provoqué par la surexploitation, les forages exécutés dans cette zone ont donné des débits importants.
- La zone Nord où l'écoulement est plus important, les forages implantés à cet endroit dessinent un rabattement de la surface piézométrique suite à une surexploitation de la nappe pour l'irrigation.
- La zone Ouest caractérisée par un écoulement faible par rapport à ceux du Nord et de l'Est, dans cette partie, les courbes isopièzes convergent vers l'Oued El Goussa.

Le sens de l'écoulement se fait généralement vers le Sud pour les trois zones, la profondeur du plan d'eau est grande au nord de la plaine et faible au sud et au centre, elle est caractérisée par une exploitation intensive. (5)

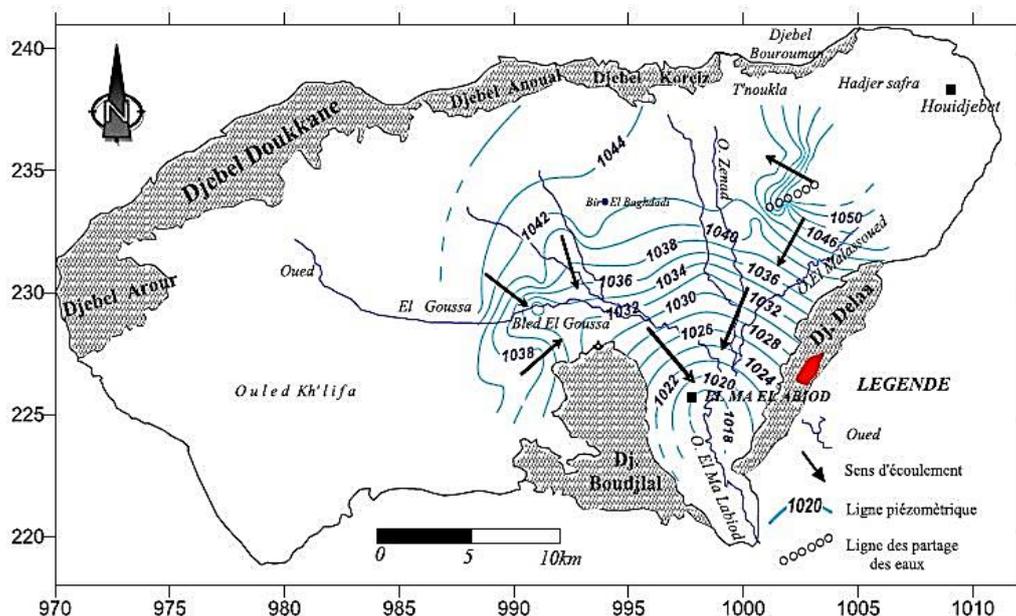


Fig.26 : Carte piézométrique Septembre 2013/Bassin d'El Ma El Abiod (In Lekrine.Y 2015).

L'analyse de cette carte révèle presque la même forme piézométrique que celle décrite pour la carte de la période d'avril 2013, ceci s'explique par un décalage entre les deux périodes et est traduit par la recharge de la nappe (Fig.26).

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.

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 Ma El Abiod (l'exutoire).

L'influence du phénomène physico- naturel en l'occurrence l'évapotranspiration, pèse plus sur la nappe alluviale que sur celle des sables, puisqu'elle connaît des fluctuations notables. Mais dans l'ensemble, on peut dire que l'allure générale des isopièzes reste presque semblable durant les deux périodes d'observation. (5)

## II – 5 Estimation et répartition des paramètres hydrodynamiques :

Ouvrage	Coordonnées			Perméabilité $K (m/s)$	Transmissivité $T (m^2/s)$
	X (km)	Y (km)	Z (m)		
<i>M1</i>	1 000.525	235.000	1 090	$1,46.10^{-4}$	$1,33.10^{-2}$
<i>M2</i>	992.975	229.100	1 075	$1,72.10^{-4}$	$1,15.10^{-2}$
<i>M3</i>	986.425	228.475	1 100	$3,42.10^{-4}$	$2,88.10^{-2}$
<i>M4</i>	990.700	228.625	1 080	$0,51.10^{-4}$	$0,70.10^{-2}$
<i>M5</i>	992.200	230.800	1 075	$0,56.10^{-4}$	$0,76.10^{-2}$
<i>M7</i>	992.800	232.600	1 080	$0,37.10^{-4}$	$0,70.10^{-2}$
<i>M8</i>	990.890	229.775	1 072	$0,27.10^{-4}$	$0,50.10^{-2}$
<i>M9</i>	998.400	229.850	1 048	$0,50.10^{-4}$	$0,95.10^{-2}$
<i>M10</i>	998.975	234.450	1 085	$1,03.10^{-4}$	$1,33.10^{-2}$
<i>M13</i>	995.750	231.800	1 080	$0,62.10^{-4}$	$0,55.10^{-2}$
<i>M14</i>	992.200	229.550	1 072	$0,88.10^{-4}$	$1,76.10^{-2}$
<i>FC1 bis</i>	994.000	231.800	1 085	$0,56.10^{-4}$	$0,44.10^{-2}$

Tab n°17 : Valeurs de perméabilité et de transmissivité des forages (ANRH).

### II – 5.1 Carte de perméabilité :

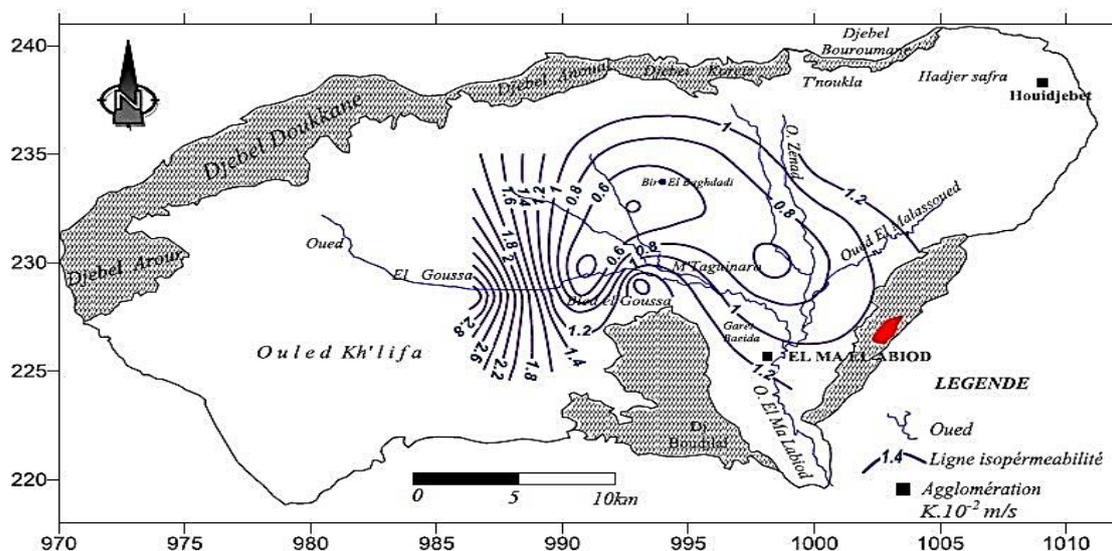


Fig.27 : Carte de Perméabilité Bassin d'El Ma El Abiod.

## II – 5.2 Carte de transmissivité :

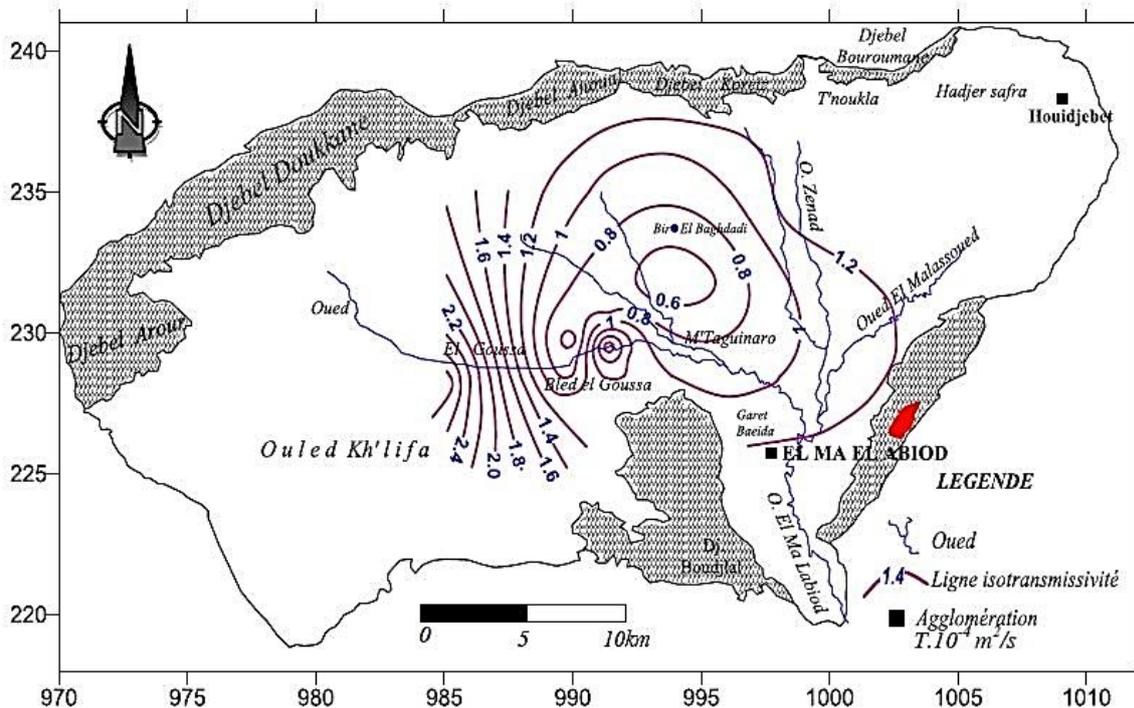


Fig.28 : Carte de Transmissivité Bassin d'El Ma El Abiod.

## II – 5.3 Synthèse des deux cartes (transmissivité / perméabilité) :

L'analyse et la projection des deux cartes permettent de conclure que l'Ouest du bassin est l'horizon le plus favorable en matière d'intérêt hydraulique.

À ne pas omettre la zone orientale, qui n'est pas pour autant négligeable, mais à un degré moindre par rapport à son prédécesseur. (4)

## II – 6 Essais de Pompage :

Pour étudier expérimentalement l'évolution des caractéristiques de la nappe miocène d'El Ma El Abiod, nous avons utilisé les résultats des essais définitifs des forages captant la nappe des sables et des grès, qui ont été déjà exécutés par la Direction de l'Hydraulique de Tébessa (DHW).

Leur interprétation graphique est basée sur l'expression de C.E Jacob (1950) étendue aux nappes libres. Les rabattements enregistrés sont soit ;  $s < 0,1b$  ou bien :  $1b < s < 0,3b$ . (5)

### II – 6.1 Forage M8 bis :

Il est situé à l'ouest de la ville d'El Ma El Abiod, il alimente la ville de Tébessa. L'essai de pompage est réalisé à la fin de l'année 2006.

- Coordonnées Lambert du forage : X = 990.890, Y= 229.785, Z= 1072.

- Débit de pompage 35 l/s = 0.035 m<sup>3</sup>/s.
- Niveau statique 37.40 m.
- La durée de pompage est de 48 heures.

## II – 6.2 Courbe de Descente :

Les résultats sont représentés sur la figure 29, qui représente la droite rabattement/logarithmes des temps de pompage. Avec un alignement bien défini puisque la nappe aquifère est libre, le rabattement enregistré au cours de l’essai de pompage est faible de l’ordre de  $s < 0.1b$ . (5)

Selon l’approximation de C. Jacob, mentionnée ci-dessus. La valeur de la transmissivité est de :

$$T_D = \frac{0.183 \times Q}{C}$$

$Q = 35 \text{ l/s} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}. \quad C = 0.15 \text{ m}$

$$T_D = \frac{0.183 \times 0.035}{0.15} \quad T_D = 4.27 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

***T<sub>D</sub>*** : Transmissivité en m<sup>2</sup>/s.

***Q*** : Débit en m<sup>3</sup>/s.

***C*** : La Pente de la courbe.

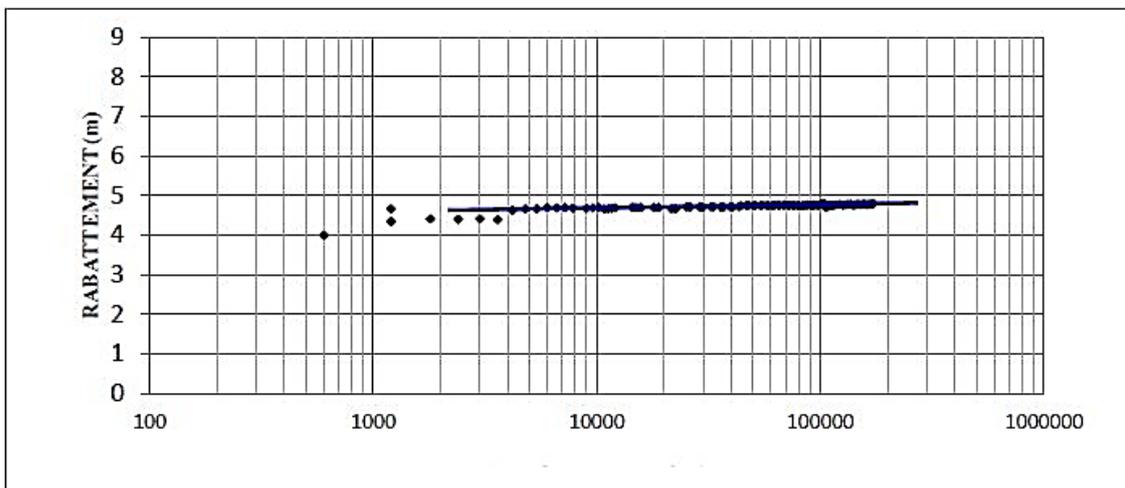


Fig.29 : Courbe de descente Forage M8bis. (In Lekrine.Y 2015)

## III – La région de Doukara :

### III – 1 Carte d’inventaire des points d’eau :

La plaine de Doukkara est une vaste cuvette comblée de dépôts quaternaires et miocène et où les calcaires et marno-calcaires occupent la partie inférieure.

L’ensemble renferme une nappe aquifère avec des horizons superposés.

Les points d'eau choisis sont relatifs aux forages d'eau, peu profond réalisés dans la plupart des cas par des particuliers. Leur répartition couvre la plus grande partie de la zone de Doukara.

(6)

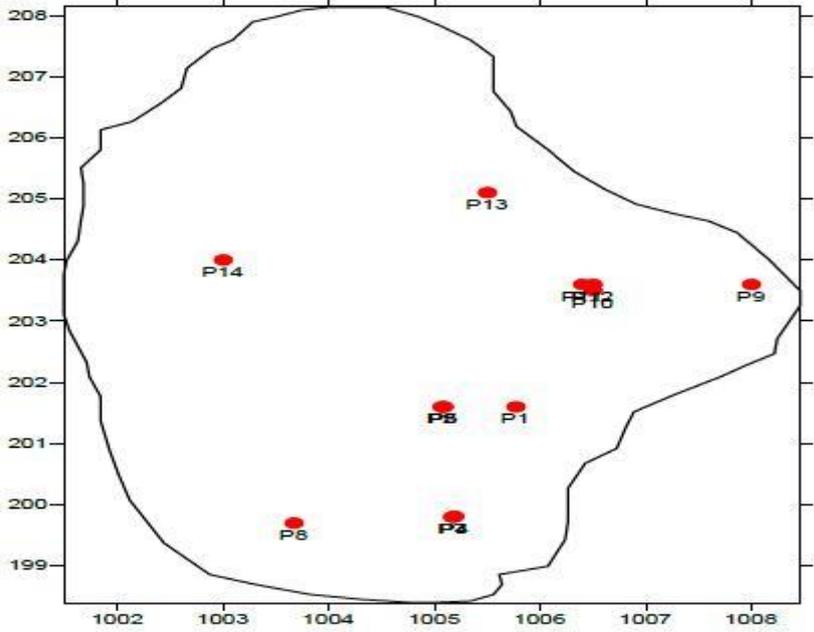
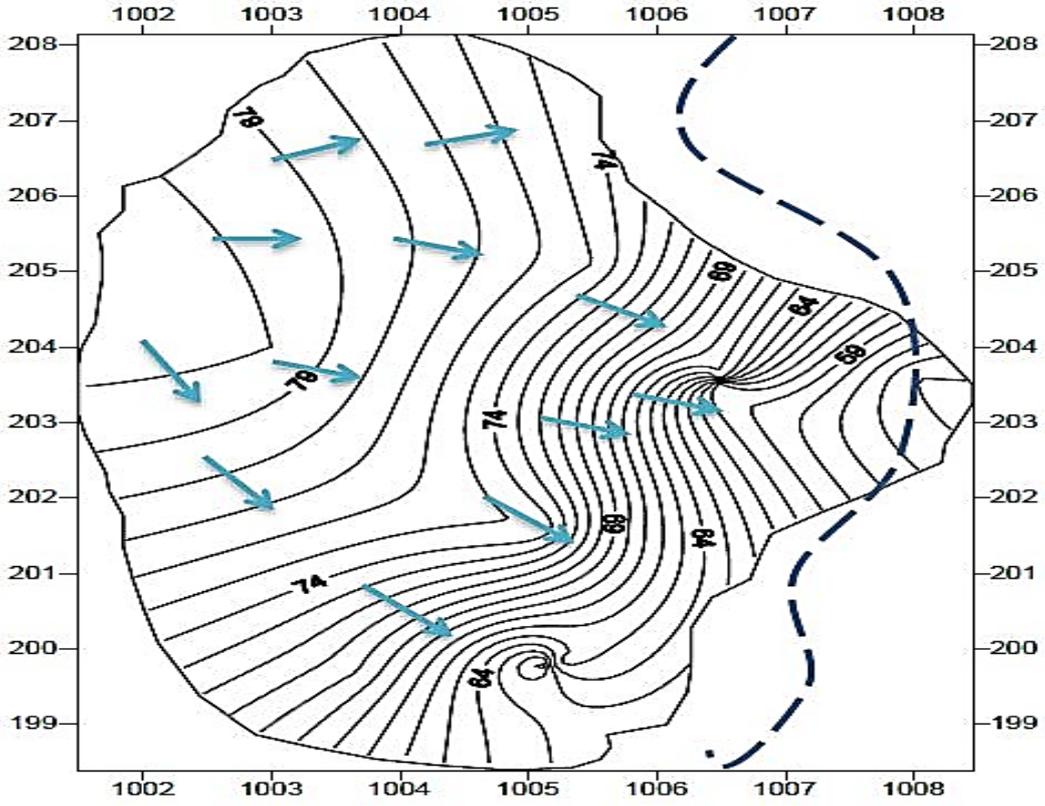


Fig.30 : Carte d'inventaire des points d'eau.

### III – 2 Interprétation de la carte d'égal profondeur du niveau d'eau :



**Fig.31 : Carte d'égalité profondeur de niveau d'eau.**

L'examen des courbes d'égalité profondeur a permis d'identifier trois zones hydrologiques.

- Septentrionale limitée au nord par la courbe 76 à courbes espacées, régulières et à concavité orientée vers l'aval.
- Une zone Sud Est Est à courbes plus serrées à concavité aval.
- Une zone Sud Sud Est à courbes serrées et irrégulières et à concavité aval.

Les courbes d'égalité profondeurs des niveaux d'eaux ont été tracées d'après les mesures réalisées sur les points d'eau existant.

D'après le tracé des lignes de courant on a pu dégager les axes principaux d'écoulement. La surface piézométrique n'est pas régulière et présente une morphologie complexe.

Sa profondeur par rapport au niveau du sol, importante au nord, diminue vers le Sud-Est de 25 m.

L'écoulement de direction générale NW-SE n'est pas uniforme, caractère qui se traduit par des formes et des espacements variables des courbes d'égalité profondeur et des lignes de courant sinueuses.

Les reliefs importants et bien arrosés de l'Ouest et du NW, cas de djebel Dremin et khenig, alimentant la nappe qui vient buter au Sud-Est.

Le profil générale de la surface piézométrique affecte d'une pente donc au Nord s'accroît au Sud Est de l'ordre cinq pour mille. Sa forme est due au relief et surtout aux caractéristiques de l'écoulement. (6)

#### **IV – Conclusion :**

Bassin d'El Ma El Abiod est composé essentiellement de deux nappes aquifères de nature différente, Une nappe alluviale constituée de matériau graveleux et d'argile sableuse dans les formations Quaternaire.

Nappe Miocène formée de matériau sableux et gréseux elle constitue le principal réservoir de la région d'El Ma El Abiod.

Le niveau piézométrique présente une évolution régulière, caractérisée par une baisse durant la période des basses eaux sous l'effet de l'évaporation, et une remontée relative pendant la période de hautes eaux.

Les écoulements dominants convergent du Nord vers le Sud.

La région Doukara, l'examen des courbes d'égalité profondeur a permis d'identifier trois zones hydrologiques.

- Septentrionale limitée au nord par la courbe 76 à courbes espacées, régulières et à concavité orientée vers l'aval.
- Une zone Sud Est Est à courbes plus serrées à concavité aval.
- Une zone Sud Sud Est à courbes serrées et irrégulières et à concavité aval.

# Hydrochimie

## I – Introduction :

L'hydrochimie est utilisée comme outil de compréhension des circulations au sein de l'aquifère. L'étude de la répartition dans l'espace et de l'évolution dans le temps des concentrations en ions majeurs, vient compléter et préciser le schéma lithologique et celui des circulations. Dans un aquifère sain, il s'établit un équilibre entre la composition chimique de l'eau et celle des roches, l'eau prend une minéralisation qui demeure stable dans le temps et sert à caractériser un faciès hydrochimique. Les ions majoritairement présents dans l'eau vont refléter la nature des roches rencontrées, tandis que pour un aquifère polluée c'est le contraire.

## II – Paramètres physico-chimiques et Identification des faciès :

### II – 1 Paramètres physiques :

#### II – 1.1 La température :

La température des eaux est fonction soit du climat ( $T^\circ$  de l'air/eau de surface) ou de la profondeur (gradient géothermique, réactions chimiques/eau profonde). 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.

#### II – 1.2 Le potentiel d'hydrogène (PH) :

Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau (ou d'une solution) et par conséquent sa concentration en ions ( $H^+$ ), et permet donc de dire si celle-ci est agressive, corrosive ou entartrent.

Ce caractère lui est conféré en fonction de sa teneur en ions issus du milieu naturel, des rejets urbains et industriels ou du lessivage des terres agricoles.

La mesure de ce paramètre, prise in situ lors de campagnes effectuées, montre que ses valeurs varient à l'échelle du bassin, mais sans écarts notables. Elles varient de 6.4 à 8.1 en moyenne.

#### II – 1.3 La conductivité :

Définie comme étant l'aptitude d'une eau (ou d'un matériau) à se laisser traverser, plus ou moins vite, par un courant électrique. La connaissance de ce paramètre, (ou de son inverse la résistivité), est précieuse ; dans la mesure où elle permet de suspecter une quelconque modification se rapportant aux différents horizons aquifères, et d'y palper la minéralisation.

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  $20^\circ C$  et exprimées en  $\mu s/cm$ .

L'organisation mondiale de la santé (OMS) a recommandé une certaine classification des eaux, selon les plages de valeurs du paramètre suscité. Selon cette dernière, on a dressé le tableau suivant représenté l'ensemble de données relatives à la région :

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	2500	3000	3500	4000	> 4000
Les puits	P4, P5, P6, P7, P8, P10, P15, P16, P17, P19	P9, P12	P14	P2	P1, P3, P11, P13, P18, P20, P21

Tab n°18 : classification des eaux selon leurs conductivités.

La majorité des points dans son ensemble, d'une excellente et bonne qualité de leurs eaux.

Il est à signaler que certaines valeurs reflètent une pollution excessive (P1, P3, P11, P13

P18, P20, P21), à cause de leur proximité des cours d'eau (pollution atmosphérique, lessivage...).

## II – 2 Paramètres et Faciès 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 :

- Les cations :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .
- Les anions:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

Et ce, pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la région d'étude. La région d'El Ma El Abiod (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12).

La région de Brisgane (P13, P14, P15, P16).

La région de Doukara (P17, P18, P19, P20, P21).

### II – 2.1 Classification de Stabler :

Dans cette classification, les concentrations exprimées en (mg/l) sont réduites en quantités en réaction en pourcent (%) et peuvent être exprimées de façon imagée par une formule caractéristique ou formule ionique qui s'obtient en classant les quantités en réaction en pourcent de gauche vers la droite et par ordre décroissant en se basant sur la prédominance de tel ou tel anion.

### II – 2.2 les diagrammes :

Puisque parmi les outils qui restent incontournables, les diagrammes qu'on va présenter, vont permettre une meilleure identification des faciès et les aspects qualitatifs, des eaux souterraines, ainsi que leur évolution. Dans ce but, nous avons entrepris dans notre cas et choisi des démarches de représentation, tels que celui de Scholler-Berkalof et de Piper.

Les Puits	Élément chimique		Formule ionique	Faciès chimique
	Anion (mg/l)	Cation (mg/l)	r%	
<b>P1</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 138 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 320 Cl <sup>-</sup> : 380.5	Ca <sup>++</sup> : 102.09 Mg <sup>++</sup> : 164.02 Na <sup>+</sup> : 100.2 K <sup>+</sup> : 9.2	r% Cl <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Chloruré, Sulfaté Magnésien
<b>P2</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 244 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 350 Cl <sup>-</sup> : 308.1	Ca <sup>++</sup> : 158.3 Mg <sup>++</sup> : 123.49 Na <sup>+</sup> : 97.2 K <sup>+</sup> : 9.8	r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Sulfaté, chloruré Calcique
<b>P3</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 122 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 450 Cl <sup>-</sup> : 546.2	Ca <sup>++</sup> : 104.02 Mg <sup>++</sup> : 195.4 Na <sup>+</sup> : 103 K <sup>+</sup> : 8.9	r% Cl <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ) > r% Ca <sup>++</sup>	Chloruré, Sulfaté Magnésien
<b>P4</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 218.38 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 65 Cl <sup>-</sup> : 106.5	Ca <sup>++</sup> : 117.83 Mg <sup>++</sup> : 113.95 Na <sup>+</sup> : 93.27 K <sup>+</sup> : 7.4	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, calcique
<b>P5</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 179.34 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 80 Cl <sup>-</sup> : 63.9	Ca <sup>++</sup> : 280.5 Mg <sup>++</sup> : 70.1 Na <sup>+</sup> : 63.4 K <sup>+</sup> : 4.2	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Calcique
<b>P6</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 193.98 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 60 Cl <sup>-</sup> : 78.1	Ca <sup>++</sup> : 139.87 Mg <sup>++</sup> : 106.06 Na <sup>+</sup> : 69.1 K <sup>+</sup> : 4.4	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, calcique
<b>P7</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 176.9 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 130 Cl <sup>-</sup> : 106.5	Ca <sup>++</sup> : 275.14 Mg <sup>++</sup> : 206.25 Na <sup>+</sup> : 38.6 K <sup>+</sup> : 2.3	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Calcique
<b>P8</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 181.78 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 140 Cl <sup>-</sup> : 99.4	Ca <sup>++</sup> : 236.07 Mg <sup>++</sup> : 192.57 Na <sup>+</sup> : 0 K <sup>+</sup> : 2.4	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Sulfaté calcique
<b>P9</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 147.46 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 290	Ca <sup>++</sup> : 250.49 Mg <sup>++</sup> : 201.32	r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	

	Cl <sup>-</sup> : 127.8	Na <sup>+</sup> : 149.3 K <sup>+</sup> : 4.2		Sulfaté, Bicarbonaté, Calcique
<b>P10</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 176.9 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 210 Cl <sup>-</sup> : 85.2	Ca <sup>++</sup> : 184.56 Mg <sup>++</sup> : 224.88 Na <sup>+</sup> : 183.4 K <sup>+</sup> : 3.8	r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ) > r% Ca <sup>++</sup>	Sulfaté, Magnésien
<b>P11</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 162.26 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 270 Cl <sup>-</sup> : 404.7	Ca <sup>++</sup> : 364.32 Mg <sup>++</sup> : 160.61 Na <sup>+</sup> : 199 K <sup>+</sup> : 6.2	r% Cl <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ) > Mg <sup>++</sup>	Chloruré Sulfaté Calcique
<b>P12</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 262.3 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 250 Cl <sup>-</sup> : 198.8	Ca <sup>++</sup> : 373.94 Mg <sup>++</sup> : 188.8 Na <sup>+</sup> : 91.16 K <sup>+</sup> : 5.6	r%HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r%SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Sulfaté calcique

Tab n°19 : classification de Stabler des puits de la région d'El Ma El Abiod.

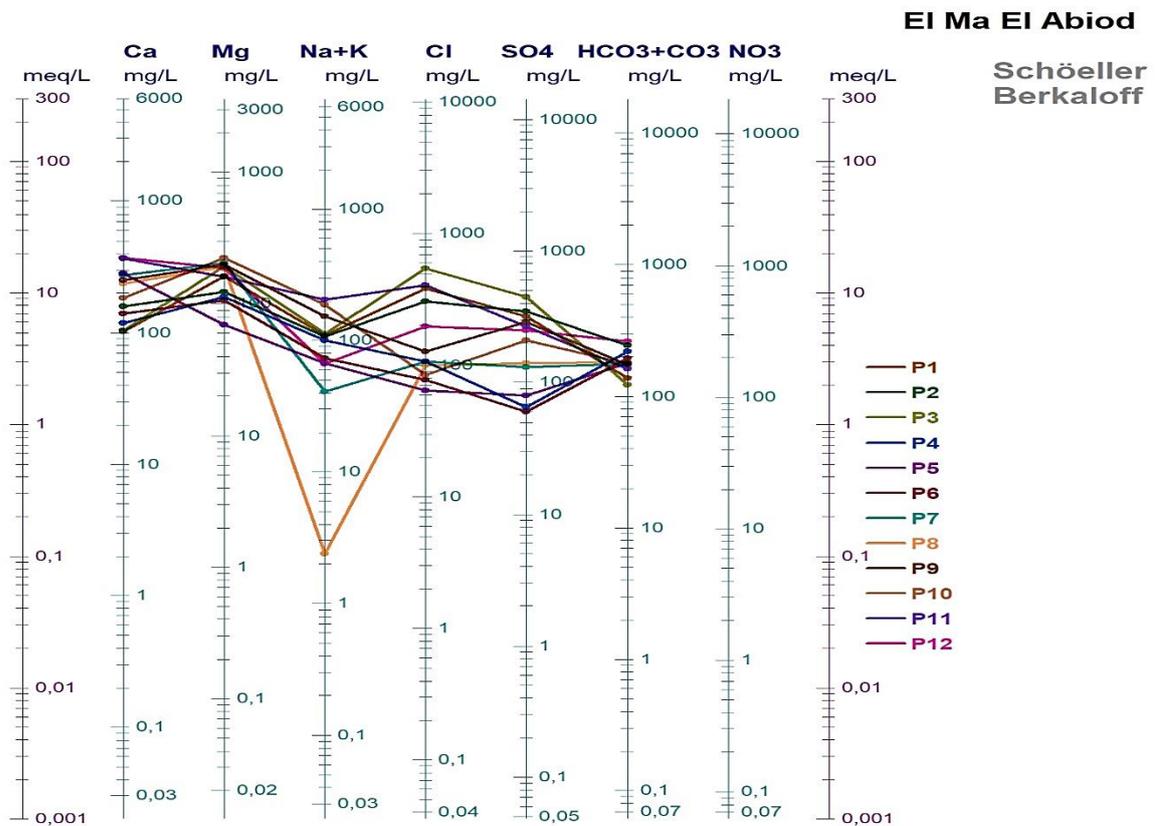


Fig.32 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff Bassin d'El Ma El Abiod.

L'examen du diagramme (Fig.32) confirme qu'effectivement les eaux des puits, dans la région d'El Ma El Abiod, ont un faciès de type bicarbonaté et sulfaté calcique aussi magnésien.

Les Puits	Élément chimique		Formule ionique r%	Faciès chimique
	Anion (mg/l)	Cation (mg/l)		
<b>P13</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 279,38	Ca <sup>++</sup> : 241.28	r% Cl <sup>-</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Chloruré, Magnésien
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> : 75	Mg <sup>++</sup> : 337.98		
	Cl <sup>-</sup> : 717.1	Na <sup>+</sup> : 37.59 K <sup>+</sup> : 4.2		
<b>P14</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 250,1	Ca <sup>++</sup> : 240.27	r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Chloruré calcique
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> : 141	Mg <sup>++</sup> : 115.16		
	Cl <sup>-</sup> : 227.2	Na <sup>+</sup> : 54.51 K <sup>+</sup> : 3.2		
<b>P15</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 225,7	Ca <sup>++</sup> : 294.38	r% SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Sulfaté calcique
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> : 260	Mg <sup>++</sup> : 167.41		
	Cl <sup>-</sup> : 170.4	Na <sup>+</sup> : 34.77 K <sup>+</sup> : 6		
<b>P16</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 179.34	Ca <sup>++</sup> : 129.63	r% SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Sulfaté calcique
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> : 302	Mg <sup>++</sup> : 139.11		
	Cl <sup>-</sup> : 134.9	Na <sup>+</sup> : 139.1 K <sup>+</sup> : 3.4		

Tab n°20 : classification de Stabler des puits de la région de Brisgane.

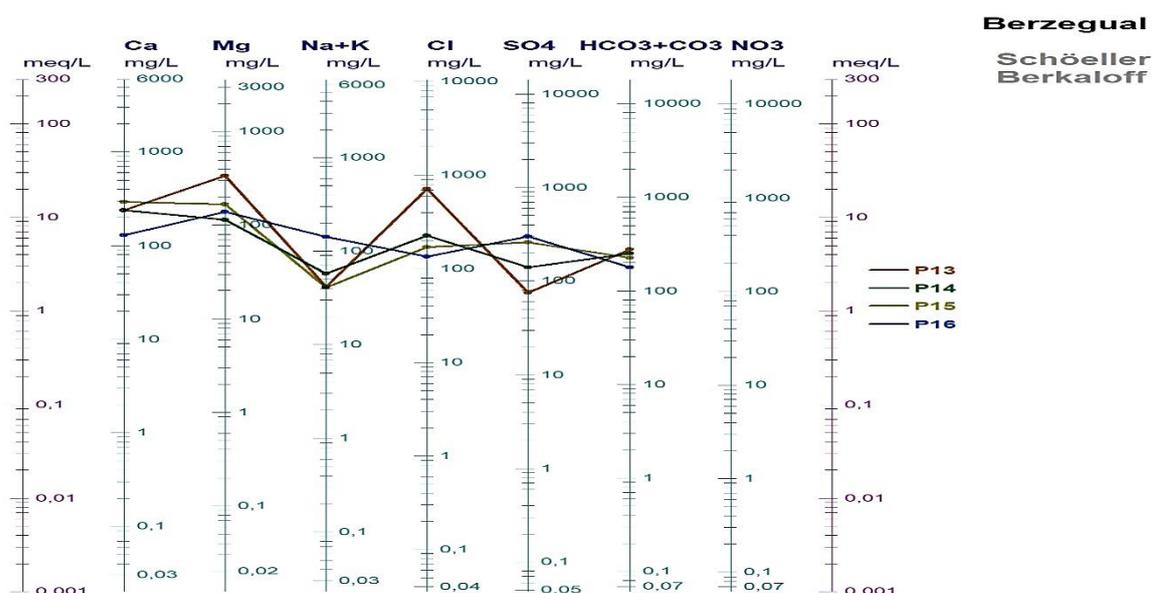
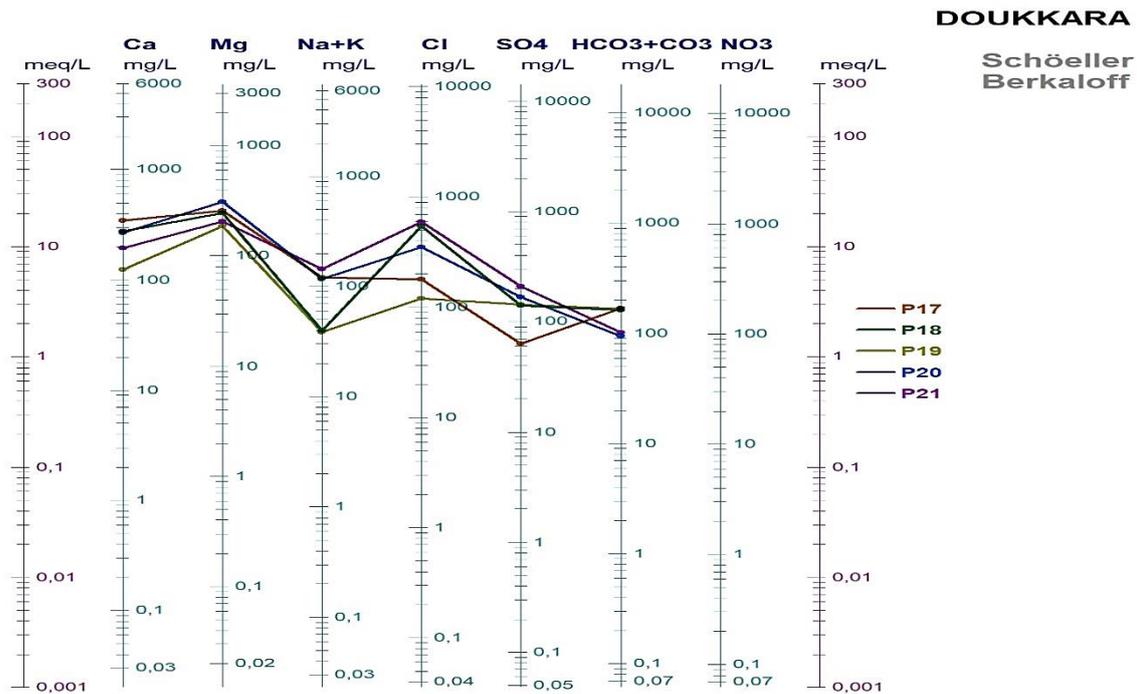


Fig.33 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff bassin de Brisgane.

L'examen du diagramme (Fig.33) confirme qu'effectivement les eaux des puits, dans la région de Brisgane, ont un faciès de type sulfaté calcique.

Les Puits	Élément chimique		Formule ionique r%	Faciès chimique
	Anion (mg/l)	Cation (mg/l)		
<b>P17</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 169,58 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 63 Cl <sup>-</sup> : 178,1	Ca <sup>++</sup> : 346,08 Mg <sup>++</sup> : 257,81 Na <sup>+</sup> : 116,5 K <sup>+</sup> : 4,4	r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% Cl <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, calcique
<b>P18</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 162.26 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 140 Cl <sup>-</sup> : 546.7	Ca <sup>++</sup> : 278.15 Mg <sup>++</sup> : 247.12 Na <sup>+</sup> : 37.59 K <sup>+</sup> : 2.4	r% Cl <sup>-</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> r% Ca <sup>++</sup> > r% Mg <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Chloruré calcique
<b>P19</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 167.14 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 142 Cl <sup>-</sup> : 120.7	Ca <sup>++</sup> : 124.84 Mg <sup>++</sup> : 185.76 Na <sup>+</sup> : 34.77 K <sup>+</sup> : 3.6	r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% Cl <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Bicarbonaté, Magnésien
<b>P20</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 93.94 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 168 Cl <sup>-</sup> : 349	Ca <sup>++</sup> : 269.53 Mg <sup>++</sup> : 311.73 Na <sup>+</sup> : 113.7 K <sup>+</sup> : 3.9	r% Cl <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Chloruré, Magnésien
<b>P21</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 101.26 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> : 210 Cl <sup>-</sup> : 590.4	Ca <sup>++</sup> : 196.39 Mg <sup>++</sup> : 207.5 Na <sup>+</sup> : 139.1 K <sup>+</sup> : 5.9	r% Cl <sup>-</sup> > r% SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> > r% HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r% Mg <sup>++</sup> > r% Ca <sup>++</sup> > r% (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	Chloruré, Magnésien

Tab n°21 : classification de Stabler des puits de la région de Doukara.



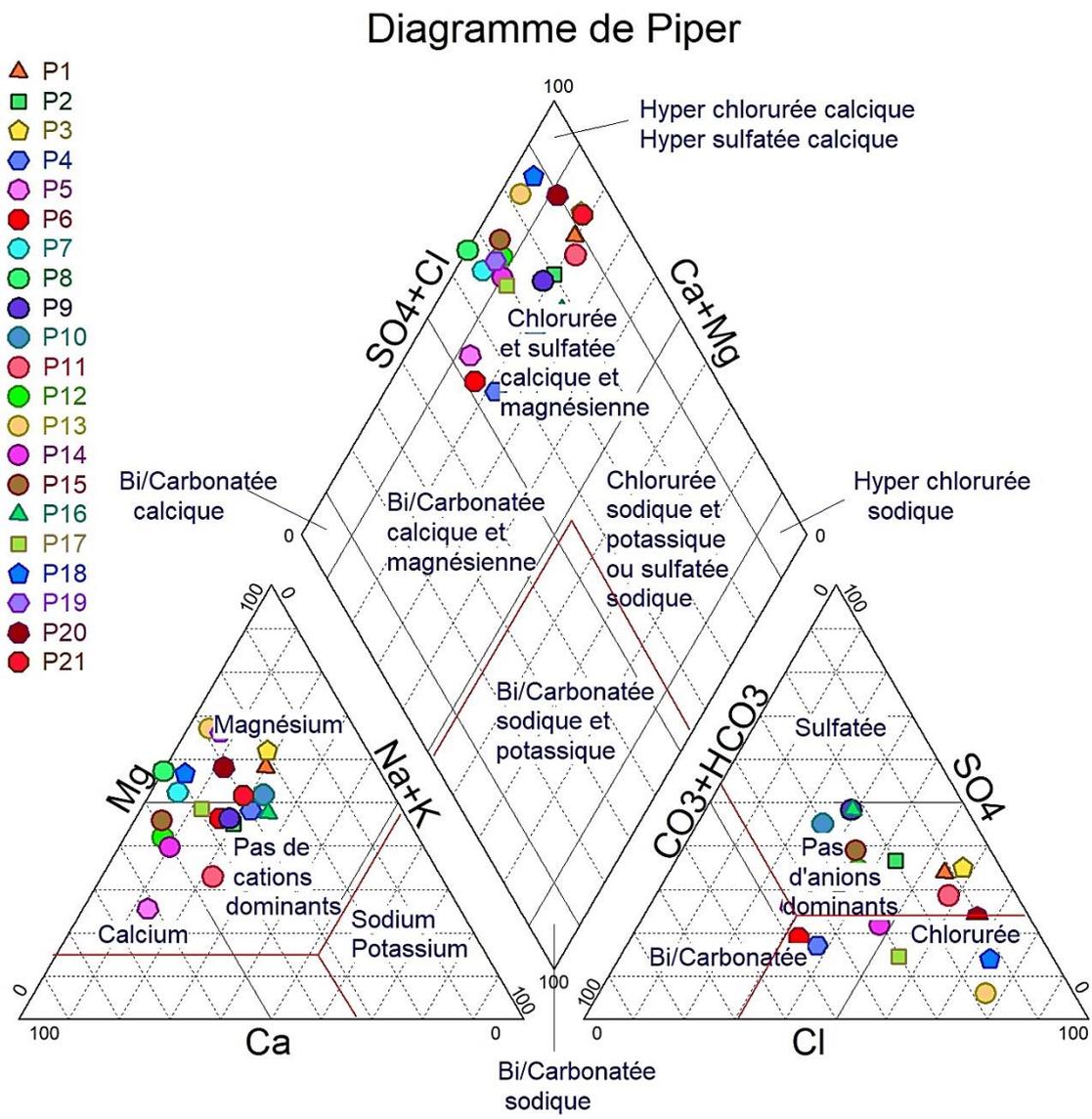
**Fig.34 : Représentation des analyses chimiques des eaux de sources selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff Bassin de Doukkara.**

L'examen du diagramme (Fig.34) confirme qu'effectivement les eaux des puits, dans la région de Doukkara, ont un faciès de type Chloruré Magnésien.

## II – 2.3 Interprétation par le diagramme de Piper :

Le diagramme de Piper est celui qui présente le plus grand intérêt et qui est de ce fait le plus utilisé. Il 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. Ce diagramme permet de catégoriser le faciès chimique d'une eau et d'étudier l'évolution spatiotemporelle du chimisme d'une eau ou d'un aquifère.

Le report des résultats des analyses des eaux de l'aquifère sur le diagramme triangulaire de Piper (Fig.35), ce diagramme met en évidence l'incidence de la géologie sur la qualité des eaux, il permet aussi d'estimer les pourcentages des éléments chimiques et leur classification.



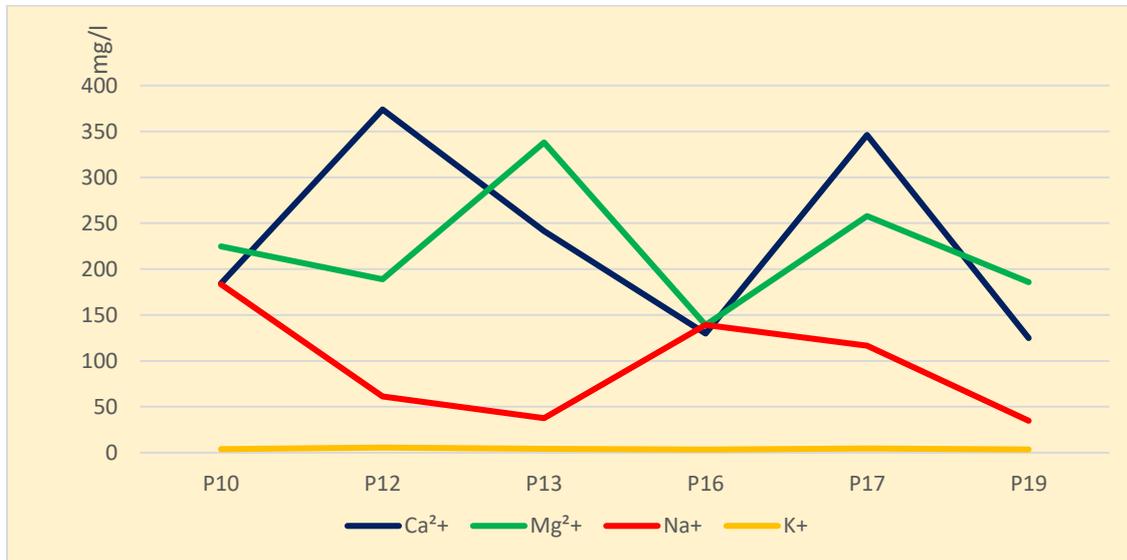
**Fig.35 : Diagramme de Piper des puits a la région d'étude.**

On distingue à partir du diagramme des anions, que le nuage des points d'eau forme pratiquement un grand groupe, proche du pôle chloruré (P1, P3, P11, P13, P18, P21) et un autre groupe qui sont positionnés au centre du triangle, excepté les points P6 et P7 proche du pôle bicarbonaté.

Dans le diagramme des cations, on distingue, un groupe proche du pôle magnésien (P1, P3, P13, P19, P20) et les puits représentés au milieu du triangle ne présente pas de dominance.

**III – Evolution spatiotemporelle :**

**III – 1 Evolution des elements chimiques majeurs (anions) des trois bassin :**



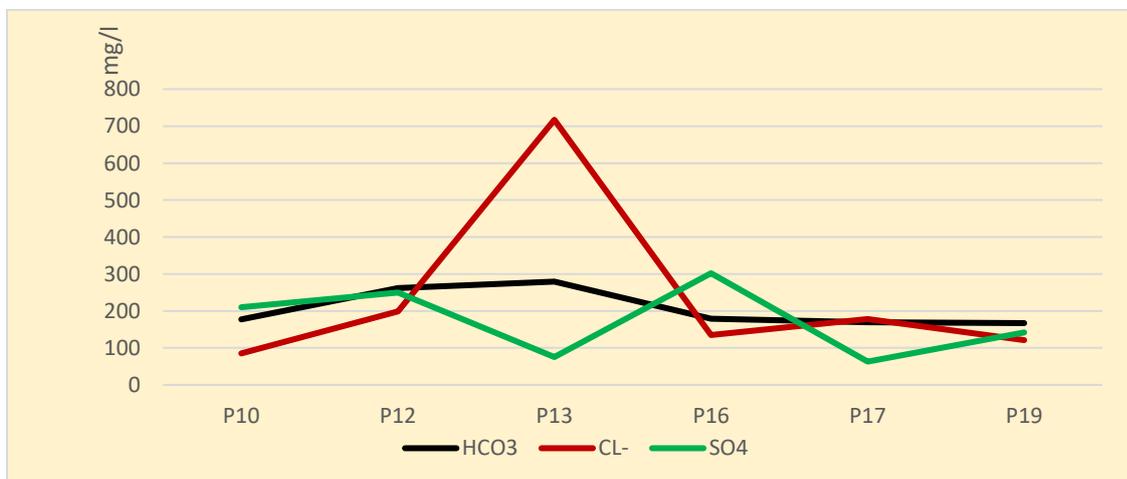
**Fig.36 : Représentation graphique des évolutions des anions.**

L'évolution des éléments majeurs (anions) des données de l'analyses physico-chimiques sont représentées graphiquement dans la Figure 36.

Du Nord vers le Sud on observe une variation remarquable de certains éléments comme le Calcium et le Magnésium avec une augmentation puis une diminution au niveau du P16. Les teneurs de ces deux éléments augmentent pour atteindre un maximum au P17 et la courbe diminue à nouveau pour atteindre une valeur minimale au P19.

Les teneurs de sodium diminuent du nord vers le centre de la plaine pour augmente au niveau du P16 et la courbe suit une décroissance progressive vers la limite sud (P19).

**III – 2 Evolution des elements chimiques majeurs (cations) des trois bassin :**



**Fig.37 : Représentation graphique des évolutions des cations.**

L'évolution des éléments majeurs (Cations) des données de l'analyses physico-chimiques sont représentées graphiquement dans la Figure 37.

Les teneurs en Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) enregistre un maximum au niveau du P13 pour diminue en suite vers les points situés au sud. Les bicarbonates montre une évolution presque constante dans la direction nord-sud. Par contre les teneurs des sulfates enregistrent des diminutions au niveau des points d'eau P13 et P17.

### **IV – Conclusion :**

Les faciès chimiques se répartissent du nord au sud, en passant par le bassin d'El Ma El Abiod, Brisgane et Doukara en faciès bicarbonate calcique, Sulfate calcique et chloruré magnésien.

Les teneurs des éléments majeurs (anions) évoluent du nord au sud en suivant quelque augmentation alternant des diminutions notables.

Quant aux teneurs des éléments majeurs (cations) soulent les chlorures enregistre un pic dans le bassin central. Les deux autres éléments majeurs (les sulfates et les bicarbonates) ne montrent pas des écarts notables de nord au sud.

# **Conclusion Générale**

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif principal de la présente étude concerne le contexte hydrogéologique, hydrochimique et géophysique de trois sous bassins contigus : cas d'El Ma El Abiod-Brisgane et Doukara. Six chapitres sont traités dans ce modeste travail.

Le premier chapitre a été consacré à la présentation de la région d'étude, située au nord-est de l'Algérie, dans la wilaya de Tébessa dans des contextes géographique, hydrographique, et topographique.

Dans le deuxième chapitre nous avons fait un aperçu géologique de la région d'étude qui permet de distinguer quelques remarques, sur l'évolution rapportant à ce contexte.

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

Le troisième chapitre est relatif à l'interprétation globale, des différentes données géophysiques ayant permis de déceler l'existence de trois horizons aquifères superposés au niveau de bassin d'El Ma El Abiod :

Les Sables à grains fins et moyens, constituent le premier horizon

Les Grès, forment le second

Les Argiles sableuses composent, à leur tour, le troisième horizon.

Dans les deux bassins (Brisgane et Doukara) l'étude géophysique a permis d'étudier l'extension et d'évaluer l'épaisseur des formations quaternaire. Miocène dans ces deux bassins et de définir la tectonique profonde affectant le substratum crétacé.

Le quatrième chapitre a été consacré à l'étude hydroclimatique, la région d'étude est soumise à un climat semi-aride Les précipitations moyenne annuelle sont de l'ordre de 238,61mm.

Pour une température moyenne annuelle de 13.73°C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de révéler une période humide s'étale du mois de Septembre jusqu'au fin de Mai et la période sèche correspond à la période comprise entre les mois de Juin et Aout, et pour le bilan hydrique d'après la méthode de C. W. Thornthwaite pour une année excédentaire montre un excédant durant les mois de Janvier, Avril. Avec une infiltration pour la recharge des nappes souterraines qui atteint 49.56 m.

Dans le cinquième chapitre ; l'étude hydrogéologique du bassin d'El Ma El Abiod est composé essentiellement de deux nappes aquifères de nature différentes. L'une alluviale, compose de formations Quaternaire, et la nappe des formations d'âge Miocène.

Le niveau piézométrique présente une évolution régulière, caractérisée par une baisse durant la période des basses eaux sous l'effet de l'évaporation, et une remontée relative pendant la période de hautes eaux.

Les écoulements dominants convergent du Nord vers le Sud.

La région Doukara, l'examen des courbes d'égale profondeur a permis d'identifier trois zones hydrologiques. Septentrionale limitée au nord par la courbe 76 à courbes espacées, régulières et à concavité orientée vers l'aval et une zone Sud Est Est à courbes plus serrées à concavité aval, une zone Sud Sud Est à courbes serrées et irrégulières et à concavité aval.

Et Finalement le sixième chapitre de contexte hydrochimique, Les faciès chimiques se répartissent du nord au sud, en passant par le bassin d'El Ma El Abiod, Brisgane et Doukara en faciès bicarbonate calcique, Sulfate calcique et chloruré magnésien. Les teneurs des éléments majeurs (anions) évoluent du nord au sud en suivant quelque augmentation alternant des diminutions notables, quant aux teneurs des éléments majeurs (cations) soulent les chlorures enregistre un pic dans le bassin central. Les deux autres éléments majeurs (les sulfates et les bicarbonates) ne montrent pas des écarts notables de nord au sud.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **O, Guefaifia.** Contribution a l'étude hydrogeologique de la nappe aquifère d'El Ma El Abiod. Université de Annaba. 1996. magister.
  2. **A, Rouabhia.** 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 en sciences. 02.
  3. **S, Zereg.** Impact des retours d'eau d'irrigation sur la ressource en eau souterraine des régions semi arides, exemple des plaines de Tébessa, Chéria et El Ma El Abiod, Est Algérien. Université Colonel Hadj Lakhdar – Batna. 2010. Mémoire du diplôme de magister.
  4. **H, Djebari.** Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin d'El Ma El Abiod W de Tébessa, Nord-Est Algérien. département de géologie Annaba. 2011. mémoire du diplôme de magister.
  5. **Y, Lekrine.** hydrodynamisme et minéralisation du complexe aquifère du bassin frontalier d'El Ma El Abiod wilaya de Tébessa (S-E Algérien). Université Mentouri 1 Constantine. 2015. mémoire du diplôme de magister.
  6. **Laouir Y, Bouazdia N.** L'état hydrique de l'aquifère de Bir Sbeïkia (Doukkara) . université de Tébessa. 2015. mémoire du diplôme de master.
  7. **K., Faizi.** Synthèse d'étude des formations Quaternaire de la région Sud-Est de Tébessa. université de Tébessa. 2017. mémoire du diplôme de master.
  8. **G, Durozoy.** Captage d'El Ma El Abiod. Implantation des sondages de reconnaissances. Arch. Au S. C H. alger : rapport du 28/3/1947, 1947.
- C.G.G** (1976) ; étude géophysique dans la région d'Oum Ali et de Boudjellal ; (octobre 1976)

## ANNEXES :

<b>Année Agricole</b>	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUIN	JUILL	AOUT	<b>Total Annuel</b>
<b>2007/2008</b>	34,4	10,8	6,3	14,2	6,3	9,43	15,2	22,3	47	22,5	0	37,5	<b>225,93</b>
<b>2008/2009</b>	60,3	44,1	11,6	26,4	57,8	6,33	31,8	118	10,1	12,5	0	31,2	<b>410,13</b>
<b>2009/2010</b>	98,8	2	0	6,2	13,7	16,5	4,5	39,1	10,6	12,2	9,3	9	<b>221,9</b>
<b>2010/2011</b>	32,8	11,7	45,7	1,3	13	19,4	39	38	49,7	14,5	39,6	42,6	<b>347,3</b>
<b>2011/2012</b>	16,5	65,2	0	9,4	24,4	22	45	23	18	3,5	0	25,8	<b>252,8</b>
<b>2012/2013</b>	6,7	43	27,7	19,6	0,2	8,4	11,1	0	25,2	16,5	0,4	2	<b>160,8</b>
<b>2013/2014</b>	6	22,9	35,2	9,9	29,3	13,2	18,3	3,9	57,2	0	0	0	<b>195,9</b>
<b>2014/2015</b>	50,6	10	4	7,8	0	16,6	9,6	0	13,5	0	0	8	<b>120,1</b>
<b>2015/2016</b>	27,9	16,5	0	23,5	14	8,62	93,8	0	23	9,9	0	8,8	<b>226,02</b>
<b>2016/2017</b>	6	19,9	16,8	3,3	5,4	10	13,3	23,5	32,9	76,5	3,7	14	<b>225,3</b>
<b>Moyenne Mensuel</b>	34	24,61	14,73	12,16	16,41	13,048	28,16	26,78	28,72	16,81	5,3	17,89	<b>238,618</b>

**SONDAGE**

**DK3**

N°

Carte: *Lir Sbeikia n° 266*

Date des travaux : *02.05.93 au 17.09.93*

Long.: *X1004,650 Z 880m*

Echelle de la coupe: *1/200*

Latit.: *Y199,750*

Profondeur et cotes	Tubages et Cimentation	Plans d'eau	Echant	Coupe	DESCRIPTION GÉOLOGIQUE	Eloge
10					Graiers moyens	MIOCENE
20					Graiers moyens avec présence de marnes grises.	
30					marnes grises compactes	
40					marnes grises avec traces de cailloux calcaire.	
50					Graiers moyens.	
60					Calcaires crayeux faiblement fissurés perte de boue partielle.	
70						
80						
90					Grave	
100						
110					Calcaire crayeux.	
120					Perte totale de boue. N- Récupération de cuttings	
130						
140						
150					- Calcaire crayeux probable ???	
160						
170						
180						
190						
200						

SONDAGE B/A DOUKKARA DK1

Carte: B/A SBEKIA 47 266 450.000

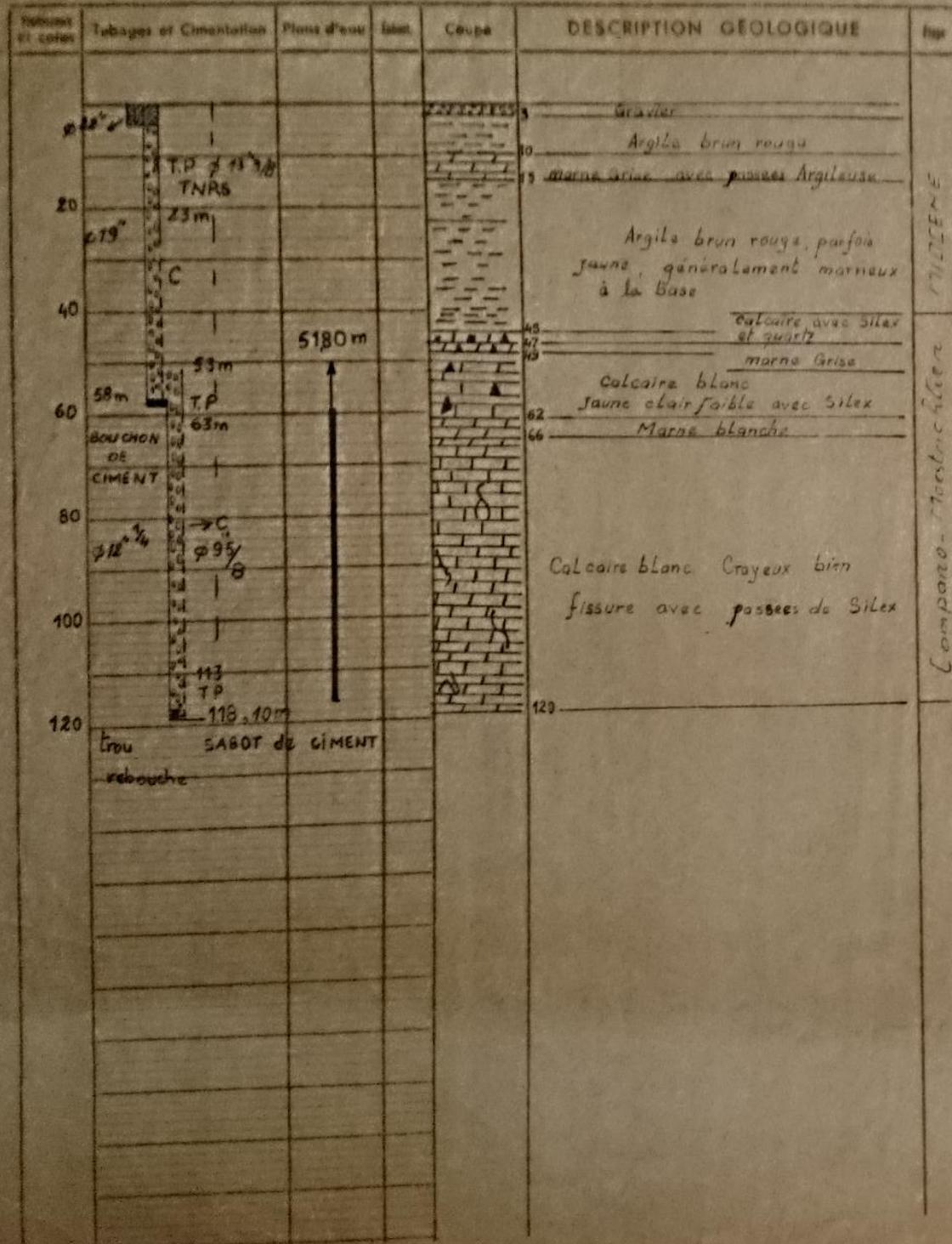
Date des travaux: 1.06.82 à 5.09.82

Echelle de la coupe: 1/2000

N° 366

Long: X 7006,300 Z 883

Latit: Y 201,250

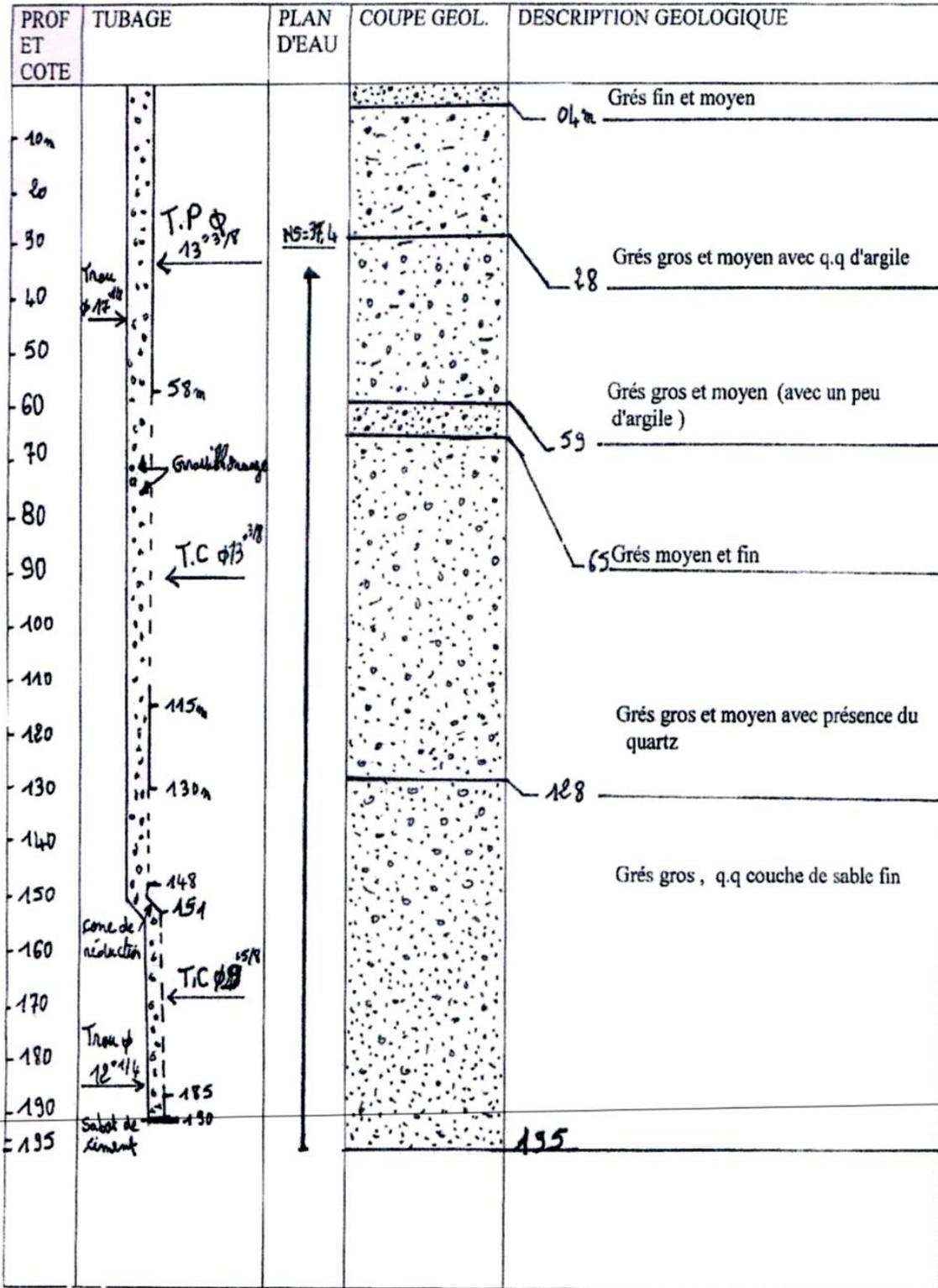


YAHIAOUI

14.09.82

SONDAGE : EL MALABIOD M8 BIS  
 CARTE : EL MALABIOD N° 235 ECHELLE 1/50.000  
 DATE DES TRAVAUX : DU 03/07/2006 AU 27/09/2006  
 ECHELLE DE LA COUPE : 1/10.000

X = 900.890 Km  
 Y = 229.785 Km  
 Z = 1072 m



### Essai de Pompage au niveau du Forage M8bis

- Coordonnées Lambert du forage : X = 990.890, Y= 229.785, Z= 1072.

- Débit de pompage 35 l/s = 0.035 m<sup>3</sup>/s. - Niveau statique 37.40 m,

Temps (mn)	Temps (sec)	N.Dyn (m)	Rabatt (m)	Temps (mn)	Temps (sec)	N.Dyn (m)	Rabatt (m)
0	0	37,35	0	975	58500	42,09	4,74
10	600	40,1	2,75	1020	61200	42,1	4,75
20	1200	41,7	4,35	1035	62100	42,11	4,76
30	1800	41,76	4,41	1080	64800	42,12	4,77
40	2400	41,75	4,4	1095	65700	42,10	4,75
50	3000	41,76	4,41	1140	68400	42,11	4,76
60	3600	41,75	4,4	1155	69300	42,12	4,77
70	4200	41,98	4,63	1200	72000	42,10	4,75
80	4800	42,01	4,66	1215	72900	42,11	4,76
90	5400	42,02	4,67	1260	75600	42,10	4,75
100	6000	42,05	4,7	1275	76500	42,10	4,75
110	6600	42,04	4,69	1320	79200	42,11	4,76
120	7200	42,05	4,7	1335	80100	42,10	4,75
130	7800	42,03	4,68	1380	82800	42,09	4,74
20	1200	42,01	4,66	1395	83700	42,10	4,75
150	9000	42,03	4,68	1440	86400	42,11	4,76
160	9600	42,04	4,69	1455	87300	42,12	4,77
170	10200	42,05	4,7	1500	90000	42,11	4,76
180	10800	42,01	4,66	1515	90900	42,1	4,75
187,5	11250	42,02	4,67	1560	93600	42,11	4,76
195	11700	42,03	4,68	1575	94500	42,12	4,77
202,5	12150	42,04	4,69	1620	97200	42,11	4,76
240	14400	42,05	4,7	1635	98100	42,11	4,76
247,5	14850	42,05	4,7	1680	100800	42,13	4,78
255	15300	42,04	4,69	1695	101700	42,13	4,78
262,5	15750	42,05	4,7	1740	104400	42,14	4,79
300	18000	42,05	4,7	1755	105300	42,06	4,71
315	18900	42,05	4,7	1800	108000	42,08	4,73
360	21600	42,02	4,67	1815	108900	42,09	4,74
375	22500	42,02	4,67	1860	111600	42,11	4,76
420	25200	42,07	4,72	1875	112500	42,1	4,75
435	26100	42,06	4,71	1920	115200	42,11	4,76
480	28800	42,07	4,72	1980	118800	42,12	4,77
495	29700	42,05	4,7	2040	122400	42,13	4,78
540	32400	42,07	4,72	2100	126000	42,11	4,76
555	33300	42,07	4,72	2160	129600	42,12	4,77
600	36000	42,06	4,71	2220	133200	42,13	4,78
615	36900	42,06	4,71	2280	136800	42,13	4,78
660	39600	42,07	4,72	2340	140400	42,11	4,76
675	40500	42,06	4,71	2400	144000	42,12	4,77
720	43200	42,07	4,72	2460	147600	42,13	4,78
735	44100	42,09	4,74	2520	151200	42,12	4,77
780	46800	42,10	4,75	2580	154800	42,13	4,78
795	47700	42,11	4,76	2640	158400	42,13	4,78
840	50400	42,1	4,75	2700	162000	42,12	4,77
855	51300	42,11	4,76	2760	165600	42,13	4,78
900	54000	42,1	4,75	2820	169200	42,13	4,78

915	54900	42,11	4,76		2880	172800	42,15	4,8
960	57600	42,1	4,75					