



N°d'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
De Master en Géologie

Option : **Eau souterraine et environnement**

Thème :

Les dipôles électriques, outil géophysique pour la connaissance des milieux géologiques fracturés. Application à l'hydrogéologie du Djebel Murdjadjo (W/ Oran)

Par

ZEMOUR Youcef

Soutenu le : 27/06/2016 devant la commission d'examen :

Mr. KHENAFOU Mustapha

Maitre Assistant

Président

Mr. MAHAMMED Djilali

Maître de Conférences

Rapporteur

Mlle ABLAOUI Halima

Maitre Assistante

Examinatrice

Oran, 2016

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant qui ma donné la sagesse et la santé afin de réaliser ce modeste travail ;

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Monsieur **MAHAMMED D**, Maître de Conférence à l'université d'Oran 2, mon promoteur, qui m'a fait confiance et m'a proposé ce sujet et a bien voulu m'encadrer. je le remercie de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances qui m'ont beaucoup aider à l'amélioration de ce travail. Sa méthode rigoureuse sera pour moi un bon exemple à suivre.

Je tiens à remercier pleinement Monsieur **KHENAFOU M**, Maître assistant à l'université d'Oran 2, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens également à remercier Madame **ABLAOUI H.**, Maître assistant à l'université d'Oran 2, pour son soutien et sa gentillesse. Sa participation à ce jury me procure beaucoup de joie.

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble des enseignants du département des Sciences de la Terre, en particulier ceux de la filière hydrogéologie qui m'ont été d'une aide précieuse spécialement Mme Hadjou F., Mme Mebrouk N., Mr Baiche A., Mr Boursali T, Mr Foukrache M, Mr Hassani MI et Mr Safa A.

A toutes et à tous Merci.

dédicace

*A ceux qui m'ont inculqué le savoir faire pour devenir ce que je suis, mes très cher
Parents,*

A mes très chers frères et mes deux sœurs, et toute la famille :

ZEMOUR

*A eux qui j'aime et que je respecte infiniment, le jour est venu
pour leur dire merci.*

A monsieur Mahammed D. l'encadreur de ce projet.

A tout le corps enseignant, personnel administratif et pédagogique de l'Université.

Enfin

à

*Tous mes amis (es) en particulier à mes chers amis de l'université, département de
la géologie, de l'aménagement, les amis d'Alger, de Missreghin, de Tissemsiltet et
les amis de ma promotion et à tous qui ont contribué à la réalisation de ce projet.*

Youcef.

Table des matières

Remerciements
Dédicace
Table des matières
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction générale..... 01

Chapitre I : considérations générales

I.1. Cadre Géographique.....02
I.2. Superficie 02
I.3. Géomorphologie..... 02
I.5. Climat..... 02
I.4. Hydrographie 02
I.5.1. Les précipitations..... 02
I.5.2. La température..... 03
I.5.3. Evaporation..... 05
Conclusion.....08

Chapitre II : la géologie

II.1. Aperçu géologique de l’oranie..... 09
II.2. Lithostratigraphie09
II.2.1. Formations anté- nappes.....09
II.2.1.1. Primaire09
II.2.1.2. Secondaire.....09
a).Triass09
b). Jurassique.....08
c). Crétacé10
II.2.2. Formations post-nappe (Tertiaire).....10
II.2.2.1. Miocène moyen10
II.2.2.2. Miocène supérieur.....10
II.2.3. Pliocène10

II.2.4. Quaternaire	10
II.2.4.1. Plio-Pléistocène (Calabrien)	10
II.2.4.2. Pléistocène Moyen	11
II.2.4.3. Pléistocène supérieur.....	11
II.2.5. Holocène	11
II.3. Etude structurale	11
II.3.1. Formation anté-nappe	11
II.3.1. Formation poste nappe	11
II.4. Tectonique	14
II.4.1. Tectonique Infra-Crétacée	14
II.4.2. Premier phase alpine	14
II.4.3. Deuxième phase alpine	14
II.4.4. Distension du premier cycle sédimentaire post-nappe (Serravalien - Tortonien).....	14
II.4.5. Compression des deuxièmes cycles post-nappe (Tortonien - Messénien).....	15
II.4.6. Compression Pliocène et Plio-Pléistocène inférieur.....	15
II.4.7. Compression du Pléistocène moyen à l'actuel.....	15
II.5. Géologie du secteur d'étude.....	16
II.5.1. Massif du Murdjadjo	16
II.5.2. Sillon médian	16
II.6. Lithostratigraphie du secteur d'étude	19
II.6.1. Le substratum mésozoïque.....	19
II.6.2. la couverture cénozoïque	19
a). Série de base	19
b). Marnes bleues	19
c). Tripolis et gypse.....	19
d). Calcaires récifaux	20
e). Alluvions anciennes	20

Conclusion.....	20
-----------------	----

Chapitre III : Hydrogéologie

III. Introduction.....	23
III.1. Différentes ressources en eaux.....	24
III.1.1. Ressources superficielles.....	24
III.1.1.1. Oueds	24
III.1.1.2. Sebkhha	24
III.1.2. Ressources souterraines	24
III.1.2.1. Jurassique	24
III.1.2.2. Crétacé	24
III.1.2.3. Miocène supérieur.....	25
A). Calcaires et marnes à tripolis.....	25
B). Calcaires récifaux.....	25
III.1.2.4. Pliocène.....	26
III.1.2.5. Quaternaire.....	26
III.2. Principales nappes de la région d'étude.....	26
III.2.1. Nappe perchée.....	26
III.2.2. Nappe libre intermédiaire.....	26
III.2.3. Nappe captive.....	27
III.2.4. Nappe des formations alluviales.....	27
III.3. Coupes géologique de versant du Djbel Murdjadjo.....	29
III.3.1. Coupes des sondages de reconnaissance.....	29
III.3.2. coupes schématique longitudinale et transversale du djbel Murdjadjo.....	31
III.4. Position des calcaires d'après les sondages de reconnaissances S1, S2 et S7.....	33
III.5. Caractéristique de quelques forages d'exploitation de la région d'étude.....	35
III.5.1 Coupes géologique des forages.....	36

III.5.1.1. la coupe géologique du forage Bouyakour 2	36
III.5.1.2. la coupe géologique du forage Marc	36
III.5.1.3. la coupe géologique du forage Bouyakour F4 bis	36
Conclusion	37

Chapitre IV : la géophysique électrique

Introduction.....	38
I. Etude de la fracturation dans le Djebel Murdjadjo par les moyens hydrogéologiques.....	39
I.1. La photographie aérienne.....	39
I.2. Photo-satellite.....	40
II. Approche géophysique.....	41
II.1. Etude par Sondage Electrique Vertical (SEV, dispositif classique).....	41
II.1.1 Disposition.....	41
II.1.2. Traitement des données des SEV.....	41
II.1.2.1 Etalonnage des sondages électriques à l'aide des forages.....	41
a) Etalonnage du sondage électrique « J ₁ » près du forage (F3).....	43
b) Etalonnage du sondage électrique « M1 » a l'aide du forage (F4).....	44
Conclusion.....	46
II.1.2. Cartes des résistivités apparentes.....	47
II.1.2.1. Carte de résistivités apparentes en AB =750 m.....	47
II.1.2.2. Carte de résistivités apparentes en AB =200 m.....	47
II.1.3. Interprétation des coupes géoélectriques.....	50
II.1.3.1 Coupes géoélectriques O (figure 4.8)	50
II.1.3.2. Coupes géoélectriques P (figure 4.8)	50
II.1.3.3. Coupes géoélectriques Q (figure 4.8).....	52
II.1.4. Coupes géoélectriques A, B (Tamsalmet).....	52
II.2. Approche géophysique par la Résistance Transversale Totale R _{tt}	54
II.2.1 Calcul de la Résistance transversale totale R _{tt}	54
II.2.1.1 Le principe.....	54

II.2.1.2. la procédure.....	54
II.2.1.2. Détermination sur un exemple théorique.....	54
III. la géophysique Azimutale (Mesures des résistivités en fonction de l'azimut).....	56
III.1 Principe de mesures des résistivités avec le dispositif carré.....	57
III.2 Résultats des mesures.....	58
III.2.1 Sondage carré SC 1 à douar Tamsalmet.....	58
III.2.2 Sondage carré SC 2 SC 3, SC 4, SC 5 et SC 6.....	59
Conclusion.....	62
Conclusion générale.....	63
Référence bibliographiques.....	65
Annexe.....	67

Liste des figures

Figure 1.1 : Températures minimales, moyennes, max, mensuelles à la station d’Es- Sénia (1990-2002).....	04
Figure 1.2 : Températures minimales, moyennes, max, mensuelles à la station Oran-Port (1990-2002).	04
Figure.1.3 : Carte de situation Géographique du secteur d’étude, région- Misserghin-Boutlelis (Brédah)	06
Figure 1.4 : Carte pluviométrique de la région d’Oran en période 1913-1963. (Précipitation moyenne en mm d’après Chaumont M. et Paquin C., 1968).....	07
Figure.2.1: Esquisse structurale de l’Oranie centrale selon B.Fenet, 1975- (Modifiée).....	13
Figure.2.2: Carte tectonique de l’Algérie Nord occidentale (B. Fenet, 1975).....	15
Figure.2.3 : Carte géologique de secteur d’étude d’après G. Thomas 85 (Modifiée).....	17
Figure .2.4 : Coupe schématique montrant la position du sillon médian.....	18
Figure.2.5 : coupe géologique du versant Sud-Est du djbel Murdjadjo- (J. Delfaut, J. Revert, 1974) Modifiée.....	21
Figure.2.6 : Log géologique de Djebel Murdjadjo (M. Chaix, Saint Martin, 1983).....	22
Figure.3.1. Log hydrogéologique de la région d’Oran (in Hassani ,1987).....	23
Figure 3.2 : Coupe hydrogéologique schématique du Murdjadjo (M.I.Hassani).....	28
Figure.3.3 : sondage S1 (ANRH).....	30
Figure 3.6 : Coupe schématique longitudinale du versant du djbel Murdjadjo.....	31
Figure 3.7 : Coupe longitudinale en bordure S de la carapace calcaire du Murdjadjo- à travers les sondages S4, S1, S5, S3.....	31
Figure 3.8: Coupe transversale près du pompage de Bredeah.....	32
Figure.3.9: Position des calcaires d'après les sondages de reconnaissances S2, S1, S7....	34

Figure 4.1 Histogrammes polaires de distribution des fractures par classe d'orientation- en fréquence relative (a) et en longueur cumulée (b) (Hassani M.I., 1987).....	39
Figure 4.2 : Image satellite montrant les failles I (NW-SE) et II (NE-SW) (Bentekhici- et Zebbar, 2008).....	40
Figure 4.3 Schéma d'implantation des SEV dans la région de Brédéah. DHW Oran/ G Eau Sol, 2004).....	42
Figure 4.4: Traitement de la courbe (J1) par logiciel (Win SEV).....	43
Figure 4.5: Traitement de la courbe (M1) par logiciel (Win SEV).....	45
Figure 4.6 : carte des résistivités apparentes pour $AB/2=750m$. (DHW Oran / G- Eau Sol, 2004).....	48
Figure 4.7 : Emplacement des sondages électriques dans la zone d'étude, représentation- des courbes de résistivité apparente $AB=200m$. (Mahammed et al 2011).....	49
Figure 4.8 : Coupes géoélectriques profils O, P, Q, (DHW-Oran/ G Eau Sol, 2004).....	51
Figure 4.9 Coupe géoélectrique et pseudo-section du profil A, courbe caractéristique- du Sev Tam 1 (Mahammed et al, 2011).....	52
Figure 4.10 Coupe géoélectrique du profil B.....	53
Figure 4.11: Tracé de la courbe Transformée de la Section géoélectrique réciproque....	55
Figure 4.12. Dispositif électrique carré à la surface d'un sous-sol anisotrope.....	57
Figure 4.13 Diagrammes polaires de variations de résistivités en fonction de- l'azimut pour les espacements $a = 20, 40$ et $80 m$. (sondage SC 1).....	58

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Températures moyennes mensuelles Station : Oran-Port. Période- (1990-2002).....	03
Tableau 1.1: Températures moyennes mensuelles Station : Es-Senia. Période- (1990-2002).....	03
Tableau 3.1 : tableau des caractéristiques des ouvrages dans la zone d'étude.....	35
Tableau.4.1 : Résultats du SEV étalon.....	44
Tableau.4.2 : Résultats du SEV étalon.....	45
Tableau 4.3: Comparaison entre le facteur d'anisotropie, la Résistance Transversale- totale et la lithologie des formations géologiques.....	60

Introduction générale

Introduction générale

Le massif du Murdjadjo est caractérisé par un aquifère important dont le champ captant de Brédéah qui alimente en partie la ville d'Oran, représente un des éléments.

Les calcaires de cet aquifère sont fracturés du fait de nombreuses failles qui émaillent le secteur, et qui ont fait l'objet de nombreuses études. En particulier, plusieurs campagnes géophysiques, calées sur de nombreux forages ont décrit la géométrie de cet aquifère ainsi que l'allure de son substratum.

En complément de ces objectifs, le problème de la fracturation laquelle influe amplement sur les débits des forages, est dans ce travail analysé grâce à l'apport d'une méthode géophysique originale utilisant les dispositifs dipôlaire. Une corrélation peut alors être tentée entre certains paramètres géophysiques, en particulier l'anisotropie, en relation avec le degré de fissuration des calcaires aquifères.

Cette étude s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre de ce mémoire traite de considérations générales sur la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre a pour objet de présentation géologique de l'Oranie ainsi que le secteur d'étude.
- Le troisième chapitre, présente le cadre hydrogéologique.
- Enfin, le dernier chapitre comporte l'étude par outil géophysique pour la connaissance des milieux géologiques fracturés de notre secteur.

Chapitre I

I.1. Cadre Géographique :

La région d'étude (Figure 1.3) qui s'étend le long de la route Missreghine-Boutlelis (Brédah) fait partie du versant Nord du bassin de la grande sebkha d'Oran. Elle est limitée au Nord par la ligne de crête du massif Murdjadjo, au Sud par la Grande Sebkha d'Oran, à l'Est par le plateau d'Oran (Es-senia – Ain El-Baida) et à l'Ouest par la Wilaya de de Ain Temouchent et se trouve inscrite dans le quadrilatère ayant pour coordonnées Lambert :

$$\begin{array}{ll} X1 = 172,000 & Y1= 256,000 \\ X2 = 191,000 & Y2= 263,000 \end{array}$$

I.2. Superficie :

La plaine s'étend sur près de 30 km de long sur 2 km de large en moyenne, soit une superficie globale de 60 km² au moins.

I.3. Géomorphologie

La plaine qui se présente sous la forme d'une étroite bande de 1500 à 3000 m de large insérée entre la Massif du Murdjadjo et la grande dépression la grande Sebkha d'Oran et qui occupe le centre d'un bassin de sédimentation miocène, est une vaste zone de déflation éolienne.

La partie septentrionale de la plaine formée par les piémonts, présente d'Est en Ouest un vallonement en douceur et qui enchante quand il y a présence de couverture végétale.

I.4. Hydrographie :

La région possède un système hydrographique endoréique et digité, les cours d'eau sont limités aux écoulements intermittents dans quelques ravins (Châbete) et qui se perdent dans les alluvions qu'ils alimentent, en bordure de la Sebkha.

L'écoulement des eaux de pluie provient pour la plus grande part de massif du Murdjadjo. Ce dernier se déverse dans cette zone par un oued: Misserghine.

Seul l'Oued Misserghine prétend posséder l'envergure d'une rivière pérenne, puisqu'il est alimenté par des sources dites du Ravin de la Vierge.

I.5. Climat:

Le climat est de type méditerranéen semi aride à variante chaude.

I.5.1. Les précipitations:

Les précipitations ont un rôle important en région Méditerranéenne. Elles sont caractérisées par leur régime irrégulier et leur répartition inégale (sécheresse de l'été).

La valeur annuelle des précipitations varie entre 378 et 473 mm de pluie. (Figure 1.4)

I.5.2. La température :

La température est le paramètre climatique qui influe directement sur l'évaporation, la pression, le vent et l'humidité.

À partir d'une ancienne étude des stations (Oran-Port, Es-Sénia) basée sur les données de la période allant de 1990 jusqu'à 2002. La température de la région et quelques principaux indices et paramètres climatiques de cette étude sont relevés au niveau des stations suivantes:

- Oran- port.
- Es-Sénia.

La température moyenne mensuelle, maximale, et minimale est représentée dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 1.1: Températures moyennes mensuelles Station : Oran-Port. Période (1990-2002).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Max (°C)	15,9	15,2	17,9	17,4	19,6	22,8	25,5	26,5	25,1	22,1	18,8	16,5
Moy (°C)	13,63	13,89	15,43	16,67	18,9	21,59	24,13	25,5	23,4	20,3	17	14,67
Min (°C)	11,9	12,4	13,6	15,3	17,4	20,4	22,6	24,5	21,9	18,5	15,3	12

Tableau 1.1: Températures moyennes mensuelles Station : Es-Senia. Période (1990-2002).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Max (°C)	13,2	13,9	16,3	17,3	20,6	23,6	27	27,1	26	21,5	17	14
Moy (°C)	10,93	11,96	14,35	15,85	19	22,41	25,06	26,2	23,3	19,4	14,91	12,05
Min (°C)	8,6	10,4	13	14,3	17	20,1	24	25	21,1	17,6	13,3	10,7

La température maximale : le minimum est enregistré en Janvier au niveau de la station d'Es-Senia et en Février à Oran-port.

Le maximale est prélevé au mois d'Aout pour les deux stations.

La température moyenne : Pour les deux stations on constate que le mois de Janvier est le plus froid avec une température moyenne égale à 13,63 °C à la station Oran-Port et 10,93 °C à la deuxième station, tandis que le mois d'aout est le plus chaud avec une température moyenne de 25,5 °C et 26,2 °C à la station Oran-Port et Es-Senia.

La température minimale : pour les deux stations la valeur minimale est enregistrée en Janvier et la valeur maximale est enregistrée en Aout.

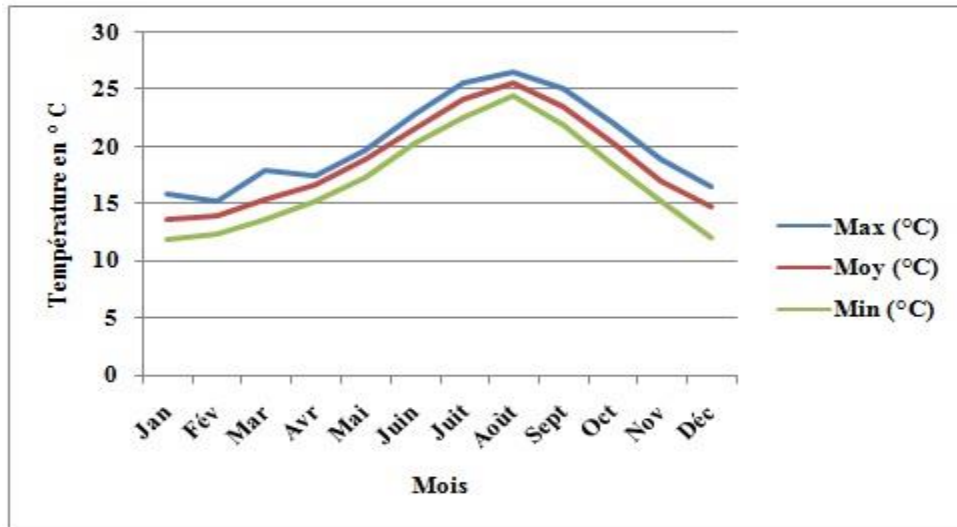


Figure 1.1 : Températures minimales, moyennes, max, mensuelles à la station d’Es-Sénia (1990-2002).

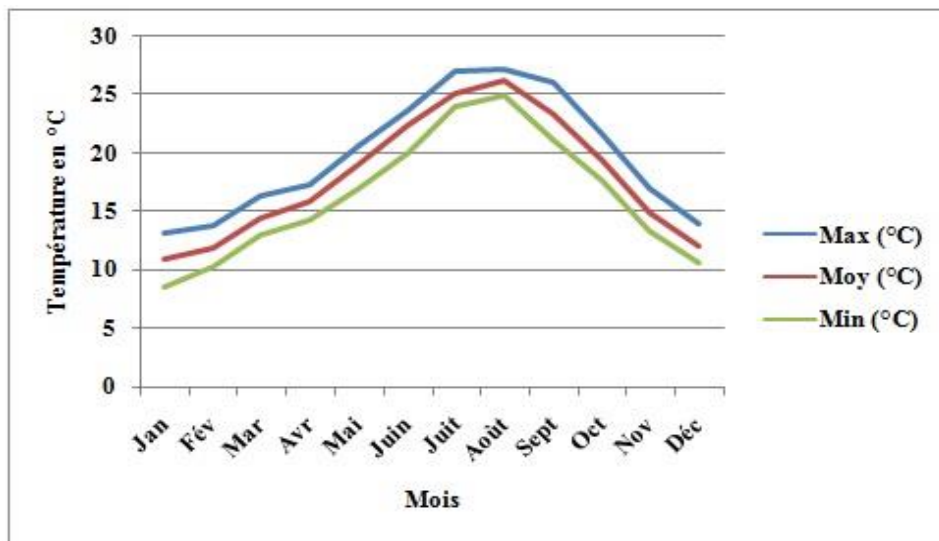


Figure 1.2 : Températures minimales, moyennes, max, mensuelles à la station Oran-Port (1990-2002).

I.5.3. Evaporation:

L'évaporation est un passage progressif de l'eau à l'état gazeux donc qui correspond à la transformation de l'eau en vapeur.

On dispose de mesures réalisées avec un évaporomètre Piche au niveau des deux stations : Es-Sénia ; Oran-port ; pour la période 1990-2008.

Les valeurs annuelles de l'évaporation au niveau des stations varient de 1173 mm à 1276 mm avec un maximum au niveau d'Es-Sénia.

Les valeurs mensuelles dans la station d'Oran-port varient assez peu d'une saison à une autre ; ce qui n'est pas le cas pour celle d'Es-Sénia qui est située plus à l'intérieur par rapport au littoral.

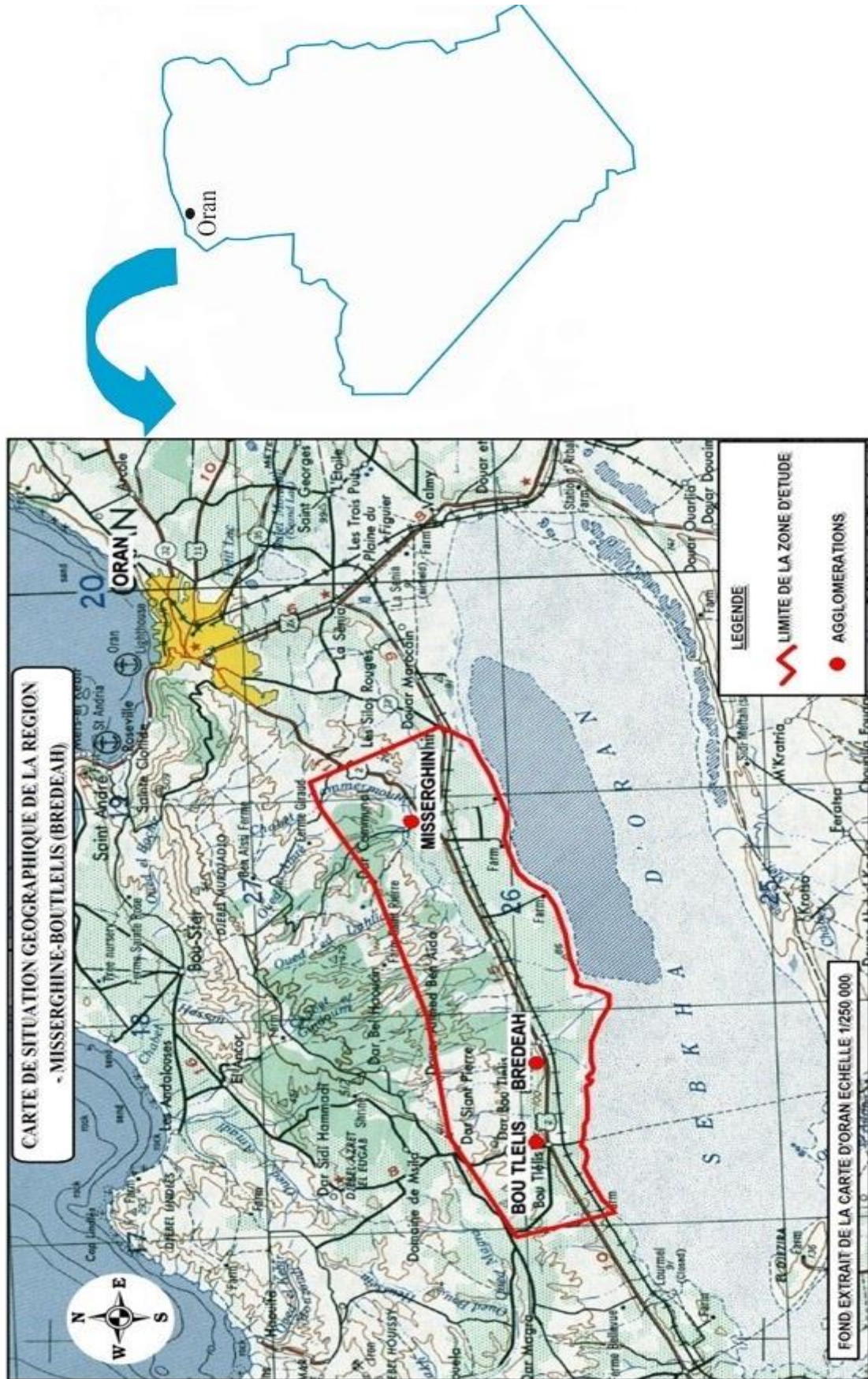


Figure.1.3 : Carte de situation Géographique du secteur d'étude, région Misserghin-Boutlelis (Brédah)

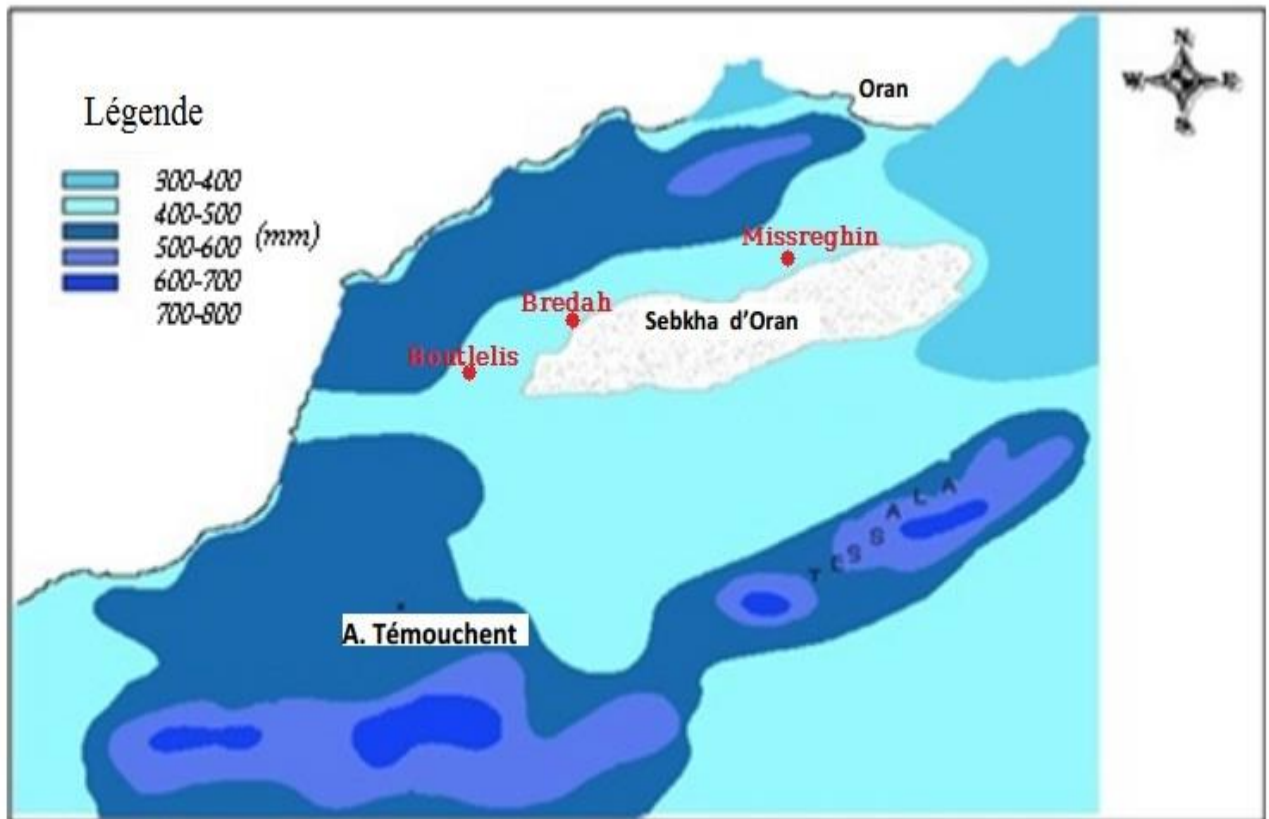


Figure 1.4 : Carte pluviométrique de la région d'Oran en période 1913-1963. (Précipitation moyenne en mm d'après Chaumont M. et Paquin C., 1968).

Conclusion:

La région d'étude et Oran possède un climat méditerranéen semi-aride classique marqué par une sécheresse estivale et des hivers doux. Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes. Ces dernières sont aussi caractéristiques de ce climat.

Le littoral oranais est assez sec à cause de sa faible altitude. Grâce à la proximité de la mer il présente un indice d'aridité faible.

Le secteur étudié possède sa propre individualité climatique caractérisée par l'existence d'une zonalité microclimatique.

Chapitre II

II.1. Aperçu géologique de l'Oranie :

Le littoral oranais est une zone assez élevée très abrupte entourée de plaines basse subsidantes. Il est constitué de plateaux au bord escarpé, souvent vers le Sud. Le caractère fondamental de ces reliefs est leur jeunesse.

La structure géologique du bassin de la grande Sebkha d'Oran détermine deux grands ensembles

Ces grands ensembles sont :

- Un substratum Anté-synchro-nappe affleurant dans la zone haute constitué dans le Murdjadjo par des massifs schistosés autochtones d'âge Jurassique et Crétacé.
- Un remplissage Néogène, post-nappe au centre du bassin. Ce remplissage est constitué par des formations d'âge Miocène et Plio-Quaternaire.

II.2. Lithostratigraphie :

II.2.1. Formations anté- nappes :

II.2.1.1. Primaire :

Le Permo-Trias affleure au niveau du massif des Andalouses, Madagh, au Cap-Falcon et au niveau de djebel Khar où les schistes violacés et conglomérats carbonifères sont d'âge Permo-Carbonifère.

II.2.1.2. Secondaire :

a). Trias :

Il est bien représenté à l'Ouest et au Sud de djebel Santon et le long des falaises de Monté-Christo. Il est Formé essentiellement de marnes et gypses auxquels sont associées des argiles. Ces formations affleurent sous forme de diapir.

b). Jurassique :

Apparaît au Sud-Ouest du Murdjadjo (Ain Keffri), au Cap Falcon, Djerf El-Alia, djebel Santon et Santa-Cruz. Il est constitué de lentilles dolomitiques massives accompagnées de calcaires schisteux marmoréens. Cette formation correspond à l'allochtone carbonaté qui chevauche des formations plus récentes. L'Est du Murdjajdo et Santa-Cruz sont représentés par des schistes calcaires ardoisiers. Le Malm présenté par des bancs de calcaires intercalés de niveaux argileux.

c). Crétacé :

Il forme l'ossature du Murdjadjo, présenté par un faciès schisteux gréseux verdâtre, très plissé intercalé par des bancs de quartzites du Néocomien. Ce faciès passe parfois à des calcschistes à lentilles de calcaires.

II.2.2. Formations post-nappe :(Tertiaire)**II.2.2.1. Miocène moyen :**

La série la plus complète appartenant à cette phase est observée au niveau de la pointe de Canastel. Elle débute par des argiles brèchiques rouges, bien visibles au contre bas de la source thermique d'Ain-Franin, reposant sur des argiles noires crétacées (BESSEDIK et AL, 1990). Cette formation réapparaît à Mers El-Kebir; Elle est surmontée en discordance par des marnes grises à gypses. Elle se termine par une importante sédimentation argilo-conglomératique.

II.2.2.2. Miocène supérieur : Il comprend trois grandes séries :

- *La série d'Oran* : représentée par trois faciès : marnes grises versicolores, grés à balanes et bivalves et marnes à tripolis.
- *La série de Saint-André* : comprend deux faciès : marnes grises et versicolores au sommet, marnes à éléments conglomératiques.
- *La série du Murdjadjo* : cinq faciès peuvent se présenter : calcaires à algues, grés de base, marno-calcaires blancs avec ou sans tripolis, grés fins à spatangides jaunes et silex minilité calcaires à quelques lumachelles. Ces faciès se complètent par une extension de la sédimentation vers Misserghine.

II.2.3. Pliocène :

Le Pliocène inférieur et moyen est attribué au Pliocène marin. Ces deux étages correspondraient à une transgression suivie d'une régression. Le Pliocène marin localisé à l'Est d'Oran de façon dispersé sous les terrains Quaternaires. Il est formé par des marnes plus ou moins sableuses.

II.2.4. Quaternaire :**II.2.4.1. Plio-Pléistocène (Calabrien) :**

Le Pléistocène inférieur (Calabrien) affleure au niveau de la forêt de M'sila, Cap Falcon et à la Corniche de Dj khar. Le Pliocène d'abord lumachellique ou conglomératique passe progressivement à des grés dunaires souvent entrecoupés d'argile continentale. Le Calabrien débute par des grés coquilliers pouvant passer à de véritables calcaires lumachelliques. Il repose directement sur les schistes crétacés. Cette formation est surmontée par des grés dunaires à stratifications entrecroisés.

II.2.4.2. Pléistocène Moyen :

Les niveaux marins du Pléistocène moyen de l'Oranie sont les seuls, quelques témoins affleurant sur toute la partie Ouest d'Oran entre Bouseville et Monte-Cristo. Ils présentent par endroits des lambeaux de grès de plage conglomératiques à faune banale

II.2.4.3. Pléistocène supérieur

Il s'étend le long du littoral. Ses dépôts sont bien représentés dans la zone des piémonts surtout le Sud au Murdjadjo. Il se présente sous forme de terrasses et glacis d'accumulation formés de limons sableux ou argileux rubéfiés. Au niveau d'Ain El-Beida et Brédéah, existent des affleurements de tufs et travertins liés à d'anciennes sources d'eau douce. Toutefois, on rencontre même de véritables calcaires lacustres, parfois karstiques. A Brédéah, on le trouve entre deux à quatre mètres, sous la surface du sol.

II.2.5. Holocène :

Il est remarquable sur le littoral par un complexe dunaire consolidé en grand. Les dunes ont un rôle considérable dans le domaine hydrographique, car elles interrompent l'écoulement où l'eau s'infiltrerait avant d'atteindre la mer. On a des anciennes dunes et des dunes récentes, les anciennes affleurent en général le long de la côte et sont composées de sable jaune consolidé à stratifications entrecroisées d'origine éolienne.

Les dunes récentes sont nettement moins consolidées, elles ont une couleur jaunâtre et occupent une position médiane par rapport aux anciennes dunes.

II.3. Etude structurale :

Le littoral Oranais est un vaste ensemble formé de horsts et de grabens édifiés par des phases sédimentaires particulièrement au cours de l'orogénèse alpine.

II.3.1. Formation anté-nappe :

Elles sont représentées par les formations schisto-gréseuses très plissées, intercalées par des bancs de quartzite Néocomien. Le substratum formé par l'autochtone relatif (B.Fenet, 1975) ou autochtone anté-nappe (G.Thomas, 1985). Au jurassique, la formation carbonatée formée de lentilles dolomitiques chevauche les formations plus récentes. Elle est attribuée au Lias (f-Doumergne, 1912) et à l'allochtone carbonaté (B.Fenet, 1975).

II.3.1. Formation poste nappe :

Discordante sur le substratum. On différencie le miocène anté-syncho-nappe. Il est étroitement lié aux phases ultimes et aux phases proximales de l'orogénèse alpine. Le cycle

suivi par un nouveau grand cycle sédimentaire marqué par une nouvelle transgression succédant à la régression générale de la fin de Miocène inférieur. C'est la Miocène post nappe.

D'après Fenet (1975) on a quatre cycle poste nappe dont les deux premiers sont les plus importants.

G.Thomas (1985) reprend le découpage, soit un premier et un deuxième cycle post nappe.

Les formations continentales de Tafraoui font partie du premier cycle.

1^{er} cycle post nappe : affleure dans le versant Nord des massif littoraux, graben de l'oued Hammadi et dans le bassin de Mers El-Kebir et représenté par des dépôts Continentaux rouge.

2^{eme} cycle post nappe : sur les terrains secondaires, constitués d'éléments de quartzite et de schistes développent un véritable niveau transgressif. Dans le versant Sud du Murdjadjo, les marnes bleues reposent en biseau sur la série détritique de base.

La figure 2.1 représente les principaux traits structuraux de l'oranie.

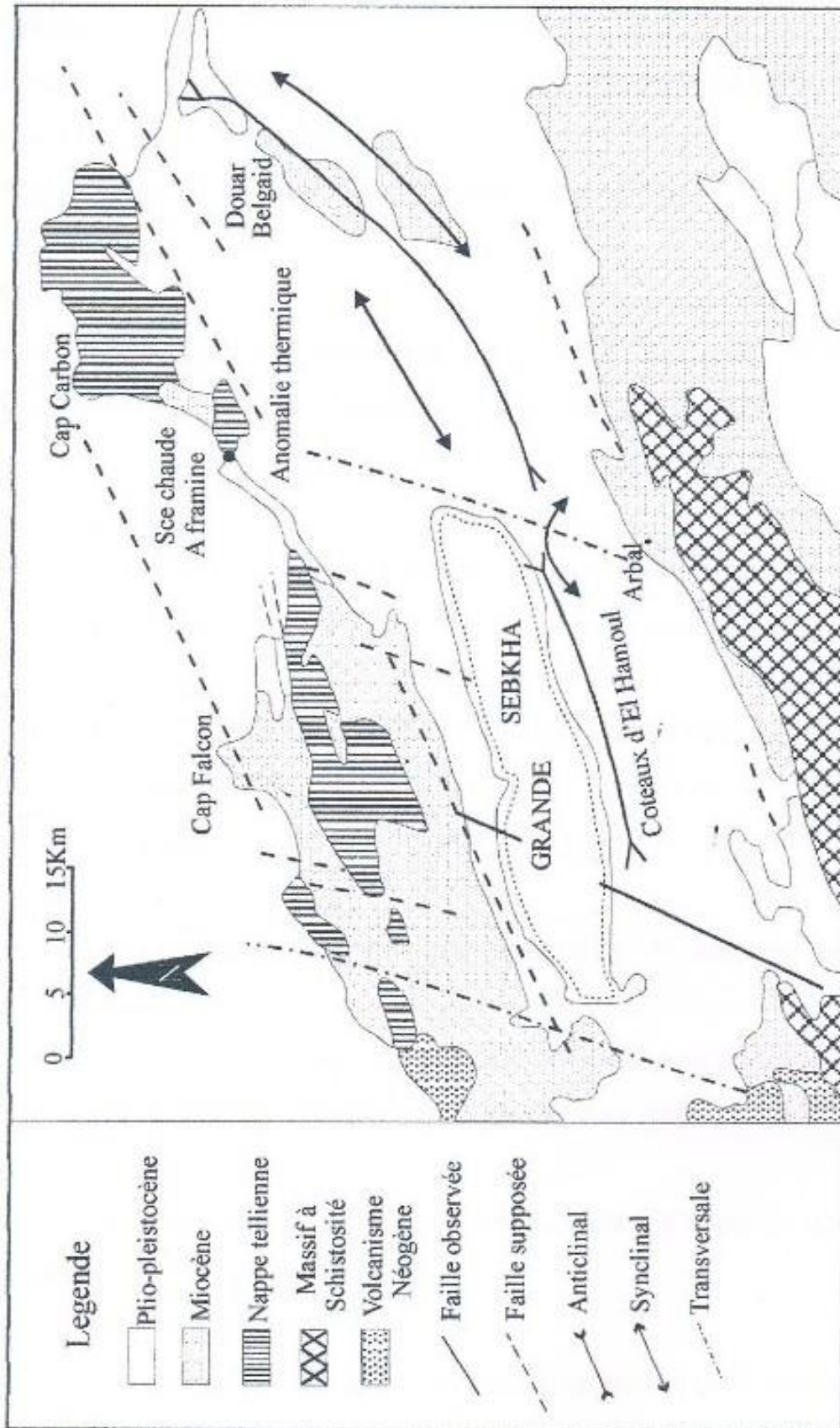


Figure.2.1 Esquisse structurale de l'Oranie centrale selon B.Fenet, 1975 (Modifiée)

II.4. Tectonique :

La tectonique de la région peut être subdivisée en sept périodes :

II.4.1. Tectonique Infra-Crétacée :

L'émersion paléogéographique d'Est en Ouest liée au mouvement de la compression de domaine tellien où les plis sont orientés NE-SW. Après les dépôts marneux Sénonien et Paléocène interviennent :

II.4.2. Première phase alpine :

La tectonique de cette phase à composante tangentielle serait responsable d'une partie des phénomènes attribués à la tectonique Miocène (B.Fenet et Al, 1969).

II.4.3. Deuxième phase alpine :

La tectonique compressive engendre la schistosité des massifs littoraux. Ainsi, elle est responsable d'une tectonique profonde et dynamique génératrice d'un nouvel épi-métamorphisme.

D'après (B.Fenet, 1975) cette phase d'âge Aquitanien-Burdigalien est distensive depuis le premier cycle post-nappe jusqu'à l'actuel. Elle se déroule en deux temps :

- ❖ La première phase est caractérisée par un remplissage isoclinal avec la mise en place d'une schistosité de flux.
- ❖ La deuxième phase est représentée par une schistosité de fracture qui déforme la précédente.

D'après G.Thomas (1976, 1978, 1982, 1985) on assiste à une tectonique polyphasée. Elle dessine les traits essentiels de la structure actuelle. Dans notre secteur, elle s'exprime selon deux directions principales :

- La direction $10^{\circ}\text{W}-30^{\circ}\text{E}$: elle est mise en évidence dans les massifs littoraux au cours du Miocène (B. Fenet, 1975) (figure 2.2).
- La deuxième direction 90°N et $\text{N}140^{\circ}\text{E}$.

La faille de Boutlelis a été disposée par l'intermédiaire de ces deux directions, marquée par l'accident majeur orienté E - W (P. Guardia, 1975).

II.4.4. Distension du premier cycle sédimentaire post-nappe (Serravalien - Tortonien) :

Bien présentée dans les massifs littoraux, elle est marquée par des déformations en horsts et grabens (Y. Gourinad, 1952). Le début de la structuration, en horsts et grabens est le résultat de cette distension. Cette dernière est accompagnée par des dépôts du premier cycle post-nappe (P. Guardia, 1975).

B. Fenet distingue trois directions des failles normales bien exprimées sur des miroirs orientés $\text{N}20^{\circ}\text{E}$, $\text{N}60^{\circ}\text{E}$, $\text{N}80^{\circ}\text{E}$.

II.4.5. Compression des deuxièmes cycles post-nappe (Tortonien - Messénien)

B. Fenet 1975, constate l'épirogenèse messénien :

D'après G. Thomas 1985, le bassin subit une tectonique syn-sédimentaire compressive. Les failles inverses N50°E et les failles Est-Ouest à jeu décrochant dextre sont associées aux plis orientés NE-SW.

II.4.6. Compression Pliocène et Plio-Pléistocène inférieur :

Cette compression donne naissance à des plis kilométriques qui recourent les fossés mio-pliocènes et font rejouer les flexures et les failles déca-kilométriques plus ou moins complexes d'orientation moyenne N50°E. Elle permet la structuration des massifs littoraux (G. Thomas, 1985).

II.4.7. Compression du Pléistocène moyen à l'actuel :

Les mouvements de cette phase diminuent d'intensité avec stabilisation de la direction de contrainte de la phase précédente avec un jeu de décrochement dextre.

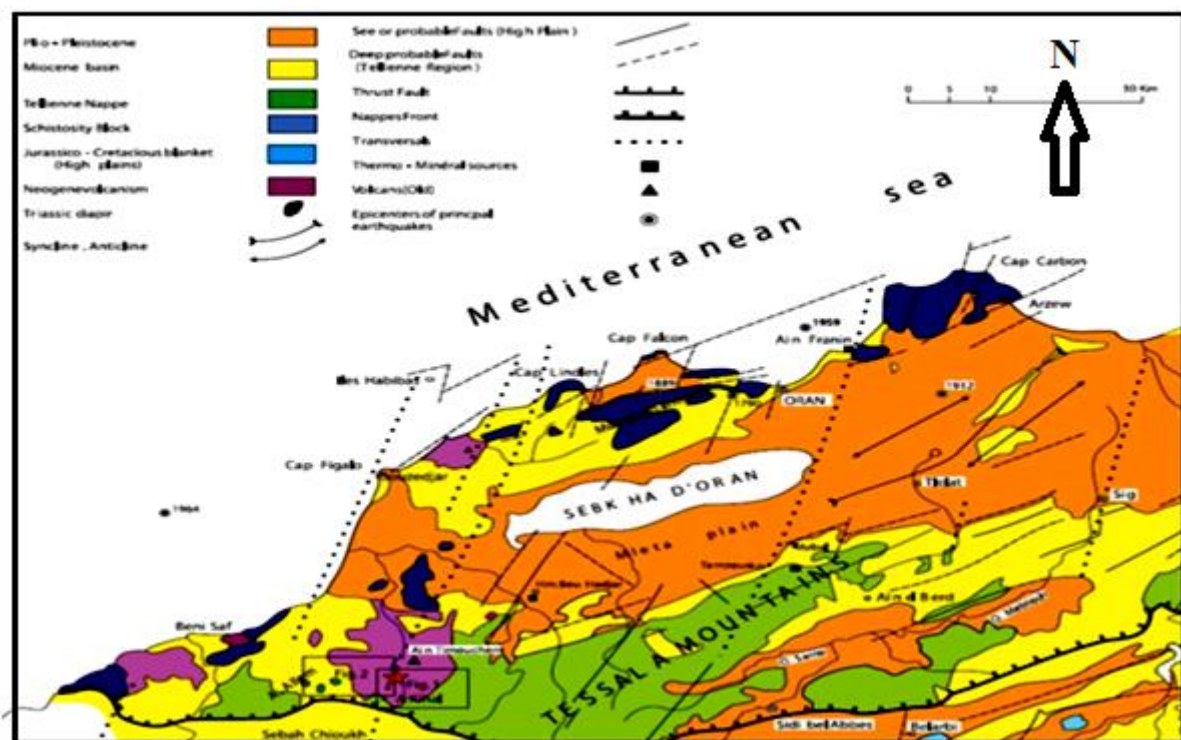


Figure.2.2: Carte tectonique de l'Algérie Nord occidentale (B. Fenet, 1975).

II.5. Géologie du secteur d'étude :

Le secteur étudié se situe entre le versant méridional du massif Murdjadjo et la vaste dépression de la grande sebkha d'Oran, (fig.2.3).

II.5.1. Massif du Murdjadjo :

Constitue le plus oriental des massifs côtiers Oranais, il se présente sous forme d'un horst dissymétrique dont l'axe est orienté suivant une direction moyenne SW-NE. Ce horst de terrains Mésozoïques, fracturé plissé, tectonisé, métamorphisé et schistosé permet des mouvements verticaux localisés qui ont joué récemment en surrection (A.Perrodon). Relativement dissymétrique avec basculement vers le Sud, ce massif a permis aux séries plus récentes de se déposer sur le flanc méridional, les séries présenteront des épaisseurs variables.

La sédimentation dominante est donc constituée par des calcaires récifaux (à algues lithothamniées) du Miocène supérieur.

L'irrégularité de ces mouvements aurait permis l'apparition des phases régressives lagunaires avec dépôt de gypse lenticulaire dans des marnes calcaires crayeux (GOURINARD, 1952).

II.5.2. Sillon médian :

Le versant Sud du Murdjadjo, a été entaillé par une série d'Oueds, dont la totalité se déverse dans la plaine de la grande sebkha d'Oran. Vers le Nord Est, apparaît le plateau d'Oran qui sépare le Murdjadjo du djebel Khar, plus au Sud, la chaîne des Tessalas limite le bassin endoréique de la grande Sebkha, (fig.2.4).

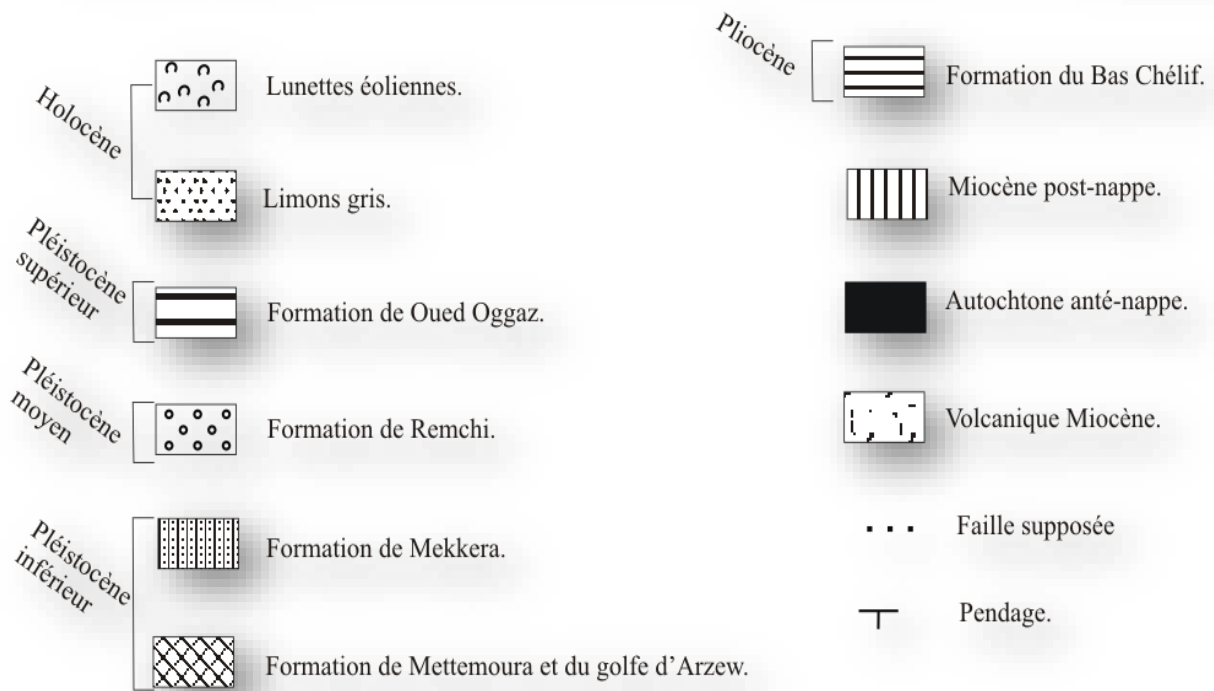
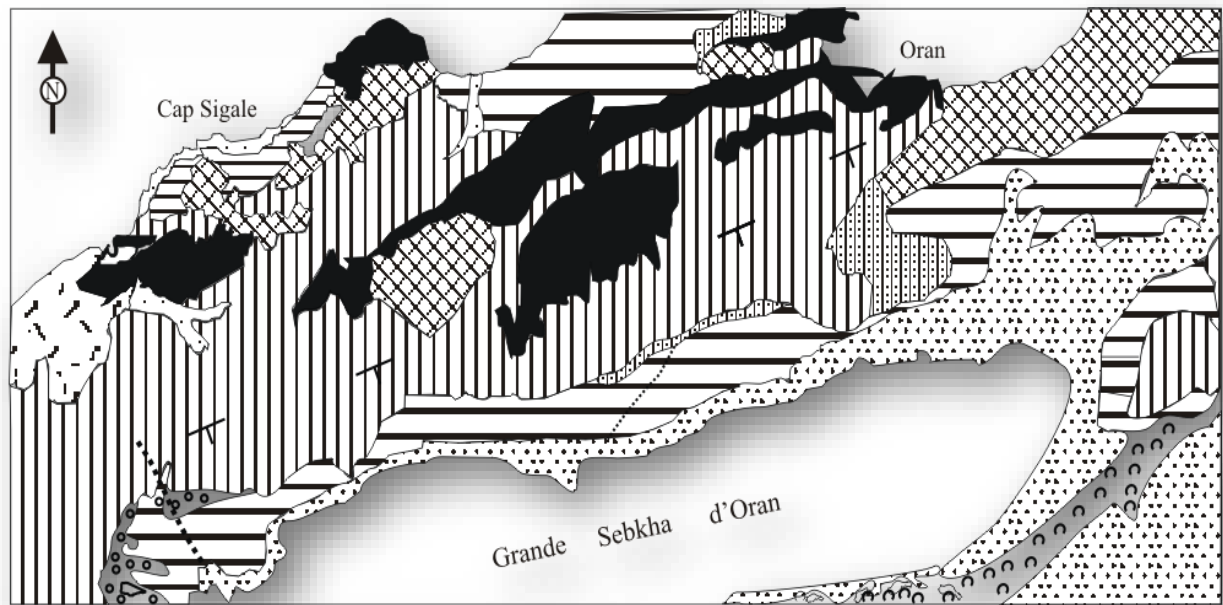


Figure.2.3 : Carte géologique de secteur d'étude d'après G. Thomas 85 (Modifiée).

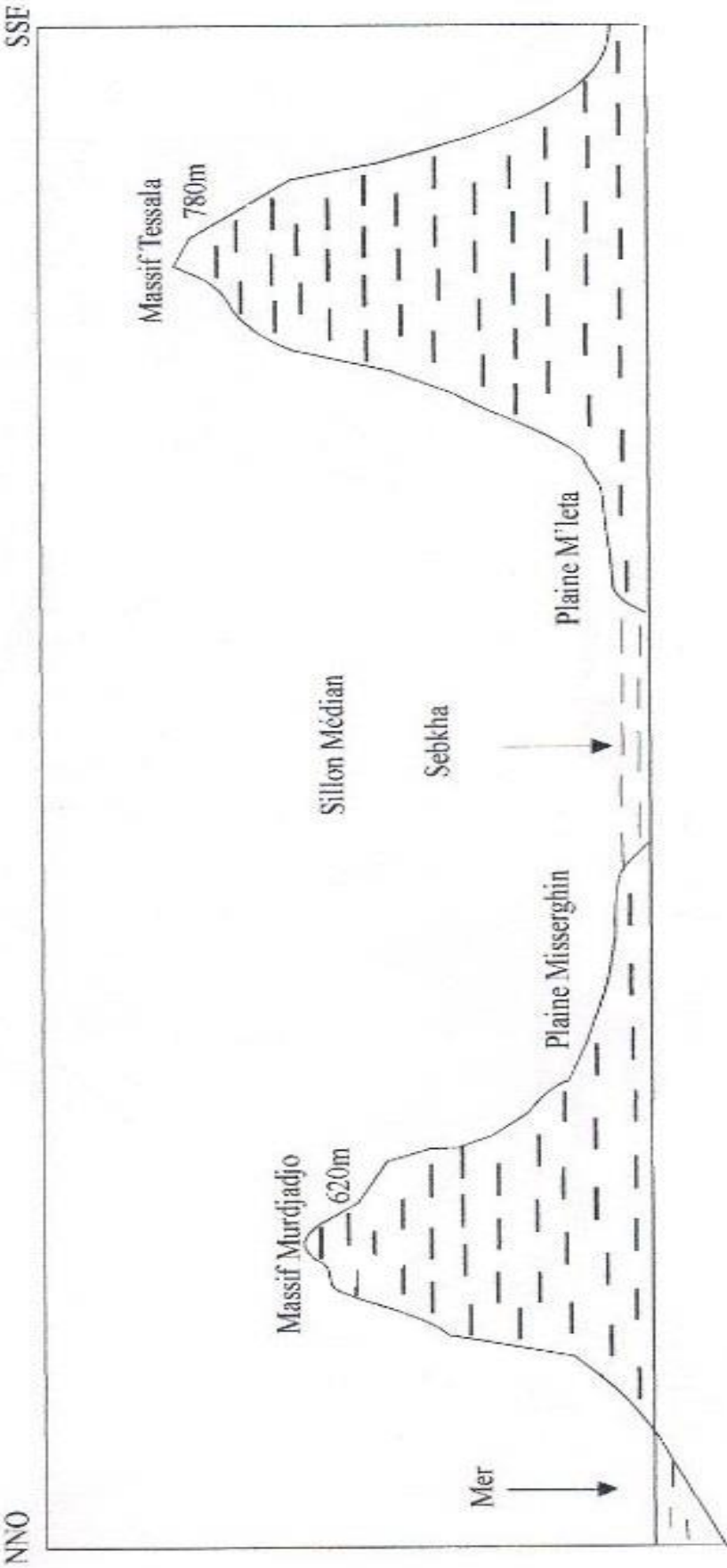


Figure .2.4 : Coupe schématique montrant la position du sillon médian
(in Bestani B., Mezmaz., 2006)

II.6. Lithostratigraphie du secteur d'étude :

La série géologique (fig.2.5) de la région basée sur des observations de surface et l'analyse du cuttings prélevées dans un certain nombre de forages.

Reposant sur un substratum mésozoïque, les formations que l'on rencontre sont souvent rattachées au Miocène et Plio-Quaternaire :

II.6.1. Le substratum mésozoïque : Le substratum est formé essentiellement par les schistes représentant trois facies :

- Les schistes à quartzites : D'après Domergue (1934) et Pomel (1909), ces schistes à quartzites d'âge Oxfordien de couleur brune sont intercalés des bancs de quartzites.
- Les quartzites : Ils affleurent aux ponts sommitaux, ils sont durs et diaclases, de couleur brunâtre.
- Les schistes marneux : d'âge Crétacé inférieur selon Pomel de couleur beige à jaunâtre.

II.6.2. la couverture cénozoïque :

Delfaut et al (1973), ont proposé la succession verticale de différentes unités du Miocène terminale du djebel Murdjadjo suivant, avec de bas en haut :

a). Série de base :

Qui correspond à des grès à clupéastres d'âge Tortonien-miocène supérieur (Doumergue, 1931, Pomel, 1908). Ce sont des grès sableux parfois à ciment calcaire avec des nombreux éléments empruntés au substratum.

b). Marnes bleues :

D'âge Miocène moyen, leur épaisseur est difficile à estimer, Elles affleurent localement à la ferme de Tarziza au Nord de Misserghine. (Figure 2.7).

c). Tripolis et gypse:

- Affleurent au nord de Misserghine : c'est une roche siliceuse d'origine organique de couleur blanche friable hétérogène.

- A l'Ouest et au Nord de Boutlilis : les marnes calcaires dominant et contiennent des blocs de paléopents et des slumps. Se présente parfois sous forme de bancs intercalés entre les marnes blanches, plus épais, friables, très fossilifères principalement des ostréidés.

Les formations évaporitiques peuvent apparaître dans les marnes blanches. Ceci indique qu'une zone de régression s'est produite en une sédimentation lagunaire. Il s'agit des marnes gypses et lentilles gypseuses.

d). Calcaires récifaux :

Le couronnement du horst du Murdjajo est formé de formation calcaire récifaux. Généralement reposent sur des marnes à tripolis.

Les récifs sont des reliefs de calcaire. Ils constituent une bande Est- Ouest que l'on rencontre en différents points :

- Ravins à châte Tenselmet et Terziza (calcaires dolomitique) : Ce faciès des calcaires récifaux à pyrites de couleur jaunes, se développe en bancs successifs au niveau de la ferme Tenselmet.
- Route de Boutlilis et Ançor : on distingue deux types de calcaires :
 - Les premiers constituent des bouquets dont l'ampleur peut dépasser 2m (Chevalier, 1961).
 - Les seconds sont lamellaires, affectant parfois une forme de boules (Chevalier, 1951).

e). Alluvions anciennes :

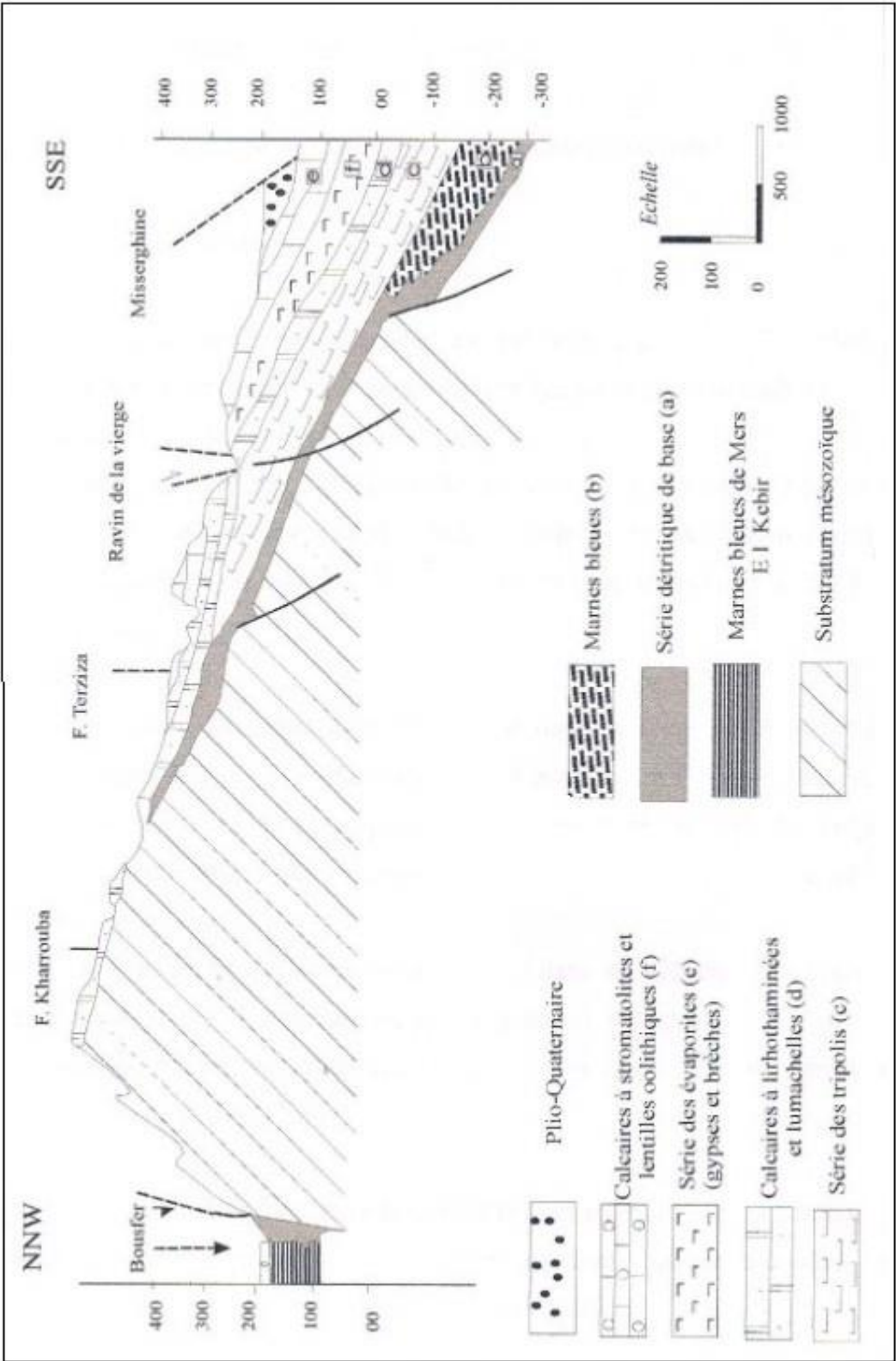
D'âge Quaternaire (Pléistocène), reposent directement sur le Miocène. Recouvrent toute la plaine limitée par pied Sud du Murdjajo et la Grande Sebkha d'Oran.

Elles résultent de l'érosion rapide des formations situées en amont, leur couleur varie du rouge au brun, Elles se présentent sous forme des terrasses et glacis d'accumulations formés de limons sableux ou argileux rubéfiés (Thomas, 1985).

Conclusion :

Le flanc Sud du Murdjajo présente trois formations géologiques importantes qui ont une incidence sur l'hydrogéologie de la région d'étude. La formation carbonatée karstique du Miocène supérieur, qui constitue la nappe principale de la région, repose sur la formation anté- synchro-nappe, formée par les schistes d'âge Mésozoïque (le substratum imperméable).

Les calcaires s'ensuivent sous la formation post-nappe et celle des alluvions plio-quaternaires leur prolongement s'accroît à la faveur de failles bordières N60°.



(fig.2.5) : coupe géologique du versant Sud-Est du djbel Murdjadjjo (J. Delfaut, J. Revert, 1974) Modifiée.

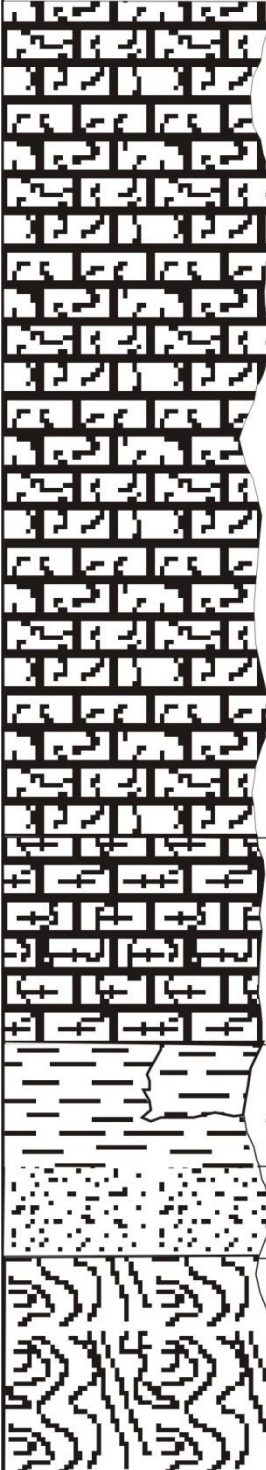
Formation	Description géologique	Age
	Alluvions	QUATERNAIRE
	Calcaires récifaux, barriere messiniene de Replissage, par, Tallus et ches d'avant récif	Miocène
	Calcaires marneux à tripolis	
	Marnes bleus passent latéralement à des marnes jaunes à silex Marnes bleues.	
	Série détritique de base (grés conglomératiques)	
	Schistes à quartzites	Crétacé

Figure.2.6 : Log géologique de Djebel Murdjadjo (M. Chaix, Saint Martin, 1983).

Chapitre III

III. Introduction :

L'hydrogéologie du secteur d'étude est décrite grâce à l'étude des formations géologiques qui nous a permis de déterminer les principaux aquifères de la région qui sont deux aquifères distincts et bien définis en raison de la situation géographique et aussi géomorphologique.

L'aquifère le plus important est dans les calcaires fissurés du Miocène de qualité chimique très bonne et alimente quasiment toute la périphérie en matière d'eau potable. Un second aquifère dans les alluvions plio-quadernaires qui contient une nappe peu intéressante en raison d'importante minéralisation, l'eau de cette nappe est chimiquement médiocre à mauvaise et impropre à la consommation. . (Figure 3.1)

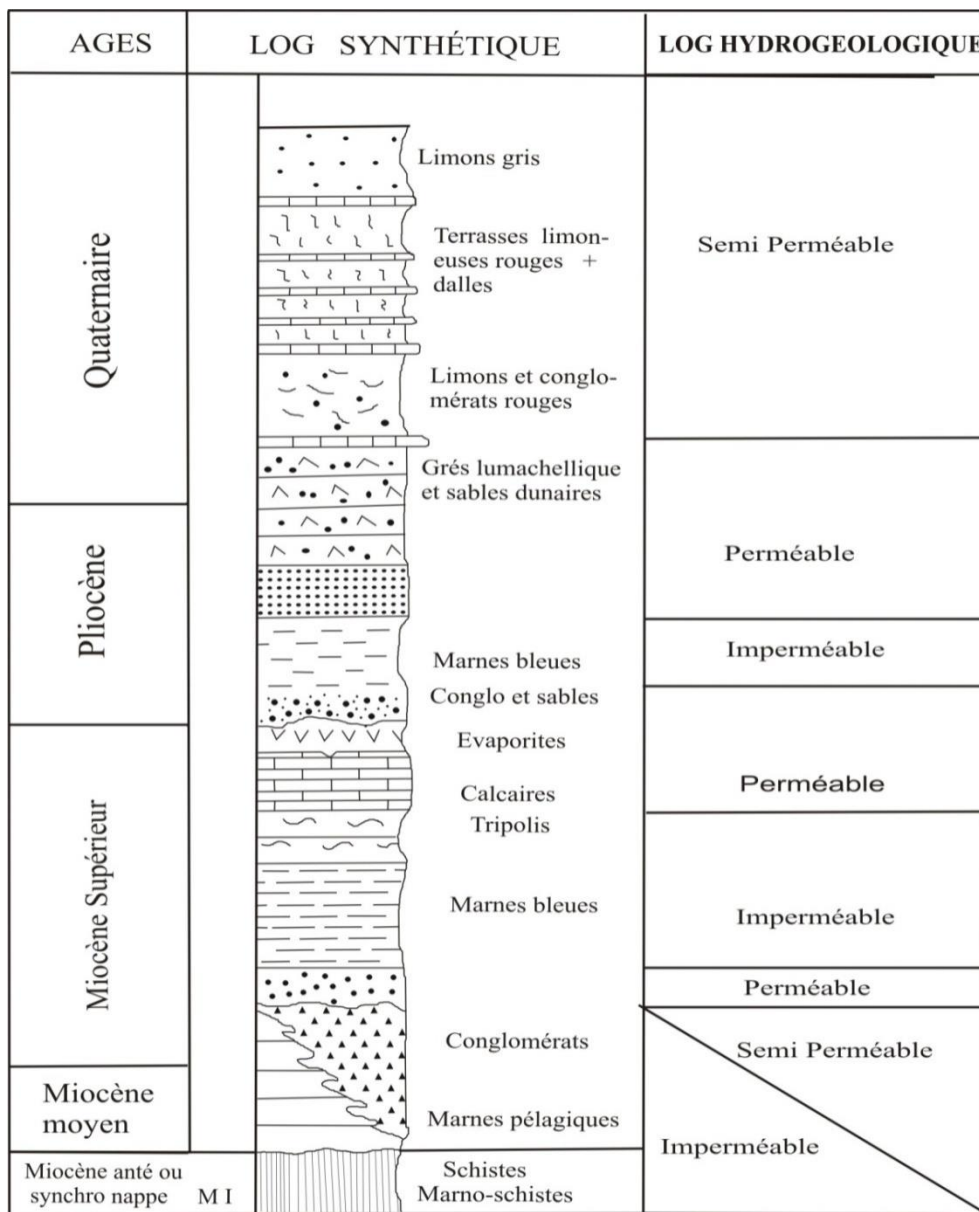


Figure.3.1. Log hydrogéologique de la région d'Oran (in Hassani ,1987)

III.1. Différentes ressources en eaux :**III.1.1. Ressources superficielles :****III.1.1.1. Oueds :**

Le réseau hydrographique de la région est défini par un ensemble de talwegs et de châtasses. L'écoulement de ses oueds se fait du Nord au Sud vers la grande sebkha. Il est caractérisé par ces vitesses proportionnelles conditionnées par l'intensité des précipitations, qui ruissellent à travers ses ramifications. Elles sont bien dessinées sur le flanc du Murdjadjjo sous l'action de l'érosion.

III.1.1.2. Sebkha :

C'est une cuvette synclinale où les eaux des précipitations s'accumulent, l'eau de cette dépression (Sebkha) est stagnante en raison de substratum l'imperméable. Pendant la période d'hiver l'eau avance vers les piémonts du Murdjadjjo, par contre en période sèche, l'eau séchée et devient salée. Les eaux salées formeront les marais salés de la sebkha.

III.1.2. Ressources souterraines :

Les calcaires fissurés de Miocène constituent l'unité hydrogéologique la plus importante, s'étendant sur le flanc Sud du Murdjadjjo, le long de la plaine comprise entre Misserghine et Bouyakour. Il s'agit d'un aquifère bicouche, représenté en profondeur par les calcaires et surmonté par les alluvions du Plio-Quaternaire.

III.1.2.1. Jurassique :

Les lentilles de calcaires marmoréens, dolomies du Lias et Dogger sont de bons aquifères mais très localisés. Ils recèlent une nappe perchée, drainée par les sources d'Ain Keffri S2 : ($X = 191.35$, $Y = 271.4$, $Z = 426$). Ces sources affleurent au contact des schistes jurassique, leur débit est d'ordre $400 \text{ m}^3/\text{j}$ en 1934, actuellement cette source est tarie.

Plus à l'Ouest la source de *Ain Karouba S7* : ($X = 183.3$, $Y = 269.9$) sort au niveau d'une intercalation quartziteuse au sein des schistes jurassique. L'ensemble de ces eaux provient de la nappe perchée du Miocène supérieur, située à une quinzaine de mètres en amont (M.I.HASSANI, 1987).

III.1.2.2. Crétacé :

La formation de schiste du Crétacé inférieur forme l'ossature du Murdjadjjo, mais ne favorise pas l'infiltration des eaux des précipitations. Toutefois, Elle peut constituer un bon drain puisque la formation est altérée en surface.

III.1.2.3. Miocène supérieur :

Les marnes bleues pratiquement imperméables, assurent l'étanchéité en profondeur, elles présentent le mur des aquifères Miocène sus-jacents.

➤ Calcaires du Miocène supérieur :

Les calcaires à algues du Miocène supérieur, qualifié par la majorité des auteurs de calcaires du Murdjadjo, constituent le principal aquifère.

La plate forme calcaire s'étend de Ras El-Ain à l'Est jusqu'au Brédéah à l'Ouest. Elle repose sur le substratum schisteux Mésozoïque. Vers l'aval la plate forme est surmontée par les alluvions plio-quadernaires. (Figure 3.6).

Les modèles karstiques sont bien représentés : lapiez, dolines, avens et grottes associées à une fissuration intense suivant des directions essentielles Nord/Est - Sud/Ouest et Nord/Ouest- Sud/Est. Ce qui conduit à un réseau souterrain de fentes, de galeries de toutes dimensions et de chenaux situés à des profondeurs diverses. Ces calcaires comportent deux faciès :

A). Calcaires et marnes à tripolis :

Affleurent au Nord de Misserghine ; leur fissuration permet l'existence d'une nappe limitée à sa partie inférieure par les marnes jaunes qui jouent le rôle d'un substratum local. Le contact entre les deux formations est matérialisé par les sources d'oued Misserghine, l'alimentation se fait par les calcaires récifaux les plus perméables situés en amont.

B). Calcaires récifaux :

Constituent le principal réservoir aquifère. Ils forment un impluvium de 135Km. Ses épaisseurs peuvent aller jusqu'à 100m, sa perméabilité est conditionnée essentiellement par des fissures. La surface est relativement aride due à l'infiltration directe et rapide des eaux de précipitations dans les fissures du karst.

Afin de faciliter l'exploitation des eaux et l'augmentation de la perméabilité ; des galeries artificielles ont été creusées à l'intérieur de ces calcaires où le karst est peu développé.

- **Alimentation Des Calcaires :**

Les calcaires du Murdjadjo sont alimentés de diverses origines :

- leur propre impluvium. Le calcaire couvre approximativement 150Km².
- le ruissellement : les eaux s'enfouissent et rejoignent les niveaux karstifiés. Cet ensemble couvre environ 35Km²
- masses d'air humides venues de la mer.

III.1.2.4. Pliocène :

Le Pliocène est représenté dans l'ensemble par une alternance de sables, de grés et de marnes qui surmontent les calcaires du Miocène supérieur. Cette formation constitue un aquifère à perméabilité d'interstices variable.

III.1.2.5. Quaternaire :

Le Quaternaire est représenté par des alluvions, qui comportent des limons sableux, sables argileux et par des dépôts de pente. Ces formations présentent généralement une perméabilité faible, mais qui peut devenir localement importante.

III.2. Principales nappes de la région d'étude :

III.2.1. Nappe perchée :

Elle longe la crête du Djebel Murdjadjo. Son alimentation se fait uniquement par les eaux de précipitations.

Elle se vidange en une série de sources situées à la base des calcaires ou à la partie supérieure altérée des schistes. Une série de sources se déverse vers le Nord pour alimenter le versant de Bousfer, alors que la deuxième série se déverse vers le Sud en direction de la plaine bordière de la grande Sebkha. En raison de la faible épaisseur des calcaires, les débits d'écoulements de ces sources sont presque négligeables, du fait de la faible extension de leur bassin d'alimentation.

La nappe est captée par un ensemble de puits traditionnels.

Du fait de leur faible temps de circulation dans les calcaires, les eaux de ces nappes sont peu minéralisées.

III.2.2. Nappe libre intermédiaire :

Cette nappe est contenue dans les formations calcaires qui reposent sur les schistes jurassiques et crétacés (Monts du Murdjadjo), et sur les marnes jaunes puis les marnes bleues miocènes en bordure de la sebkha. Cette nappe est constituée en réseau karstique très diffus et son alimentation se fait par les eaux des précipitations directes et par l'infiltration d'une partie

de l'écoulement de surface provenant de l'amont. Cette nappe est drainée par trois exutoires naturels :

- La source de Ras El Ain.
- Les sources de Misserghin.
- Les sources de Brédéah.

III.2.3. Nappe captive :

Le passage latéral de la nappe libre des calcaires miocènes vers le Sud constitue une nappe captive au-dessous de la formation plio-quadernaire beaucoup moins perméable.

La nappe s'étale entre Boutlelis à l'Ouest et Ain El Baida à l'Est captée par un nombre limité de forages, creusés dans la formation plio-quadernaire. Les forages montrent que les calcaires gardent leur fissuration sur une assez grande profondeur et la perméabilité de fissures reste dominante.

L'alimentation de cette nappe s'effectue à partir de la formation alluviale d'une part et par la formation des calcaires messiniens qui forment la nappe libre d'autre part.

III.2.4. Nappe des formations alluviales :

La nappe alluviale forme un système continu autour de la grande Sebkhah. Elle s'étend vers le Sud jusqu'aux piémonts du Murdjadjo. Elle comporte la plaine de Bouyakour et la plaine de Misserghine. La formation alluviale est caractérisée par plusieurs faciès (limons, conglomérats rouges, terrasses rouges, limon gris et tufs, gypse et sable.). La porosité augmente vers la grande sebkhah en raison de la présence des alluvions récentes à pente faible. Cet aquifère repose sur la formation des calcaires récifaux. L'ensemble constitue ainsi un système bicouche.

L'alimentation se fait directement par les eaux de précipitations, les sources d'émergences sont les suivantes :

*Source de Ain El- Beida $x = 193.2$; $y = 261.9$.

*Source de Sidi Mbarek $x = 189.7$; $y = 261.1$.

Dans la (figure 3.4), nous avons présenté les différents types de nappes du flanc Sud du Murdjadjo.

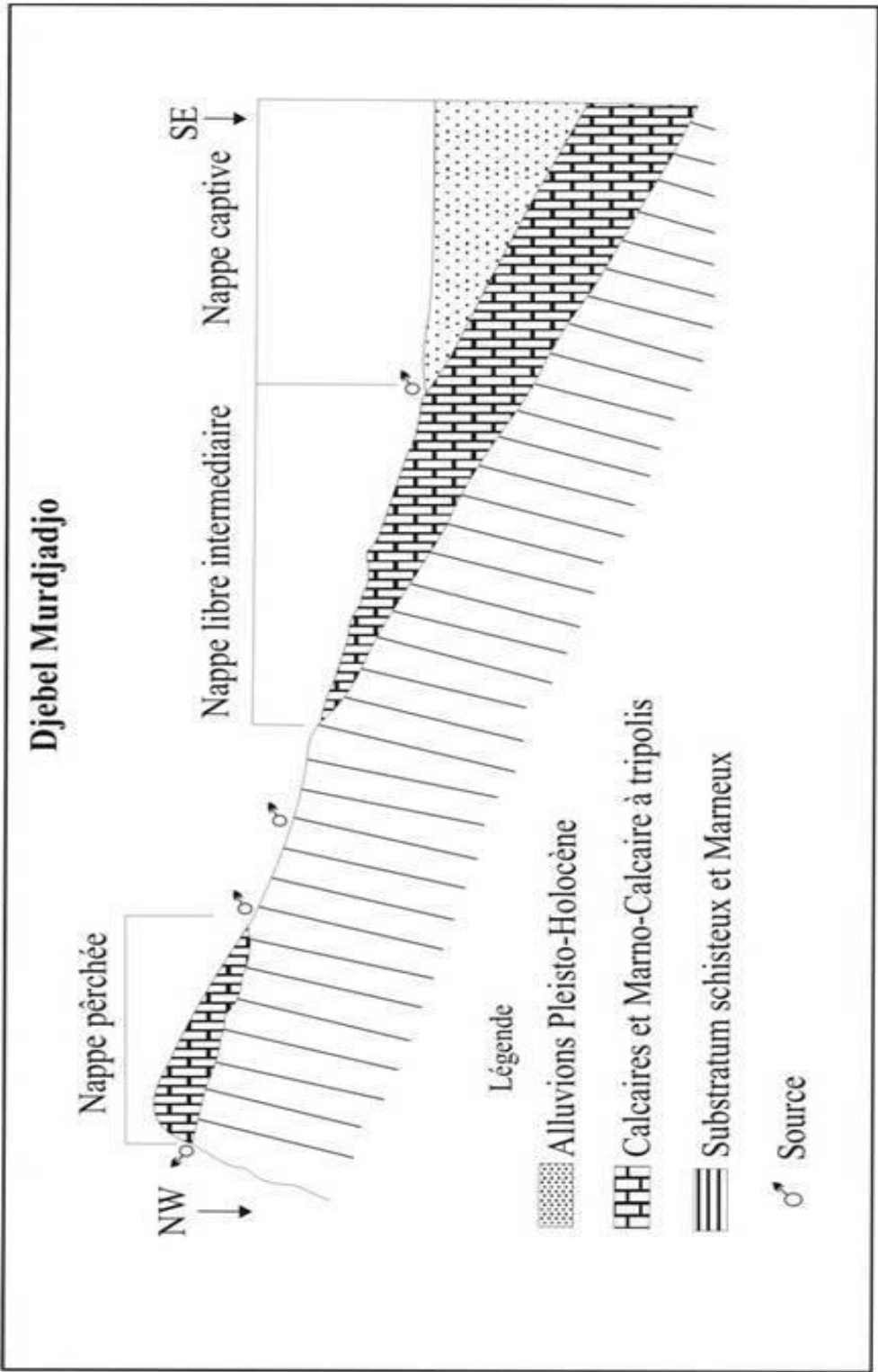


Figure 3.2 : Coupe hydrogéologique schématique du Murdjadjo (M.I.Hassani)

III.3. Coupes géologique de versant du Djbel Murdjadjo:

Nous avons reproduit grâce à ces coupes à partir des documents (ANRH), la structure de différentes couches géologique.

III.3.1. Coupes des sondages de reconnaissance :

Elle nous est donnée par les multiples puits et sondages qui ont été réalisés dans le secteur. Sept sondages ont été réalisés dans la région d'étude, dont Quatre ont été réalisé au NE du secteur et qui est important et intéressent la région pour but de montre la position des calcaires, trois autres réservés à l'exploitation ont été implantés sur les flancs méridionaux du Murdjadjo entre Misserghine et Brédéah.

Parmi ces sondages, seul le sondage S1 qui a touché les marnes grise qui constituent le plancher de l'aquifère, les autres après avoir traversé des formations récentes plus ou moins épaisses sont restés dans les calcaires récifaux.

➤ **Sondage S1** (figure 3.3) : X = 179.11 Y = 258.90 Z = 88.57

Ce sondage montre que la terre végétale recouverte 6,30 m d'épaisseur depuis la surface de la terre vers le profond et juste après cette couche il existe une autre petite couche d'agile de 1,70 m,

Les calcaires apparaissent à une profondeur de 80 m sont recouverts, Des calcaires hétérogènes ont été rencontrés à 213 m de profondeur avec quelques intercalations de grès et de marnes.

La perméabilité des calcaires parait plus élevée dans les niveaux supérieurs qu'en profondeur.

➤ **Sondage S2** (figure 1 annexe) : X = 179.08 Y = 259.25 Z = 103.78

Cet ouvrage a été réalisé dans les calcaires qui ont été reconnus jusqu'à une profondeur de 53,70 m.

➤ **Sondage S4** (figure 2 annexe) : X = 176.325 Y = 258.525 Z = 89.59

L'ouvrage a traversé une formation argilo-marneuse à galets avant d'atteindre les marnes rouges. Les calcaires apparaissent à une 40 m de profondeur et se poursuivent jusqu'à 90 m, fin du forage.

➤ **Sondage S7** (figure 3 annexe) : X = 179.23 Y = 257.92 Z = 85.30

C'est le sondage proche de la Sebkhha montre une importante couverture marno-sableuse qui se prolonge jusqu'à une profondeur de 92,3 m, est le niveau à partir duquel rencontrés les calcaires fissurés qui se poursuivent jusqu'à 118,50 m, fin de l'ouvrage.

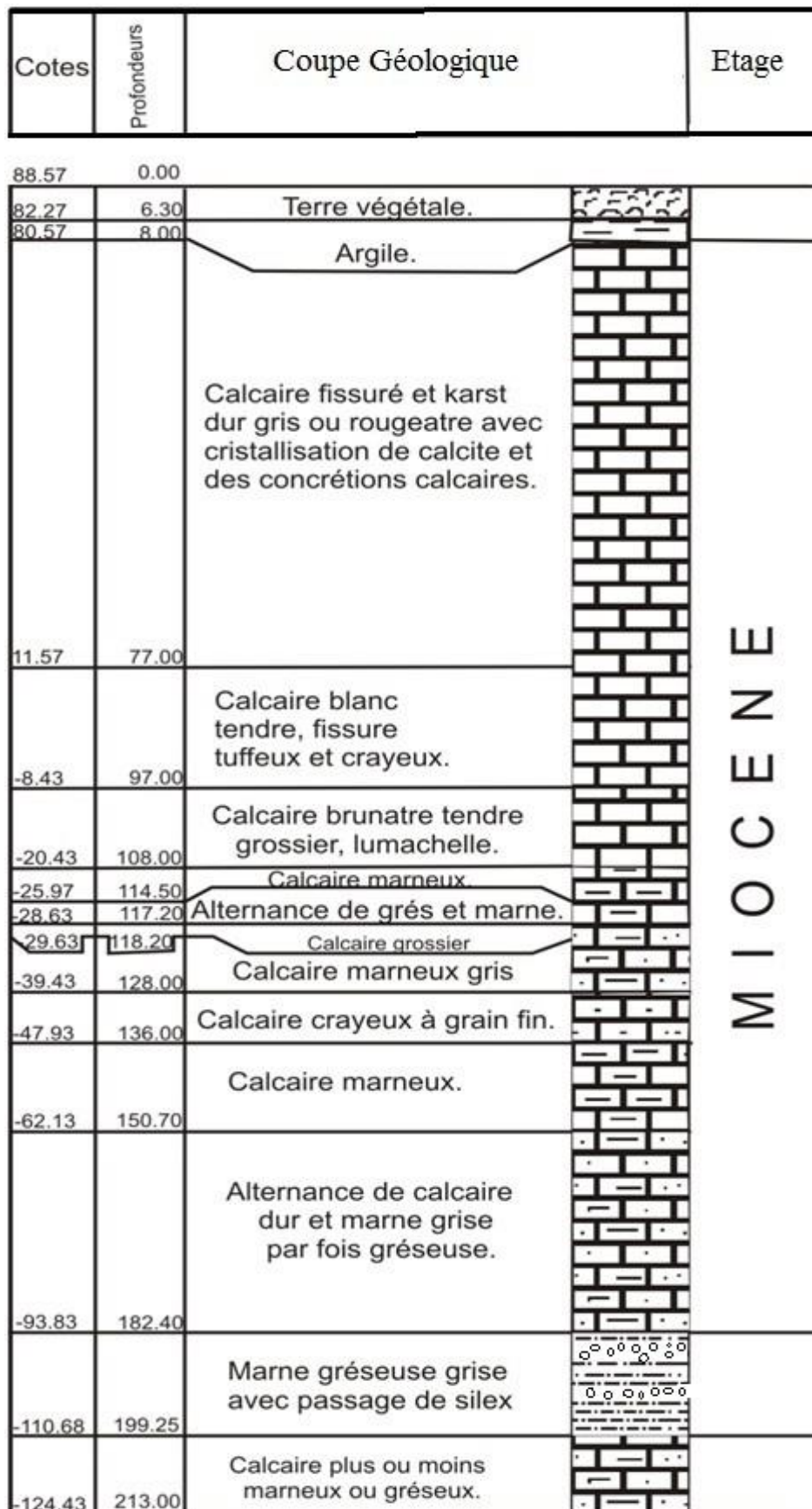


Figure.3.3. sondage S1 (ANRH).

III.3.2. coupes schématique longitudinale et transversale du djbel Murdjadjo :

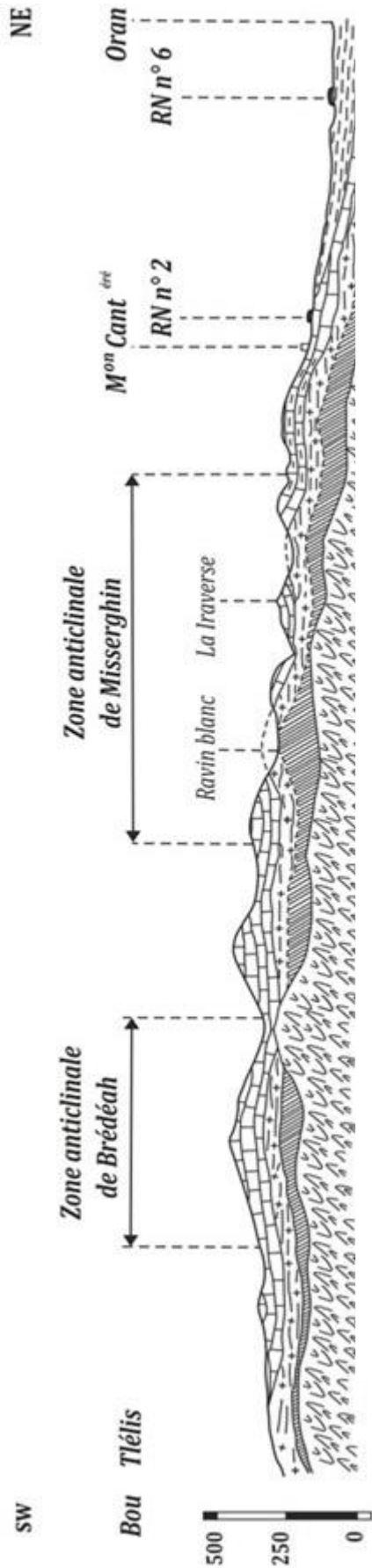


Figure 3.6. Coupe schématique longitudinale du versant du djbel Murdjadjo. (d'après Soletanche, 1969)

(Echelle : 1/25.000)

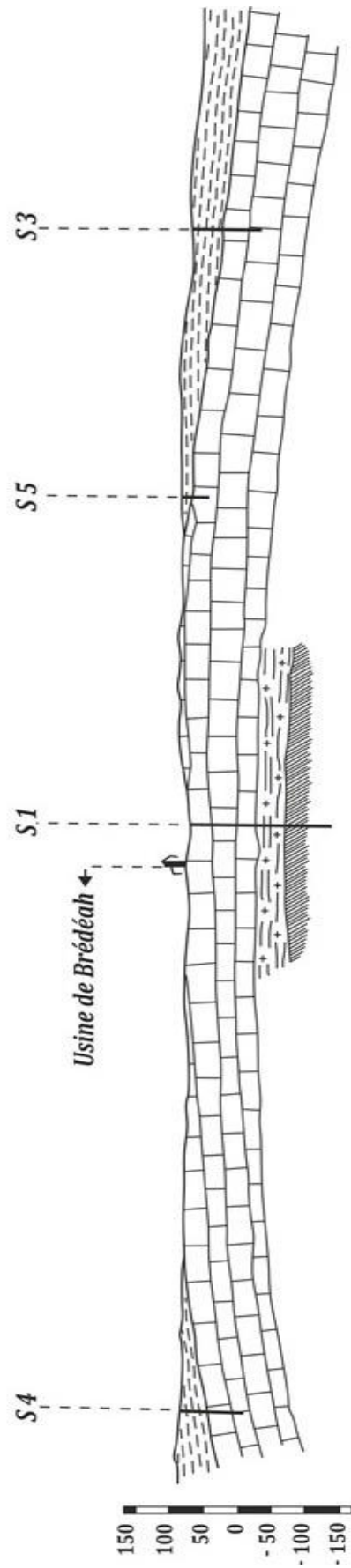


Figure 3.7. Coupe longitudinale en bordure S de la carapace calcaire du MURDJADJO

à travers les sondages S4, S1, S5, S3.

(Echelle : Long^{rs} 2/20.000, haut^{rs} 1/10.000)

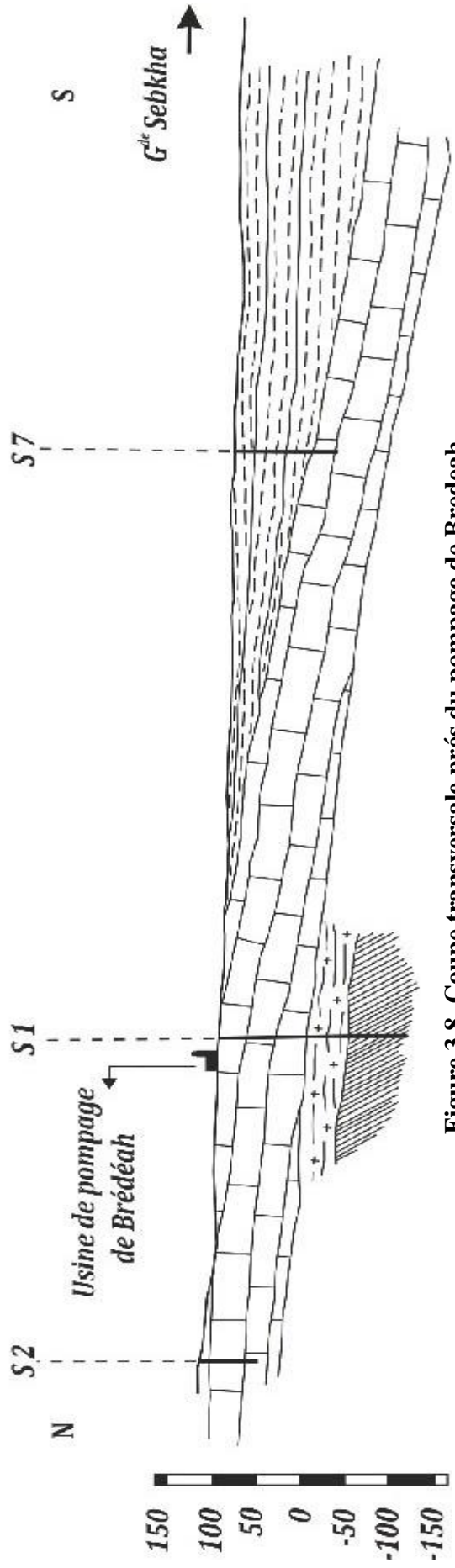








Figure 3.8 .Coupe transversale près du pompage de Bredeah.

Echelle 1/10.000

Légende

-  Marnes rouges et limons sableux du Pliocène et du Quaternaire
 -  Calcaire karstique à lithothamnium
 -  Passage latéral à des faciès calcaires marneux
 -  Craie blanche et marnes blanches à tripoli
 -  Marnes grises
 -  Schistes jurassico-crétacés
-] Miocène

De point de vue hydrogéologique Les figures 3.7, 3.8 formant une carapace calcaire karstique puissante d'une centaine mètres, avec un substratum imperméable (marne) et un faible pendage vers la sebkha.

III.4. Position des calcaires d'après les sondages de reconnaissances S1, S2 et S7 :

Les résultats des différents ouvrages réalisés sur le versant méridional du Murdjadjo et la bordure septentrionale de la grande Sebkha montrent :

- ❖ Dans le sens Ouest-Est, une grande variété de faciès, le récif miocène ne constituait pas un certain point du massif.
- ❖ Dans la direction Nord-Sud, les ouvrages réalisés en méridien de Brédéah montrent un approfondissement rapide des calcaires qui sont visibles en surface sur le flanc méridional du Murdjadjo, sachant que ces calcaires réapparaissent sur la bordure méridionale de la cuvette, plusieurs hypothèses peuvent expliquer la structure de ce secteur :
- ❖ En premier lieu, on peut admettre que le domaine qui supporte la Sebkha constitue un véritable graben.
- ❖ Un ensemble des failles en marches d'escalier décalerait les calcaires par rapport à un axe principal dont nous ignorons la position.

La grande Sebkha occupe la partie centrale d'un vaste système synclinal, dans ce cas deux possibilités nous sont offertes :

- Les calcaires passent sans discontinuité d'une rive à l'autre.
- Les calcaires disparaissent dans l'axe du synclinal, remplacés par les formations plus profondes, argiles ou marnes, ce qui aurait pour effet de limiter l'extension des zones perméables et par conséquent le volume des réserves souterraines. On remarque l'existence d'un système de failles dans les formations meubles bordant la grande Sebkha et présentant une orientation identique à celle de la grande Sebkha elle-même. Cette Conclusion pourrait confirmer la subsidence de l'ensemble et donc l'existence d'un graben entre Tessala et Murdjadjo (Figure 3.9).

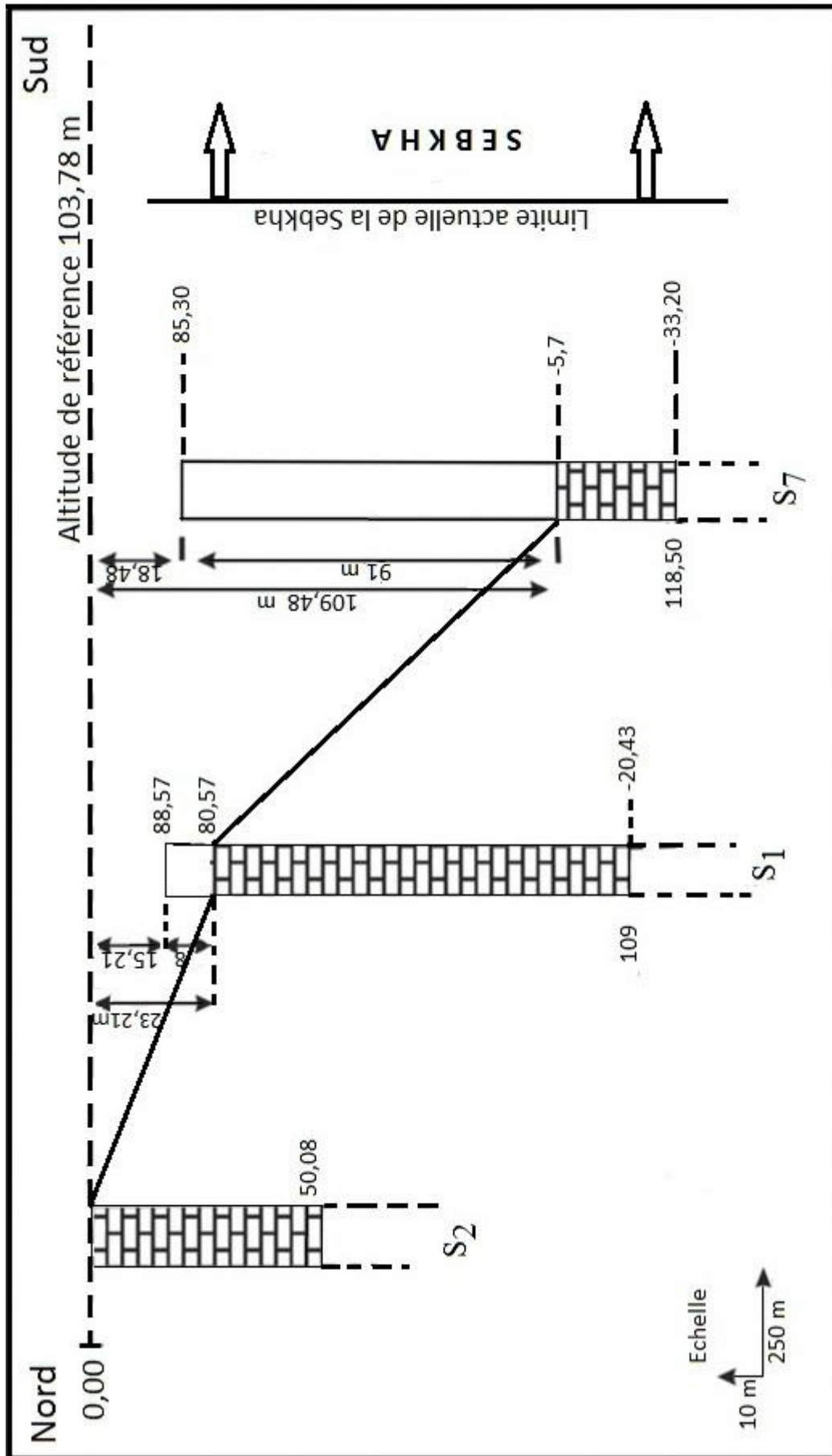


Figure.3.9. Position des calcaires d'après les sondages de reconnaissances S2, S1, S7.

III.5. Caractéristique de quelques forages d'exploitation de la région d'étude :

Les forages en question, sont indiqués sur la carte de résistivité apparente AB=200m représentée par la Figure 4.7.

Nom	coordonnées Lambert			Date de réalisation	Organisme	Le débit Q l/s	Profondeur m	Observation
	X	Y	Z					
Bouyakour 2	184.350	262.100	100 m	Octobre 2007	ANRH DHW Oran	15	170	Une analyse chimique montrée une qualité physico-chimique acceptable avec un TDS de l'ordre de 0,458 g/l
Forage Marc	176.450	256.575	119 m	Mai 2005	ANRH DHW Oran	25	63	L'eau du forage est du type bicarbonaté sodique avec un résidu sec de 3 mg/l.
Bouyakour F4 bis	181.600	260.280	110 m	Novembre 1999	ANRH DHW Oran	15,5	120	un résidu sec de l'ordre de 620 mg/l. Le taux de chlorure est de 109 mg/l, et la teneur de nitrate est de 9 mg/l.

Tableau 3.1 : tableau des caractéristiques des ouvrages dans la zone d'étude.

III.5.1 Coupes géologique des forages :**III.5.1.1. la coupe géologique du forage Bouyakour 2 :**

La coupe géologique du forage à été effectuée après dépouillement des échantillons prélevés lors du forage de reconnaissance tous les mètres.

- 1 à 4 m : carapace calcaire
- 5 à 20 m : argile beige à présence de calcaire blanc et moucheté.
- 21 à 52 m : intercalation de calcaire blanc dure et crayeux beige à présence de calcite blanche.
- 53 à 65 m : argile beige et calcaire crayeux tendre.
- 66 à 87 m : intercalation de calcaire crayeux, dure, vacuolaire et moucheté.
- 88 à 115 m : grés rose et beige à présence de calcaire dure, saccharose, vacuolaire et galets millimétriques.
- 116 à 138 m : calcaire beige, vacuolaire, parfois gréseux.
- 139 à 154 m : grés beige et calcaire beige et moucheté.
- 155 à 175 m : calcaire beige et vacuolaire avec des grés.

III.5.1.2. la coupe géologique du forage Marc :

La coupe géologique a été établie après dépouillement des échantillons prélevés lors du forage de reconnaissance tous les mètres.

- De 00 à 02 m : croute calcaire.
- De 02 à 11 m : calcaire marneux.
- De 11 à 21 m : calcaire plus ou moins consolidé.
- De 21 à 30 m : marno-calcaire.
- De 30 à 37 m : calcaire tendre blanc.
- De 37 à 40 m : calcaire fissuré.
- De 40 à 57 m : calcaire fissuré avec de grande cavité dépassant le 01 m.
- De 57 à 63 m : sables à passées de calcaire encrouté gypseuses.

III.5.1.3. la coupe géologique du forage Bouyakour F4 bis :

La coupe géologique du forage à été effectuée après dépouillement des échantillons prélevés lors du forage de reconnaissance tous les mètres.

- De 00 à 02 m : terre végétale avec des éléments de calcaire.
- De 02 à 64 m : calcaire vacuolaire parfois très altéré de couleur blanc à beige.
- De 65 à 70 m : calcaire argileux beige.
- De 70 à 95 m : calcaire vacuolaire de couleur beige fissuré.

- De 95 à 115 m : calcaire blanc moucheté noir, très fissuré.

De 115 à 120 m : marnes bleues

Conclusion :

L'étude hydrogéologique est une étape qui suit les informations géologiques et elle vient de compléter l'étude géologique de la région et d'après cette étude et ces informations on montrant qu'il existe une hétérogénéité des faciès géologiques rencontrés.

Le Jurassique est formé de lentilles dolomitiques massives accompagnées de calcaires schisteux qui constituent le substratum. Ces formations sont surmontées par le Crétacé à faciès schisto-gréseux verdâtre.

Le Tertiaire, essentiellement représentés par les calcaires messiniens du Miocène supérieur qui jouent un grand rôle hydrogéologique dans la région. En aval de leur affleurement, ces calcaires s'approfondissent assez rapidement parallèlement à leur diminution d'épaisseur (M.I.Hassani, 1987).

La grande Sebkhah occupe la partie centrale d'un vaste système synclinal, il y a deux possibilités :

- Les calcaires passent sans discontinuité d'une rive à l'autre, donc on pourrait disposer d'une importante nappe sans doute artésienne au centre du système (Djebbari et Madani 1994).
- Les calcaires miocènes ne semblent pas former un synclinal passant sous la Sebkhah (M.I.Hassani, 1987).

Le Quaternaire est représenté par des limons gris souvent salés et gypseux (la plaine de la M'léta et en bordure de la Sebkhah) passant à des lunettes éoliennes à matériaux argilo-sableux ou argileux.

Ces informations sur la structure des couches géologiques, qui renferment les nappes aquifères, vont être vérifiées avec l'outil géophysique (Chap. IV).

Chapitre IV

Introduction :

Les milieux fracturés et karstifiés peuvent constituer des aquifères intéressants en raison de l'importance des vides qu'ils contiennent. Mais l'étude de ces milieux demeure très souvent empreinte d'un certain degré d'incertitude en raison de la nature hétérogène et parfois anisotrope de leur matrice.

Le Djebel Murdjadjo constitue un bon exemple de terrain anisotrope, où l'intercalation de couches marneuses conjuguée à une intense fissuration, induit une grande variabilité des débits d'exploitation (ANRH, 2001). Dans ce contexte, la photogéologie est d'abord utilisée pour décrire les directions de fracturation qui constituent des voies privilégiées de l'écoulement souterrain. L'état anisotrope des couches est ensuite étudié par un dispositif électrique azimuthal non conventionnel et les résultats sont comparés avec ceux d'un paramètre, la résistance transversale totale, calculé à partir des courbes de sondages électrique. La méthode permet d'identifier des accidents drainants et de déceler des corrélations entre propriétés physique et propriétés hydrogéologique du milieu. (Mahammed et al, 2011)

I. Etude de la fracturation dans le Djebel Murdjadjo par les moyens hydrogéologiques:

L'écoulement des eaux souterraines au sein des massifs calcaires s'effectue souvent selon les plans de fractures et à leur intersection. C'est donc cette fracturation qui conditionne leur drainage hydraulique.

Dans le Djebel Murdadjo, les macrofractures (échelle kilométrique) de même que les fissures (échelle métrique) sont difficilement observables et mesurables sur le terrain.

Des tentatives ont cependant été menées par les moyens suivants :

I.1. La photographie aérienne :

L'étude de la fracturation par photographie aérienne (Hassani 1987) a porté sur les longueurs et azimuts des accidents, à travers leur longueur unitaire et cumulée par secteur angulaire 10° . La distribution des fractures (figure 4.1) en classe d'orientation en fréquence relative et en longueur cumulée répartie sur l'ensemble du massif met en évidence trois groupes principaux de fracture dont les directions coïncident bien avec les directions préférentielles de la tectonique régionale :

N 10-20° N50-70° N140°

Cette dernière direction Nord-Ouest Sud-Est caractérise des fractures à faible développement longitudinale dans le secteur de Brédah, au centre de la zone d'étude.

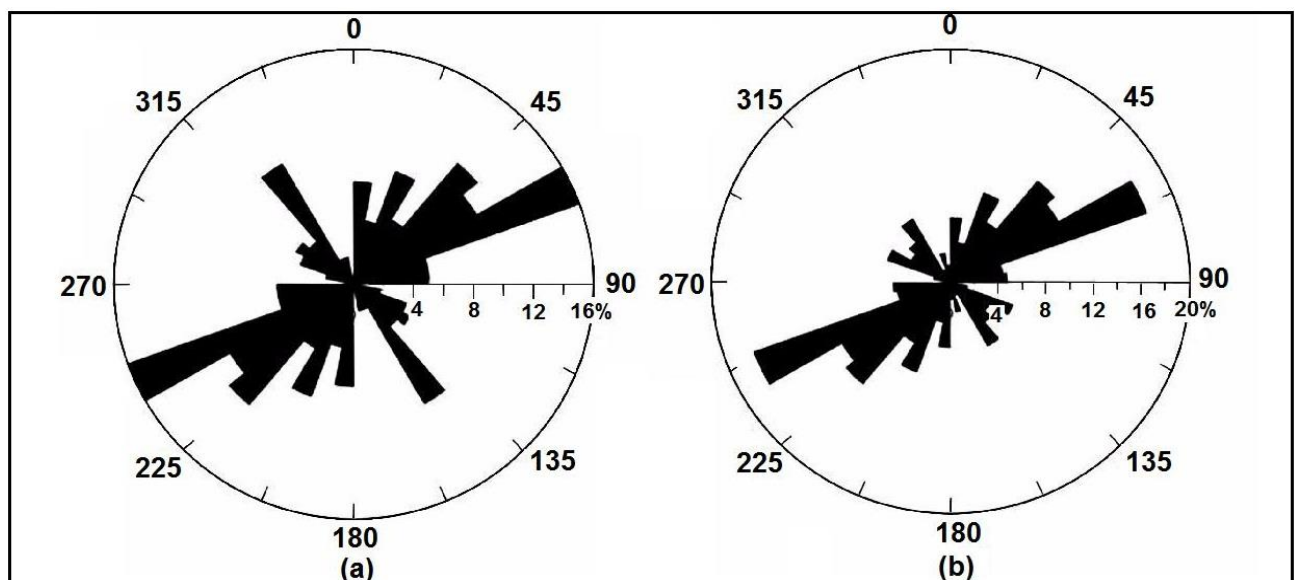


Figure 4.1 Histogrammes polaires de distribution des fractures par classe d'orientation en fréquence relative (a) et en longueur cumulée (b) (Hassani M.I., 1987).

I.2. Photo-satellite :

Une analyse récente (Bentekhici et Zebbar, 2008) par télédétection du flanc Sud du massif vient compléter les données précédentes (Fig.4.2). Elle montre, en particulier, deux failles :

- l'une F1 de direction Nord-Ouest/Sud-Est, semble continuer au sud vers le champ captant de Brédah.
- La seconde F2 de direction Nord-Est/Sud-Ouest, recoupant le secteur de douar Tamsalmet.

Ces deux accidents se prolongent vers la zone d'investigation géophysique, de part et d'autre de la route nationale reliant les localités de Boutlélis et Misserghine.

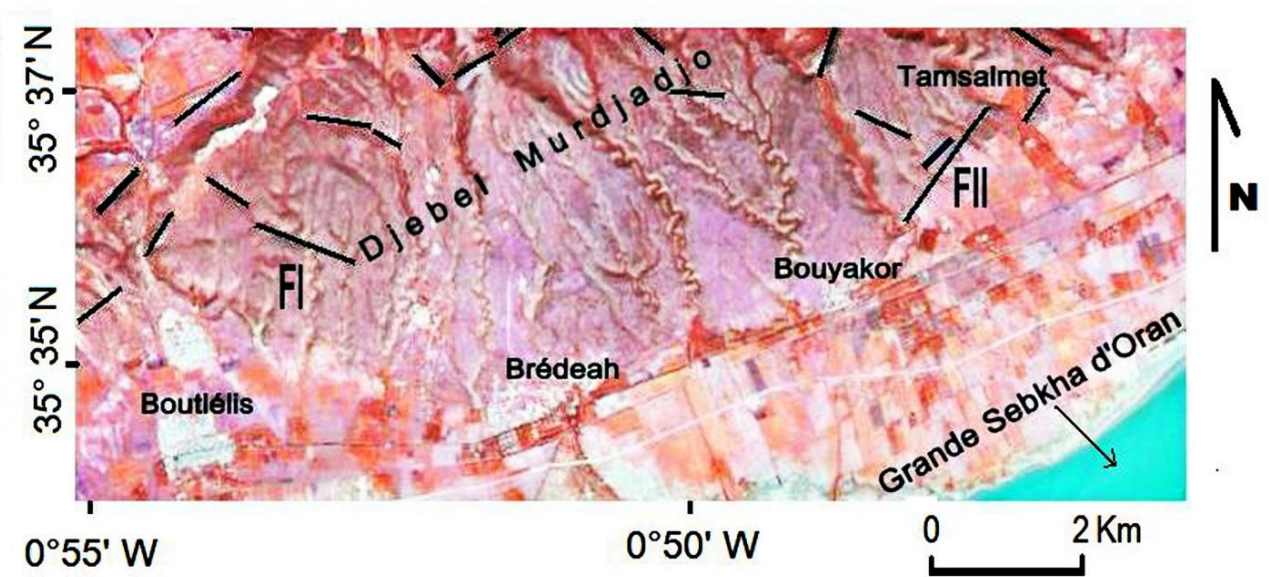


Figure 4.2 : Image satellite montrant les failles I (NW-SE) et II (NE-SW)

(Bentekhici et Zebbar, 2008)

II. Approche géophysique :**II.1. Etude par Sondage Electrique Vertical (SEV, dispositif classique) :****II.1.1 Disposition :**

Les travaux de géophysique sont issues d'une campagne (rapport DHW- Oran / Entreprise G- Eau- Sol, octobre 2004) comportant l'exécution d'un total de 135 Sondages électriques verticaux (S.E), en AB=1000m, configuration Schlumberger, répartis suivants des profils notés de A à U, d'orientation NNW – SSE et d'espacement de 500 à 700 m au centre de l'étude, jusqu'à environ 1200 m à ses extrémités.

Les stations sont généralement positionnées de part et d'autre de la route nationale.

Les sondages sont distants de 500 m l'un de l'autre, cette longueur pouvant aller jusqu'à 1 Km maximum, à l'Est particulièrement (figure 4.3).

II.1.2. Traitement des données des SEV :

Le traitement quantitatif de certains SEV caractéristiques est réalisé par les logiciels d'interprétation. Pour faire cette interprétation, la première étape consiste à rechercher la corrélation entre les valeurs de résistivités et la lithologie des formations. Ceci est accompli grâce à l'étalonnage de SEV sur certains forages du secteur d'étude.

II.1.2.1 Etalonnage des sondages électriques à l'aide des forages :

Toute interprétation des sondages électriques doit se faire sur la base d'une échelle des résistivités fiable ; l'étalonnage des résultats de la prospection électrique s'est effectué à l'aide des données relatives aux sondages paramétriques exécutés directement sur les formations, et des logs de forages existants dans le secteur étudié. Une fois les valeurs de résistivité réelle déterminées, cartes et coupes géoélectriques peuvent être établies.

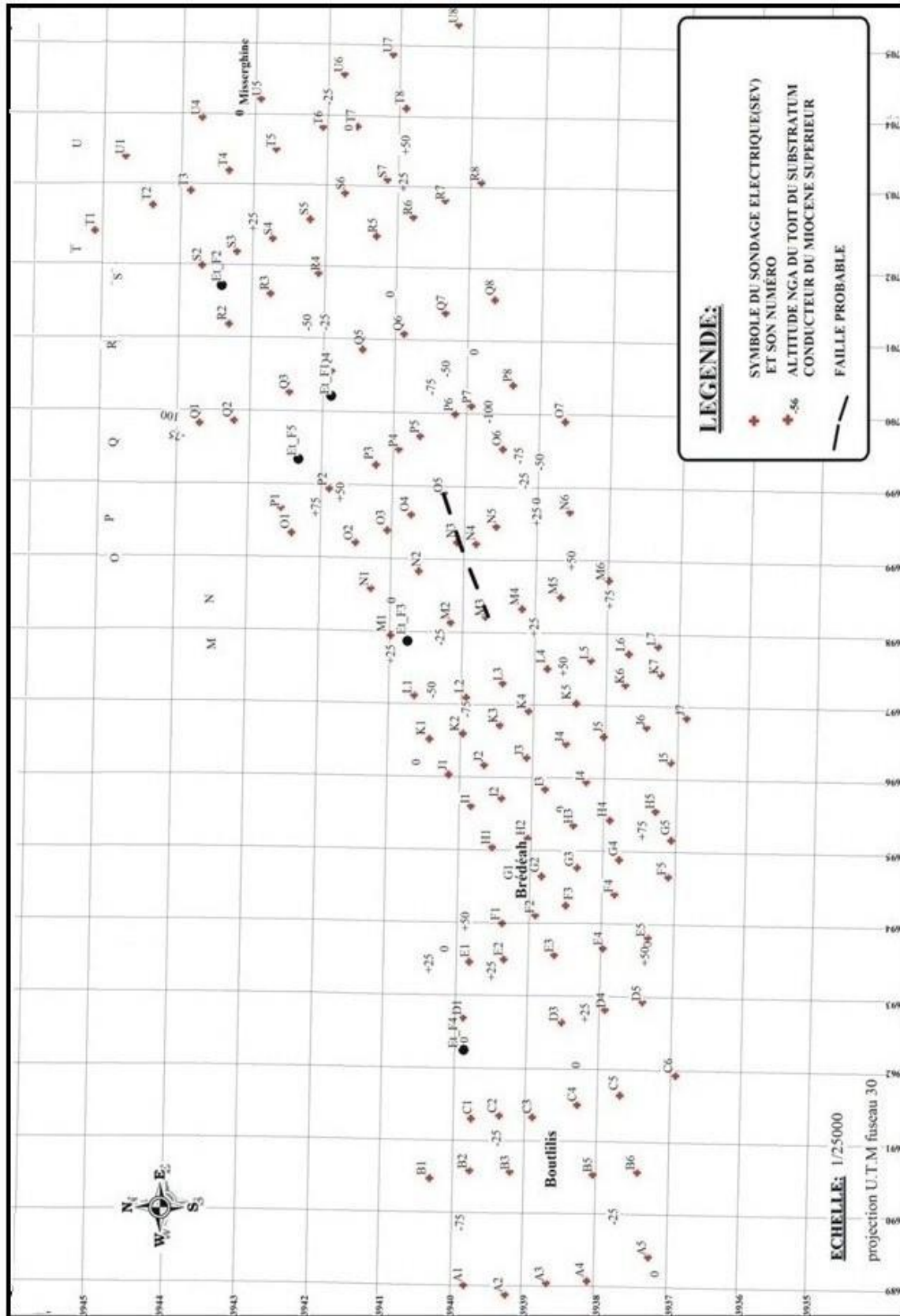


Figure 4.3 Schéma d'implantation des SEV dans la région de Brédéah. (DHW Oran/ G Eau Sol, 2004).

a). Etalonnage du sondage électrique « J1 » près du forage (F3) :

Le sondage électrique « J1 » (figure 4.4) réalisé à proximité du forage (F3) aux coordonnées Lambert (X=179.800 km, Y=259.700 km) de 84m de profondeur, montre d'après le modèle électrique que l'on peut attribuer :

- une couche de galet calcaire de 200 ohm.m avec une faible épaisseur de 04m.
- une couche de calcaire vacuolaire et de calcaire beige de 50 m d'épaisseur où la résistivité est de 700 ohm.m.
- une formation de calcaire fissuré, où la résistivité est de 300 ohm.m et l'épaisseur atteint les 30 m.
- une couche conductrice de marne crayeuse blanche de 07 ohm.m qui se prolonge en profondeur.

Sondage électrique Schlumberger- BRDEA J1-WS3
Etude Brédéah SE J1 près du Forage F3

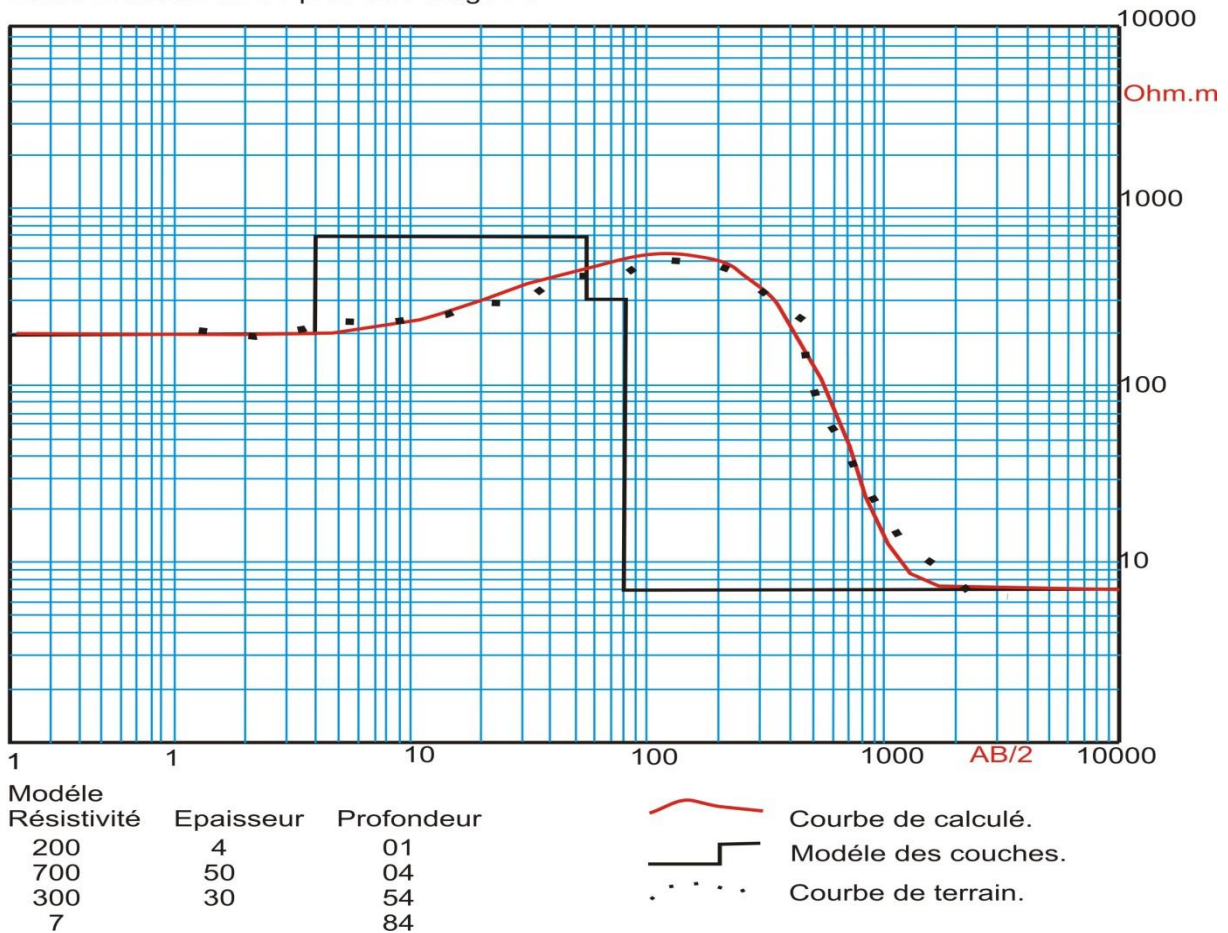


Figure 4.4: Traitement de la courbe (J1) par logiciel (Win SEV)

La comparaison entre ces résultats et le log stratigraphique du forage nous a donné le tableau suivant :

Interprétation du SE		Log géologique	
Résistivités	Profondeurs	Profondeurs	Lithologie
$\rho_1 = 200$ ohm.m	$h_1 = 0 - 4$ m	0 - 2m	Galets calcaires
$\rho_2 = 700$ ohm.m	$h_2 = 4 - 54$ m	2 - 43m	Calc. Vacuolaire et beige
$\rho_3 = 300$ ohm.m	$h_3 = 54 - 84$ m	43 - 80 m	Calc. fissurés.
$\rho_4 = 07$ ohm.m	$h_4 = 84$ m -	80 m -	Marne crayeuse blanche.

Tableau.4.1 Résultats du SEV étalon.

Le tableau 4.1 donnant la correspondance entre les résistivités et la lithologie des formations pourra être considéré comme échelle de résistivités.

b). Etalonnage du sondage électrique « M1 » a l'aide du forage (F4) :

Le sondage électrique « M1 » (figure 4.5) réalisé à proximité du forage (F4) aux coordonnées Lambert (X=181.600 km, Y=260.280 km) de 99 m de profondeur, montre d'après le modèle électrique que l'on peut attribuer:

- une couche superficielle de terre à galets d'une épaisseur de 04 m et une résistivité qui atteint les 600 ohm.m.
- une formation résistante d'environ 1300 ohm.m, il s'agit certainement de calcaire vacuolaire sec avec une épaisseur de 25 m.
- une couche d'environ 70 m d'épaisseur avec une résistivité de 150 ohm.m, qui est probablement constituée de calcaire argileux.
- une couche conductrice de calcaire vacuolaire de 08 ohm.m qui se prolonge en profondeur.

Sondage électrique Schlumberger- BRDEA M1-WS3
 Etude Brédéah SE M1 près du Forage F4

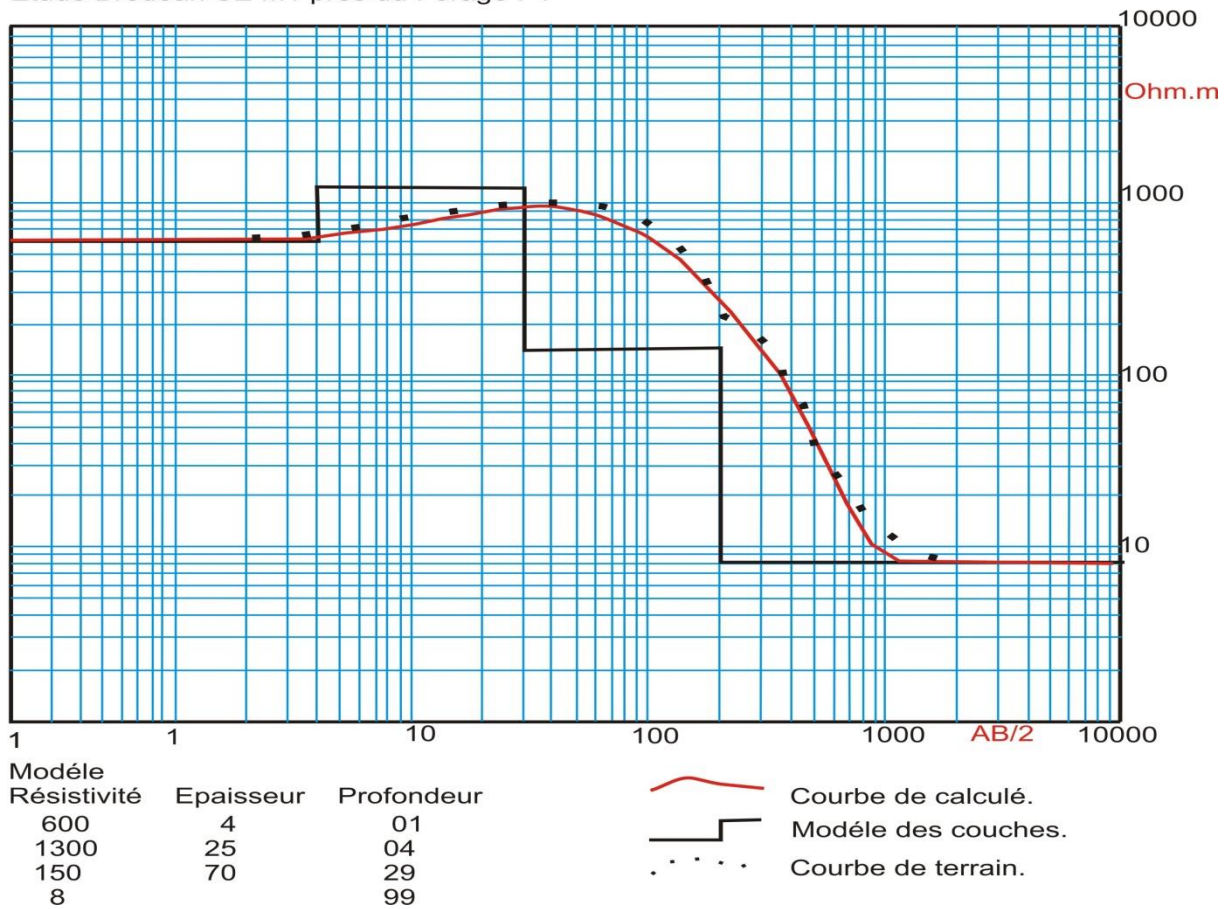


Figure 4.5: Traitement de la courbe (M1) par logiciel (Win SEV)

Leurs résultats donnent :

Interprétation du SE		Log géologique	
Résistivités	Profondeurs	Profondeurs	Lithologie
$\rho_1 = 600$ ohm.m	$h_1 = 0 - 4$ m	0 - 2m	Terre à galets.
$\rho_2 = 130$ ohm.m	$h_2 = 4 - 29$ m	2 - 52m	Calc. vacuolaire.
$\rho_3 = 150$ ohm.m	$h_3 = 29 - 99$ m	52 m -	Calc. argileux.
$\rho_4 = 08$ ohm.m	$h_4 = 99$ m -	- 65 m	Calc. vacuolaire.

Tableau.4.2 : Résultats du SEV étalon.

Conclusion :

L'étalonnage des sondages électriques à l'aide des logs de forages et des sondages paramétriques montre qu'il est assez difficile, du fait du chevauchement des différentes plages de résistivité dû à la géologie chaotique du secteur d'étude, d'opérer une différenciation physique nette entre les formations du Quaternaire, du Pliocène, et du Miocène : il n'existe aucun contraste tranché entre les résistivités des différentes formations.

Un étalonnage plus précis nécessite la réalisation de forage de reconnaissance qui permettra une interprétation plus fine des données géophysiques.

II.1.2. Cartes des résistivités apparentes :

Les cartes d'équirésistivités apparentes tracées, correspondent aux élongations suivantes: $AB/2 = 200$ m, 750 m. Sur ces cartes, la distinction est nette entre la zone Nord à résistivité apparente élevée, et où les courbes sont resserrées, et la zone Sud à résistivités apparentes comprises entre 1 et 15 ohm.m.

II.1.2.1. Carte de résistivités apparentes en $AB = 750$ m :

Sur cette carte (fig 4.6) on voit dans le secteur du profil A, à l'Ouest, les courbes d'équirésistivités sont bien espacées, ce qui correspond à une coupe géoélectrique régulière, avec une diminution progressive des résistivités vraies vers le Sud, effet de la proximité de la Sebka.

Sur le début des profils B et C, les courbes indiquent quelques courbures différentielles, correspondant sur les coupes géoélectriques à l'existence probable de failles.

Ce type de différenciation pour cet échantillon de profils A, B et C entre une zone calme et une zone chahutée va nous permettre de délimiter pour l'ensemble de l'étude, trois zones distinctes (secteur I, II, III), au Nord de la route nationale :

1. Le secteur I à l'Ouest du profil D : les courbes sont pratiquement de direction Est-Ouest, sont espacées et s'échelonnent entre la valeur de 5 ohm.m (ou moins , au Sud) et 30 ohm.m vers le Nord, indiquant la présence de formations conductrices plus épaisses en se dirigeant vers le Sud. Au Nord, les résistivités vraies sont proches de la seconde valeur ou plus, tenant compte de l'effet des couches conductrices sur la résistivité apparente.

2. un secteur II compris entre les profils D et O : les courbes d'élongation Est-Ouest varient de 20 à 100 ohm.m sur une bande de terrain relativement étroite, suggérant l'existence probable d'un accident longitudinal majeur.

3. un secteur III à l'Est du profil O : Les courbes d'équirésistivités reprennent la même allure qu'à l'Ouest, au secteur I, c'est à dire avec un espacement et un gradient moins élevé, la plage conductrice semblant se prolonger d'avantage vers le sud.

II.1.2.2. Carte de résistivités apparentes en $AB = 200$ m

La carte de la résistivité apparente $AB=200$ m (Figure 4.7) avec beaucoup de similitude avec la précédente carte, montre bien l'existence d'une série septentrionale résistante (15 à 600 Ω .m) essentiellement carbonatée passant au Sud vers les alluvions plio-quadernaire plus conductrice (1 à 10 Ω .m) du de la proximité de la Sebka. Le long de la route, le resserrement intense des courbes suggère l'existence d'un accident longitudinale majeur.

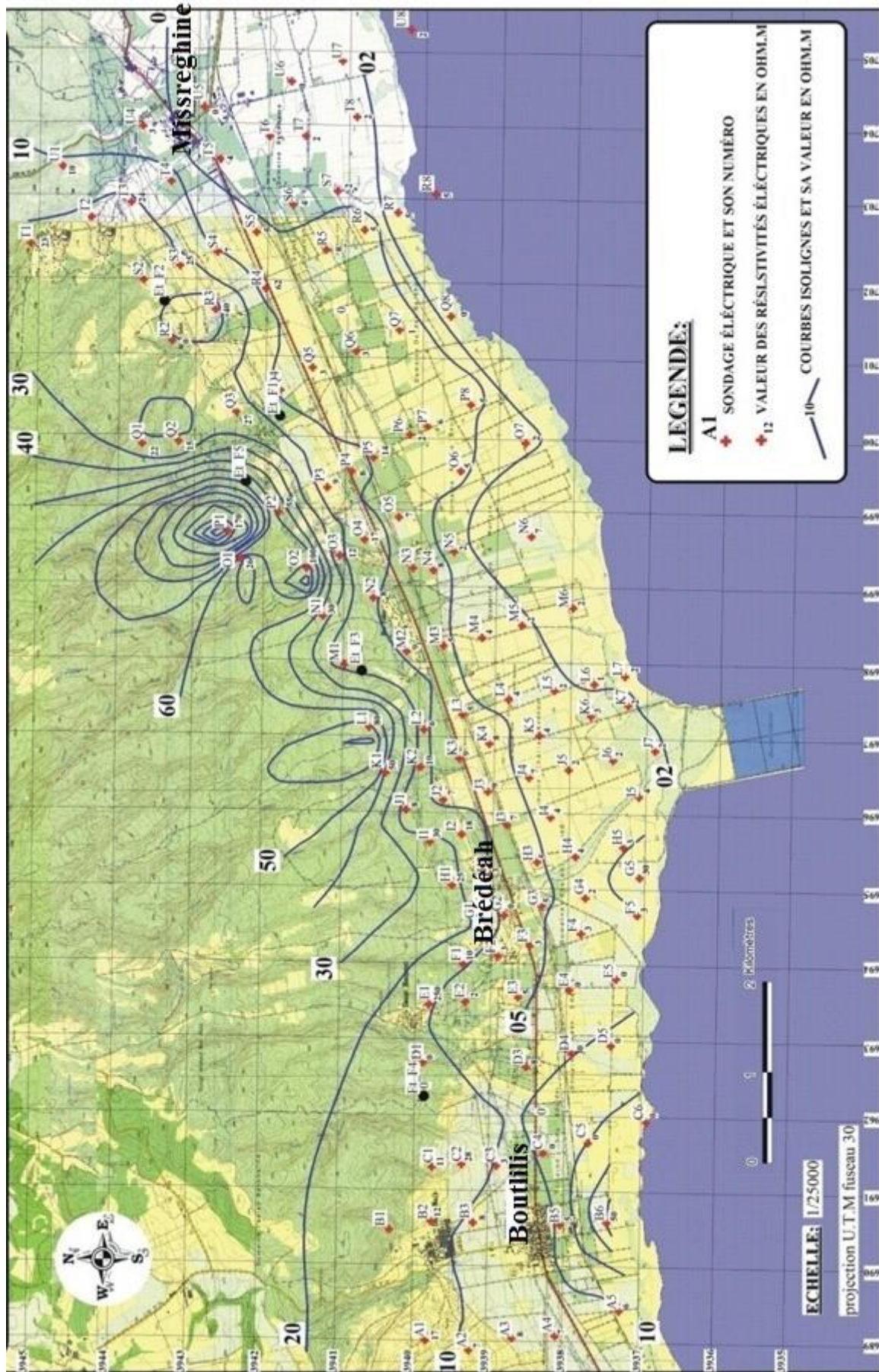


Figure 4.6 : carte des résistivités apparentes pour AB/2=750m.
(DHW Oran / G Eau Sol, 2004)

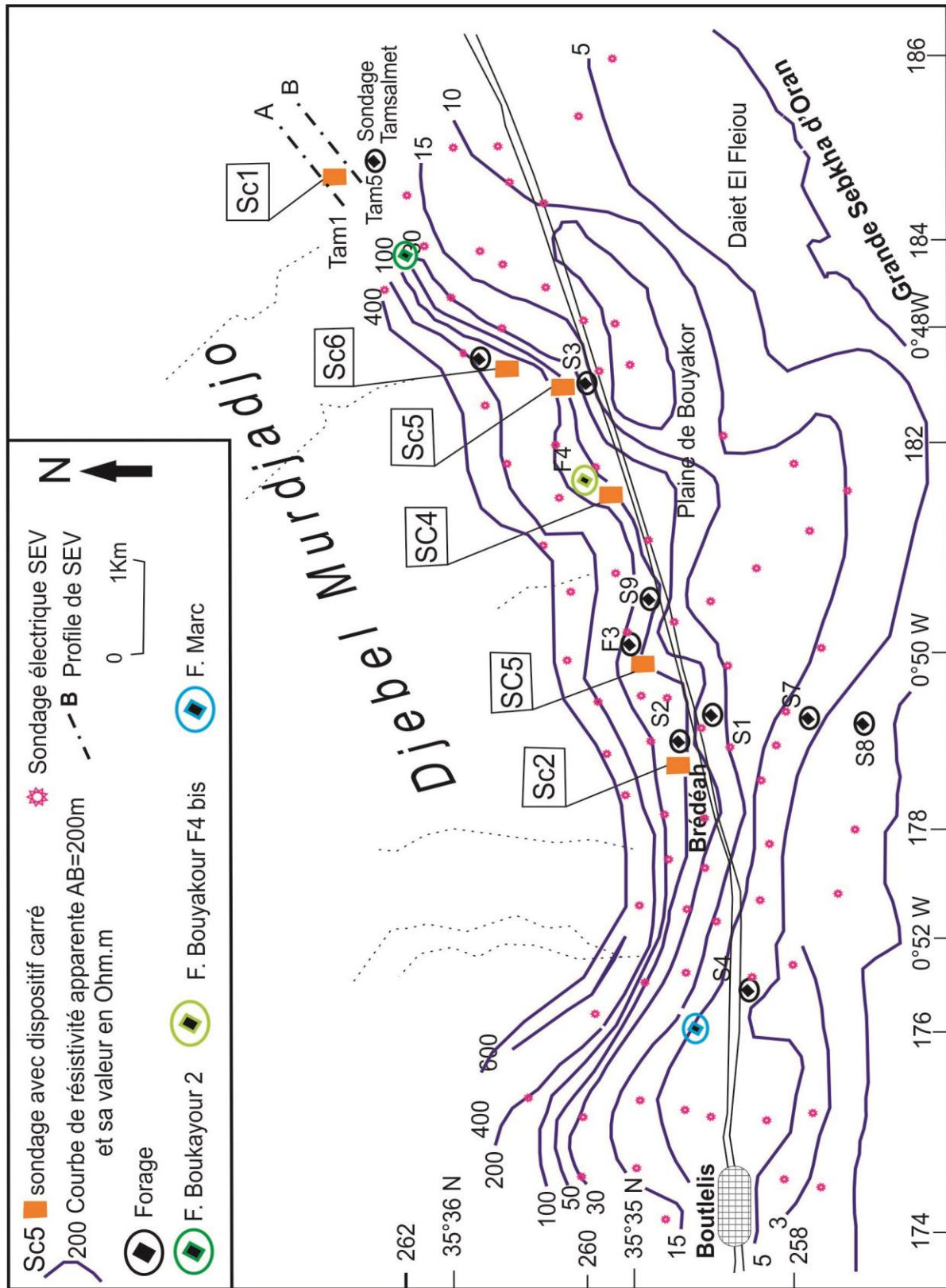


Figure 4.7. Emplacement des sondages électriques dans la zone d'étude, représentation des courbes de résistivité apparente AB=200m. (Mahammed et al 2011)

A l'ouest, la réorientation des courbes suivant une direction NW-SE laisse entrevoir l'existence d'un accident dont la direction correspond à celle de la faille F1 révélée plus au nord par la photo-satellite.

La même phénomène s'observe à l'Est avec la présence d'un accident Sud-Ouest/Nord-Est, retrouvé au Nord-Est sur la photo-satellite F2, elle montrée dans la Figure 4.2.

II.1.3. Interprétation des coupes géoélectriques :

Les profils notés A à U sont portés sur la carte (figure 4.3) et les coupes interprétées sont ceux correspondant aux profils O, P, Q.

L'interprétation quantitative de chaque sondage électrique est donnée par les coupes géoélectrique et cette interprétation indique que la région de Brédéah est affectée par un ensemble d'accidents tectoniques.

II.1.3.1 Coupes géoélectriques O (figure 4.8) :

Cette coupe de direction NNW/SSE, elle montre deux compartiments séparés par une faille probable.

- Le premier au NNW caractérisé par des formations distingué représentant un aspect massif (Horizons résistant), ces horizons ont des valeurs très important de point de vue résistivité, cette valeur atteinte jusqu'à 3000 ohm.m
- Le deuxième compartiment c'est quand allons vers le SSE, où on observe un changement très variable de la valeur de résistivité ce qui apparaitre sur la coupe sous forme des lentilles conductrices à environs 7, 8, 10 ohm.m de résistivité.

II.1.3.2. Coupes géoélectriques P (figure 4.8) :

La direction de ce profile à travers est de NWW-SSE.

Ce profile contient une discontinuité qui le sépare en deux compartiments cette discontinuité peuvent être une faille, le premier compartiment de cette structure entre les SEV P1, P2 est constituer a des terrains résistants avec des valeurs de résistivité important, ces formation peuvent être des calcaire miocène, on observe aussi deux lentilles formé de terrain conducteur ils peuvent être des marnes de 12 ohm.m de résistivité. Vers la direction SSE on observe un changement latéral de terrain, en outre ce changement suivi par des valeurs moins important de résistivité dont le quelle on enregistre des valeurs comprise entre 2 à 50 ohm.m, donc c'est le deuxième compartiment entre P3, P8.

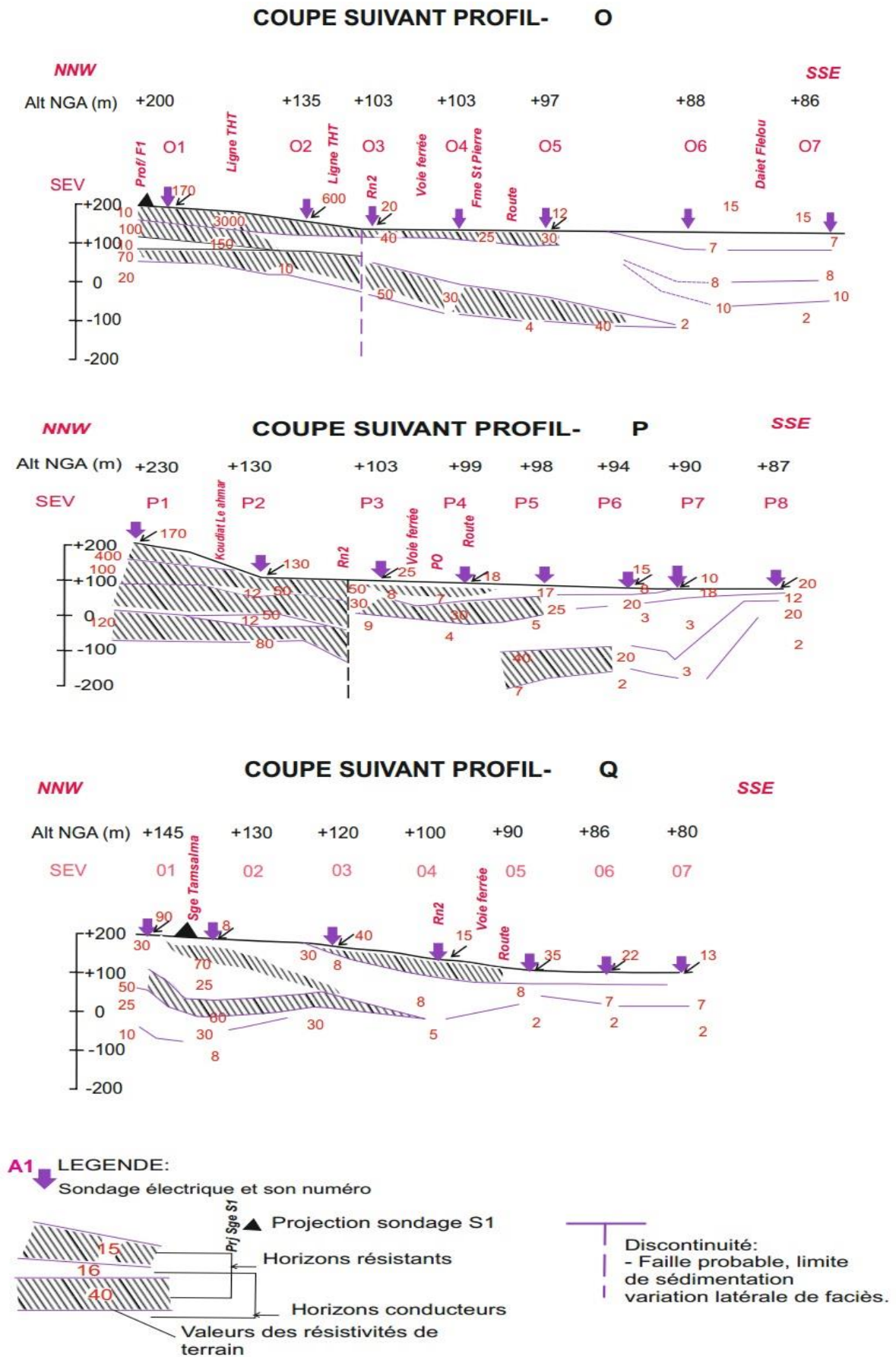


Figure 4.8 : Coupes géoélectriques profils O, P, Q, (DHW-Oran/ G Eau Sol, 2004).

II.1.3.3. Coupes géoélectriques Q (figure 4.8) :

Cette coupe suivant d'une direction NNW/SSE.

La différence entre cette coupe et les deux précédente ce qu'il n'existe pas une discontinuité ou une faille probable, et on observe un synclinale constitué par un résistant d'une valeur de résistivité atteindre 60 ohm.m, ce résistant est surmonté d'un terrain conducteur.

II.1.4. Coupes géoélectriques A, B (Tamsalmet) :

Huit sondages électriques avec un maillage plus resserré dans ce secteur du douar Tamsalmet ont été interprétés par le logiciel IPI-2. Ils permettent de confirmer la présence de deux compartiments séparés par une faille de direction sud-ouest /nord-est.

La Figure 4.9 c'est une coupe électrique du profil A qui montre un compartiment septentrional surélevé par rapport à la faille alors que le profil B indique un compartiment affaissé (Fig.4.10).

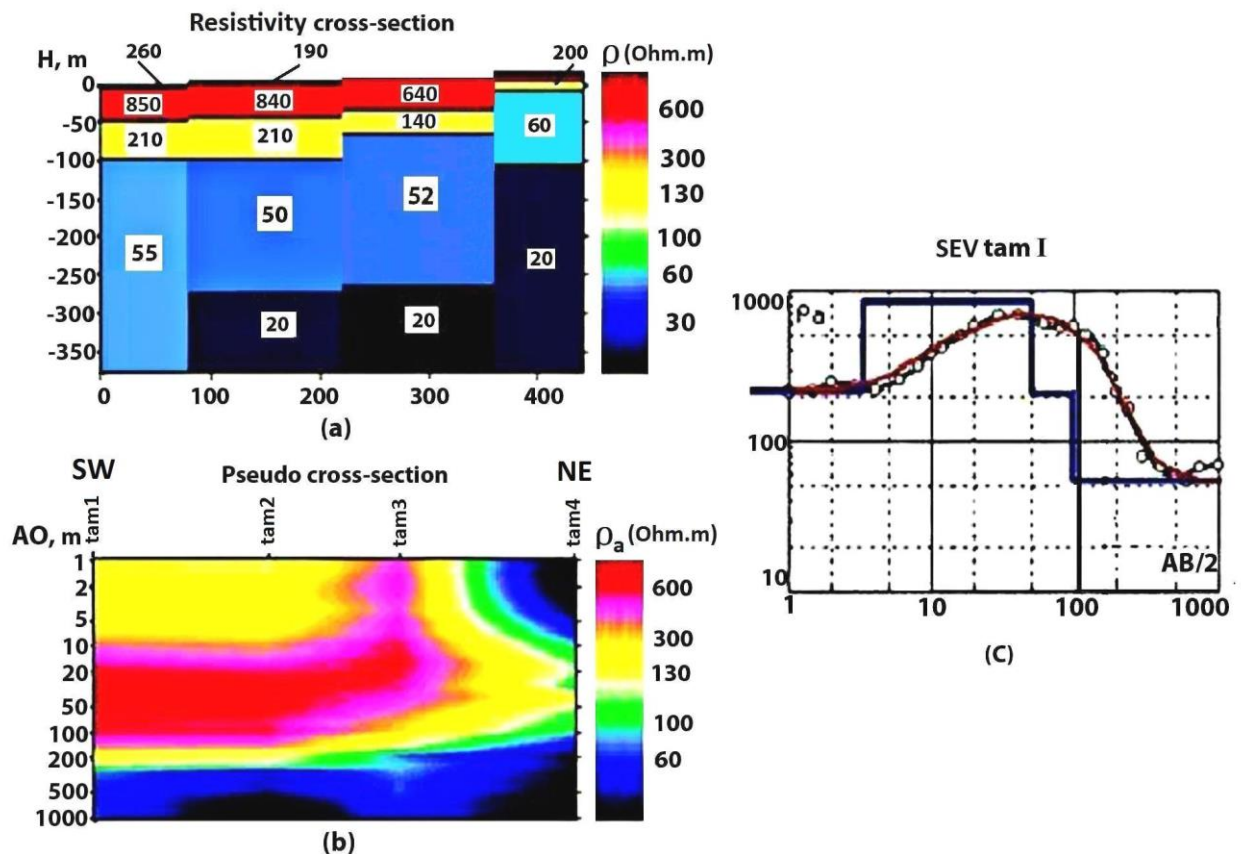


Figure 4.9 Coupe géoélectrique et pseudo-section du profil A, courbe caractéristique du Sev Tam 1 (Mahammed et al, 2011)

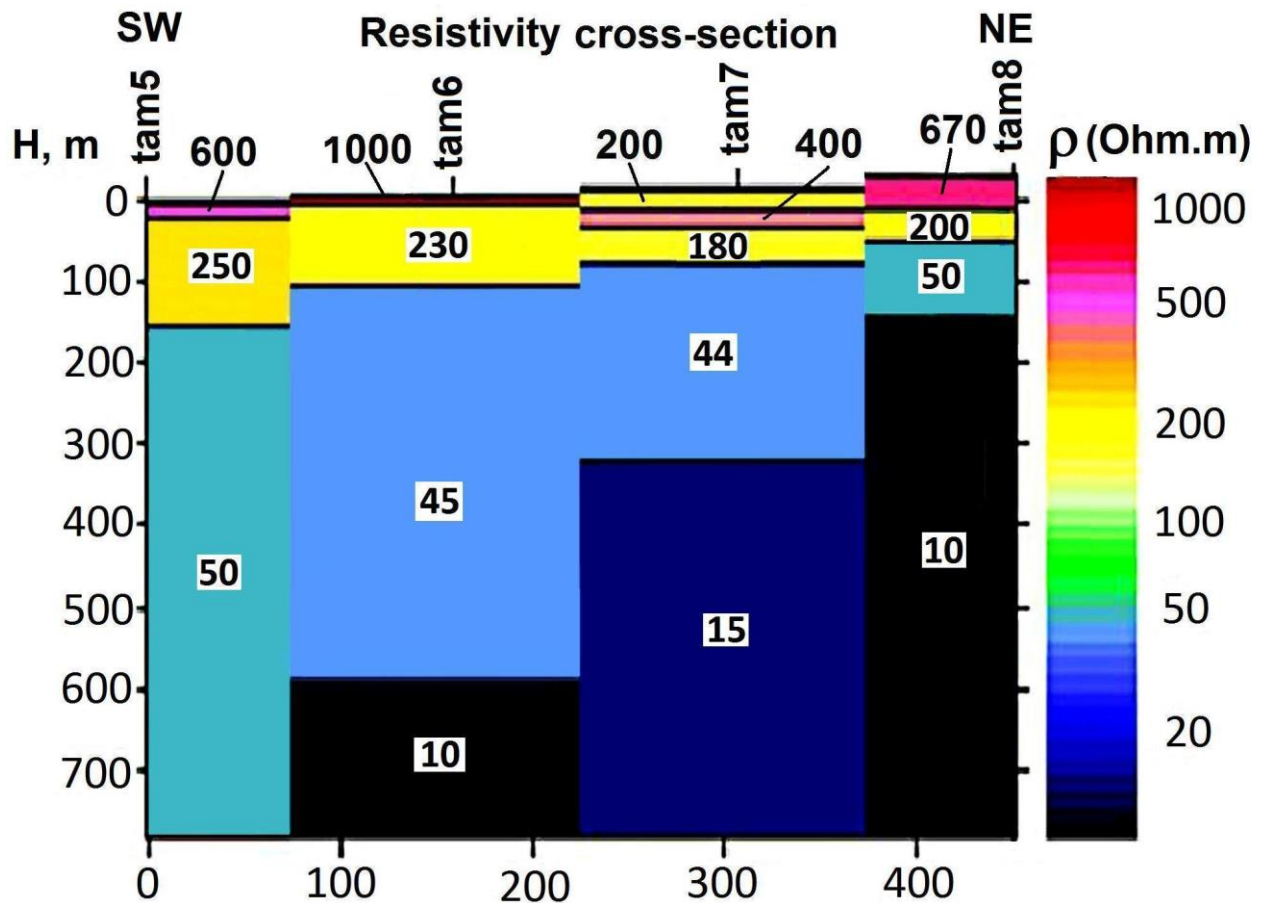


Figure 4.10 Coupe géoélectrique du profil B.

La formation superficielle est constituée de calcaires secs atteignant des résistivités de 600 à 1000 ohm.m, surmontant des calcaires saturés caractérisés par des valeurs de 180 à 250 ohm.m.

Les couches sous-jacentes d'environ 50 ohm.m représentent un faciès plus marneux, reposant sur un substratum franchement marneux à 10-20 ohm.m.

De nombreuses failles secondaires orientées Nord-Sud confirment l'existence d'une tectonique de type cassant. Ainsi, la coupe A montre deux panneaux séparés par une faille, avec un panneau oriental surélevé et une diminution de la puissance des couches résistantes. Ceci est bien mis en évidence sur la pseudo-section qui indique mieux la variation brusque par le fait d'un accident probable entre les SEV Tam 3 et Tam 4 (Fig.4.9).

II.2. Approche géophysique par la Résistance Transversale Totale R_{tt} :

II.2.1 Calcul de la Résistance transversale totale R_{tt} :

Afin de caractériser un ensemble de terrains reposant sur un substratum conducteur il est possible de calculer ce paramètre, à partir de la courbe de SEV, sans passer par l'estimation délicate des résistivités et épaisseurs des différentes couches. Ce procédé nous affranchit d'ailleurs de l'ambiguïté des solutions induite par le principe d'équivalence. Les alternances marneuses, de surcroît de faibles épaisseurs, seraient masquées.

II.2.1.1 Le principe :

Cette détermination est basée sur le fait que la Résistance transversale totale R_{tt} d'une section de couches caractérisées chacune par sa résistivité ρ_i et son épaisseur t_i , soit $\sum \rho_i.t_i$, est égale à la Conductance longitudinale totale de la Section Géoélectrique Réciproque (RGS). Celle-ci est définie par ses épaisseurs et résistivités $t'_i = t_i$ et $\rho'_i = 1/\rho_i$, et sa conductance est alors : $S' = \sum t'_i/\rho'_i$ soit, égale à R_{tt} .

Le problème est donc de déterminer la courbe correspondante à cette section RGS. (Seara et al, 1980).

II.2.1.2. la procédure :

Les transformées de résistivités T et T' (Koefoed, 1970) des courbes de sondages électriques correspondant aux deux sections normale et réciproque, sont symétriques par rapport à l'axe d'ordonnée égale à 1. Le passage des courbes de sondages à leurs transformées, et la procédure inverse, sont facilités par l'application de filtres numériques direct et inverse (Ghosh, 1971).

Ce processus de calcul, automatisé, permet d'extraire de chaque courbe de sondage électrique, c'est-à-dire à chaque station de mesure, la Résistance transversale totale.

II.2.1.2. Détermination sur un exemple théorique :

La figure (fig 4.11) indique les étapes du calcul appliqué à une courbe théorique de sondage électrique représentant la section de résistivités $\rho_i = 1, 10, 2.5, 0.1$ ohm.m et d'épaisseurs $t_i = 1, 3, 25$ m. On obtient une valeur de $R_{tt} = 90$ ohm.m², très proche de la valeur théorique 93.5 ohm.m².

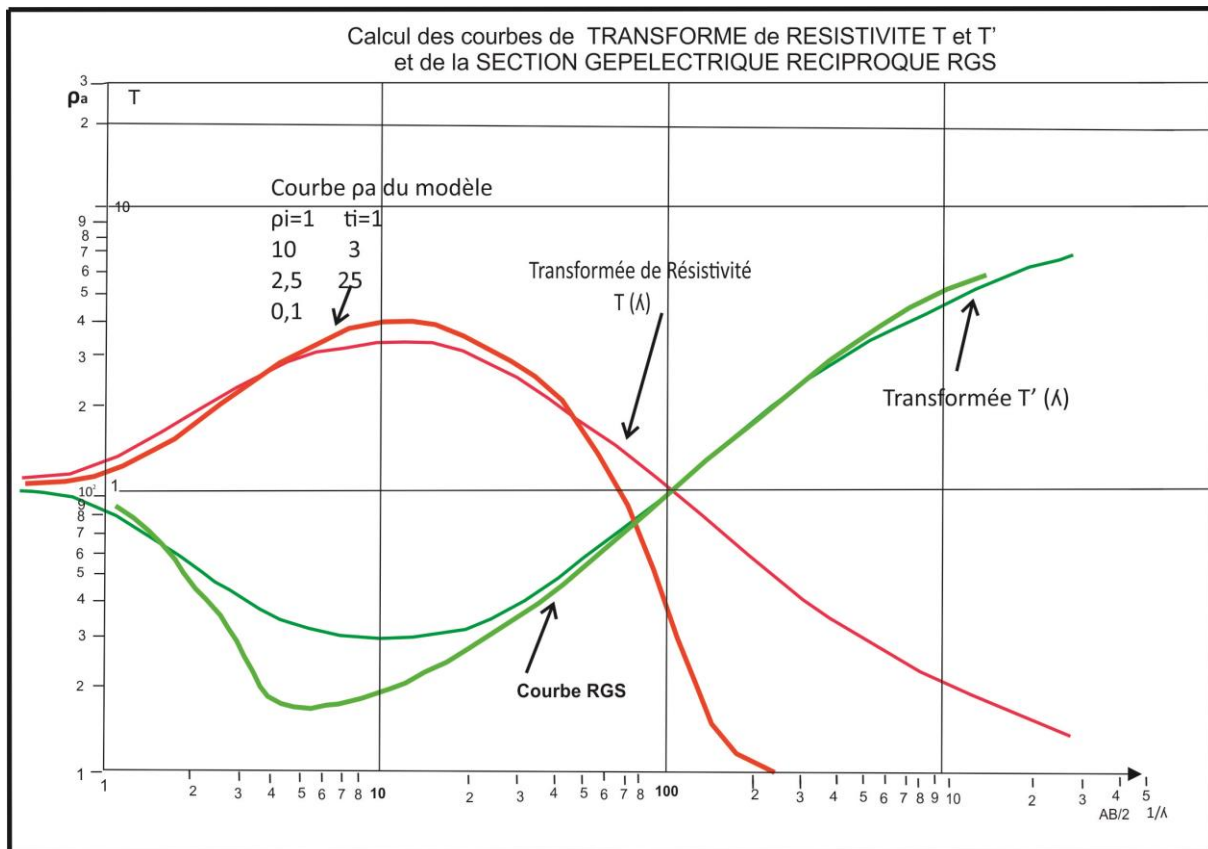


Figure 4.11: Tracé de la courbe Transformée de la Section géoélectrique réciproque.

En général, l'interprétation des courbes de sondages électriques se heurte au problème d'équivalence de nombreuses solutions. Afin de surmonter ceci, l'utilisation de la R_{tt} pourrait avoir deux rôles :

- discriminatoire : ses grandes valeurs seraient à rapprocher de la présence des calcaires, alors que les moins élevées seraient dues à des calcaires plus marneux ou à une prédominance marneuse.
- intégrant : ce paramètre caractérise l'ensemble des couches au dessus du substratum.

Pour les calcaires du Djebel Murdjadjo, la R_{tt} qui intègre toutes les couches à la fois, permet par ses grandes valeurs de se rapprocher de la présence fréquente des calcaires, alors que l'existence de calcaires plus marneux ou à fortiori de bancs de marnes abaisse considérablement ce paramètre. La R_{tt} a été calculée pour certains SEV en des points où l'anisotropie sera analysée.

III. la géophysique Azimutale (Mesures des résistivités en fonction de l'azimut) :

Ce dispositif particulier (Azimuthal resistivity survey ARS) a été utilisé par plusieurs auteurs (Lane et al, 1995, Bolshakov et al, 1995) pour la détermination des directions principales de l'anisotropie de résistivité pouvant être liée à celles de fractures ou d'une faille. En outre, le but de l'analyse de cette macro-anisotropie est d'estimer le degré de relation avec la fracturation des formations dures comme c'est le cas pour les calcaires du Djebel Murdjadjo.

De nombreux auteurs ont mesuré sur le terrain, à l'aide d'un quadripôle colinéaire Schlumberger ou Wenner, la variation de résistivité apparente en fonction de l'azimut à partir d'une station fixe centrale. Une ellipse des résistivités est alors tracée, dont le grand axe dans le cas de ce dispositif colinéaire coïncide avec la direction de fracture.

Taylor et Fleming (1988) ont expérimenté cette méthode sur plusieurs sites avec divers types de formations, ce qui lui a permis d'aboutir à une bonne corrélation avec leurs directions structurales. Il en déduit également la porosité des zones fracturées à partir des paramètres de l'anisotropie mesurée. Plus récemment, Toubal (2004) a analysé des mesures effectuées avec le même dispositif sur des sables éoliens afin de corréliser les résultats avec les directions de perméabilité. Cependant, l'interprétation est complexe car la variation azimutale de résistivités peut également résulter d'interfaces de couches subissant un fort pendage ou même des variations latérales de résistivité, ce qui amène Watson (1999) à proposer un dispositif linéaire offset-Wenner à 5 électrodes pour lever l'ambiguïté.

Néanmoins, c'est Habberjam (1972) qui a démontré qu'un dispositif carré est plus sensible à l'anisotropie et permet par un traitement de ses mesures d'obtenir plus d'informations sur la fracturation.

Pour chaque carré, deux mesures avec les positions perpendiculaires α et β des électrodes d'envoi de courant d'espacement a , sont exécutées et l'on calcule les résistivités apparentes $\rho_a(\alpha)$ et $\rho_a(\beta)$. (Fig4.12).

Dispositif carré (square array)

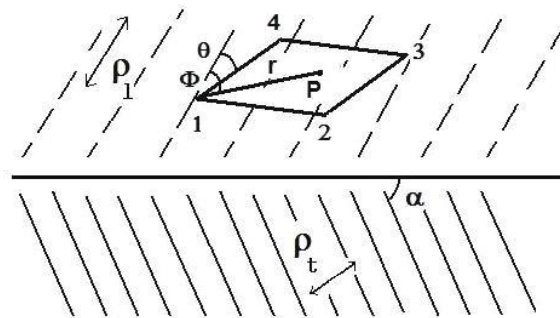


Figure 4.12. Dispositif électrique carré à la surface d'un sous-sol anisotrope.

III.1 Principe de mesures des résistivités avec le dispositif carré :

L'expression de la résistivité apparente en fonction de l'azimut θ , mesurée par un dispositif carré en position α , pour un sous-sol fracturé anisotrope est donnée par Habberjam (1972) :

$$\rho_a(\alpha) = (\rho_m / (2 - \sqrt{2})) \cdot \left\{ 2 / ((1 + (n^2 - 1)\cos^2\theta)^{1/2}) - 1 / ((2 + (n^2 - 1)(1 + \sin 2\theta))^{1/2}) - 1 / ((2 + (n^2 - 1)(1 - \sin 2\theta))^{1/2}) \right\} \quad \mathbf{1}$$

$$\rho_a(\beta) = \text{même expression en remplaçant } \cos^2\theta \text{ par } \sin^2\theta. \quad \mathbf{1'}$$

Avec $\rho_m = (\rho_l \cdot \rho_t)^{1/2}$ où ρ_l , ρ_t successivement résistivités parallèle et perpendiculaire à la fracturation ; θ , angle entre les électrodes de courant 1 et 4, et la direction de fracturation.

Avec $n = ((1 + (\lambda^2 - 1)\sin^2\alpha))^{1/2}$, où $\lambda = (\rho_t / \rho_l)^{1/2}$ coefficient d'anisotropie, α étant le pendage.

En exécutant la mesure avec les électrodes dans la direction de la structure, alors d'après (1) et (1'), la moyenne de ρ_a , prend une valeur minimale et sa valeur maximale sur l'ellipse de résistivité aura donc une direction perpendiculaire à celle de la structure.

En outre, le rapport des deux expressions (1) et (1') pour $\theta = 0$, se simplifie et donne :

$$\rho_a(\beta)/\rho_a(\alpha) = \{n(1+n^2)^{1/2} - 1\} / \{(1+n^2)^{1/2} - n\} \quad 2$$

Ainsi, l'orientation des électrodes suivant la direction de fracture, permet de calculer n par la résolution de l'équation (2) et d'estimer ainsi l'anisotropie.

III.2 Résultats des mesures :

III.2.1 Sondage carré SC 1 à douar Tamsalmet :

Situé au début du profil A, le SEV Tam1 indique un abaissement notable de la courbe caractéristique indiquant l'existence d'une couche saturée pour $AB/2 = 100m$, coiffée de calcaires secs (Fig 4.9). Ceci équivaut à un espacement $a = 80 m$ (Habberjam, 1972) que nous avons retenu comme valeur maximale pour le côté du carré. Sa valeur minimale a été fixée à $a = 20 m$ pour éviter l'effet des couches superficielles. Le sondage SC1 a été positionné au milieu des profils A et B (Fig 4.7). Des rotations du carré avec un incrément de 22.5° ont permis de tracer les variations polaires de la résistivité pour des côtés $a = 20, 40$ et $80 m$ (Fig.4.13).

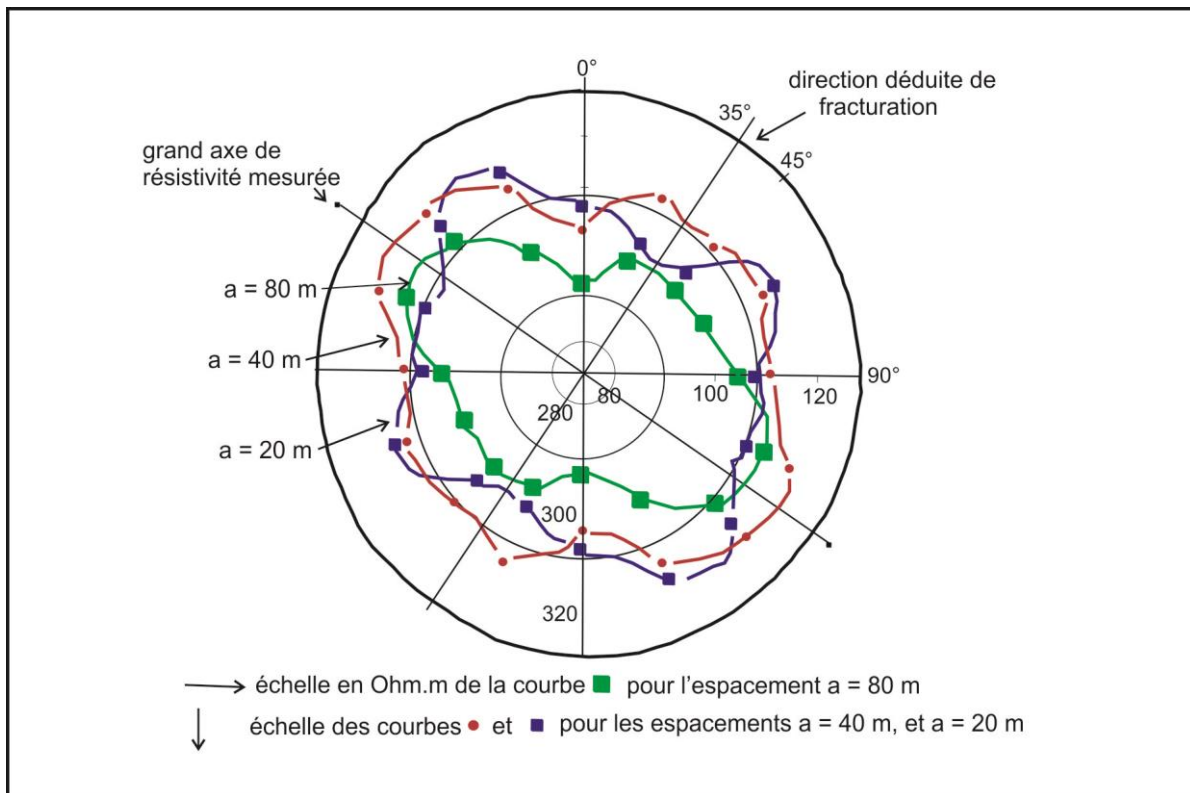


Figure 4.13 Diagrammes polaires de variations de résistivités en fonction de l'azimut pour les espacements $a = 20, 40$ et $80 m$. (sondage SC 1)

Le diagramme correspondant à $a = 80$ m indique des résistivités apparentes variant avec l'azimut de la valeur 90 ohm.m jusqu'à un maximum de 110 ohm.m, suivant la forme d'une ellipse dont le grand axe est orienté N 125°. Ceci implique une direction de fracturation N 35°. Ce résultat confirme la direction de la faille II sur la photo-satellite (Fig.51). Les deux autres diagrammes, pour $a = 20$ m et $a = 40$ m révèlent une allure plus circulaire avec des résistivités apparentes variant de 290 ohm.m à 330 ohm.m, dues à des terrains calcaires durs moins profonds et probablement moins anisotropes. Une longueur des fissures inférieure à l'espacement a peut également affecter par plusieurs pics et creux la forme régulière du diagramme (Taylor, 1988).

Ayant déterminé la direction de fracture, du moins pour les terrains profonds, en rapport avec l'espacement a , il suffit d'orienter le dispositif carré et de mesurer aux deux directions perpendiculaires $\rho_a(\alpha)$ et $\rho_a(\beta)$, pour obtenir un facteur d'anisotropie $n = 1.34$.

La Résistance transversale totale des SEV entourant SC1, a été calculée en considérant uniquement les couches résistantes qui englobent le terrain aquifère estimé à environ 180 ohm.m à 250 ohm.m, reposant sur la couche d'environ 50 ohm.m, constituée de calcaires marneux et que nous considérerons comme substratum conducteur. Dans ce cas, la Rtt ainsi estimée varie de 32.000 ohm.m² à 50.000 ohm.m².

III.2.2 Sondage carré SC 2 SC 3, SC 4, SC 5 et SC 6 :

Ces sondages ont été exécutés en tenant compte des directions structurales révélées par les cartes d'isorésistivité, les coupes géoélectriques ainsi que la photo-satellite. Ils ont ainsi été orientés de façon à permettre l'application de l'équation (2) et de déduire le facteur d'anisotropie n . Pour des raisons pratiques, l'exécution des mesures s'est faite uniquement pour $a = 40$ m. Cet espacement est suffisant pour capter les calcaires situés dans le secteur à faible profondeur. Le tableau (Tab.4.3) réunit l'ensemble des résultats obtenus.

Sondage Carré SC	Forage voisin et ses coordonnées Lambert	Facteur Anisotropie N	Rtt ($\Omega.m^2$) Moyenne aux SEV très proches	Lithologie prédominante du forage
SC 1	Tamsalmet 184800, 262500	1.34	32.000- 50.000	calcaires durs puis fissurés
SC 2	S2 179080,259250	1.47	20.000	calcaires fissu- rés puis crayeux
SC 3	S3 182600,260225	1.29	2.500	Calcaires crayeux
SC 4	F4 181600,260280	1.30	45.000	calcaires vacuo- laires
SC 5	F3 179800,259700	1.20	52.000	calcaires fissu- rés vacuolaires
SC 6	F1 182750,261450	1.10	9.000	alternances calcaires et cal- caires marneux

Tableau 4.3: Comparaison entre le facteur d'anisotropie, la Résistance Transversale totale et la lithologie des formations géologiques.

Nous constatons que la présence de marnes et calcaires marneux abaisse considérablement la valeur de la Rtt. Il n'existe par ailleurs pas de relation directe entre les éléments des trois dernières colonnes du tableau. Les valeurs fortes de Rtt sont liées à la présence de calcaires durs et fissurés.

Ainsi, le forage F3, situé à moins d'1 km à l'est de la station de pompage de Brédéah, n'a recoupé les marnes qu'à une profondeur de 80 m et le calcul pour le SEV le plus proche donne 52.000 $\Omega.m^2$. A Tamsalmet, le substratum n'est atteint qu'à 153 m, cependant le forage traverse de nombreux bancs d'argile et de calcaires gréseux. Une différence est notée entre les facteurs d'anisotropie qui caractérisent leurs secteurs. En effet, la valeur plus élevée au SC 1 s'explique par l'existence d'une faille importante, ce qui est moins évident pour le secteur du sondage SC 5.

Une forte valeur d'anisotropie de $n = 1.47$ est calculée au SC 2, près du sondage mécanique S2 à proximité de la station de pompage, alors que la Rtt au SEV voisin est relativement peu

élevée avec $20.000 \Omega.m^2$ du fait de la présence de calcaires crayeux. Ce qui explique la non corrélation entre les deux paramètres.

La forte anisotropie enregistrée au SC 2 est probablement due à une forte fissuration puisque ce secteur se situe à l'intersection de deux réseaux de failles : l'un de direction nord-ouest/sud-est, détecté par la carte de résistivités et la photo-satellite, l'autre, de direction est-nord-est/ouest-sud-ouest, longeant la route nationale, et mis en évidence par les coupes géoélectriques des SEV. La valeur élevée du facteur d'anisotropie pour SC 4, à proximité du forage F4, avec $n = 1.30$ peut s'expliquer par les mêmes arguments tectoniques, avec en sus, une jonction avec la faille passant par Tamsalmet. Le SC 3, proche du sondage mécanique S3, bien que révélant une prédominance de calcaires crayeux et une $R_{tt} = 2500 \Omega.m^2$, présente une anisotropie élevée.

Conclusion :

Les mesures de résistivités en fonction de l'azimut ont permis d'appréhender des directions de fracturations probablement drainantes ainsi que l'état de fissuration de formations carbonatées à comportement anisotrope.

Les cartes de résistivités des SEV ont permis de confirmer les failles révélées par la photo aérienne ou de satellite et de préciser leur prolongement.

Le dispositif carré a permis également d'approcher l'anisotropie du milieu et d'établir une relation avec la fissuration.

Le nombre restreint de mesures ne permet pas d'extrapoler ces résultats.

Le dispositif carré, moins contraignant sur les terrains accidentés que les dispositifs linéaires classiques, se révèle particulièrement adapté à l'étude des milieux fissurés et karstifiés.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, nous avons d'abord présenté les contextes géographiques, morphologiques, hydrologiques de la région incluant notre secteur d'étude.

Du point de vue climatologique la région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride à dégradation maritime très originale, due à l'influence de la mer et du relief.

L'étude géologique, basée sur les travaux de plusieurs auteurs, a permis de distinguer les principales formations, à savoir :

- le substratum Anté-synchro-nappe affleurant dans la zone haute constitué dans le Murdjadjo par des massifs schistosés autochtones d'âge Jurassique et Crétacé.

- un remplissage Néogène, post-nappe au centre du bassin. Ce remplissage est constitué par des formations d'âge Miocène et Plio-Quaternaire.

- les formations du Miocène supérieur constituées essentiellement par les marnes à tripoli qui affleurent en bordure du plateau d'Oran et qui sont surmontées au Djebel Murdjadjo par les calcaires récifaux, karstifiés.

- le Quaternaire récent constitué essentiellement par des formations colluvionnaires et alluvionnaires qu'on retrouve dans la zone piémont du Djebel Murdjadjo.

L'étude hydrogéologique a permis de déceler les formations géologiques favorables à l'exploitation, il s'agit de la formation carbonatée karstique du Miocène supérieur, et les alluvions plio-quaternaires qui constituent les plus importantes formations géologiques au niveau du flanc Sud du Murdjadjo.

La coupe lithologique et les sondages nous ont permis de préciser les variations dans l'espace et en profondeur des différents niveaux aquifères. Les calcaires récifaux faillés renferment un aquifère en réseau de fissures et de chenaux. La morphologie structurale de ces carbonates aurait permis ainsi un emmagasinement appréciable, ayant pour l'exutoire l'émergence de nombreuses sources.

L'analyse par l'outil géophysique a apporté une contribution importante à la connaissance des milieux géologiques fracturés dans notre zone d'étude et les sondages électriques permettent de confirmer la présence de discontinuité des formations géologiques sur le secteur.

Conclusion générale

En particulier, les mesures dipolaires des résistivités en fonction de l'azimut ont permis de :

- déterminer des directions de fracturations probablement drainantes ainsi que l'état de fissuration de formations carbonatées à comportement anisotrope. Une conséquence importante est le choix optimal d'implantation des forages

- Révéler l'existence des compartiments séparés par des failles qui sont bien décrites par les coupes géoélectriques.

Bibliographie

Référence bibliographiques :

A.N.R.H 2004. Etude géophysique du versant sud du Murdjadjo (région de Brédéah), rapport interne, 38p.

A.N.R.H 2001. Recueil des points d'eau, inventaire et débits extraits du flanc sud du Murdjadjo, Agence nationale des ressources en eaux hydrauliques DRO, rapport interne, 13p.

BENLEKHAL A. (1986) - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de Brédéah. Mémoire d'ingénieur. Université d'Oran.

BENTEKHICI, N., ZEBBAR, Z., 2008. Utilisation d'un SIG pour l'élaboration d'une carte de risque et vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines. Application a la nappe d'El Kerma (Oran). 4ème conférence nationale sur les ressources en eaux dans le bassin méditerranéen, Alger, Mars 2008. Algerian journal of technology, ISSN 1111-357X.

BESTANI B., MEZMAZ N., 2006 : réactualisation de la cartographie piézométrique et l'évolution chimique des eaux souterraines du flanc sud Murdjadjo. Mémoire d'ingénieur d'état, université d'Oran. 141 p.

CHAUMONT M. et PAQUIN C. Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500000. S.H.N.A.N., Edit., Bounaga, 1971.

DELFAUD J. et REVERT J. (1974) - Observations sur calcaire à stromatolithes d'âge Miocène terminal de l'Oranie C.R.Acad .Sci. Paris, (D), 133-136.

DHW Oran/ G Eau Sol, (2004). Etude géophysique du versant sud Murdjadjo (région de Brédéah) wilaya Oran.

FENET B, (1975) - Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier Africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse Nord maghrébine : Les monts de djebel Tessala et les massifs du littoral Oranais. Thèse de Doctorat Es Sciences. Université de Nice. 301 p.

GOURINARD Y. (1952) - le littoral oranais (mouvements verticaux et anomalies gravimétriques). Pub. XIX Congr. Inter. Alger, Monographie régional (1), 22, 63 p.

GUARDIA P, (1975) : Géodynamique de la marge alpine d'après l'étude de l'Oranie Nord occidentale. Relation structurale et paléogéographique entre le Rif externe, du tell et l'avant-pays atlasique. Thèse Es-sciences.

HABERJAM, G.M. 1972. The effects of anisotropy on square array resistivity measurements. Geophysical Prospecting, 20,249-266.

HASSANI M.I. 1987. Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi- aride : Le bassin versant de la grande Sebkhha d'Oran. Thèse Doctorat. 3ème Cycle, Université de Grenoble, France, 304p.

Bibliographie

- MAHAMMED D. TOUBAL A.C. HASSANI M.I. (2011) :** Approche géophysique non conventionnelle d'un aquifère carbonaté fissuré et karstifié : cas du Djebel Murdjadjo, Nord Ouest de l'Algerie, journal of hydrocarb. Mines Enviro. Res. Vol. 2 Dec 2011.
- SANT MARTIN J.P. et al. , (1983) –** le messénien récifal d'Oranie une mise au point C.R. Acad. Sc. Paris, t. 297, Serie II PP. 545-547.
- SOLETANCHE, (1950) -** Géologie et hydrologie de la sebkha.
- SOURISSEAU B.,** Etude hydrogéologique du massif du Murdjadjo, région de Brédéah - Bou-Sfer, INRH, **1976.**
- THOMAS G. (1985) -** Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas Chelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de Doct. Es-sci. Univ.pau 594p.
- TOUBAL, A.C., 2004.** sur l'anisotropie des sables éoliens de Bouteldja (nord-est de l'Algerie), Larhyss Journal ISSN 1112-3680, 3, 39-47.

Annexe

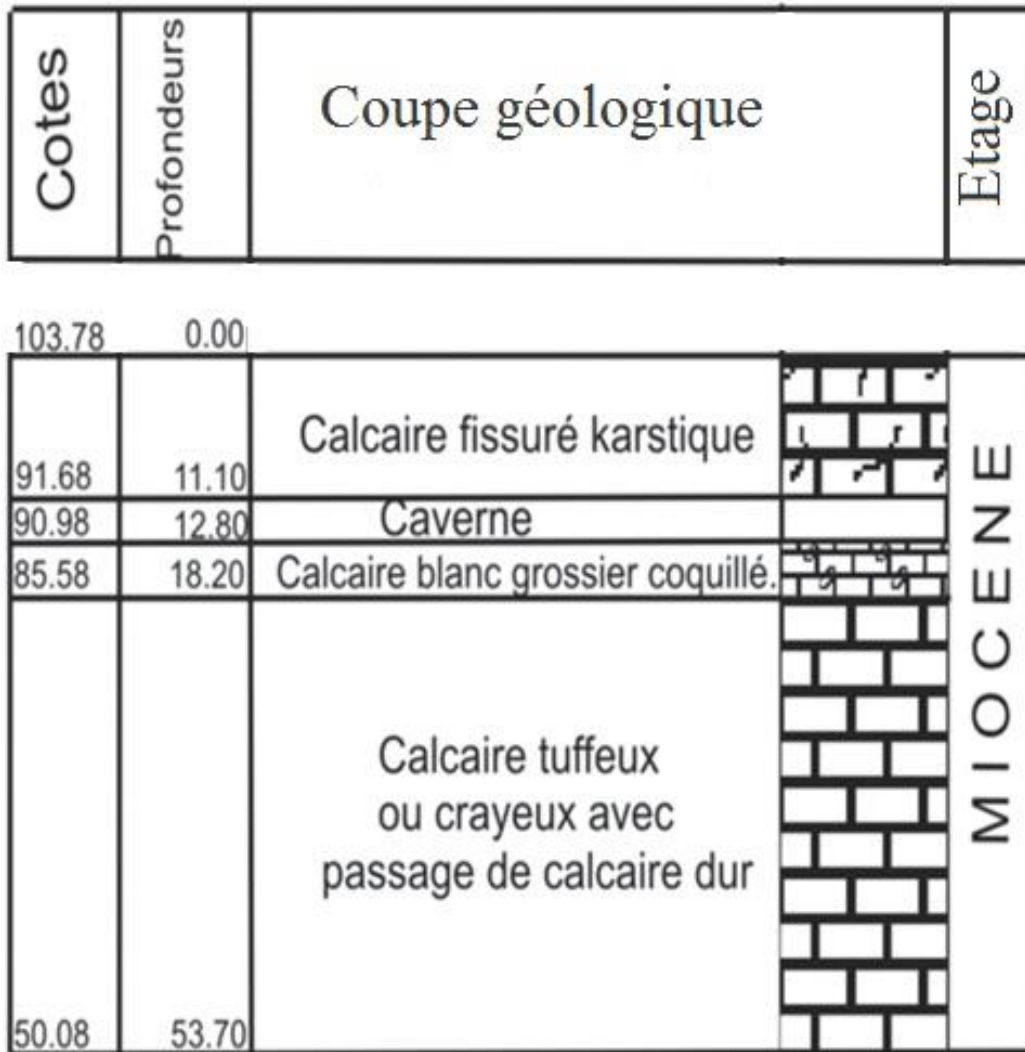


Figure 1 Sondage S2 (ANRH).

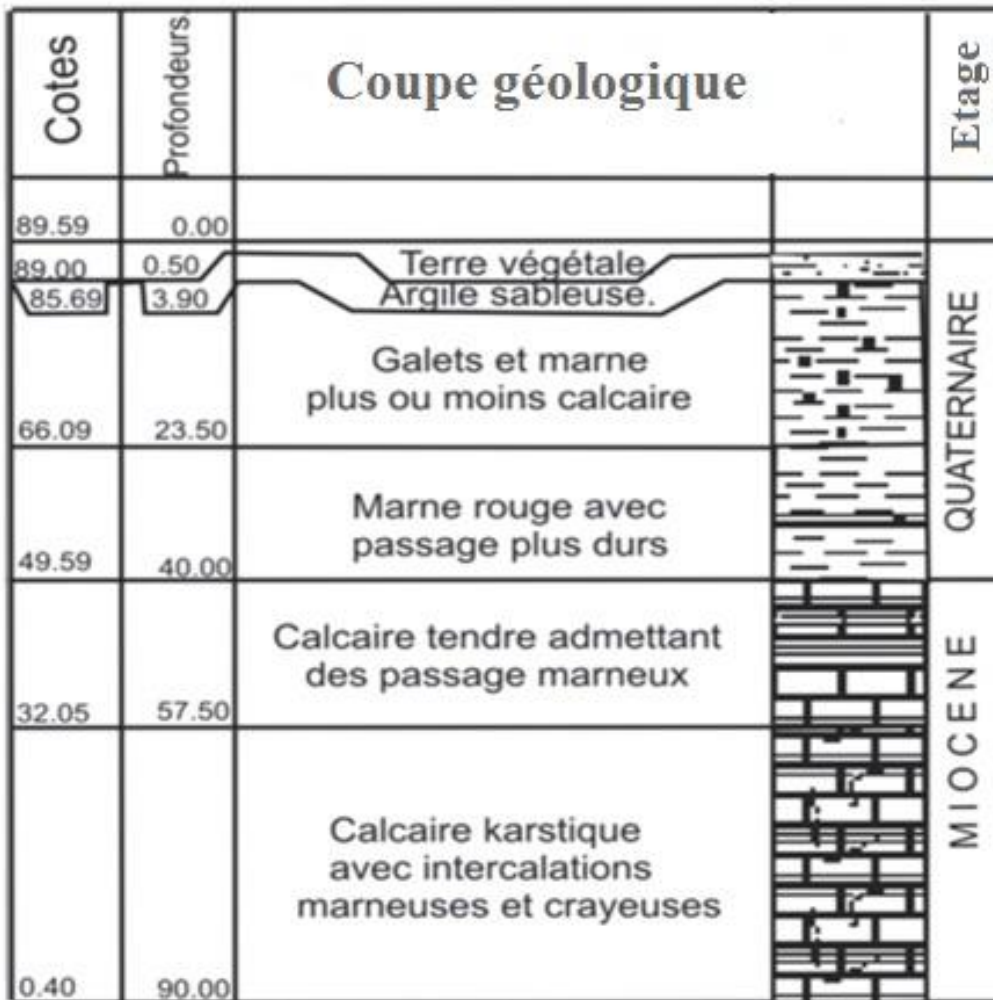


Figure 2 Sondage S4 (ANRH).

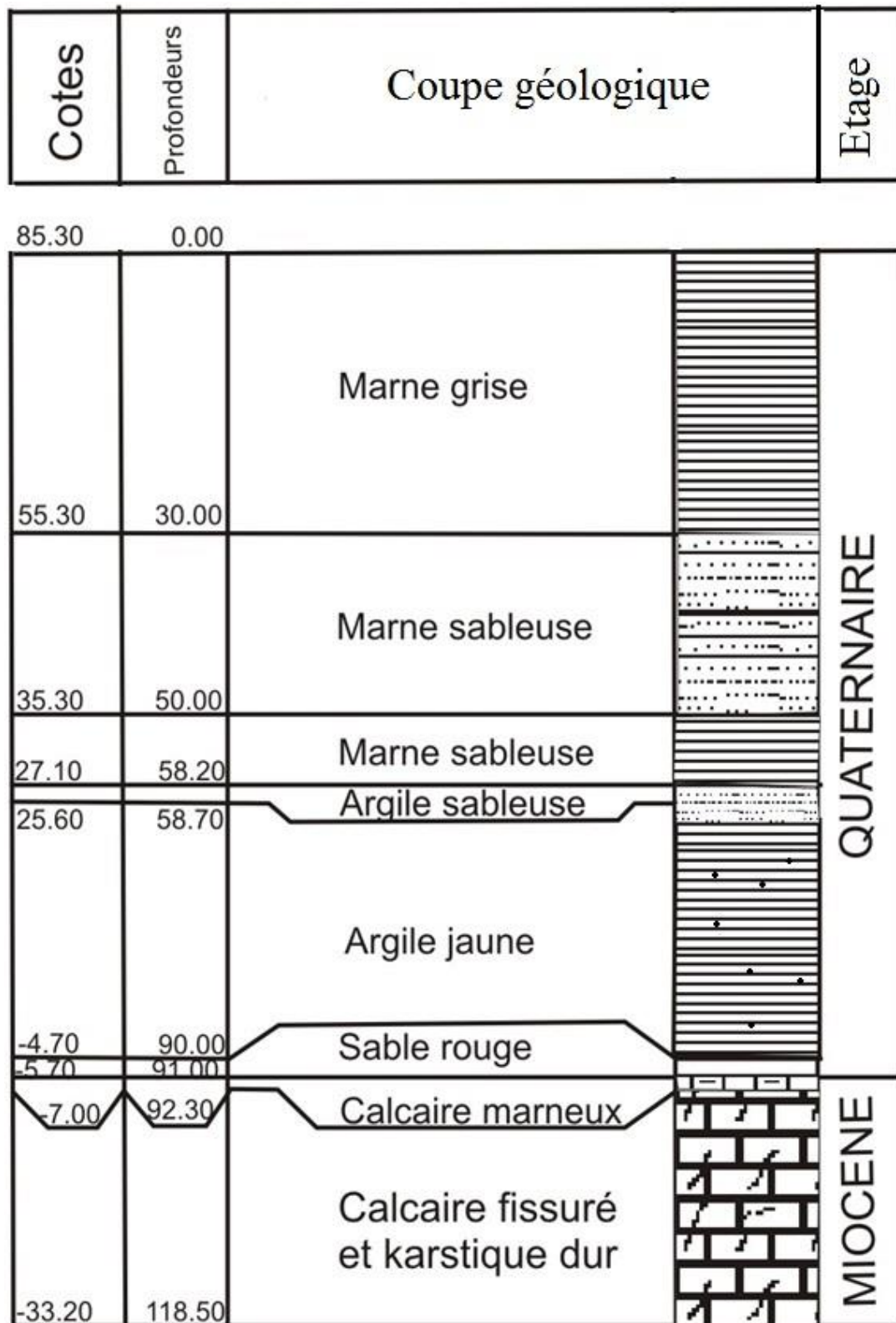


Figure.3 Sondage S7 (ANRH).