

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجليلي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Matière



Mémoire de fin d'étude
*En vue de l'obtention d'un diplôme de **Master** en physique*
Spécialité : physique du globe

Thème :

**Etude Géophysique par Prospection Electrique dans la
Région D'El Attaf-Wilaya Ain defla**

Devant le jury composé de :

BELDJOURI Hamoud Président
FARHI Walid Encadreur
AITADJEDJOU Doria Examineur

Présenté par :

- Chaouchi Hayat
- Elhamici Hanane

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions « ALLAH », le tout puissant, de nous avoir donné le courage d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Nous remercions Monsieur WALID.FARHI qui bien voulu diriger ce travail au long de son élaboration.

Nos vifs remerciements Mme AIT ADJEDJOU Doria et Monsieur BELDJOUDI Hamoud qui a bien voulu jury.

Nous remercions aussi Monsieur S. BENTRIDI qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions tous les enseignants qui nous ont encadré tout le long de nos études à l'université de Khemis Miliana.

Dédicace

JE DÉDIE CE TRAVAIL À MA MÈRE, QUI A ŒUVRÉ
POUR MA RÉUSSITE.

À MON PÈRE, QUI ÊTRE FIER ET TROUVER ICI LE
RÉSULTAT DE LONGUES ANNÉES DE SACRIFICES.

À MON MARIÉ LE SEULE PERSONNE QUI N'A JAMAIS
PERDU ESPOIR EN MOI.

À MES CHÈRES SŒURS ET FRÈRES ET TOUS MES
AMIS DE LA PROMOTION 2018-2019 DE GÉOPHYSIQUE
POUR LES BONS MOMENTS QU'ON A PASSÉS.

HANANE

Dédicace

A mon père

A ma mère

A mes frères Mohammed ; Ali ; Ismail.

A tous mes familles

Et a tous mes amis

Hayat

Résumé :

Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de prospection électrique et les données d'une campagne géophysique totalisant cinquante sondages électriques verticaux (SEV).

Afin de mettre en évidence le contact eau douce-eau salée dans la région d'Attaf dans la wilaya de Aïn Defla.

Nous présentons les cartes iso-résistivité et nous exploitons les données du forage hammam boutrig, afin de conclure les données des sondages électriques et la géologie.

Mot clé : sondage électrique vertical, Schlumberger, la résistivité électrique, géophysique.

المخلص :

في هذا العمل , استخدمنا الطريقة الكهربائية ونسلط الضوء على ملامسة للمياه العذبة والمالحة في منطقة العطاف بولاية عين الدفلى .

نقدم خريطة المقاومة ونستغل بيانات حمام بوطريق, من اجل الانتهاء من بيانات السبر الكهربائية والجيولوجيا.

الكلمات المفتاحية : السبر الكهربائي, المقاومة الكهربائية , الجيوفيزياء.

Asbact:

In this work we used the electrical method and to highlight the contact fresh and salt water in the Attaf region in Aïn Defla wilaya.

We present the iso-resistivity map and we exploit the data of the drilling hammam boutrig, in order to conclude the data of the electrical soundings and the geology.

Keyword: Vertical electrical sounding, electrical resistivity, geophysics.

Remercîment

Dédicace I

Dédicace I

Résumé

الملخص

asbact

Introduction général.....9

Chapitre I :

Cadre géologique de la région d'étude El Attaf.

I.1. Situation géographique	10
I.1.1. Geologie egional.....	10
a.Le Témoulga	11
b.Le substratum tellien	11
c.Le Miocène	12
d.Le Pliocène	12
e.Quaternaire	12
I.2.2. Géologie locale	12
I.2. Le remplissage néogène	13
a.Serravalien-Tortonien inférieur	13
b.Le Tortonien inférieur	13
c.Tortonien supérieur	14
d.Le Messinien	14
e.Le Pliocène inférieur	14
f.Le pliocène supérieur	14
g.Le Quaternaire	14
I.3. Tectonique	14

a. Plissements.....	14
b.Accidents tectoniques.	14

Chapitre II :

Principe et Mise en œuvre de la prospection électrique

II.1. Principe de la prospection électrique en courant continu	15
II.2. Propriétés électriques des roches	17
II.3. Dispositifs de mesure	18
II.4. Mise en œuvre	19

Chapitre III :

Analyse et Interprétation des Résultats

Introduction	21
III.1. Interprétation et discussion des résultats:	21
III.2. Étalonnage du sondage électrique Hammam Boutrig	21
III.3. Echelle des résistivités	23
II .4. Interprétation des cartes de résistivités	25
A.Carte des résistivités apparentes en AB = 200 m	25
B.Carte des résistivités apparentes en AB = 450 m	25
C.Carte des résistivités apparentes en ab = 1000 m	26
III.5. Interprtation des copes geoelectrique.....	27
A.Coupes Géoélectriques des profils A, B, C, D, E, F, G, H, I et J.....	28
B.Résultats des coupes géoélectriques.....	30
Conclusion Générale.....	35

Bibliographie

Liste des figure:

Figure I. 1. Carte de localisation de la zone d'étude.....	10
Figure I. 2. Carte géologique de la région d'étude (1/200 000).....	11
Figure I. 3. Coupe géologique Nord-Sud à travers la plaine d'El Attaf.....	12
Figure II. 1.Principe de la prospection électrique en courant continu. Distribution des lignes de courant et équipotentielle dans un sol homogène. A et B correspondent aux électrodes d'injection, et M et N sont les électrodes de mesure.....	15
Figure II. 2. Disposition générale des électrodes de courant A et B et de potentiel M et N.....	17
Figure II. 3. Résistivité électrique de différents minéraux, roches et liquides. Basée sur Telford et al. (1976), Palacky. (1988) et Reynolds (2011).....	17
Figure II. 4. Principe du panneau et un exemple d'un contact vertical (Marescot, 2008).....	19
Figure II. 5. Matériel utilisé (Résistivimètre SAS 1000) avec booster intégré.....	20
Figure III. 1. Localisation des SEV par rapport au SEV étalon au niveau de la région d'étude....	21
Figure III. 2. Courbe de sondage à proximité du forage étalon Hammam Boutrig.....	22
Figure III. 3. Courbe de sondage à proximité du forage étalon Hammam Boutrig(C4, E5, H1, I5)..	24
Figure III. 4. Carte d'isorésistivités AB=200m.....	25
Figure III. 5. Carte d'isorésistivités AB=450m.....	26
Figure III. 6. Carte d'isorésistivités AB=1000m.....	27
Figure III. 7. Carte d'isorésistivités AB=1000m.....	28
Planche III. 1. Coupes Géoélectriques des SEV A et SEV B.....	30
Planche III. 2. Coupes Géoélectriques des SEV C et SEV D.....	31
Planche III. 3. Coupes Géoélectriques des SEV E et SEV F.....	32
Planche III. 4. Coupes Géoélectriques des SEV G et SEV H.....	33
Planche III. 5. Coupes Géo-électriques des SEV I et SEV J.....	34
Figure III. 10. Coupes Géo-électriques des SEV I et SEV J.....	26

Liste des Tableau :

Tableau II. 1. Caractéristiques des différents dispositifs (d'après Loke, 2011).	18
Tableau III.1. Coordonnées et profondeur du forage étalon.	21
Tableau III.2. Résistivités à proximité du forage étalon <i>Hammam Boutrig</i>	22
Tableau III. 3. Corrélation entre les couches de résistivité interprétées des SEV sélectionnés et les données de Forage Hamam Boutrig.....	23

Introduction générale

Introduction générale :

La géophysique s'intéresse à la connaissance du sous-sol à partir de l'observation des phénomènes physiques. Cette science repose sur l'interprétation d'observations indirectes et permet d'investiguer de gros volumes du sous-sol.

La méthode électrique est simple : un courant est injecté, au moyen de deux électrodes, dans le sol, et des différences de potentiel sont mesurées via deux autres électrodes. Le champ électrique, résultant du courant injecté, dépend de la distribution de la résistivité dans le sous-sol. En répétant ces mesures avec différents positionnements d'électrodes, nous obtenons des données qui une fois interprétées permettent de définir des zones plus ou moins résistantes du sous-sol.

Le travail présenté dans ce mémoire est la détermination du contact eaux douces – eaux salées dans la partie Est de la nappe alluviale des Attafs pour éviter son extension vers l'Est. Pour le mener à bien, nous avons utilisé les notions acquises en master physique du globe.

Ce manuscrit s'articule autour de trois chapitres :

Le premier chapitre est la Problématique et Contexte géologique. Dans ce chapitre nous avons étudié la région (El attaf) et on a déterminé le contexte géologique (local et régional) à l'aide des cartes et coupes géologiques.

Dans le deuxième chapitre est dédié à la Méthode géophysique utilisée. Nous présenterons la méthode électrique (le sondage électrique verticale) et le principe pour mesurer la résistivité des couches verticales.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et l'interprétation des résultats de cette étude. Plusieurs logiciels de traitement ont été utilisé, pour aboutir à notre objectif dans cette étude tel que : **IP2Win, Surfer et MapInfo.**

Enfin, cette étude se termine par une conclusion générale sur l'ensemble des résultats obtenus.

Chapitre I :
Cadre Géologique De
La Région D'Etude.

I.1. Situation géographique :

La région d'étude se situe dans la région d'El Attaf (W. de Ain Defla), à 25 km du chelf lieu de Wilaya. Cette région se trouve aux abords de la route nationale RN 4 (Alger-Oran) au Sud, et au bord de l'Oued Chélif, au Nord. **(Figure. I.1).**

L'agriculture représente l'activité principale des populations établies dans cette région. Le climat du bassin du Cheliff est continental contrasté : un hiver froid (8 – 10°C) et un été chaud (28 – 30° c).

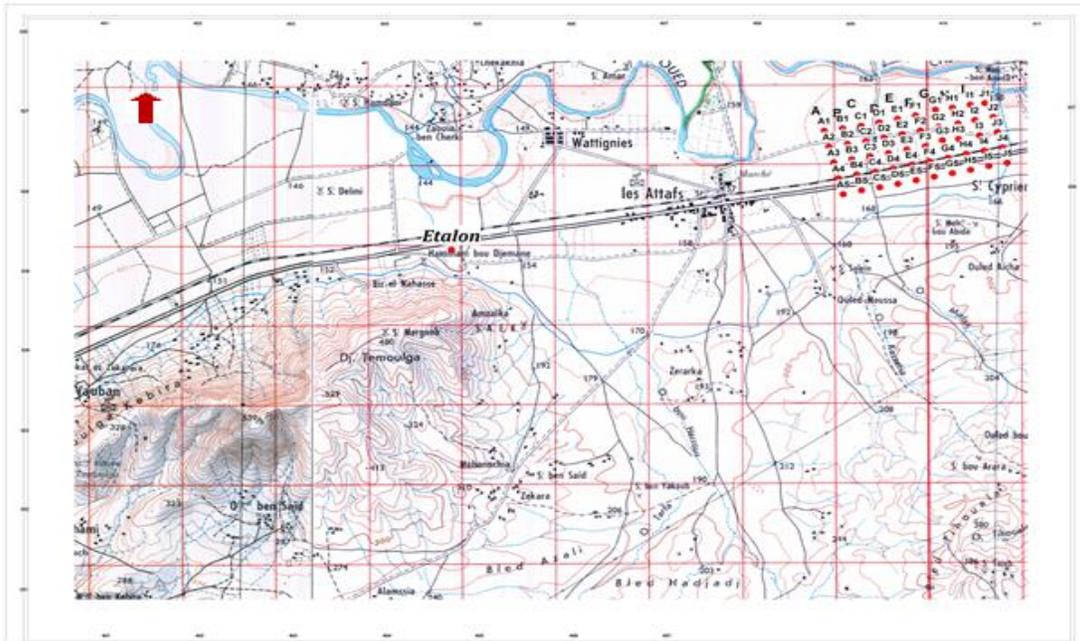


Figure I. 1. Carte de localisation de la zone d'étude. (INCT, 2010)

I.1. Contexte Géologique:

Le secteur d'étude fait partie de la plaine d'El Attaf, qui est située dans le bassin de Chélif.

I.1.1. Géologie Régional

Le bassin du Chélif est un bassin subsident néogène. C'est une cuvette intra montagneuse, d'une largeur de 30 à 80 km et d'une longueur de plus de 500 km qui s'étire d'Ouest en Est et parallèlement au littoral. Il est séparé du littoral par le Dahra et le Bou Maad (massifs d'altitude moyenne entre 800 et 1000 m).

Il est limité au Sud par l'Ouarsenis. **(Figure. I.2).**

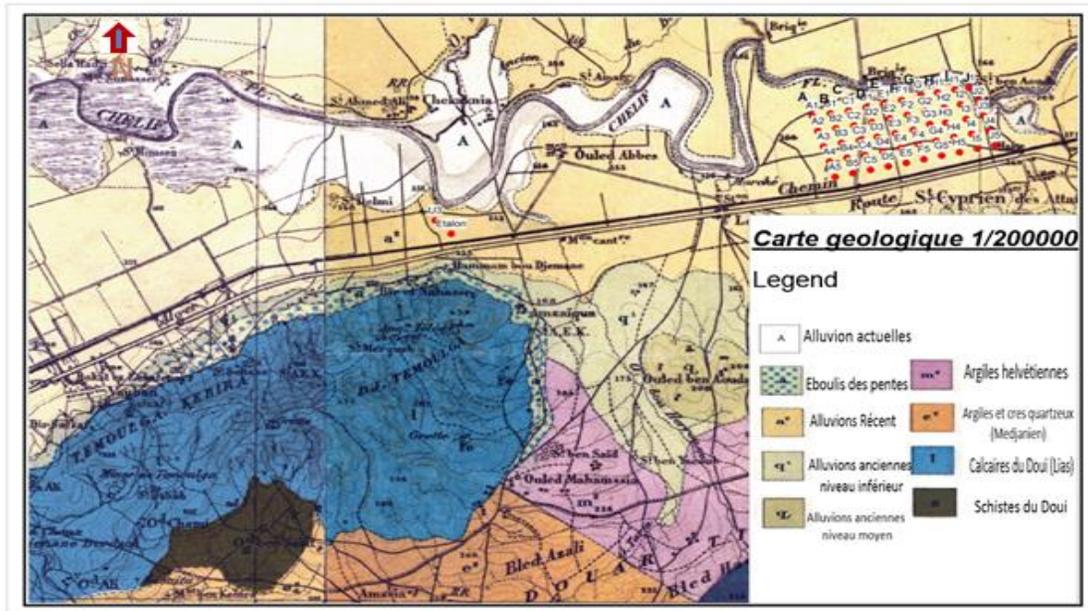


Figure I. 2. Carte géologique de la région d'étude (Extrait de la carte géologique nord de l'Algérie au 1, 1/200 000).

Le bassin du Chéelif est un bassin néogène post-nappes. On y distingue :

- ✓ Les massifs anciens, noyaux autochtones épimétamorphiques paléozoïques (Siluro - Dévonien) et jurassiques dans le Témoulga ;
- ✓ Un substratum tellien ante - néogène, un ensemble allochtone ou nappes de charriage ;
- ✓ Un bassin néogène post nappes.

a. Le Témoulga :

Il fait partie des massifs du Paléozoïque et du Jurassique émergeant dans la plaine tertiaire à la faveur des bombements tardifs ; c'est un amas de plis isoclinaux.

b. Le substratum tellien :

Le substratum du bassin du Chéelif est formé par la chaîne tellienne qui est une suite de reliefs constituée de terrains Jurassique - Crétacé.

c. Le Miocène :

Il est d'une épaisseur de 600 m et subdivisé en trois formations :

- ✓ Serravalien supérieur à Tortonien inférieur : c'est une formation essentiellement grossière, des brèches et conglomérats rouges. Cette formation n'est pas présente partout ;
- ✓ Tortonien inférieur : il est carbonaté avec des alternances de calcaires gréseux et de marnes à glauconie.
- ✓ Tortonien supérieur : constitué de marnes sombres et des intercalations grés - calcaires.

d. Le Pliocène :

On y distingue un Pliocène inférieur avec des dépôts de calcaires, des calcarénites et des cordons dunaires sableux ; et un Pliocène supérieur correspondant à un dépôt détritifique conglomératique, latéralement gréseux.

e. Quaternaire :

Constitué de terrasses alluviales avec des passages latéraux de faciès.

I.2.2. Géologie locale

On distingue dans la région d'EL Attaf un certain nombre d'unités géomorphologiques (**Figure. I.3**).

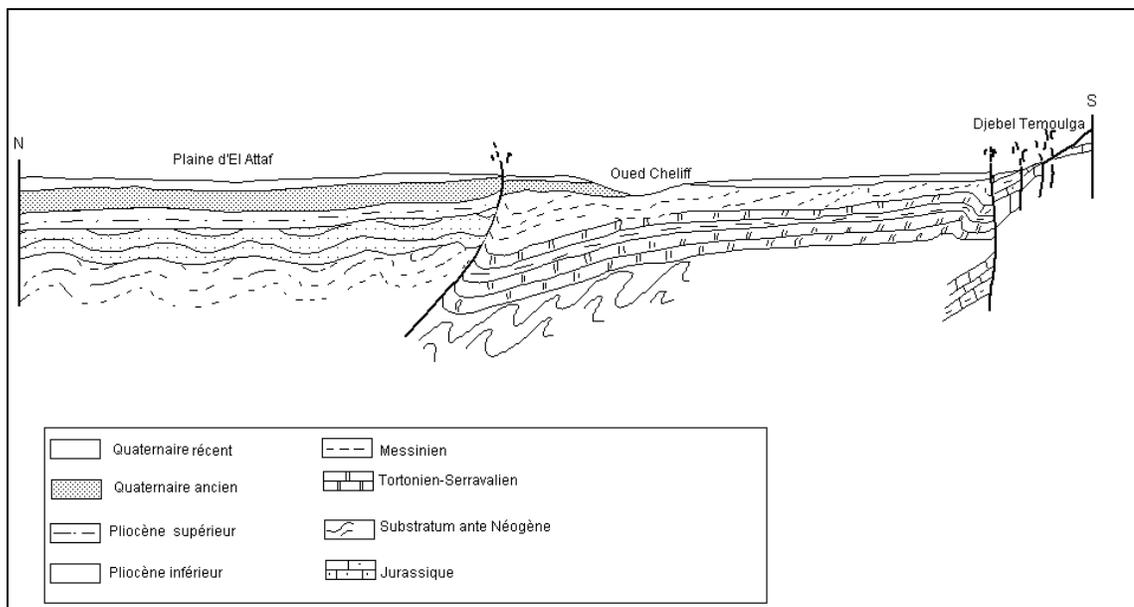


Figure I. 3. Coupe géologique Nord-Sud à travers la plaine d'El Attaf(Maghraoui, 1982).

Au Nord, des collines bordières d'une altitude moyenne de 600 m ;

- ✓ Au centre, la plaine d'El Attaf qui est assez large et drainée par l'Oued Chélif. C'est un ensemble subsident d'une largeur moyenne de 7 km. L'axe de cette plaine est orienté Est-Ouest ;
- ✓ Au Sud, le massif de Témoulga qui constitue le substratum des dépôts transgressifs

du Néogène et apparaît à la faveur d'accidents tectoniques. Ce massif est constitué d'une série schisto-calcaire d'âge siluro-dévonien et d'une couverture calcaro-dolomitique du Jurassique (Lias). Des plis synschisteux couchés vers le Sud dominant l'organisation d'ensemble.

Ce massif est considéré comme étant autochtone.

I.2. Le remplissage néogène :

Il est discordant sur le substratum et il comporte une série qui va du Serravalien au Quaternaire.

a. Serravalien-Tortonien inférieur :

Il affleure dans la région de Tachta. On y rencontre des dépôts rouges très développés et qui débutent par une brèche grossière peu consolidée avec des éléments empruntés au substratum (quartzites et calcaires). Les bancs sont métriques.

La série granodécroissante évolue progressivement vers des marnes gréseuses rouges à brun verdâtre. L'épaisseur de cette série peut atteindre 200 m.

b. Le Tortonien inférieur :

Affleurant en une bande étroite en bordure du bassin, il repose directement sur le substratum à faciès flysch, au Nord (Djebel Burnous). Cette formation est transgressive sur la série continentale précédente ou le socle. Elle est marine, riche en faune et discordante.

Les dépôts commencent par un conglomérat métrique (1 à 2 m), les éléments grès/quartzites sont décimétriques et arrondis. La phase de liaison est sablo-marneuse. Puis, on y distingue des bancs de calcaire gréseux métriques riches en faune. Elle se termine par une alternance gréso-marneuse et des marnes sombres à glauconie.

L'ensemble est de 100 m d'épaisseur.

c. Tortonien supérieur :

Il repose en discordance sur des termes variés : les flyschs du substratum, marnes à glauconie, calcaires gréseux du Tortonien inférieur. Cette formation est constituée de marnes sombres et des intercalations gréseuses à gréso-carbonatées (50 m).

d. Le Messinien :

C'est une formation marneuse peu épaisse (50 m) et riche en fossiles. On y trouve des intercalations lenticulaires de Tripoli et des bancs gypseux.

e. Le Pliocène inférieur :

Il est transgressif et marin. Il est discordant sur les marnes du Messinien et à dominante calcarénitique. Son épaisseur est de 200 m.

f. Le pliocène supérieur :

Il est continental discordant avec des conglomérats à éléments gréso-carbonatés, des sables non consolidés pouvant atteindre 50 m d'épaisseur. Les faciès sont fluviaux et rouges vers le Nord-Ouest.

g. Le Quaternaire :

Il est constitué par des terrasses alluviales. Constituées de limons sableux, des dépôts caillouteux, conglomérats, des passages argilo-graveleux et de graviers.

I.3. Tectonique:

Le djebel du Doui qui est le témoin essentiel de la chaîne ancienne, à laquelle se rapportent les collines de l'Oued Rouina et du Djebel Témoulga. Le massif calcaire du Témoulga est affecté par une tectonique souple et cassante.

a. Plissements : les calcaires et les calcaires schisteux du Témoulga ont été affectés par deux phases de plissement en engendrant des plis dissymétriques d'échelle hectométrique déversés vers le Sud et des plis déjetés vers le Sud-Est.

b. Accidents tectoniques : les calcaires et les calcaires schisteux de la partie nord du Témoulga ont été affectés dans la partie orientale par un accident submériidien et dans la partie septentrionale par une faille d'orientation SW-NE.

D'autres accidents sont signalés et d'orientation générale E-W et affectant les formations anciennes ; ce qui a permis l'affaissement de la vallée subsidente du Chéelif.

Le massif de Témoulga est fracturé et karstifié et présente un réseau de diaclases complexe.

Chapitre II :
La Prospection Electrique.

II.1. Principe de la prospection électrique en courant continu :

La méthode électrique en courant continu (DC) permet de mieux comprendre le sous-sol grâce à l'étude de la résistivité des formations qui le composent. Son principe repose sur la mesure de la résistivité du sous-sol. Elle s'effectue en injectant un courant électrique d'intensité I dans le sol à l'aide de deux électrodes notées A et B et la mesure de la différence de potentiel ΔV entre deux autres électrodes M et N .

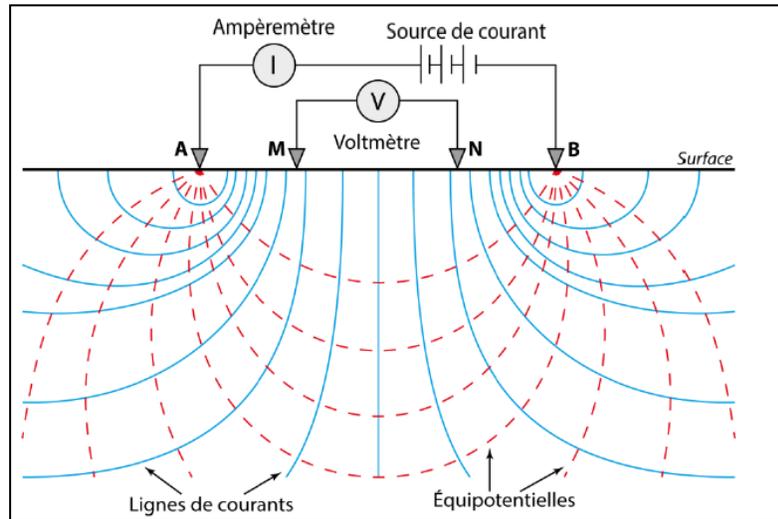


Figure II. 1 Principe de la prospection électrique en courant continu. Distribution des lignes de courant et équipotentielle dans un sol homogène. A et B correspondent aux électrodes d'injection, et M et N sont les électrodes de mesure.

Le nombre d'électrodes, ainsi que leur arrangement définit le dispositif électrique utilisé. La configuration du dispositif est choisie selon la problématique de l'étude. La différence de potentiel dépend de l'intensité du courant injecté, de la disposition des électrodes et de la résistivité électrique du matériau constituant l'objet étudié. Il est alors possible de déduire une répartition de la résistivité dans la structure en se basant sur la forme du champ de potentiel.

Si l'on considère, un point d'injection, A, unique, où le courant injecté a une valeur $+I$, Le courant dans le milieu homogène se répartit de façon isotrope et pour un point situé à une distance r de A, la densité de courant vaut :

$$j_r = \frac{I}{2\pi r^2} \dots\dots\dots (II.1)$$

La définition du champ électrique est donnée par : $E = -\nabla V \dots\dots\dots (II.2)$

La loi d'Ohm s'écrit :

$$E_r = \rho \cdot j_r \dots\dots\dots (\text{II.3})$$

Donc le champ électrique s'écrit comme

$$E_r = \frac{\rho}{2\pi r^2} \dots\dots\dots (\text{II.4})$$

On obtient finalement :

$$V = \frac{\rho}{2\pi r} \dots\dots\dots (\text{II.5})$$

Si l'on adopte $V=0$ comme condition à l'infini.

La différence de potentiel ΔV entre les deux électrodes M et N est donnée par la relation suivante:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \dots\dots\dots (\text{II.6})$$

Dans le cas d'un milieu théoriquement homogène et isotrope, la résistivité mesurée correspond à la résistivité vraie du matériau, ce qui n'est pas le cas pour des milieux hétérogènes. Nous faisons appel, dans le cas d'un milieu hétérogène, au concept de

Résistivité apparente

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (\text{II.7})$$

Le paramètre k est appelé le facteur géométrique, il est donné par la formule suivante :

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{BN}} \dots\dots\dots (\text{II.8})$$

ρ_a : La résistivité apparente.

ΔV : Différence de potentiel.

I : l'intensité de courant.

K : facteur géométrique.

II.2. Propriétés électriques des roches :

La résistivité électrique est une grandeur caractéristique d'un matériau donné. Cependant, c'est un paramètre complexe, qui va dépendre des propriétés intrinsèques d'un sol ou d'une roche. La résistivité des matériaux

géologiques offre une gamme de variation très large (Figure 3.3). Elle est principalement contrôlée par la porosité du matériau, et par la résistivité électrique des fluides qu'il contient (Lénat, 1995).

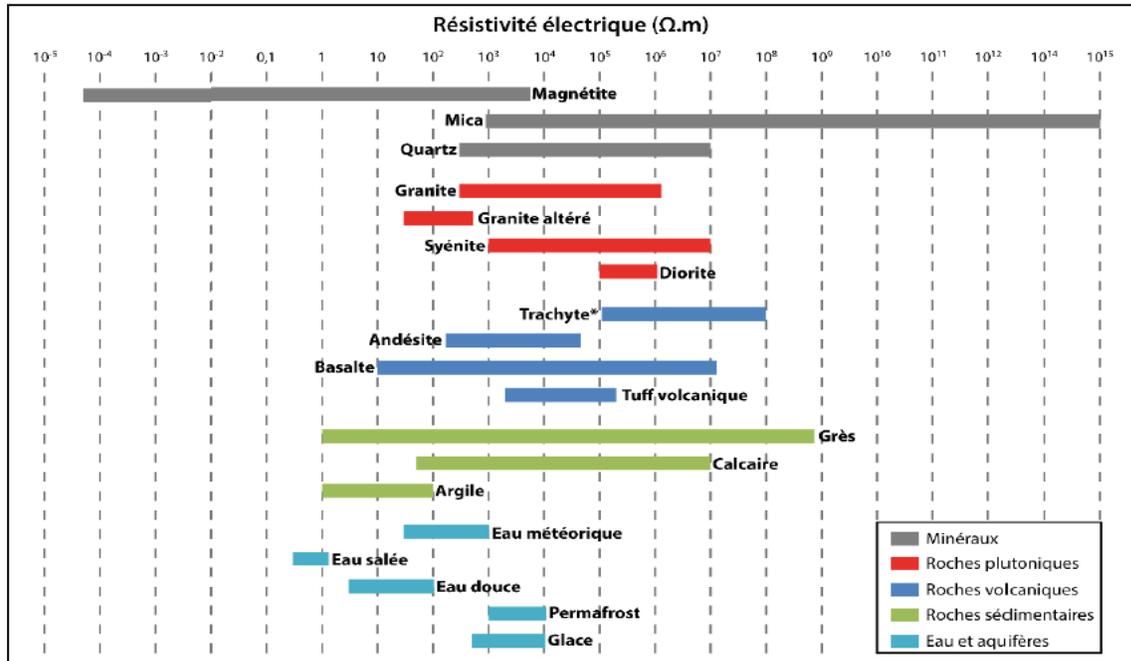


Figure II. 2. Résistivité électrique de différents minéraux, roches et liquides. Basée sur Telford et al. (1976), Palacky. (1988) et Reynolds (2011).

II.3. Dispositifs de mesure :

La position et les écartements variables entre les électrodes utilisées permettent d'obtenir des mesures ayant des sensibilités différentes à la distribution de la résistivité dans le sous-sol (voir **Tableau II.1**) ; il existe un grand nombre de configuration d'électrodes possible.

De manière plus simple, on peut considérer trois familles de dispositifs : les quadripôles, les pôle-dipôles et les pôles-pôles. Les deux derniers se caractérisent par la présence respectivement d'une ou de deux électrodes placées à l'infini (en pratique à une grande distance de la zone étudiée). Dans la configuration d'électrodes alignées trois dispositifs sont couramment utilisés : Wenner- α , Schlumberger et dipôle-dipôle.

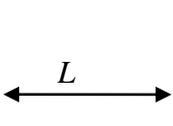
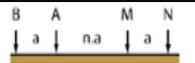
Dispositif		Prof d'investigation		Pouvoir de résolution	K
		Roy(1971)	Barker(1981)		
Wenner		0.11L	0.17L	1/2.25	$2\pi a$
Schlumberger		0.125L	0.19L	1/2.45	$\pi n(n+1)a$
Dipôle -Dipôle		0.195L	0.25	1/3.45	$\pi n(n+1)(n+2)a$
Pole-Pole		0.35	/	1/8.4	$2\pi a$

Tableau II. 1. Caractéristiques des différents dispositifs (d'après Loke, 2011).

II.4. Mise en œuvre :

En surface, les mesures peuvent être effectuées en gardant le centre du dispositif fixe et en écartant les électrodes d'injection « sondage électrique » ou en déplaçant un dispositif à écartement constant « trainé électrique ». Avec la première méthode nous obtenons la variation de la résistivité en 1D sous le dispositif et avec la seconde méthode nous étudions les variations latérales de ce paramètre. En combinant ces deux techniques, il est possible de réaliser des panneaux électriques, sensibles aux variations tant verticales

qu'horizontales de la sub-surface. Ces mesures sont habituellement représentées sous la forme de panneaux électriques (**Figure. II.2**). Les mesures sont particulièrement sensibles aux variations de la résistivité sous le dispositif.

De l'application de ces techniques a été démontré par de nombreuses études.

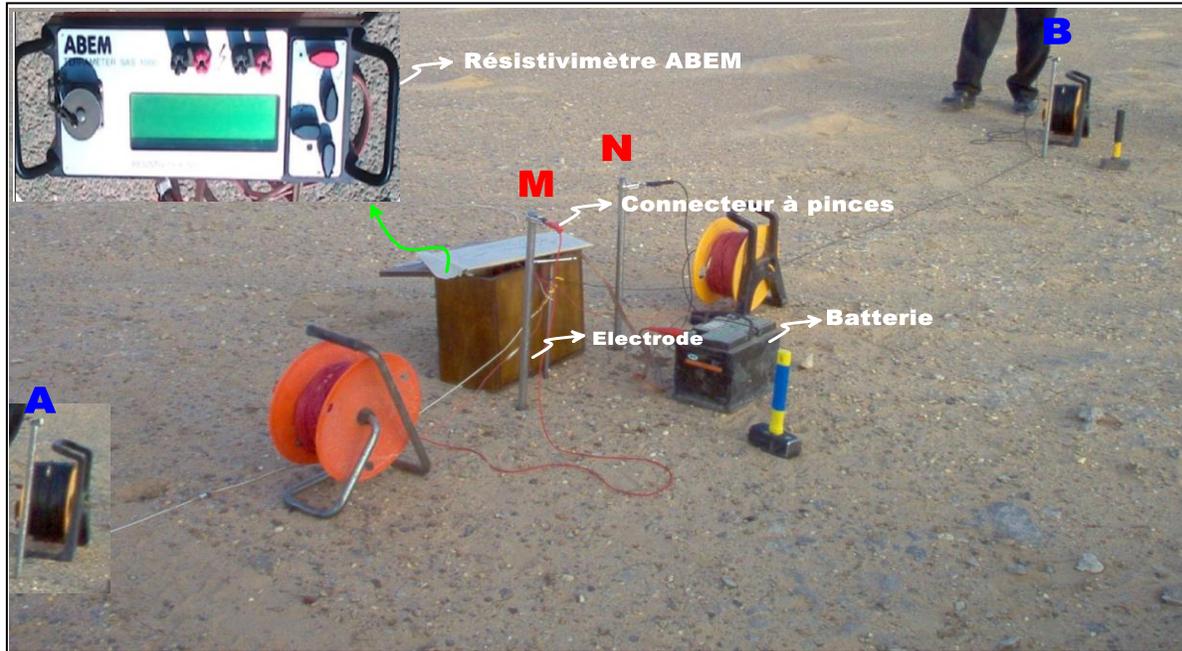


Figure II. 3. Matériel utilisé (Résistivimètre SAS 1000) avec booster intégré.

Chapitre III :
Interprétation des Cartes de
Résistivités.

Introduction :

Les données de sondages électriques verticaux (SEV) utilisées dans cette étude ont été réalisées dans la région d’El Attaf, (Wilaya de Aïn Defla). cinquante (50) SEV sur dix (10) profils orientés Nord Nord-Ouest – Sud Sud-Est selon une maille de 200 x 200 mètres. Avec un dispositif Schlumberger et une ligne d’injection de courant AB = 1000m, nous avons réalisé 50 SEV (Figure.III.1), dont l’objectif est de déterminer les contacts eaux douces/eaux salées.

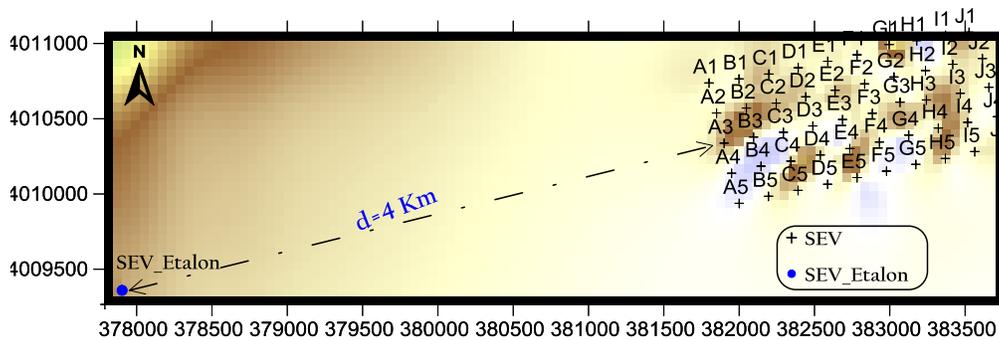


Figure III. 1. Localisation des SEV par rapport au SEV étalon au niveau de la région d’étude.

III.1. Interprétation et discussion des résultats :

Pour une bonne compréhension des résultats issus par prospection électrique, il est nécessaire d’analyser la géologie locale de secteur d’étude afin d’établir une corrélation optimale. L’indisponibilité d’une carte géologique détaillée de la région d’El ATTAF , rend la corrélation des données des sondages électriques avec la géologie de surface pratiquement très difficile. Pour cela l’étalonnage des mesures électriques a été fait à partir des données du forage étalon *Hammam Boutrig*.

III.2. Étalonnage du sondage électrique Hammam Boutrig :

L’étalonnage est une opération importante parce qu’il permet d’établir une échelle des résistivités, cette dernière nous aide à identifier les formations géologiques recherchées, à partir des données des sondages électriques.

Pour cela, nous nous sommes servis du SEV paramétrique (étalon) **Figure III.2** réalisé à proximité du forage *Hammam Boutrig* dont les coordonnées UTM et les caractéristiques sont indiquées dans le **Tableau**

III.1.

Forage	X (m)	Y (m)	Z (m)	Profondeur (m)
<i>Hammam Boutrig</i>	377812	4009083	154	150

Tableau III.1. Coordonnées et profondeur du forage étalon.

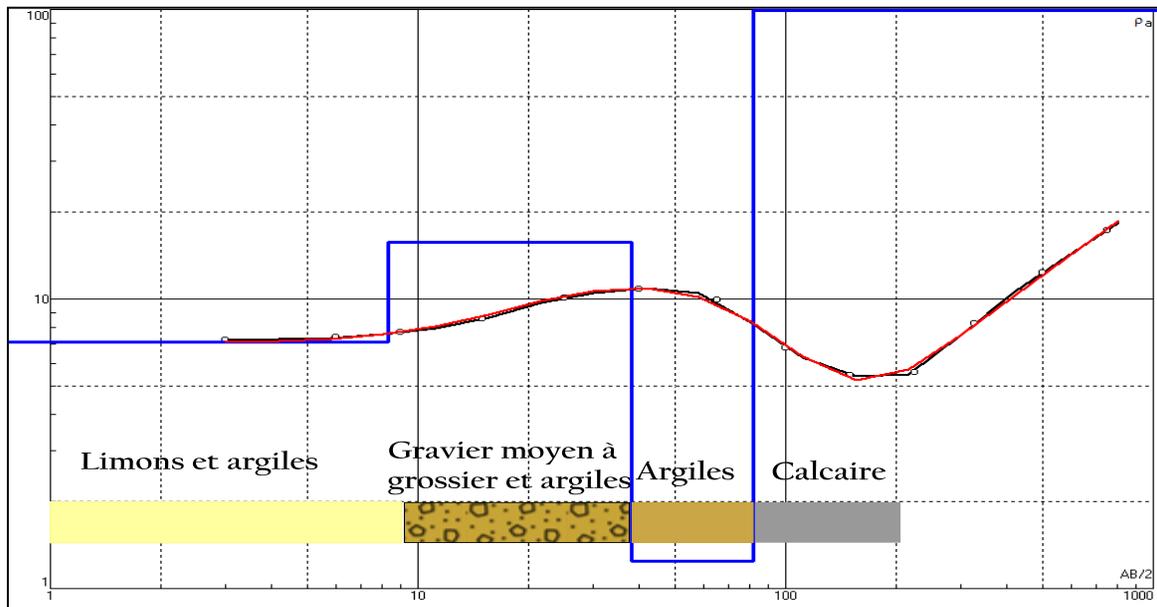


Figure III. 2. Courbe de sondage à proximité du forage étalon Hammam Boutrig.

Horizons	Formations.	Forage Hammam Boutrig	
		Résistivités (ohm m.)	Epaisseurs (m.)
Quaternaire	Sol limono argileux, argiles.	7	8
Quaternaire	-Graviers moyenspropres. - Graviers grossiers, hétérogènes. - Graviers et argiles ferrugineuses. - Gravier, argiles etgalets.	16	30
Messénien	Argiles rougeâtres.	1	44
Tortonien	Calcarénites et calcaires à intercalations marneuses.	196	

Tableau III.1. Résistivités à proximité du forage étalon Hammam Boutrig.

La courbe de sondage étalon *Hammam Boutrig*, montre quatre (04) horizons différents. Ces derniers débutent par une couche superficielle de **8 mètres** d'épaisseur à **7 ohms mètre** de résistivité suivie par un horizon de **30 m.** avec une résistivité de **16 ohms m.** Ensuite, nous avons un niveau de **44 m.** à **1 ohm m.** et enfin le dernier horizon à partir de **82 mètres** de profondeur à **196 ohms m**(Tableau III.2).

III.3. Echelle des résistivités :

D'après l'analyse de quelques sondages électriques localisés l'intérieur de notre zone d'étude, il s'agit des sondages (C4, E5, H2, I5). En remarque que, la distribution des résistivités reflète la caractérisation des différents niveaux déterminés par l'interprétation des sondages électriques et selon les données lithologiques du forage qui a servi d'étalon, nous avons établi l'échelle des résistivités comme suit (**Tableau III.3**) :

1- On observe des résistivités de 42 à 266 Ω.m. qu'on attribue aux dépôts du **Tortonien** supérieur. Cette formation est constituée dans la zone d'El Attaf par des Calcarénites et calcaire à intercalations marneuses.

2 - Au-dessus viennent les dépôts du **Messinien** qui est une formation marneuse. Les résistivités sont de 4 à 38 Ω.m.

Ensuite viennent les dépôts du **Quaternaire** avec :

3 - des graviers moyens à grossiers hétérogènes, des graviers argileux et des galets de 26 à 193 Ω.m.

4 – des argiles variant de 5 à 21 Ω.m.

5 – Et enfin, nous avons les dépôts quaternaires récents formés de limons, sable, cailloutis, etc. de 11 à 69Ω.m.

Age	Formations	Résistivités adoptées (Ohm mètre)
Quaternaire	Limons argileux.	11 – 69
Quaternaire	Argiles.	5 – 21
Quaternaire	-Graviers moyens à grossiers hétérogènes. -Graviers argileux, galets.	26 – 193
Messinien	Marnes.	4 – 38
Tortonien	Calcarénites et calcaires à intercalations marneuses.	42 – 266

Tableau III.3. Corrélation entre les couches de résistivité interprétées des SEV sélectionnés et les données de Forage Hamam Boutrig.

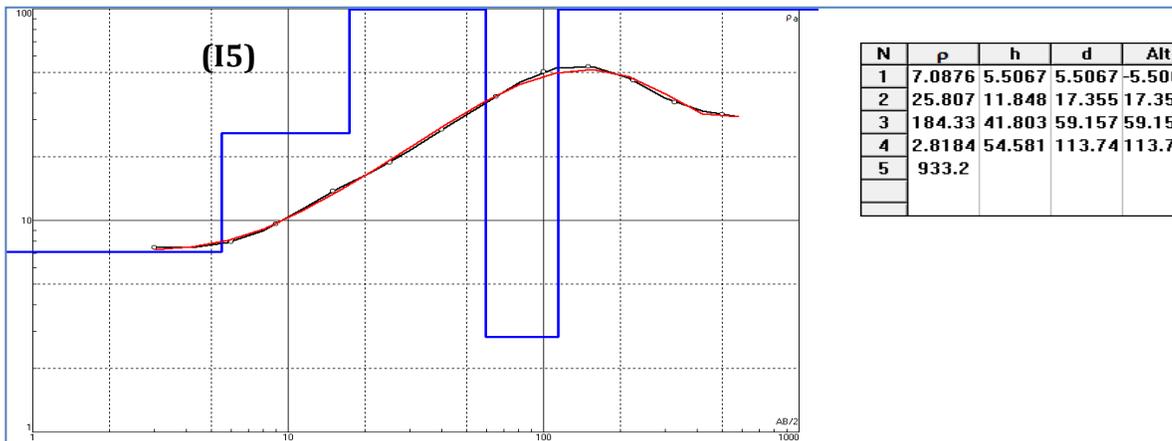
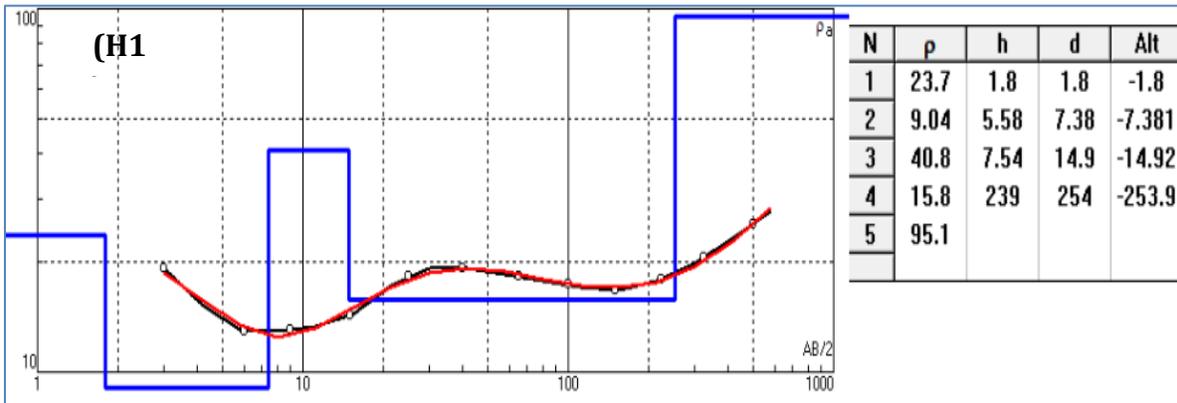
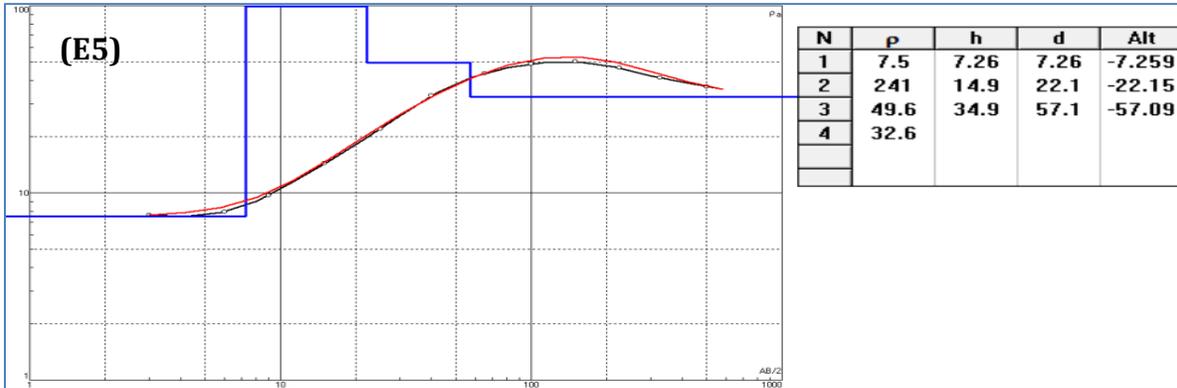
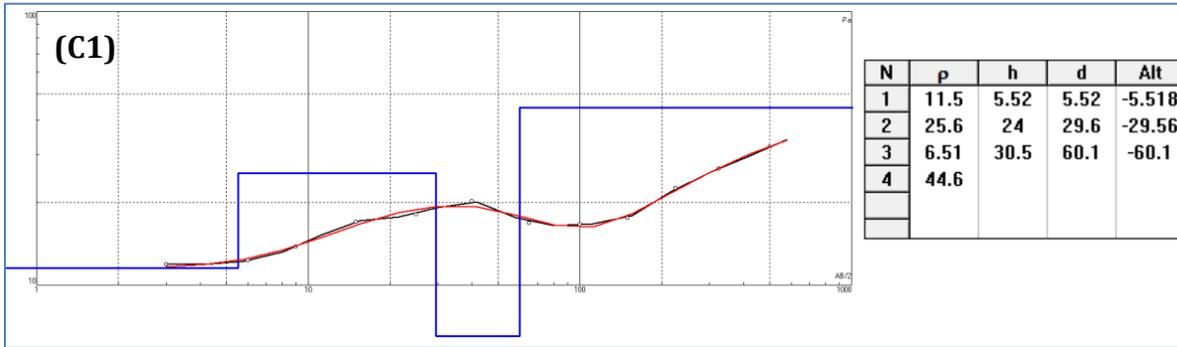


Figure III. 3. Courbe

de sondage à proximité du forage étalon Hammam Boutrig (C4, E5, H1, I5).

III.4. Interprétation des cartes de résistivités :

A. Carte des résistivités apparentes en AB = 200 m :

On observe une diminution des résistivités au Sud du secteur d'étude avec un fort gradient (Figure III.4). La résistivité chute de 10 à 45 Ohms m. sur 200 m entre la ligne A4 – J4 et la ligne A5 - J5. Cet abaissement est dû à une faille, d'orientation Est - Ouest, qui se situe entre les points 4 et 5 de tous les profils du secteur.

A partir de là et vers le Nord, les résistivités sont étalées et dénotent une géologie calme et sans discontinuités apparentes. Les résistivités se situent entre 45 et 65 ohms mètre et reflètent la composition graveleuse.

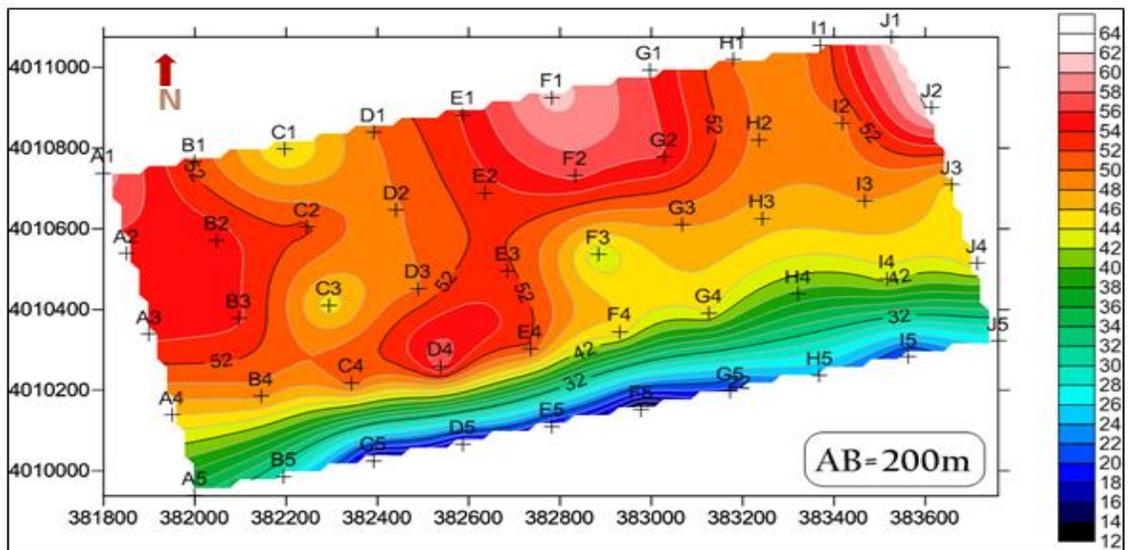


Figure III. 4. Carte d'iso-résistivités AB=200m.

B. Carte des résistivités apparentes en AB = 450 m :

Concernant la carte des résistivités en AB = 450m, (Figure III.5) nous observons les mêmes plages de résistivités que la carte précédente (AB=200 m). Au sud du secteur, entre les points 4 et 5 de tous les profils à l'exception des points J4 et J5 dans le coin Sud-Est du secteur, où une discontinuité apparaît dû probablement à une faille d'orientation NE – SW.

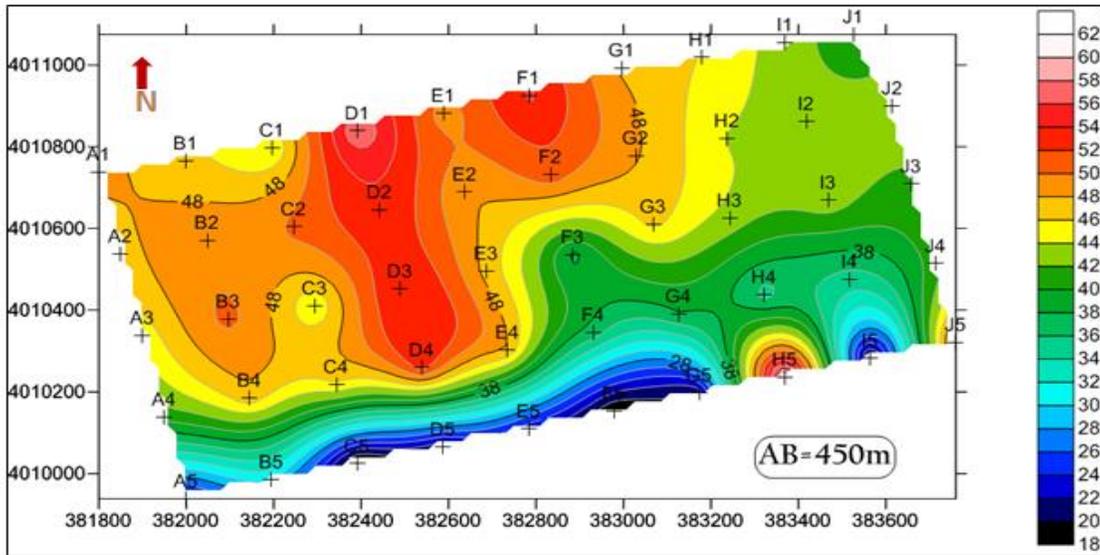


Figure III. 5. Carte d'iso-résistivités AB=450m.

C. Carte des résistivités apparentes en AB = 1000 m :

Cette carte (**Figure III.6**) montre un aspect différent des cartes précédentes. En effet, la faille visible auparavant n'apparaît ici que par discontinuité. Ceci s'explique par la composition argileuse des horizons en contact de part et d'autre de la faille à ce niveau.

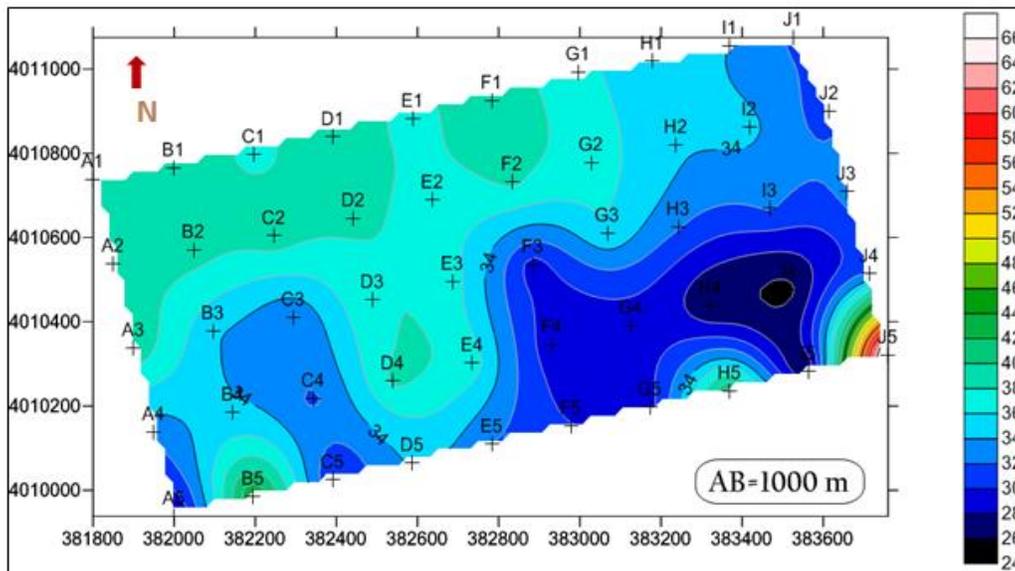


Figure III. 6. Carte des résistivités apparentes en AB = 1000 m.

Par contre, la faille mise en évidence au coin SE du secteur dans la carte précédente se confirme par un gradient important. Le reste de la carte est uniforme, mais avec une légère variation dans les résistivités qui sont dues certainement à un lent changement de faciès géologiques.

III.5. Interprétation des coupes géoélectriques:

Les, sont perpendiculaires à la structure générale et montrent une succession d'horizons avec un pendage général vers le nord. Dans Cette étude nous avons réalisés 10 coupes géo électriques d'orientation nord sud le long des profils (A, B, C, D, E, F, J, H, I) (Figure III.7).

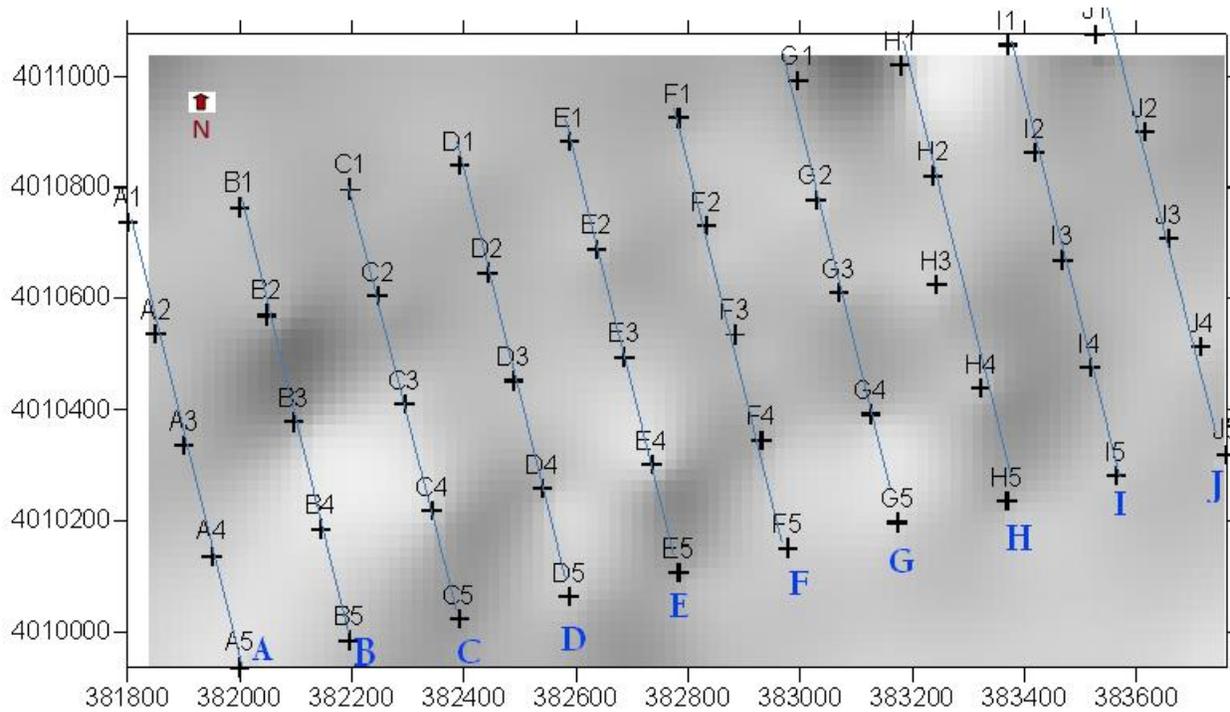


Figure III. 6. Carte d'isorésistivités AB=1000m.

A. Coupes Géoélectriques des profils A, B, C, D, E, F, G, H, I et J.

Ces coupes (Pl. n° 1, 2, 3,4 et 5) se caractérisent par une concordance évidente dans la succession des niveaux géoélectriques. Les points de 1 à 4 de tous les profils montrent des coupes similaires. Entre les points 4 et 5 existe une faille F1 de direction EW séparant la partie Nord précédente et un secteur Sud surélevé. Cet accident butte contre une deuxième faille F2 de direction N E- SW et qui passe entre les points J4 et J5 ainsi qu'entre I5 et J5.

La faille F1 n'affecte pas les deux premiers niveaux du Quaternaire.

Au Nord de cette faille et de bas en haut, nous avons :

- ✓ Les marnes du Messinien de 23 à 38 ohms m (SEV H4 et SEV B1). Leur épaisseur varie de 69 au SEV H5 à 116 m. au point C5.

Ensuite, nous avons la succession suivante de roches attribuées au Quaternaire :

- ✓ Des graviers hétérogènes et argileux, de résistivité 61 ohms m. (SEV H4) à 193 ohms m. (SEV D1) et dont l'épaisseur fluctue entre 5 m. (SEV E5) et 72 m. (SEV G1).
- ✓ Des argiles variant de 5 ohms m. (SEV E4) à 16 ohms m. (SEV B2) et une épaisseur de 2 et 13 m. (SEV B3 et J3).
- ✓ Enfin, des limons argileux de 11 ohms m. à 69 ohms m. (SEV A4 et I3) et une épaisseur de 1 à 3 m.

Nous remarquons que le Tortonien n'a pas été atteint dans cette partie de l'étude contrairement à la zone au Sud de la faille F1 décrite ci-dessous.

Au Sud de la faille, le compartiment est surélevé par rapport au Nord et compose le premier gradin vers le Témoulga.

La coupe se présente comme suit de bas en haut :

- ✓ Le Tortonien à calcarénites et calcaire à intercalations marneuses de 42 à 266 ohms m. (SEV I5 et SEV A5). Ce niveau n'a pas été atteint dans la partie du secteur décrite précédemment (au Nord de la faille F1). Les variations dans les résistivités s'expliquent par la composition du Tortonien qui est calcaire avec des intercalations de marnes.
- ✓ Le Messinien de 4 ohms m. à 26 ohms m. (SEV A5 et J5)
- ✓ Et enfin, les dépôts quaternaires (graviers hétérogènes et argileux) de 26 à 155 ohms m. Ensuite des argiles de 5 à 21ohm m et des limons argileux entre 14 ohms m. et 29 ohms m. Les épaisseurs du Quaternaire sont de 9 à 39 m.

B. Résultats des coupes géoélectriques

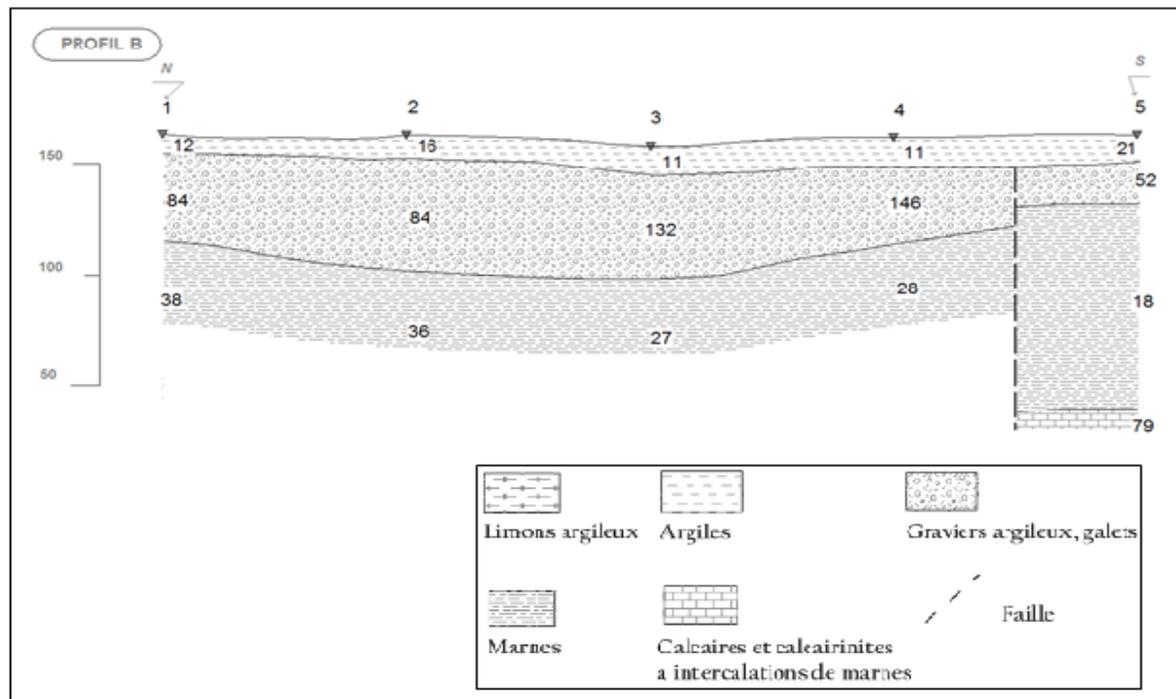
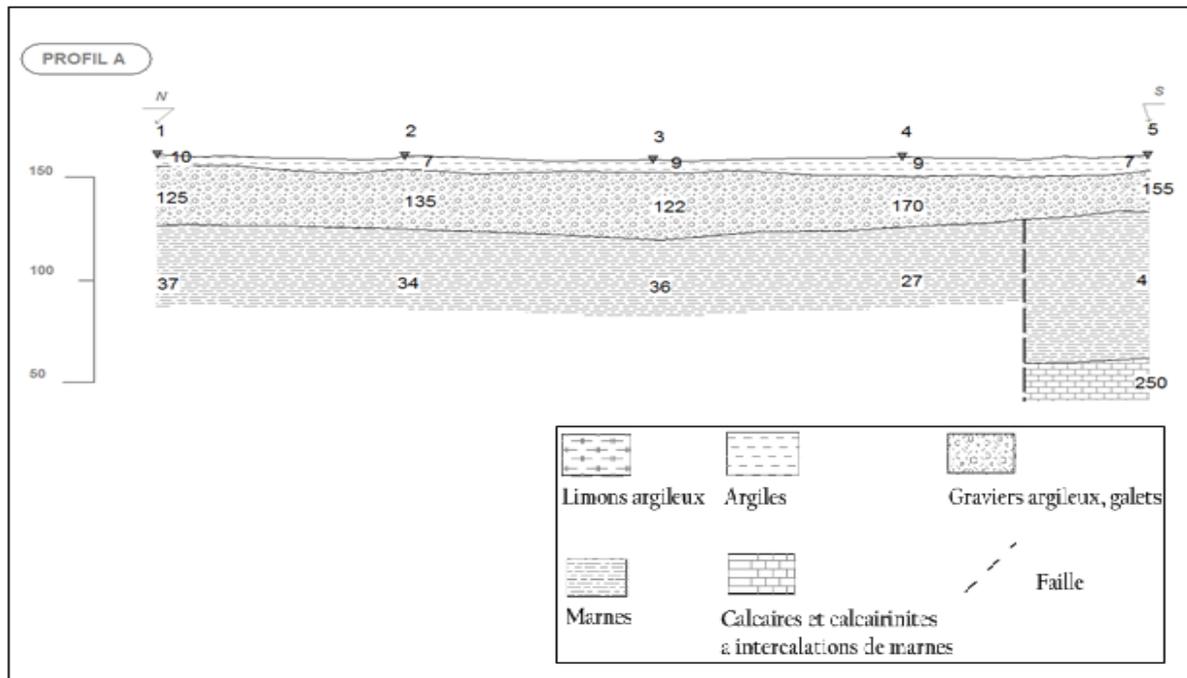


Planche III. 1. Coupes Géoélectriques des SEV A et SEV B.

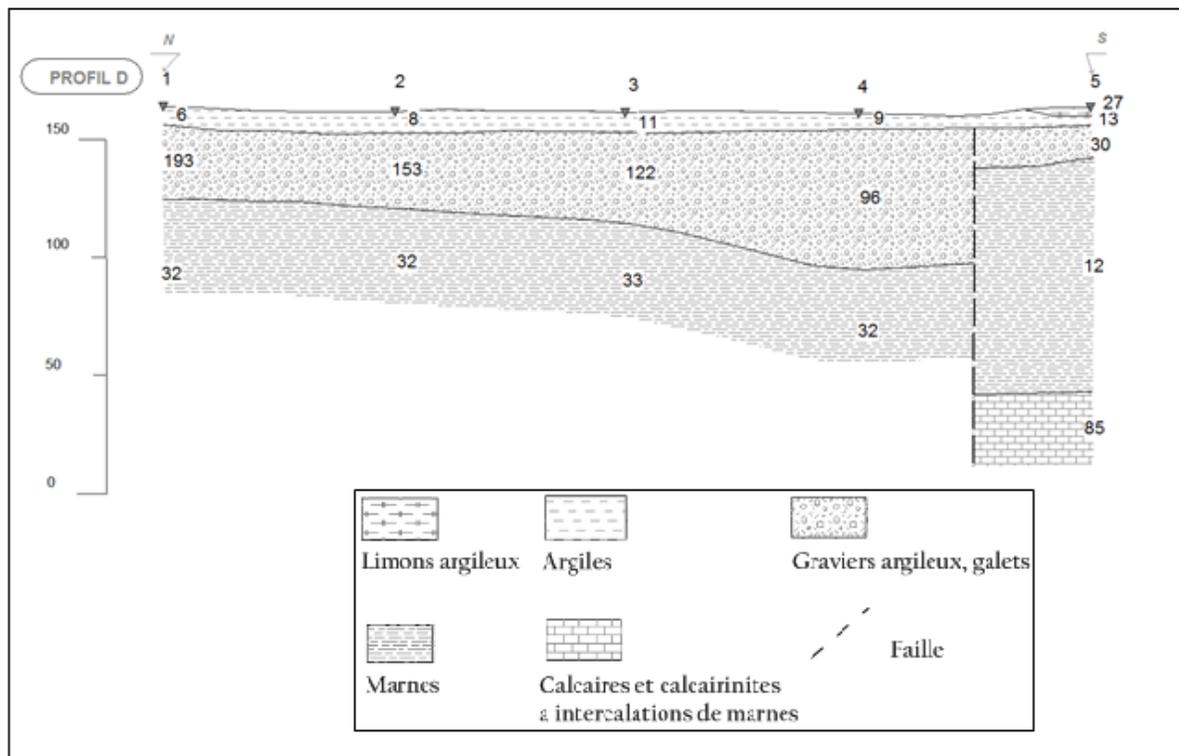
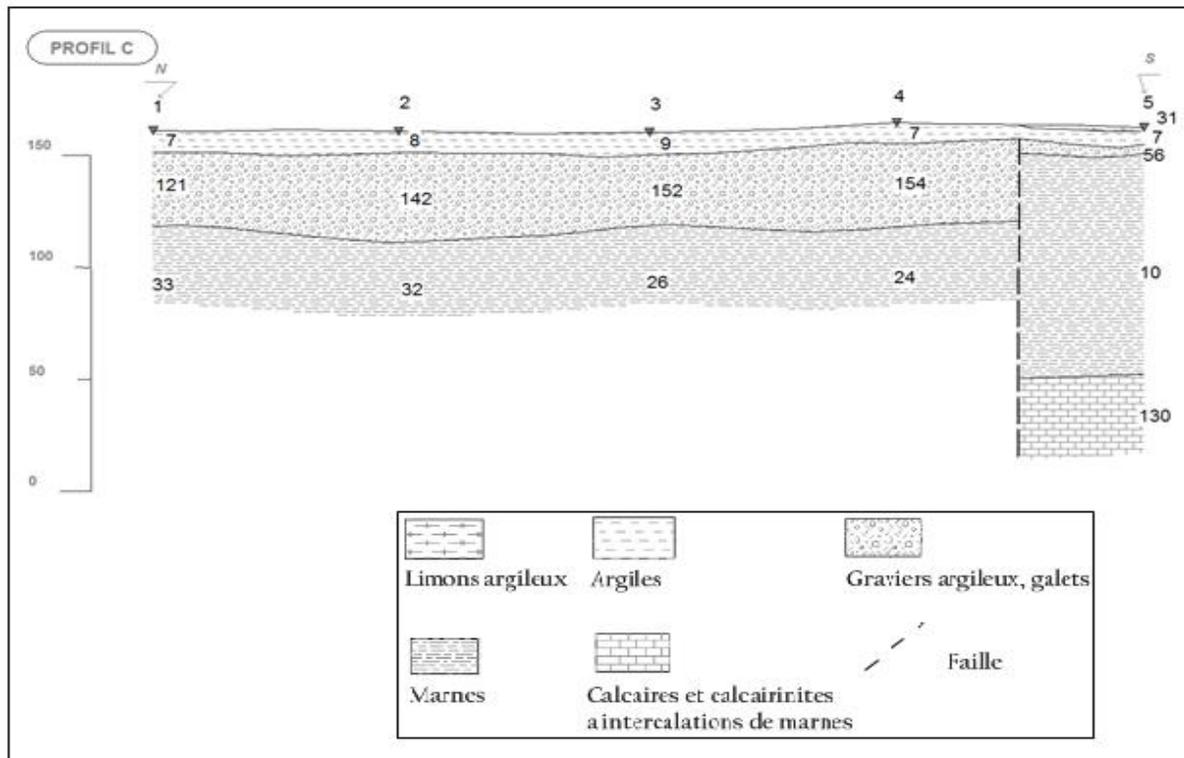


Planche III. 2. Coupes Géo-électriques des SEV C et SEV D.

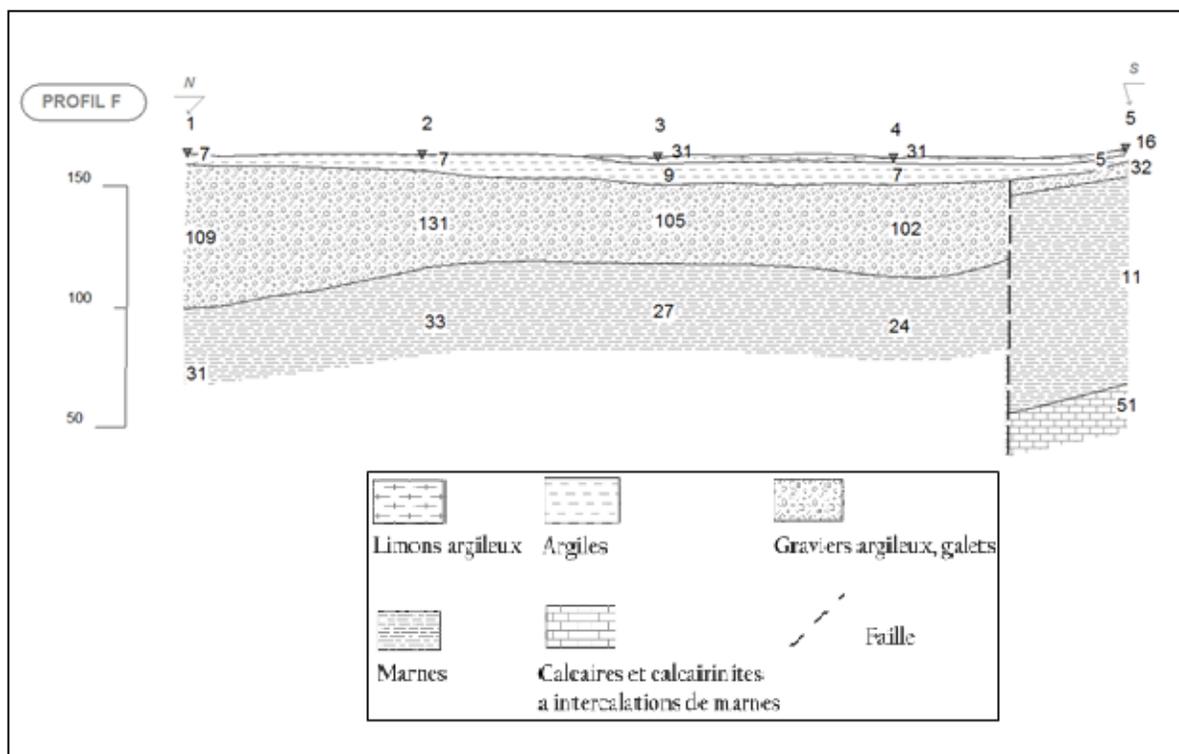
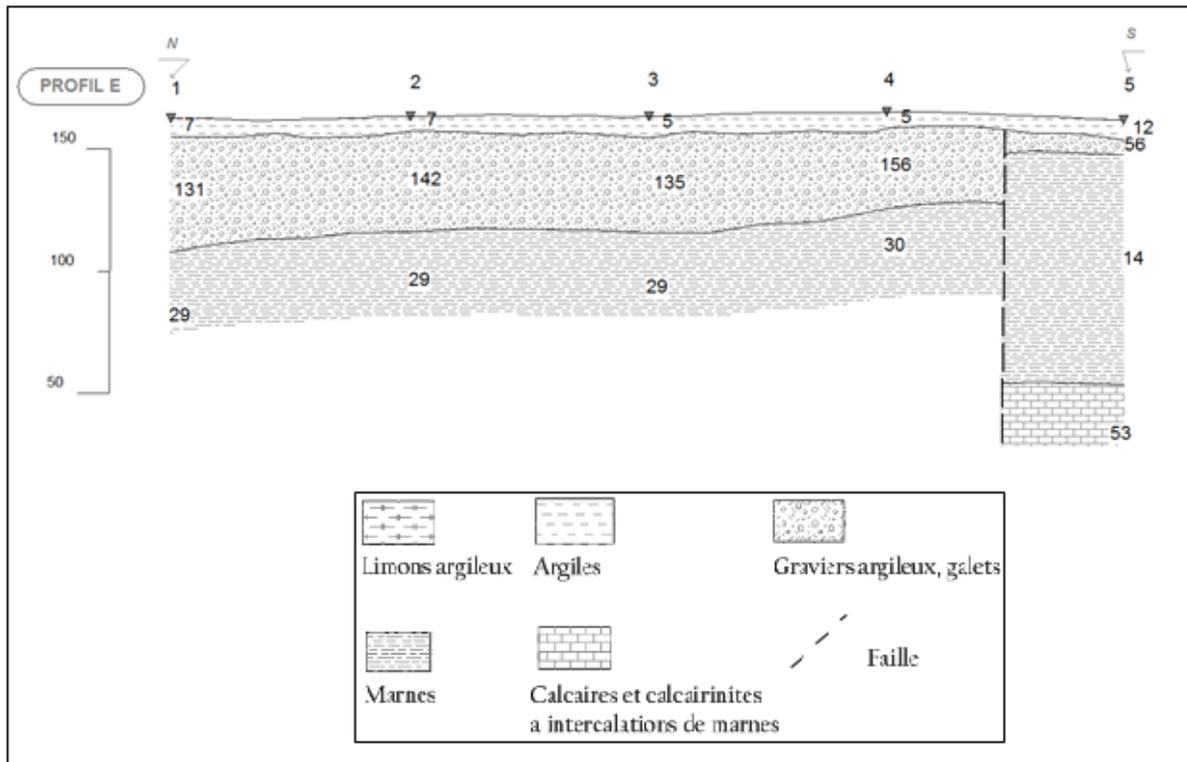


Planche III. 3. Coupes Géo-électriques des SEV E et SEV F.

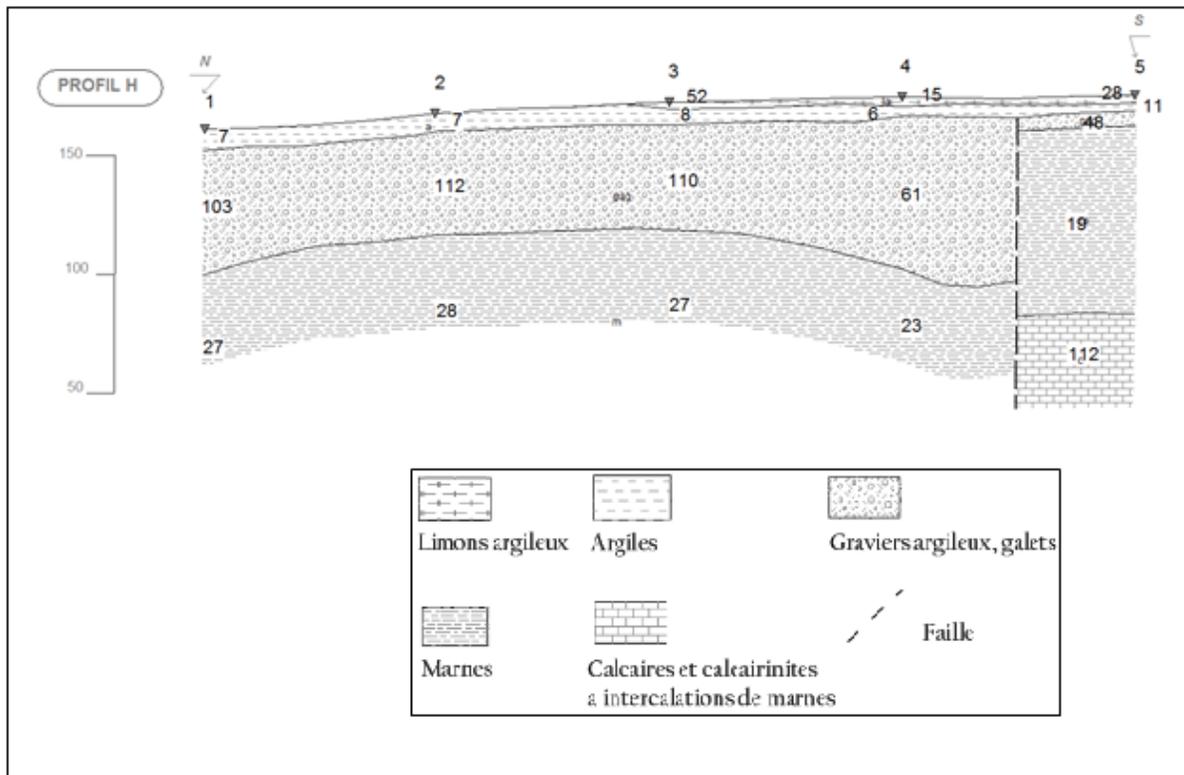
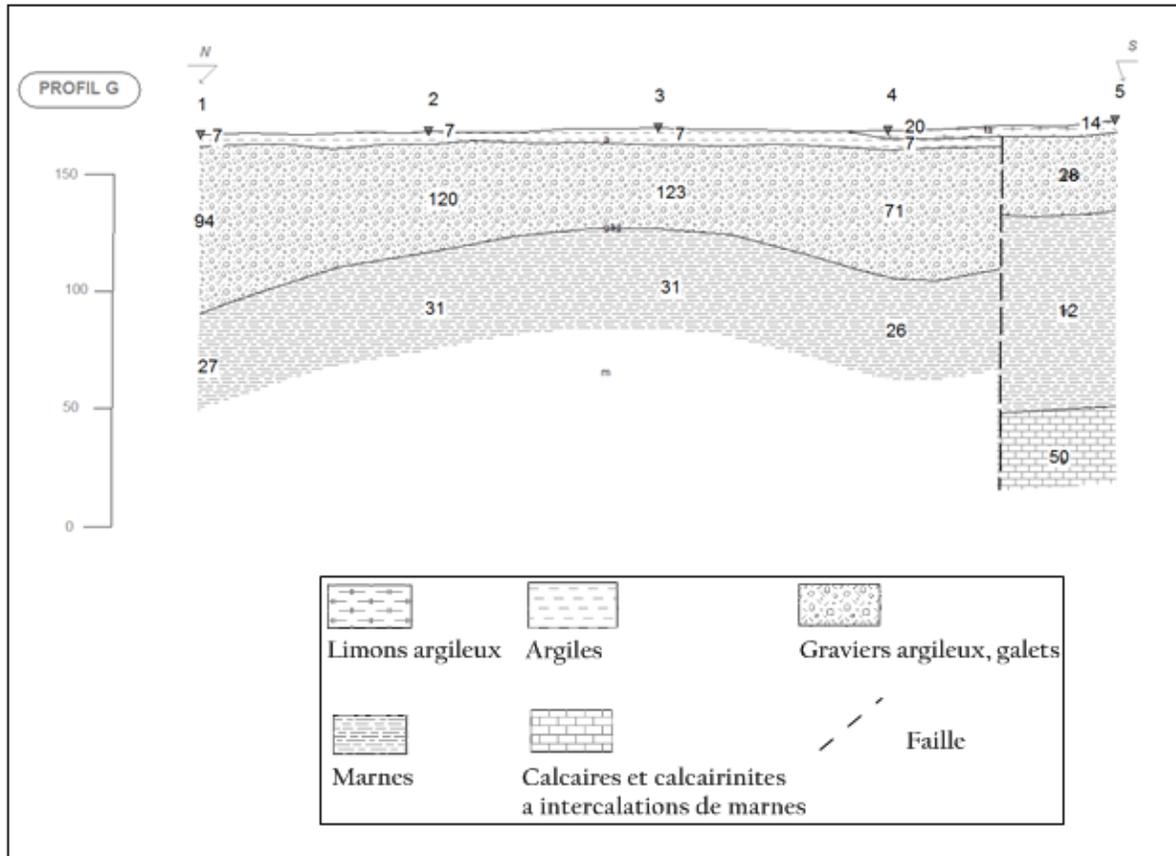


Planche III. 4. Coupes Géo-électriques des SEV G et SEV H.

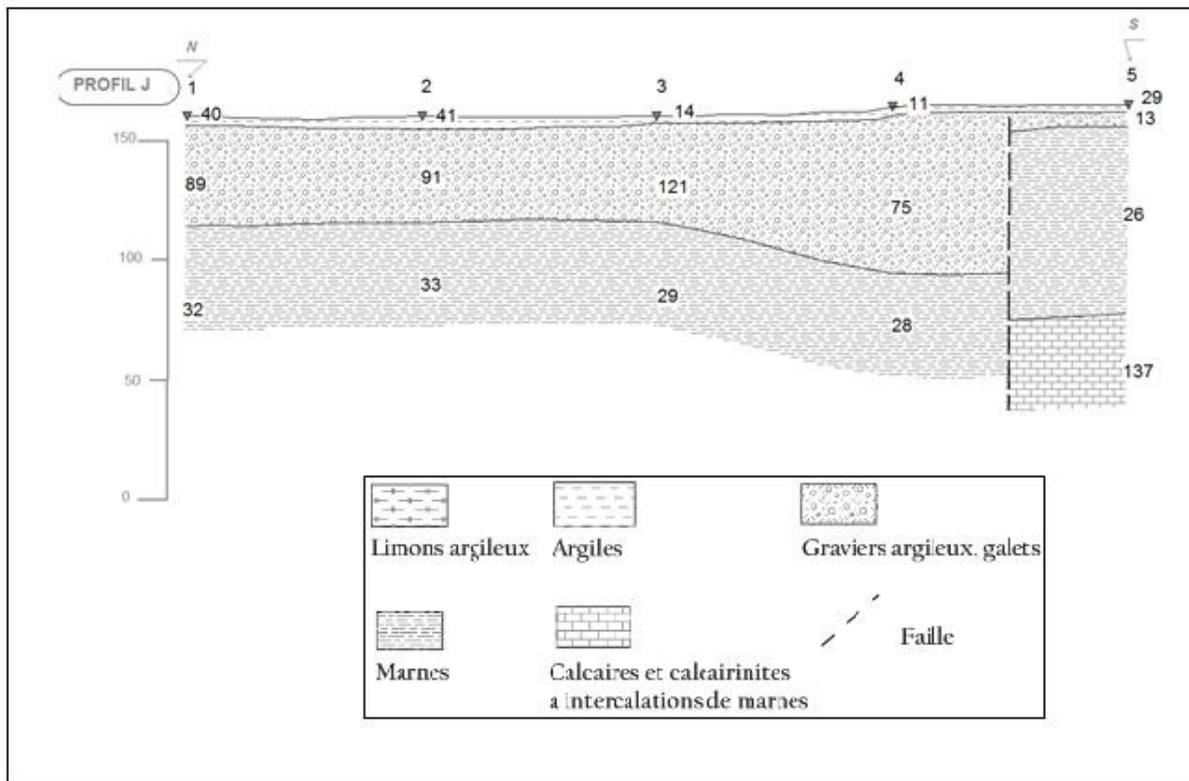
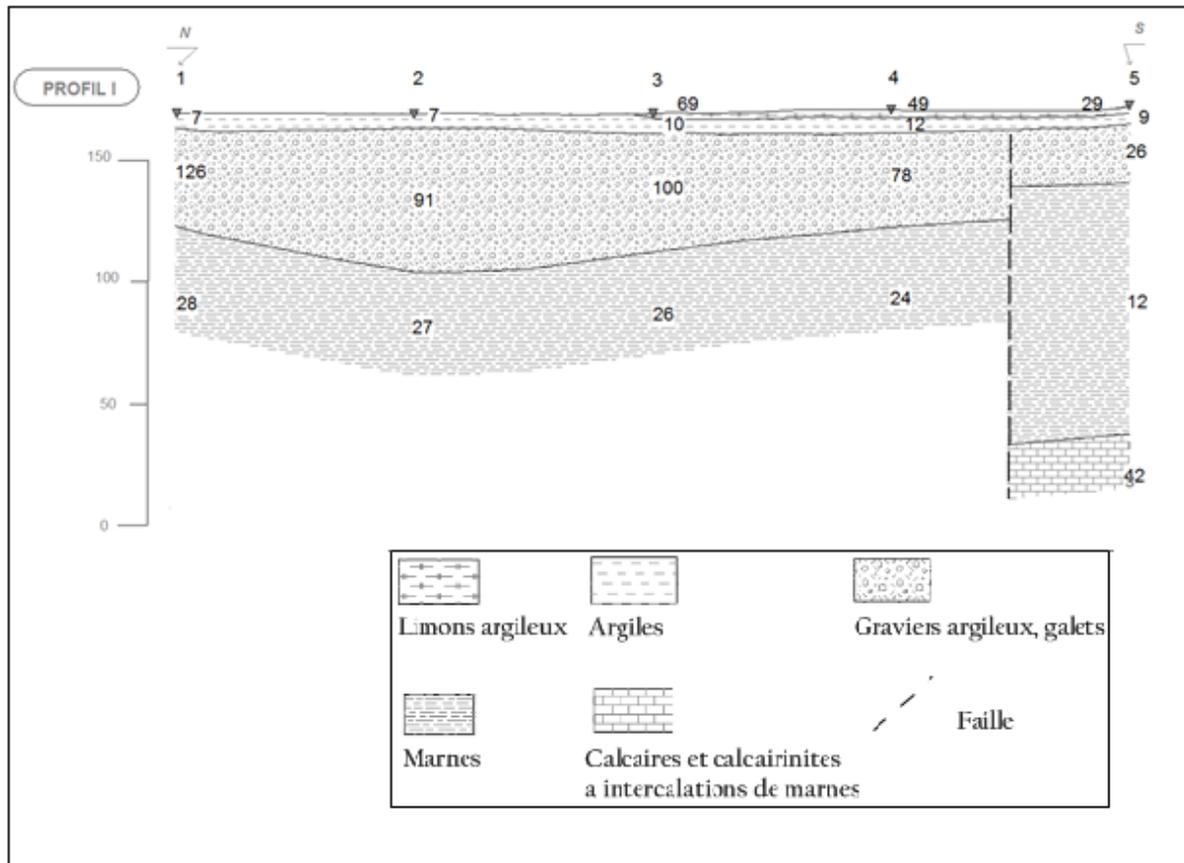


Planche III. 5. Coupes Géo-électriques des SEV I et SEV J.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a montré que la méthode des sondages électriques permet d'une part d'estimer l'épaisseur des différentes couches en se basant sur les variations verticales, d'autre part, d'établir une relation entre les paramètres électriques et les formations géologiques.

Dans une première approche la calibration des courbes électriques a permis d'identifier les intervalles de résistivités vraies, caractéristiques pour chacun des types de formations rencontrés en s'appuyant sur un forage paramétrique (Figure. III.1).

Par la suite les cartes d'isocontours de résistivité apparente ont permis d'émettre quelques hypothèses. Tel que, du point de vue tectonique, nous enregistrons la présence de deux failles **F1** et **F2**. La faille **F1** est nettement visible sur les cartes de résistivité en **AB = 200m** et **450m** et apparaît faiblement sur la carte en **AB = 1000m**. Le non perception de la faille **F2** sur la carte de résistivité profonde est dû au contact de roches de faibles résistivités de part et d'autre de la faille en question.

Les hypothèses émises à partir des cartes de résistivité apparente ont ensuite été vérifiées par l'élaboration de sept coupes géoélectriques dans cette région.

L'analyse des coupes géoélectriques révèle l'existence de deux nappes dans la région d'étude (compartiment Sud d'El Attaf) ; et nous pouvons conclure ce qui suit:

- ✓ La première nappe, présentant un intérêt hydrogéologique, est constituée des dépôts alluvionnaires du **Quaternaire** qui reposent directement sur du **Messinien**. Les eaux de cette nappe sont salées entre la région d'El Attaf et Bir SafSaf. La salinité peut atteindre 6 g/l. (*Document ANRH 2009*).
- ✓ La deuxième nappe se situe dans les formations du **Tortonien** composées en majorité de calcarénites et de calcaire.
- ✓ Ces deux nappes sont séparées par les marnes du **Messinien**.
- ✓ Le contact eaux douces – eaux salées dans la partie Est de la nappe alluviale des Attaf ne peut être clairement établie et se trouverait plus à l'Ouest.

Bibliographie

- **East, Region Middle, et al.** "Project Name Algeria Urban Natural Hazard Vulnerability (@) Reduction Project." (2002).
- **Extrait** de la carte géologique nord de l'Algérie au 1/200 000
- **Fargier, Yannick.** *Développement de l'Imagerie de Résistivité Électrique pour la reconnaissance et la surveillance des Ouvrages Hydrauliques en Terre.* Diss. Ecole Centrale de Nantes (ECN), 2011.
- **Ghosh, D. P.** "Inverse filter coefficients for the computation of apparent resistivity standard curves for a horizontally stratified earth." *Geophysical prospecting* 19.4 (1971): 769-775.
- **Lenat, Douglas B.** "CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure." *Communications of the ACM* 38.11 (1995): 33-38.
- **Marescot, Laurent, Régis Monnet, and Dominique Chapellier.** "Resistivity and induced polarization surveys for slope instability studies in the Swiss Alps." *Engineering Geology* 98.1-2 (2008): 18-28.
- **Mesri, Gholamreza, G. Adachi, and C. R. Ullrich.** "Pore-pressure response in rock to undrained change in all-round stress." *Géotechnique* 26.2 (1976) : 317-330.
- **Reynolds, John M.** *An introduction to applied and environmental geophysics.* John Wiley & Sons, 2011.
- **Röthlisberger, Hans.** "Electrical resistivity measurements and soundings on glaciers: introductory remarks." *Journal of Glaciology* 6.47 (1967): 599-606.
- **Palacky, G. J.** "Resistivity characteristics of geologic targets." *Electromagnetic methods in applied geophysics* 1 (1988): 53-129.
- **Vignerresse, Jean Louis.** "Use and misuse of geophysical data to determine the shape at depth of granitic intrusions." *Geological Journal* 25.3-4 (1990) : 249-260.