

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



665 12/09

$\frac{2}{2}$

جامعة  
كلية العلوم الطبيعية والحياة  
المدققة  
رقم الترخيص: 1527

Université de Jijel  
Faculté des Sciences  
Département de Géologie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme  
D'ingénieur d'état en Géologie

Option : Géologie de l'Ingénieur



Thème

Etude Géologique et Géotechnique du POS n°01 de la  
ferme Adouane Ali (Extension Est de la ville de Jijel)  
Wilaya de Jijel

Président :

Mr. Zennir Abdelmalek

Examineur:

Mr. Baghdad Abdelmalek

Encadreur:

Mr. Bouftouha Youssef

Mr. Kessasra Farés

Melle. Zebouchi Hind

Présenté par :

Amari Nadjat

Fenghour Imene



Promotion : Juin 2009

## *Remerciement*

*Nous rendons grâce a dieux le tout puissant qui nous a donnée l'aide, La patience et le courage pour accomplir ce travail.*

*Nos vifs remerciements pour Mr, Boustouha Youssef, Kessasra Fares et Melle, Zebouchi Hind pour leurs efforts, disponibilité et suivi.*

*Nos remerciements vont aux membres de Jury, pour l'intérêt qu'ils portent a notre travail en acceptant de se juger.*

*Nous tenons aussi à remercier tous nos enseignants, pour leur participation a notre formation. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux et de notre profonde gratitude pour leur gentillesse, disponibilité et soutient.*

*Nous remercions tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont participé à la réalisation de ce travail.*

*Nadjat et Imene*

## Résumé :

Le site de la ferme Adouane Ali - Extension Est de la ville de Jijel - faisant l'objet de notre étude intitulé : « Etude géologique et géotechnique du POS n° 01 de la ferme Adouane Ali (Extension Est de la ville de Jijel) » s'étend sur 115 ha, il se particularise par :

- Une morphologie plane,
- Une géologie simple d'où les terrains sont représentés essentiellement par des argiles sableuses et des sables graveleux recouvrant des marnes schisteuses,
- Des caractéristiques géotechniques assez favorables,
- Des caractéristiques géophysiques analogues à celles obtenus par la géologie et la géotechnique.

Les mots clés :

Etude géologique, Etude géotechnique, essais d'identification, prospection et tomographie électriques, ferme adouane ali, Jijel

## الملخص:

المزرعة "عدوان علي" - الامتداد الشرقي لمدينة جيجل - التي هي موضوع هذه الدراسة المعنونة "الدراسة الجيولوجية والجيوتقنية لمخطط استغلال الأراضي رقم 01 لمزرعة عدوان علي (التوسع الشرقي لمدينة جيجل)" تمتد على مساحة مقدرة ب 115 هكتار ، وتتميز ب :  
- مورفولوجيا مسطحة ،  
- جيولوجيا بسيطة تتكون أساسا من طبقات من الطين الرملي ، والرمل فوق حصباتي ... ،  
- الخصائص الجيوتقنية ملائمة تماما للبناء ،  
- الخصائص الجيوفيزيائية مماثلة لتلك التي حصلت عليها الجيولوجيا والهندسة الجيوتقنية .

## مفاتيح

دراسة جيولوجية، دراسة جيوتقنية، التجارب المخبرية، الاستكشاف و الرسم السطحي الكهربائي، مزرعة عدوان علي، جيجل.

<b>Sommaire :</b>	<b>page</b>
Introduction générale.....	01

### Chapitre I : Généralités

1. Situation géographique.....	02
2. Aspect Géomorphologie du site étudié.....	03
3. Climat.....	03
4. Végétation.....	04
5. Réseau Hydrographique.....	04
6. Sismicité.....	05
7. carte des pentes.....	06

### Chapitre II : Cadre Géologique Régional

1. Les grands ensembles géologiques du massif de la Petite Kabylie .....	07
Le socle kabyle .....	07
1.2-La dorsale kabyle.....	08
1 -La dorsale interne .....	08
2-la dorsale médiane.....	08
3-La dorsale externe .....	08
1.3 : Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes .....	08
1.3.1 : L'Oligo-Miocène Kabyle(O.M.K).....	08
1.3.2 : Les Olistostromes.....	08
1.4 : Les formations de type flyschs .....	09
1.Le flysch maurétanien (Gèlard, 1969).....	09
2.Le flysch massylien (Raoult 1969,Bouillin 1970) .....	09
3.Le flysch numidien (Bouillin 1977).....	09
1.5 : Les séries telliennes .....	10
1- La série épi-telliennes.....	10
2- Les séries meso-telliennes.....	10
3-Les séries infra telliennes .....	10
1.6 : Le nummulitique .....	10

1.7 : Les formations post nappes .....	10
1.8 : Les roches magmatiques.....	10
2: Edifice structural de la Petite Kabylie occidentale .....	11
2.1: Le compartiment structural supérieur.....	11
2.2 : Le compartiment structural inférieur .....	12

### **Chapitre III : cadre géologique locale**

1. Cadre géologique local de la région de Jijel.....	13
2. Principales caractéristiques géologiques du secteur étudié .....	13
1-L'oligo-miocène-kabyle(O.M.K) .....	13
2-Les dépôts post-nappes .....	13
3-Quaternaire.....	13
*les grés coquilliers ou grés dunaires .....	13
*les argiles de recouvrement .....	13
3-Aspect tectonique du secteur étudié .....	13

### **Chapitre IV : Etude Géophysique du site**

Problématique.....	17
1. Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la prospection électrique du site "Entrée Est de la ville de Jijel" .....	17
1.1 Principe du sondage électrique.....	17
1.2 Présentation des résultats .....	18
1.2.1 Sondage Parcours 1.....	19
1.2.2 Sondage Parcours 2.....	20
1.2.3 Sondage Parcours 3.....	20
1.2.4 Sondage Parcours 4.....	20
1.2.5 Sondage Parcours 5.....	20
1.2.6 Sondage Parcours 6.....	21
1.2.7 Sondage Parcours 7.....	21
1.2.8 Sondage Parcours 8.....	21
1.2.9 Sondage Parcours 9.....	21
1.2.10 Sondage Parcours 10.....	22

1.3 Interprétation des cartes d'iso-résistivités apparentes.....	27
1.3.1 Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB = 100$ m.....	27
1.3.2 Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB = 160$ m .....	28
1.3.3 Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB = 300$ m .....	28
1.3.4 Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB = 400$ m.....	29
2. Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie Electrique) du site : "Entrée Est de la ville de Jijel".....	29
2.1 Principe de mesure et fonctionnement.....	29
2.2 Choix et structure du logiciel (Res2Dinv).....	32
2.3 Principe d'acquisition, corrections des données et discrétisation des profils.....	32
- Profil Parcours 1.....	33
- Profil Parcours 2.....	36
- Profil Parcours 3.....	38
- Profil Parcours 4.....	40
2.4 Méthode d'inversion des résistivités apparentes et discussion des résultats.....	42
- Profil Parcours 01.....	43
- Profil Parcours 02.....	45
- Profil Parcours 03.....	47
- Profil Parcours 04.....	49
Conclusion.....	51

## **Chapitre V :Synthèse Hhdrologique et Hydrogéologique**

1. Introduction.....	52
2. Analyse morphométrique du bassin versant.....	52
2.1. situation géographique.....	52
2 .2.Caractéristiques morphométriques.....	54
-La superficie.....	54
-Le périmètre.....	54
-L'indice de Gravius (indice de forme) (C): .....	54
-Le rectangle équivalent.....	54
3. Analyse des caractéristiques climatiques.....	55
3.1.Climat du secteur étudié.....	55

3.2. Pluviométrie.....	55
a. Précipitations moyennes annuelles.....	55
b. précipitations moyennes mensuelles et saisonnières.....	56
3.3. La température.....	57
3.4. Relation température – précipitation:.....	60
3.5. Le vent.....	60
3.6. Humidité relative.....	61
3.7. Evaporation.....	61
3.8. appréciation du bilant hydrologique.....	62
A-calcul d'evopotranspiration potentielle (ETP).....	62
B. Méthode de bilan hydrologique de Thorntwait.....	63
Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) .....	63
C. Estimation du ruissellement et de l'infiltration:.....	63
4. Condition hydrogéologique.....	66

### **Chapitre VI : caractéristiques géotechniques du site**

1. Introduction .....	67
2. Les moyens de reconnaissances géotechnique.....	67
2.1. Les moyens de reconnaissance in situ.....	67
A. Les sondages carottés.....	67
B. Essai de pénétromètre dynamique (PDT).....	70
2.2. Les moyens d'étude au laboratoire.....	71
2.2.1. Essais d'identification .....	71
a. La teneur en eau.....	71
d. Les limites d'atterberg .....	73
e. L'analyse granulométrique .....	75
B.2. Essais mécaniques.....	77
B.2.1. Essai de cisaillement .....	77
B.2.2. Essai oedométrique .....	78
B.3. l'analyse chimique.....	79

3. Calcul des fondations .....	80
Introduction .....	80
Calcul de la capacité portante des fondations superficielles.....	81
*Contrainte admissible du sol de fondation.....	82
a. calcul de la capacité portante à partir des résultats des essais de pénétration dynamique.....	82
b- Calcul de la capacité portante à partir des résultats des essais de laboratoire.....	84
Pour une semelle filant.....	84
Pour une semelle isolée .....	85
Exemple de calcul.....	86
4. Calcul des tassements.....	88
4.1. Tassements admissibles des structures.....	88
4.2. Calcul des tassements à partir des résultats de l'essai Oedométrique.....	89
Exemple de calcul.....	89
5. Zoning géotechnique.....	93
Zoning pour un ancrage $D=1.5$ à $2m$ .....	93
Zoning pour un ancrage $D=2$ à $3m$ .....	93

### **Chapitre VII : Conclusion et recommandations**

Les caractéristiques géotechniques .....	93
La résistance à la pénétration.....	93
La capacité portante du sol .....	93



## Liste des Figures

Figure I . 1: situation du site étudié (entrée Est de la ville de Jijel, POS N°1).....	02
Figure I. 2 : Aspect géomorphologique du site d'étude.....	03
Figure I. 3: Réseau hydrographique du site d'étude.....	04
Figure I. 4 : Carte sismique de l'Algérie selon les R.P.A version 2003 (C.G.S).....	05
Figure I. 5 : Carte des pentes.....	06
Figure III.1 : coupe géologique NW-SE du site dit « Ferme Adouane Ali » -Entrée Est de Jijel-.....	15
Figure III. 2 : coupe géologique N-S du site dit « Ferme Adouane Ali » -Entrée Est de Jijel-.....	16
Figure IV .1 : Dispositif de mesure de Schlumberger.....	18
Figure IV.2: la carte de localisation des points de mesure.....	19
Figure IV.3 : Courbes des sondages électriques verticaux.....	23-26
Figure IV.4 : carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 50m$ ) (SEV : Sondage Electrique Vertical).....	27
Figure IV.5 : carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 80m$ ) (SEV : Sondage Electrique Vertical).....	28
Figure VI.6: carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 150m$ ) (SEV : Sondage Electrique Vertical).....	29
Figure VI.7 : carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 200m$ ) (SEV : Sondage Electrique Vertical).....	29
Figure VI.8 : Principe d'acquisition des résistivités électriques, par la méthode de tomographie électrique, selon <i>a</i> ) le dispositif de Wenner et <i>b</i> ) le dispositif de Schlumberger.....	31
Figure VI.9 : Inversion par méthode itérative.....	32
Figure VI.10 : Diagramme des résistivités apparentes du Profil Parcours 1. <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">O</span> Bad data points.....	34
Figure VI.11 : Diagramme des résistivités apparentes après la suppression des Bad data points, Profil Parcours1.....	34

Figure VI.12 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 01.....	35
Figure IV.13 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 01.....	36
Figure IV.14 : Diagramme des résistivités apparentes du Profil Parcours 2. ○ Bad data points.....	36
Figure IV.15 : Diagramme des résistivités apparentes après la suppression des Bad data points, Profil Parcours2.....	37
Figure IV.16 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 02.....	37
Figure IV.17 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 02.....	38
Figure IV.18 : Diagramme des résistivités apparentes du Profil Parcours 3. ○ Bad data points.....	38
Figure IV.19 : Diagramme des résistivités apparentes après la suppression des Bad data points, Profil Parcours3.....	39
Figure IV.18 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 03.....	39
Figure IV.20 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 03.....	40
Figure IV.21 : Diagramme des résistivités apparentes du Profil Parcours 4. ○ Bad data points.....	40
Figure IV.22 : Diagramme des résistivités apparentes après la suppression des Bad data points, Profil Parcours4.....	41
Figure IV.23 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 04.....	41
Figure IV.24 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 04.....	42
Figure IV.25 : pseudo section du profil parcours 1.....	43
Figure IV.26: pseudo section du profil parcours 2.....	45
Figure IV.27 : pseudo section du profil parcours 3.....	47
Figure IV.28 : pseudo section du profil parcours 4.....	49
Figure V. 1: bassin hydrographique de l'Algérie du nord ( A.Mebarki, 2005).....	52
Figure V.2 : réseau hydrographique de l'Est de la ville de Jijel.....	53
Figure V.3 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1 <sup>er</sup> septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1 <sup>er</sup> septembre 1968 au 31 août 1989) (A.Mebarki 2005).....	55
Figure V. 4: distribution des précipitations moyennes mensuelles, durant la période1999-2008 (station d'Achouat) .....	56

Figure V.5 : histogramme de précipitations moyennes mensuelles durant la période 1999-2008 station d'Achouat.....	57
Figure V. 6: courbe température moyenne mensuelle de la station d'Achouat (1999-2008).....	57
Figure V.7. Diagramme ombrothermique.....	60
Figure V.8 : humidité relative moyenne en % durant la période : 1999-2008 (Station d'Achouat).....	61
Figure V.9 : courbe présentant l'évaporation moyenne mensuelle durant la période 1999-2008 (station d'Achouat).....	62
Figure V.10 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite la période 1999-2008 (station d'Achouat).....	64
Figure VI.1: résultats des mesures obtenues des essais de limite d'atterberg.....	75
Figure VI.2: courbe granulométrique obtenu au niveau du sondage 10.....	76
Figure VI.3: courbe granulométrique obtenu au niveau du sondage 10.....	76
Figure VI.4 : Mécanisme typique de rupture du sol sous une semelle continue (R. Frank ; 2003).....	82
Figure VI.5 : carte d'implantation des essais in situ.....	91
Figure VI.6 : coupe géotechnique E-W.....	92
Figure VI.7 : coupe géotechnique NW-SE.....	92
Figure VI.1 : carte de zoning géotechnique ancrage D = 2 à 3m.....	94
Figure VI.1 : carte de zoning géotechnique ancrage D = 1.5 à 2m .....	95

## Liste des tableaux :

Tableau IV.1 : Récapitulation des résultats géotechnique et géophysique. ( ++ : Bien observée ; + : observée avec difficulté ; - : pas observée).....	51
Tableau V-1: précipitations moyennes annuelles et caractéristiques pluviométriques de la station Achouat.....	56
Tableau V-2:précipitation moyennes mensuelles et saisonnières durant la période 1999-2008 (station d'Achouat).....	58
Tableau V-3:températures moyennes mensuelles et saisonnières durant la période 1999-2008 (Station d'Achouat).....	59
Tableau V-4: humidité relative moyenne en % durant la période : 1999-2008 (Station d'Achouat).....	61
Tableau V-5: valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation durant la période 1999-2008 (station d'Achouat).....	62
Tableau V-6 calcul de l'ETP selon Thornthwaite.....	65
Tableau V -7: le bilan hydrologique de Thorntwaite.....	65
Tableau VI.01 : sondage carotté n°01(LNHC, 2008).....	68
Tableau VI.02 : sondage carotté n°02(LNHC, 2008).....	68
Tableau VI.03 : sondage carotté n°03(LNHC, 2008).....	68
Tableau VI.04 : sondage carotté n°04(LNHC, 2008).....	69
Tableau VI.05 : sondage carotté n°05(LNHC, 2008).....	69
Tableau VI.06 : sondage carotté n°06(LNHC, 2008).....	69
Tableau VI.07 : sondage carotté n°07(LNHC, 2008).....	69
Tableau VI.08 : sondage carotté n°08(LNHC, 2008).....	69
Tableau VI.09 : sondage carotté n°09(LNHC, 2008).....	70
Tableau VI.10 : sondage carotté n°10(LNHC, 2008).....	70
Tableau VI.11 : les valeurs des caractéristiques physiques (d'après LNHC, 2008)....	73
Tableau VI.12 : classification des sols suivant l'indice de plasticité.....	74
Tableau VI.13 : résultats des essais de limites d'atterberg (d'après LNHC, 2008)....	74
Tableau VI.14 : résultats des essais de cisaillement à la boîte (d'aprèsLNHC,2008)...	78
TableauVI.15 : résultats des essais oedométriques.....	79
Tableau VI.16: les résultants des analyses chimiques.....	80
Tableau VI-17: Valeurs des facteurs de portance (extrait du D.T.U 13.12).....	86

Tableau VI-18 : Calcul des contraintes admissibles du sol de fondation à partir des résultats des essais de laboratoire.....	88
Tableau VI.19: Quelques valeurs des tassements admissibles.....	89
Tableau VI.20 : valeurs des tassements obtenus à partir des résultats de l'essai Oedpmétrique.....	90

## Introduction générale

Le plan d'occupation des sols N° 01 établit pour la ville de Jijel entre dans le cadre de l'extension Est de cette dernière. La ou ils vont positionner plusieurs directions (transport, tourisme, maison de justice, wilaya...). Pour ce but, la direction de l'urbanisme et de la construction (DUCH) de la wilaya de Jijel a demandé de réaliser une étude géotechnique sur le site de POS. Cette dernière a été effectuée en 2008 par le laboratoire LNHC, unité d'Oum el Bouaghi.

Cette étude nous fournit toutes les informations nécessaires sur les conditions du site (morphologiques, géologiques, hydrologiques et mécaniques) qui ont été confirmés par la géophysique (sondage électrique verticaux et imagerie électrique réalisés par l'université de Jijel). Pour qu'on puisse finalement d'apprécier la qualité du site du POS et son aptitude à la construction.

Pour réaliser ce but nous avons réalisés une étude géologique, géophysique et géotéchnique du POS.

L'objectif de notre étude consiste à faire un zoning du site afin de délimiter les zones constructibles et inconstructibles selon des paramètres physiques et mécaniques,

Afin d'accomplir ce travail, nous avons divisés notre plan de travail sept chapitres

- Le premier concerne la présentation géographique du secteur étudié,
- Le second a été consacré a la géologie régionale de la petite Kabylie dans laquelle se localise la région de Jijel,
- Le troisième chapitre a été consacré a la géologie locale d'où les coupes géologiques ont été illustrés,
- Le quatrième c'est l'étude géophysique du site,
- Le cinquième est une Analyse hydrologique et hydroclimatologique,
- Dans le sixième chapitre nous avons contribué à une étude géotechnique détaillée qui permet de savoir le comportement mécanique du sol face aux différentes sollicitations par le traitement des différents paramètres obtenues à partir des essais réalisés en place et en laboratoire,
- Enfin une conclusion et des recommandations pour lutter contre les risques qui peuvent menacés le site dans le future.

# *Chapitre 1*

*Généralités*



## I. Situation géographique:

La wilaya de Jijel est située à environ 360 km au nord-est de la capitale Alger. Elle est traversée par la route nationale N° 43 d'Est en Ouest.

Notre site d'étude fait partie de la "ferme Chahid Adouane Ali" "POS N° 01", il est situé à l'Est de la ville de Jijel sur une distance d'environ 3km en allant vers El Milia. C'est un terrain partiellement occupé qui s'étale sur une surface d'environ 115 hectares. Les limites du POS sont comme suit : au Nord la route nationale N°43, au Sud Koudiet Khrouba et Djama Z'Biria, à l'Est Djama Sidi el Trach et à l'Ouest El A' Kabi.

Ce POS rentre dans le cadre de l'extension Est de la ville de Jijel.

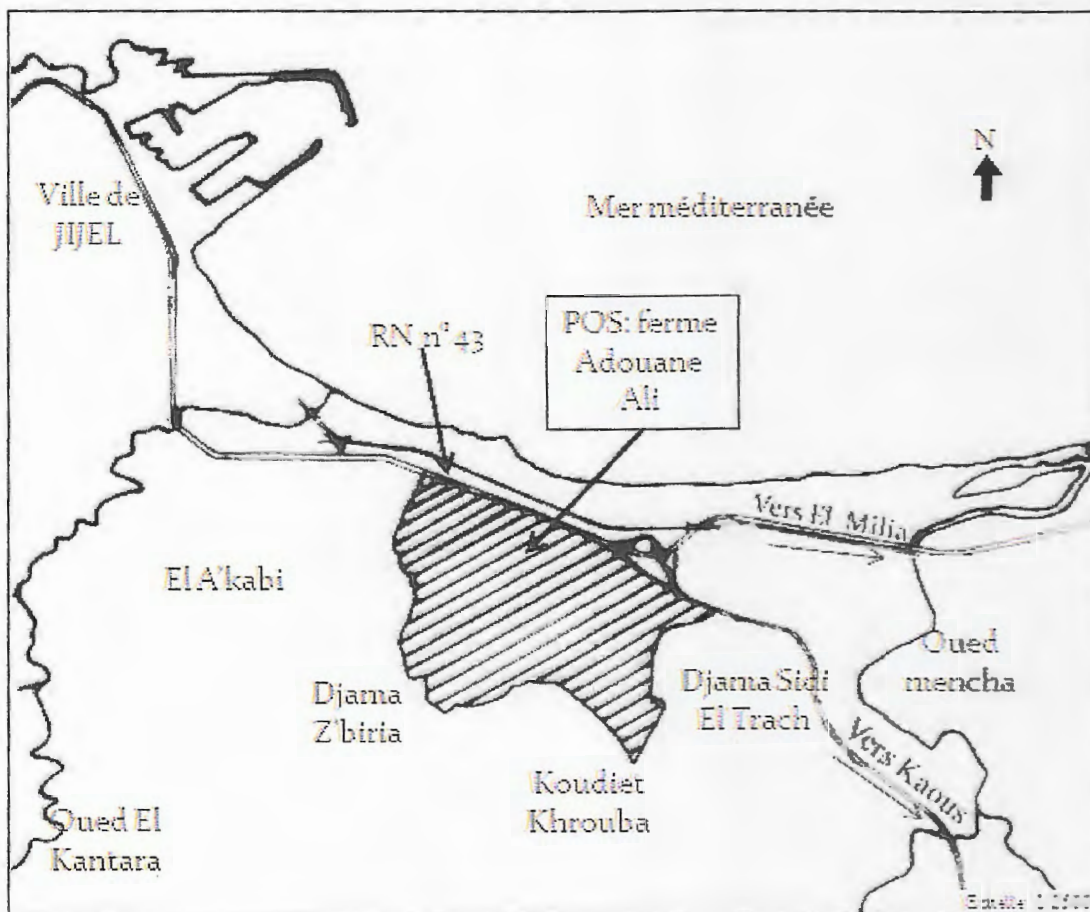


Figure I.1: situation du site étudié (entrée Est de la ville de Jijel, POS N°1)



## 2. Aspect Géomorphologique du site étudié:

Le site étudié POS 1 (extension Est de la ville de Jijel) fait partie des plaines côtières de la région de Jijel.

La topographie est sub-plane au niveau de la plaine de la "ferme Adouane Ali" et augmente progressivement vers le sud. La plaine est située au nord de Jijel, le long de la bande littorale (figure I-5).



Figure I.2 : aspect géomorphologique du site d'étude

## 3. Climat :

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la région de Jijel varient de 800 à 1200 mm/an.

Sur le plan spatial, l'organisation du relief fait ressortir quatre zones pluviométriques distinctes:

Plus de 2000 mm/ans sur les sommets.

1200 à 1500 mm/an sur les versants nord.

1000 à 1200 mm/an sur les plaines côtières orientales.

800 à 1000 mm/an sur les plaines côtières occidentales.

Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW-SSE).

#### 4. Végétation:

Le couvert végétal est presque inexistant. Il se résume à une couverture herbacée.

La partie plane a été occupée par des cultures maraichères.

#### 5. Réseau Hydrographique:

À partir de la carte hydrographique, on remarque que la région de Jijel et parcouru par une multitude d'Oueds (réseau très dense).

Notre site d'étude est traversé du Sud au Nord par de nombreux talwegs ou Chaabat, ces derniers sont par fois très profonds.

Deux retenus collinaires situés au Sud de notre site d'étude, ont été installées aux chemins des talwegs et piègent les eaux qui ruisselles. (Figure I.3)

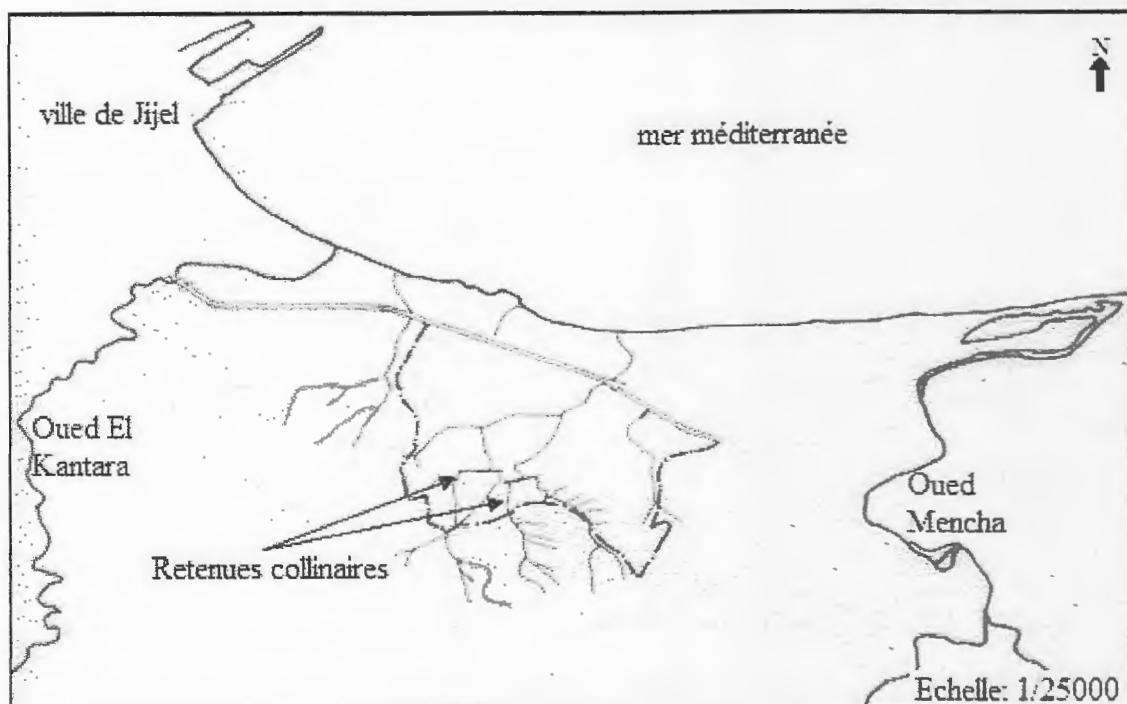


Figure I.3: réseau hydrographique du site d'étude

**6. Sismicité :**

D'après le RPA 99; le territoire national est divisé en quatre zones de sismicité croissante:

- Zone 0:zone de sismicité négligeable.
- Zone 1: zone de sismicité faible.
- Zone 2a et 2b: zone de sismicité moyenne.
- Zone 3:zone de sismicité élevée.

D'après la carte de zoning sismique du territoire national la région de Jijel est classée dans la zone II a dite de sismicité moyenne. (figure I.4)

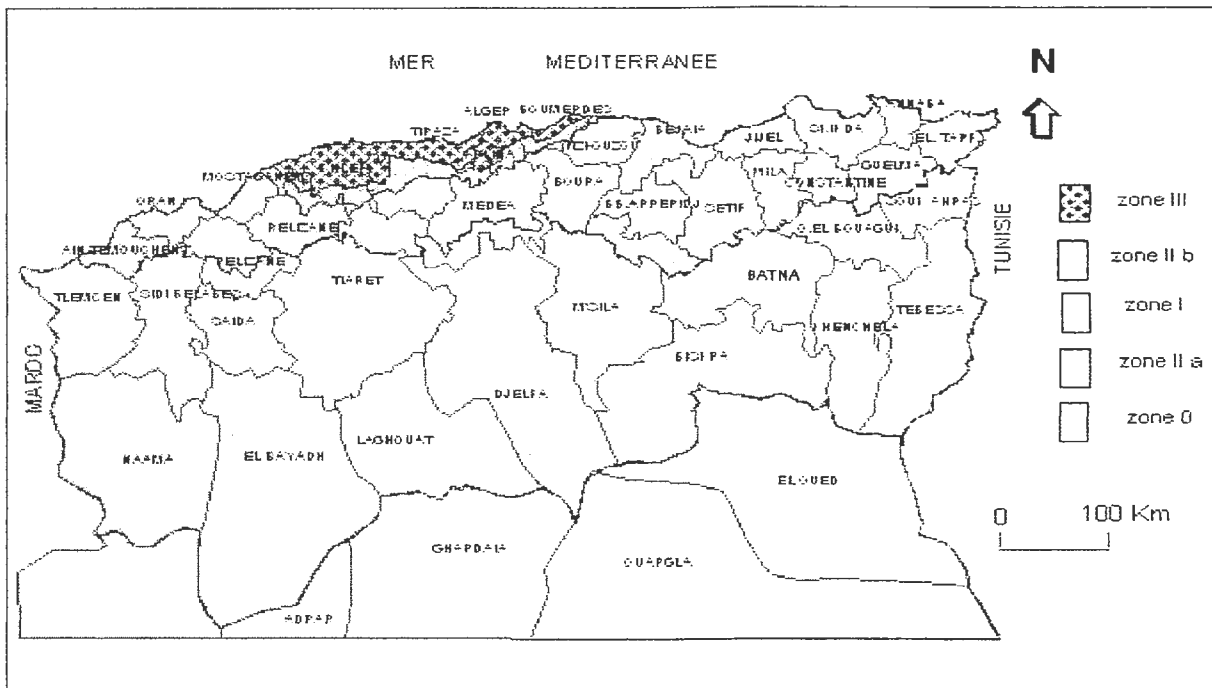
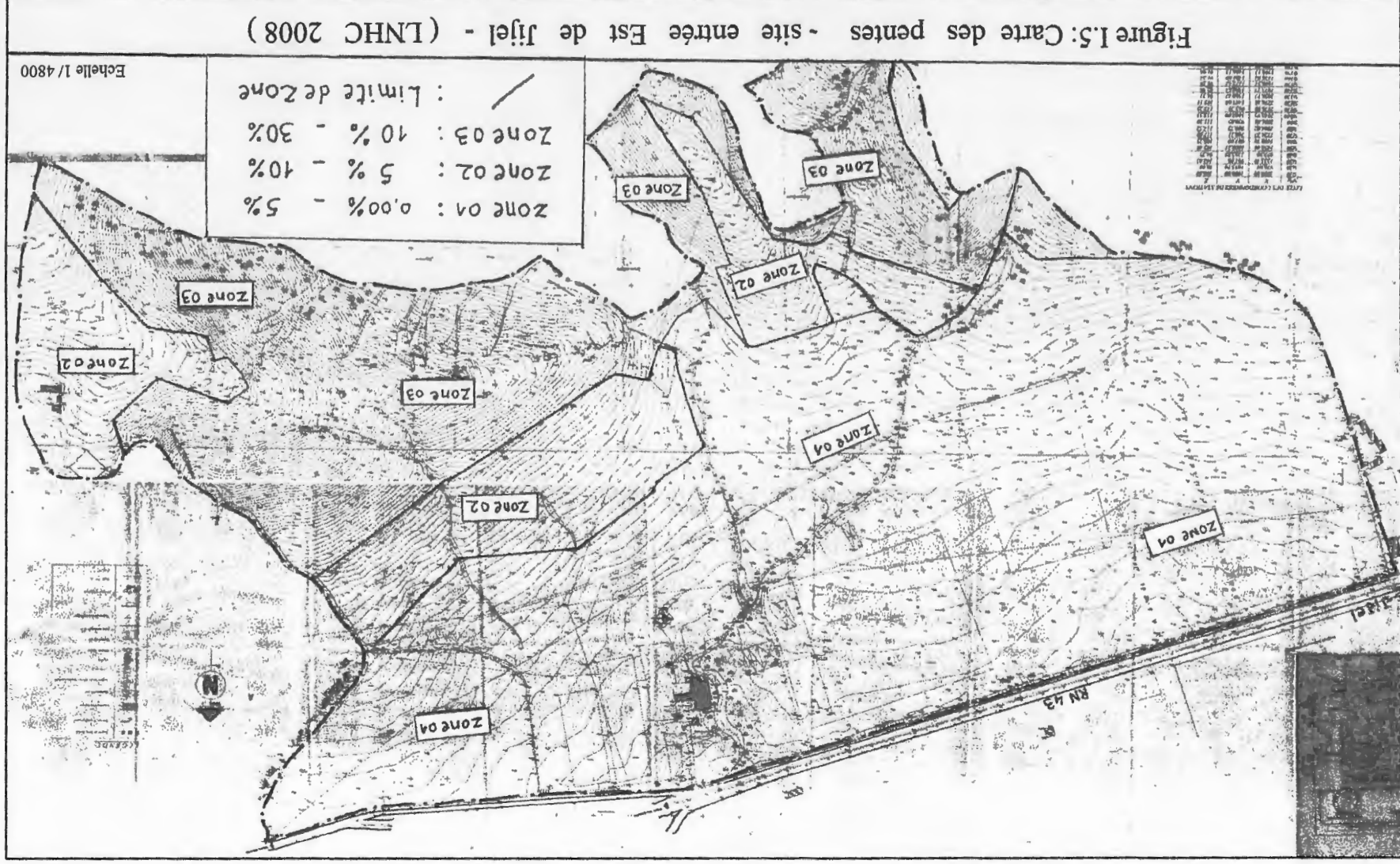


Figure I.4 : Carte sismique de l'Algérie selon les R.P.A version 2003 (C.G.S)





# Chapitre 2

## Cadre Géologique Régional

## **1.2. La dorsale kabyle :**

Elle forme la bordure méridionale du socle kabyle. Elle marque grâce à ces reliefs carbonatés la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes au Sud.

Elle est caractérisée par des formations carbonatées ayant un âge allant du Permo-Trias à l'Oligocène (Raoult 1974).

D'après cet auteur, la dorsale kabyle peut être subdivisée en trois sous ensembles qui sont du Nord au Sud :

### **1 .La dorsale interne :**

Elle comporte des séries allant du Permo-Trias au Néocomien. Ces séries sont représentées par des calcaires néritiques massifs riches en microfaune benthiques (Algues et Foraminifères) qui atteignent le sommet du lutétien (Raoult 1969,1974).

### **2. La dorsale médiane:**

Elle est essentiellement caractérisée par la constance des dépôts marneux du Permo-Trias et du lias et par une lacune sédimentaire du Crétacé moyen.

### **3. La dorsale externe :**

Elle est caractérisée par des séries détritiques peu épaisses et lacuneuses. Elle comporte des calcaires silicifiés, surmontés par des conglomérats du Campanien qui les recouvrent en discordance. Ces derniers soulignent une intense érosion Sénonienne. Les dépôts de la dorsale externe s'étalent jusqu'au Lutétien. La dorsale externe repose en contact anormal sur les flyschs (Bouillin 1970).

## **1.3. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes :**

### **1.3.1. L'Oligo-Miocène Kabyle(O.M.K) :**

L'Oligo- Miocène-Kabyle formant la couverture sédimentaire transgressive et discordante du socle kabyle (Raoult 1974) est représenté par des formations détritiques comportant trois termes :

- A la base, un terme de base formé de conglomérats à matrice argileuse reposant en discordance sur le socle kabyle.
- Un terme médian comportant des grès micacés à débris de socle associé à des pelites micacés.
- Un terme sommital formé de sélixites.

### 1.3.2. Les Olistostromes :

Ce sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flyschs maurétanien massylien, et numidien. Ces formations d'âge probable Aquitanien-Burdigalien inférieur reposent sur les formations de l'O.M.K (J.P.Bouillin 1977).

### 1.4. Les formations de type flyschs :

Ce sont des formations sédimentaires allochtones ; d'âge Crétacé à Eocène. Elles sont classiquement subdivisées en :

#### 1. Le flysch maurétanien (Gèlard, 1969) :

Le flysch maurétanien est caractérisé par des formations allant de Néocomien au Lutétien, Il comporte de bas en haut :

- Des calcaires fins à calpinnelles du Crétacé inférieur.
- Un ensemble de grès de l'Albo Aptien (flysch de guerouch).
- Des micro-brèches à ciment sparitique riche en quartz détritique et par fois des micro\_conglomérats du Sénonien.
- Le sommet se termine par des micro-conglomérats puis des grès micacés tertiaires (de l'Eocène à l'Oligocène).

#### 2. Le flysch massylien (Raoult 1969, Bouillin 1970) :

Le flysch massylien comprend des séries détritiques comportant trois ensembles, qui sont de bas en haut :

- Argiles et grès quartzite de l'Albo Aptien.
- Marnes et calcaires du Vraconien.
- Des calcaires à microfaunes pélagiques du Turonien-Cénomaniens.

#### 3. Le flysch numidien (Bouillin 1977) :

Dans l'édifice structural de la Petite Kabylie, le flysch numidien occupe la position la plus haute de l'édifice Alpin.

Il est composé de trois termes qui sont en continuité stratigraphique :

- Un terme de base comportant des argiles sous numidiennes.
- Un terme médian formé de grès numidien à grains hétérométriques.
- Un terme supérieur comportant des argiles supra numidiennes de couleurs verdâtre à rouge sombre.

### **1.5. Les séries telliennes :**

Issus du sillon tellien, les séries telliennes sont représentées par des séries épaisses allant du Néocomien au Lutétien, qui se sont déposées dans un domaine paléogéographie (J.P.Boullin 1977).

D'après villa (1958) et Mattauer (1980) ; ces séries peuvent être subdivisées comme suit :

#### **1. Les séries epi-telliennes :**

Elles sont représentées par des séries marneuses allant de l'Albien au Lutétien supérieur.

#### **2. Les séries meso-telliennes :**

Elles montrent un dispositif de cinq écailles, elles sont formées de sédiments allant du Sénonien au Miocène (Mattauer 1958).

#### **3. Les séries infra telliennes :**

Elles sont caractérisées par une structure chaotique. Elles comportent un Trias gypsifère et un Jurassique carbonaté.

### **1.6. Le nummulitique :**

Il s'agit de formation grés-mécacées qui débutent à la fin du lutétien jusqu'au Priabonien et se termine à l'Oligocène supérieur. Ces formations constituent la couverture de la dorsale kabyle et du flysch mauretarien (J.P.Boullin 1977) et (J.F.Raoult 1974).

### **1.7. Les formations post nappes :**

Les formations post nappes sont constituées essentiellement de dépôts marins et continentaux. Dans la partie nord de la petite kabyle, les formations post nappes comportant deux cycles sédimentaires (J.P.Boullin 1977) :

#### **➤ Un premier cycle :**

Constitué de marnes de couleur gris ou bleu transgressives sur les terrains précédents.

#### **➤ Un deuxième cycle :**

D'épaisseur réduite ne dépasse guère les 50m, formé essentiellement de grés provenant de la destruction du flysch numidien.

Ces formations occupent une grande partie du bassin de Collo et de Jijel dans la partie nord de la Petite Kabylie.

Dans la partie sud du massif de la petite Kabylie et particulièrement dans le bassin de Constantine, ces formations dominées par les dépôts continentaux comportant des conglomérats, sable, gravier, argiles et roches évaporitiques (Coiffait, 1992).

### **1.8. Les roches magmatiques :**



Elles sont principalement représentées par :

- Les roches basiques et ultrabasiques (péridotites, gabbros, diorite, micro diorite et dolorite) de Texenna et Cap Bougaroun.
- Les roches volcaniques (rhyolites, trachites, andésite, dacite) dans la région d'El-Aouana, Cap de fer et Collo.
- Les roches granitiques résultant d'un épisode de magmatisme Miocène sont une particularité de la partie orientale de la Petite Kabylie (Raoult 1934 ; Semroud 1970 ; Bouillin 1977 ; Fouguot 1990 ; Oubadi 1994).

## **2. Edifice structural de la Petite Kabylie occidentale :**

La Petite Kabylie occidentale appartient à la branche sud de l'orogène alpin péri-méditerranéen (chaîne des magrébides).

La géologie alpine de l'Algérie du nord se caractérise par un édifice structural polyphasé qui a été construit essentiellement durant les phases paroxysmales situées à l'Eocène (fin Lutétien) et à l'Oligocène.

L'édifice structural de la région est constitué d'un empilement de nappes réparties en 02 compartiments structuraux distincts.

- Un compartiment structural supérieur au nord composé du socle kabyle et des nappes supérieures qu'il supporte.
- Un compartiment structural inférieur au sud composé de nappes infra-kabyles (nappes des flyschs et nappes telliennes).

### **2.1. Le compartiment structural supérieur :**

Il comporte de bas en haut :

- Le socle kabyle représenté par des séries métamorphiques, chevauchant vers le sud le domaine des flyschs selon un contact anormal frontalier majeur redressé à 70° vers le Nord.
- Les formations de l'OMK transgressives et discordantes sur le socle kabyle sont constituées de conglomérats de base remaniant les éléments du socle sous-jacent.
- Ce terme est surmonté par une molasse marno-gréseuse dans laquelle ont glissé des unités sédimentaires ou nappes gravitaires dénommées olistostromiques de tailles et de nature variées.

Sur le plan structural, ces formations sont fortement micro plissées, fracturées, présentant des discordances et des structures basales, signe d'une tectonique tangentielle.

- Les formations post nappes représentées par les marnes bleus à miches calcaires jaunes, épaisses de 200 à 300 m (H.Djellit) discordantes sur tous les termes sous jacents (socle, OMK, numidien) ; ainsi que les dépôts conglomératiques du Pliocène.

## **2.2. Le compartiment structural inférieur :**

Il est représenté par les formations géologiques infra kabyles qui forment un empilement de nappe appartenant logiquement au domaine des flyschs et au domaine tellien.

Du nord au sud on distingue

- Le complexe volcano-sédimentaire(CVS) coincé entre le socle kabyle et le flysch massylien.
- Les nappes de flysch massylien à matériel détritiques microplissé et schistose présentant des structures chaotiques.
- Les nappes telliennes à matériel marno-calcaire formées de plusieurs unités litho stratigraphiques présentant des structures écaillées.

# *Chapitre 3*

*Cadre Géologique Local*

## 1. Cadre géologique local de la région de Jijel :

La région de Jijel fait partie de la zone tectonique de la petite Kabylie.

La couverture sédimentaire du POS n° 01 (ferme Adouane Ali) qui s'étend sur 115ha est constituée de plusieurs unités lithostratigraphiques dont les principales sont de haut en bas :

- 1 Les dépôts du quaternaire et les recouvrements divers.
- 2 Les marnes dites post- nappes du Miocène supérieur (Tortonno-messinien).
- 3 Les dépôts de l'OMK (molasse olistostromique).

## 2. Principales caractéristiques géologiques du secteur étudié :

### 2.1. L'Oligo-Miocène-Kabyle(O.M.K) :

L'Oligo-Miocène-Kabyle est essentiellement constitué par une série molassique composée de corps olistostromiques de nature et de taille variée.

Il comprend de bas en haut :

\*Une série détritique gréseuse à granulométrie hétérogène, parfois microconglomératique micacés, représentés par des bancs d'ordre métrique a intercalation d'argile grise à verdâtre.

\*Des alternances grésopelitiques avec des bancs de grés micacés bruns parfois jaunâtres.

### 2.2. Les dépôts post-nappes :

Ils comprennent :

- Pliocène : des terrasses anciennes représenté par des conglomérats grossier à matrice argilo-sableuse.
- Marne jaune et dépôts sableux grossier peu consolidés.
- Miocène : marnes grises a bleue à miches calcaires du Tortonno-messinien.

### 2.3. Quaternaire :

Les dépôts récents datant du quaternaire sont représentés par plusieurs faciès généralement à caractères détritiques :

**\*les grés coquilliers ou grés dunaires :**

Ce sont des grés mal classés à éléments anguleux souvent aplatis, renferment des fragments de coquilles de couleur jaune, très dures à l'affleurement.

**\*les argiles de recouvrement :**

Elles sont représentées par des argiles rougeâtres peu plastiques renferment par endroits des particules à granulométrie plus grossier d'origine divers. Elles peuvent atteindre jusqu'à 9m d'épaisseur.

## 2. Aspect tectonique du secteur étudié :

Les bancs gréseuse à microconglomératiques sont orientés selon une direction N50E, et montrent un plongement de 55° vers le SE.

Les observations géologiques de terrain montrent que la région est affectée par un réseau de failles d'orientation N-S, E-W.

\*Une grande faille de direction N-S forme la limite W du notre P.O.S, celle-ci est matérialiser par un talweg qui empreinte son tracé.

\*une autre faille de direction E-W, sensiblement parallèle à la RN 43 forme la limite nord du secteur concerné.



Photo III-1 : alternance grésos pelitique avec des bancs de grés micacés

15

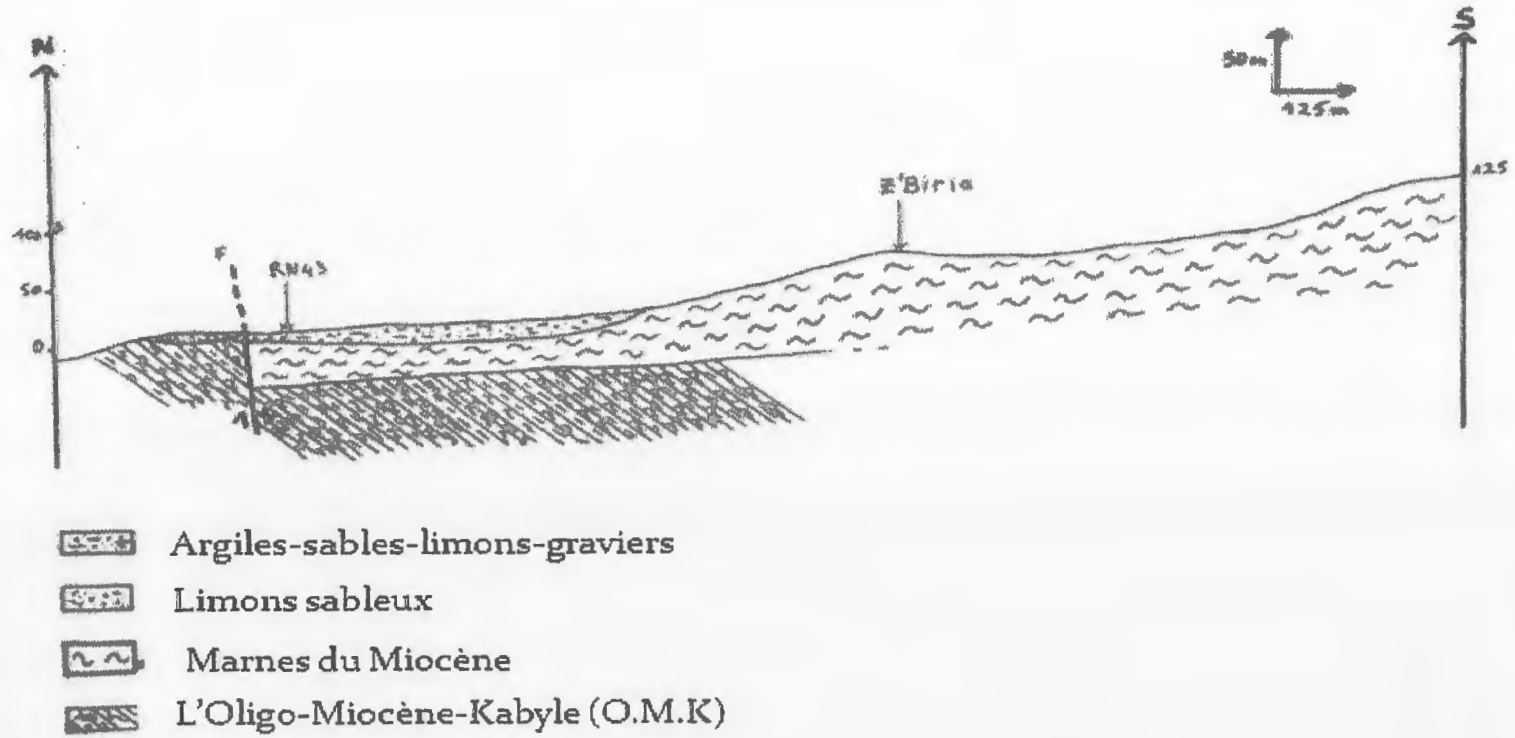


Figure III.1: Coupe géologique N-S -Site entrée Est de Jijel-

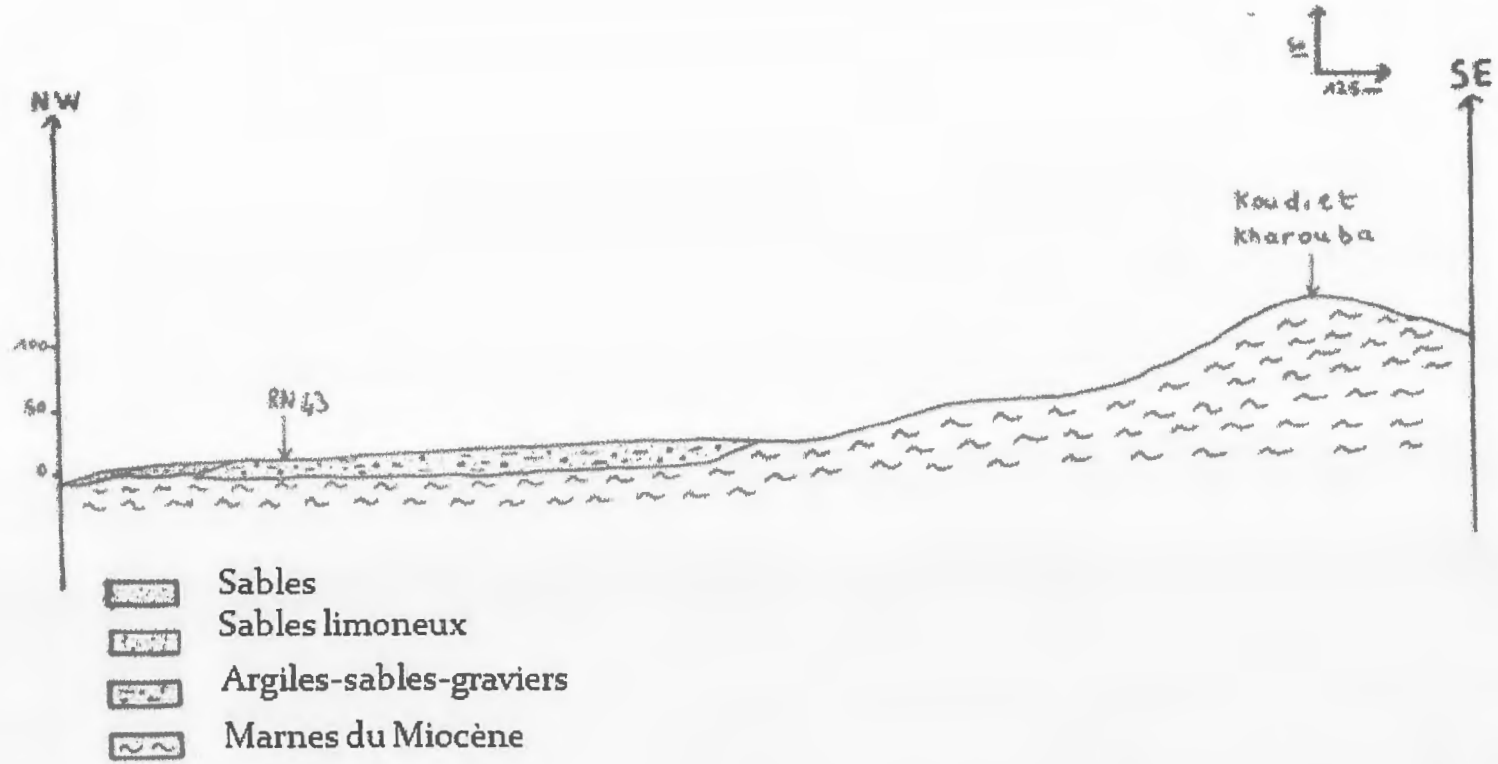


Figure III.2: Coupe géologique NW- SE -Site entrée Est de Jijel-





# *Chapitre 4*

*Etude Géophysique du site*



## **Etude géophysique de sub-surface par la méthode couplée de la prospection électrique et de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie Electrique) du site : "Entrée Est de la ville de Jijel, Ferme Adouane Ali"**

### **Problématique :**

*L'objectif principal de la présente étude est de déterminer par méthode couplée de la prospection électrique et de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie électrique), quelles sont les conditions géologiques et géotechniques caractérisant le sol et le sous sol du Plan d'Occupation du Sol de la Ferme Adouane Ali. L'étude consiste en la réalisation d'une campagne de Sondages Electriques Verticaux (SEV) et des profils d'imagerie électrique au Nord-Ouest de notre site d'étude, dans un contexte de très forte hétérogénéité spatiale des formations de sub-surface. Sur la base des sondages carottés réalisés sur le site, nous tenterons d'apporter une interprétation qualitative des résultats de la campagne.*

### **1. Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la prospection électrique du site "Entrée Est de la ville de Jijel" :**

La prospection géophysique est une technique non destructive très répandue en géologie de l'ingénieur, elle permet une investigation rapide et peu coûteuse d'un grand volume de sols et capable de caractériser des sols sur une surface étendue ainsi qu'éventuellement de détecter des variations latérales à l'échelle du site. La prospection géophysique devient alors un outil extrêmement puissant pour optimiser les campagnes de forage et réduit leur coût. Nous avons effectué dix (10) Sondages Electriques Verticaux (SEV) de type Schlumberger et quatre 04 profils d'imagerie électrique. (Figure IV.2).

#### **1.1. Principe du sondage électrique :**

La prospection électrique est une méthode géophysique classique s'appuyant sur la mesure de la résistivité électrique du sol. Elle permet de déterminer la résistivité du sous-sol à partir de mesures effectuées en surface.

Nous avons utilisé dans cette investigation un dispositif Schlumberger (figure IV.1). La profondeur d'investigation dépend de la longueur d'émission  $AB$  qui n'est autre que l'écart entre les électrodes  $A$  et  $B$  d'émission du courant électrique continu. Elle reste évolutive durant les opérations d'acquisition tout en n'excédant pas sa valeur maximale qui est de 400

a 600 m. La distance entre les électrodes de réception  $M$  et  $N$  est variable. Toutefois, cette dernière reste très faible comparativement à l'espacement entre les électrodes d'émission  $A$  et  $B$ .

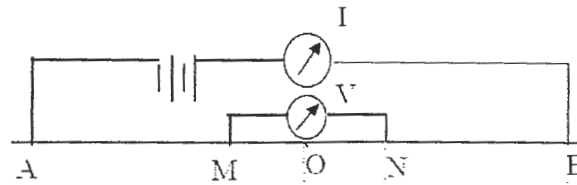


Figure IV .1 : Dispositif de mesure de Schlumberger

La source d'énergie est assurée par un jeu de batteries permettant l'émission d'un courant continu à travers les électrodes  $A$  et  $B$ . La mesure de la résistance  $R$  ( $\Omega$ ) du sous-sol, traversé par des filets de courant, est alors réalisée entre les électrodes  $M$  et  $N$ . Celle-ci, par la suite, convertie en valeur de résistivité apparente par la relation :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

Avec :  $K$  : le coefficient qui dépend de l'espacement entre  $A B$  et  $M N$ ,

$V$ : différence de potentiel électrique (en m.volts),

$I$  : intensité du courant (m.Ampère).

## 1.2. Présentation des résultats

Pour traiter les valeurs des résistivités apparentes, nous avons utilisé le programme IPI2WIN, il permet d'établir leurs courbes électriques de sondage. Les résultats obtenus à partir de ces courbes sont été mis en œuvre sous forme de cartes de résistivités apparentes en  $AB = 100$  m,  $AB = 160$  m,  $AB = 300$  m et  $AB = 400$ m. La figure ci-dessous représente la distribution des Sondages électriques et des profils d'imagerie.

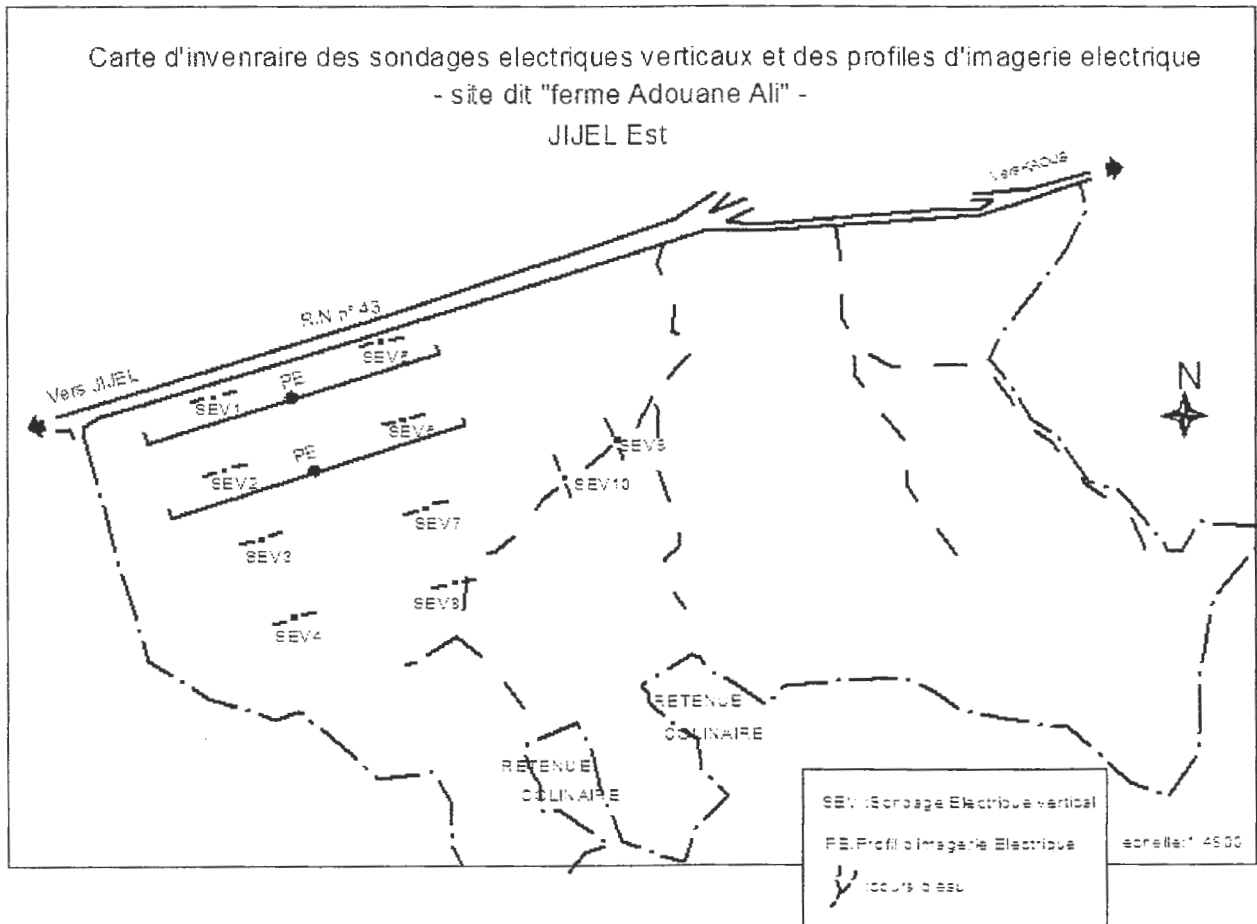


Figure IV.2: la carte de localisation des points de mesure

**1.2.1. Sondage Parcours 01,** En se basant sur la forme de la courbe de sondage électrique et en corrélation avec les résultats des sondages carottés réalisés sur le site d'étude, on peut envisager un modèle géologique à quatre terrains essentiellement conducteurs. Il comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- un niveau superficiel d'une résistivité moyenne de l'ordre de  $18.5 \Omega.m$ , constitué de terre végétale peu épaisse (environ 0.7 m),
- un niveau ayant une résistivité de  $12.65 \Omega.m$  constitué d'argile sableuse, épais de 2.5 m,
- un niveau intermédiaire ayant une résistivité de  $14.5 \Omega.m$ , constitué de sables graveleux à matrice argileuse, épais de 4.6 m, et enfin
- et enfin un niveau constitué de marnes plus ou moins humides avec une résistivité de  $7 \Omega.m$ .

**1.2.2. Sondage Parcours 02,** On relève l'existence d'une structure composée de quatre couches conductrices. Elle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- un niveau superficiel ayant une résistivité moyenne de  $11.10 \Omega.m$  constitué de terre végétale peu épaisse (environ  $0.5 m$ ),,
- un niveau d'argile sableuse avec une résistivité moyenne de  $13.5 \Omega.m$  et  $4.5 m$  d'épaisseur,
- un niveau avec une résistivité de  $11.91 \Omega.m$  constitué sable graveleux a matrice argileux, et une épaisseur de  $2 m$ ,
- un niveau marneux humide dont la résistivité moyenne est de  $9.20 \Omega.m$ .

**1.2.3. Sondage Parcours 03,** Il s'agit d'une structure composée de trois couches conductrices. Elle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- en surface, un niveau dont la résistivité moyenne est de  $12.79 \Omega.m$ , constitué de terre végétale de  $0.6 m$  d'épaisseur,
- un niveau argileux à argilo-sableux avec une résistivité moyenne de  $10 \Omega.m$ , épais de  $9.00 m$ ,
- un niveau marneux avec une résistivité de  $7.29 \Omega.m$ .

**1.2.4. Sondage Parcours 04,** Le modèle est composé de quatre couches essentiellement conductrices. Il comprend successivement de haut en bas les niveaux suivants :

- un niveau superficiel constitué de terre végétale avec une résistivité de  $14.79 \Omega.m$  et une épaisseur de  $0.5 m$ ,
- un niveau argilo-sableux épais de  $3 m$ , avec une résistivité de  $11 \Omega.m$ ,
- un niveau ayant une résistivité de  $9.52 \Omega.m$  constitué d'argile sablo-graveleuse, épaisse de  $4m$ ,
- un niveau marno-schisteux d'une résistivité de  $15 \Omega.m$ .

**1.2.5. Sondage Parcours 05,** On relève l'existence d'une structure composée de quatre couches conductrices. Elle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- Une terre végétale peu épaisse de résistivité de l'ordre de  $14.39 \Omega.m$ ,
- des argiles sableuses épaisses de  $4 m$  et ayant une résistivité de  $15.1 \Omega.m$ ,
- un niveau avec une résistivité de  $21.8 \Omega.m$  constitué sable graveleux a matrice argileuse, épais de  $4 m$ ,

- un niveau avec une résistivité de  $8 \Omega.m$  constitué de marne schisteuse.

**1.2.6. Sondage parcours 06,** Le terrain est composé de quatre couches conductrices. Il comprend successivement de haut en bas les niveaux suivants :

- Une terre végétale peu épaisse d'une résistivité moyenne de l'ordre de  $11 \Omega.m$ ,
- un niveau constitué d'argile sableuse dont la résistivité moyenne est de  $17 \Omega.m$  et une épaisseur de 4 m,
- un niveau avec une résistivité de  $13.86 \Omega.m$  constitué de sable graveleuse épais de 3.5 m,
- un niveau de marne schisteuse avec une résistivité de  $9 \Omega.m$ .

**1.2.7. Sondage parcours 07,** On relève quatre couches conductrices:

- un niveau superficiel de terre végétale dont la résistivité moyenne est de  $11 \Omega.m$ ,
- un niveau constitué d'argile sableuse avec une résistivité de  $10 \Omega.m$  et une épaisseur de 2.7 m,
- un niveau d'une résistivité de  $17 \Omega.m$  constitué de sable graveleuse a matrice argileuse épais de 5 m.
- un niveau de marne schisteuse avec une résistivité moyenne de  $18 \Omega.m$ .

**1.2.8. Sondage parcours 08,** On peut envisager un modèle géologique à trois terrains essentiellement conducteurs:

- Une terre végétale de résistivité de l'ordre de  $17.13 \Omega.m$ ,
- un niveau avec une résistivité de  $10 \Omega.m$  constitué d'argile sableuse épais de 7.5 m.
- un niveau avec une résistivité de  $11 \Omega.m$  constitué de marne schisteuse.

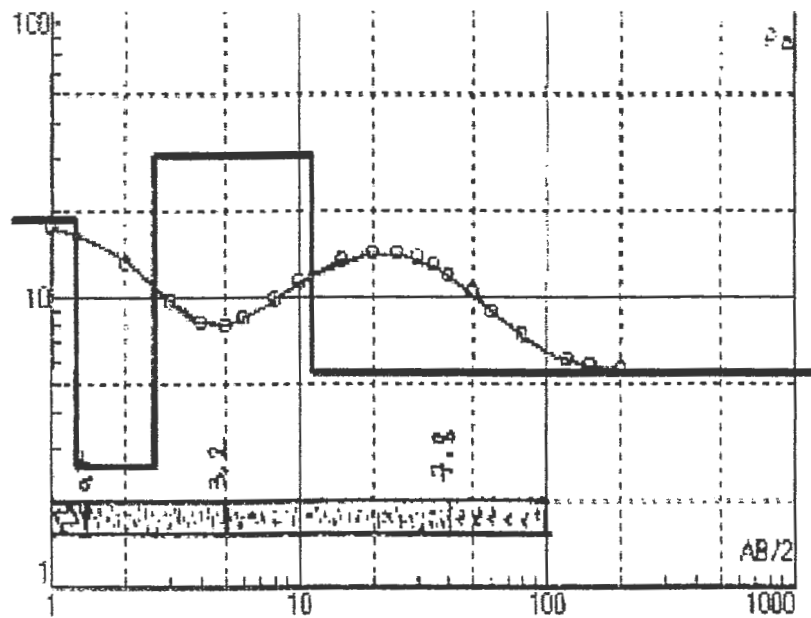
**1.2.9. Sondage parcours 09,** Le terrain est composé de quatre couches conductrices:

- Une terre végétale avec une résistivité équivalente à  $12.79 \Omega.m$ ,
- un niveau épais de 3.5 m, d'une résistivité de l'ordre  $10 \Omega.m$  attribué aux argiles sableuses,
- un niveau avec une résistivité de  $13.32 \Omega.m$  constitué de sable graveleuse à matrice argileuse,
- des marnes schisteuses dont la résistivité moyenne est de  $11 \Omega.m$ .

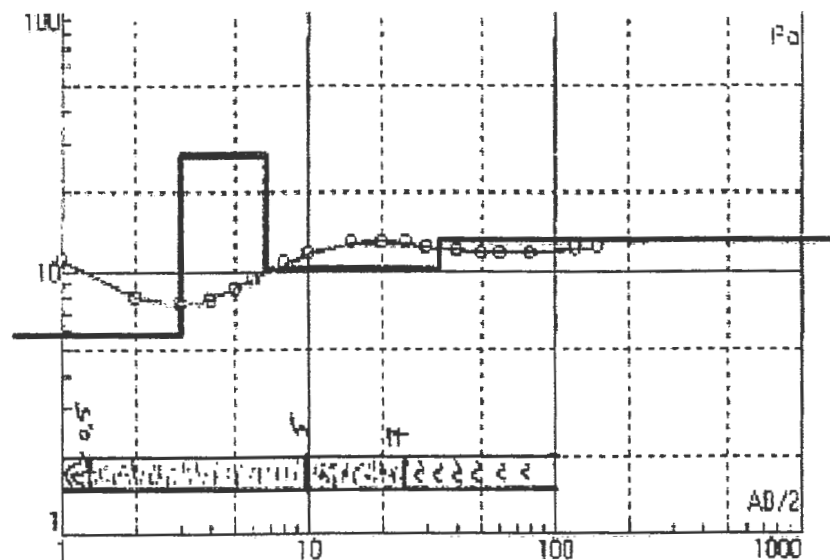
**1.2.10. Sondage parcours 10,** On relève l'existence d'une structure composée de quatre couches conductrices. Elle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- Une terre végétale d'une résistivité de l'ordre de  $12.79 \Omega.m$ ,
- un niveau constitué d'argile sableuse avec une résistivité de  $11.55 \Omega.m$  et une épaisseur de 4 m,
- un niveau épais de 3 m, d'une résistivité de  $14.52 \Omega.m$  attribué au sable graveleux à matrice argileuse et en fin,
- des marnes schisteuses dont la résistivité moyenne est de  $12.2 \Omega.m$ .

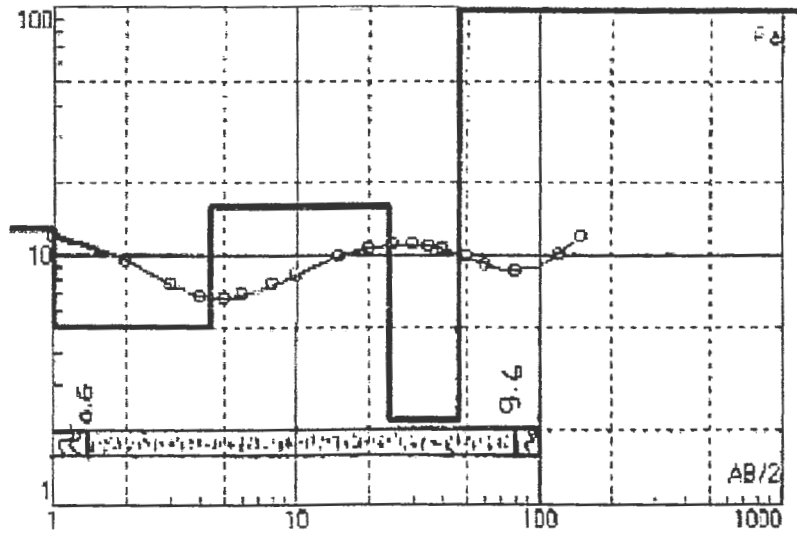
Sondage parcours 1



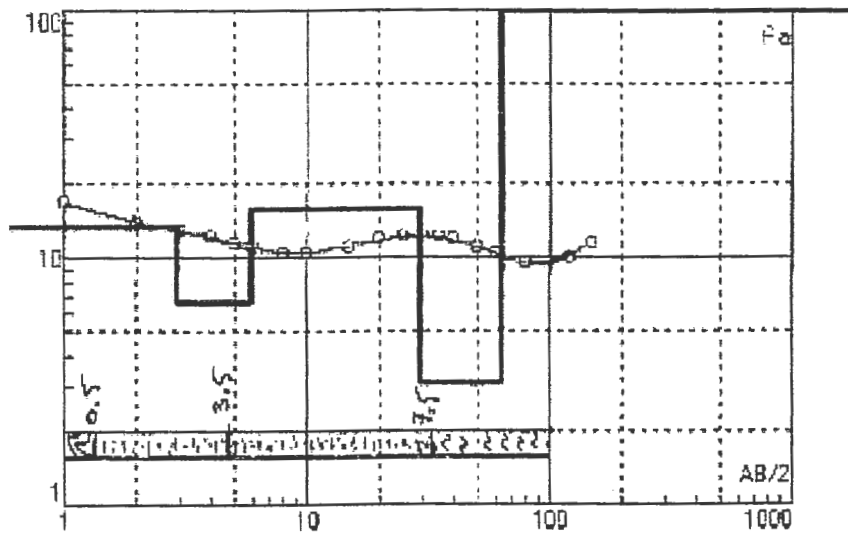
Sondage parcours 2



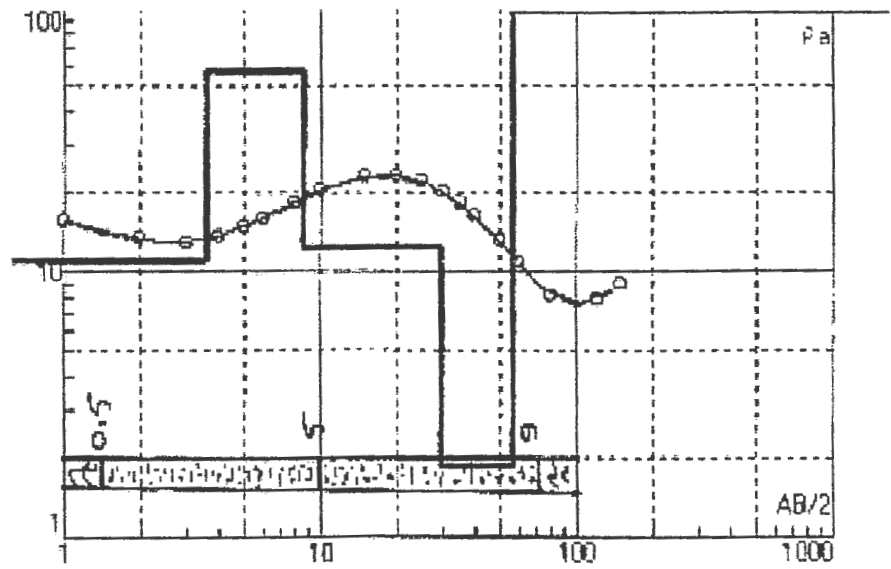
Sondage parcours 3



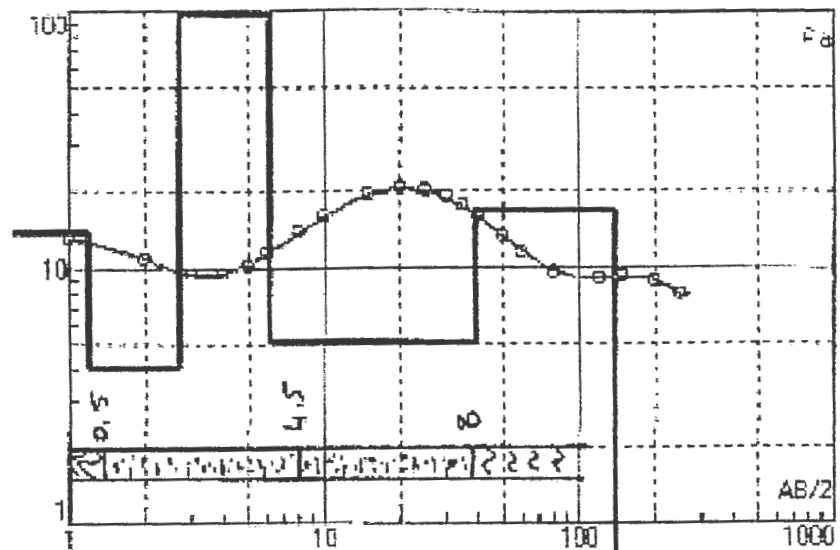
Sondage parcours 4



Sondage parcours 5

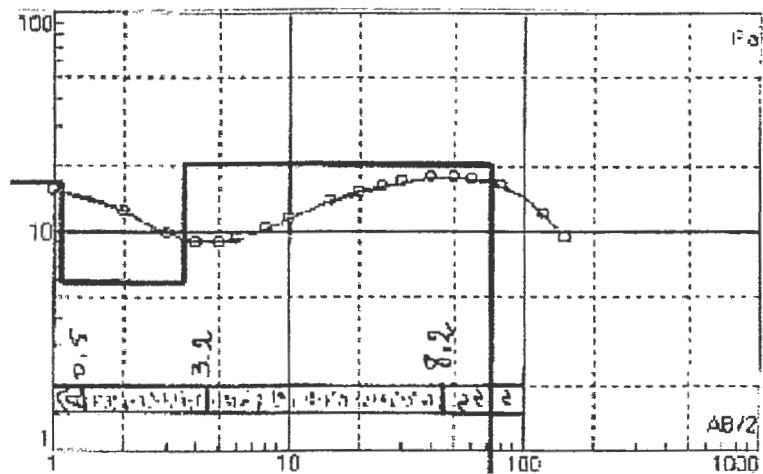


Sondage parcours 6

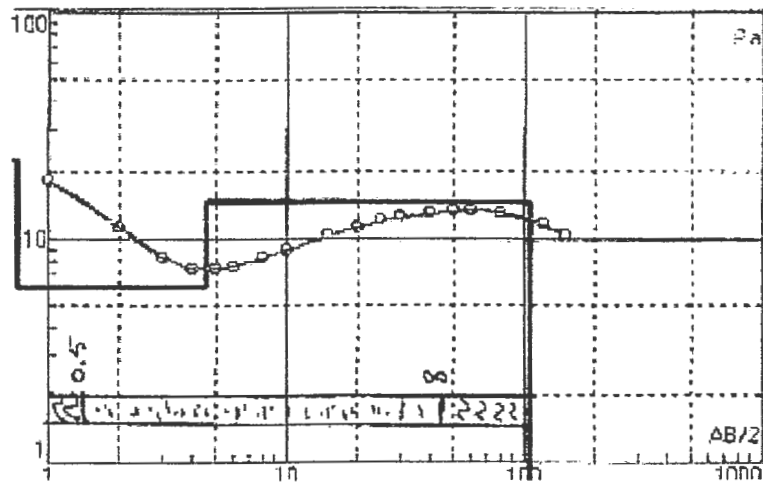




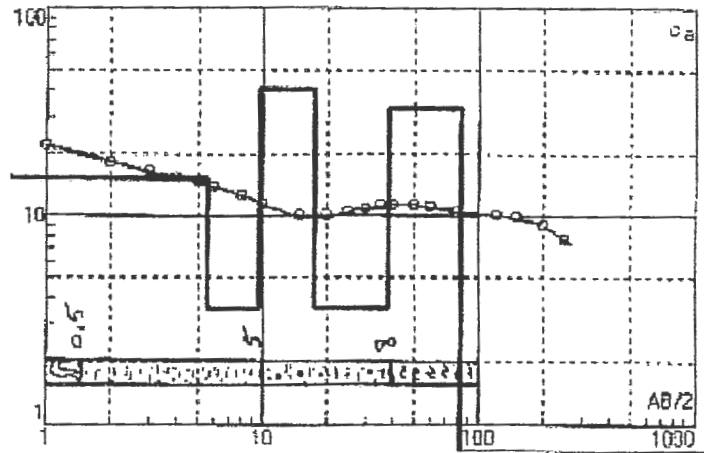
Sondage parcours 7



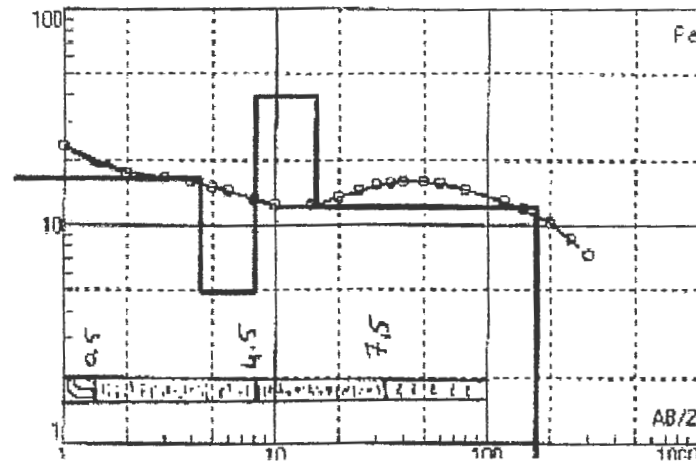
Sondage parcours 8



Sondage parcours 9



Sondage parcours 10







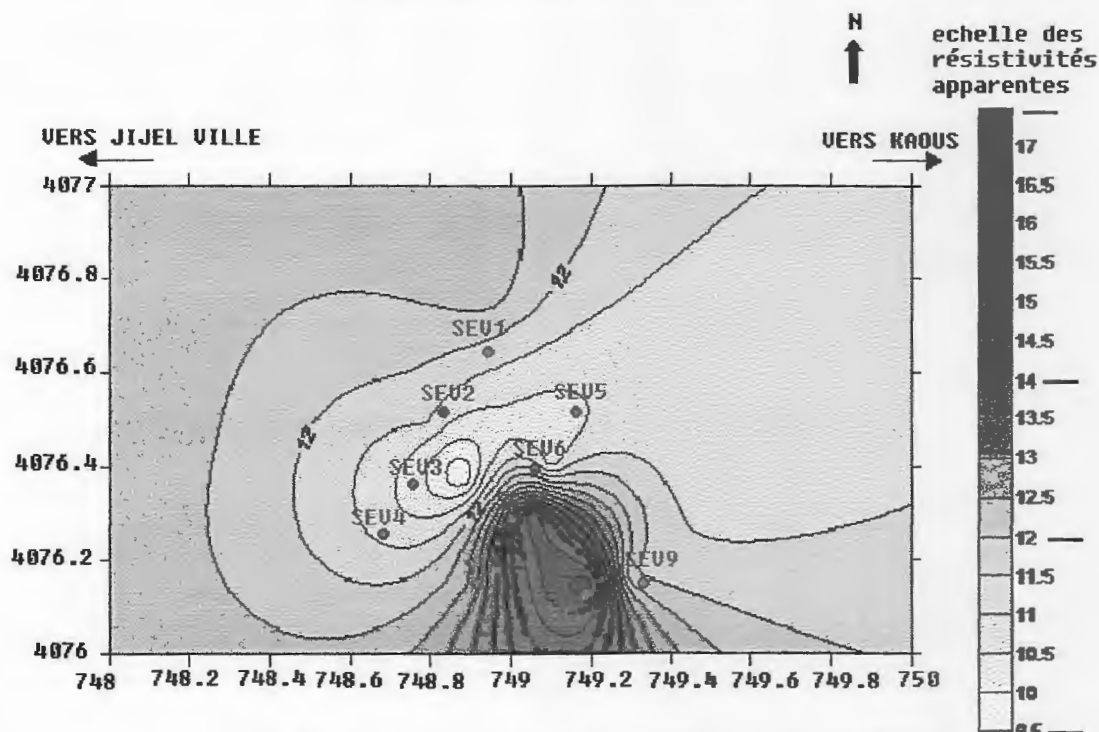
-  terre végétale
-  argile sableuse
-  sable graveleux a matrice argileuse
-  marne schisteuse

Figure IV.3 : courbes des sondages électriques verticaux

### 1.3. Interprétation des cartes d'iso-résistivités apparentes:

#### 1.3.1. Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB = 100$ m



Cette carte est établie pour visualiser en courbes d'égalité de valeurs de résistivités apparentes, la distribution spatiale des différents niveaux résistants et conducteurs enfouis jusqu'à 20 m de profondeur. On pourrait observer :

- une plage résistante de 14 à 17  $\Omega.m$  située au sud de la zone étudiée,
- une deuxième plage moyennement résistante (12 -14  $\Omega.m$ ) située dans la partie ouest de la zone étudiée.
- une troisième plage conductrice (9.5- 12  $\Omega.m$ ) située au centre.

1.3.2. Carte d'iso-résistivités apparentes en  $AB = 160$  m

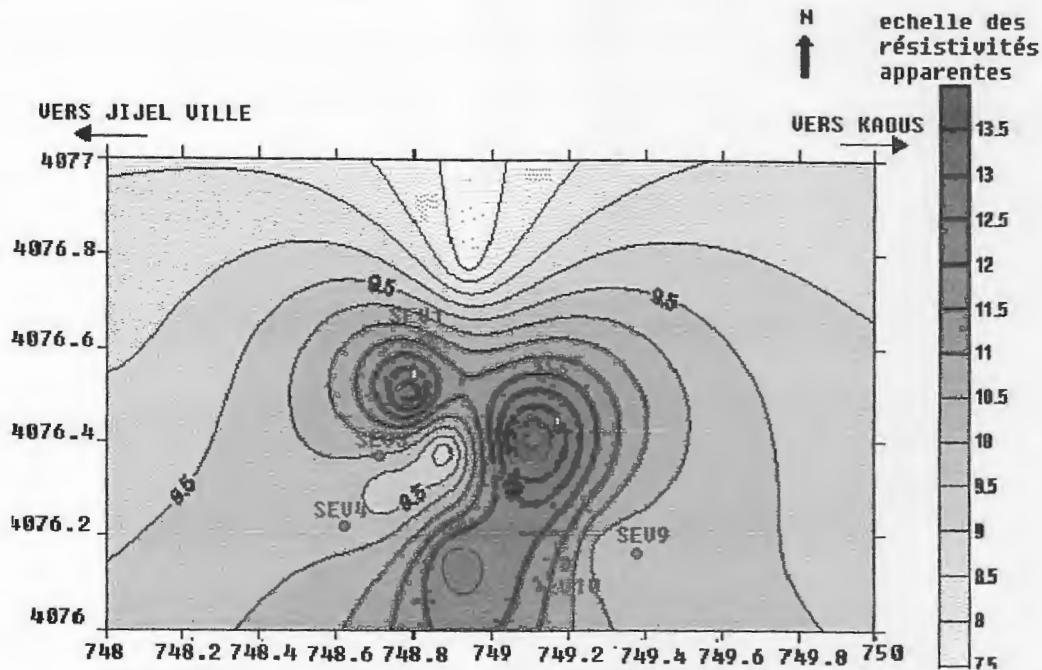


Figure IV.5 : carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 80m$ )  
(SEV : Sondage Electrique Vertical)

Cette carte est composée de 3 plages d'iso-résistivités apparentes :

- une plage résistante (de 11 à 13.5  $\Omega.m$ ) située au centre de la zone étudiée,
- une deuxième plage moyennement résistante (9-10.5  $\Omega.m$ ) entoure la première plage.
- une troisième plage conductrice (7- 9  $\Omega.m$ ) située au Nord.

1.3.3 Carte d'iso-résistivités apparentes en  $AB = 300$  m

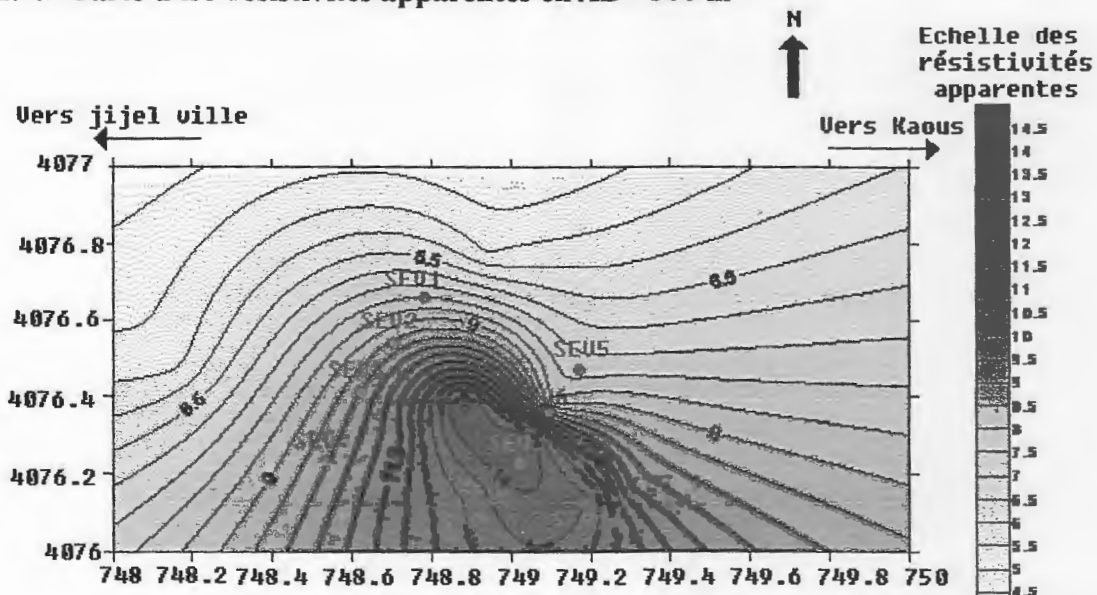


Figure VI.6: carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 150m$ )  
(SEV : Sondage Electrique Vertical)

Cette carte est composée de 3 plages d'iso-résistivité apparente :

- une plage résistante (de 10 à 14.5  $\Omega.m$ ) située au sud de la zone étudiée,
- une deuxième plage moyennement résistante (6.5-10  $\Omega.m$ ) entoure la première plage,
- une troisième plage conductrice (4- 6.  $\Omega.m$ ) située au Nord.

### 1.3.4 Carte d'iso-résistivités apparentes en $AB=400$ m

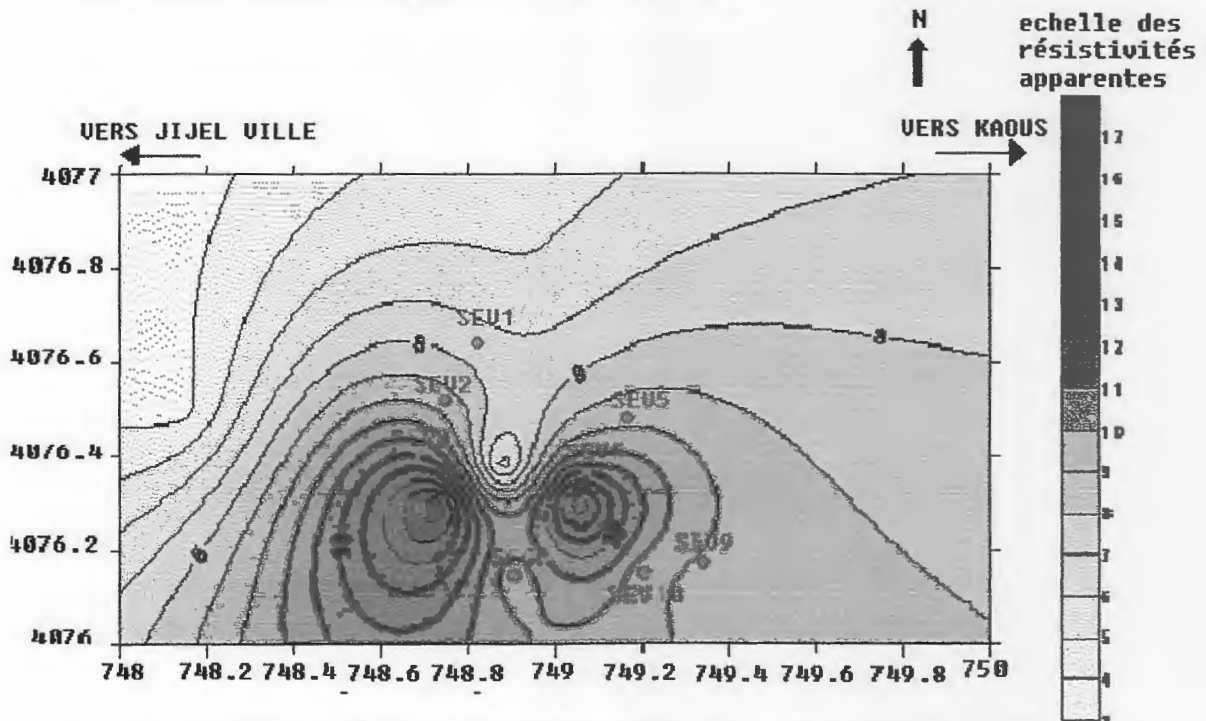


Figure VI.7 : carte d'iso-résistivité apparente transversale ( $AB/2 = 200m$ )  
(SEV : Sondage Electrique Vertical)

Cette carte est composée de 3 plages d'iso-résistivité apparente :

- une plage résistante (de 11 à 17  $\Omega.m$ ) située au Sud de la zone étudiée,
- une deuxième plage moyennement résistante (8-11  $\Omega.m$ ) entoure la première plage et s'étale jusqu'au Sud-Est,
- une troisième plage conductrice (3- 8.  $\Omega.m$ ) située au Nord et Nord Est.

## 2. Etude géophysique de sub-surface à l'aide de la tomographie électrique (ERT ou Imagerie Electrique) du site : "Entrée Est de la ville de Jijel"

### 2.1 Principe de mesure et fonctionnement

La tomographie électrique est une amélioration du traîné électrique classique : on superpose sur un même profil des informations mesurées à partir de dispositif de longueur différentes. Les études d'imagerie électrique sont maintenant largement utilisées pour modéliser les coupes géologiques où le sondage électrique vertical n'est plus adapté. Une

acquisition 2D, mettant en évidence les variations latérales et verticales des résistivités en fonction de la profondeur, utilise un grand nombre d'électrodes connectés à un câble multi-conducteurs et alignés selon un profil prédéfini.

Un résistivimètre sélectionne ensuite selon une séquence prédéfinie les électrodes utilisées pour l'injection du courant et la mesure du potentiel électrique. L'acquisition est programmée de façon à faire varier la position et la distance entre les électrodes utilisées selon les différents protocoles de configuration que l'on connaît déjà tels que le Wenner et le Schlumberger (figure IV.8), mais aussi le pôle-pôle et le dipôle-dipôle.



Photo IV.2 : Centrale d'acquisition: Résistivimètre (Saris/Scintrex) et Electrode de mesure du courant électrique (F. Kessasra, 2009)

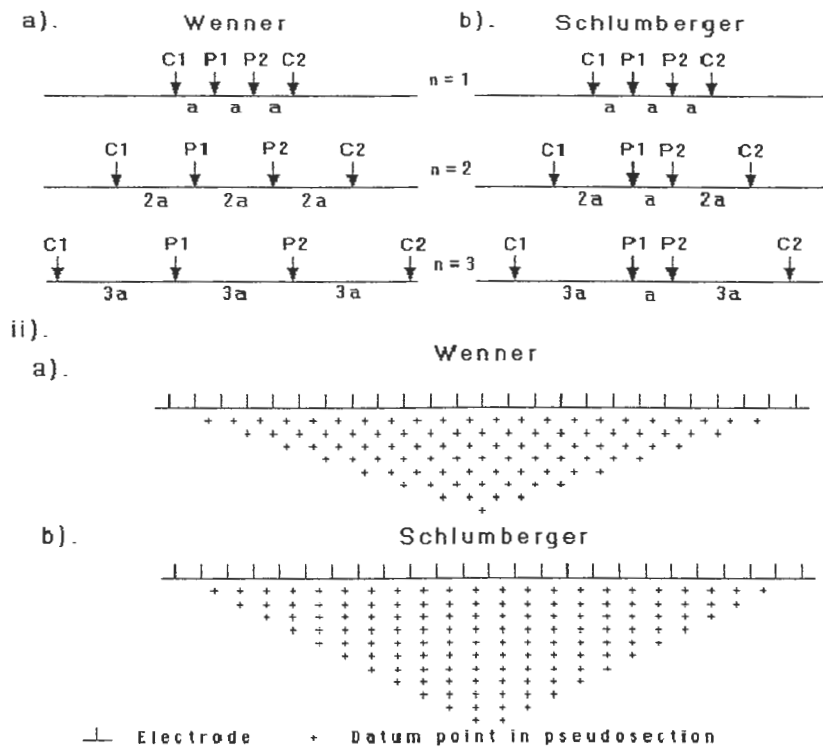


Figure VI.8 : Principe d'acquisition des résistivités électriques, par la méthode de tomographie électrique, selon **a)** le dispositif de Wenner et **b)** le dispositif de Schlumberger

La 1<sup>ère</sup> étape dans l'interprétation des données en tomographie électrique consiste à construire une *pseudo-section*, obtenue en reportant la valeur de la résistivité apparente mesurée au centre du dispositif et à une profondeur dépendant de l'écartement entre les électrodes. Cette représentation conduit à une image préliminaire pour laquelle les valeurs des résistivités et celles des profondeurs ne sont pas correctes. Afin d'obtenir une image quantitative représentant les variations des résistivités réelles (et non apparentes) en fonction de la vraie profondeur, il est nécessaire d'inverser la *pseudo-section*. Cette inversion des données est réalisée suivant un processus itératif: méthode de calculs itératifs, qui tente de minimiser l'écart entre la pseudo-section mesurée et la pseudo-section recalculée à partir d'un modèle de résistivité électrique. Ce modèle est modifié à chaque itération jusqu'à ce que les données mesurées et calculées atteignent une concordance acceptable ou jusqu'à ce qu'aucune nouvelle amélioration ne soit possible. Un modèle est une représentation mathématique idéalisée d'une portion du sous sol. Toutes les méthodes d'inversion tentent essentiellement de déterminer un modèle de sub-surface qui se rapproche au mieux des mesures.

En d'autres termes, un modèle de base "C" est élaboré à partir des données de résistivités apparentes mesurées "A", soit à partir d'informations à priori entrées par

l'utilisateur. L'algorithme calcule ensuite la réponse de ce modèle en résolvant le problème direct (le calcul des résistivités apparentes à partir des résistivités vraies). On obtient alors le profil "B". L'algorithme détermine le degré de différence entre les deux profils "A" et "B". Le modèle "C" est ensuite modifié dans le but de minimiser le degré de différence ou erreur entre "A" et "B". L'opération est alors répétée par calculs itératifs jusqu'à ce que le processus converge c'est-à-dire quand l'erreur ne diminue plus de manière significative.

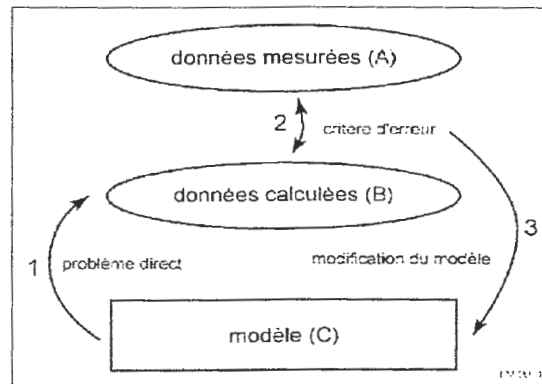


Figure VI.9 : Inversion par méthode itérative

Eu égard des nombreux avantages de la méthode de la tomographie électrique ainsi que l'apport considérable qu'elle pourrait nous fournir à l'étude du sous-sol, notre choix y a été fixé, en complément aux résultats acquis lors de l'étude géophysique par prospection électrique du même site. Parmi ses avantages, la grande flexibilité de ses géométries possibles, la bonne résolution des terrains superficiels, leur balayage continu, son faible coût de mise en oeuvre ainsi que la rapidité du traitement. L'acquisition 2D nous permet donc d'obtenir des données de plus en plus fiables tout en maintenant un coût d'acquisition et de traitement raisonnables. En revanche, le problème des méthodes d'inversion dans le domaine de la géophysique concerne la non unicité des solutions : pour une mesure *i.e* une *pseudo-section*, on peut générer de nombreux modèles d'inversion qui s'approchent de la valeur de résistivité apparente mesurée.

## 2.2 Choix et structure du logiciel (Res2Dinv)

L'outil d'inversion utilisé dans notre étude est le logiciel Res2Dinv. Ce programme utilise la méthode d'inversion des moindres carrés pour produire un modèle 2D de la subsurface à partir de la résistivité apparente.

## 2.3 Principe d'acquisition, corrections des données et discrétisation des profils

Nous avons réalisé sur le site de la Ferme Adouane Ali, le 09 mai 2009, quatre (04) profils d'imagerie électrique dont l'arrangement géométrique des électrodes à différentes



stations de mesure obéit à la configuration de Wenner, soit  $a=AM=MN=BM$  ou  $a=MN=AB/3$ . Ils sont orientés sensiblement Est-Ouest et disposés parallèlement à la RN 43 (Figure 4-2). Le choix de cet arrangement tient compte du fait que notre site est plus ou moins bruyé se trouvant à proximité d'un grand axe routier, d'autant plus, cet arrangement fournit une bonne résolution verticale.

En effet, chacun de ces profils comprend 25 électrodes de mesures dont l'équidistance entre elle est invariable, elle est équivalente à 10 m. Ces électrodes sont alignées sur une distance totale de l'ordre de 240 m. Cette distance est mesurée entre la 1<sup>ère</sup> électrode et la 25<sup>ème</sup>. La distance séparant le 1<sup>ier</sup> profil du 3<sup>ème</sup> ainsi que celle séparant le 2<sup>ème</sup> profil du 4<sup>ème</sup> est approximativement égale à 120 m. Par ailleurs, la distance minimale requise entre deux électrodes lors de l'acquisition des données a été fixée à 10 m, il s'agit de l'espacement  $a$ . Ainsi, elle augmente à fur et à mesure de l'acquisition avec un pas constant de 10 m jusqu'à atteindre la distance maximale de 50 m, soit au total, 80 points de mesures de résistivité apparente pour chaque profil d'imagerie. A cet égard, la profondeur d'investigation est approximativement estimée à 25 m.

Une fois l'acquisition des données sur le terrain est achevée, nous avons entrepris une série de traitement, de corrections et de calculs itératifs nécessaires sur l'ensemble des valeurs mesurées pour chaque profil séparément afin d'obtenir les *pseudo-sections* recherchées et par la suite le modèle inversé et de valider celui qui se rapproche le mieux de notre sous-sol en se référant aux sondages carottés réalisés sur le site en question.

- **Profil Parcours 1**, Le diagramme ci-dessous représente les valeurs des résistivités apparentes en fonction de l'espacement  $a$  entre deux électrodes successives. En effet, la 1<sup>ère</sup> station correspond à 10 m d'espacement, la deuxième à 20 m, la troisième à 30 m, la quatrième à 40 m et enfin la cinquième à 50 m. Certains points de mesure ont été neutralisés (entourés de ronds en rouge sur la figure 4-9), ils correspondent à des erreurs dites systématiques provenant essentiellement des électrodes défectueuses, problèmes de câbles ou mauvais contact entre le sol et les électrodes. Les erreurs dites aléatoires (bruits et courants parasites ou vagabonds) sont éliminées systématiquement lors du passage du transfert du fichier depuis le résistivimètre.

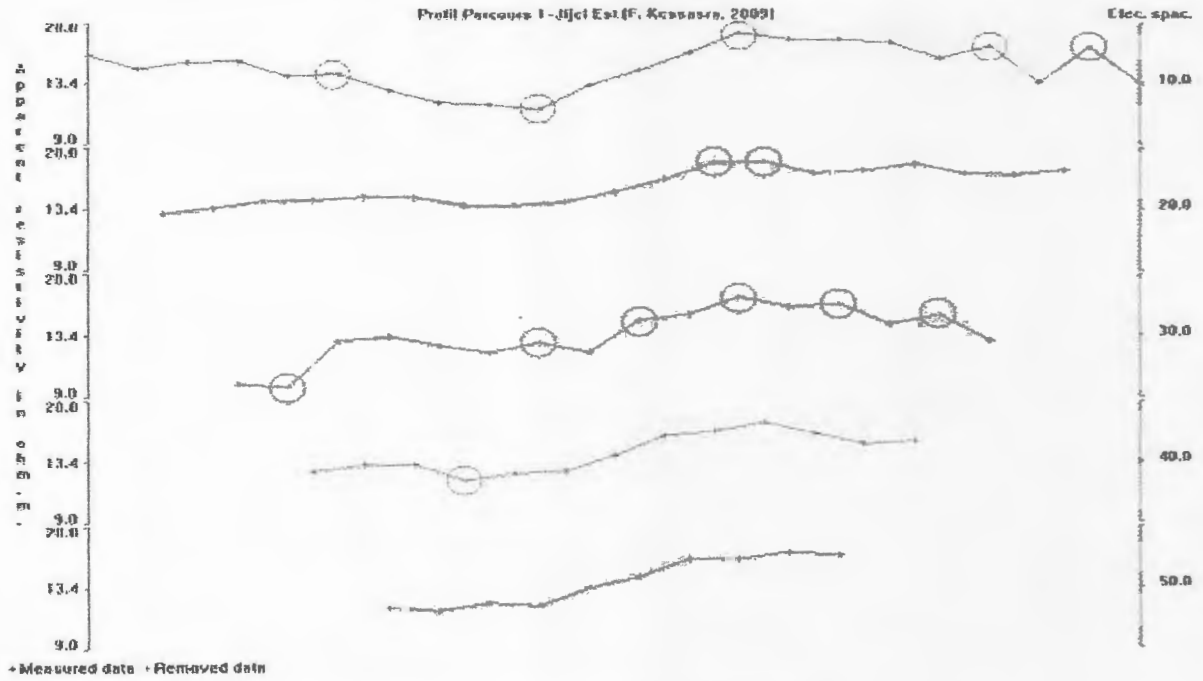


Figure VI.10 : Diagramme des résistivités apparentes du Profil Parcours 1. ○ Bad data points

Le digramme ci-après est obtenu après avoir effectué le processus d'élimination des différents points de mesure jugés erronés ou mauvais, ils sont au nombre de 14. Au final, il en reste que 66 points de mesure pour ce 1<sup>er</sup> profil, à partir desquels notre modèle va fonctionner.

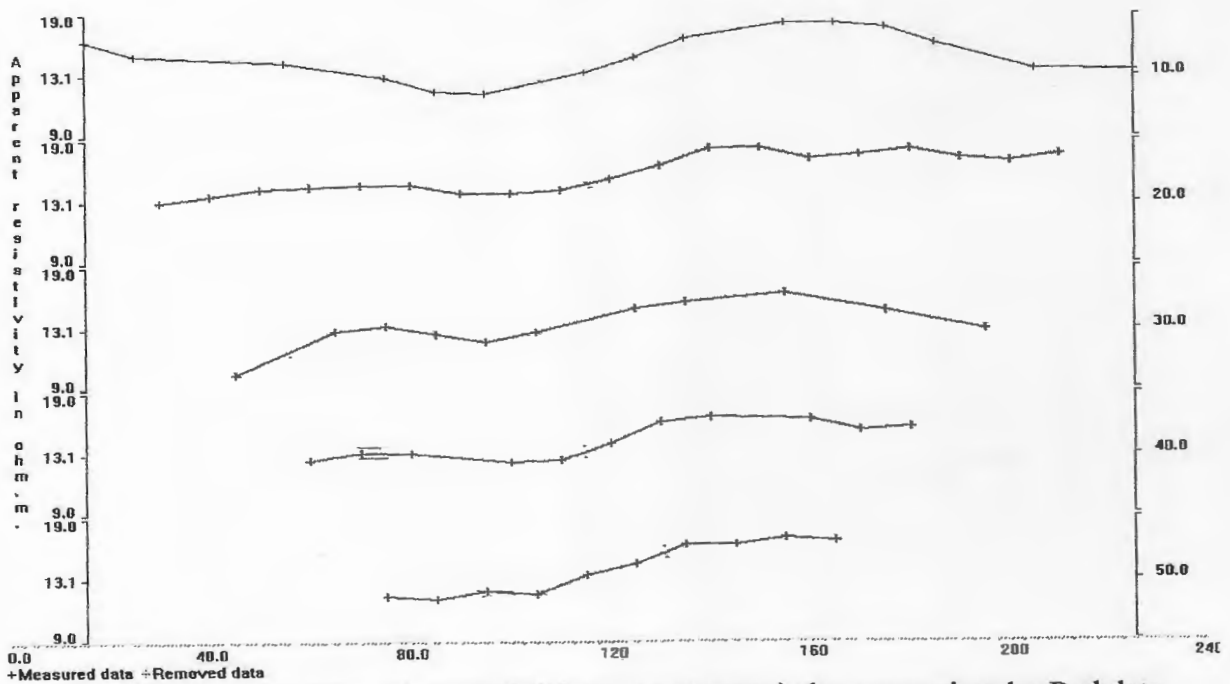


Figure VI.11 : Diagramme des résistivités apparentes après la suppression des Bad data points, Profil Parcours 1

La discrétisation du profil est une étape importante dans la tomographie électrique. En effet, le logiciel Res2Dinv nous offre deux approches de discrétisation possibles: l'approche par la méthode des différences finies et l'approche par la méthode des éléments finis. Dans notre cas la première approche a été retenue. Ainsi, le profil a été discrétisé sous forme de blocs de résistivité homogène. Il en compte au total 858 blocs pour 66 points de mesure (Figure IV-12). Comme la résolution des méthodes électrique diminue avec la profondeur, la taille des blocs utilisés pour l'inversion augmente avec la profondeur.

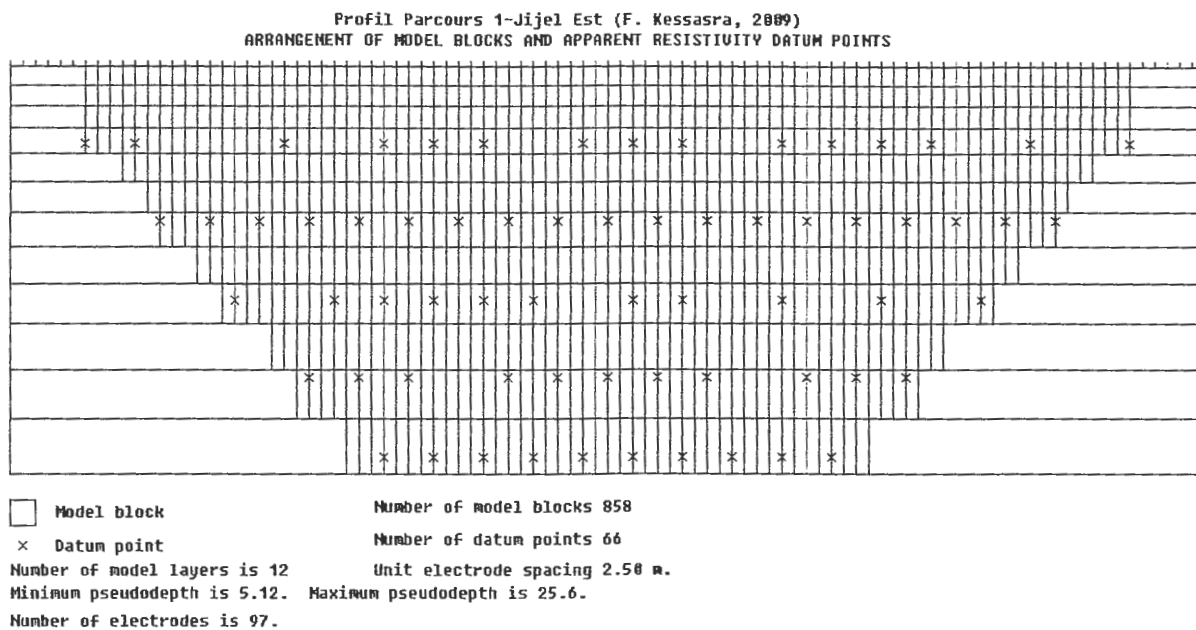


Figure VI.12 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 01

Il est possible de représenter la fonction de sensibilité du modèle, cette fonction nous permet de mesurer l'ampleur de l'influence des variations de la résistivité sur la mesure de la différence de potentiel. Sa valeur est plus élevée à la surface en raison de l'influence des électrodes, elle influencera considérablement la mesure du potentiel.

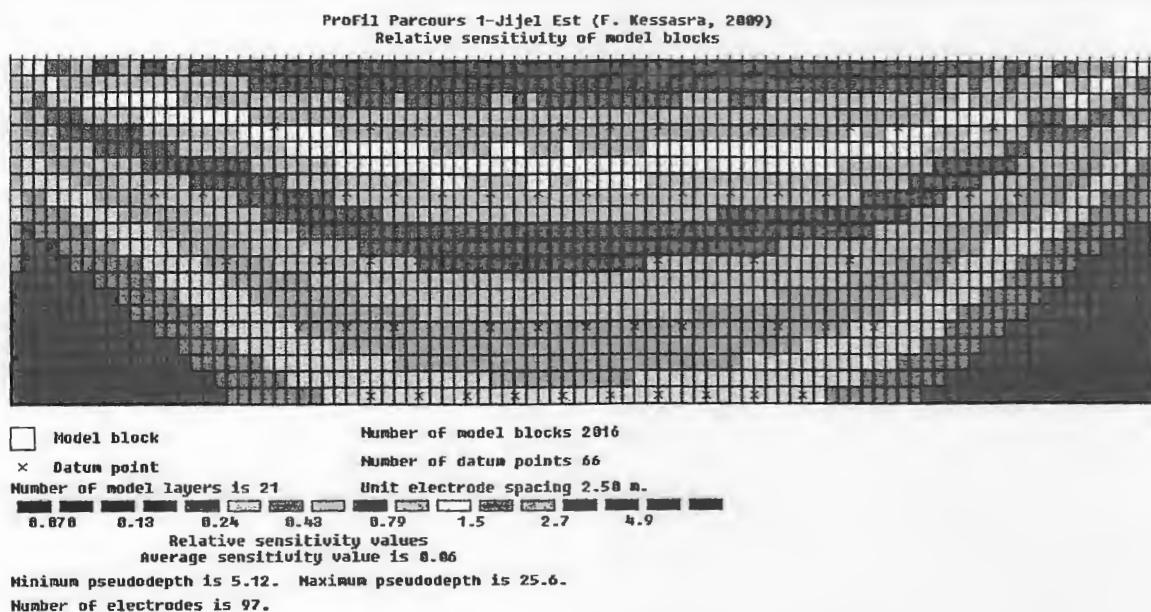


Figure IV.13 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 01

- **Profil Parcours 2**, Le diagramme ci-dessous représente les résistivités apparentes en fonction de l'espacement  $a$  entre deux électrodes successives.

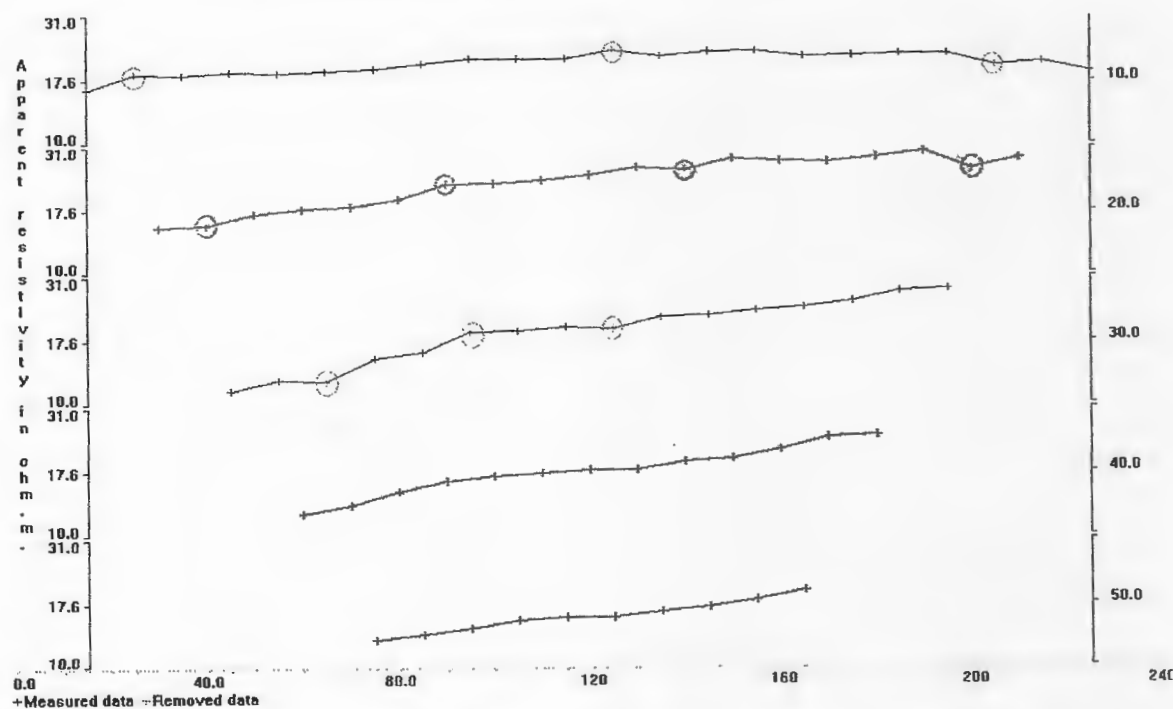


Figure VI-14 : diagramme des résistivités apparentes, parcours2. ○ Bad data points

Le digramme ci-dessous est obtenu après avoir supprimé un certain nombre de points aberrants. Ils sont au nombre de 10. Au final, il en reste que 70 points de mesure, à partir desquels notre modèle va fonctionner.

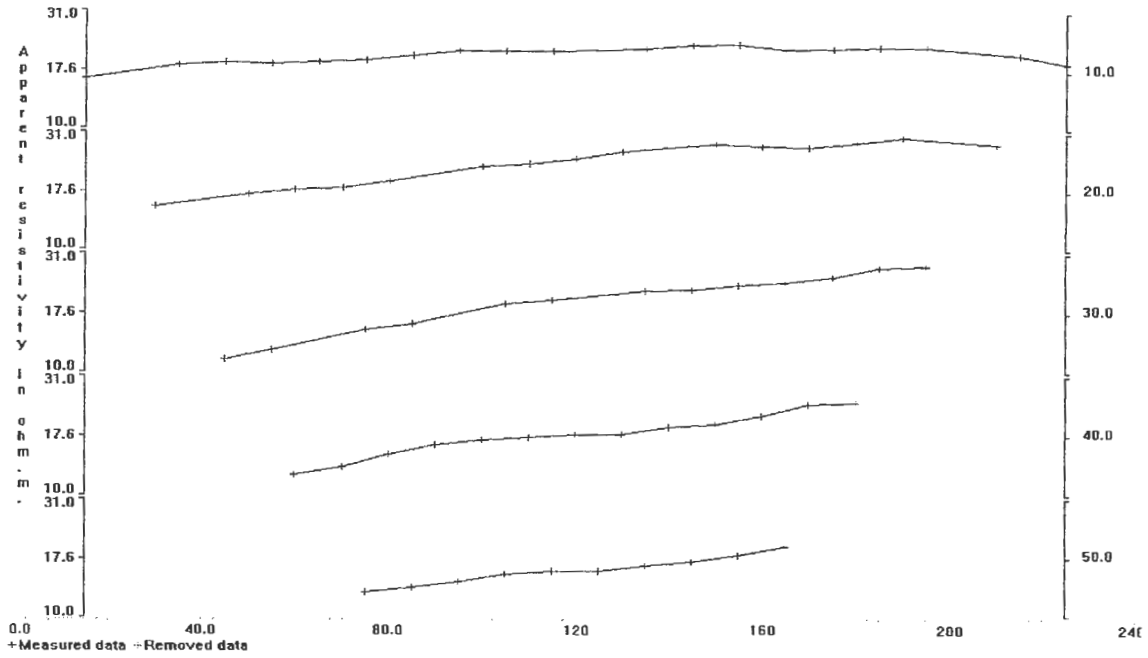


Figure IV.15: diagramme des résistivités apparentes après l'enlèvement des Bad data points parcours2

Ce profil a été discrétisé sous forme de blocs de résistivité homogène. Il en compte au total 858 blocs pour 70 points de mesure (Figure IV.15).

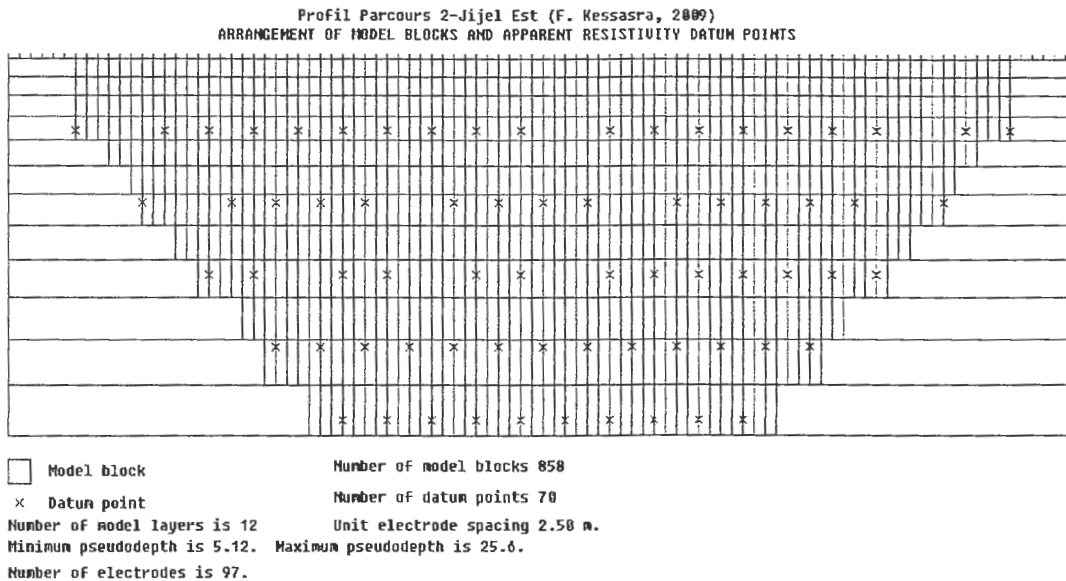


Figure IV.16 : Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 02

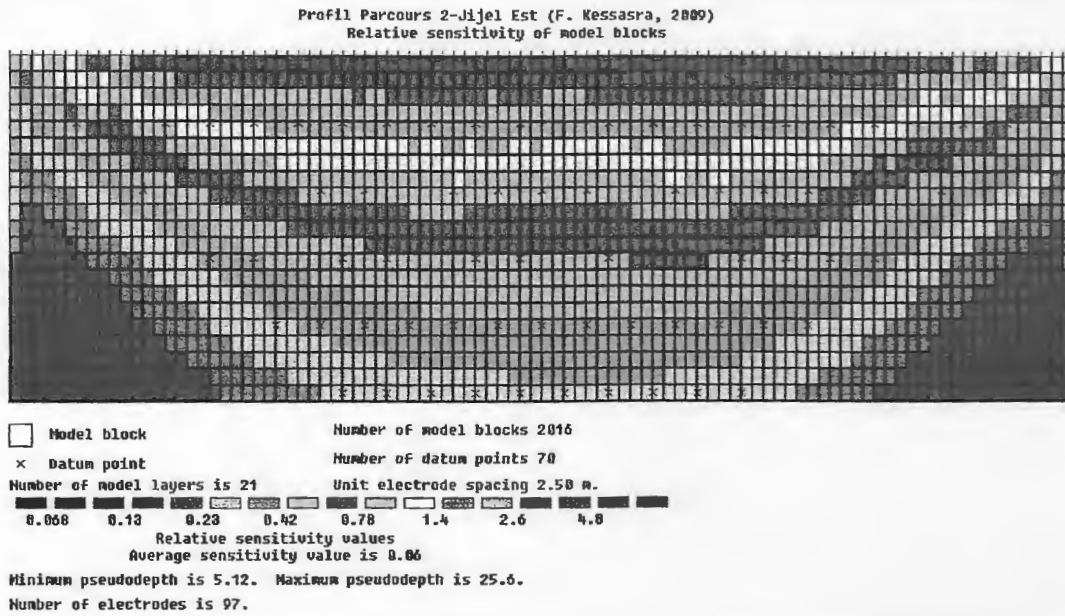


Figure IV.17 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 02

- **Profil Parcours 3**, Le diagramme ci-dessous représente les résistivités apparentes en fonction de l'espacement  $a$  entre deux électrodes successives.

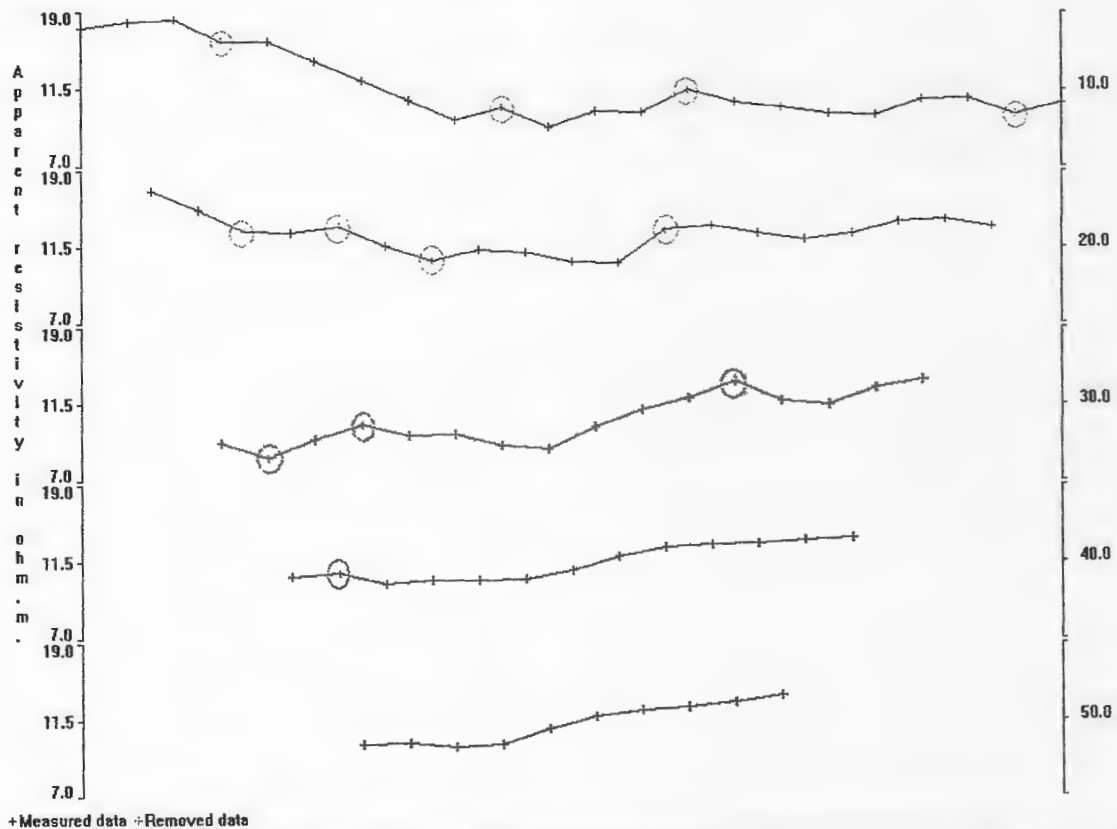


Figure IV.18: diagramme des résistivités apparentes, parcours3. ○ Bad data points

Le digramme ci-après est obtenu après avoir supprimé les points de mesure aberrants, ils sont au nombre de 12. Au final, il en reste que 68 points de mesure.

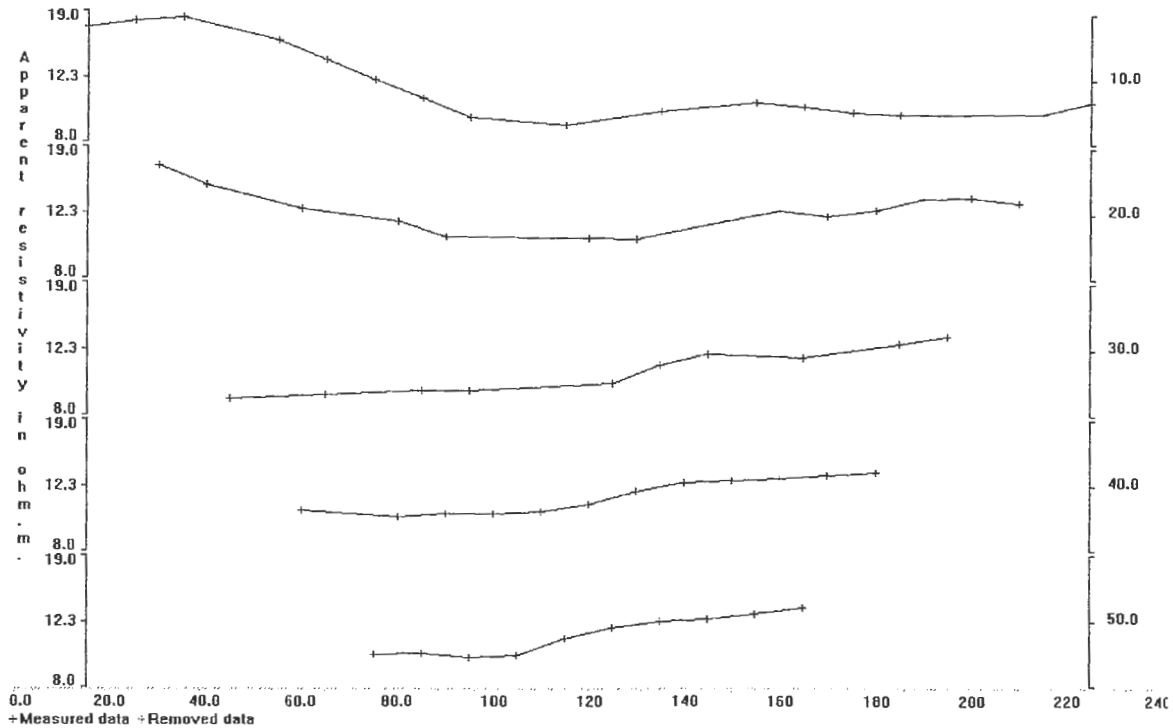


Figure IV.19 : diagramme des résistivités apparentes après l'enlèvement des Bad data points parcours 3

Pour la discrétisation du profil nous avons utilisé la méthode des différences finies. Ainsi, le profil a été discrétisé sous forme de blocs de résistivité homogène. Il en compte au total 296 blocs pour 68 points de mesure (Figure IV.20).

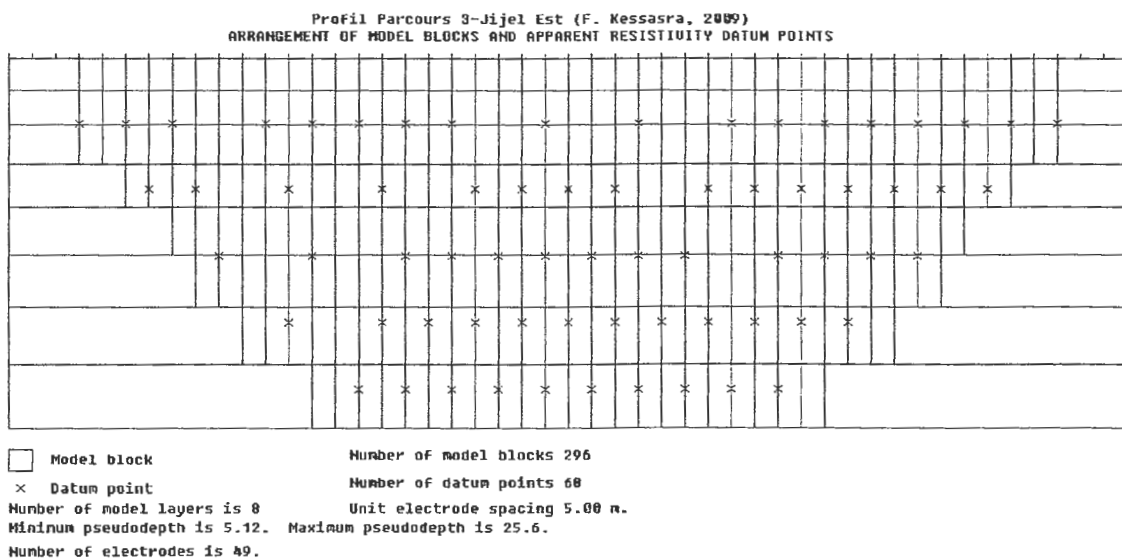


Figure IV.20: Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 03

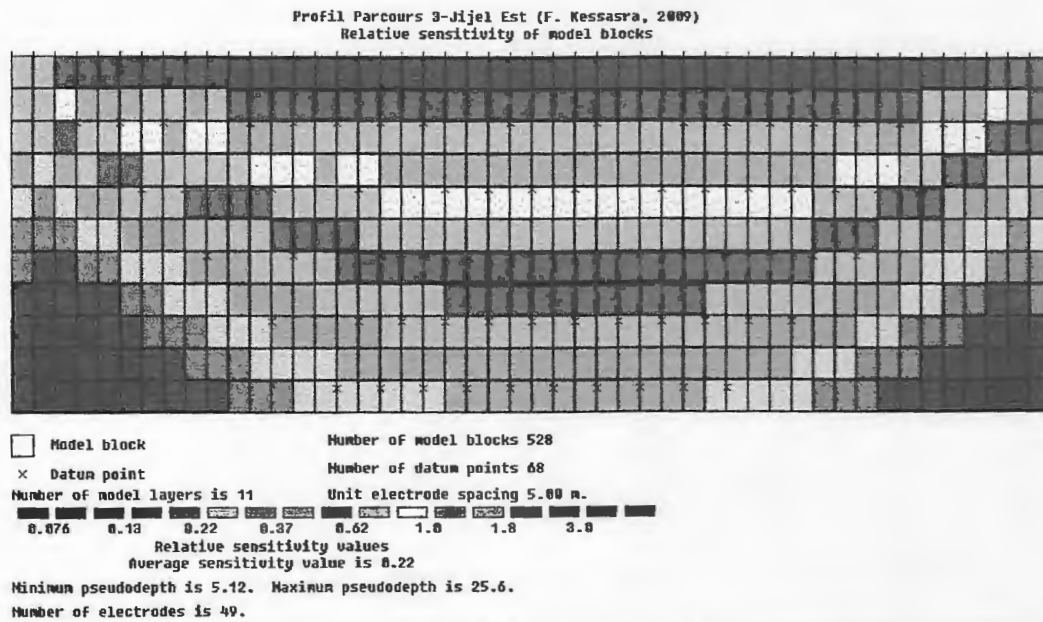


Figure IV.21 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 03

- **Profil Parcours 4**, Le diagramme ci-dessous représente les résistivités apparentes en fonction de l'espacement  $a$  entre deux électrodes successives.

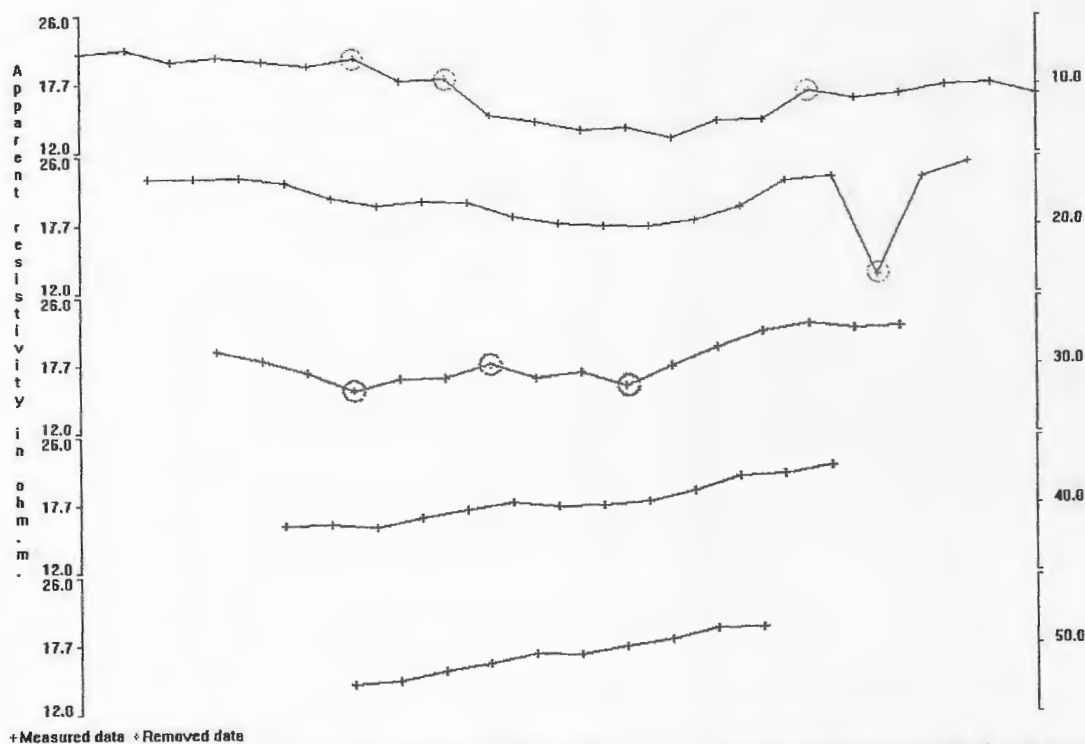


Figure IV.22 : diagramme des résistivités apparentes parcours 4. O Bad data points

Le digramme ci-après est obtenu après avoir supprimé des points de mesure jugés erronés ou mauvais, ils sont au nombre de 7. Au final, il en reste que 73 points.



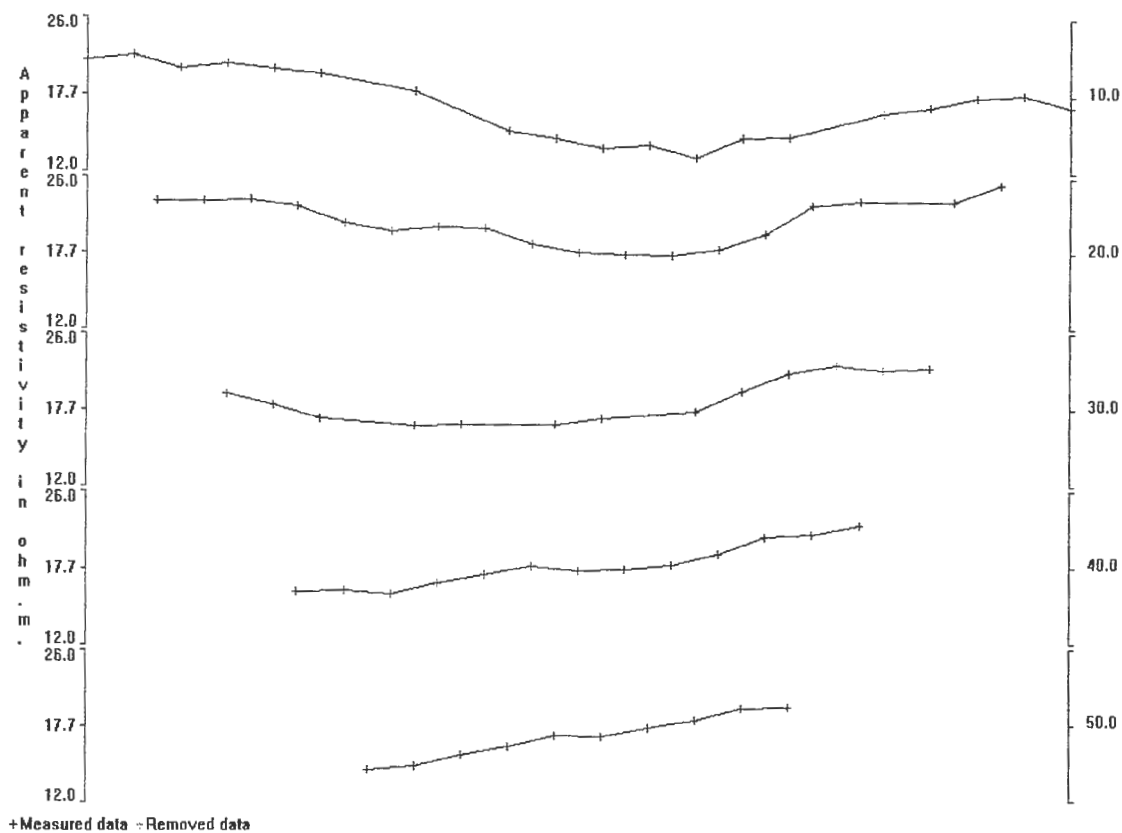


Figure IV.23: diagramme des résistivités apparentes après l'enlèvement des Bad data points parcours4

Ce profil a été discrétisé sous forme de blocs de résistivité homogène. Il en compte au total 858 blocs pour 73 points de mesure (Figure IV.24).

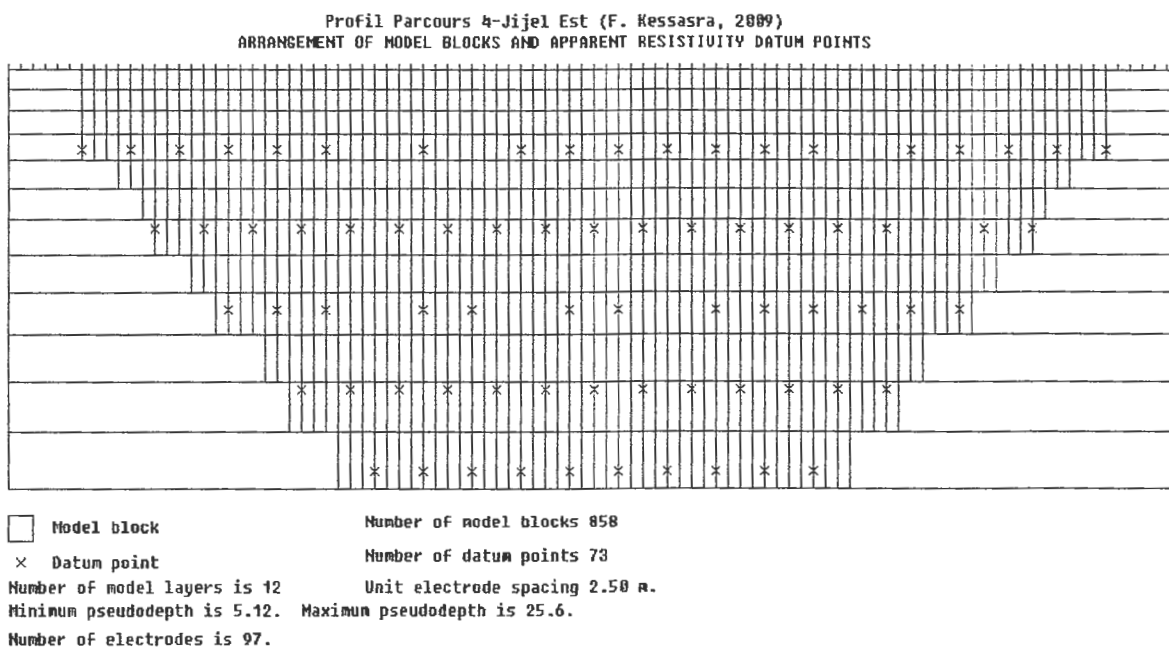


Figure IV.24: Maillage de la pseudo-section du profil Parcours 04

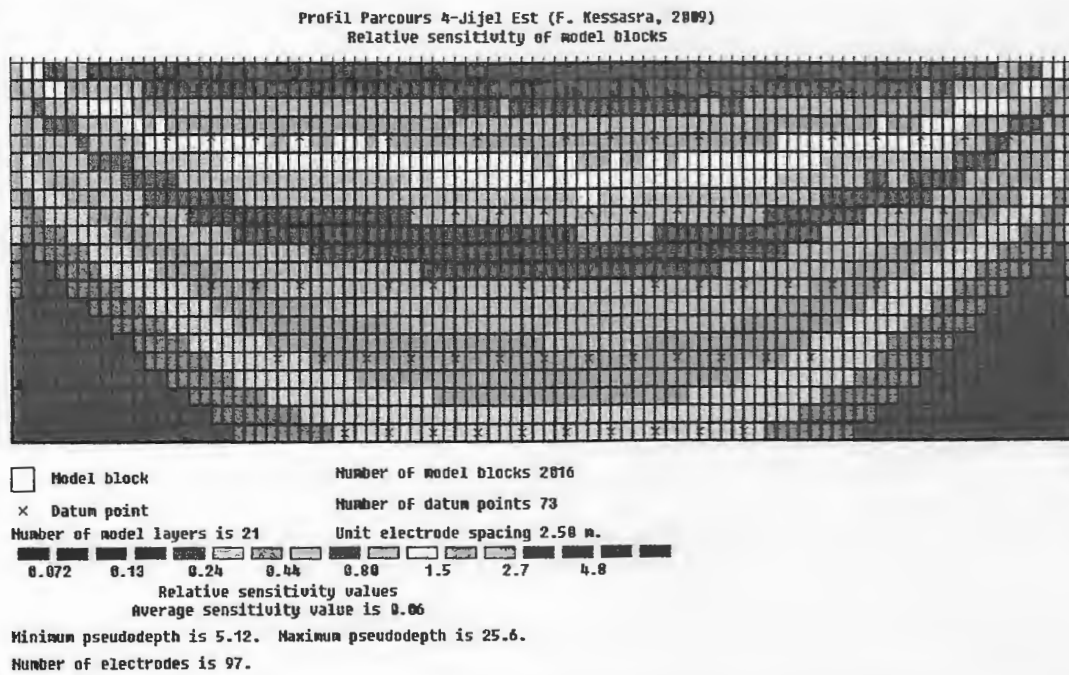


Figure IV.25 : sensibilité de la pseudo-section du profil Parcours 04

### 2.4 Méthode d'inversion des résistivités apparentes et discussion des résultats

Profil Parcours 01

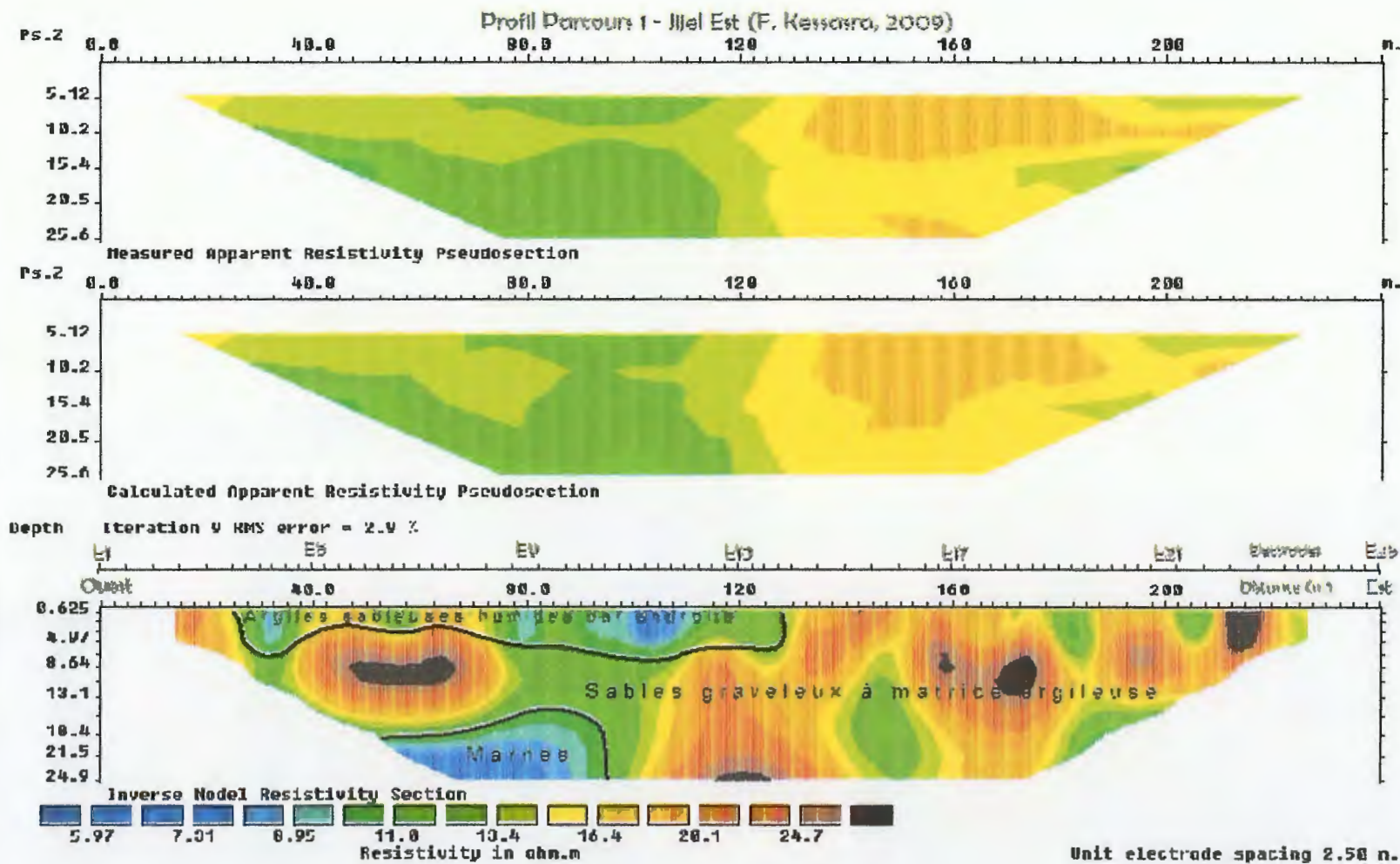


Figure IV.26 : pseudo section du profil parcours 1

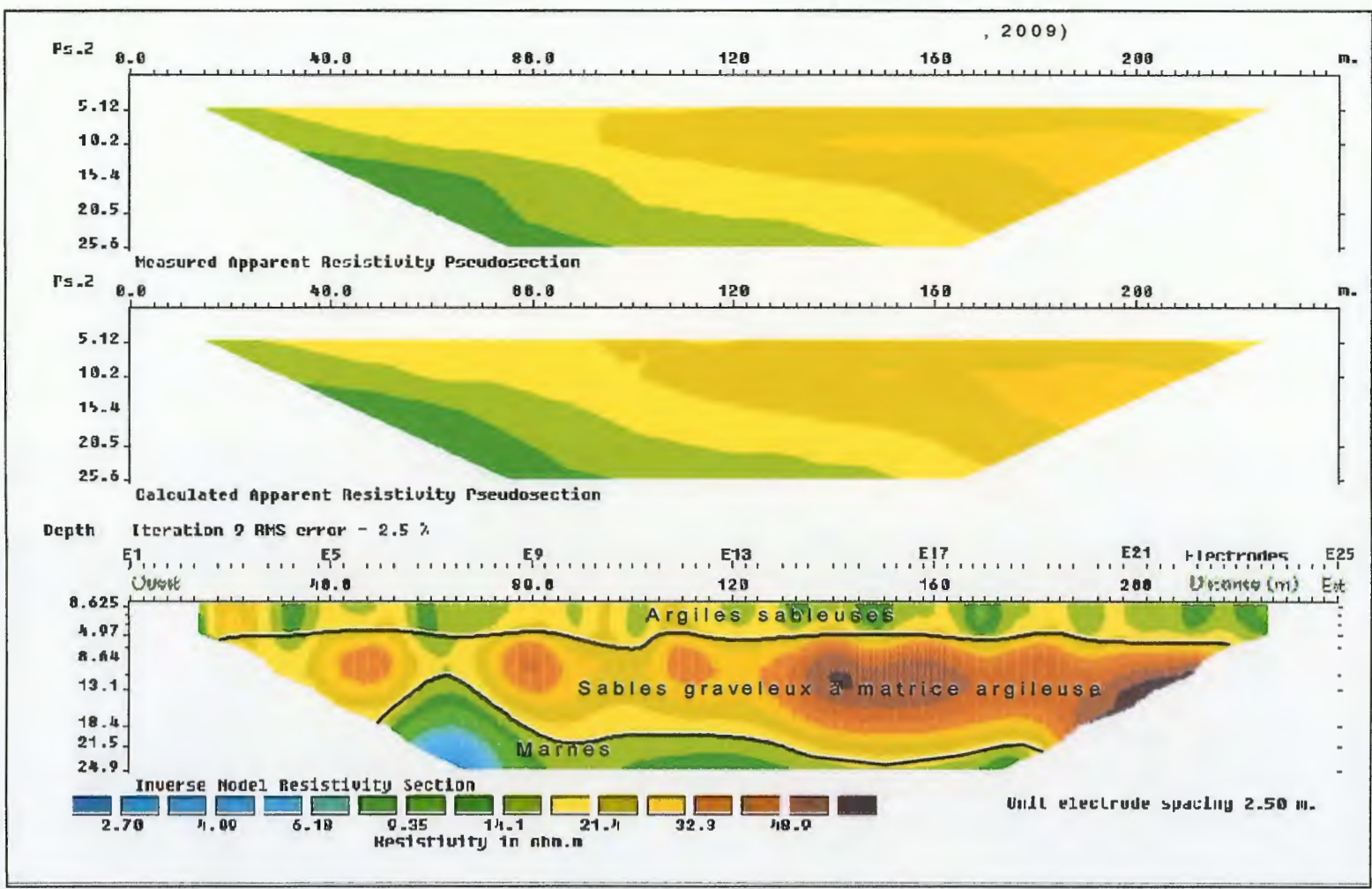
La pseudo section du profil: parcours 1 (figure VI-25) montre un fort degré d'hétérogénéité dans les distributions spatiales des paramètres inversés. Ainsi, le profil permet de retrouver:

- une zone conductrice à très conductrice dont la résistivité varie de 5.97  $\Omega.m$  à 8.95  $\Omega.m$ , constitué essentiellement de marne humide localisée aux profondeurs. Cette anomalie conductrice (en bleu sur la figure VI. 26) est épaisse d'environ 6 m,

- une zone moyennement conductrice dont la résistivité varie de 11.8  $\Omega.m$  à 13.4  $\Omega.m$  (en vert sur la figure), que l'on peut associer à des niveaux d'argile sableuse humide par endroit avec une épaisseur moyenne de 8m situé en surface,

- une zone résistante qui correspond à une résistivité moyenne de 24.7  $\Omega.m$  associées aux sables graveleux a matrice argileuse. Il s'agit d'une zone située a l'Est du profil à une profondeur de 8.46 m et qui se prolonge au centre du profil vers les profondeurs et a l'Ouest jusqu'à son affleurement à la surface

- Profil Parcours 02



Cette pseudo-section (figure IV-27) montre un moyen degré d'hétérogénéité. Ainsi, le profil permet de retrouver:

- une zone conductrice à très conductrice dont la résistivité varie de  $4.09 \Omega.m$  à  $6.18 \Omega.m$ , Cette anomalie conductrice (en bleu) est constituée essentiellement de marne humide située aux profondeurs, avec une épaisseur moyenne de 6m

- une zone moyennement conductrice dont la résistivité varie de  $9.35 \Omega.m$  à  $21.4 \Omega.m$  et une épaisseur moyenne de 6 m (en vert et jaune sur la figure) située le long de la surface d'Est en Ouest, que l'on peut associer à des niveaux d'argile sableuse,

- une zone résistante dont la résistivité varie de  $32.3 \Omega.m$  à  $48.9 \Omega.m$  associée aux sables graveleux à matrice argileuse. Cette anomalie résistante (en mauve) s'étale d'Est en Ouest du profil sous forme d'une lentille à une profondeur moyenne de 13.1 met une épaisseur moyenne de 14 m.



Profil Parcours 03

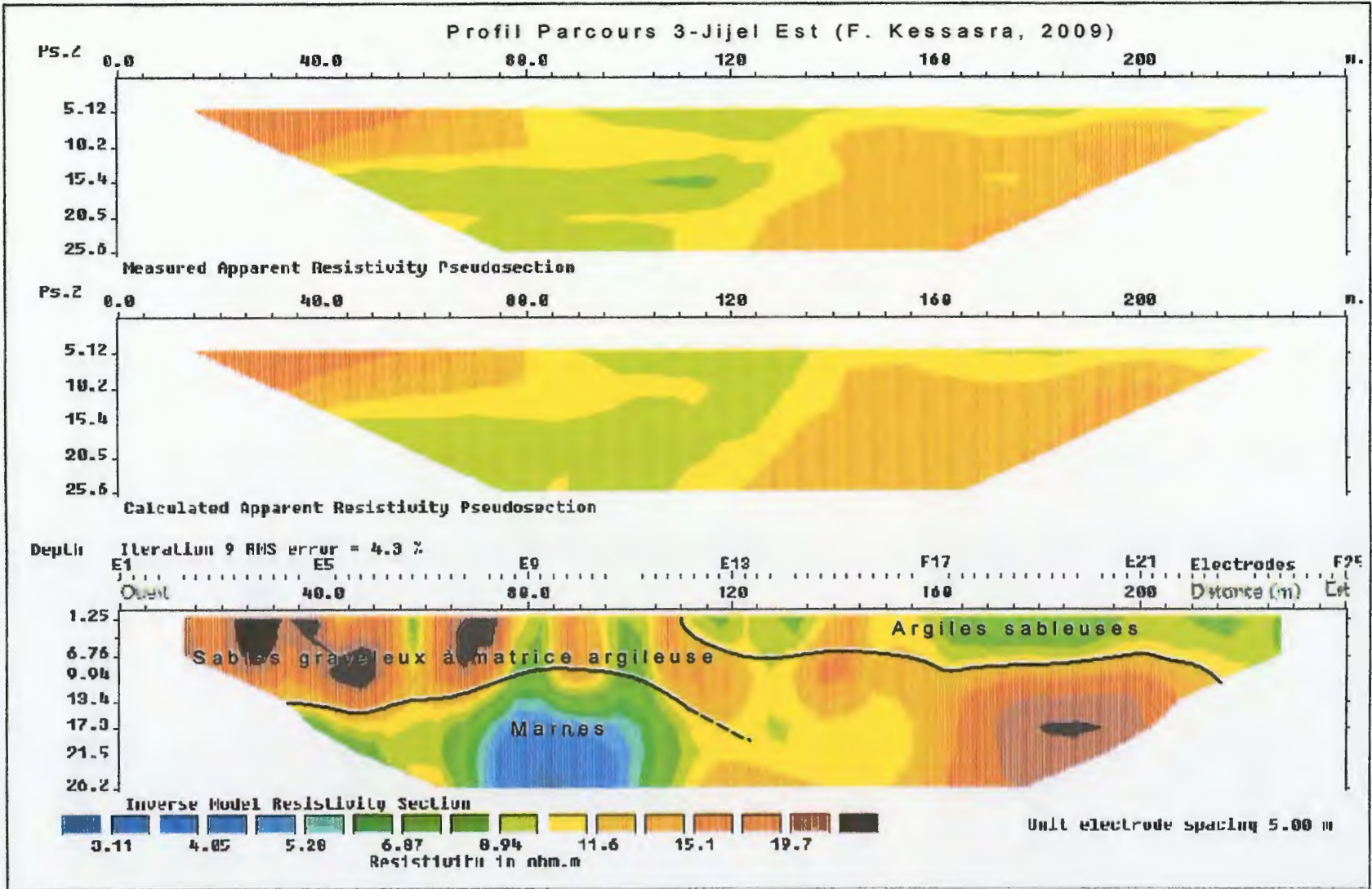


Figure IV-28 : La pseudo section du profil: parcours 3

Ce profil permet de retrouver:

- une zone conductrice à très conductrice (en bleu sur la figure IV.28) dont la résistivité varie de 3.11  $\Omega.m$  à 5.28  $\Omega.m$ , constituée essentiellement de marne humide localisée en profondeur à partir de 13.4 m.

- une zone moyennement conductrice dont la résistivité varie de 6.87  $\Omega.m$  à 8.94  $\Omega.m$  (en vert sur la figure IV.28), que l'on peut associer à des niveaux d'argile sableuse. Avec une épaisseur moyenne de 9.5 m,

- Une zone résistante ayant une résistivité moyenne qui varie entre 15.1  $\Omega.m$  à 19.7  $\Omega.m$  que l'on associe à des sables graveleux à matrice argileuse. Il s'agit de la zone située à l'Est du profil à une profondeur de 17.3 m et qui se prolonge vers l'Ouest jusqu'à son affleurement à la surface.



- Profil Parcours 04

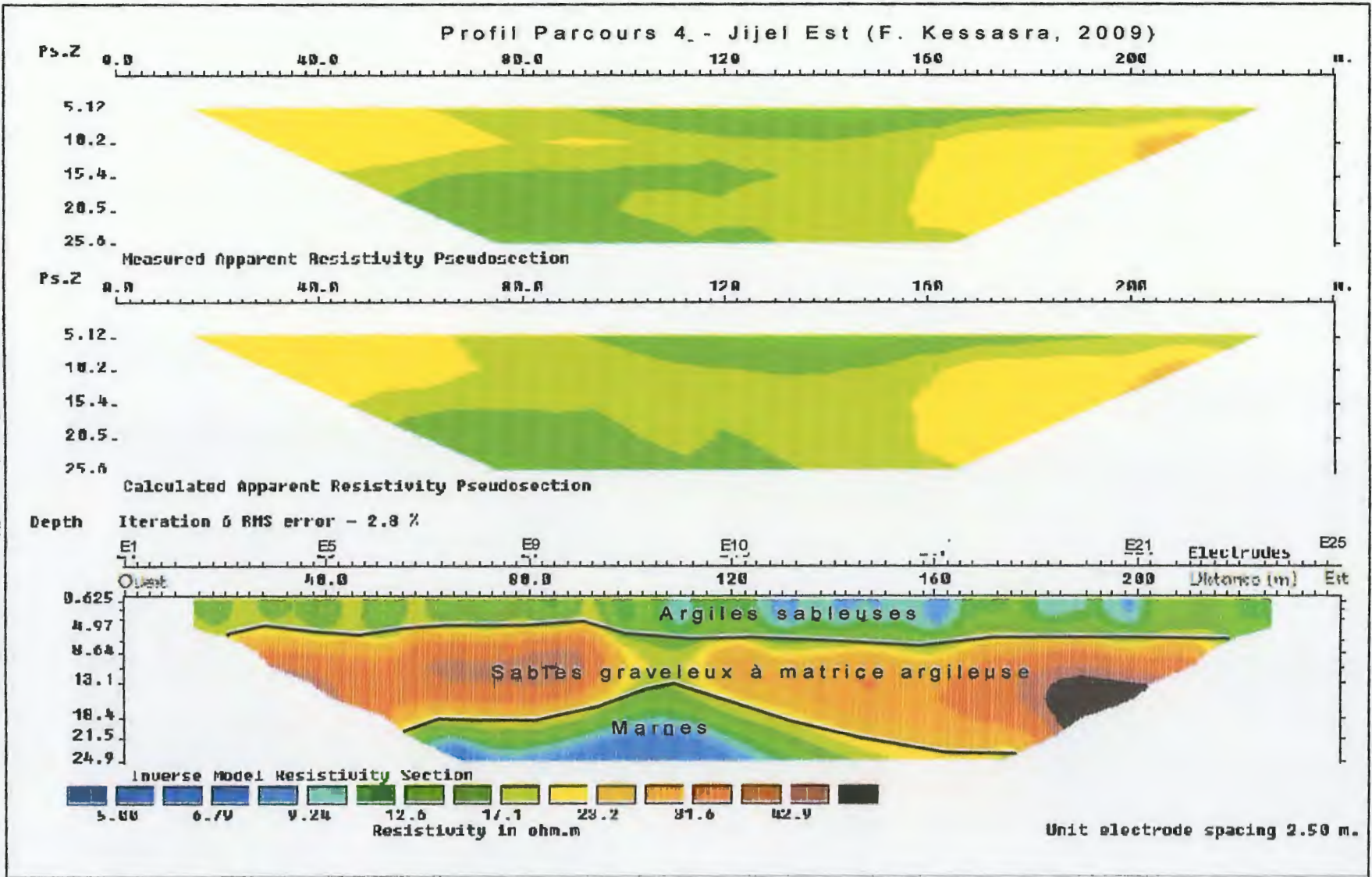


Figure IV.29: Le pseudo section du profil: parcours 4

La pseudo section du profil: parcours 4 (figure IV.29) montre un degré moyen d'hétérogénéité dans les distributions spatiales des paramètres inversés. Ainsi, le profil permet de retrouver:

- Une zone conductrice à très conductrice dont la résistivité varie de  $5 \Omega.m$  à  $9.24 \Omega.m$ , constituée essentiellement de marnes plus ou moins humide se trouvant à 21 m de profondeur,

- une zone moyennement conductrice située le long du profil d'Est en Ouest dont la résistivité varie de  $12.6 \Omega.m$  à  $17.1 \Omega.m$  (en vert sur la figure IV.29) avec une épaisseur moyenne de 6 m, que l'on peut associer à des niveaux d'argile sableuse humides par endroits,

- une zone résistante dont la résistivité varie de  $31.6 \Omega.m$  à  $42.9 \Omega.m$  épaisse de 12 m associée aux sables graveleux à matrice argileuse. Cette anomalie résistante (en mauve sur la figure IV.29) est située au centre du profil se prolongeant d'Est en Ouest.

Il est à noter que dans les profils des parcours 02 et 04 en remarque que toutes les formations de haut en bas : argile sableuse, sable graveleux a matrice argileuse et marnes, s'allongent d'Est en Ouest.

dans les profils des parcours 01 et 03 les formation sont sous forme de lentilles, il n y a pas de continuité.

Les profils des parcours 02 et 04 sont parallèles en remarques aussi une continuité des formations dans la direction Nord-Sud, par contre en remarque pas cette continuité dan les profils parallèles des parcours 01 et 03

## Conclusion

*La campagne géophysique de sondages électriques verticaux et d'imagerie électrique, réalisée au niveau du site « entré Est de Jijel » a permis de mieux comprendre la structure du terrain. Les données géo-électriques enregistrées ainsi que les pseudo-sections obtenues, montrent un important degré d'hétérogénéité dans les distributions spatiales des différentes formations qui constituent le sous-sol.*

*Cette approche couplée en géophysique a permis d'établir une image approximative du sous-sol caractérisé par des discontinuités assez fréquentes. A cet égard, l'existence de nombreuses lentilles de différentes natures et tailles au détriment de couches lithologiques continues nous a rendu la tâche plus difficile.*

*En effet, le modèle géologique que l'on propose est formé essentiellement de trois types de formations majeures, de bas en haut:*

- *Le premier correspond à des marnes humides, où la résistivité est d'environ 5  $\Omega.m$ ,*
- *Le deuxième correspond à des sables graveleux à matrice argileuse avec une résistivité de 24  $\Omega.m$ .*
- *Le troisième est argilo-sableux humide par endroit dont la résistivité est de l'ordre de 12  $\Omega.m$ ,*

	Terre végétale	Argile sableuse	Sable graveleux à matrice argileuse	marnes
Sondage carotté	++	++	++	++
Pénétromètre dynamique	+	+	++	+
Tomographie électrique	-	+	++	++
Sondages électriques verticaux	++	+	++	+

Tableau IV.1 :Récapitulation des résultats géotechnique et géophysique. (++ : bien observée ; + : observée avec difficulté ; - :pas observée).

# *Chapitre 5*

*Synthèse Hydrologique et Hydrogéologique*

## 1. Introduction:

Dans la région de Jijel, la topographie représente un bon indicateur des potentiels gravitationnels mis en jeu dans le processus d'écoulement de surface, car c'est le mode d'écoulement dominant. Nous tenons à signaler que les écoulements répétés des eaux de surface sont responsables de la création des talwegs.

## 2. Analyse morphométrique du bassin versant:

### 2.1. situation géographique:

Selon la carte de situation des bassins versants en Algérie, la région de Jijel dont fait partie le secteur étudié appartient au grand bassin versant côtiers Constantinois Ouest (bassin versant N° 03) qui occupe une superficie de :  $S = 2724 \text{ km}^2$  soit 23.67% de la superficie totale du bassin.

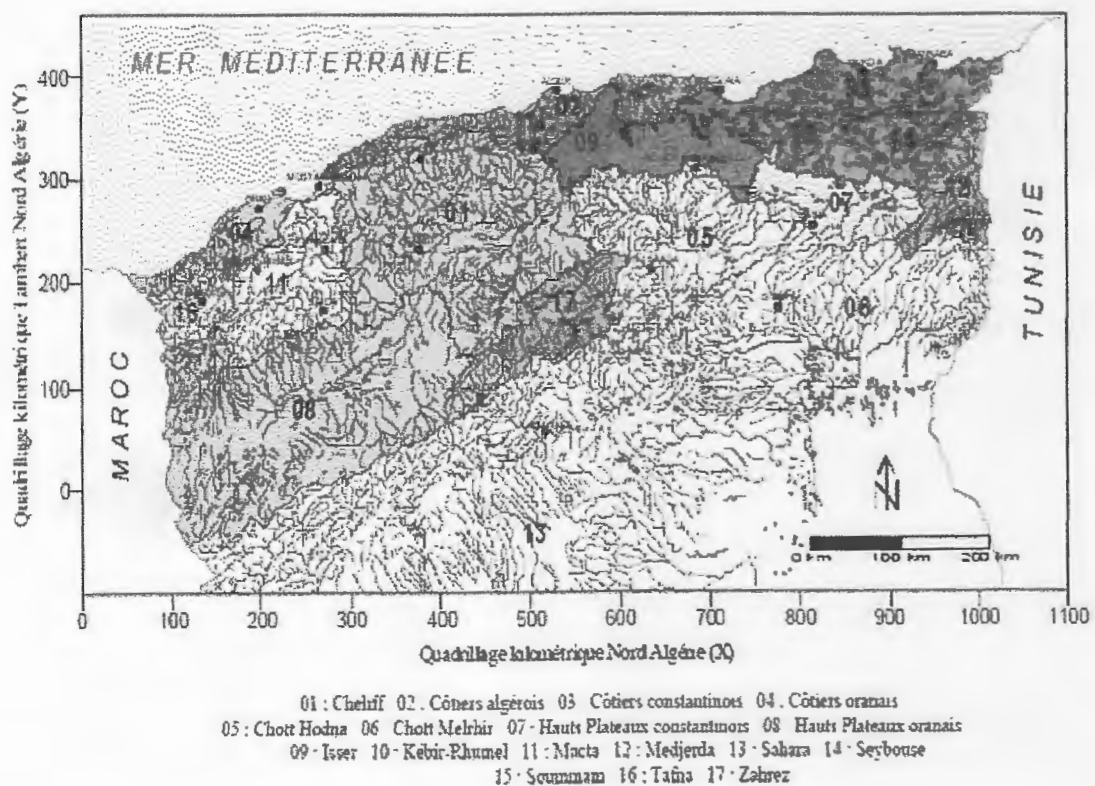


Figure V. 1: bassin hydrographique de l'Algérie du nord ( A.N.R.H ,1993)

La Ferme Adouane Ali est une plaine littorale sub-plane caractérisée par une pente très faible dans la partie Nord et plus au moins forte dans la partie Sud en allant vers Thourat.



"La ferme Adouane Ali" appartient à un petit bassin versant limité à l'Est par le bassin versant de "Oued Mencha" et à l'Ouest par le bassin versant de "Oued El Kantara" (figure V-2).

Toutes les eaux issues de la pluviométrie sont canalisées par un réseau de talwegs (Chaabat) plus au moins profonds ou piégées dans les deux retenues collinaires qui ont été installées aux chemins des talwegs, ces retenues sont situées au Sud du site étudié. Les eaux non captées trouvent comme exutoire la mer méditerranéenne.

Ces talwegs sont caractérisés par un ruissellement temporaire (ruisselle pendant la saison pluviale et sec pendant le reste de l'année).

Généralement le sens d'écoulement de ces eaux est du Sud vers le Nord.

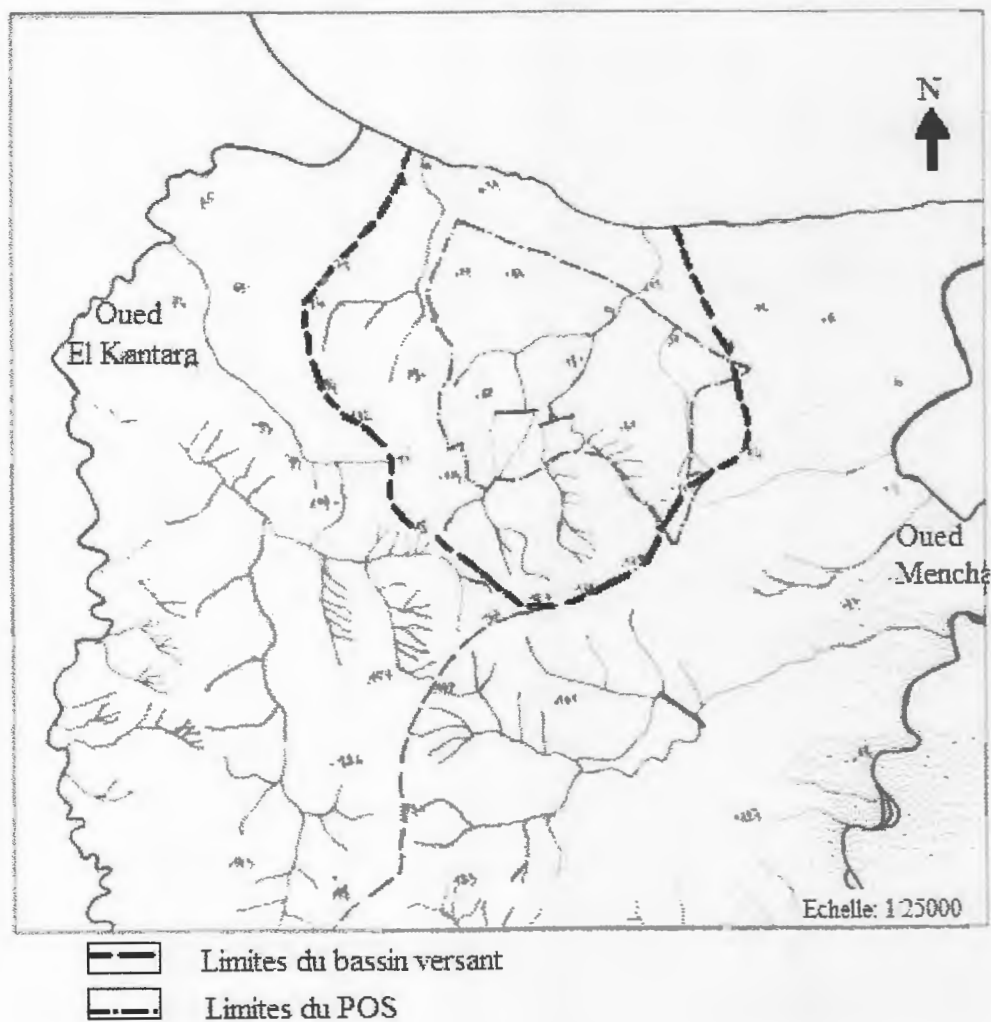


Figure V.2 : réseau hydrographique de l'Est de la ville de Jijel

## 2.2. Caractéristiques morphométriques:

### - La superficie:

La superficie du sous bassin versant dont fait partie le secteur étudié est de l'ordre de  $3203125\text{m}^2$ .

### - Le périmètre:

Le périmètre du sous bassin versant étudié est de l'ordre de 5450 m.

### - L'indice de Gravius (indice de forme) (C):

L'indice de Gravius est donné par la formule suivante (A. Mebarki ,2005) :

$$C = 0.28 P / \sqrt{S}$$

Soit : C : indice de Gravius

S : superficie du bassin versant ( $\text{m}^2$ )

P : périmètre du bassin versant (m)

$$C = 0.85$$

$C = 0.85 < 1$  : le bassin versant étudié est de forme allongée.

### - Le rectangle équivalent:

Le rectangle équivalent est la forme géométrique de longueur « L » et largeur « I » qui a la même surface que le bassin versant. Ce paramètre permet la comparaison facile entre deux bassins versants.

La longueur du rectangle est en fonction de la compacité comme la montre la formule suivante :

$$L = \frac{C\sqrt{S}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.21}{1.33} \right)^2} \right)$$

$$L = 1960.62 \text{ m}$$

Avec : S : surface du bassin versant

C : indice de Gravius

La largeur du rectangle « I » est déterminée en fonction de la surface du bassin versant « S » et la longueur du rectangle « L » :

$$S = L * I$$

$$I = 1633.73 \text{ m}$$

### 3 .Analyse des caractéristiques climatiques:

#### 3.1.Climat du secteur étudié:

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes et d'une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/ans. Elle classée parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. (Figure V.3).

Notre étude s'intéresse uniquement aux précipitations liquides (les pluies), qui constituant un facteur primordial dans le comportement hydrologique de la région.

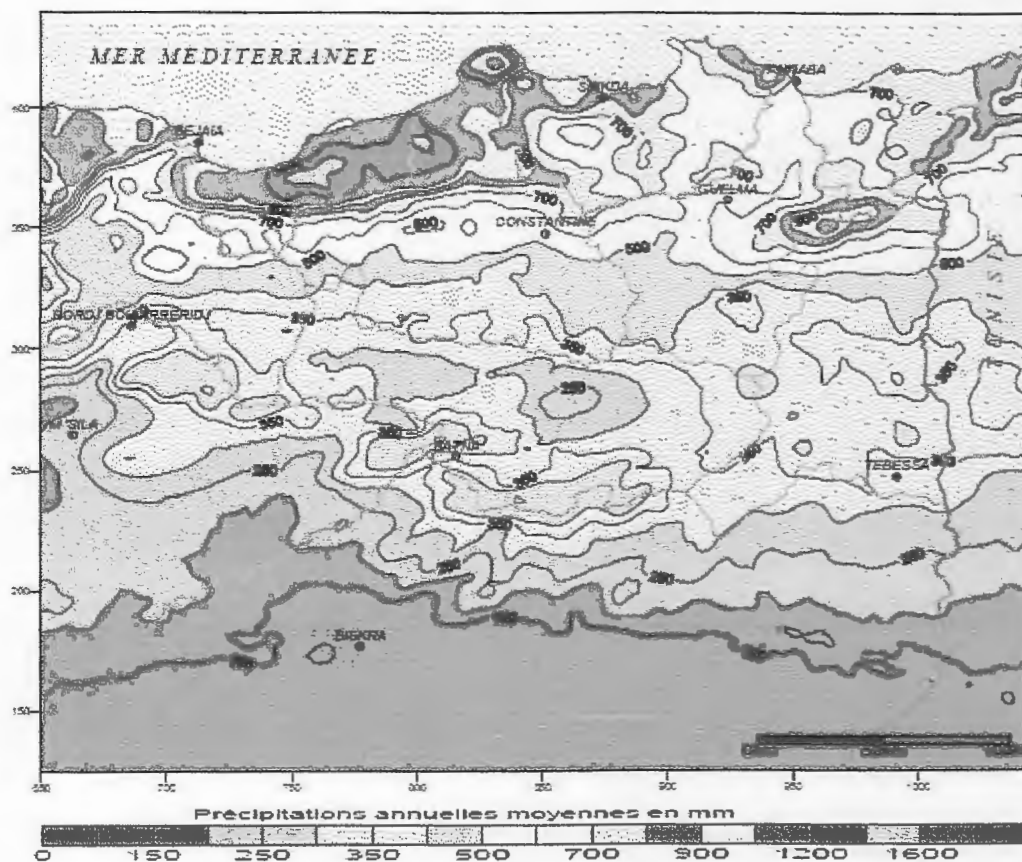


Figure V.3 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1<sup>er</sup> septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1<sup>er</sup> septembre 1968 au 31 août 1989) (A.Mebarki ,2005)

#### 3.2. Pluviométrie:

##### a. Précipitations moyennes annuelles:

Elle permet de connaître les intensités avères et de faire certaines estimation sur le ruissellement et l'infiltration.



Station	altitude	longitude	latitude	séries	Pluies moyennes annuelles (mm)
Achouat	8	553E	3648N	1999-2008	961.25

Tableau V.1: précipitations moyennes annuelles et caractéristiques Pluviométriques (station Achouat).

L'étude des précipitations moyenne annuelles à été effectuée a partir des données de la série qui s'étend de 1999-2008 pour la station d'Achouat.

**b. précipitations moyennes mensuelles et saisonnières:**

L'étude des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières a été effectuée à partir des données des périodes récentes qui s'étendent de 1999 à 2008 pour la station d'Achouat.

Le tableau V.2 montre que l'hiver s'avère la saison la plus humide avec une valeur de 47.33% de précipitations saisonnières. Par contre l'été est la saison la plus sèche avec une valeur de l'ordre de 3.09%.

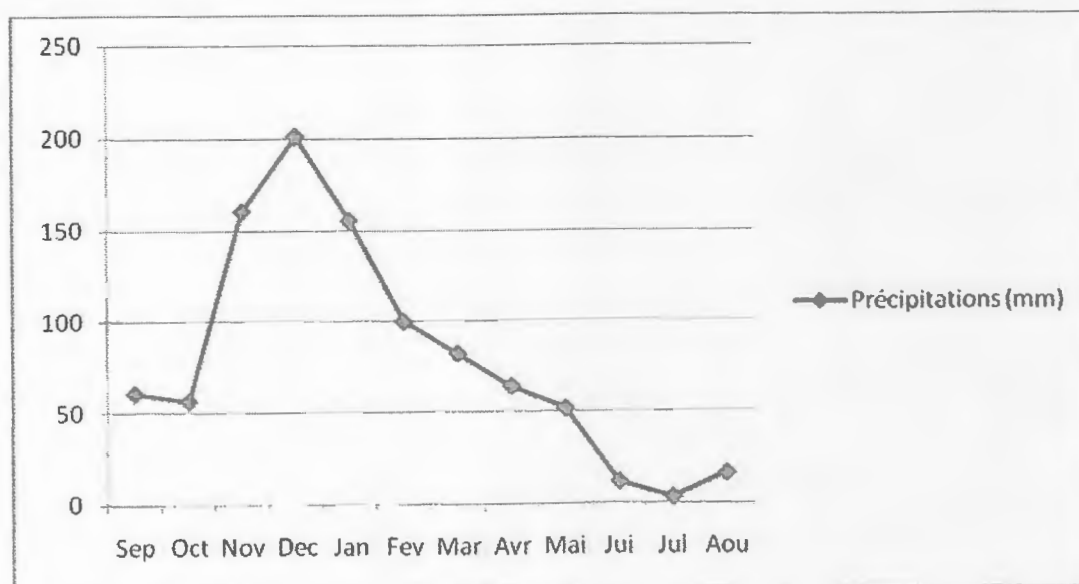


Figure V. 4: distribution des précipitations moyennes mensuelles, durant la période 1999-2008 (station d'Achouat)

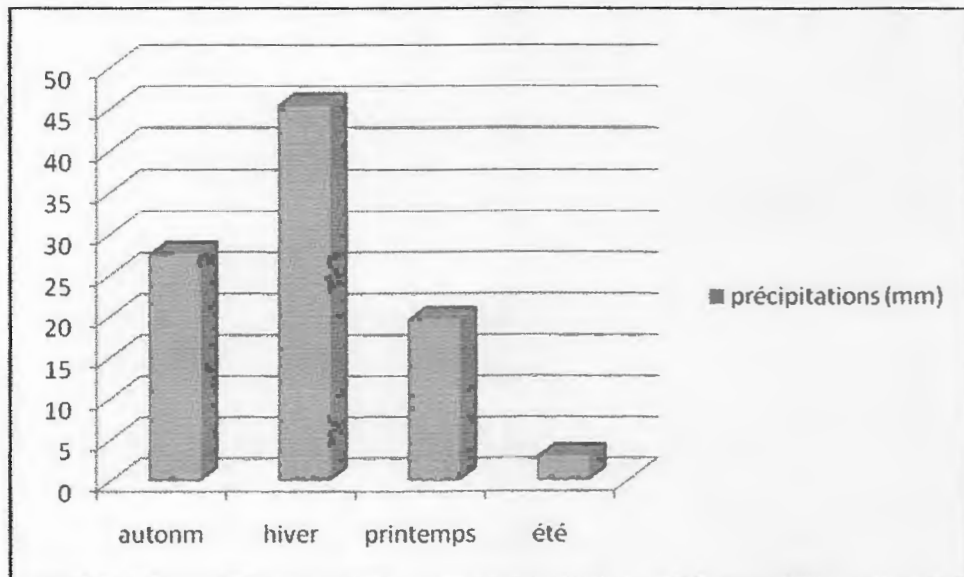


Figure V.5 : histogramme de précipitations moyennes saisonnières durant la période 1999-2008 (station d'Achouat)

### 3.3. La température:

Le tableau V.3 indique que la saison la plus froide est l'hiver avec une température moyenne saisonnière de 11.75°C, par contre l'été représente la saison la plus chaude avec une température moyenne saisonnière de l'ordre de 25°C.

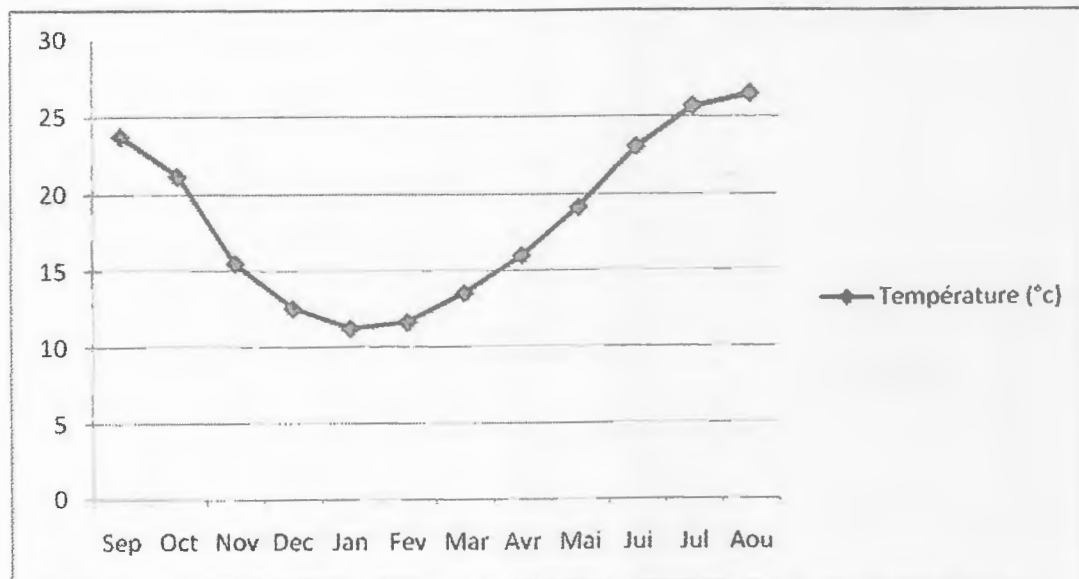


Figure V. 6: courbe température moyenne mensuelle 1999-2008.  
(Station d'Achouat)

Tableau V.2 : précipitation moyennes mensuelles et saisonnières durant la période :1999-2008  
(Station d'Achouat)

Année	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total(mm)
1999	27	23,9	250,8	247,7	163,2	97	62,1	42,7	5,9	4	1,6	5,6	931.5
2000	25,7	89,8	117,8	84,6	108,86	42,4	17	33,2	95,3	13,5	1,4	2,7	632.68
2001	38,8	1,1	125,2	142,4	247,7	110,9	14,2	50,7	50,3	3,7	0	2,5	787.5
2002	49,5	103	182	407,3	71,8	66,3	37,6	49,7	15,3	4,4	16,2	86,2	1089.3
2003	128,4	76	82	220,5	333,1	115	30,7	130	70,9	0,8	7,1	0	1194.5
2004	75,8	34,8	267,1	158,8	137,2	83,3	75,2	96,6	81,2	56,4	1,3	4,3	1072
2005	56,4	21,4	134,5	171,6	262,1	212,6	85,5	121,8	4,8	0	1,2	18	1089.9
2006	45,3	37,9	39,6	215,4	178,2	165,5	54,9	24,1	32,7	2,8	0	34,8	831.2
2007	70,8	142,9	291,4	211,3	12,3	74,5	286,5	70,6	14,4	26,4	3,3	4,4	1196.5
2008	86,7	30,8	109,8	145,9	34,3	27,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0	1,3	775.5
Moyenne Mensuelle (mm)	60,44	56,16	160,02	200,55	154,876	99,49	83,58	63,82	51,55	11,57	3,21	15,98	961,25
Moyenne Saisonier (mm)	276,62 =28.78%			454,91 = 47.33%			198,95 =20.7%			30,76 =3.20%			
saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

Tableau V.3: températures moyennes mensuelles et saisonnières durant la période :1999-2008.  
(Station d'Achouat)

Années	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	température Moyenne annuelle (°c)
1999	24,8	22,9	14,7	12,2	11,6	10,4	13,6	15	20,4	23,3	25,1	27,8	18.48
2000	23,5	19,4	15,4	13,4	9,5	11,9	13,6	16,3	19,7	21,9	25,9	26,6	18.09
2001	22,9	22,6	15,1	10,7	12,5	11,2	17	15,2	18	23,4	24,9	26,1	18.30
2002	22,8	19,5	16,7	13,9	10,7	11,7	14	15,1	18,4	22,4	24,5	25	17.89
2003	24	21,1	16,1	12	11,6	11	13,7	16	18,4	25,3	27,7	28,3	18.76
2004	24,1	22	14	12,8	11,4	12,3	13,6	14,9	17,2	21,7	24,8	26,7	17.95
2005	23,7	21	15,7	11,8	9	9,2	13	16	19,8	23,5	26,2	25,5	17.86
2006	23,4	22,1	17,9	13,6	10,9	11,3	14,2	17,8	20,8	23,4	26,1	25,4	18.90
2007	23,5	20	14,9	12,3	12,3	13,9	13,2	16,7	19,8	22,8	25,1	26,8	18.44
2008	24,2	20,3	15	11,9	12,4	13,1	9	16,6	18,9	22,3	25,9	26	17.96
moyenne mensuelle (°c)	23,69	21,09	15,55	12,46	11,19	11,6	13,49	15,96	19,14	23	25,62	26,42	18,2675
moyenne saisonnière (°c)	20.11			11.75			16.19			25.01			
saison	automne			hiver			printemps			été			

### 3.4. Relation température – précipitation:

#### Diagramme ombrothermique:

Le diagramme ombrothermique résulte de la combinaison des deux paramètres climatiques principaux (précipitation et température). Cette relation permet d'établir un graphique ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer les mois les plus secs correspondants selon la définition de Gaussen et Bagouler au mois où les précipitations moyennes sont inférieures ou égales au double de la température moyenne ( $P \leq 2T$ ).

Lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire. Par contre, si la courbe des températures passe au dessus de celle des précipitations, la période sera déficitaire.

Le diagramme ombrothermique permet de donner une idée générale sur la période sèche et la période humide. Comme le montre la figure V. la période sèche s'étend de la fin de Mai jusqu'à la fin d'aout tandis que la période humide s'étend de la fin d'aout jusqu'à la fin d'avril.

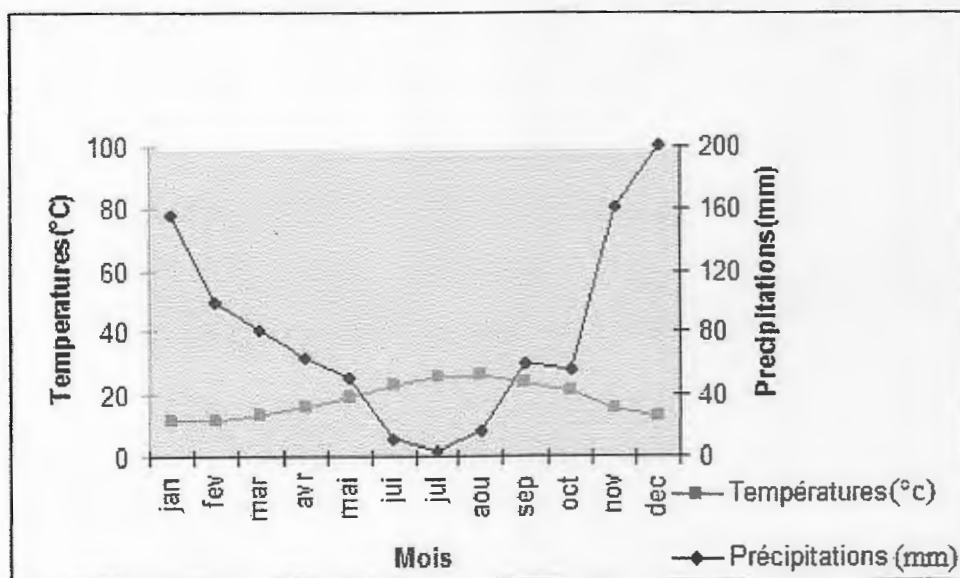


Figure V-7. Diagramme ombrothermique

### 3.5. Le vent :

Qui est un autre agent climatique influençant directement sur le climat d'une région, en raison des dégâts qu'il cause dans beaucoup de domaines et surtout le domaine de l'agriculture. A cet effet, la région de Jijel est traversée par un vent de direction essentiellement NNW-SSE

**3.6. Humidité relative :**

Dans la région de Jijel, l'humidité relative varie entre un minimum de 69% au mois de Novembre et un maximum de 78% au mois de Janvier.

années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Valeur moyenne annuelle (%)
1999	74	67	80	81	81	79	75	75	73	73	70	70	
2000	77	74	77	72	80	77	78	71	81	81	69	69	
2001	77	71	77	78	77	77	73	77	79	67	73	71	
2002	74	73	71	76	78	77	75	76	73	76	75	76	
2003	79	76	75	80	78	75	75	79	80	69	68	67	
2004	73	69	82	77	80	78	79	76	78	78	75	71	
2005	71	77	7	77	80	77	79	76	76	73	69	68	
2006	70	73	70	77	73	76	73	74	79	66	70	71	
2007	75	80	76	77	80	81	74	80	72	75	73	70	
2008	80	76	77	78	77	74	78	73	82	75	71	72	
Moyennes mensuelles	75	73,6	69,2	77,3	78,4	77,1	75,9	75,7	77,3	73,3	71,3	70,5	74,55

Tableau V.4: humidité relative moyenne en % durant la période : 1999-2008 (Station d'Achouat)

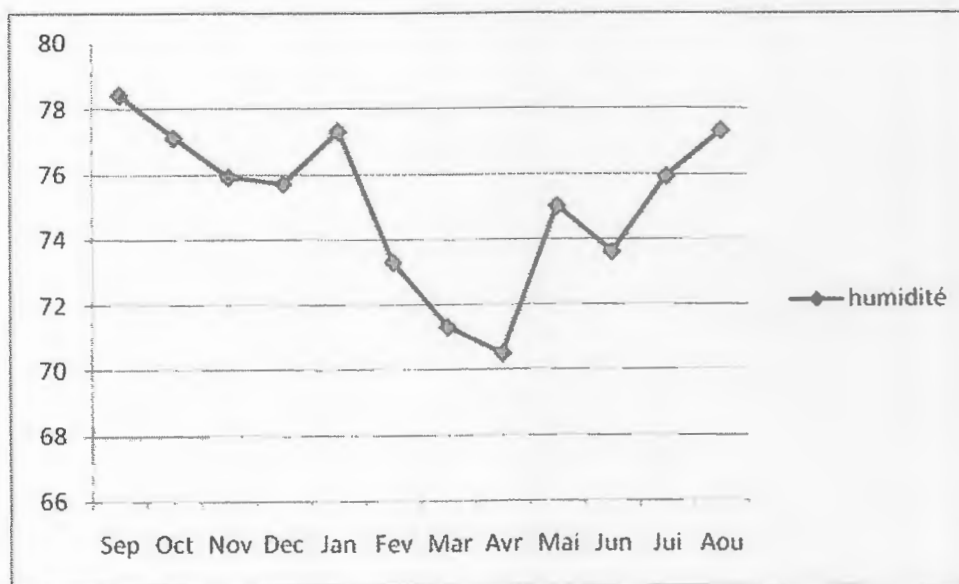


Figure V.8 : humidité relative moyenne en % durant la période : 1999-2008 (Station d'Achouat)

**3.7. Evaporation:**

Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation durant la période : 1999-2008 données par la station d'Achouat sont récapitulées dans le tableau V.5.

mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Moyenne (%)
Valeur moyenne (%)	78	69.3	51.8	43.3	45	55	45	55.3	53.3	59	82.8	88.6	60,61

Tableau V.5: valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation durant la période 1999-2008 (station d'Achouat)

L'observation de ces valeurs permet d'en déduire une valeur moyenne annuelle égale à 60.61%.

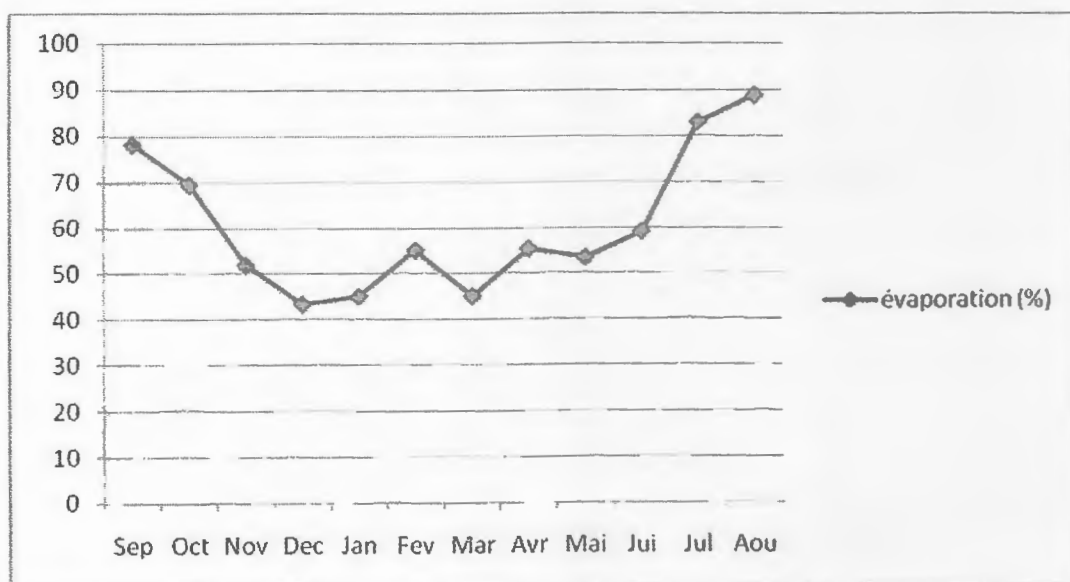


Figure V.9 : courbe présentant l'évaporation moyenne mensuelle durant la période 1999-2008 (station d'Achouat)

### 3.8. Appréciation du bilan hydrologique:

#### A. calcul d'évapotranspiration potentielle (ETP):

Selon Thornthwaite: (Tableau V.6)

$$ETP=16(10T/I)^a$$

$$ETP_{corrigée}=16(10T/I)^a K$$

Avec:

T : température moyenne mensuelle du mois considéré exprimé en °c.

I : indice thermique annuel égale à la somme des indices mensuels des 12 mois de

$$l'année : I = \sum_{i=1}^{12} i$$

$$Avec : i = (T/5)^{1.514}$$

a : exposant climatique défini ainsi:  $a = 0.016(I) + 0.5$

ETPc= ETP. K avec ETPc : évaporation potentielle mensuelle corrigée

K : coefficient de correction

d'après les données de la station d'Achouat :  $a=1.91$  et  $I=88.23$

### **B. Méthode de bilan hydrologique de Thorntwait:**

Thorntwaite lui aussi propose une méthode, pour le calcul du bilan hydrique ayant pour but de déterminer le taux d'infiltration et le renouvellement de l'aquifère en se basant sur l'évapotranspiration réelle ETR ainsi que la précipitation P.

L'établissement de ce bilan nécessite le calcul de RFU qui correspond à la réserve facilement utilisable contenue dans le sol qui est nécessaire au bon fonctionnement physiologique de plantes. Pour le calcul de bilan hydraulique on doit tenir compte des rapports d'un mois à l'autre des variations des réserves en eau dans le sol.

1) calcul pour chaque mois l'ETP selon la formule de Thorntwaite.

2) estimation pour chaque mois:

L'évapotranspiration réelle (ETR), Les réserves facilement utilisables (RFU), Le déficit agricole (Da) et L'excédent (Ex).

On admet généralement que  $RFU_{max}$  dans la région de jijel est égale à 100mm/an.

#### **Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :**

- si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle  $ETP = ETP$ .
- Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'ETP  
 $ETR = P_i + RFU$ , celle-ci est supposée mobilisée comme suite :

- a) Si RFU antérieur est assez fort pour combler l'insuffisance de précipitation(P) ;  $ETR = ETP$ .
- b) Si RFU est insuffisante pour satisfaire l'ETP, l'ETR reste inférieur à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU.

Du tableau V.7, il en ressort qu'à partir du mois de Novembre les précipitations deviennent supérieur à l'ETP jusqu'au mois d'avril.

-L'excédent est enregistré à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'avril avec une valeur maximale de 174.75mm atteint au mois de décembre.

-l'évapotranspiration réelle calculée est de l'ordre de 500.18 mm soit 52.03% des précipitations.

### **C. Estimation du ruissellement et de l'infiltration:**

-En utilisant la formule Tixeront-Berkaloff:



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

Avec :

R : le ruissellement superficiel en (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

ETP: l'évapotranspiration potentielle d'après Thornthwaite en (mm).

D'après les données de la station d'Achouat on peut déduire :

P= 961.16 mm, ETPc= 903.51 mm

R = 362.57 mm =37.72 % des précipitations moyenne annuelles.

-calcul de l'infiltration :

On a :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

Ou : Wa : variation des réserve souvent négligeable.

considérons Wa= 0

$$P = ETR + R + I \rightarrow I = P - ETR - R$$

$$I = EX - R$$

I=12.41 mm, I = 13.35 %

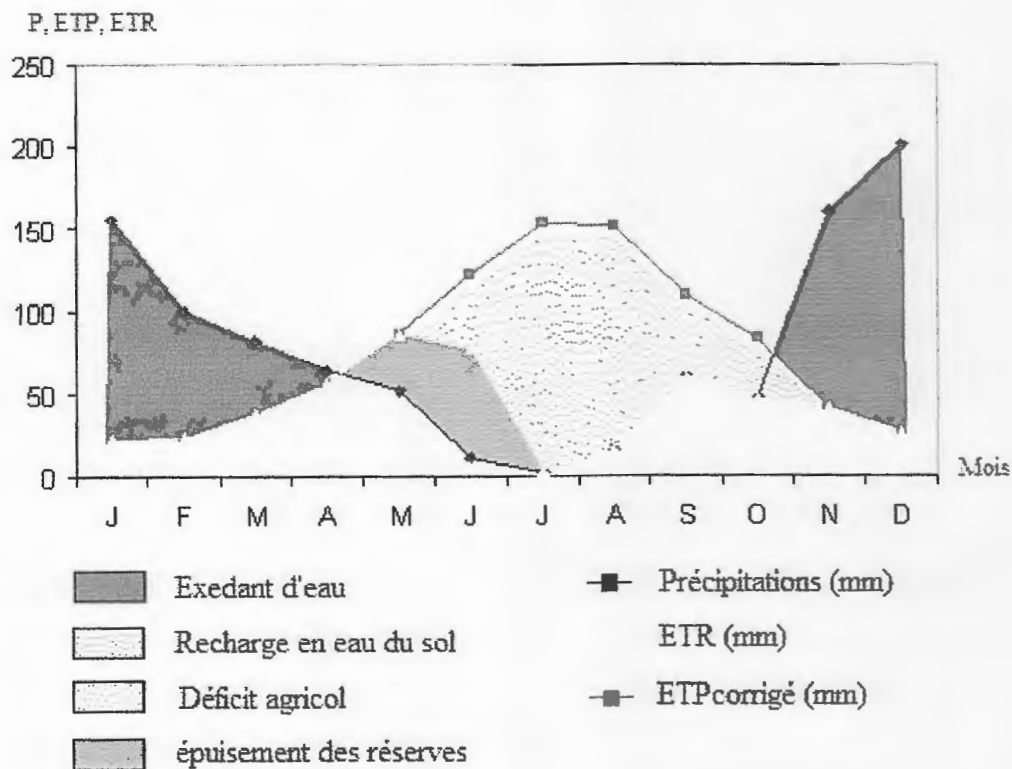


Figure V.10 : Graphe du Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite de la période 1999-2008 (Station Achouat).

	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	jui	Aou	total
Précipitation (mm)	60,44	56,16	160,02	200,55	154,87	99,49	83,58	63,82	51,55	11,57	3,21	15,9	961,16
Température (°c)	23,96	21,09	15,55	12,46	11,19	11,6	13,49	15,69	19,14	23	25,62	26,42	18,26
i	10,72	8,83	5,57	3,98	3,38	3,57	4,49	5,64	7,63	10,07	11,86	12,43	88,23
ETP	107,84	84,52	47,22	30,93	25,19	26,98	36,00	48,04	70,22	99,74	122,56	129,98	829,27
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
ETPc	111,08	81,98	40,61	25,98	21,91	22,93	37,08	52,84	84,97	121,68	151,98	150,77	903,51

Tableau V.6 : calcul de l'ETP selon Thornthwaite

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Anné
Parametre													
<b>P (mm)</b>	<b>60,44</b>	<b>56,16</b>	<b>160,02</b>	<b>200,55</b>	<b>154,87</b>	<b>99,49</b>	<b>83,58</b>	<b>63,82</b>	<b>51,55</b>	<b>11,57</b>	<b>3,21</b>	<b>15,90</b>	<b>961,16</b>
<b>ETPc (mm)</b>	<b>111,08</b>	<b>81,98</b>	<b>40,61</b>	<b>25,98</b>	<b>21,91</b>	<b>22,93</b>	<b>37,08</b>	<b>52,84</b>	<b>84,97</b>	<b>121,68</b>	<b>151,68</b>	<b>150,77</b>	<b>903,51</b>
<b>P-ETP</b>	50,64	25,82	119,41	174,57	132,96	76,56	46,50	10,98	33,42	110,11	148,47	134,87	
<b>RFU (mm)</b>	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	66,58	0,00	0,00	0,00	
<b>EX (mm)</b>	0,00	0,00	19,41	174,57	132,96	76,56	46,50	10,98	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>460,98</b>
<b>D,A (mm)</b>	50,64	25,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,53	148,47	134,87	<b>403,33</b>
<b>ETR (mm)</b>	60,44	56,16	40,61	25,98	21,91	22,93	37,08	52,84	84,97	78,15	3,21	15,90	<b>500,18</b>

Tableau V.7: bilan hydrologique de Thornthwaite

**4. Condition hydrogéologique:**

Le site étudié est caractérisé par une Nappe libre. L'aquifère est constitué par des formations semi perméables. Du Nord au Sud l'épaisseur des formations quaternaires diminue.

# *Chapitre 6*

*Caractéristiques Géotechniques du Site*

## 1. Introduction :

La géotechnique est la discipline qui étudie le comportement des terrains en relation ou non avec les ouvrages. Pour cela, elle doit s'appuyer entre autre sur les différentes disciplines des sciences de la telles que : la géologie, la géographie, l'hydrologie, mécanique des roches et la mécanique des sols.

La géotechnique est la discipline qui tente la synthèse des informations nécessaires pour résoudre les problèmes appliqués que la pratique de la construction rencontre pour chaque nouveau site, pour chaque nouvelle structure, elle fait appel à la géologie pour établir le schéma géométrique le plus proche de la réalité du sol et pour la détermination des conditions aux limites du problème mécanique.

## 2 .Les moyens de reconnaissances géotechnique :

La reconnaître d'un sol consiste à définir d'une part, sur une certaine profondeur, la nature géologique des différentes couches qui le composent, déceler la présence d'une nappe éventuelle, et déterminer d'autre part, les différents paramètres qui permettent de prévoir son comportement sous les charges qui lui seront apportées par l'ouvrage.

### 2.1. Les moyens de reconnaissance in situ :

- Plusieurs types d'essai et mesures insitu peuvent être réalisés à différents stades de l'étude. Ils permettent d'obtenir à un cout raisonnable des renseignements sur le comportement mécanique des sols en parallèle avec leur reconnaissance.
- Dans le site étudié, la campagne de reconnaissance insitu a consiste à la réalisation de plusieurs sondages carottés et essais de pénétration dynamique. Leur implantation est figurée sur la planche VI.1.

Plusieurs sondages carottés et essais au pénétromètre dynamique sont réalisés dans notre site.

#### A. Les sondages carottés :

Le sondage carotté est une méthode de foration qualifiée destructive, qui consiste à enfoncer dans le sol à l'aide d'une foreuse, un carottier fixé au bout d'un train de tiges qui permettent le prélèvement puis le retour en surface d'échantillons intacts. Ces échantillons sont destinés aux essais de laboratoire.

Les renseignements tirés des sondages carottés, sont fort précieux car ils permettent de voir la roche et de prélever des échantillons, mais ils ne fournissent que des informations ponctuelles. L'exécution des sondages doit être envisagée en liaison étroite avec le levé géologique et les prospections géophysiques. Le recours aux sondages permet d'étalonner ou de préciser les

résultats du levé de terrain et de la géophysique ou encore de renseigner sur la structure et la nature des terrains si le levé géologique et la géophysique n'ont pu être effectués ou encore permettre la confirmation des hypothèses concernant la structure du massif faites à partir du levé de surface.

Dix (10) sondages carottés ont été réalisés par LNHC (en 2008). Les profondeurs d'investigation de ces sondages varient de 8 à 1m, leur répartition spatial a été faite de manière à couvrir toute la superficie du POS étudié, en vue de mettre en évidence, la nature géologique de différentes couches traversées par ces sondages et de déterminer leurs épaisseurs. Réalisés à une profondeur de 8 à 15m, ces derniers ont été implantés de manière à couvrir toute la superficie du POS en vue de mettre en évidence les différentes couches constituant le terrain et de déterminer leur épaisseurs.

Les résultats des sondages carottés sont représentés sur les tableaux ci-dessous :

<b>Profondeur</b>	<b>Nature des terrains</b>
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-3.00m	Argile sableuse brune verdâtre
3.00-9.00m	Argile sableuse jaune verdâtre
9.00-15.0m	Marne schisteuse graveleuse

Tableau VI.01 : sondage carotté n°01(LNHC, 2008)

<b>Profondeur</b>	<b>Nature des terrains</b>
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-4.50m	Argile sableuse jaune à verdâtre
4.50-8.00m	Sable graveleux à matrice argileuse

Tableau VI.02 : sondage carotté n°02(LNHC, 2008)

<b>Profondeur</b>	<b>Nature des terrains</b>
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-2.00m	Argile brune graveleuse
2.00-4.00m	Argile sableuse jaune à verdâtre
4.00-6.00m	Sable graveleux à matrice argileuse
6.00-8.00m	Marne schisteuse

Tableau VI.03 : sondage carotté n°03(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.60m	Terre végétale
0.60-1.00m	Argile jaunâtre
1.00-6.00m	Argile sableuse brun verdâtre
6.00-8.00m	Sable limoneux graveleux

Tableau VI.04 : sondage carotté n°04(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-3.00m	Argile brune sableuse
3.00-8.00m	Argile sablo graveleuse jaune verdâtre

Tableau VI.05 : sondage carotté n°05(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.40m	Terre végétale
0.40-2.70m	Argile sableuse jaune à verdâtre
2.70-8.00m	Sable graveleux à matrice argileuse

Tableau VI.06 : sondage carotté n°06(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-2.50m	Argile jaunâtre sableuse
2.50-8.00m	Sable graveleux à matrice argileuse

Tableau VI.07 : sondage carotté n°07(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.50m	Terre végétale
0.50-3.50m	Argile sableuse brune
3.50-6.00m	Argile sableuse jaune à verdâtre
6.00-8.00m	Sable limoneux à matrice argileuse

Tableau VI.08:sondage carotté n°08(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.60m	Terre végétale
0.60-3.50m	Argile sableuse brun verdâtre
3.50-8.00m	Sable graveleux à matrice argileuse

Tableau VI.09: sondage carotté n°09(LNHC, 2008)

Profondeur	Nature des terrains
0.00-0.40m	Terre végétale
0.40-3.00m	Argile brune graveleuse
3.00-6.70m	Argile sableuse jaune à verdâtre
6.70-7.00m	Sable argileux
7.00-12.00m	Argile sableuse jaune à verdâtre
12.00-15.00m	Marne schisteuse

Tableau VI.10: sondage carotté n°10(LNHC, 2008)

### B. Essai de pénétromètre dynamique (PDT) :

L'essai de pénétromètre dynamique consiste à enfoncer dans le sol une tige munie d'un cône à l'aide d'une masse en chute libre, et de mesurer la profondeur obtenue après chaque coup. L'outil est surtout adapté pour la caractérisation des sols fins contenant peu de gravier et de cailloux, car ces derniers peuvent limiter la pénétration de la tige et même occasionner un refus. Il peut être utilisé en complément avec un programme de sondages mécaniques, mais il ne permet pas de prélever des échantillons.

#### Le pénétromètre dynamique permet de :

- Déduire les propriétés mécaniques in situ des sols.
- Déterminer la profondeur du substratum.
- Détecter des couches de faible consistance (tourbe et argile).
- Mesurer l'uniformité de compactage d'un matériau homogène (contrôle de remblai de sable).

Cinquante trois (53) essais au pénétromètre dynamique lourd, type « BORRO » ont été réalisés dans le POS objet de notre étude. Les courbes pénétrométriques obtenues après en réalisation de ces essais sont données en annexe.



**Interprétation des résultats pénétrométriques :**

Les résultats des essais sont représentés sous forme de courbes indiquant la variation de la résistance dynamique du sol (**Rd**) en fonction de la profondeur. L'observation de ces courbes permettent de déceler ce qui suit :

- Présence de résistance de pointe appréciable au début (0à3m) qui varie de 30 à 150 bars.
- Augmentation de la résistance à partir de 3m pour atteindre une forte résistance de 200 -350 Bars a partir d'une profondeur d'environ 6m.

**2.2. Les moyens d'étude au laboratoire :**

Les essais de laboratoire ont pour but de déterminer les paramètres physiques et mécaniques du sol. Ces essais se font sur des échantillons prélevés à partir des carottes de sondages.

**2.2.1. Essais d'identification :****a. La teneur en eau :**

La mesure de la teneur en eau se fait au laboratoire par deux pesées de l'échantillon. La 1<sup>ère</sup> pesée se fait avant le passage d'échantillon à l'étuve et la 2<sup>ème</sup> pesée est après le passage à l'étuve. La teneur en eau est le rapport entre le poids de la quantité d'eau et le poids des grains solides contenus dans le même volume, l'expression est :

$$W(\%) = \frac{\text{Poids d'eau (W}_w\text{)}}{\text{Poids du sol sec (W}_s\text{)}} \times 100$$

Connaissant la valeur de la teneur en eau on peut avoir l'état dans lequel le sol se trouve. A titre d'exemple le tableau ci-dessus donne une classification adopté en fonction de ce paramètre :

<b>W</b>	<b>Etat</b>
<b>01-25%</b>	<b>Légèrement humide</b>
<b>25-50%</b>	<b>Humide</b>
<b>50-75%</b>	<b>Mouillé</b>
<b>75-90%</b>	<b>Détrempé</b>
<b>100%</b>	<b>Saturé</b>

Les valeurs obtenues de la teneur eau sont comprise entre 1.95% et 23.57% ce qui donne des formations légèrement humides.

### b. Les densités :

L'essai de la densité permet d'obtenir les caractéristiques physiques du sol sous plusieurs formes (densité sèche, densité humide, densité apparente et densité déjaugée).

**\*La densité sèche ( $\gamma_d$ ) :** C'est le poids volumique du sol à l'état sec.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Avec :  $W_s$  : poids des grains solides.

$V$  : volume total.

**\*La densité humide ( $\gamma_h$ ) :** c'est le poids volumique du sol à l'état humide.

$$\gamma_h = W/V$$

Avec :  $W$  : poids de l'échantillon humide.

$V$  : volume total.

Les densités sont très importantes de l'ordre de 1.58t/m<sup>2</sup> pour les poids volumiques secs et de l'ordre de 1.98t/m<sup>2</sup> à 2.24 t/m<sup>2</sup> pour les poids volumiques humides. De telles valeurs indiquent la présence des formations semi à très denses.

### c. le degré de saturation ( $S_r$ ) :

Le degré de saturation indique dans quelle proportion les vides sont remplis par l'eau. C'est le rapport du volume d'eau sur le volume des vides d'un sol :

$$S_r(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Les résultats notés sur les échantillons de sol prélevés indiquent des valeurs très importantes de l'ordre de 80.12% à 100%. Ce qui nous permet de conclure que les formations en place sont fortement saturées en eau.

N° sondage	Densité sèche $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Densité humide $\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )	Teneur en eau W (%)	Degré de saturation $S_r$ (%)
01	1.82	2.08	15.95	93.62
02	1.78	2.16	16.21	85.87
03	1.90	2.24	17.21	80.12
04	1.73	2.06	18.80	91.06
05	1.61	1.98	23.57	93.15

Tableau VI.11 : les valeurs des caractéristiques physiques (LNHC, 2008)

#### d. Les limites d'atterberg :

En fonction de la teneur en eau, un sol remanié se présente suivant des consistances pour lesquelles on peut distinguer 04 états : liquide, plastique, solide avec retrait et solide sans retrait.

Cet essai a pour but de déterminer la consistance d'un sol qui varie selon la teneur en eau. Lorsque celle-ci augmente, le sol passe successivement de l'état solide à l'état plastique puis à l'état liquide. Les limites d'atterberg sont donc des teneurs en eau, pour les obtenir des essais sont effectuées sur la fraction du matériau passant par le tamis de 0.5mm.

- ❖ **Limite de liquidité  $W_L$** : sépare l'état plastique de l'état liquide. Elle se détermine à l'aide de l'appareil de casagrande.
- ❖ **Limite de plasticité  $W_P$** : qui sépare l'état solide avec retrait de l'état plastique.
- ❖ **L'indice de plasticité  $I_P$** : c'est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité. Il donne l'étendue du domaine de plasticité du sol.

$$I_P = W_L - W_P \text{ (%)}$$

- ❖ **Limite de retrait ( $W_s$ )**: c'est la teneur en eau juste suffisante pour remplir les vides du sol ou il atteint par séchage son volume minimal. Elle sépare l'état solide sans retrait de l'état solide avec retrait.
- ❖ **Indice de consistance** : ou teneur en eau relative par rapport aux limites de liquidité et la plasticité. L donne une idée de la structure des argiles du sol.

$$I_c = \frac{W_L - W}{W_L - W_P}$$

❖ **Indice de liquidité  $I_L$**  : c'est le complément à 1 de l'indice de consistance :

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_p}$$

L'indice de plasticité permet de définir le degré de plasticité d'un sol comme le montre le tableau VI.12 :

Indice de plasticité	Degré de plasticité
0-5	Non plastique
5-15	Peu plastique
15-40	Plastique
>40	Très plastique

Tableau VI.12 : classification des sols suivant l'indice de plasticité (Samuel-Amar-Jean Pierre megnane)

Les résultats extrêmes des essais des limites d'atterberg effectués sur les échantillons prélevés de différents sondages sont représentés dans le tableau VI.12 :

N° sondage	Profondeur (m)	$W_P$ (%)	$W_L$ (%)	$I_P$ (%)
06	3.50-4.00	26.75	42.26	15.51
10	3.20-3.60	24.40	43.69	19.29

Tableau VI.13 : résultats des essais de limites d'atterberg (d'après LNHC, 2008)

Après l'exécution des essais de limites d'atterberg, on a reporté les valeurs trouvées de chaque couple ( $W_L$  et  $I_P$ ) sur l'abaque de plasticité de casagrande. On a trouvé que ces couples se situent au-dessus de la droite (A) ce qui nous indique que les formations en place sont des argiles plastique à peu plastiques (AP).

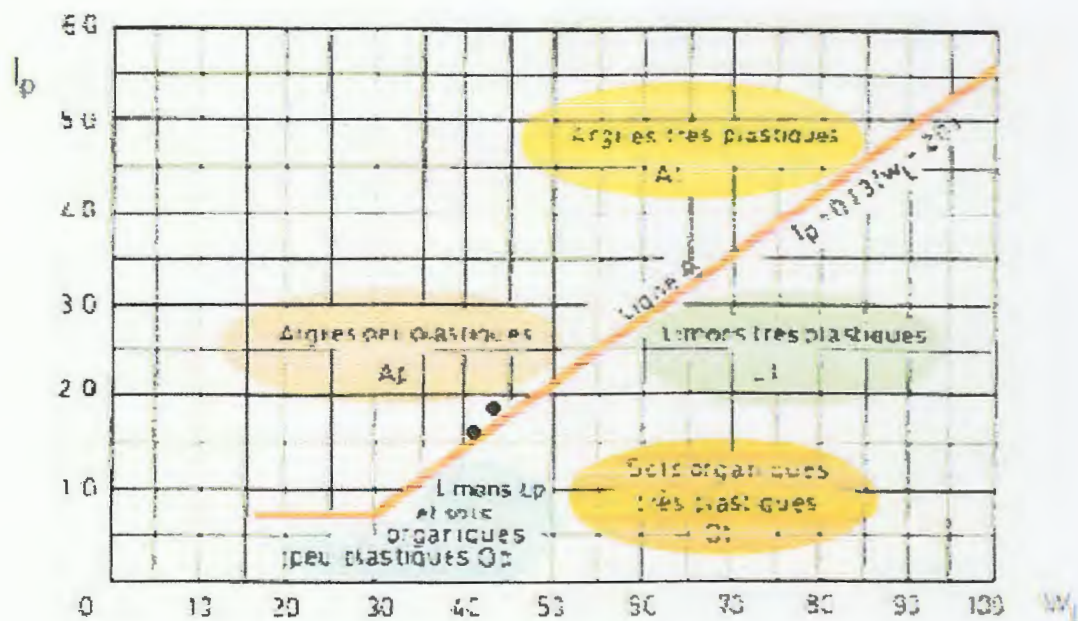


Figure VI.1: résultats des mesures obtenues des essais de limite d'atterberg

#### e. L'analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions.

Elle comprend deux opérations :

1. Le tamisage, pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de dimensions supérieures ou égales à  $80\mu\text{m}$ .
2. La sédimentométrie pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de dimensions inférieures à  $80\mu\text{m}$ .

L'analyse granulométrique se traduit par courbe granulométrique. Cette courbe contribue à l'identification du matériau et permet de prévoir certaines de ses propriétés.

Des analyses granulométriques ont été réalisées sur des échantillons prélevés des sondages de profondeurs variables. Les courbes obtenues sont données ci-après :

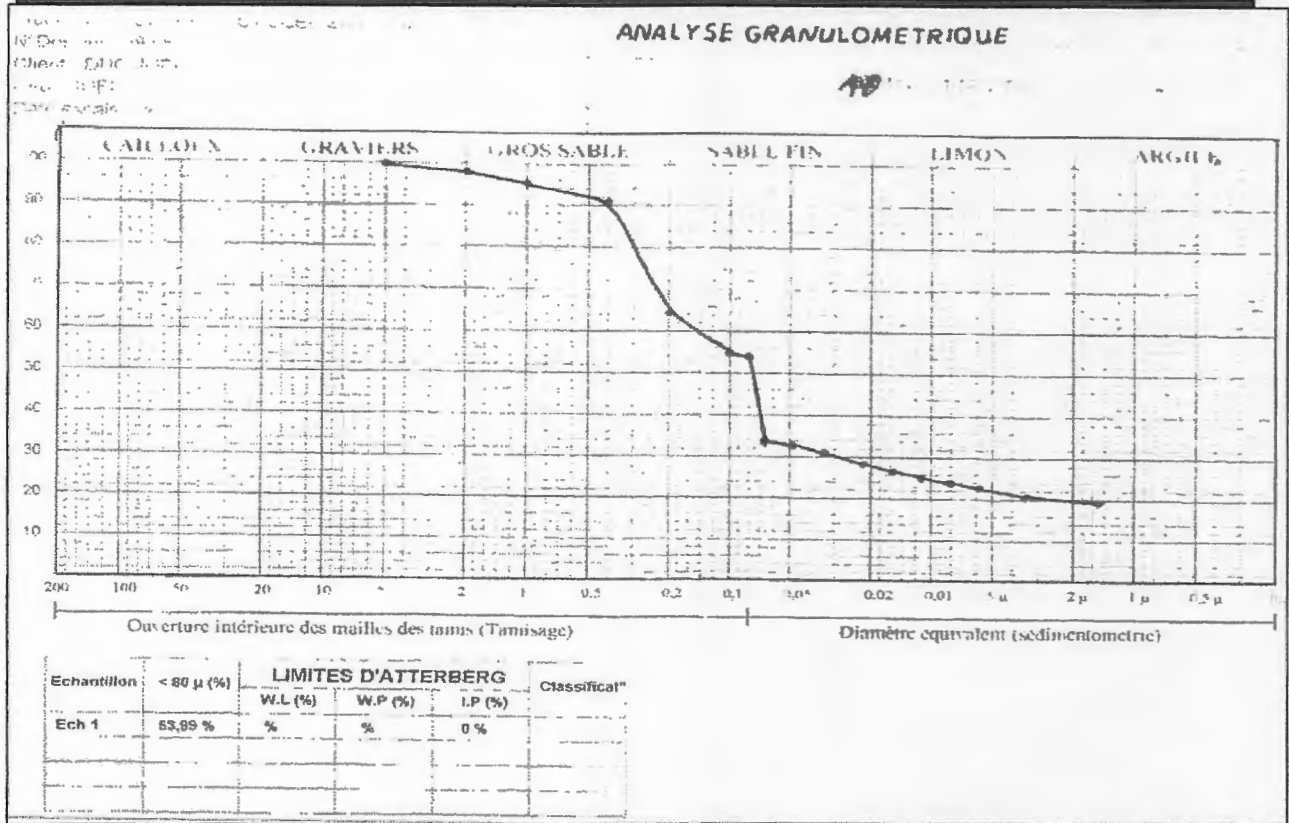


Figure VI.2 : courbe granulométrique obtenu au niveau du sondage 10 (LNHC, 2008)

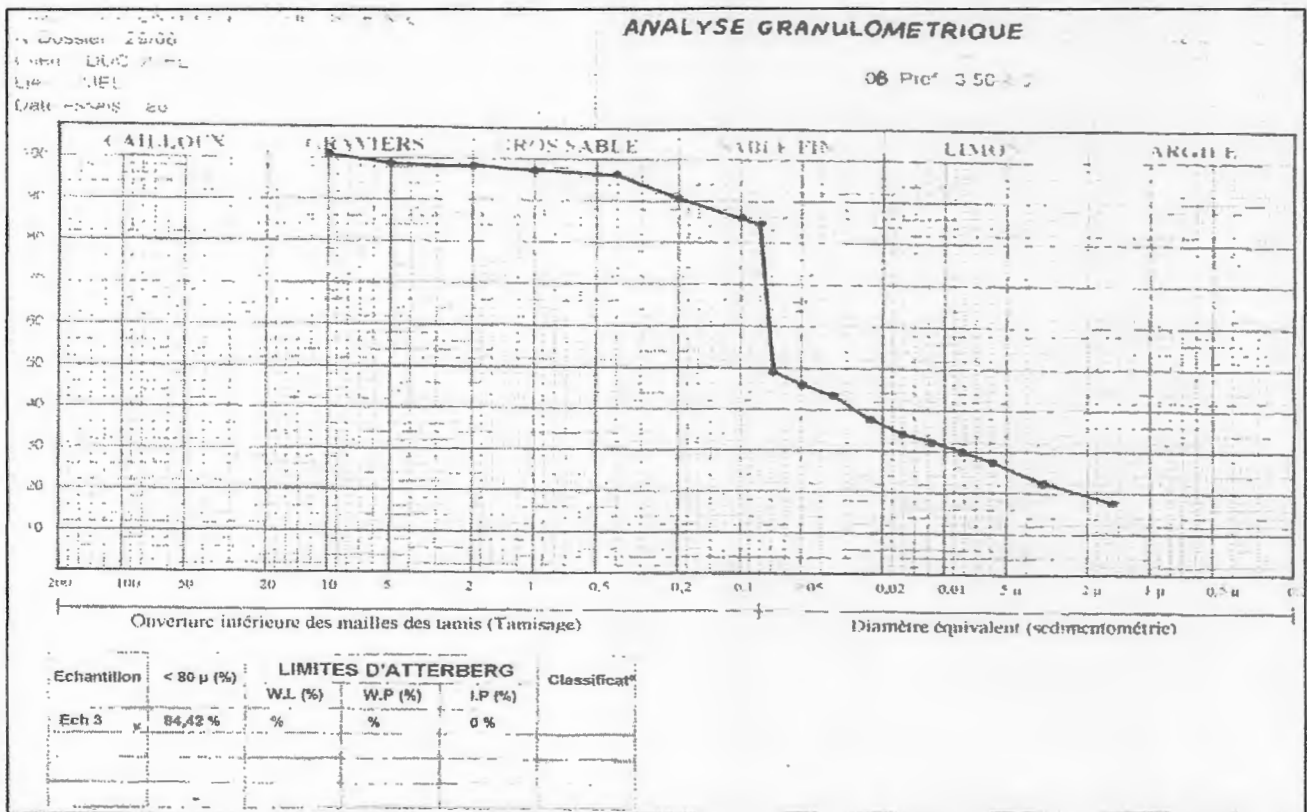


Figure VI.3 : courbe granulométrique obtenu au niveau du sondage 06 (LNHC, 2008)

L'interprétation de ces courbes permet d'en déduire en principe à la présence des sols fins, ces derniers sont liées en principe à la présence des argiles peu plastiques comme le montre le diagramme de plasticité de casagrande.

## **B.2. Essais mécaniques :**

### **B.2.1. Essai de cisaillement :**

L'essai de cisaillement à la boîte a pour but d'étudier la rupture des sols. C'est un essai rapide, non coûteux, destiné à évaluer les caractéristiques mécaniques d'un sol : la cohésion ( $C$ ) et l'angle de frottement interne ( $\phi$ ).

L'essai consiste à placer l'échantillon de sol à étudier entre deux demi-boîtes qui peuvent se glisser l'une par rapport à l'autre. Un effort normal au plan de cisaillement est appliqué par un piston.

La demi boîte inférieure est entraînée horizontalement à vitesse constante. La force totale de cisaillement ( $F$ ) est mesurée à l'aide d'un anneau placé à la demi-boîte supérieure, un comparateur mesure la déformation verticale de l'échantillon.

L'essai de cisaillement à la boîte est très utilisé à cause de sa simplicité dans l'exécution, le calcul et l'interprétation.

### **Les principales caractéristiques mécaniques d'un sol :**

Nous distinguons trois grandes familles de paramètres :

#### ➤ **Essais non consolidés non drainés $\phi_{UU}$ et $C_{UU}$ :**

Si le sol est saturé  $\phi_{UU}=0$ . On réservera donc ce type d'essai pour le calcul des ouvrages à court terme.

#### ➤ **Essais consolidés non drainés $\phi_{CU}$ et $C_{CU}$ :**

Ces essais sont rapides mais nécessitent la mesure de la pression interstitielle. Compte tenu du Postulat de Terzaghi on peut déterminer les propriétés des sols saturés en contraintes effectives

#### ➤ **Essais consolidés drainés $\phi_{CD}$ et $C_{CU}$ :**

Se sont des essais lents. Ils conviennent pour des sols saturés ou non, de perméabilité assez élevée.

Dans le but de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés dans le site étudié. (05) essais de cisaillement non consolidés non drainés ont été réalisés par LNHC ,2008. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau VI.14.



Les valeurs obtenues au moyen de la boîte de Casagrande dénotent que les sols sont :

N° sondage	$\varphi(^{\circ})$	C (Bars)
01	4.56	0.67
02	2.13	0.71
03	3.58	0.79
04	2.38	0.6
05	3.22	1.03

Tableau VI.14 : résultats des essais de cisaillement à la boîte (d'après LNHC,2008)

- ❖ Cohérents  $0.53 \text{ Bars} < C_{uu} < 1.03 \text{ Bars}$
- ❖ Moyennement frotant  $2.13^{\circ} < \varphi_{uu} < 4.56^{\circ}$

### B.2.2.Essai oedométrique :

L'essai de compressibilité à l'oedomètre a pour but d'étudier la consolidation d'échantillon de sol intact représentatif du milieu soumis à des charges verticales avec déformations latérales nulles ou empêchées. Cet essai permet d'observer les tassements des sols au cours du temps, et d'obtenir principalement les caractéristiques du sol nécessaires au calcul de prévision de tassement des couches de terrain compressible qui doivent supporter le poids de l'ouvrage.

Pour une charge donnée, la déformation totale se développe suivant trois phases successives :

- Compression (tassement) initiale.
- Consolidation primaire.
- Consolidation secondaire (Fluage).

Pratiquement cet essai permet d'obtenir des propriétés caractéristiques du sol en place :

#### \*Indice de compressibilité ( $C_c$ ) :

C'est la pente de la tangente à la courbe vierge permet de préciser la sensibilité du sol au tassement le long de cette courbe.

Une classification a été faite suivant  $C_c$  (G. Philipponnat,1979) :

$C_c < 0.02$	Sol incompressible
$0.020 < C_c < 0.050$	Sol très peu compressible
$0.050 < C_c < 0.100$	Sol peu compressible
$0.100 < C_c < 0.200$	Sol moyennement compressible
$0.200 < C_c < 0.300$	Sol assez fortement compressible

$0.300 < C_c < 0.500$	Sol très compressible
$C_c > 0.500$	Sol extrêmement compressible

**\*Indice de gonflement (Cg) :**

C'est la pente de la tangente moyenne à la courbe obtenue après déchargement.

$C_g < 0.005$  → sol non gonflant

$C_g > 0.005$  → sol pouvant gonfler

Les résultats obtenus par l'essai oedométrique réalisé dans le site étudié sont récapitulés dans le tableau VI.15:

N° sondage	Pc (Bars)	Cc(%)	Cs(%)
01	2.09	13.71	4.98
02	2.10	14.80	4.48
03	2.47	17.69	2.92
04	2.68	14.18	3.99
05	1.53	14.13	3.99

Tableau VI.15 : résultats des essais oedométriques

Les résultats des essais oedométriques effectués sur des échantillons prélevés à partir des sondages mécaniques permettent d'en déduire des valeurs de (Cc) comprises entre (13.71% et 17.69%) ce qui nous indique que le sol en place est moyennement compressible. Les coefficients de gonflement (Cg) obtenus varient entre 2.92% et 4.98% indiquant alors que le sol en question est non gonflant.

**B.3. l'analyse chimique :**

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur les échantillons de sol prélevés à différentes profondeurs des sondages sont reportés dans le tableau VI.16 :

Sondage (N°)	Profondeur (m)	Sulfates ( $\text{so}_4^{-2}$ ) %	Carbonates ( $\text{caco}_3$ )%	Chlorures (cl) %	Classe d'agressivité
S01	1.00	0.28	24	0.24	Faible
S02	1.50	0.34	22	0.24	Faible
S03	1.20	0.20	30	0.18	Faible
S04	1.40	0.32	18	0.21	Faible
S05	1.2-1.4	0.36	32	0.18	Faible
S06	1.50	0.24	22	0.21	Faible
S07	1.50	0.37	28	0.18	Faible
S08	1.2-1.4	0.36	24	0.18	Faible
S09	1.50	0.24	22	0.21	Faible
S10	1.50	0.37	28	0.18	Faible

Tableau VI.16: les résultants des analyses chimiques

D'après la norme NF P 18.011 du 06/92, l'analyse chimique montre que les sols en place sont d'agressivité faible.

### 3. Calcul des fondations :

#### Introduction :

Pour l'établissement d'un projet (bâtiment ou ouvrage d'art), deux types d'études doivent être entreprises. D'une part, l'étude de son environnement, permettant de définir les caractéristiques des sols sur lesquels sera implanté le futur ouvrage, d'autre part la mise au point des documents d'exécution.

Or la durabilité d'un ouvrage dépend, avant toute autre considération, de la qualité de sa fondation. L'étude des sinistres des ouvrages montre qu'une mauvaise conception ou une malfaçon au niveau de l'exécution de la fondation sont le plus souvent à l'origine des désordres rencontrés.

L'étude de l'environnement des fondations doit être menée parallèlement à celle de reconnaissances des sols ou du projet proprement dit de l'ouvrage. Elle a pour but de définir cet environnement avec précision car celui-ci peut avoir une influence non négligeable en ce qui concerne:

- La conception des fondations de l'ouvrage et de sa structure;

- Les conditions de réalisation des travaux;
- L'organisation future du chantier.

### **Caractéristiques d'un bon projet:**

Un bon projet de fondation doit répondre à trois sortes de préoccupations:

- Tout d'abord, la forme et l'emplacement des fondations doivent être choisis de manière à assurer la sécurité de la construction à l'égard des modifications prévisibles de l'état des lieux.
- Puis la fondation doit exercer sur le sol des contraintes compatibles avec la résistance à la rupture de celui-ci, c'est le problème de la capacité portante.
- Enfin, le tassement de la fondation doit être limité pour éviter le basculement ou la ruine de l'ensemble et pour empêcher l'apparition des fissures localisées qui rendraient l'ouvrage inutilisable.

Lorsqu'on étudie un projet de fondation, on doit prévoir les modifications de l'état des lieux, ces modifications sont généralement dues à:

- L'effet du gel;
- La variation saisonnière de volume du sol;
- Bâtiments voisins, limites de propriété, fouilles et construction ultérieure de nouveaux immeubles.
- L'affouillement;
- La variation du niveau de la nappe phréatique.
- Les particularités divers du sous-sol.

### **Calcul de la capacité portante des fondations superficielles :**

Il existe deux grands modes de transmission des charges des constructions aux couches de sols sous-jacentes : par fondation superficielle et par fondation profonde.

Sur le plan pratique et économique, une étude de fondation doit nécessairement commencer par une solution superficielle qui semble être relativement simple et plus économique. Lorsque les terrains superficiels sont de très mauvaise qualité (remblai vase, limon argileux..) ou de résistance insuffisante pour garantir la stabilité de l'ouvrage (tassement important). On cherchera en profondeur une possibilité de résistance nécessaire.

Il existe dans la littérature plusieurs méthodes de calcul des fondations superficielles, ces méthodes sont basées soit sur les essais de laboratoire soit sur les essais in situ.

Avant cela, il est utile de donner cette analyse qualitative de la rupture des fondations, le comportement de la fondation fait ressortir différentes étapes pendant la phase de rupture on distingue trois zones principales, (figure....).

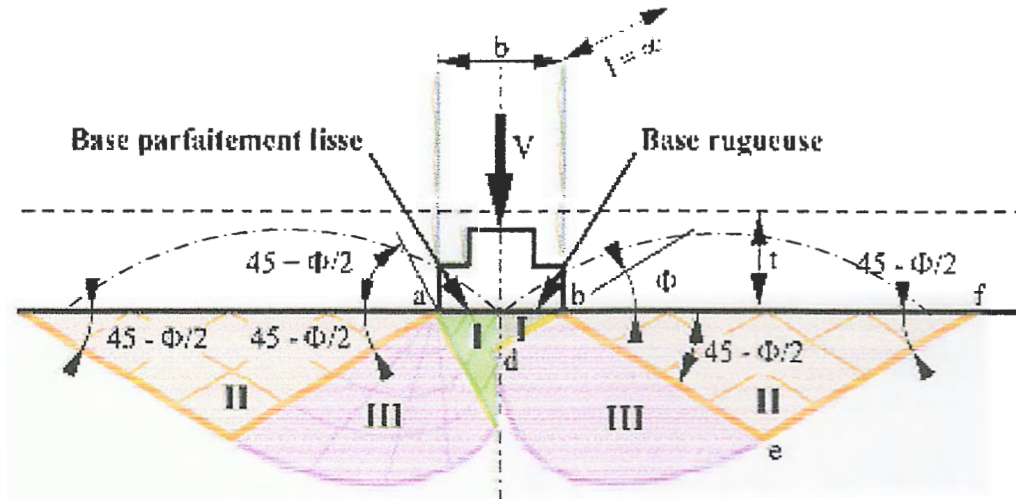


Figure VI.4: Mécanisme typique de rupture du sol sous une semelle continue (R. Frank ; 2003).

**Zone I :** limitée par les points a,b forment un coin ; elle est située directement sous la fondation. Le sol de cette zone a le même comportement que la fondation.

**Zone II :** le sol est refoulé vers la surface, les déplacements et cisaillements sont très importants, il se produit une rupture généralisée dans cette zone.

**Zone III:** le sol est peu ou pas perturbé par la rupture.

#### \*Contrainte admissible du sol de fondation:

la contrainte admissible du sol a été déterminée par deux approches:

- La première consiste en l'application des formules semi empiriques en utilisant les résultats des essais in situ.
- La deuxième d'origine théorique et la plus ancienne, considère le sol comme un matériau obéissant aux critères de rupture de Mohr-Colomb.

Dans cette approche les paramètres principaux pour le calcul sont :  $C$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ .

#### a. calcul de la capacité portante a partir des résultats des essais de pénétration dynamique:

La contrainte admissible du sol déduite est égale au vingtième de la valeur de la résistance dynamique en pointe minimale enregistrée:

$$Q_{ad} = R_{dmin} / 20 \quad (\text{R.Frank ,2003})$$

- **Pour une semelle filante:**

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{\rho \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D \cdot (N_q - 1) + C \cdot N_c}{F_s} \quad (\text{A. Bouafia, 2003})$$

Avec :

$\gamma_1$  : Poids volumique apparent du sol au-dessus de la fondation (T /m<sup>3</sup>).

$\gamma_2$  : Poids volumique apparent du sol au-dessous de la fondation (T/m<sup>3</sup>).

$D$  : Ancrage de la fondation (m).

$\rho = \text{rayon moyen} = \frac{\text{surface semelle}}{\text{périmètre semelle}}$

$$\rho = \frac{0,5B}{\left(1 + \frac{B}{L}\right)}$$

$B, L$  : Dimensions de la fondation, largeur et longueur (m).

$c$  : Cohésion du sol en place (T/ m<sup>2</sup>).

$N_\gamma, N_q, N_c$  : Coefficients dépendants de l'angle de frottement interne du sol «  $\varphi$  » avec :

$N_\gamma$  : Facteur de portance dû aux poids des terres.

$N_q$  : Facteur de portance dû à la surcharge.

$N_c$  : Facteur de portance dû à la cohésion.

$F_s$  : Coefficient de sécurité pris égal à 3.

- **Pour une semelle isolée ( $L/B \leq 5$ )**

$$Q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{\rho \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D \cdot (N_q - 1) + 1,3 \cdot C \cdot N_c}{F_s} \quad (\text{A. Bouafia, 2003})$$

Le tableau VII.8 extrait du DTU 13.12 regroupe les valeurs des facteurs de portances en fonction de ( $\varphi$ ) :

$\varphi^\circ$	$N_\gamma$	$N_q$	$N_c$	$\varphi^\circ$	$N_\gamma$	$N_q$	$N_c$
0	0,00	1,0	5,14	30	21,8	18,4	30,1
5	0,00	1,56	6,47	31	25,5	20,6	32,7
10	1,00	2,49	8,45	32	29,8	23,2	35,5
11	1,20	2,71	8,80	33	34,8	26,1	38,7
12	1,43	2,97	9,29	34	40,9	29,4	42,2
13	1,69	3,26	9,80	35	48,0	33,3	46,1
14	1,99	3,59	10,4	36	56,6	37,8	50,6
15	2,33	3,94	11,0	37	67,0	42,9	55,7
16	2,72	4,33	11,6	38	79,5	48,9	61,4
17	3,14	4,77	12,3	39	94,7	56,0	67,9
18	3,69	5,25	13,1	40	113,0	64,2	75,4
19	4,29	5,80	13,9	41	133,0	73,9	83,9
20	4,97	6,40	14,8	42	164,0	85,4	93,7
21	5,76	7,07	15,8	43	199,0	99,0	105,0
22	6,68	7,83	16,9	44	244,0	115,0	118,0
23	7,73	8,66	18,1	45	297,0	135,0	135,0
24	8,97	9,60	19,3	46	366,0	159,0	152,0
25	10,4	10,7	20,7	47	455,0	187,0	174,0
26	12,0	11,8	22,2	48	570,0	223,0	199,0
27	13,9	13,2	24,0	49	718,0	265,0	230,0
28	16,1	14,7	25,8	50	914,0	319,0	267,0
29	18,8	16,4	27,9				

Tableau VI-17: Valeurs des facteurs de portance (extrait du D.T.U 13.12)

**Exemple de calcul: Sondage N°02****➤ Semelle carrée :**Si :  $B = L = 1,5\text{m}$ ,  $D = 2,0\text{m}$ ,  $F_s = 3$ 

$$\rho = \frac{0,5B}{1 + B/L}, \quad \rho = \frac{0,5 \times 1,5}{1 + 1} = 0,375$$

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_h = 2.16\text{T/m}^3$$

$$C = 0,71\text{bars} = 7,1\text{T/m}^2$$

$$\varphi = 2,13^\circ \Rightarrow \begin{cases} N_\gamma = 0.00 \\ N_q = 1.23 \\ N_c = 5.70 \end{cases}$$

$$Q_{ad} = \frac{\rho \cdot \gamma_h \cdot N_\gamma + \gamma_h (N_q - 1) D + 1.3 C \cdot N_c}{F} + \gamma_h \cdot D$$



$$Q_{ad} = 2,16 \times 2,0 + \frac{[0,375 \times 2,16 \times 0,00] + [2,16 \times 2,0 \times (1,23 - 1)] + [1,3 \times 7,1 \times 5,70]}{3}$$

$$Q_{ad} = 21,10 \text{ T/m}^2 = 2,11 \text{ bars.}$$

$$Q_{ad} = 2,11 \text{ bars}$$

➤ **Semelle continue :**

$$Q_{ad} = \frac{\rho \cdot \gamma_2 \cdot N\gamma + \gamma_1 (Nq - 1)D + C \cdot Nc}{F} + \gamma_1 \cdot D$$

$$\text{Si : } B = 1,5 \text{ m, } D = 2,0 \text{ m, } F_s = 3$$

Pour une semelle filante on a :  $\frac{L}{B} > 5$ , on pose  $\frac{L}{B} = 10 \Rightarrow L = 15 \text{ m}$

$$\rho = \frac{0,5B}{1 + \frac{B}{L}} \quad \rho = \frac{0,5 \times 1,5}{1 + \frac{1,5}{15}} = 0,68$$

$$Q_{ad} = 2,16 \times 2,0 + \frac{[0,68 \times 2,16 \times 0,00] + [2,16 \times 2,0 \times (1,23 - 1)] + [7,1 \times 5,70]}{3}$$

$$Q_{ad} = 16,90 \text{ T/m}^2 = 1,69 \text{ bars.}$$

$$Q_{ad} = 1,69 \text{ bars}$$

Les résultats obtenus pour des semelles carrées et filantes ancrées à 1.5, 2, 2.5 et 3m de profondeur pour quelques sondages, sont reportés sur le tableau VI.18:

N° Sondage	Type de fondation (B=1.5m)	Qad (Bard)			
		D=1.5	D=2m	D=2.5m	D=3.0m
S01	Filante	1.83	1.93	2.04	2.25
	Carrée	2.27	2.37	2.47	2.68
S02	Filante	1.69	1.80	1.90	2.12
	Carrée	2.11	2.22	2.33	2.44
S03	Filante	2.00	2.10	2.21	2.32
	Carrée	2.49	2.60	2.71	2.82
S04	Filante	1.40	1.50	1.60	1.72
	Carrée	1.88	1.92	2.02	2.14
S05	Filante	2.40	2.50	2.60	2.71
	Carrée	3.00	3.10	3.10	3.30

Tableau VI.18 : Calcul des contraintes admissibles du sol de fondation à partir des résultats des essais de laboratoire

Selon les résultats obtenus des travaux et essais in-situ, nous proposons comme solution d'assise des fondations superficielles type **semelles isolées** de largeur minimale **1,50m**.

#### 4. Calcul des tassements :

Avant l'exécution de travaux projetés, les terrains sont généralement en état d'équilibre. Sous l'action des charges appliquées, dues à la construction des ouvrages, se développent dans le sol des contraintes qui engendrent des déformations.

Dans la pratique, les charges appliquées sont généralement verticales et la face du sol à peu près horizontale. Les déformations prépondérantes sont verticales et appelées « Tassements ». Le tassement absolu du sol correspond à la déformation verticale représentée par une variation du volume vers le bas, causée par la surcharge appliquée par l'ouvrage

##### IV.1. Tassements admissibles des structures:

Le tassement d'un bâtiment ne présente en général pas beaucoup de danger quand il est Uniforme. Seuls les tassements différentiels entre appuis peuvent avoir des conséquences dangereuses. L'amplitude des tassements différentiels dépend de la nature de la construction.

Les études montrent qu'une structure peut supporter des tassements différentiels de l'ordre 1/300 de la distance entre appuis. Dans tous les cas, pour les bâtiments courants, il apparaît des fissures lorsque le tassement différentiel dépasse « 5 cm ». Il convient d'être très prudent quant aux incertitudes dues au calcul des tassements. Néanmoins, on peut énoncer les règles suivantes qu'il faut respecter pour l'élaboration d'un projet. (*M.Forni ; 1981*).

Dans le tableau ..., on donne quelques valeurs des tassements admissibles en fonction de la nature du sol à construire ainsi que le type de fondation adopté.

Tableau VI.19: Quelques valeurs des tassements admissibles.

<b>Tassement différentiel admissible</b>	1/500 de la portée entre appuis (appuis isolés ou radier), et 1/1000 si l'on veut être très sur.
<b>Tassement différentiel admissible</b>	Sur argile ; 3 à 4 cm. Sur sable ; 2 à 3 cm.
<b>Tassement total</b>	- avec fondation isolé : argile : 6 cm. sable : 4 cm. - avec un radier : argile : 10 cm. sable : 6 cm.

Tableau VI.19: Quelques valeurs des tassements admissibles

#### 4.2. Calcul des tassements à partir des résultats de l'essai Oedométrique:

L'essai de laboratoire le plus utilisé pour la détermination du tassement des fondations superficielles sur les sols fins cohérents est l'essai oedométrique.

Pour le calcul des tassements du sol étudié, nous avons utilisé la formule suivante :

$$\Delta H = H \cdot \frac{\Delta e}{1+e_0} \quad \text{Avec : } \Delta e = e_0 - e_f$$

$e_0$  : indice des vides initial correspond à  $\sigma_{v0}$ .

$e_f$  : indice des vides final correspond à  $\Delta\sigma_z + \sigma_{v0}$ .

$H\Delta$  : tassement total (cm).

$H$  : hauteur de la couche concernée par le tassement (m).

$\Delta e$  : variation de l'indice des vides.

#### Exemple de calcul : sondage N° 05

$$\Delta H = H \cdot \frac{\Delta e}{1+e_0}$$

$$\sigma_{v0} = \gamma_h \cdot h$$

$$\sigma_{v0} = 1.98 \times 3 = 5.94 \text{ T/m}^2$$

a partir de la courbe oedométrique on a :

$$e_0 \rightarrow 0.702$$

$$\text{Donc : } \Delta_e = 0.004$$

$$e_f \rightarrow 0.698$$

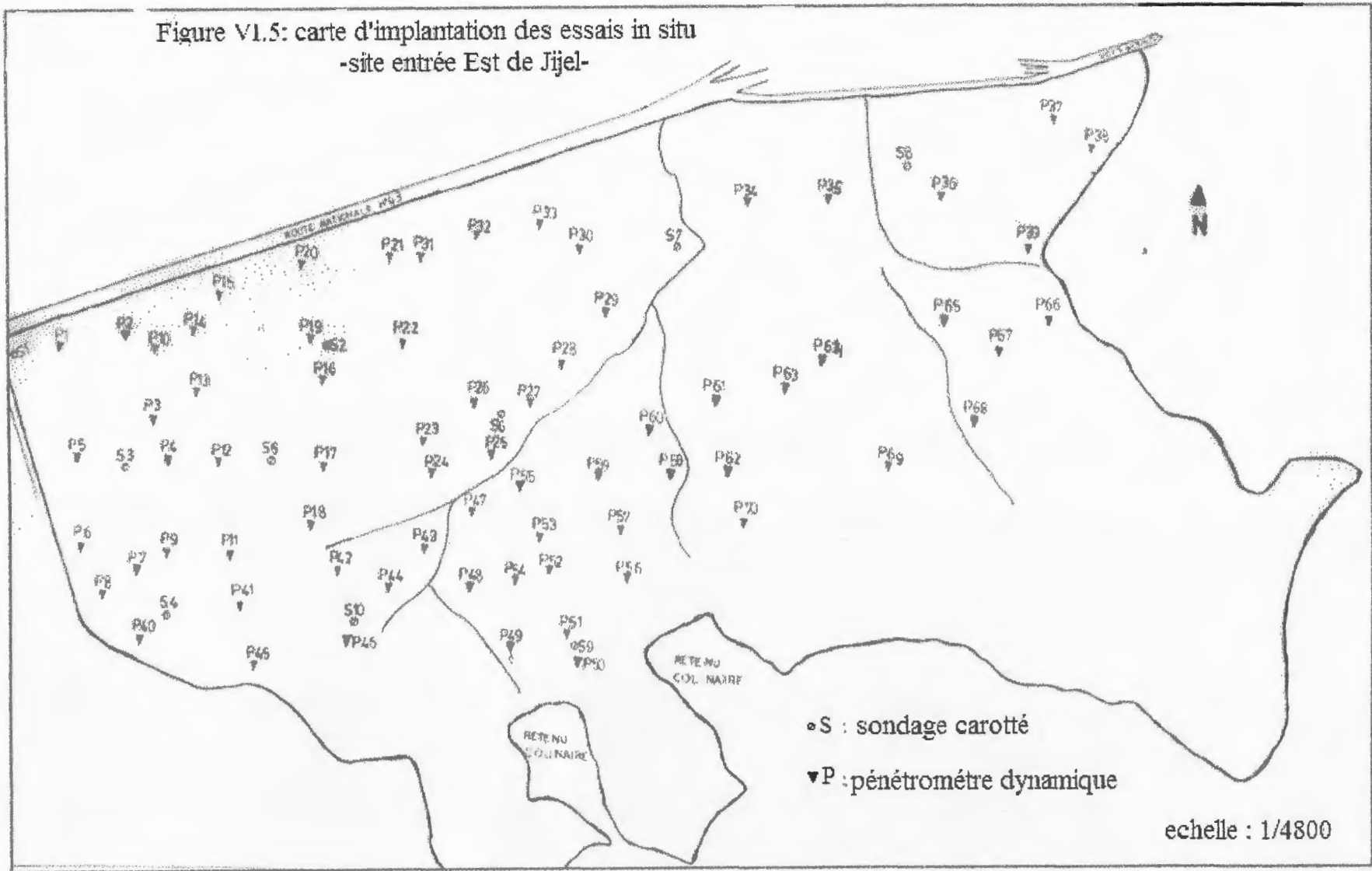
$$\Delta H = \frac{0.004}{1.702} \times 3\text{m} = 0.007\text{m} = 0.7 \text{ cm}$$

Les résultats obtenus pour les tassements sont reportés dans le tableau ci-après :

<b>N° sondage</b>	<b>Tassement (cm)</b>
<b>S 01</b>	<b>2.50</b>
<b>S 02</b>	<b>0.70</b>
<b>S 03</b>	<b>2.25</b>
<b>S 04</b>	<b>0.50</b>
<b>S 05</b>	<b>0.70</b>
<b>S 07</b>	<b>1.50</b>
<b>S 09</b>	<b>1.60</b>

Tableau VI.20 : valeurs des tassements obtenus à partir des résultats de l'essai Oedométrique

Figure VI.5: carte d'implantation des essais in situ  
-site entrée Est de Jijel-



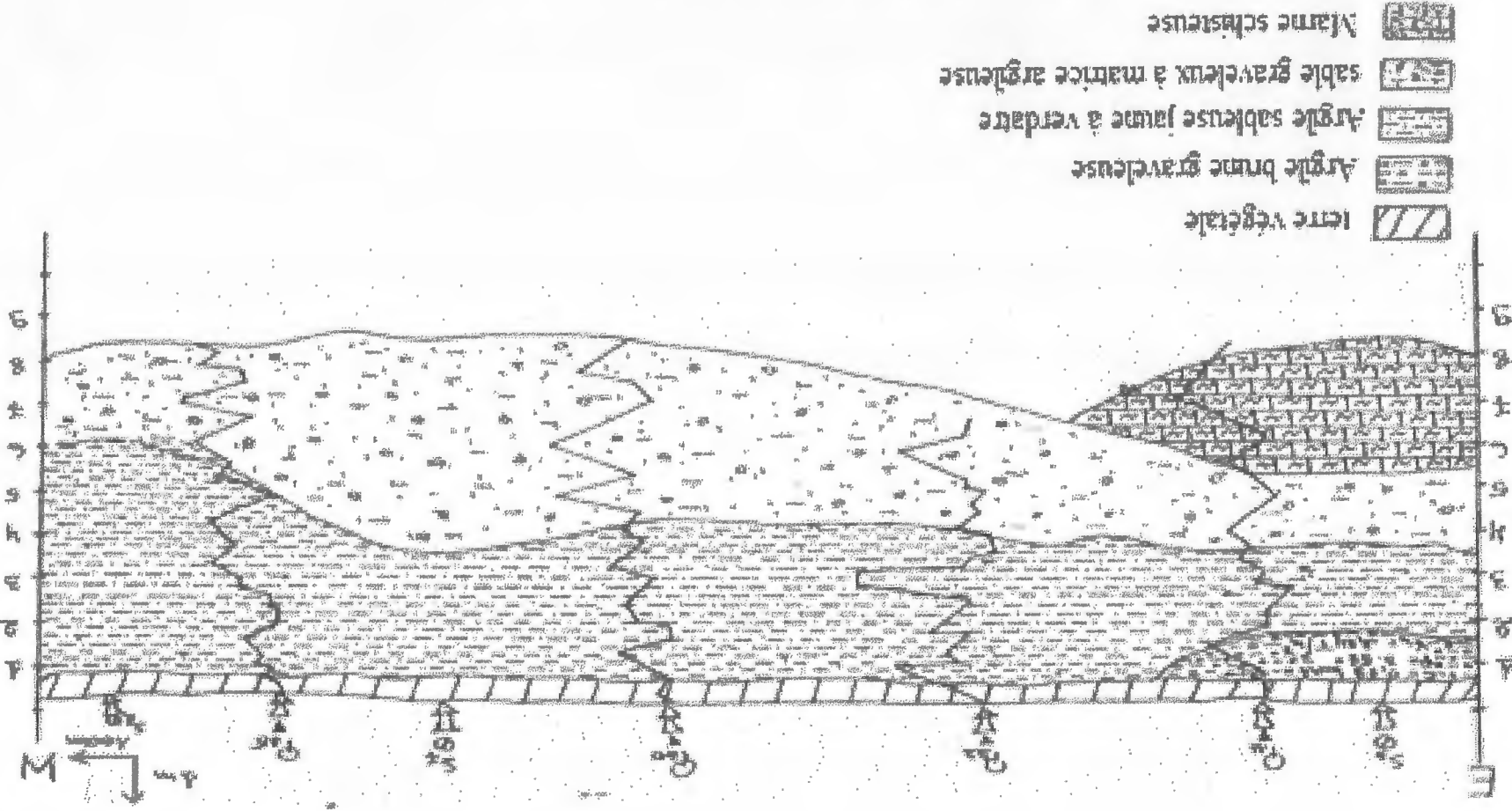


Figure VI.6: coupe géotechnique E-W

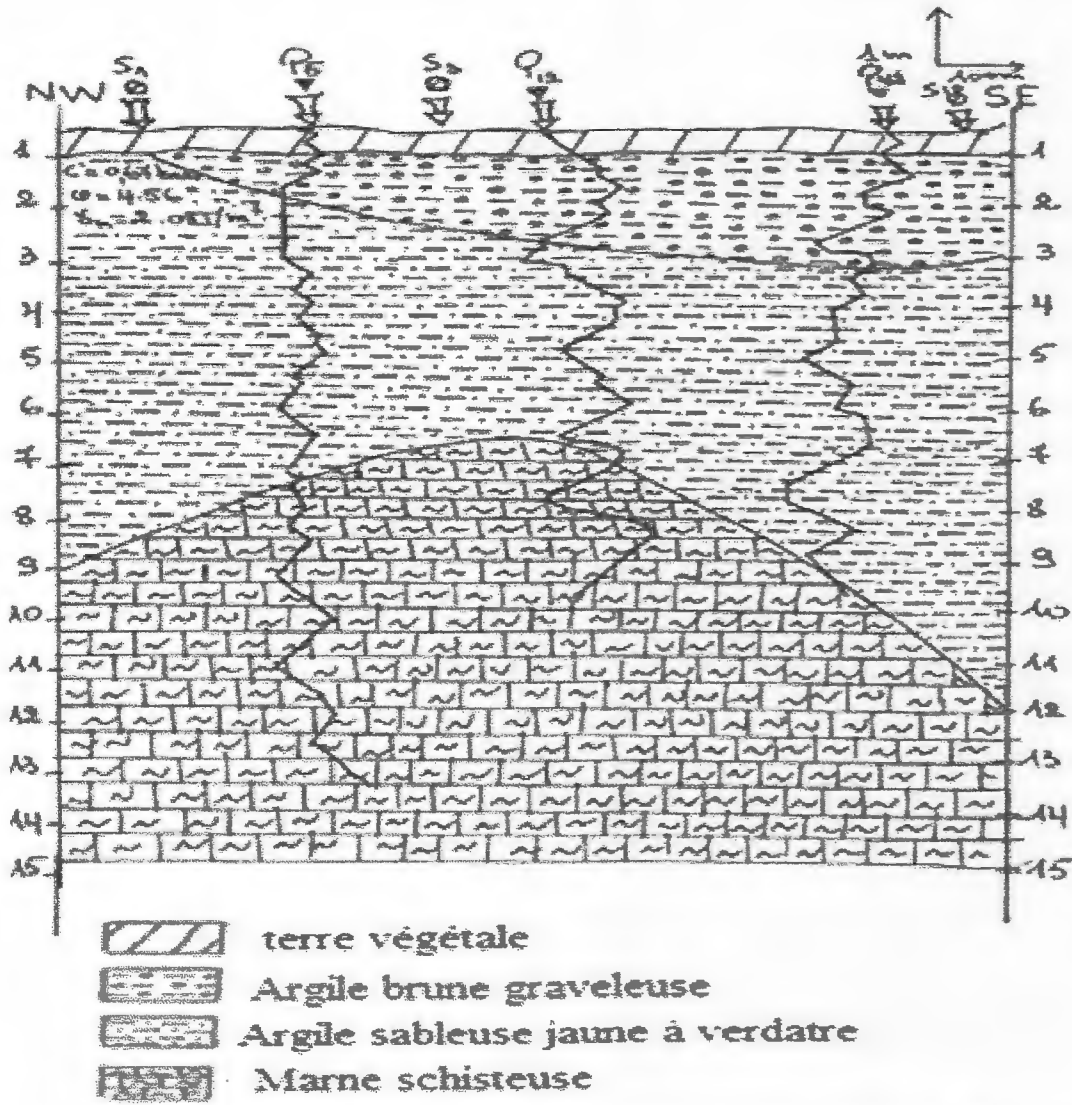


Figure VI.7: Coupe géotechnique NW-SE

## 5. Le zoning géotechnique :

On se basant sur les résultats obtenus à partir de l'étude géologique et géotechnique du site, nous pouvons distinguer 03 zones géotechniques :

✓ **Zoning pour un ancrage D=1.5 à 2m :**

On distingue les trois (03) zones suivantes :

**Zone I :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 1.50 à 2.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à 0.5 – 1.5 Bars.

**Zone II :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 1.50 à 2.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à 1.5 – 2.5 Bars.

**Zone III :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 1.50 à 2.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à une valeur à 2.5 Bars.

✓ **Zoning pour un ancrage D=2 à 3m :**

On distingue trois (03) zones :

**Zone I :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 2.00 à 3.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à 1 – 1.5 Bars.

**Zone II :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 2.00 à 3.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à 1.5 - 2 Bars.

**Zone III :** partie constructible, fondation superficielle ancrée à une profondeur de 2.00 à 3.00m par rapport à la cote du terrain naturel et travaillant à un taux admissible estimé à une valeur supérieur à 2 Bars.



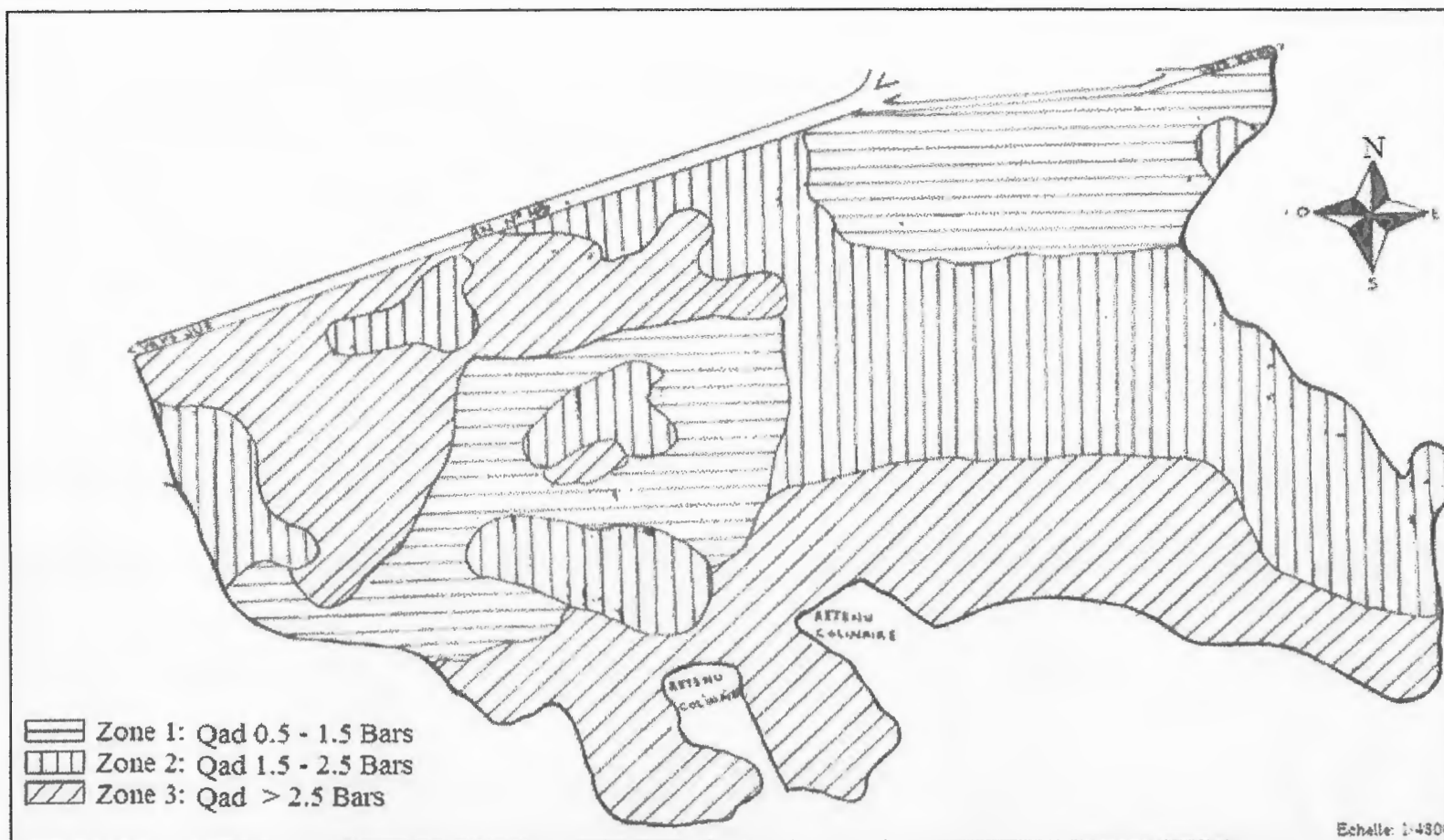


Figure VI .8: Carte de zoning géotechnique ancrage D=1.5 à 2 m

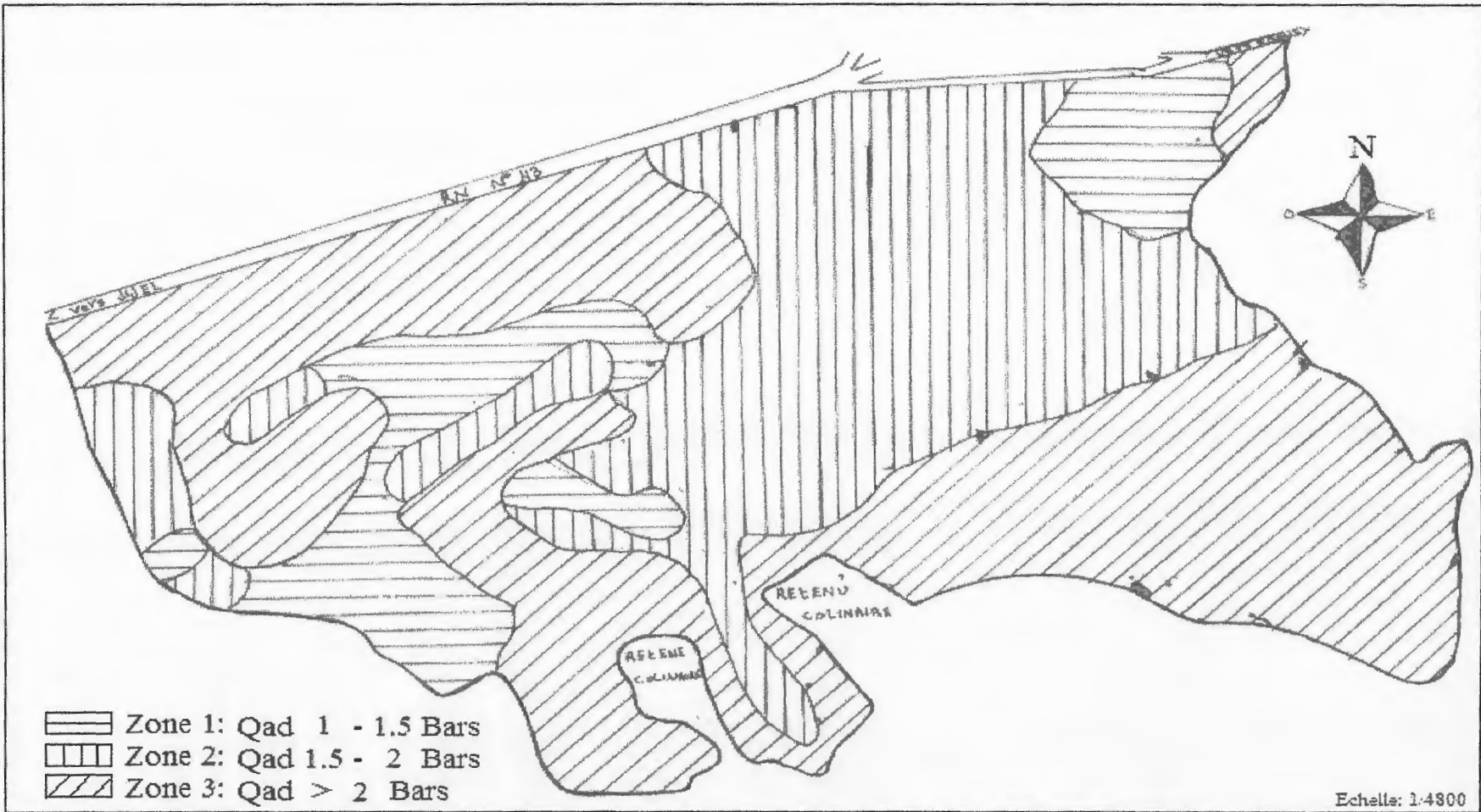


Figure VI .9: Carte de zoning géotechnique ancrage D= 2 à 3 m

# *Chapitre 7*

*Conclusion et Recommandations*

Les résultats obtenus des différentes travaux (géologiques, géophysiques, essais in situ, essais de laboratoire...) montrent que le site étudié se caractérise par des conditions assez favorables pour la construction.

En effet, les données lithologiques combinées aux données géophysiques montrent que le site étudié est principalement constitué par une tranche superficielle de terre végétale, recouvrant des argiles graveleuses, et des marnes schisteuses qui elles surmontent le substratum. les résultats des différents travaux sont comme suit :

- ✓ **Les caractéristiques géotechniques** : dénotent que les sols sont denses, humides et peu plastiques. Ils présentent un caractère non gonflant et une compressibilité moyenne.
- ✓ **La résistance à la pénétration** : les essais au pénétromètre dynamique lourd type « BORRO » ont donnés des valeurs de résistance dynamique de pointe bonnes en général.
- ✓ **La capacité portante du sol** : le calcul de la contrainte admissible du sol (**Qad**) effectué à partir des essais in situ et ceux de laboratoire révèlent en général un sol de bonne résistance.

Il faut éviter les terrassements anarchiques au pied des talus. Et prévoir un système d'évacuation des eaux pluviales afin d'éviter le lessivage des sols.

## Bibliographie

- Boullin. J.P, (1977), *géologie alpine de la Petite Kabylie dans la région de Collo et d'El Milia. Thèse Paris .Toulouse.*
- Fauchard.C et Meriaux.P, *Méthodes géophysiques et géotechniques pour le diagnostic des digues de protection contre les crues.*
- Djellit. H, (1987) *évolution tectono-métamorphique de socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat d'état,université de paris- sud, centre d'Orsay.*
- Belakhlef. N et Mezerreg .M,(2003) *Etude hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Mencha (wilaya de Jijel). Mém.ing.univ Constantine.*
- Khalifa.I et Chwial.W, (2008) *Contribution a l'élaboration de la carte géotechnique de la commune de Jijel. Mém.ing.univ Jijel*
- Bouazi.R, (2008) *application des méthodes géophysiques aux études géologiques et géotechniques –cas du POS de Mezgirane W de Jijel. Mém.magistaire.univ Jijel*
- Kessasra.F, (2004) *Etude hydrogéologique sous l'aspect de la modelisation mathématique en vue d'une gestion rationnelle des écoulements souterrains de la vallée de la Soummam. Mém.magistaire.univ d'Alger.*
- Savard.C,(2006) *imagerie électrique de la sous fondation pergélisolée des pistes d'atterrissages au Nunavik. (M.SC) université Laval- Quebec.*
- Schout.H .(1999) *la méthode géophysique pour les géologues. Tome 1 : méthodes de prspection électriques .édition de l'université de Constanine.*
- Mebarki. A(2005) *Les bassins hydrologiques de l'Algérie orientale : ressources en eau, aménagement et environnement, Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la terre, géographie et aménagement du territoire, Route d'Ain El Bey - 25000 Constantine, Algérie.*
- ENTPA *catalogue des essais d'école nationale des travaux publics d'Alger.*
- Tisot. J. P,(1983) *les essais de laboratoire en MDS, Ecole nationale supérieure de géologie appliquée et de prospection minière de Nancy.*
- Bouafia. A, (2004) *les essais in situ dans les projets de fondations.*
- Bouafia. A, (2003) *introduction au calcul des fondations, société algérienne Boudaoud.*
- Samuel. A ,Magnan .J.P, *aide mémoire.*
- Cordary.D ,(1944) *Mécanique des sols. Edition Lavoisier Tec et Doc.*

-Chaib,Z, *Mécanique des sols*.

- LNHC Oum El Bouaghi,(2008) *Etude géotechnique POS entrée Est de Jijel .rapport inédit* .

-Philiponant. G, (1979) *fondations et ouvrages en terre –édition Eviolles*.

-Costet.J, Sanglerat.G ,(1975) *cours pratiques de mécanique des sols, edition Dunon*.

-Schlossev. F, (1983) *élément de mécanique des sols, presse de l'école nationale des pentes et chaussées Paris*

- Zebouchi.H et Bouhenouna.A(2005) *Etude géotechnique de trois sites différents et calcul des fondations. Projet de fin d'étude université de Jijel. Mém.ing.univ Jijel*.

### **Les sites web :**

<http://secure.hospitalityclub.org/hc/hcworld.php?region=2833>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya\\_de\\_Jijel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Jijel)

<http://www.wilayadejijel.net/>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Limites\\_d%27Atterberg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Limites_d%27Atterberg)

<http://lyc-du-batiment-saint-lambert.scola.ac-paris.fr/gendronatterberg.htm>

<http://www.u-picardie.fr/~beaucham/eadaa/mecasol.htm>

[http://www-ig.unil.ch/cours/c\\_prof.htm](http://www-ig.unil.ch/cours/c_prof.htm)

[http://www.sisyphe.jussieu.fr/~geofcan07/pdf/gf6\\_guerin.pdf](http://www.sisyphe.jussieu.fr/~geofcan07/pdf/gf6_guerin.pdf)



