

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 4749

جامعة جيجل
Université de Jijel

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



كلية العلوم الدقيقة
و علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم الأرض و الكون

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en géologie
Option : Génie géologique

Thème

**Etude géologique et géotechnique du POS N°1
d'El Aouana, wilaya de Jijel (Algérie)**

Présenté par :

-Brachen Mekki
-Adjeroud Amir

Soutenu publiquement le : 30/06/2011

Devant le jury composé de :
Président : Mr Boufaa Kamel
Encadreur : Dr Zennir Abdelmalek
Examineur : Mr Baghdad Abdelmalek

Remerciements

*Nous remercions dieu de tout puissant pour nous avoir donné
La force et la patience afin de pouvoir réaliser ce travail.*

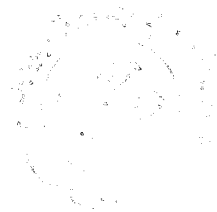
Nos sincères remerciements à nos encadreurs

Zennir. A et Bouhenouna. A

*Pour leur suivi, conseils et orientations qui ont un grand apport
Dans la finalisation de notre mémoire.*

*Nous remercions le membre de jury qui bien voulu accepter
d'examiner notre travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements aussi à tous qui ont contribué
de près ou de loin à la mise en
Forme de travail.*



Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents de tous qui ont me donné.
Qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné
un adorable modèle de labeur et de persévérance.
J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma
reconnaissance et tout mon amour.*

*A mes frères et mes sœurs a qui je les souhaite une vie
pleine de bonheur, de santé et de réussite.*

*A toute ma famille qui je souhaite une longue vie
pleine de santé.*

*A tous mes amis, mes collègues ; à tous ce qui
m'aiment.*

*A tous les gens qui nous ont aidés pour accomplir ce
travail.*

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédie ce modeste travail à :

- ❖ Celle qui s'est sacrifié et souffert pour que je réussisse, Ma chère mère.*
- ❖ Mon père qui par son courage a consacré tous ses efforts, et ses moyens pour me faire réussir dans ma vie ;*
- ❖ Mes chers frères et sœurs et toute ma famille.*
- ❖ Mes amis, mes collègues*
- ❖ Tous les étudiants de 5ème année, Master II promotion 2010/2011 et bien sur Hamdini Haroun et Amimour Mahiédine.*
- ❖ Mes enseignants sans aucune exception.*

Adjeroud Amir

Résumé

Ce mémoire représente une contribution à l'étude géologique et géotechnique du P.O.S N°1 de d'El Aouana.

Notre site englobe la partie Est du village, partiellement bâtie et la superficie de l'ancien bâti du village.

Le site du P.O.S N°1 est localisé dans la région d'El Aouana, notre travail traite les trois points suivantes :

Aspect géologique, hydrologique et géotechnique, à partir des essais d'identification du sol et des essais mécaniques qui nous ont permis d'identifier la qualité du sol.

La combinaison de plusieurs paramètres (géologiques, morphologiques, hydrogéologique et géotechnique) nous a permis enfin d'établir un zoning au niveau de P.O.S étudié.

Enfin de donner une conclusion générale et les recommandations sur l'étude du site et la construction dans le site.

Mots clés: géotechnique, tassements, Plasticité, compressibilité, gonflement, tectoniques

ملخص

تعرض هذه المذكرة مساهمة في الدراسة الجيولوجية والجيوتقنية لمخطط شغل الأراضي رقم 1 بالعوانة. هذا الموقع يغطي الجزء الشرقي من المدينة، المبني جزئياً وكذا منطقة المباني القديمة. يقوم عملنا على النقاط الثلاث التالية:

القيام بدراسات جيولوجية، هيدرولوجية و جيوتقنية ابتداء من اختبارات كشف للتربة واختبارات ميكانيكية لتحديد نوعية التربة. دمج المعايير الجيولوجية والمورفولوجية والهيدروجيولوجية والجيوتقنية) قصد تقسيم مخطط شغل الأراضي رقم 1 حسب قابلية البناء.

في الأخير تقديم خلاصة عامة وتوصيات بشأن مسح الموقع والبناء فيه.

كلمات الرئيسية : الجيوتقنية ، الليونة ، الانضغاطية ، تورم والتكتونية

Liste des tableaux

	Pages
Tableau III.1 : Coordonnées de la station d'Achouat.	18
Tableau.III.2 : Température moyenne mensuelle et saisonnière.	19
Tableau.III.3 : Pluviométrie moyenne mensuelle.	20
Tableau.III.4 : Résultats du calcul de l'ETP.	23
Tableau.III.5 : Calcul du bilan hydrologique (Achouat 1991-2010).	23
Tableau.III.6 : Les Différentes Composantes Du Bilan Hydrologique.	24
Tableau.III.7 : Ruissellements et infiltration (Achouat1991/ 2010).	25
Tableau IV-1: Propriétés physiques du sol.	30
Tableau IV-2: Résultats des essais des limites d'Atterberg.	31
Tableau IV-3 : Pourcentages des fractions granulaires des Échantillons prélevés.	32
Tableau IV-4 : Résultats de l'essai de compressibilité à l'odomètre.	33
Tableau IV-5: Résultats des essais de cisaillement.	34
Tableau IV-6 : Résultats de l'analyse chimique.	34
Tableau IV-7: La capacité portante par la méthode du pénétromètre dynamique.	36
Tableau IV-8 : les coefficients de la capacité portante selon le D.T.U.13.12.	38
Tableau IV-9 : la capacité portante selon le type et l'ancrage de la semelle.	38
Tableau IV-10 : Les valeurs du tassement obtenu selon le type et l'ancrage de la semelle	39

Liste des figures	Pages
Figure I.1 : localisation géographique de secteur d'étude. (Carte d'état major (INCT)).	2
Figure I. 2 : Situation géographiques du POS N°1(FONDASOL)	3
Figure I.3 : Carte des pentes du POS N°1 (Réalisé par FONDASOIL)	5
Figure II.1 : Carte géologique de la région de Jijel (Vila, 1981).	6
Figure II.2 : Coupe géologique S.S.W-N.N.E de la région d'El Aouana.	7
Figure II.3 : Coupe géologique S.W.W-N.E.E au niveau de site d'étude	13
Figure II.4 : Carte sismique d'Algérie selon le RPA (Version 2003).	14
Figure II.5 : Localisation de l'épicentre du séisme de Texanna du 20/05/2010	15
Figure II.6 : Carte géologique et Sismotectonique de la région d'El Aouana	16
Figure III.1 : Répartition de la précipitation annuelle dans la wilaya de Jijel (A.N.R.H).	19
Figure III.2 : Diagramme ombrothermique (Achouat 1991-2010).	21
Figure III.3 : Le bilan d'eau par la méthode Thornthwate (Station d'Achouat, Période 1991/2010)	24
Figure IV.1 : Coupe géotechnique NW-SE de sondage N°2 au sondage N°4	27
Figure IV.2 : Coupe SE-NE du sondage N°1 au sondage N°2	27
Figure IV.3 : Carte d'implantation des sondages et des pénétromètres.	29
Figure IV.4 : Diagramme de Casagrande	31
Figure IV.5 : Exemple d'une courbe granulométrique du sondage carotté N°5	32
Figure IV-6 : Coupe géotechnique SW-NE entre S1 et S2	35
Figure IV-7 : Coupe géotechnique NW-SE entre S2, S5 et S4	35
Figure IV.8 : La carte de zoning géotechnique du POS N°1	40

Liste des photos	Pages
Photo II.1 : Flysch massylien.	9
Photo II.2 : Flysch Numidien.	9
Photo II.3 : Roche Plutonique type (Microdiorite).	11
Photo II.4 : Limite Ouest du Complexe Volcano-Sédimentaire.	11
Photo II.5 : Eboulis des pentes au niveau de site étudié.	12
Photo II.6 : Les argiles sableuses dans le POS N°1.	12
Photo II.7: Illustration d'une faille normale à l'Ouest du site d'étude.	17

SOMMAIRE

	Page
Introduction	1
CHAPITRE I : Présentation du site	
I.1. Situation et limites géographique	2
I.2. Topographie et morphologie	4
I.3. La couverture végétale	4
I.4. Réseau hydrographique	4
CHAPITRE II : Géologie et sismotectonique	
II. Cadre géologique régionale	6
II.1. La géologie locale de la région d'El Aouana	6
II.1.1. Les formations sédimentaires	7
II.1.1.1 Le Trias	7
II.1.1.2 Jurassique	8
II.1.1.3 Crétacé	8
II.1.1.4 Les formations du flysch massylien	8
II.1.1.5 Les formations du flysch maurétanien	8
II.1.1.6 Le Numidien (Eocène-Oligocène)	8
II.1.1.7 Les formations d'Olistostromes	9
II.1.1.8 Les formations de l'Oligo-miocène Kabyle	9
II.1.1.9. Les formations Néogène post –nappe	9
II.1.1.9.1 Tortono-messinien	9
II.1.1.9.2 Pliocène	10
II.1.1.9.3 Les formations quaternaires	10
II.1.2. Les formations Volcano-Plutoniques	10
II.2. La géologie du site	12
II.3 Sismotectonique	14
II.3.1 Aperçu sismique	14
II.3.2 Les données historiques	14
II.3.3 La tectonique	15
II.3.4. La néotectonique	17

CHAPITRE III : Synthèse hydroclimatologique et hydrogéologique

III.1.Introduction	18
III.2. Les données climatiques	18
III.2.1 Le vent	18
III.2.2 Température de l'air	19
III.2.3 La pluviométrie	19
III.2.4 Relation température – précipitations (Diagramme ombrothermique)	20
III.2.5 Indice d'aridité	21
III.2.7 Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite	22
III.2.7.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle et réelle	22
III.2.7.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP)	22
III.2.7.1.2 L'évapotranspiration réelle (ETR)	23
III.2.7.2 Ruissellements et infiltration	24
III.2.7.2.1 Ruissellement (R)	24
III.2.7.2.2 La lame infiltrée (I)	25
III.4. Aperçu Hydrogéologique	25

CHAPITRE IV : Etude Géotechnique

IV.1.Introduction	26
IV.2. Reconnaissance géotechniques des sols	26
IV.2.1 : Les essais in situ	26
IV.2.2. Interprétation des résultats des essais in situ	26
IV.2.2.1. Les sondages carottés	26
IV.2.2.2. Essais pénétrométrique	28
IV.3. Interprétation des essais au laboratoire	29
IV.3.1.Interprétation des essais d'identification physique	39
IV.3.1.1. Densité sèche et densité humide γ	30
IV.3.1.2. La teneur en eau W	30
IV.3.1.3. Le degré de saturation S_r	30
IV3.1.4. Les limite d'Atterberg	30
IV.3.1.5. L'analyse granulométrique et de sédimentométriques	32
IV.3.2. Les essais mécaniques	33
IV.3.2.1. l'essai de compressibilité à l'oedomètre	33
IV.3.2.2. L'essai de cisaillement	33
IV.4. L'analyse chimique	34
IV.5. Calcul des fondations superficielles	36
IV.5.1. Calcul des fondations superficielles à partir du pénétromètre dynamique	36
IV.5.2. calcul par la méthode classique	37
IV.6. Calcul du tassement	39
IV.7. Le zoning géotechnique	40

Introduction générale :

Le Plan d'Occupation des Sols POS N° 01 El Aouana, s'inscrit dans le cadre de la mise en valeur des projets d'urbanisation de la wilaya de Jijel, qui témoignent d'un épanouissement aperçu ces dernières années.

L'étude du POS N° 01 a été effectuée en 2009 par le laboratoire FONDASOIL. Cependant, afin de bien identifier les caractéristiques (géologiques et physico-chimiques) des terrains d'assiette desquels les futurs ouvrages tirent leur pérennité et à cause des nouvelles réglementations régissant le secteur de la construction, réglementations qui garantissent une sécurité maximale aux édifices, et certainement pour mieux approfondir nos connaissances par l'interprétation des données sur ce sujet, une contribution à l'étude géologique et géotechnique du POS nous semble indispensable.

L'objectif de notre contribution consiste à l'établissement d'un zoning clarifié du site c'est-à-dire la délimitation des zones constructibles et inconstructibles selon les paramètres physique et morphologique du site (capacité portante et pente).

La présente étude s'articule autour de trois parties principales précédées par un chapitre de généralités :

- La première partie a été réservée à l'étude géologique où nous avons traité les caractéristiques lithologiques et structurales des différentes unités rencontrées à l'échelle locale et l'échelle du site. Celle-ci est complétée par une analyse sismo-tectonique de la région.
- Une analyse hydroclimatique et hydrogéologique est aussi abordée.
- Une deuxième partie est consacrée à l'étude géotechnique qui permet d'avoir une prévision du comportement mécanique du sol face aux différentes sollicitations par le traitement de ses caractéristiques physico-chimiques obtenues par des essais réalisés sur site et en laboratoire.
- Une dernière partie concernera une conclusion générale et les différentes recommandations proposées pour lutter contre les risques qui peuvent mettre en péril les constructions.

Chapitre I :

Présentation du site

Notre site est situé dans la partie Est du village d'El Aouana, partiellement bâtie. Il occupe une superficie de 20.23 ha.

Le POS N°1 (**Figure I. 2**) est limitée par :

- Au Nord le nouveau port d'El Aouana.
- Au Sud la R.N N°43 et la route El Aouana-Selma.
- A l'Ouest les deux monticules de microdiorite, aux pieds desquels se trouve l'ancien bâtie du village d'El Aouana.
- A l'Est une chaaba orientée Nord-Sud.

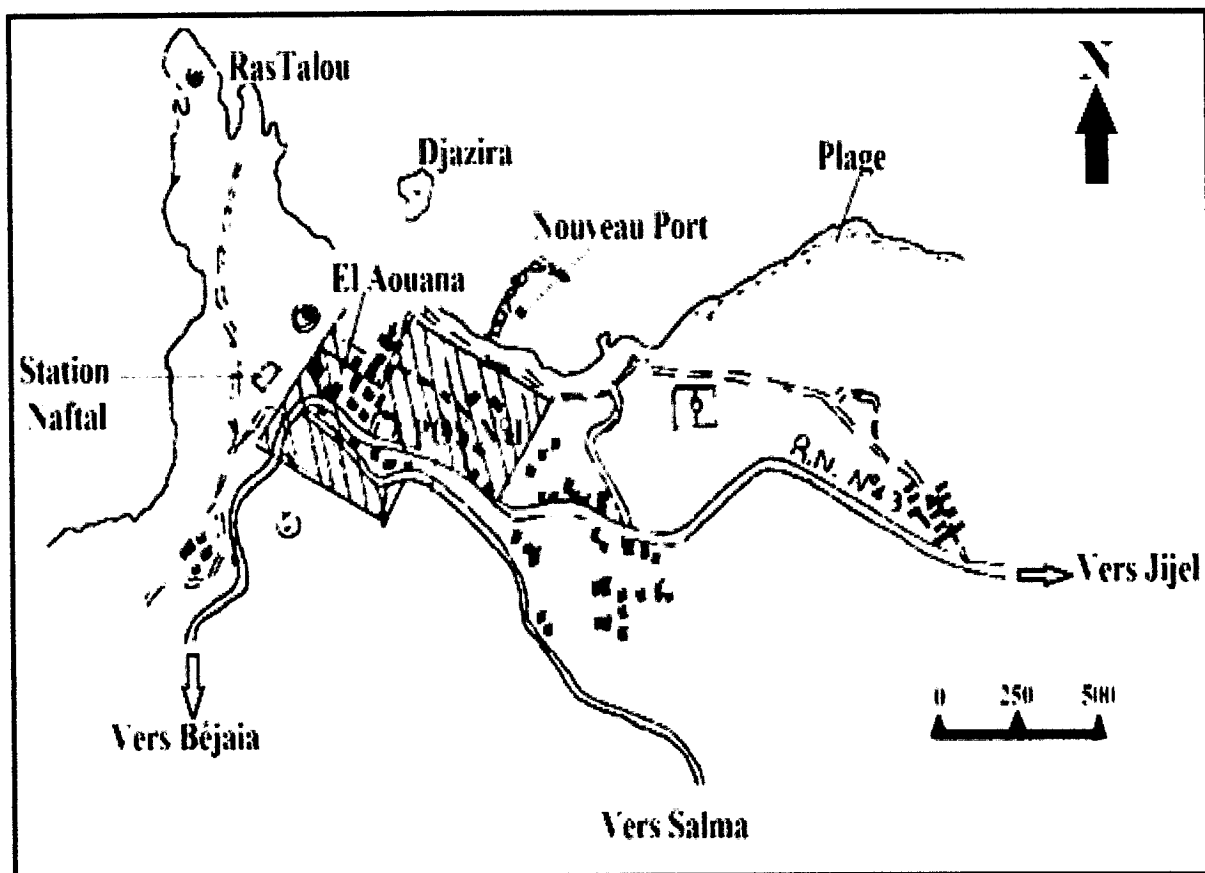


Figure I. 2 : Situation géographique du POS N°1(FONDASOL)

I.2 Topographie et morphologie :

La région d'El Aouana est une région montagneuse caractérisée par une topographie très accidentée. Le relief est marqué par de grands contrastes topographiques, il est représenté par des escarpements et des dômes volcaniques à différentes altitudes et des replats côtiers.

Le site occupe topographiquement une altitude comprise entre 39 m et 64 m qui est représenté par des reliefs modérés avec des pentes assez prononcées, avec un léger replat dans sa partie Nord-Est.

La carte des pentes (**figure I.3**), fait nettement ressortir 3 zones bien distinctes :

La zone A :

Cette zone est caractérisée par une pente faible de 0 à 10%, et occupe une petite superficie de la surface du site.

La zone B :

Cette zone est caractérisée par des pentes de 10 à 20%, et occupe la majeure partie de la surface du site.

La zone C :

Elle présente des pentes supérieures à 20% et occupe une superficie plus restreinte que les zones A et B.

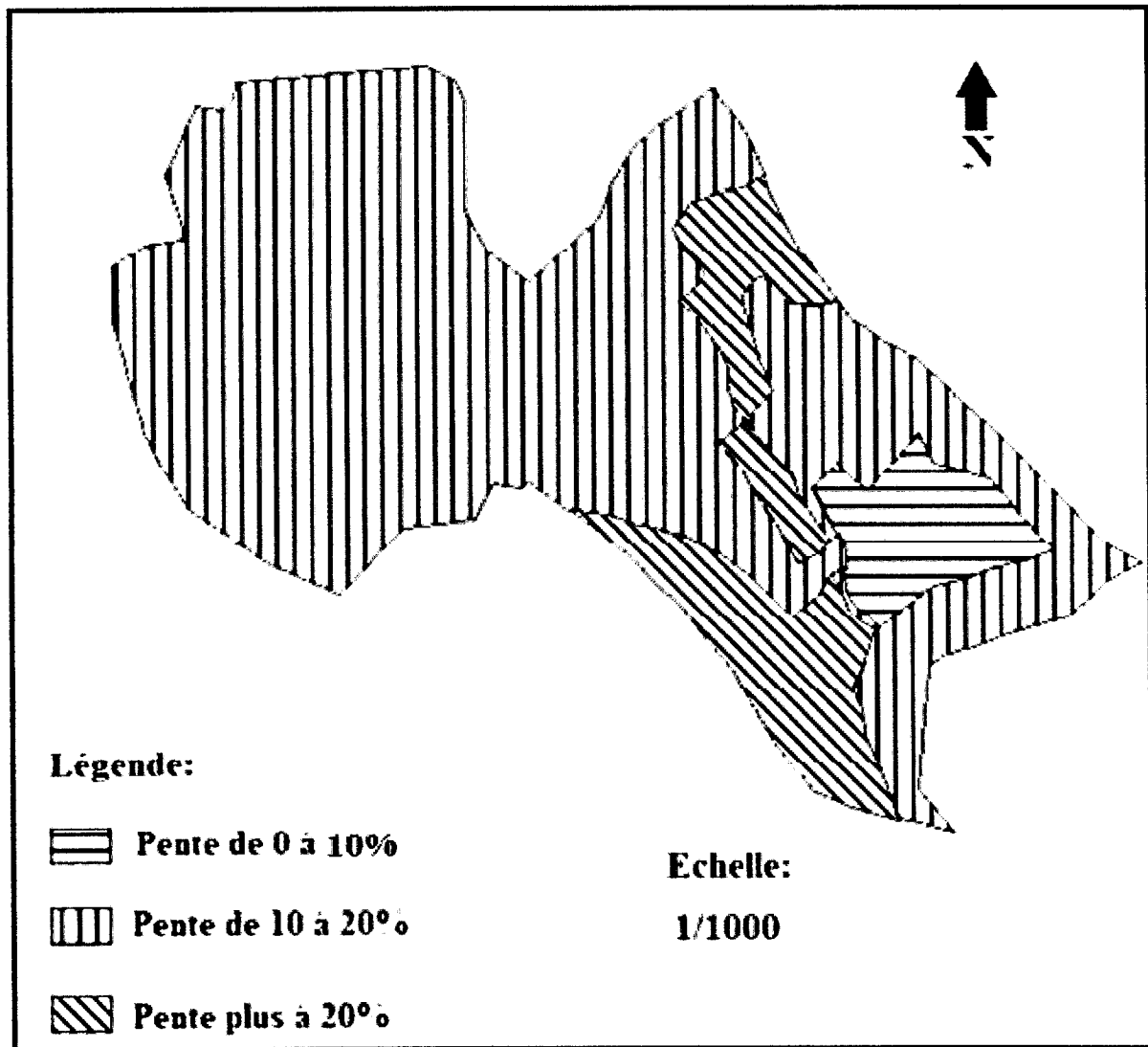
I.3 La couverture végétale :

Le secteur étudié est caractérisé par une végétation qui s'adapte au climat méditerranéen. La couverture végétale assez dense, et représentée par des arbres et des forêts. Une partie important du site étudié est actuellement bâtie.

I.4 Réseau hydrographique :

La région d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique assez important en relation surtout avec la lame d'eau précipitée durant l'année. La région d'El Aouana est limitée par deux grands Oueds (l'Oued Kissir à l'Est et l'Oued Taza au Sud Ouest).

Notre secteur d'étude est localisé dans la partie Nord –Ouest du bassin versant de l'Oued Kissir.



**Figure I.3 : Carte des pentes du POS N°1 d'El Aouana
(FONDASOIL 2009 « modifié »).**

Chapitre II :
Géologie
et sismotectonique

II. Cadre géologique :

II.1 La géologie locale de la région d'El Aouana :

D'après les travaux mentionnés par *Tissot (1869)*, et *Benali Hanafi (2007)*. La région d'El Aouana, est située à environ 21 Km au Sud- Ouest de Jijel à l'extrémité orientale du golf de Bejaia (**Figure II.1**). Caractérisé par un complexe magmatique, affleurant dans la partie la plus interne du domine externe des Maghrébides. Il est constitué par deux assises volcaniques (Bou Soufa à la base, Port Maria au sommet), séparés par un horizon volcano-sédimentaire (**Photo II.4**) relativement peu épais et sont entourés par des intrusions périphériques.

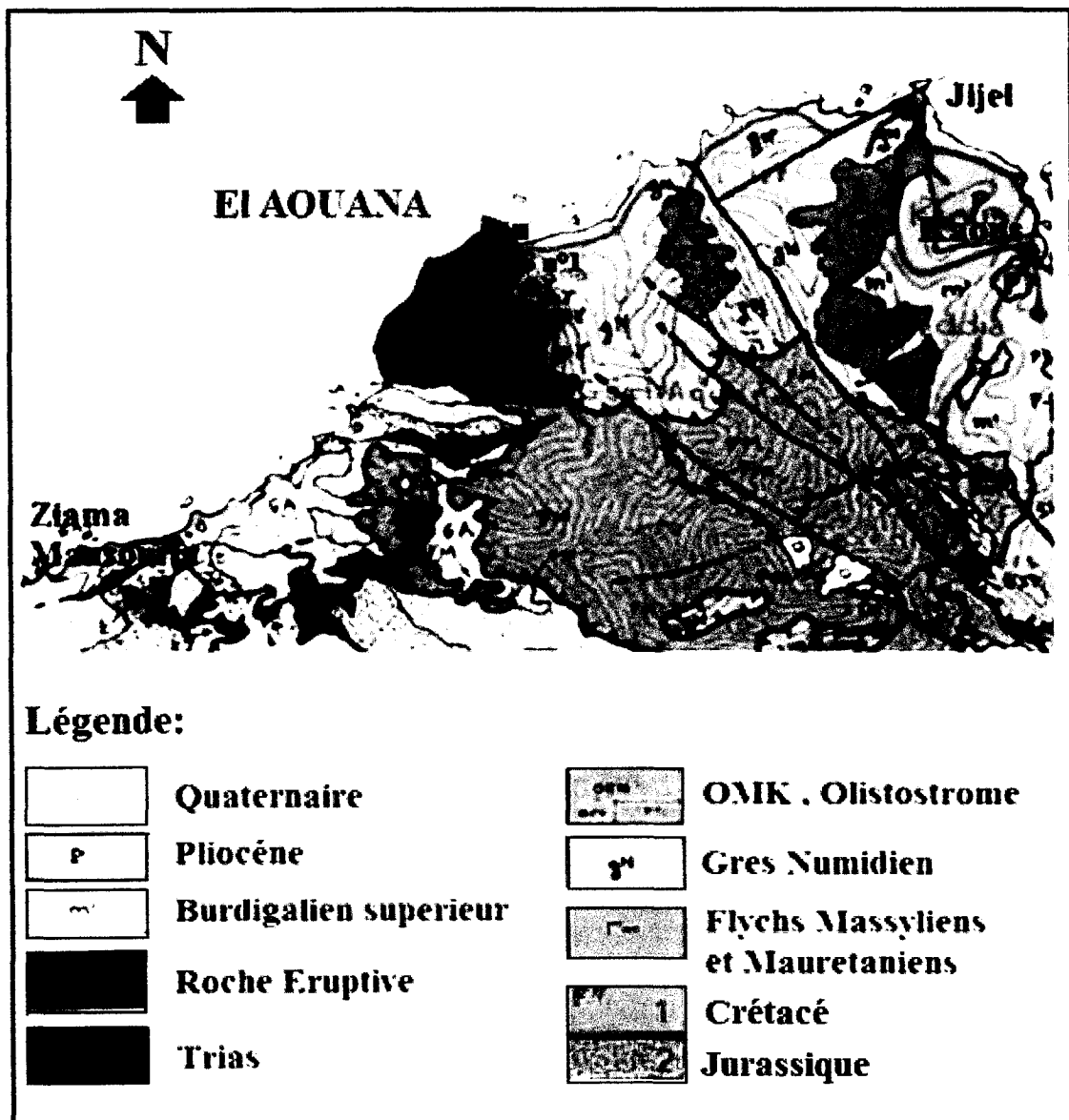


Figure II.1 : Carte géologique de la région de Jijel (Vila, 1981).

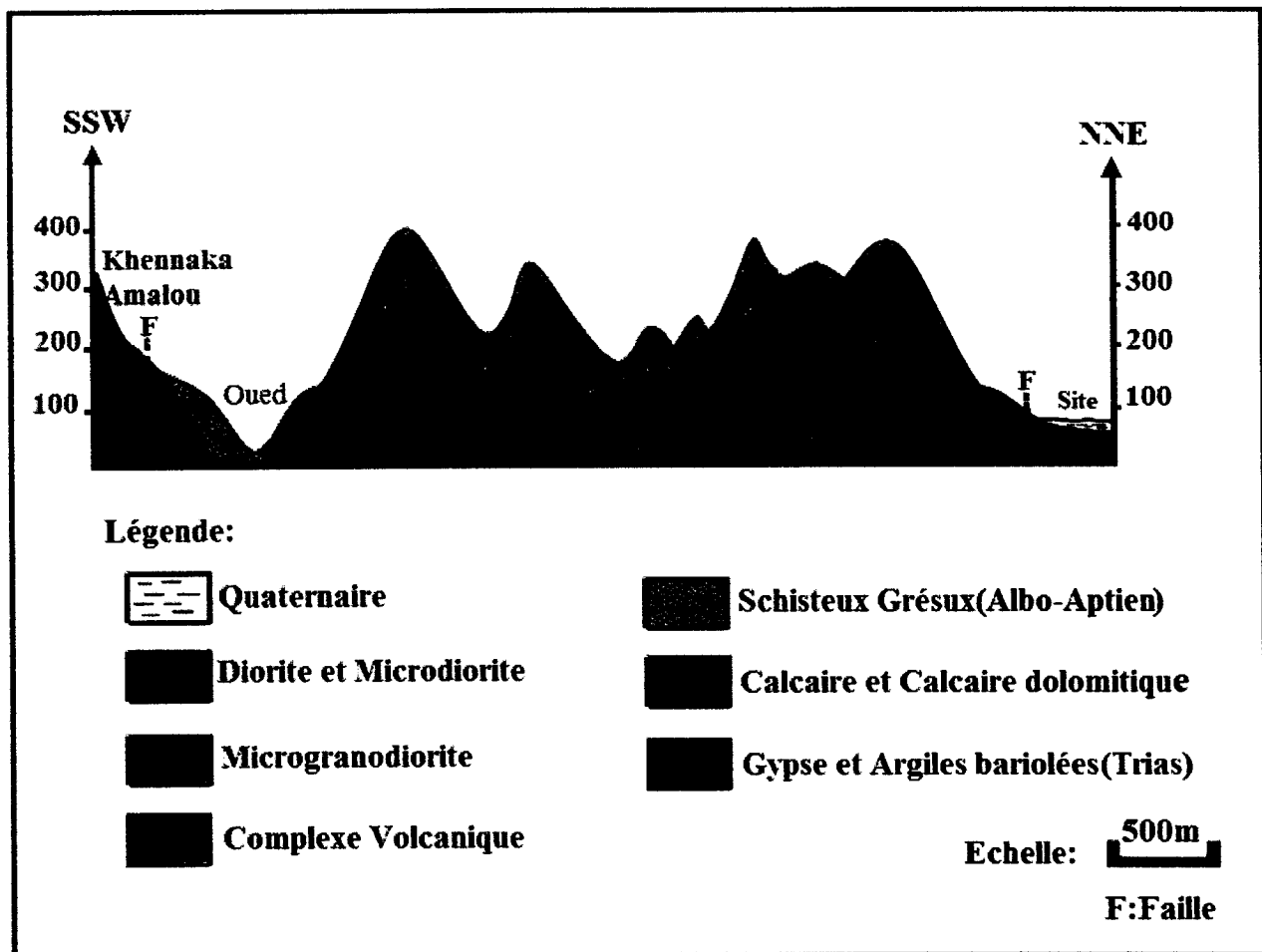


Figure II.2 : Coupe géologique S.S.W-N.N.E de la région d'El Aouana.

N.B : Voir Annexe pour la localisation des traits des coupes géologiques (**Figure II.1**).

La région d'El Aouana est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la forêt de Guerrouch, à l'Est par le l'oued de kissir et à l'Ouest par la mer méditerranée et l'extrémité orientale du golf de Bejaia.

Les principales formations existantes dans la région étudiée se résument comme suit:

II.1.1 Les formations sédimentaires :

Les formations sédimentaires de la région d'El Aouana sont représentées par couverture sédimentaire mésozoïque et tertiaire caractérisée par une dépression comblée de dépôts miocène. Ces formations sont constitués essentiellement par des dépôts Eocène- Oligocène type flyschs, et Oligo-miocène kabyle (OMK) et les unités Olistostromiques.

II.1.1.1 Le Trias:

Il est représenté par des formations gypso salifères et des argiles bariolées contenant des quartzs bipyramide, Le trias affleure dans la partie Sud Ouest de la région d'El Aouana. (**Daniel Obert ; 1981**).

II.1.1.2 Jurassique :

Les sédiments du Jurassique présent dans le secteur sont caractérisés par des faciès dolomitiques, calcaires et, a moindre, degré, argileux. Ces faciès comportent des séries calcairo-dolomitique de couleur sombre alternant avec des bancs centimétrique d'argiles parfois surmontés par des lambeaux de flysch massylien. Les affleurements du Jurassique sont connus dans la région des Aftis, partie Sud-Ouest d'El Aouana. (*Daniel Obert ; 1981*).

II.1.1.3 Crétacé :

Les sédiments crétacés du territoire d'El Aouana présentent un caractère flysch bien net. Ils affleurent au sud du massif montagneux d'El Aouana. (*Hanafi ; 2007*).

II.1.1.4 Les formations du flysch massylien :

Ce type de flysch est d'âge Albo-Aptien, il est caractérisé par une alternance des schistes jaunes, ferruginisés et des bancs de grès quartzitiques décimétriques, parfois centimétriques, surmontés par des microbrèches calcaires à ciment pélitique et des marnes. Il contient par endroits des Phtanites de couleur noir. Les flysch massylien est visible au niveau de la rive droite de l'oued Bourchayad. Il affleure essentiellement au Sud. Ouest de la région d'El Aouana. (*Durand Delga ,1955 ; Djellit ,1987*).

II.1.1.5 Les formations du flysch maurétanien :

Dans la région étudiée, elles sont représentées par l'unité de Guerrouch, formé essentiellement par des bancs de grès homométriques à cassure verdâtre attribué à l'Albo-Aptien., (*Djellit ; 1987*).

II.1.1.6 Les formations du flysch Numidien (Eocène-Oligocène) :

Il est de type flysch et comporte des alternances de grès et d'argiles, avec une Prédominance des argiles, au sommet. On distingue de bas en haut la séquence suivante :

- Des argiles grises et brun lilacé contenant un niveau microbréchique, calcaire, feuilleté a sa partie supérieure et dont la base est tapissée de nodules pyriteux.
- Des bancs de grès quartzeux fins (60 à 120 μ m) a phyllites blanches et brunes : en bancs décimétrique dans des argiles a tubotomaculum.
- Des argiles grises, rouge au verdâtres, feuilletées ou écailleuses a tubotomaculum, a lits grésopélitiques brun rouge. Contenant des galets schisteux à illite légèrement cristalline, (*Daniel Obert ; 1981*).

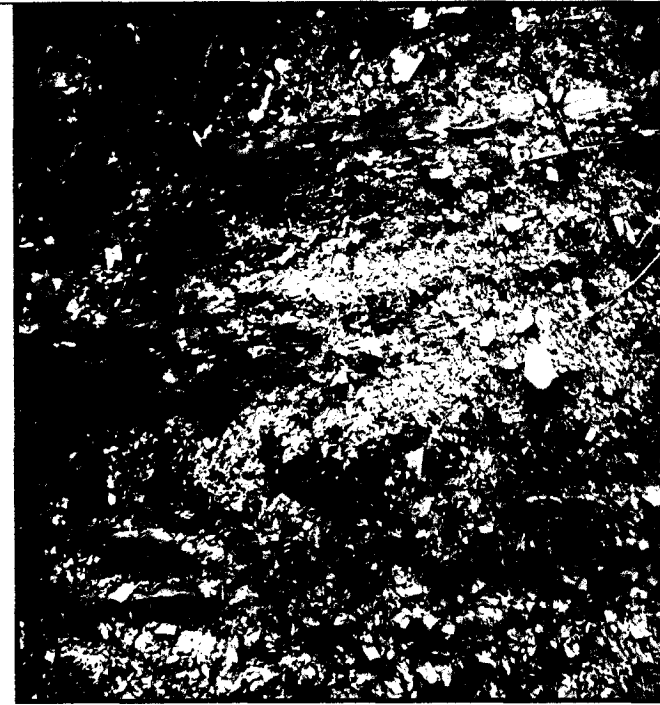


Photo II.1 : Flysch massylien



Photo II.2 : Flysch Numidien

II.1.1.7 Les formations d'Olistostromes :

Elles sont représentées par des blocs de flysch (grès Albien de Guerrouch, grès et argiles numidiennes, flysch dissocié Albien- Eocène dans une matrice argileuse de l'Oligo-Miocène Kabyle. (Voir Annexe).

Les formations Olistostromiques sont recoupées et métamorphisées (illite cristalline) par un granite vers la limite Langhien-Serravallien. Ces formations occupent la partie Nord-Est et au Sud de la région d'El Aouana. (*Djellit ; 1987*).

II.1.1.8. Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle :

Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle sont représentées essentiellement par des grès en petits bancs, glauconieux et ferrugineux, alternant avec des argiles et des marnes vertes (*Djellit ; 1987*). Ces formations intrudés par les dômes de microdiorite affleurent largement à l'Est du village d'El Aouana.

II.1.1.9 Les formations néogène post –nappe :

II.1.1.9.1 Tortono-messinien :

Le miocène terminal est caractérisé par des dépôts marin, durant ce cycle transgressif, il s'est déposé des marnes grises à bleue, à passée, de lits gréseux, jaunâtres à l'altération. L'épaisseur des ces marnes peut atteins de 200 à 300 m par endroit. Et affleurent au Nord, à l'Est et au Sud du massif montagneux d'El Aouana. (*Daniel Obert ; 1981*).

II.1.1.9.2 Pliocène :

Le Pliocène est constitué de sédiments continentaux qui sont représentées par des conglomérats d'au moins 50 m d'épaisseur, comportant des blocs anguleux, mal classés et de taille variable (centimétriques à métriques). Les conglomérats du Pliocène dans la région étudiée reposent directement sur les blocs de flysch dissocié (lame Nord de l'Oued Bourchaid). (*Djellit ; 1987*).

II.1.1.9.3 Les formations quaternaires :

Les sédiments quaternaires sont représentés par les dépôts des terrasses alluviales et les colluvions (éboulis des pentes). On distingue plusieurs faciès :

➤ Alluvions anciennes :

Ce sont des terrasses anciennes ; des vallées et des cônes détritiques. Occupant les berges du lit de l'oued Kissir et l'Oued de Bourchaid. Elles sont constituées essentiellement par un mélange d'argiles, de limons, de sables fins à grossiers, et conglomérats détritiques à intercalations des blocs de nature différant et des galets. Leur épaisseur est d'environ 30 m.

Alluvions récentes :

Les alluvions récentes sont constituées de dépôts détritiques de graviers, galets conglomérats et sable. Elles sont très souvent limoneuses en surface et recreusées par les Oueds actuels, leur épaisseur est d'environ 20 m.

➤ Les colluvions (éboulis des pentes) :

Les dépôts colluvionnaires sont des dépôts de basse pente, relativement fin et dont les éléments ont subi un faible transport, couvrent la partie avale du site étudié. Ces dépôts sont constitués par des fragments anguleux de nature volcanique, de taille variable centimétrique à décimétrique, emballés dans une matrice argilo-sableuse. La taille de ces colluvions est décimétrique.

II.1.2 Les formations Volcano-Plutoniques :

Les roches magmatiques tertiaires du Nord de l'Algérie sont celles qu'on retrouve dans les zones de subduction-collision produites par la fusion partielle soit du manteau lithosphérique, soit de la plaque océanique plongeante.

La région d'El Aouana est constituée par deux complexes volcaniques et les intrusions périphériques qui les entourent. Elle est caractérisé par un important épisode magmatique miocène, qui a engendré des roches plutoniques (granodiorites, microdiorites, granite...etc.) ainsi que volcaniques microlitique (andésites, et basaltes).



Photo II.3 : Roche Plutonique type (Microdiorite) (2011)

Les roches plutoniques affleurent essentiellement au niveau de la falaise ou dans les piémonts de montagne et aux endroits ayant subi une altération accélérée.

Les roches volcaniques sont représentées par les deux unités Bou Soufa et Port Maria formant des dômes et d'hémisphère occupe presque toute la parité centrale de massif d'El Aouana. (Tayeb, 1956 ; Benali Hanafi., 2007).

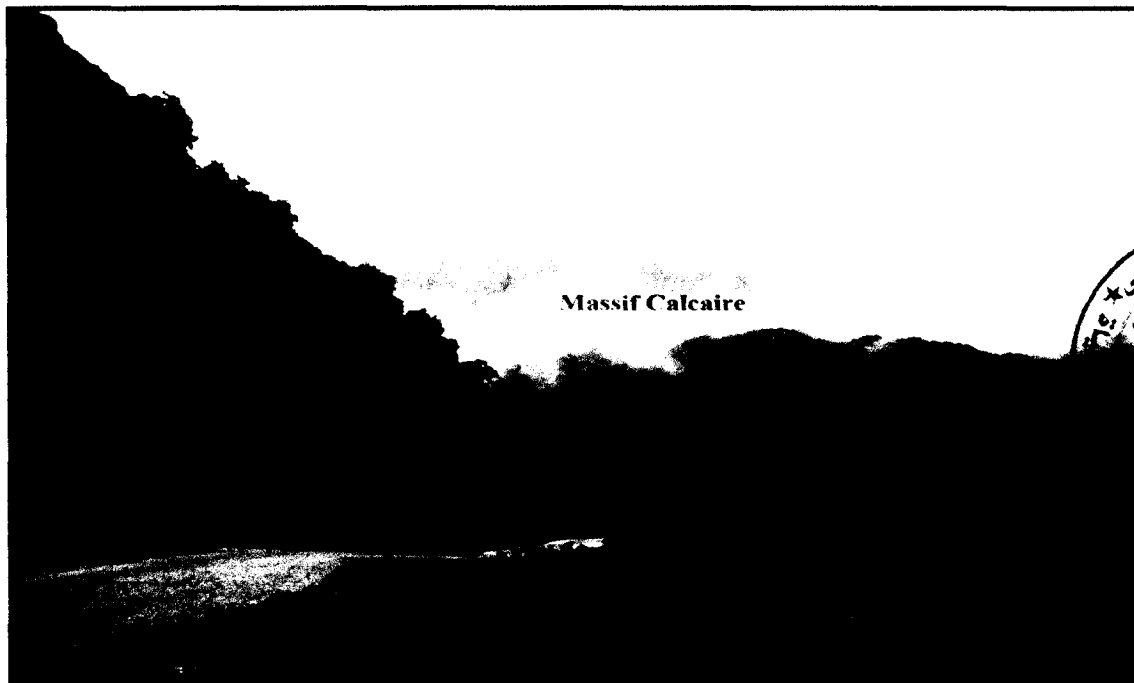


Photo II.4 : Limite Ouest du Complexe Volcanique (2011)

II.2 La géologie de site :

Les formations du quaternaire sont très répandues et recouvrent la majeure partie du secteur étudié, elles sont représentée par deux types de lithologie :

➤ **Les formations détritiques meubles :**

Elles sont constituées de galets emballés dans les éboulis de pente de taille et nature variées ; parfois consolidés formant des colluvions. Ces dépôts résultent en général de la destruction des reliefs avoisinants. Leur épaisseur est de 4m à 8m.

➤ **Les argiles sableuses :**

Elles sont composées essentiellement par des argiles de nature kaolinite résultant principalement de l'altération superficielle des roches magmatiques. Ces argiles parfois marneuses contenant des sables limoneux, et des arènes magmatiques riches en quartz et feldspath.

Cette formation quaternaire repose sur un substratum marneux et microdioritique qui se continue également en mer.



Photo II.5 : Eboulis des pentes au niveau de site étudié (2011).



Photo II.6 : Les argiles sableuses dans le POS N°1(2011)

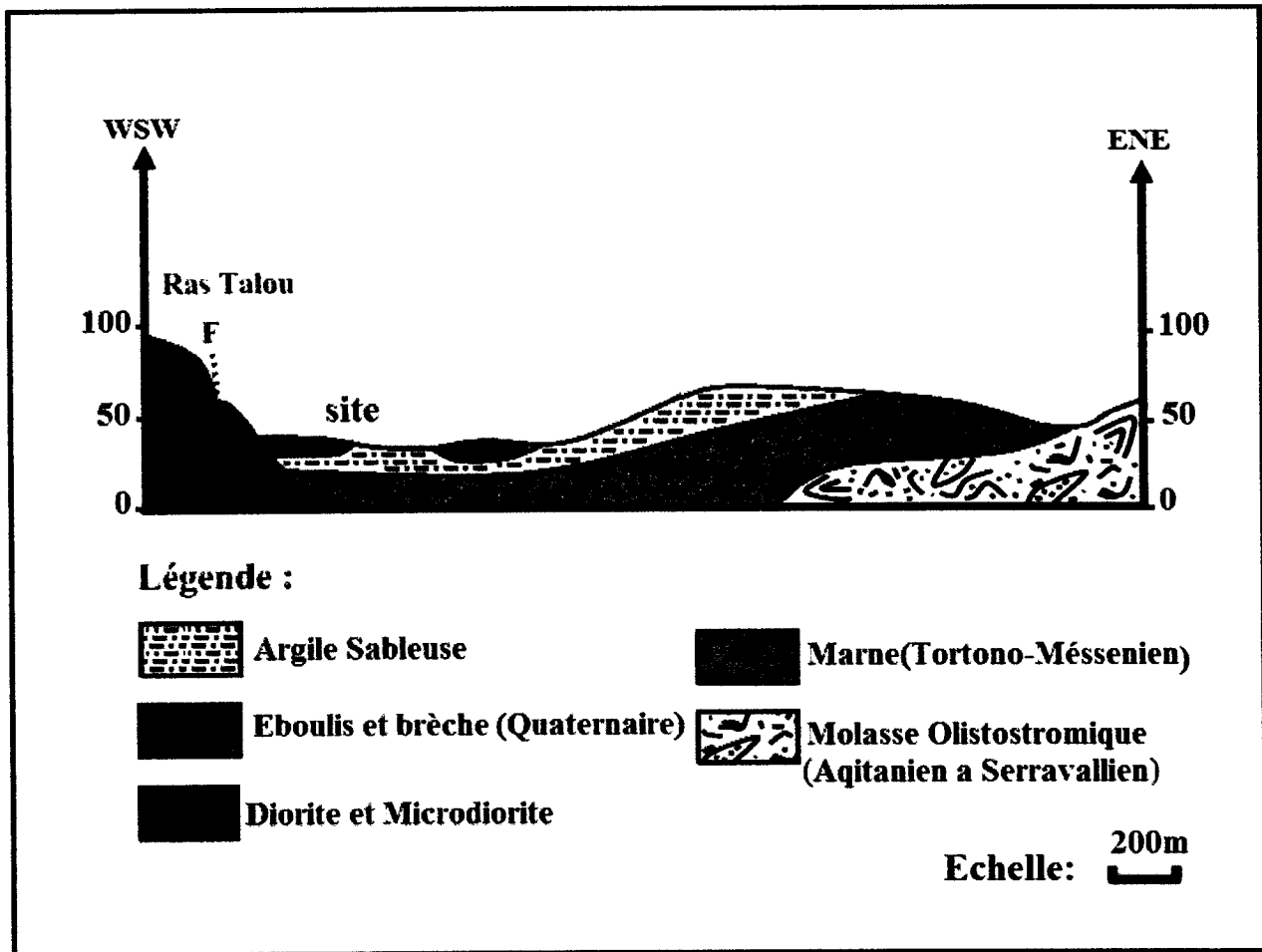


Figure II.3 : Coupe géologique S.W.W-N.E.E au niveau de site d'étude.

II.3 Sismotectonique :

II.3.1 Aperçu sismique

Le Nord Algérien est sismiquement actif ; il se trouve dans la zone de collision entre les deux plaques tectoniques africaine et euro-asiatique.

Selon le document des règlements parasismiques algériens (*RPA2003*), Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de séismicité croissante, définies sur la carte des zones de séismicité :

- Zone 0 : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité moyenne.
- Zone III: sismicité forte.

La figure II.4 représente la carte des zones sismiques de l'Algérie et le zonage global des différentes wilayas.

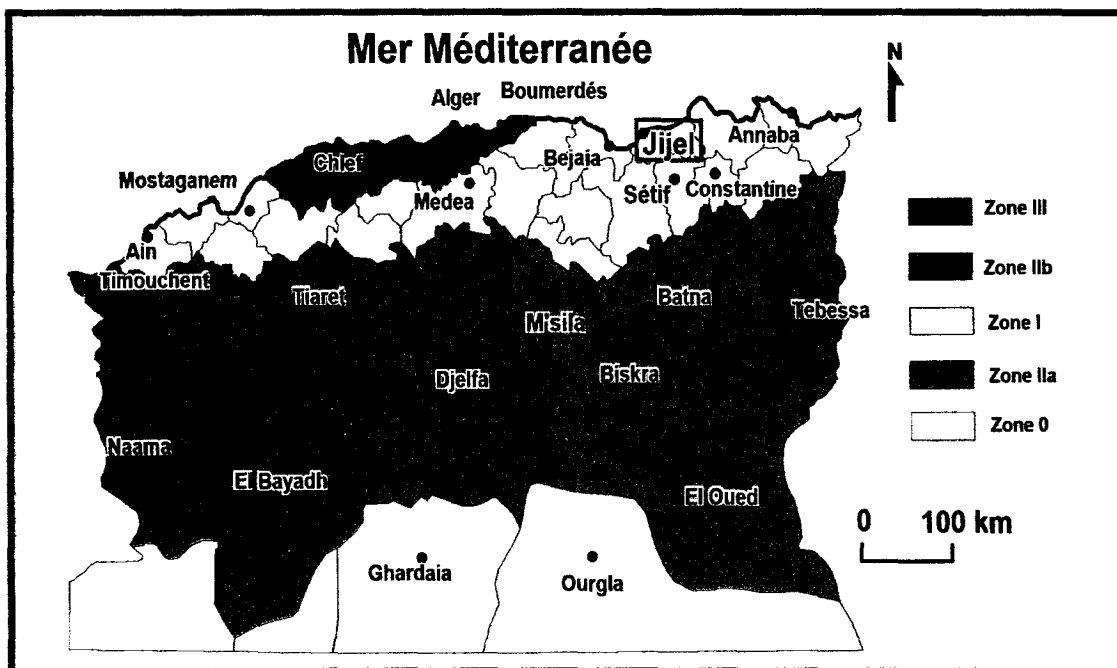


Figure II.4 : Carte sismique d'Algérie selon le RPA (Version 2003).

La région de Jijel, et selon la carte sismique d'Algérie, classée parmi la zone IIb (moyenne).

II.3.2 Les données historiques :

Les données historiques relatives aux séismes les plus frappants dans la région de Jijel sont comme suit :

Le **21 Août 1856** au large de Djidjelli, un secousse a provoqué le tsunami frappant la ville de Jijel, les analyses des effets du séisme ont conduit à localiser une zone épiscopentrale à quelques

kilomètres au nord de la ville de Djidjelli, (à moins de 100 km à l'est de Bejaïa). Les études les plus récentes réalisées par *Yelles et al (1999)* montrent l'existence d'une faille supposée active dans la zone de la pente continentale au large de Jijel.

Les autres foyers sismiques sont situés à plus de 50 km du côté Est du barrage d'El Agram. Le nouveau séisme ressenti est celui de **Texanna (Figure II.5) : Le 20 mai 2010** ; Un séisme d'une magnitude de 2.9 sur l'échelle de Richter a eu lieu 4 :20 du matin, l'épicentre a été localisé dans la région de Texanna à 20 KM au sud de Jijel.

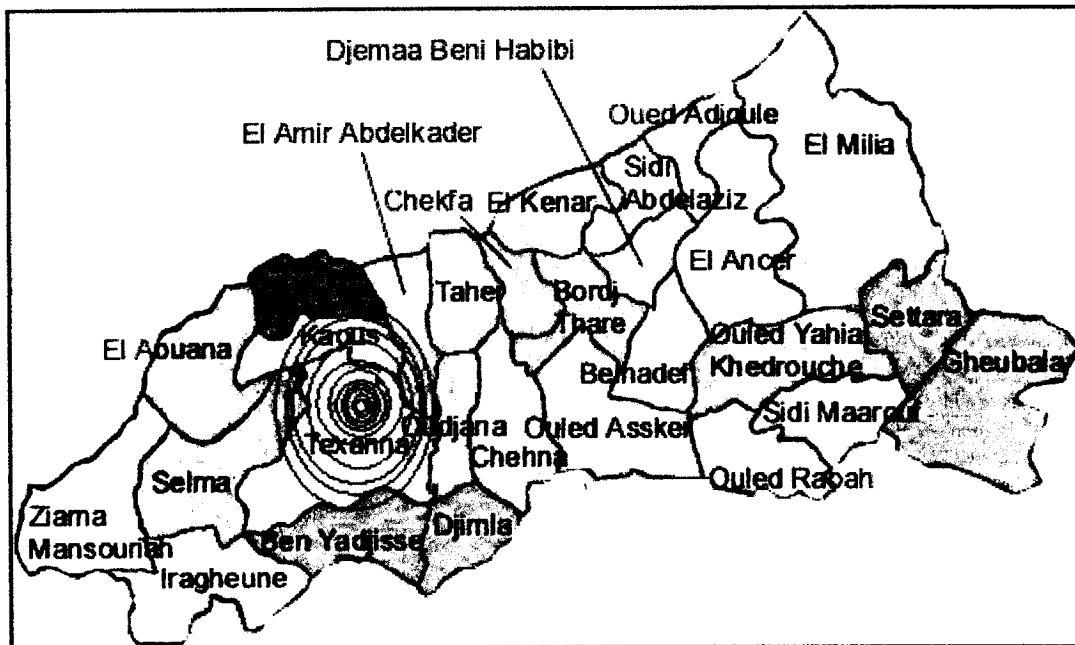


Figure II.5 : Localisation de l'épicentre du séisme de Texanna du 20/05/2010.

II.3.3 La tectonique :

La région d'El Aouana a subi une tectonique polyphasée et complexe, caractérisée par une succession de déformations souples ou cassantes. (*Benali Hanafi, 2007*).

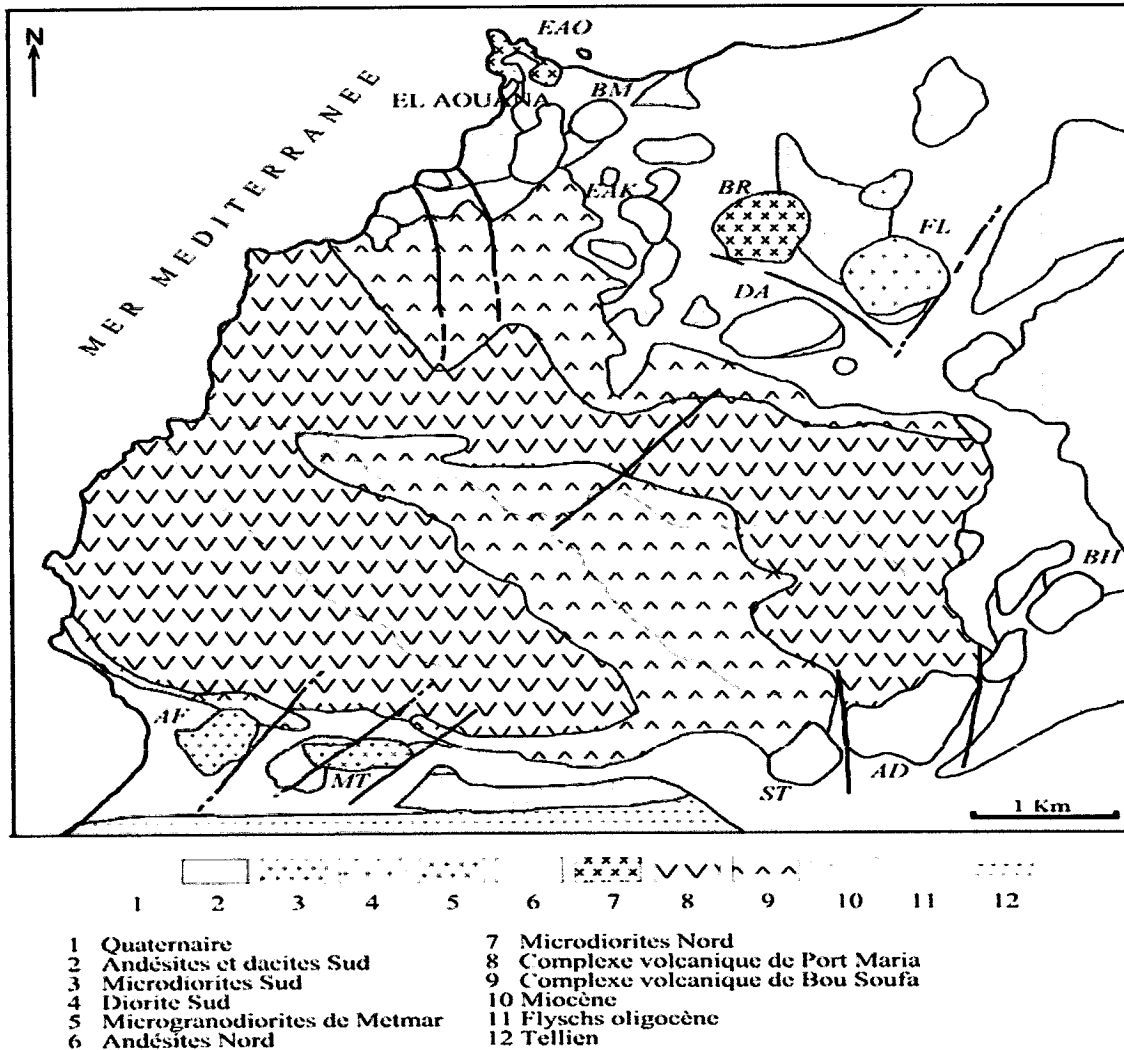
Les déformations souples : Des plis isoclinaux affectent les formations oligo-miocènes. L'axe de ces plis est de direction NE-SW et E-W avec un pendage des couches de 30 à 40 degrés. Les formations volcaniques, forment un grand synclinal de direction générale E-W à pendage doux (30 à 40 degrés) vers l'Oued Elkebir.

Les déformations cassantes : sont soit liées aux contraintes régionales soit liées au magmatisme.

Deux réseaux de failles conjuguées ont affecté la région, (*Villemaire, 1988*).

Le réseau de failles N 60 - N 145 : correspond à des failles normales à fort pendage (60 à 80 degrés). Ces failles sont de faible extension horizontale et seraient liées à la phase distensive d'âge Miocène observée dans le Nord Constantinois par (*Guiraud, 1977*). Cette phase est postérieure à la mise en place des nappes (*Vila, 1980*).

Le réseau de failles N 35 et N 135 : sont des décrochements respectivement sénestres et dextres. Une population de fentes de tension N 180 leurs est associée. Ce réseau de failles, et les fentes associées, ainsi que les plis observés dans les formations sédimentaires sont vraisemblablement liés à l'épisode compressif tortonien - sérravalien (*Guiraud, 1977 ; Vila, 1980*). La direction de raccourcissement est d'environ N-S, elle correspond au jeu d'accidents profonds présents dès le Jurassique supérieur dans les Babors. (*Obert, 1980*).



AF: Aftis, *AD:* Aïn Damouyene, *BH:* Bou Halilet, *BM:* Bou Mali, *BR:* Bou Rebbah, *DA:* Dar Attia, *EAK:* El Akiba, *EAO:* El Aouana, *FL:* Filkoun, *MT:* Metmar, *ST:* Settara

Figure II.6 : Carte géologique et Sismotectonique de la région d'El Aouana (*Benali et al 2003*)

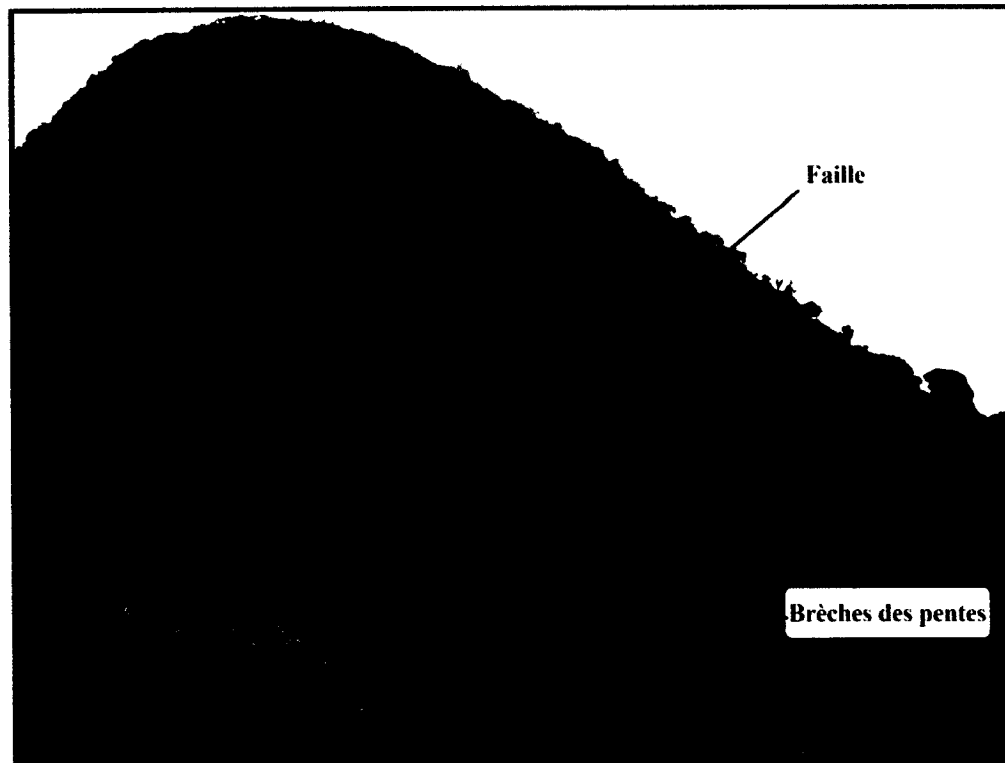


Photo II.7: Illustration d'une faille normale à l'Ouest de site d'étude (2011)

II.3.3.1 La néotectonique

Elle est marquée par le retrait de la mer de la plus grande partie des terres immergées. À l'Ouest vers El Aouana, la mer burdigaliennes, probablement largement ouverte vers le Nord, a submergé l'actuel promontoire. (*Durand Delga 1953*).

Vers l'Est, une liaison marine directe avec le bassin de Jijel-Taher est certaine. Les témoins les plus occidentaux de ce dernier dépassent à l'ouest l'O. Kissir. La mer formait un large golfe où se déposaient surtout des marnes bleuâtres, comme à Cavallo. (*Durand Delga 1955*).

La région d'El Aouana est soumise à une phase néotectonique liée à des intrusions périphériques recoupent les marnes burdigaliennes (*Tayeb, 1956*), et seraient donc post-burdigaliennes. Pour (*Glaçon 1970*), elles recoupent même l'Helvétien et seraient donc d'âge Miocène supérieur.

Chapitre III :
Etude hydro
Climatologique
et hydrogéologique

III. Synthèse hydroclimatologique et hydrogéologique :

III.1.Introduction :

Cette synthèse a pour but d'estimer la relation Eau sol afin de déterminer le comportement hydrodynamique des formations constituant le territoire communal d'El Aouana. Les eaux superficielles jouent un rôle majeur dans la déstabilisation des terrains. Donc nous avons opté à une analyse hydrologique de la région étudiée, on s'attachera plus particulièrement à déterminer les apports dans notre région d'étude, en mettant l'accent sur les quantités d'eau infiltrées dans le sol, et celles perdues par évapotranspiration, c'est-à-dire voir le rapport IR (Infiltration-Ruissellement).

Pour l'hydrogéologie nous essayerons de caractériser les formations potentiellement aquifères.

III.2. Les données climatiques :

De par sa situation géographique dans le nord-est de l'Algérie entre l'altitude 36° 30 et 36° 50 N et les longitudes 5°25 et 6°30E la wilaya de Jijel est une des régions les plus arrosées de L'Algérie (**Figure III.1**). Partout, la pluviométrie excède 1000 mm /an. Sur les sommets les précipitations atteignent des valeurs de 1500 à 2000 mm/an. La moyenne des précipitations sur l'ensemble de la wilaya est de l'ordre de 1000 mm/an. Elles se répartissent sur l'année comme suit: Hiver: 41%, Printemps: 17 %, Été: 6%, Automne: 36 %.(*Mohamed Aouadja ; 2010*).

La morphologie générale de la région d'étude est constituée essentiellement de trois zones :

La zone littorale avec ses plages et ses corniches ; la zone des plaines, et la zone montagneuse traversant la région d'est en ouest, occupant 85%, de la superficie totale.

L'objectif de cette analyse est de quantifier et comparer la variation temporelle des différents paramètres climatiques à l'aide des observations de la station climatique d'Achouat pour pouvoir déterminer le régime climatique de la région.

Station	Altitude	Latitude	Longitude	Séries	P. moyennes annuelles (mm)
Achouat	8m	E 05°53'	N 36°48'	1991-2011	971.6

Tableau III.1 : Coordonnées de la station d'Achouat.

III.2.1 Le vent :

Le vent influe directement sur le climat d'une région en raison de sa direction et sa puissance et aussi la période pendant laquelle il souffle. A cet effet, la région de Jijel est traversée essentiellement par un vent de direction NNW-SSE.

III.2.2 Température de l'air :

La température est une donnée fondamentale dans l'estimation de l'évapotranspiration, elle joue aussi un rôle dans la répartition spatiale du bilan hydrologique.

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aout	Moy
T.M.M (C°)	23.5	20.2	15.6	12.6	11.5	11.7	13.8	15.2	18.6	22.4	25	26.1	18.2
T.M.S (C°)	19.8			11.9			15.9			24.5			18.2
Saison	Automme			Hiver			Printemps			Eté			

Tableau.III.2 : Température moyenne mensuelle et saisonnière (station d'Achouet 1991-2010).

On remarque sur le tableau III.2 que la saison la plus froide est l'Hiver avec une valeur de température moyenne de 11.9 °C par contre la saison la plus chaude est l'Été avec une température moyenne de 24,5 °C.

III.2.3 La pluviométrie :

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

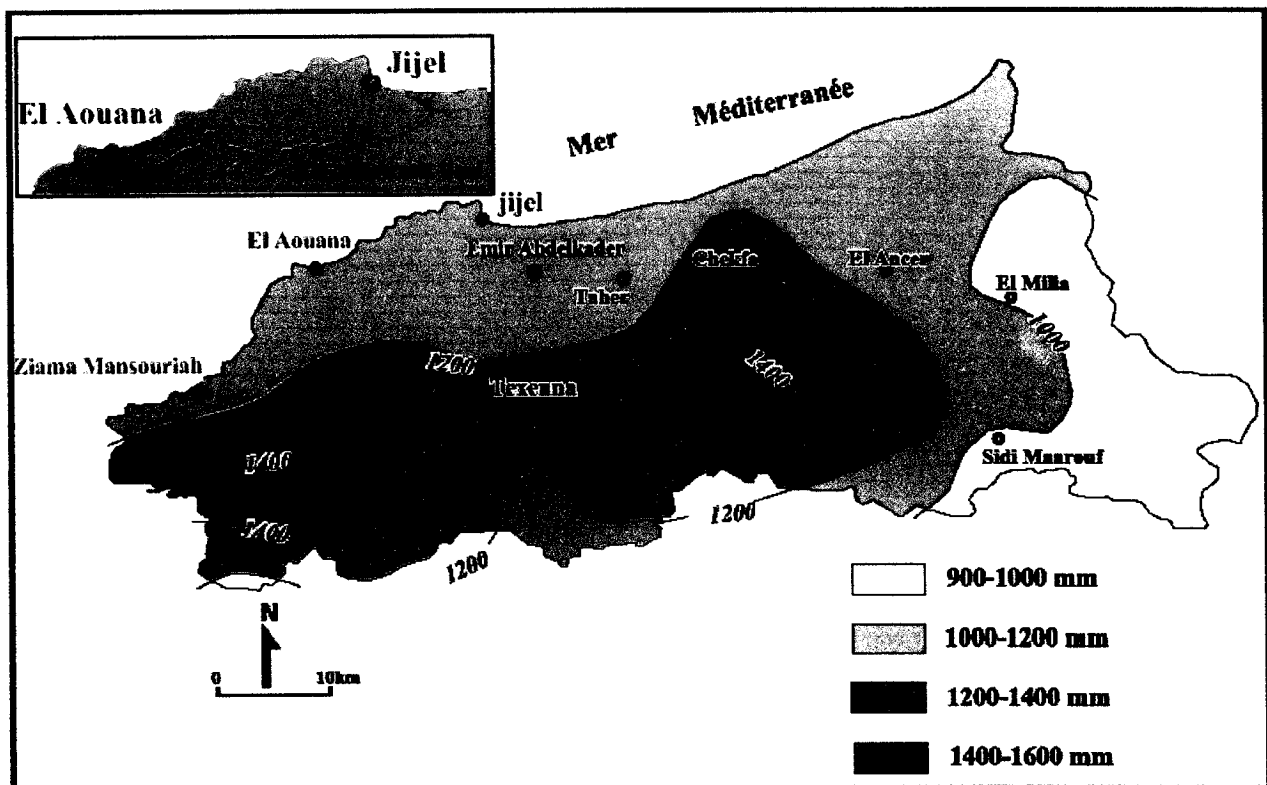


Figure III.1 : Répartition de la précipitation annuelle dans la wilaya de Jijel (ANRH, 1996)

La carte pluviométrique de la région de Jijel montre que la moyenne annuelle des pluies enregistrées dans la région d'El Aouana se situe dans l'intervalle [1000 -1200 mm].

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jen	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
P.M.M (mm)	18.3	82.7	156.3	192.1	135.4	104.6	85.9	78.7	84.6	16.5	4	12.5	971.6
P.M.S (mm)	26.5%			44.47%			25.65%			3.4%			100%
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

Tableau.III.3 : Pluviométrie moyenne mensuelle (station d'Achouat 1991-2010).

D'après le tableau, on observe que :

- La précipitation maximum est observée au mois de décembre : **192.1mm**.
- La précipitation minimum au mois de juillet: **4mm**.
- Le total annuel est estimé à : **971.6 mm**.

III.2.4 Relation température – précipitations (Diagramme ombrothermique) :

Le diagramme ombrothermique représente les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations (mm).

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 ci après (**Figure III.2**).

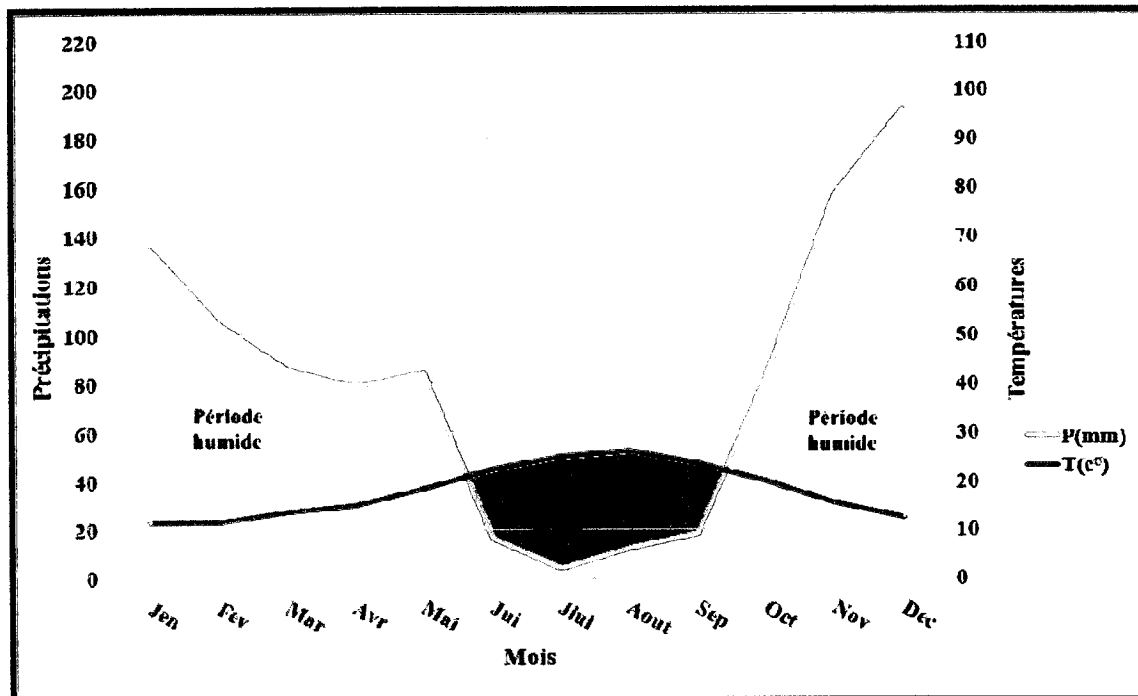


Figure III.2 : Diagramme ombrothermique (Achouat 1991-2010).

On observe que la période de sécheresse s'étale entre la mi-mai et la mi-septembre, et le reste des mois de l'année correspond à la période humide.

III.2.5 Indice d'aridité :

L'aridité est exprimée par l'indice d'aridité d'E.Martonne (Beltrando, 1995).

Indice d'aridité de Martonne :

Cet indice sert à prendre en compte la précipitation annuelle P et la température annuelle

moyenne T , il vaut :
$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I : indice d'aridité d'E. Martonne.

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (C°).

L'indice est d'autant plus bas que le climat est plus aride, Lorsque :

$I < 10$: la région devient très sec (très aride).

$I < 20$: la région est sec (aride).

$I < 30$: la région est humide.

$I > 30$: la région devient très humide.

Pour notre lieu d'étude cet indice vaut : $I = \frac{971.6}{10+18} = 34.45$

$I = 34.45 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ Donc : la région d'étude est très humide

III.2.6 Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite :

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humides et semi-arides. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RUF). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100mm au maximum.

La méthode de Thornthwaite nous permet des données de base (précipitation, température) et les différentes composantes suivantes :

Evapotranspiration réelle (**ETR**), évapotranspiration potentielle (**ETP**), Ruissellement (**R**) et l'infiltration (**I**) dans le sous sol. L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation :

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

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles en mm ;

R : ruissellement en mm ;

I : infiltration moyenne en mm ;

ETR : évapotranspiration réelle en mm.

Wa : variation des réserves (souvent négligeable).

III.2.6.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle et réelle :

III.2.6.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

On utilise la formule de Thornthwaite :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \cdot K$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en mm,

T : température moyenne mensuelle en °C,

I : somme des indices thermiques mensuels i : $I = 86.02$,

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

K : facteur de correction mensuel, fonction de la durée de la journée,

a : exposant climatique : $a = 0,016 \times I + 0,5$; $a = 1.87$

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
T°C	23.5	20.2	15.6	12.6	11.5	11.7	13.8	15.2	18.6	22.4	25	26.1	-
i	10.41	8.28	5.59	4.05	3.53	3.62	4.65	5.38	7.30	9.68	11.43	12.20	86.02
ETP Non corrigé	104.78	78.96	48.70	32.66	27.44	28.44	38.72	45.84	67.67	95.80	117.64	127.5	812.45
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	-
ETP corrigé	107.98	76.59	41.88	27.44	23.96	24.17	39.88	50.42	81.88	116.87	145.87	147.9	884.84

Tableau.III.4 : Résultats du calcul de l'ETP (station d'Achouat période 1991-2010).

III.2.6.1.2 L'évapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle désigne la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur d'eau par le couvert végétal.

Pour calculer l'ETP on utilise la méthode de **Thornthwaite** :

- Si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle : L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.
- Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle on a deux cas :

$$\text{Si } P + RU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$$

$$\text{Si } P + RU < ETP \Rightarrow ETR = P + RU$$

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	18.3	82.7	156.3	192.1	135.4	104.6	85.9	78.7	84.6	16.5	4	12.5	971.6
ETP Corrigé (mm)	107.98	76.59	41.88	27.44	23.96	24.17	39.88	50.42	81.88	116.87	145.87	147.9	884.84
P-ETP (mm)	89.68	6.1	114.42	164.66	111.44	80.43	46.02	28.28	2.72	100.37	141.87	135.4	-
RFU (mm)	00	6.1	100	100	100	100	100	100	100	00	00	00	-
ETR (mm)	18.3	76.59	41.88	27.44	23.96	24.17	39.88	50.42	81.88	116.5	4	12.5	517.52
DA (mm)	89.68	00	00	00	00	00	00	00	00	0.37	141.87	135.4	367.32
WS (mm)	00	00	20.52	164.66	111.44	80.43	46.02	28.28	2.72	00	00	00	454.07

Tableau.III.5 : Calcul du bilan hydrologique (Achouat 1991-2010)

La figure illustre les résultats du tableau calculé par la méthode de Thornthwaite cela nous a permis de faire les observations suivantes :

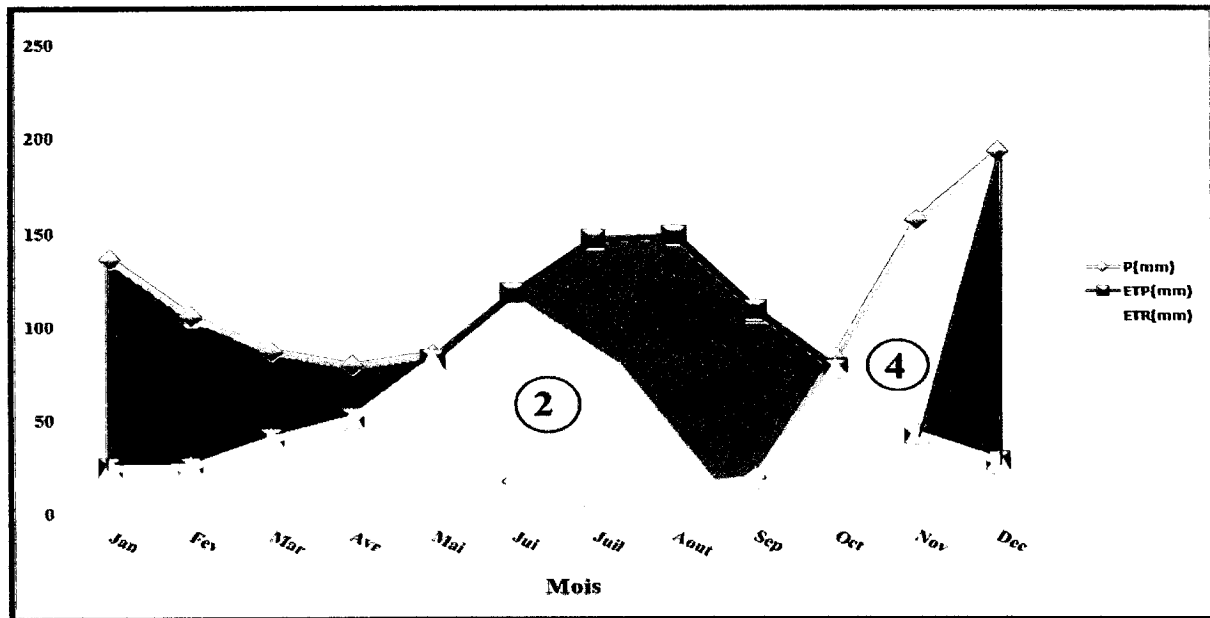


Figure III.3: Le bilan d'eau par la méthode Thornthwate (Station d'Achouat, Période 1991/2010)

- 1 : Excédent d'eau.
- 2 : Epuisement de réserve.
- 3 : Déficit Agricole.
- 4 : Recharge en eau du sol.

Station	Précipitations (mm).	ETP (mm).	Excédent (mm).
Achouat	971.6	517.52	454.07

Tableau.III.6 : Les Différentes Composantes Du Bilan Hydrologique (Station d'Achouat).

III.2.6.2 Ruissellements et infiltration :

III.2.6.2.1 Ruissellement (R)

La lame d'eau ruisselée est estimée à partir de la formule de **T'ixeront-Berkaloff** :

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

Avec :

- R : ruissellement en (mm) ;
- P : précipitation moyenne annuelle de la station de l'Aéroport en (mm) ;
- ETP : évapotranspiration potentielle en (mm).

L'utilisation des valeurs (P et ETP) du tableau n° nous ont permis de quantifier la lame d'eau ruisselée elle a été évaluée à 390.49 mm ou 40,19% de la valeur des précipitations.

III.2.6.2.2 La lame infiltrée (I) :

La valeur de la lame d'eau infiltrée est estimée à partir de la formule du bilan hydrologique ($P = ETR + R + I$). La formule a donné : $I=163.49\text{mm}$. Ou: 16.82 % des précipitations. Cette valeur est moyenne.

<i>Station de l'Achouat</i>	<i>Excédent (mm)</i>	
	<i>Ruissellements (mm)</i>	<i>Infiltration (mm)</i>
	390.49	163.49

Tableau.III.7 : Ruissellements et infiltration (Achouat1991/ 2010).

D'après le bilan hydrologique, on peut tirer les remarques suivantes :

- Les hauteurs de précipitations atteignent leur maximum en Décembre là où l'ETP atteint son minimum.
- L'ETP atteint son maximum en Juillet où les hauteurs de précipitations atteignent leur minimum
- La courbe de l'ETP est presque symétrique cela s'explique par le fait que l'ETP évolue en fonction de la température contrairement aux précipitations qui suivent une loi irrégulière d'un mois à un autre.
- Le déficit agricole s'étale au long de la période sèche de l'année.
- La constitution de la RU s'étend du novembre à mai.
- Les écoulements deviennent important à partir du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.

III.3 Aperçu hydrogéologique :

Notre site d'étude qui est inclus dans la zone côtière d'El Aouana, occupe la partie basse comblée par des formations détritiques à dominance des argileuses.

De point de vue hydrogéologique il n'existe pas des nappes importantes puisque les formations géologiques du site est imperméable donc l'eau ne s'infiltré pas dans ces formations, sauf dans les endroits où il y a les fissures ou bréchifiées.

La majeure partie de site est caractérisé par des nappes libres (de l'écoulement superficiel) représenté essentiellement par deux petites cours d'eau (chaabat).

La première d'une direction d'écoulement N.S.N et la deuxième par une direction SE-NW.

Chapitre IV :
Etudes
Géotechniques

IV.1. Introduction :

Dans tout projet de construction, la reconnaissance géotechnique doit être réalisée avec soin afin de fournir les éléments nécessaires à la conception des ouvrages. Le laboratoire ou l'organisme chargé de la reconnaissance effectue des sondages, en des points précis sur le terrain, avec prélèvement des échantillons du sol. Ces derniers sont soit remaniés et servent ainsi aux essais d'identification tels que l'analyse granulométrique, les limites d'Atterberg...etc. soit intacts et servent aux essais mécaniques de compressibilité ou de résistance tels que l'essai oedométrique, l'essai de cisaillement simple, la compression triaxiale...etc. Cette étude doit être complétée par celles réalisées par la géologie, l'hydrogéologie et la géophysique pour permettre de préciser la description des terrains du projet.

IV.2. Reconnaissance géotechniques des sols :

Pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols, et plus particulièrement la résistance des sols en place au cisaillement, le laboratoire FONDASOIL, a programmé et réalisé les travaux suivants :

IV.2.1. Les essais in situ :

Pour la reconnaissance de la nature lithologique et le comportement des sols sous-jacents, FONDASOIL fait une campagne de reconnaissance dont la consistance est comme suite :

- Six (6) sondages carottés
- Six (6) sondages à la tranchée
- Vingt-sept (27) essais de pénétration par le pénétromètre dynamique lourd (PDL) de type geotool.

IV.2.2. Interprétation des résultats des essais in situ :**IV.2.2.1. Les sondages carottés :**

Les coupes réalisées à partir des sondages carottés montrent que la lithologie du site est constituée d'une argile sableuse et de marnes, surmontée par de la terre végétale. Les deux coupes suivantes montrent cette lithologie.

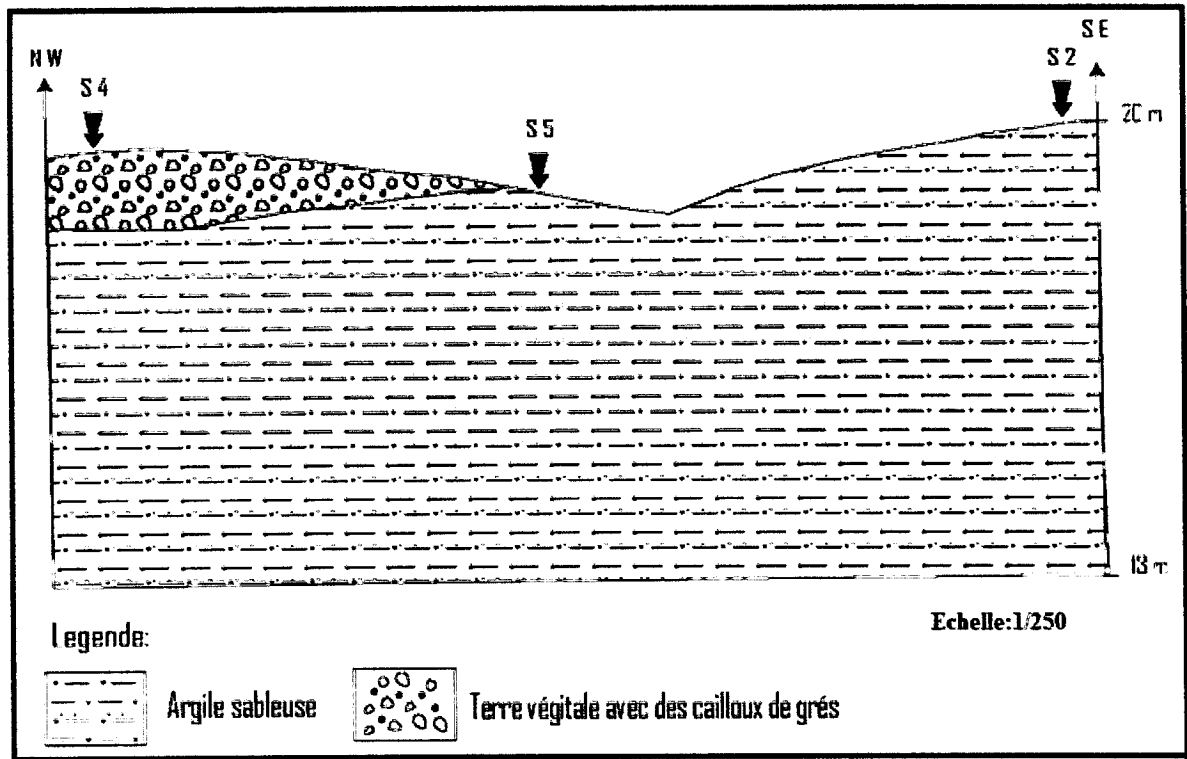


Figure IV.1 : Coupe lithologique NW-SE du sondage N°2 au sondage N°4

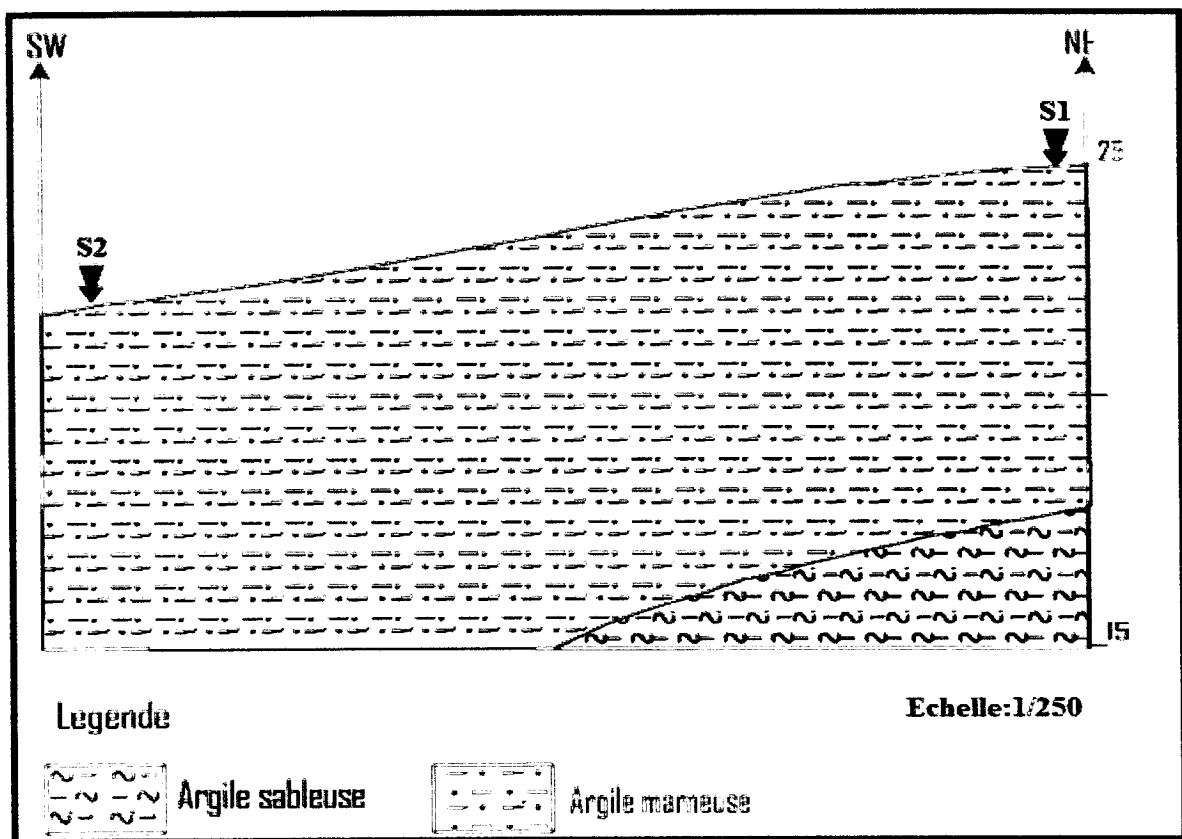


Figure IV.2 : Coupe lithologique SE-NE du sondage N°1 au sondage N°2

IV.2.2.2. Essais pénétrométrique:

Il permet la détermination de la *résistance mécanique d'un sol*. La pointe métallique portée par un train de tiges pénètre dans le sol par battage successif. Ensuite On mesure l'énergie nécessaire correspondante à un intervalle d'enfoncement régulier.

La résistance dynamique apparente (Q_d) est calculée par la formule des Hollandais :

$$Q_d = \frac{M}{M + M'} \times \frac{M \cdot g \cdot h}{A \cdot e} \quad . (G. Degoutte; 1997).$$

Où :

M' : masse frappée (somme des masses enclume tiges + guide + pointe).

A : surface de la plus grande section droite de la pointe.

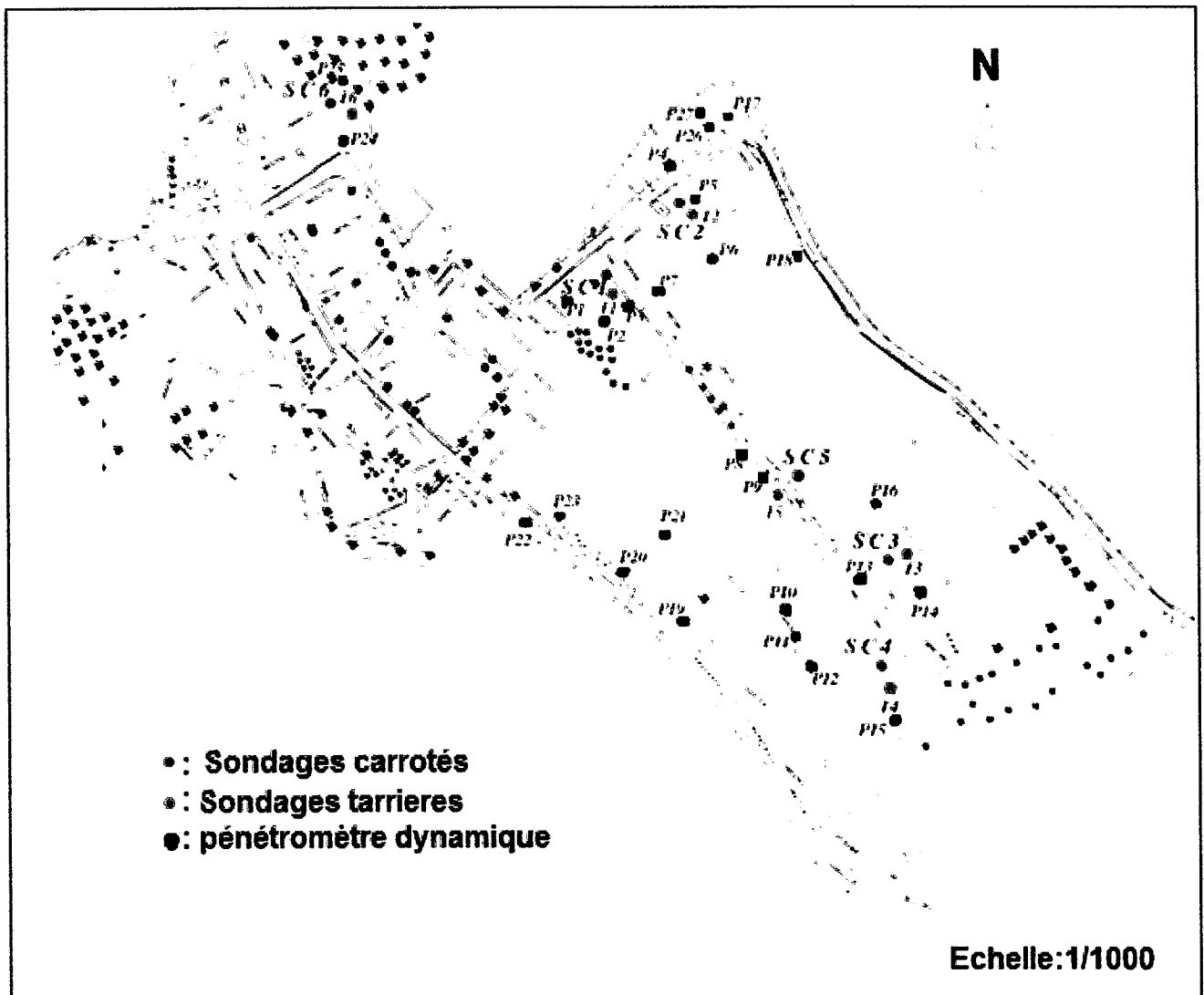
g : accélération de la pesanteur.

e : intervalle moyen d'enfoncement égal à h/N_d .

Les essais au pénétromètre dynamique sont conduits jusqu'au refus, c'est à dire jusqu'à ce que la pointe rencontre un niveau suffisamment dur pour qu'elle ne puisse s'enfoncer davantage.

Les résultats obtenus à partir de l'essai pénétrométrique dans le site d'étude sont représentés comme suite :

- Un groupe d'essais a donné une **Rd min de 25 bars** et une **Rd max de 420 bars** avec un refus maximal de 8.4 m
- Un autre groupe a donné des refus superficiel de l'effet des blocs et des roches qui affleurent dans le site au niveau des argiles sableuses.



FigureIV.3 : Carte d'implantation des sondages et des pénétrromètres.

IV.3. Interprétation des essais au laboratoire :

A partir de la campagne de reconnaissance qui a été réalisée sur le site, FONDASOIL a recueillis des échantillons ayant fait l'objet des essais de laboratoire dont les résultats sont comme suite :

IV.3.1. Interprétation des essais d'identification physique:

Les résultats des essais d'identification physique sous forme de tableau suivant :

Sondages	Profondeur (m)	Densité humide γ_h (t/m^3)	Densité sèche γ_d (t/m^3)	Teneur en eau naturelle W(%)	Degré de saturation S_r (%)
Sc1	1.80-2.00	1.89	1.55	22.34	81.40
	2.30-2.85	1.84	1.33	38.67	100
	3.20-3.70	2.07	1.69	22.76	100
	4.60-4.80	2.04	1.66	23.01	99.97
	5.20-5.50	2.03	1.64	23.93	99.69
	7.80-8.20	1.85	1.35	36.20	98.96
	9.40-9.90	1.88	1.41	32.54	97.35
Sc2	3.00-3.40	1.95	1.56	24.87	92.13
Sc3	2.00-2.45	1.91	1.48	28.83	95.75
	5.60-5.80	1.36	1.04	32.04	51.99
	7.90-8.20	1.56	1.27	21.95	53.56
Sc4	2.50-3.00	2.02	1.65	21.96	94.31
	4.00-4.45	2.03	1.63	24.74	100
	5.60-6.00	2.04	1.65	23.62	100
Sc5	1.20-1.60	2.04	1.72	18.46	88.87
	2.70-3.00	1.98	1.57	25.96	98.83
	3.30-3.70	2.03	1.65	22.99	98.65
	5.50-5.70	1.95	1.54	26.66	96.35
Sc6	1.90-2.30	2.02	1.64	23.08	96.49
	3.80-4.15	2.01	1.64	22.51	95.08
	6.50-6.90	2.07	1.74	18.70	92.14

Tableau IV-1: Propriétés physiques du sol.

IV.3.1.1. Densité sèche γ_d et densité humide γ_h :

Les valeurs de la densité montrent que le sol est assez dense. (J. Costet et al, 1981).

IV.3.1.2. La teneur en eau W:

La teneur en eau atteste que les sols sont légèrement humides à humides. (P. Habib, 1997).

IV.3.1.3. Le degré de saturation S_r :

Le degré de saturation des sols montre que le sol est détrompé à saturé, sauf dans le sondage n°3 où on trouve des sols mouillés. (P. Habib, 1997).

IV.3.1.4. Les limites d'Atterberg :

Les résultats de l'essai des limites d'Atterberg sont représentés dans le tableau suivant :

Sondages	Profondeur	WL en (%)	Wp en (%)	Ip en (%)
Sc2	2,60-2,8	44	24	24
Sc4	4,45-4,6	49	27	22
Sc6	5,00-6,5	49	28	21
T1	2,50-4,0	51	25	26
T1	4,00-6,0	66	38	28
T4	1,20-2,5	33	22	11

Tableau IV-2: Résultats des essais des limites d'Atterberg.

En utilisant les résultats des limites d'Atterberg, pour la classification des sols fin dans un diagramme de casagrande comportant la limite de liquidité *WL* en abscisses et l'indice de plasticité *Ip* en ordonnées

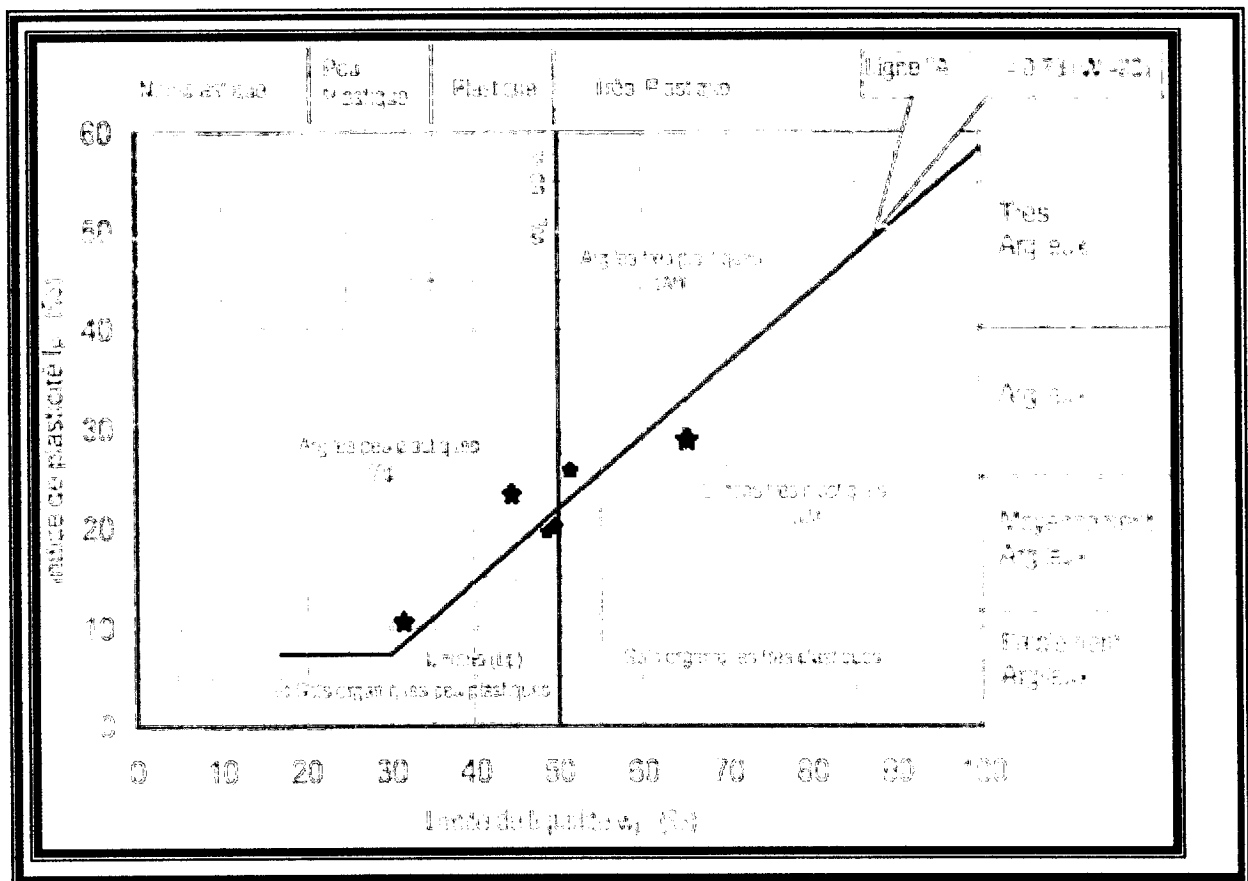


Figure IV-4 : Diagramme de Casagrande

La projection des valeurs de l'indice de plasticité et de limite de liquidité sur l'abaque de Casagrande montre que le sol est classé dans les argiles plastiques à très plastiques et des limons très plastiques. Selon l'auteur. (M. Aoun, 2002).

IV.3.1.5. L'analyse granulométrique et de sédimentométrie:

Les pourcentages de différentes fractions granulaires sont récapitulés dans le tableau suivant :

Sondages	Profondeur (m)	cailloux (%)	Graviers (%)	Gros sables (%)	Sables fins (%)	Limons (%)	Argiles (%)
S1	6.00 - 6.20	00	00	19	21	15	35
S3	9.00 - 9.20	14	10	24	25	13	-
S5	5.50 - 6.00	00	00	21	30	10	-

Tableau IV-3 : Pourcentages des fractions granulaires des échantillons prélevés.

Les essais granulométriques et sédimentométriques réalisées, ont donnée des courbes granulométriques qui confirment la nature sableuse est argileuse avec un taux d'éléments inférieur à de 2 (mm) est supérieure à 75 %. (Magnan, J.P ; 2001).

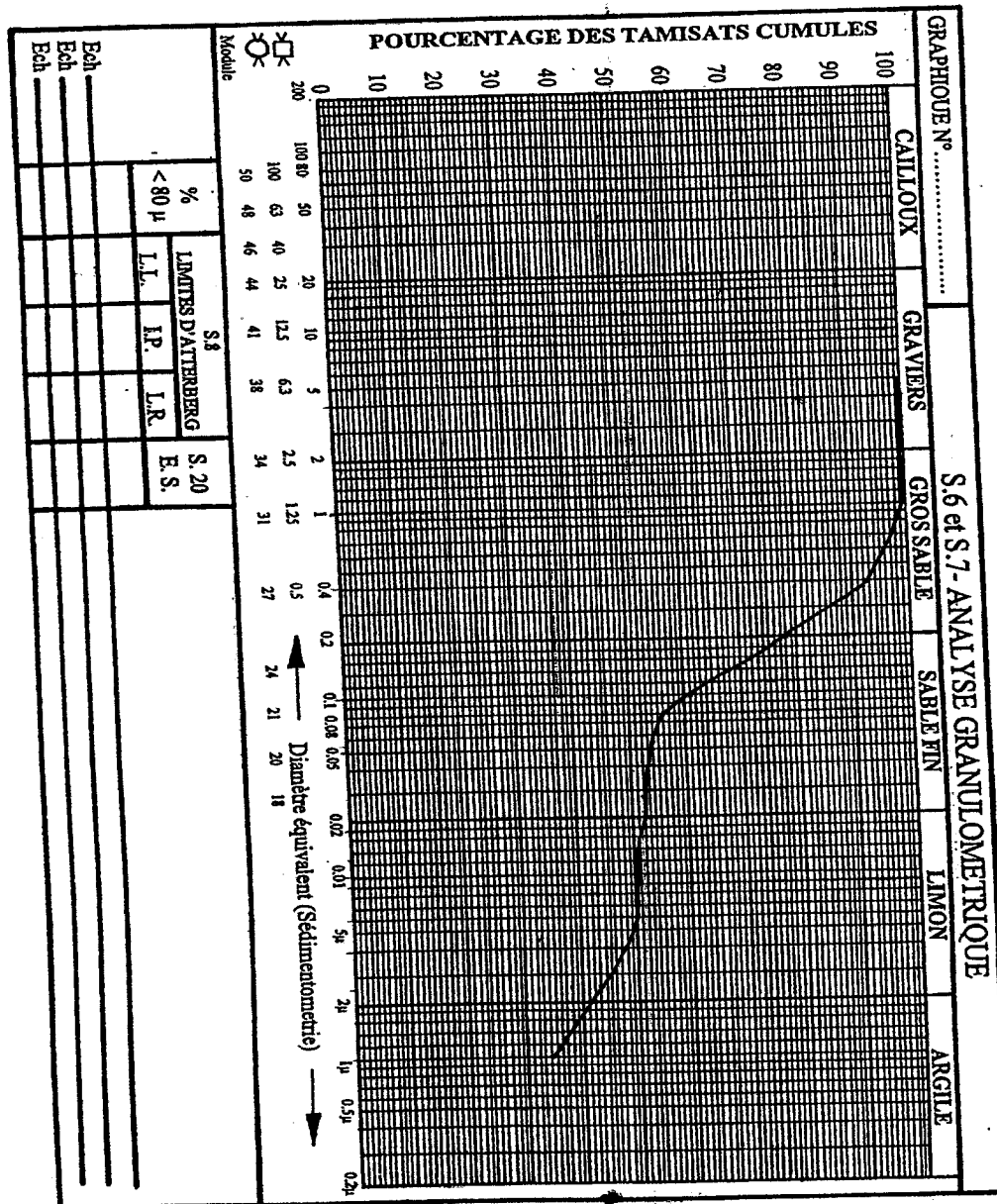


Figure IV.5: Exemple d'une courbe granulométrique du sondage carotté N°5

IV.3.2. Les essais mécaniques :

IV.3.2.1. L'essai de compressibilité à l'oedomètre:

Quatre essais de compressibilité à l'oedomètre ont été réalisés sur le site étudié par FONDASOIL. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Sondages	Profondeur en (m)	Pression de consolidation Pc (Bars)	Coefficient de compressibilité Cc (%)	Coefficient de gonflement Cg (%)
Sc1	5,2-5,5	1,70	2,46	7,10
Sc4	5,6-6,0	2,50	16,41	5,27
Sc5	5,5-5,9	1,27	24,38	4,10
Sc6	6,5-6,9	2,41	13,67	3,25

Tableau IV-4 : Résultats de l'essai de compressibilité à l'oedomètre.

On peut classer la compressibilité et le gonflement d'un sol, en fonction de Cc et Cg comme suit:

$Cc < 0,020$ —————> sol incompressible

$0,020 < Cc < 0,050$ —————> sol très peu compressible

$0,050 < Cc < 0,100$ —————> sol peu compressible

$0,100 < Cc < 0,200$ —————> sol moyennement compressible

$0,200 < Cc < 0,300$ —————> sol assez fortement compressible

$0,300 < Cc < 0,500$ —————> sol très compressible

$0,500 < Cc$ —————> sol extrêmement compressible

$Cg < 0.05$ sol non gonflant

$Cg > 0.05$ sol gonflant

Le coefficient de compressibilité le sol moyennement à assez fortement compressible. Et au sondage N°1 un sol très peu compressible, Et d'après le coefficient de gonflement le sol est gonflant.

IV.3.2.2. L'essai de cisaillement :

Par l'essai de cisaillement rectiligne, nous avons procédé aux essais non consolidés non drainés qui nous permettant de connaître l'angle de frottement interne ainsi que la cohésion. Ce type d'essai pour le calcul des ouvrages à court terme, (G.philipponnat ,1979).

Les résultats sont représentées dans le tableau suivant :

Sondages	Profondeur (m)	Angle de frottement $\phi(^{\circ})$	Cohésion C (bars)
Sc1	1,80-2,00	19	0,86
	2,30-2,85	9	0,43
	3,20-3,70	18	0,82
	4,60-4,80	7	0,69
	5,20-5,50	30	0,09
	7,80-8,20	18	0,42
	9,40-9,90	8	1,18
Sc2	3,20-3,40	30	1,00
Sc3	2,00-2,45	3	0,97
	7,90-8,20	32	0,49
Sc4	2,50-3,00	7	1,01
	4,00-4,45	9	0,60
Sc5	1,20-1,60	20	0,46
	2,70-3,00	11	0,81
	3,30-3,70	16	0,66
Sc6	1,90-2,30	30	0,25
	3,80-4,15	30	0,39
	6,50-6,90	20	0,54

Tableau IV-5: Résultats des essais de cisaillement.

D'après le tableau ci-dessus on constate que les argiles sableuses et les marnes sont frottent.

IV.4. L'analyse chimique :

On classe l'agressivité d'un sol en fonction de la teneur en SO_4^- selon la norme **P18.O11** comme suite :

$\text{SO}_4^- < 200$ mg/l agressivité nulle

$200 < \text{SO}_4^- < 600$ mg/l agressivité faible

$600 < \text{SO}_4^- < 3000$ mg/l agressivité modéré

$3000 < \text{SO}_4^- < 6000$ mg/l agressivité forte

$\text{SO}_4^- > 6000$ mg/l agressivité très forte

Les résultats des analyses chimiques, sommaires effectuées sur des échantillons prélevés sur le terrain, sont donnés dans le tableau suivant :

Sondages	Profondeurs	Conductivité CE	SO_4^- (mg/kg)
Sc1	2,0	0,40	700
Sc4	2,0	1,40	300
Sc6	2,0	0,60	900

Tableau IV-6 : Résultats de l'analyse chimique.

D'après la teneur en SO_4^- l'agressivité du sol est faible à modérée, pour cela et afin d'éliminer tous problème d'agressivité du sol, en recommande d'utiliser un ciment du type CRS pour le béton de l'infrastructure.

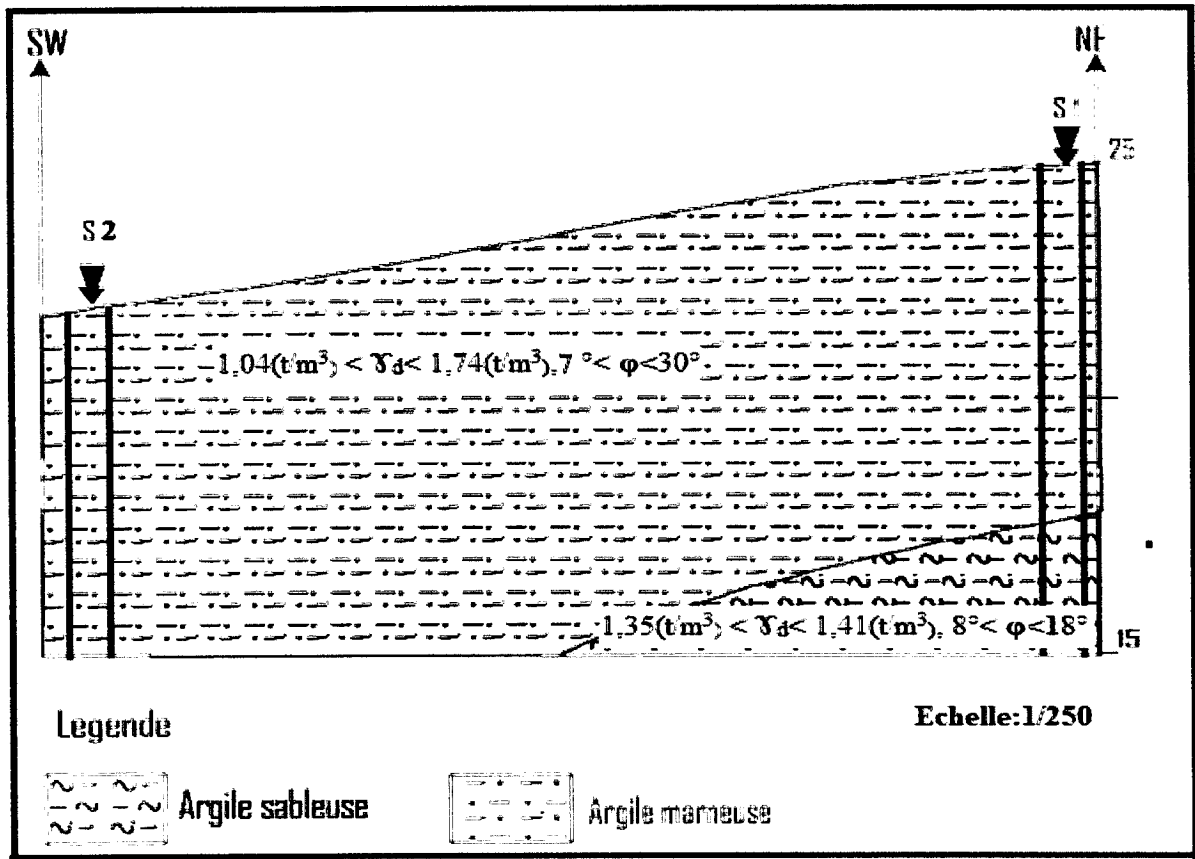


Figure IV-6 : Coupe géotechnique SW-NE entre S1 et S2

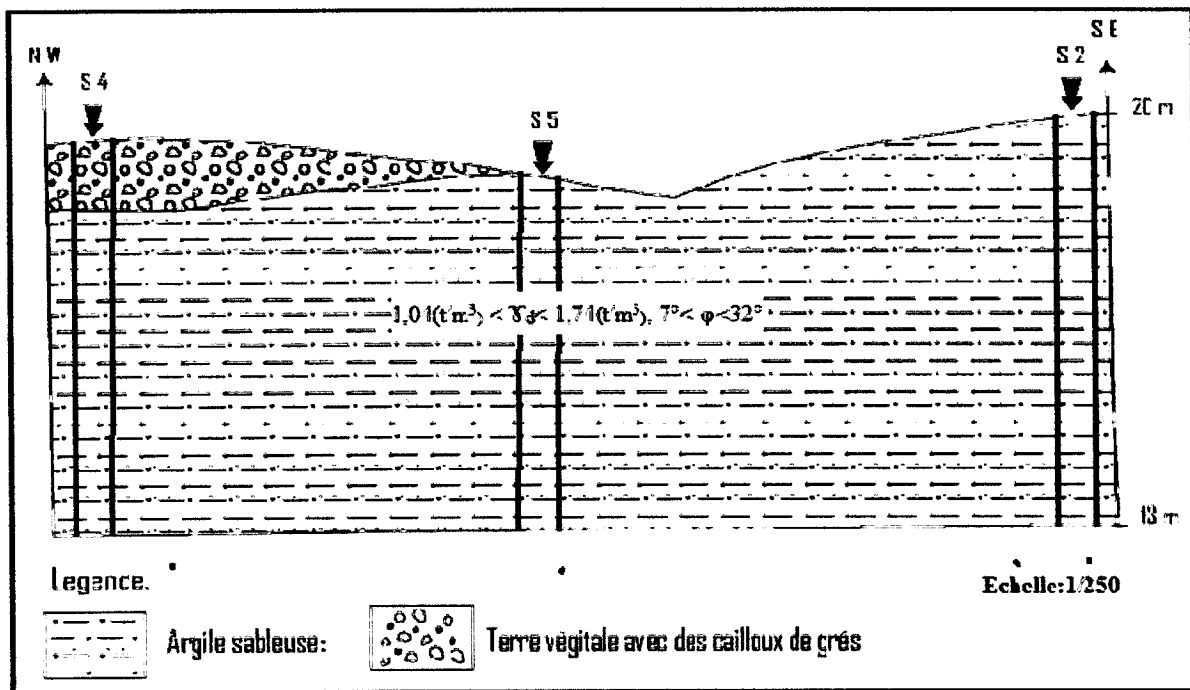


Figure IV-7 : Coupe géotechnique NW-SE entre S2, S5 et S4

IV.5. Calcul des fondations superficielles :

Selon les paramètres géotechniques retenus les méthodes pratiques de calcul de la capacité d'une fondation superficielle peuvent être classées en deux grandes catégories.

- La première catégorie est basée sur les essais in-situ (pénétrömètre pour notre cas).
- La seconde catégorie est basée sur les résultats obtenus dans les laboratoires.

IV.5.1. Calcul des fondations superficielles à partir du pénétromètre dynamique (D.P.T) :

En pratique, les méthodes de dimensionnement à partir de l'essai D.P.T sont purement empiriques, la littérature de la mécanique des sols présente l'essai comme étant un outil de reconnaissance qualitative des terrains et il est recommandé, lors du dimensionnement par le biais de cet essai, de garder la plus grande prudence envers les résultats obtenus. (*Bouafia et Sanglerat*) a proposé une relation empirique pour l'évaluation de la contrainte admissible d'une fondation superficielle dans les sols pulvérulents ou purement cohérents à partir de la pointe de pénétromètre dynamique il donne:

$$q_{ad} = R_{dmoy}/20 \quad (\text{Sanglerat ; 1956})$$

Avec :

- q_{ad} : Contrainte admissible de la fondation superficielle en [KN/m²]
- Rd : Résistance dynamique de pointe en [KN / m²].

Les résultats obtenus par la méthode du pénétromètre dynamique sont représentées dans le tableau suivant :

Pénétrömètre	Q _{ad} selon l'ancrage du pénétromètre (bars)			
	1.5 [m]	2.0 [m]	2.5 [m]	3.0 [m]
P1	14.49	15.05	14.52	14.55
P2	16.42	15.5	15.16	14.7
P3	14.04	13.75	13.51	13.39
P4	3.13	3.51	Refus	refus
P10	2.19	2.14	2.11	2.08
P11	3.78	4.12	Refus	refus
P13	2.42	3.02	Refus	refus
P14	3.60	refus	Refus	refus
P15	1.16	1.44	1.91	refus
P16	3.52	3.72	Refus	refus
P17	2.92	refus	Refus	refus

Tableau IV-7: La capacité portante obtenu par la méthode du pénétromètre dynamique.

La capacité portante calculée par la méthode du pénétromètre dynamique nous a donné des valeurs très variés du fait des blocs affleurant dans le site.

IV.5.2. Calcul par la méthode classique :

La méthode classique est une méthode basée sur les résultats des paramètres physico-mécaniques obtenus au laboratoire. Cette méthode est la plus ancienne. Elle considère le sol comme étant un matériau rigide plastique.

En Algérie le D.T.U.13.12 de calcul de la capacité portante des fondations superficielles est basé sur les formules suivantes :

a) Pour les semelles carrées :

$$q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{\rho \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot D \cdot (N_q - 1) + 1.3 \cdot C \cdot N_c}{F_s}$$

b) Pour les semelles filantes :

$$q_{ad} = \gamma_1 \cdot D + \frac{\rho \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma + \gamma_1 \cdot (N_q - 1) \cdot D + C \cdot N_c}{F_s}$$

Avec :

- γ_1 : poids volumique apparent du sol au-dessus de la fondation (T/m^3)
- γ_2 : poids volumique apparent du sol au-dessous de la fondation (T/m^3)
- D : Ancrage de la fondation (m).
- ρ : Rayon moyen = surface de la semelle / périmètre de la semelle.
- $\rho = 0,5 B / (1 + B/L)$
- B, L : dimension de la fondation, largeur et longueur (m). ($B= 1.5m$, Pour une semelle filante $L/B > 10$ donc on prend $L=15m$).
- C : cohésion du sol (T/m^2)
- $N_\gamma, N_q, et N_c$: coefficients dépendants de l'angle de frottement interne du sol " φ " avec:
- N_γ : 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.

Les facteurs de portances $N_\gamma, N_q, et N_c$ sont représentés dans le tableau suivant qui extrait du D.T.U 13.12 regroupe les valeurs des facteurs de portances en fonction de (φ).

φ°	N_γ	N_q	N_c
0	0	1	5.14
5	0	1.56	6.47
10	1	2.49	8.45
11	1,2	2.71	8.80
12	1,43	2.97	9.29
13	1,69	3.26	9.80
14	1,99	3.59	10.4
15	2,33	3.94	11.0
16	2,72	4.33	11.6
17	3,14	4.77	12.3
18	3,69	5.25	13.1
19	4,29	5.80	13.9
20	4,97	6.40	14.8
21	5,76	7.07	15.8
22	6,68	7.83	16.9
23	7,73	8.66	18.1
24	8,97	9.60	19.3
25	10,4	10.7	20.7
26	12	11.8	22.2
27	13,9	13.2	24.0
28	16,1	14.7	25.8
29	18,8	16.4	27.9

Tableau IV-8 : les coefficients de la capacité portante selon le D.T.U.13.12.

Les résultats obtenus par la méthode classique sont représentés dans le tableau suivant :

Sondages N°	Type de la semelle	La capacité portante Q_{ad} (Bars) selon l'ancrage			
		1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m
S1	carrée	5.69	5.86	1.96	2.08
	Filante	4.59	4.76	1.65	1.74
S2	Carrée	5.69	5.86	1.96	16.26
	Filante	4.59	4.76	1.65	13.51
S3	Carrée	2.66	2.72	2.77	2.83
	Filante	2.09	2.15	2.20	2.26
S4	Carrée	2.99	3.05	3.11	3.16
	Filante	2.35	2.40	2.46	2.53
S5	Carrée	3.69	3.90	3.79	3.89
	Filante	2.65	3.10	3.07	3.15
S6	Carrée	5.21	5.74	6.28	6.81
	Filante	4.75	5.28	5.82	6.35

Tableau IV-9 : La capacité portante du sol selon le type et l'ancrage de la semelle.

Les résultats du tableau IV-10 nous permettent de constater que :

- La capacité portante des semelles carrées est supérieure à celle des semelles filantes.
- la capacité portante (Q_{ad}) augmente avec l'ancrage de la semelle sauf au niveau du S1 et S2 ou on a une diminution sous l'effet de la chute de la cohésion et de l'angle du frottement interne.
- La capacité portante (Q_{ad}) pour les semelles carrées est bonne pour un ancrage de 2 m ($Q_{ad}=2.72\text{bars}$ à 5.86bars).
- La capacité portante (Q_{ad}) des semelles filantes est bonne pour un ancrage de 2 m ($Q_{ad}=2.15\text{bars}$ à 5.28 bars).

D'après les résultats de la capacité portante obtenus, nous recommandons de réaliser un système de fondation par semelles superficielles carrées d'une largeur de 1.5m avec un ancrage de 2 m.

IV.6. Calcul du tassement:

Pour le calcul des tassements du sol étudié, nous avons utilisé la formule ci-après dont la raison ou le sondage N°1 est surconsolidé:

$$s_{\text{œd}} = H \frac{C_c}{1 + e_0} \lg \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_z}{\sigma'_p} \quad (\text{Roger Frank ; 2001})$$

e_0 : indice des vides initial correspondant: σ'_{v0}

c_c : coefficient de compressibilité

ΔH : tassement total (cm).

H : hauteur de la couche concernée par le tassement.

Δe : variation de l'indice des vides.

σ'_{v0} : contrainte verticale initiale moyenne du sol à une profondeur donnée: $\sigma'_{v0} = \sum \gamma_i h_i$

$\Delta\sigma_z$: Accroissement de la contrainte verticale a une profondeur donnée

$\Delta\sigma_z = (q.L.B) / (L + Z). (B + Z) \quad Z = 3B/2 = 2,25 \text{ m}$

		Type de la semelle	Q_{ad} (bars)	Tassement (cm)
Ancrage(m)	2m	Carrée	5.86	0.295
		Filante	4.76	0.395
	2.5m	Carrée	1.96	0.098
		filante	1.65	0.138

Tableau IV-10 : Les valeurs du tassement obtenu selon le type et l'ancrage de la semelle.

Les résultats du tassement qu'on a obtenus pour les deux ancrages (2m et 2.5m) sont comme suite :

De 0.098 cm à 0.295 cm pour la semelle carrée et de 0.138 cm à 0.395 cm pour la semelle filante. Ces résultats nous montrent que le problème de tassement est fixé dans les limites admissibles.

IV.7. Le zoning géotechnique :

Avant de procéder directement au zoning géotechnique proprement dit du territoire étudié et qui se base sur les propriétés physiques et mécaniques du sol, il faut d'abord établir pré-zoning en utilisant la méthode de superposition des cartes, cette dernière sert à superposer les 03 documents ci-après;

- La carte des pentes établie à partir d'un fond topo au 1/1000. D'après cette carte on peut identifier 03 zones distinctes avec des pentes assez variables; nulles à fortes.
- La carte géologique de la région; elle représente le document de base pour cet objet.
- Et enfin la carte de la capacité portante nous donne une seule zone de bonne capacité portante car elle est comprise entre 2.83 bars et 5.86bars à l'ancrage de 2m on a utilisé les cartes précédentes.

Le résultat de ce travail est synthétisé dans la carte de zoning ci-après :

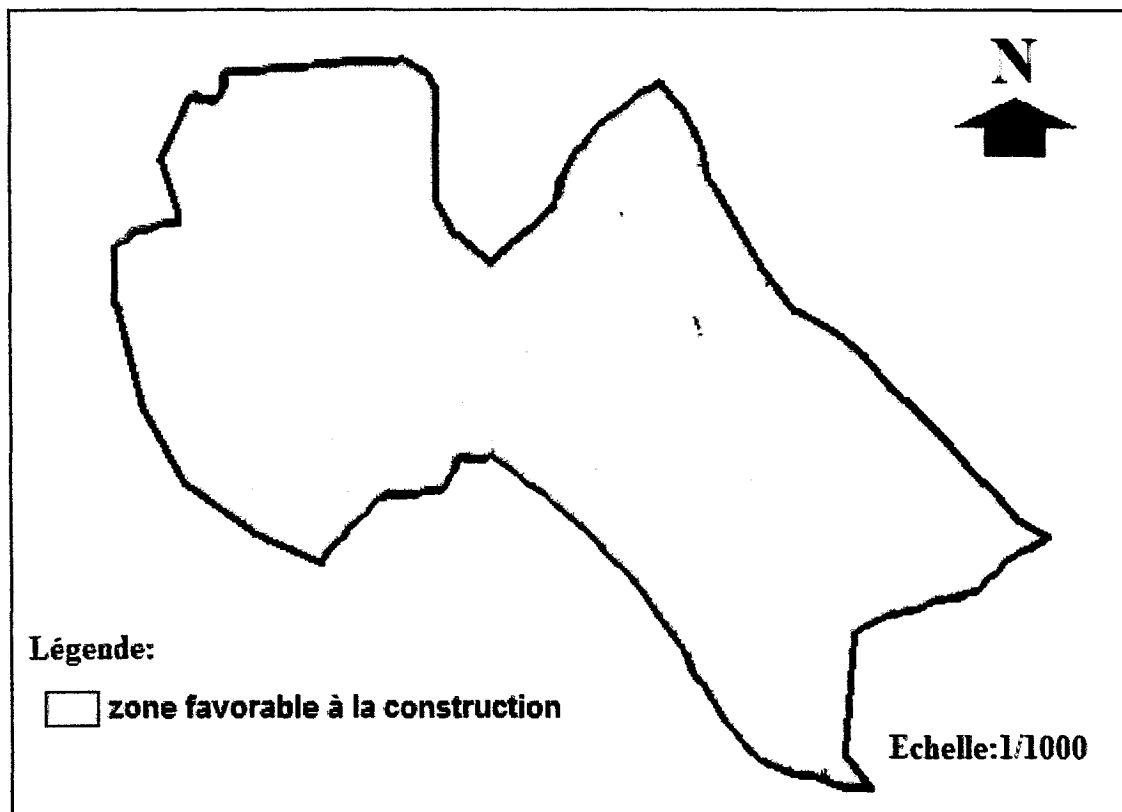


Figure IV.8 : La carte de zoning géotechnique du POS N°1

La combinaison entre la carte des pentes, la carte géologique et la cartes de la capacité portante a donné une zone unique.

Cette zone occupe tous le secteur étudié, elle à une pente comprise entre 0 à 20 %, parfois elle dépasse 20%. Ce terrain et de nature argile sableuse. La capacité portante à l'ancrage de 2 m est de 2.83 bars à 5.86bars.

Donc les propriétés géologiques, géomorphologiques et la capacité portante sont bonnes et favorables à la construction.

Chapitre V :
Conclusion et
Recommandations

V.1. Conclusion générale :

Le secteur étudié c'est le POS n°01 qui se situe à El Aouana à environ 21 km à l'Ouest du chef lieu de la wilaya de Jijel, le long de la route nationale RN 43 menant vers Bejaia. Il s'étend sur une superficie de 20.33 ha. Sur le plan géomorphologique le POS se caractérise par un relief à pente assez forte.

Les résultats obtenus à partir des reconnaissances effectuées montrent que le terrain présente les caractéristiques suivantes :

➤ La lithologie :

Le terrain est constitué généralement par des argiles sableuses et des marnes. Les sondages de profondeur de 10m.

L'ensemble du terrain est recouvert par une couche de la terre végétale de 0.20m à 1m d'épaisseur.

➤ L'agressivité :

L'analyse chimique du sol montre que l'agressivité du sol est faible à modéré.

➤ La résistance mécanique :

Les essais au pénétromètre dynamique lourd ont donné des valeurs de résistance dynamique de pointe assez bonnes en général dans les premiers mètres.

➤ La portance du sol :

Le calcul de la contrainte admissible du sol Q_{ad} effectué à partir des essais in situ et ceux de laboratoire révèlent en général un sol de bonne résistance à partir de 1,5m de profondeur par rapport au terrain naturel.

➤ Le tassement:

Les tassements obtenus à partir des essais de laboratoire demeurent admissibles dans la limite fixée à la contrainte admissible et ce pour les fondations en semelles isolées ou filantes.

La synthèse générale des différents paramètres du terrain (lithologie, morphologie, caractéristiques géotechniques) a permis d'établir une carte de zoning selon l'ancrage 2m, ainsi que deux coupes géotechniques selon deux directions différentes (NW-SE) et (SW-NE), regroupant les caractéristiques mécaniques des différentes couches montrent que le site étudié est une zone unique zones, cette zone est favorable à la construction.

V.2. Recommandations:

- Elargir la campagne de reconnaissance géotechnique
- Réaliser tous les travaux en période sèche.
- Réaliser des fondations superficielles ancrées à 1.5 ou 2 m.
- Une faible profondeur nécessite un renforcement des sols sous fondations.
- Utiliser du béton résistant au sulfate pour l'infrastructure.
- Pour protéger l'infrastructure contre le problème du gonflement on doit suivre le rapport du laboratoire national des travaux publics de l'Est.

D'après le rapport du laboratoire national des travaux publics de l'Est les mesures préconisées de la construction sur les sols gonflants sont de deux ordres :

1. La première série a pour but de maintenir l'équilibre d'humidité sous le niveau des fondations et d'éviter dans la mesure du possible toutes les venues d'eau éventuelles.
2. La seconde série est relative à la conception de la structure adaptée pour résister aux efforts induits par les phénomènes du gonflement ou de retrait.

1- Première série des mesures préconisées : Maintien de l'équilibre d'humidité.

Règle N°1 : Ancrage des semelles

- Ancrage minimum des fondations 1,00 m.
- Ancrage conseillé en particulier lorsqu'il n'y a pas de sous-sol 1,50 m

D'autre part, il convient d'apporter un soin tout particulier au remblaiement des fouilles. Il nous semble que la meilleure solution, quand cela est possible, consiste à couler la fondation à pleine fouille dans le cas contraire, il convient de remblayer la fouille avec un matériau argileux, compacté de façon à éviter les venues d'eau au droit des fondations. On pourra encore terminer le remblaiement par un revêtement étanche débordant de l'emprise de la fouille.

Enfin, il faut noter que la profondeur conseillée ci-dessus nous semble raisonnable mais qu'il ne faut pas l'extrapoler à des climats plus marqués.

Règles N°2 : Sous-sols

Eviter les sous-sols partiellement enterrés et, dans la mesure du possible, prévoir un sous-sol général.

Règle N°3 : Végétation

Eviter la végétation à proximité immédiate des murs. Placer les arbres nouveaux le plus loin possible des constructions. Certains auteurs recommandent une distance minimale par rapport à l'habitation de $1.5 H$, où H étant la hauteur de l'arbre arrivé à maturité ; cette règle semble malgré tout sévère.

Par contre, il est déconseillé d'arracher les arbres existants avant construction de façon à maintenir l'équilibre naturel.

Règle N°4 : Protection latérale

Entourer l'habitation par une forme imperméable en pente, sur une largeur de 2 à 3m. Cette forme a pour buts de couper l'évaporation superficielle et de recueillir les eaux de ruissellement, qui seront avancées par un drainage de surface adéquat.

La forme imperméable peut être réalisée par exemple par un dallage cimenté, on peut également placer un film solide de toile plastique, fixée au mur et protégée par une couche de forme.

Règle N°5 : Canalisations

Une des causes fréquentes des désordres consiste en des fuites sur des canalisations qui ont été déformées par les sols gonflants. Il convient donc :

- d'utiliser des canalisations aussi flexibles que possible ; en particulier le raccordement entre les conduites d'eau usées liées à l'ossature et les conduites d'égouts extérieurs doit être très souple.
- que les joints de canalisations soient parfaitement étanches.
- que les canalisations soient posées sur un lit assez épais de matériaux inertes (sable fin,.....).
- que le remblaiement des tranchées des canalisations soit effectué dans les mêmes conditions que le remblaiement des fouilles.

Règles N° 6 : Drainage périphérique

Lorsque le terrain est l'objet de circulations d'eau anarchiques, il est conseillé de réaliser un drainage périphérique profond de façon à intercepter les arrivées d'eau (Figure 35). Rappelons que les drains ne sont efficaces que pour capter des eaux libres.

Lorsque, par contre, le sol baigne dans une nappe bien établie, il faut conserver le niveau de cette nappe et, si possible, descendre les fondations sous le niveau de celle-ci. Bien entendu, il faut s'assurer que la nappe est permanente pour que cette solution soit efficace.

2- Deuxième série des mesures préconisées : Adaptation de la structure.

Règle N° 7 : Dallages

On désolidariserait les dallages des murs porteurs. Chaque fois que cela sera possible, on réalise plutôt des planchers bas porteurs en ménageant un vide sanitaire.

Règle N°8 : Cloisons

Les cloisons du rez-de-chaussée ou de sous-sol reposent généralement directement sur le dallage ; dans ce cas, il convient d'arrêter, dans la mesure du possible, les cloisons à quelques centimètres sous le plafond. On limite ainsi les désordres aux cloisons elles-mêmes en cas de gonflement du sol sous le dallage.

Règle N°9 : Chaînage et joints

Il est indispensable, lorsque l'on fonde sur des sols gonflants, de réaliser des chaînages sérieux : semelles continues armées avec poutre de rigidité, chaînage horizontal à chaque plancher, chaînage verticaux.

D'autre part, il faut prévoir des joints fréquents, espacés tout au plus 10 à 15 m, pour limiter les efforts parasites dans la structure.

Règle N° 10 : Longrine basse

Il convient d'assurer une protection des longrines contre le gonflement. Lorsque la fondation repose sur des semelles isolées ou des pieux, les longrines situées au niveau du terrain naturel doivent impérativement être réalisées en ménageant un espace entre celles-ci et le terrain naturel. Dans le cas contraire, les risques de désordres dus aux poussées du sol gonflant sur les longrines sont grands.

Ceci peut être réalisé en utilisant comme coffrage inférieur du polystyrène très épais ou une forme en carton alvéolé.

Bibliographie

Les références bibliographiques

Aoun M ; (2002). Problèmes géologiques et géotechniques dans le bassin de Mila : leur impact sur les ouvrages d'art. Thèse magi. Univ. Tébessa, 156 p.

Benali Hanafi ; (2007). Les minéralisations Associées Aux Roches Magmatiques Tertiaires du Nord de L'Algerie. Thèse Doct. Univ. De Houari Boumediene. Algé.

Daniel Obert ; (1981). Etude géologique des Babors orientaux (Domaine tellien, Algérie). Thèse Doct. Univ de Paris 6.

Djellit H ; (1987). Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flyschs en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct. Univ d'Orsay Paris, 206P.

Durand Delga. M ; (1953). Note sur les volutions tectoniques à environs de Cavallo.

Durand Delga. M ; (1955). Etude géologique de l'ouest de la chaîne numidique Thèse, doc, N24, 533P.

Habib P ; (1997). Génie Géotechnique - Applications de la mécanique des sols et des roches. Ed. Ellipses AUPELF/UREF. Paris, 222 p.

Jules Glaçon ; (1967). Recherche sur la géologie et les gites métallifères du tell setiffien, Service géologique de l'Algérie, tome 1, 315 p.

Philipponnat. G ; (1979). Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles. Paris, 402 p.

Philipponnat. G ; (1987). Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles. Paris, 402 p.

Philipponnat. G ; (1979). Fondations, et ouvrages enterre (édition éroylles1979).

Magnan J.P ; (2001). Description, identification, et classification des sols. Ed. Techniques de L'ingénieur (TI). Paris, 75P.) Rapport du laboratoire national des travaux publics et bâtiments : Désordre dus a la présence de sols gonflants.

Roger Frank ; (2003). Calcul des fondation superficielles et profondes, Technique de L'ingénieur (TI), Presse de l'école nationale des ponts et chaussées.

Sanglerat G- olivari. G-camboer .B (1983) : Problèmes pratiques de mécanique des Sols et de fondations /2, dunod, paris.

Sanglerat G /Gilbert, Olivari, Bernard, Cambou: Problèmes pratiques des soles et des fondations 2.

Vila. J. M ; (1980). La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro- tunisiennes.

Sites Web:

www.egsol.fr

www.laclimatologie.free.fr

www.igetecon.org/revista

Annexes

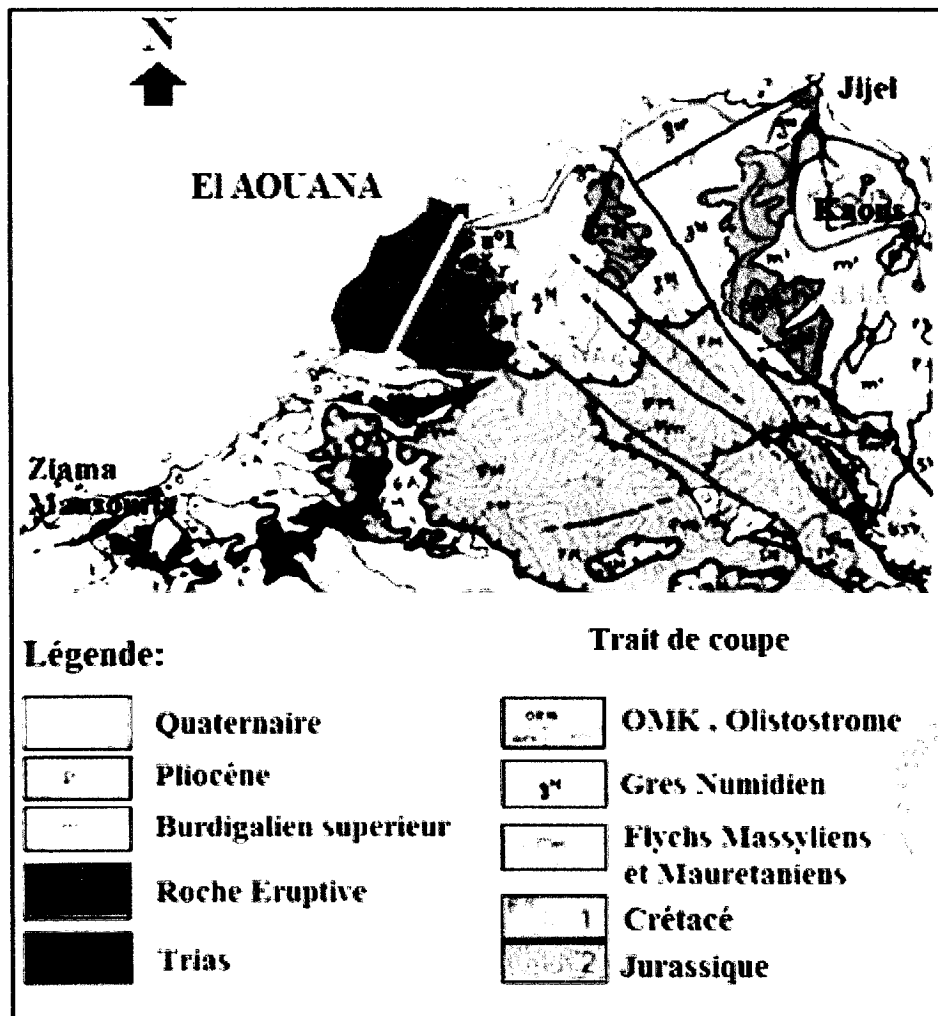


Figure II.1 : Localisation de trait de coupe SSW-NNE

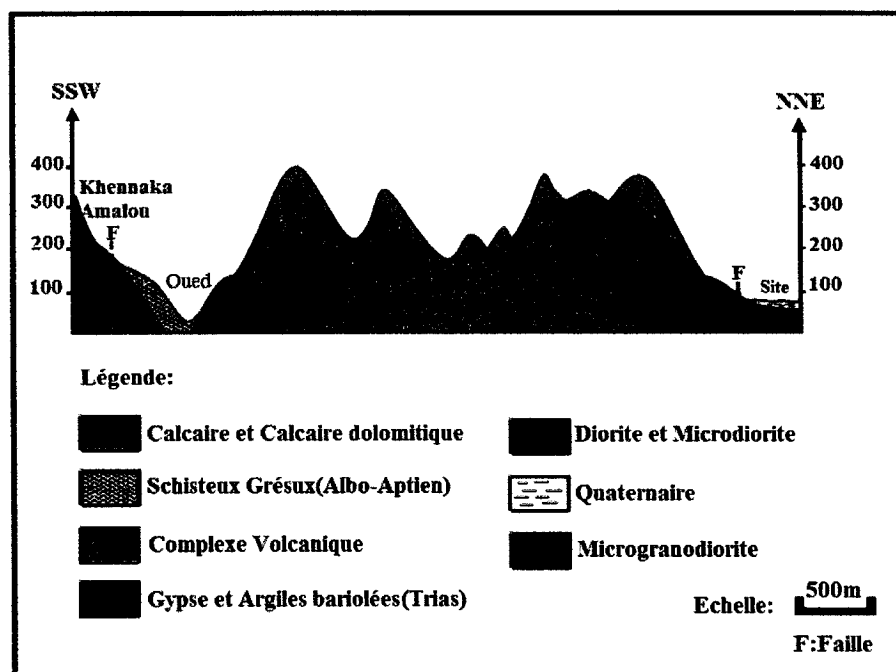


Figure II.2 : Coupe géologique S.S.W-N.N.E de la région d'El Aouana

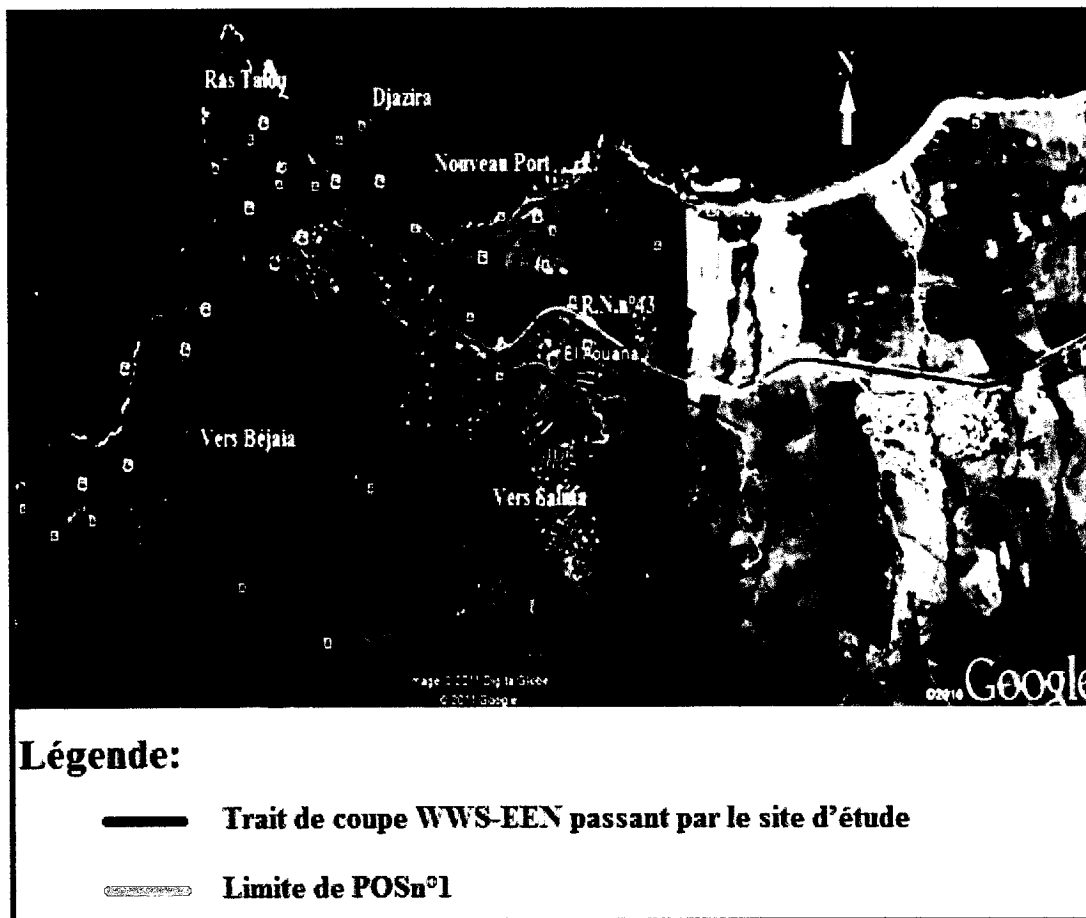


Figure 2: Localisation de trait de coupe WSW-ENE.

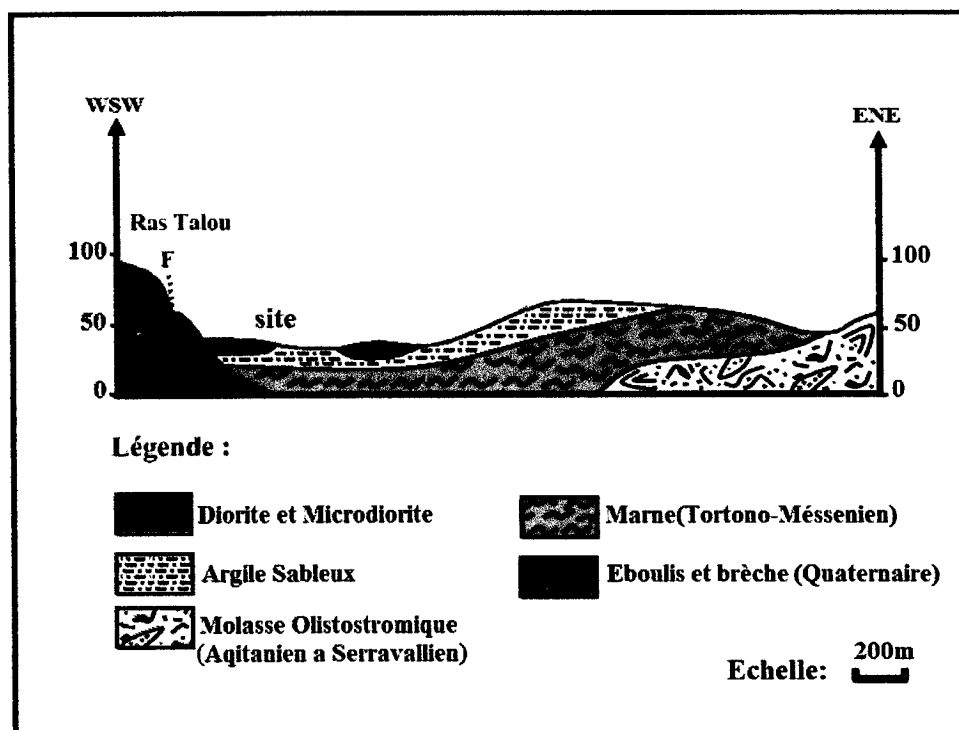


Figure II.3 : Coupe géologique WSW-ENE au niveau de site d'étude

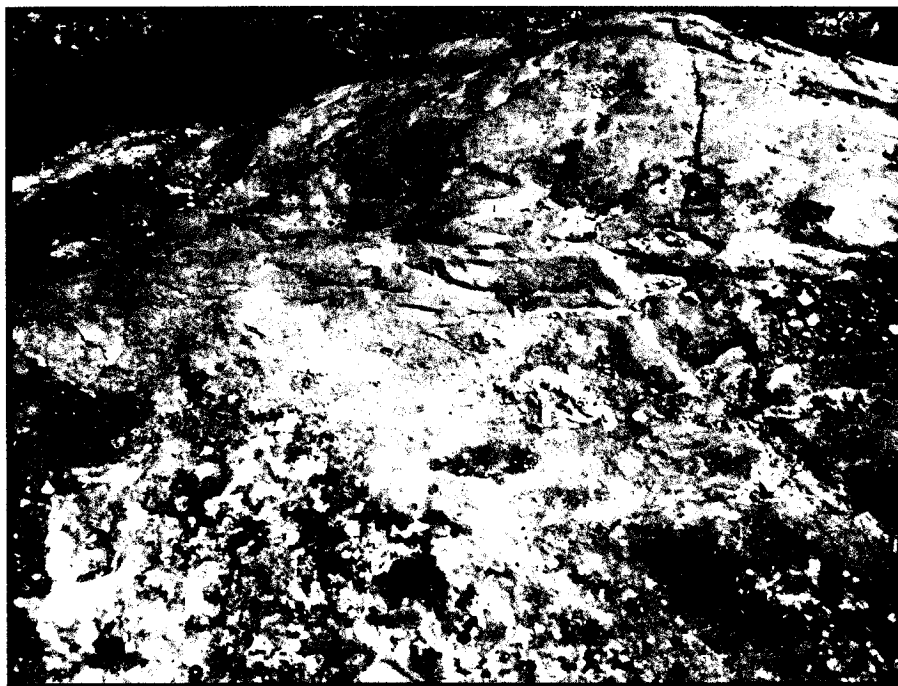


Photo 1 : Blocs d'Olistostromes a l'Este de la région étudiée (2011)

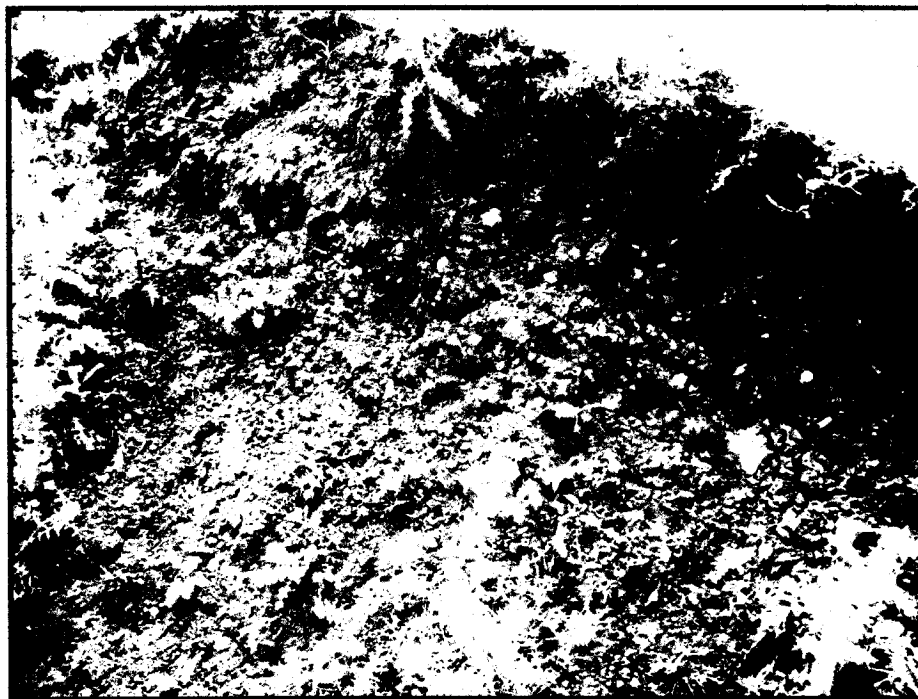


Photo 2 : les formatons des marnes Tortono-messénien



Photo2 : Roche plutonique type (Granite) (2011).



Photo 3 : Faille traverse les formations jurassiques à l'Ouest Sud d' El Aouana (les Aftis)
(2011)
