الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

جامعة جيجل

Université de Jijel

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

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم : علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

Option : Génie Géologique

Thème

Glissement de terrain au niveau du PK46-Djimla-Tamantout(Wilaya de Jijel),Diagnostics et remèdes

Membres de Jury
Président :Tebib .H
Examinateur:Tekkouk.M
Encadrant :Y.Ronikha et R.Benzaid

Présenté par :
- Beloued Nadia
- Mokrane Siham

Année Universitaire 2013-2014

Numéro d'ordre (bibliothèque) :.....

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu le Tout Puissant qui nous a donné l'aide, la patience et le courage pour accomplir ce travail.

Nous tenons à formuler notre profonde gratitude et reconnaissances à l'égard de nos encadreurs.

Nos vifs remerciements s'adressent à messieurs, ROUIKHA Youcef et BENZAIED Riad, tous les enseignants du département pour leurs efforts, et leur suivi continu,

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du Jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et pour avoir accepté de le juger.

Nous tenons aussi à remercier tous nos enseignants, pour leur participation à notre formation, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux et notre profonde gratitude pour leur gentillesse, disponibilité et soutien durant les années de notre formation.

Nous remercions également toutes les personnes malgré leurs occupations, mais qui nous ont aidé, et qui n'ont pas hésité à nous tendre leur main.

Nos meilleurs remerciements vont également aux personnes qui nous ont encouragé et aidé pour la réalisation de ce travail, et nous ont soutenu quand le moral était au plus bas.

Dédicaces

Merci à Dieu

A L'occasion de la réalisation de ce mémoire je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers :

Ma mère et mon père que j'aime beaucoup, qui Dieu vous protège.

Mes grandes mères et grands pères que j'aime énormément et que Dieu les protèges.

Mes frères : Yassin, Biba, Jojo, Nori, Ala ;et Mon fiancer : Adlane. Mes tantes et mes oncles ainsi que leurs enfants.

A tout mes amis et mes voisines.

Tout ceux que j'aime et que m'ont soutenue et encouragée avec ma très profonde affection.

En guise d'amour et de reconnaissance, je leur dédie ce travail

Siham

Dédicaces

Merci à Dieu

A L'occasion de la réalisation de ce mémoire je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers :

Ma mère et mon père que j'aime beaucoup, qui Dieu vous protège.

Mes grandes mères et grands pères que j'aime énormément et que Dieu les protèges.

Mes frères ; et Mon fiancer : Aziz

. Mes tantes et mes oncles ainsi que leurs enfants.

A tout mes amis et mes voisines.

Tout ceux que j'aime et que m'ont soutenue et encouragée avec ma très profonde affection.

En guise d'amour et de reconnaissance, je leur dédie ce travail

Nadia

Table de matières

Introduction générale…….. ……...01

Chapitre I : Généralités

I.1 Situation géographique …….....02

I.2 Climatologie (température et pluviométrie)……...02

I.3 Morphologie et Relief……...02

I.4 Réseau hydrographique……04

I.5 Sismicité……... 05

Chapitre II : le contexte géologique

II-1 Le contexte géologique régional…….....07

a- Au nord ……..08

b- Au sud…… 08

II-2 Géologie locale……09

II-2-1.Description lithologique……..09

II-2-1-1 /Le domaine kabyle :……..09

A.Le socle kabyle :……09

B. Un complexe volcano sédimentaire : c.v.s……...09

II-2-1-2/Domaine des Flyschs :……10

A. Le flysch maurétanien ou flysch de Gerrouche …… .10

B.Le flysch massylien –albo-aptien :……10

II-2-1-3/Le domaine Tellien……11

A.Le trias évaporitique :……..11

B. Le jurassique :……11

C.Le crétacé supérieur :……...11

D- l'éocene :……12

II-2-2-8.La nappe numidienne :……...12

II-2-2.Aspect structural de la région :……13

II -3.La géologie du site :……14

II-3-1.Synthèse lithostratigraphie :.....14
II-3-1-1.le trias :.....14
II-3-1-2.Les formations telliennes.....14
II-3-1-3.Les formations numidiennes:.....15
II-3-1-4.Les formations quaternaires :.....15

Chapitre III : hydroclimatologie

III-1.Introduction.....16
III-2.Aperçu général sur le climat:.....16
III-3.Analyse des paramètres climatiques.....17
III-3-1.Précipitations.....17
III-3-2. Température :.....18
III-3-3.Graphe ombro-thérmiquede :.....19
III-3-4.Indice d'aridité :.....20
III-3-5. Bilan hydrologique 21
III-3-6. Calcul de l'évapotranspiration 21
a. L'évapotranspiration potentielle (ETP) 21
b) l'évapotranspiration réelle (ETR).....22
III-3-7. Bilan hydrologique selon Thormthwaite.....23
a.Interprétation du bilan d'eau de Thormthwaite.....24
III-3-8. Estimation du ruissellement et de l'infiltration.....24
a.Le ruissellement.....24
b- Infiltration.....25
III-4.Conclusion :.....26

Chapitre IV

IV1/Introduction.....28

IV-2/Méthodologie d'étude des glissements de terrain :.....27

VI-2-1/Repérage des zones instables du site étudié.....27

IV-3/Exploitation des travaux de reconnaissance :.....28

IV.3.1.Moyens d'étude au laboratoire :.....28

VI.3.1.1.Essais d'identification :.....28

A/Teneur en eau :.....28

B/Densités.....28

- densité humide.....28
- densité sèche.....28

C/Limites d'Atterberg 30

IV.3.1.2.Essais mécaniques 30

- Essai de cisaillement 30

IV.3.2/ Moyens de reconnaissance in situ :.....30

IV.3.3/Lithologie du site et contexte géotechnique :.....31

IV.4/Diagnostic et causes probables de glissement étudié :.....31

IV.4.1/Description de glissement étudié :.....31

IV.4.2/Causes probables du glissement étudié :.....33

a / causes naturelles :.....33

b/ causes anthropiques :.....33

IV.5/Analyse de stabilité :.....33

IV.5.1/Simulation numérique par le logiciel Geo-slope :.....34

IV.5.2/ calcul de stabilité du talus dans sont état actuel:.....34

IV.6. Techniques de confortement :.....35

IV.6.1-Action sur la topographie par reprofilage du talus :.....35

IV.6.2-Action sur la buté en pied du talus :.....35

- Masques drainants 35
- Gabionnage :.....36

IV.6.3- Action sur l'eau :.....37

- Tranchées drainantes 37

Conclusion et recommandations 39

Liste des figures

Figure I.1 situation géographique du site 02

Figure I.2 : carte des pentes de site étudie.....03

Figure. I.3 : principaux oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel.....04

Figure I.4: Carte sismique de l'Algérie selon le RPA version 2003.....06

Figure II.1 : colonnes lithologiques de la région de Djimla.....07

Figure II.2:coupe géologique N-S passant de Jijel à Tamesguida. (Rouikha.Y;2008).....08

Figure II.3 : coupe géologique N-S dans les unités alpines de petite kabyle occidentale région de Jijel.....09

Figure II.4: colonne lithologique de la série allochtone tellienne- région de Djimla.....13

Figure II.5 : coupe géologique passant par la zone d'étude –région de Djimla.....14

Figure III.1: réseau hydrographique de site étudié.....16

Figure III-2 : précipitation moyenne mensuelles (station de Texenna (2002-2013).....17

Figure III-3. Répartition saisonnière des précipitations.....18

Figure III.-4 : Variation moyenne de la température moyenne mensuelle (de Texenna 2002-2013).....19

Figure III-5. : Diagramme Ombro-thermique.....20

Figure III-6 : Bilan hydraulique selon Thornthwaite à la station deTexenna(2002-2012).....24

Figure. IV-1: repérage de la zone de glissement.....27

Figure. IV-2 : cercle critique obtenu au niveau de site étudié (avant confortement).....35

Figure. IV.3 : Etude de stabilité après confortement.....36

Figure. IV.4 : les solutions de confortement adoptée (reprofilage, masque drainant et gabionnage).....37

Figure. IV.5: Schéma de la tranchée drainante proposée.....38

Figure .IV-6. Détail de la jonction du drain en buse perforée de la tranchée drainante avec le puisard.....38

Liste des tableaux

Tableau. I-1:Le coefficient d'accélération (A) est donné sous forme de tableau.....05

Tableau III-1 : moyenne mensuelles et saisonnière des précipitations.....17

Tableau III-2: Répartition saisonnière des précipitations.....18

Tableau III-3: Température moyennes mensuelles à la station de Texenna (2002-2012).....19

Tableau III-4 : Calcul l'évapotranspiration (ETP) selon C.W.THORNTHWAITE.....22

Tableau III-5: bilan hydrique selon Thornthwaite 23

Tableau IV-01: Teneur en eau et densités des soles étudiés (selon le laboratoire LMTPB).29

Tableau IV. 02: Indice de plasticité estimation du gonflement potentiel du sol étudié...29

Tableau IV.03: Résultats des essais de limites d'Atterberg effectués pour les sols du site étudie.....30

Tableau IV- 04: Résultats des essais de cisaillement de site étudie en 2013.....30

Tableau. IV.05: Caractéristiques physico-mécaniques moyennes du sol étudiée.....34

Tableau.IV.06.Valeurs de facteur sécurité F_s pour le talus dans sont état actuel de talus.34

Tableau. IV.07: valeurs du facteur de sécurité F_s après confrontment.....36

Tableau. IV.08-valeur de facteur de security F*s après confortement(gabionnage)*.....37

Liste des photos

Photo *II.1* : Photo illustrant les plissements N-S visibles dans les formations du flysch massylien 10

Photo. II.2: Photo illustrant les plissements E-W visibles dans les formations du flysch massylien.....10

Photo. II.3: Photo illustrant les déformations cassantes visibles dans les formations du flysch massylien.....11

Photo-II-4 : Les formations marno-calcaires de la région de Djimla.....12

Photos –IV-1:quelques désordres causé par le glissement.....32

Introduction générale

Dans le cadre de notre projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master, nous avons été chargé par le département S.T.U d'étudier les modalites de diagnostic et de traitement d'un problème relatif à la géotechnique et concernant un glissement de terrain sur le tracé routier.

Quelque soit l'ampleur des désordres naturels qu'il peut causer, un mouvement de terrain affectant un axe routier aura des conséquences immédiates nous seulement sur la morphologie des terrains naturels mais portera inéluctablement préjudice à l'essor économique de toute une région déjà difficilement accessible.

La prise en charge de tels sujets s'avère des plus prioritaires à fin d'éviter de causer des retards développements pour les populations de la région.

Cette étude est proposée dans le but d'approfondir les connaissances sur les propriétés géologique et géotechnique des sols instables afin de proposer les solutions les mieux adoptées aux problèmes posés. La méthodologie suivie se base sur :

- Une consultation des travaux et des études géologiques antérieurs en rapport avec le sujet d'étude que se soit sur le plan géologique, sur le plan hydrologique ou sur le plan géotechnique. Aussi des esquisses et cartes géologique et topographique en relation avec le thème ont été d'une utilisé certain par l'élaboration de ce travail.
- Des sorties sur terrain d'étude et la réalisation et observations et coupes.
- Une analyse des résultats obtenus des études réalisées par la direction des travaux publics (LMTPB).

Pour mener à bien notre travail nous avons proposé le plan suivant :

- Chapitre I : Généralités.
- Chapitre II : Contexte géologique.
- Chapitre III : Synthèse hydroclimatologique.
- Chapitre IV : caractéristique géotechnique du site et analyse de stabilité.
- Conclusion générale et recommandations.

Chapitre I

Généralité

I.1 Situation géographique :

La ville de Djimla est située sur la RN77 à42Km au sud du chef lieu de la ville de Jijel.

La zone du glissement concernée par cette étude est située à 3Km au sud-ouest de Djimla.

Cette région d'étude est caractérisée par un relief montagneux représentant des pentes moyennement élevées orientées selon la direction Nord-ouest.

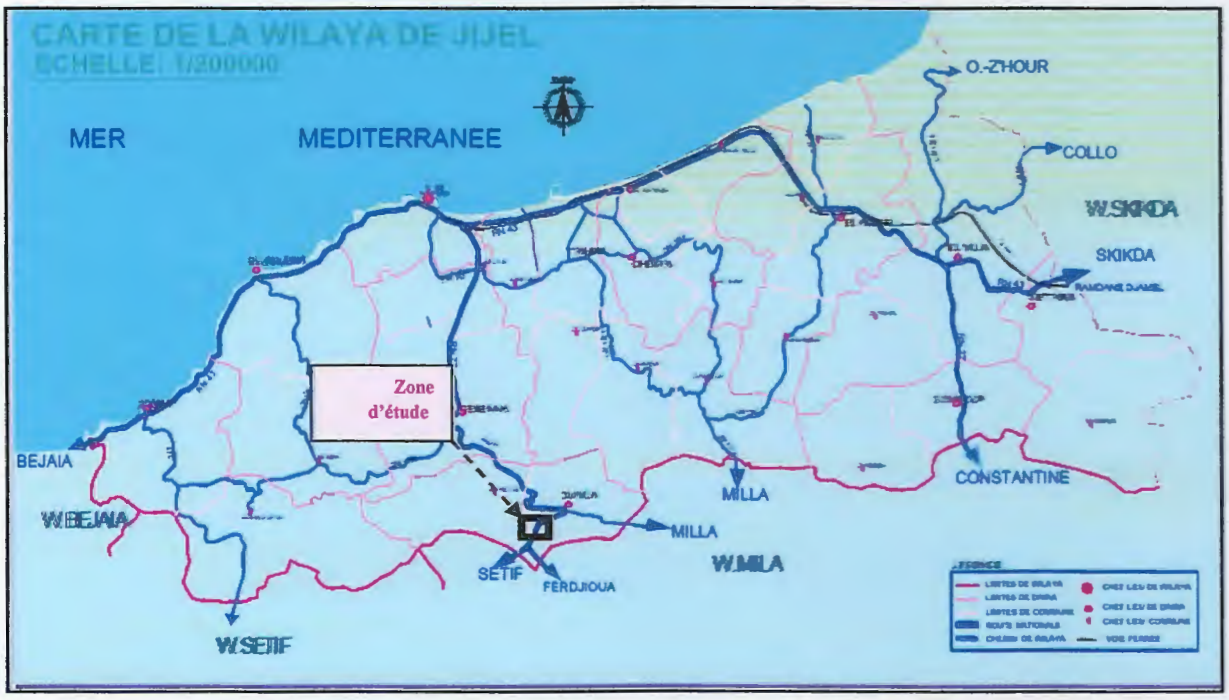

Figure I.1 situation géographique du site étudié

I.2 Climatologie (température et pluviométrie)

La région de Jijel est classée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen; pluvieux en hiver; chaud et humide en été.

Les températures varient entre 20°C et 35°C en été 5°C à 15°C en hiver. Partout; la pluviométrie excéde1000mm. Sur les sommets les précipitations dépassent les valeurs de 1500mm. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la wilaya varient enter 1000 à 1200mm.

I.3 Morphologie et Relief

La wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit comprise enter 600à1000m, on distingue principalement deux régions physiques.

Les zones de plaines :

Elles sont Située au nord du territoire de la willaya le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel ; les plaines d'El-Aouana, le bassin de Nil et Djen jen, lesplaines de Oued Boussiaba et de Oued Z'hor.

Les zones de montagnes :

Elles constituent l'essentiel du territoire de la wilaya soit 82% de sa surface territoriale. On y distingue deux groupes de relief.

Groupe 1 : zones de moyenne montagne situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

Groupe 2 : zones de montagnes difficiles, situées à la limite Sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya les principaux sont :

Tamasghida 1600m, Tababbour 1500m, Bouaza 1490m et Seddat 950m.

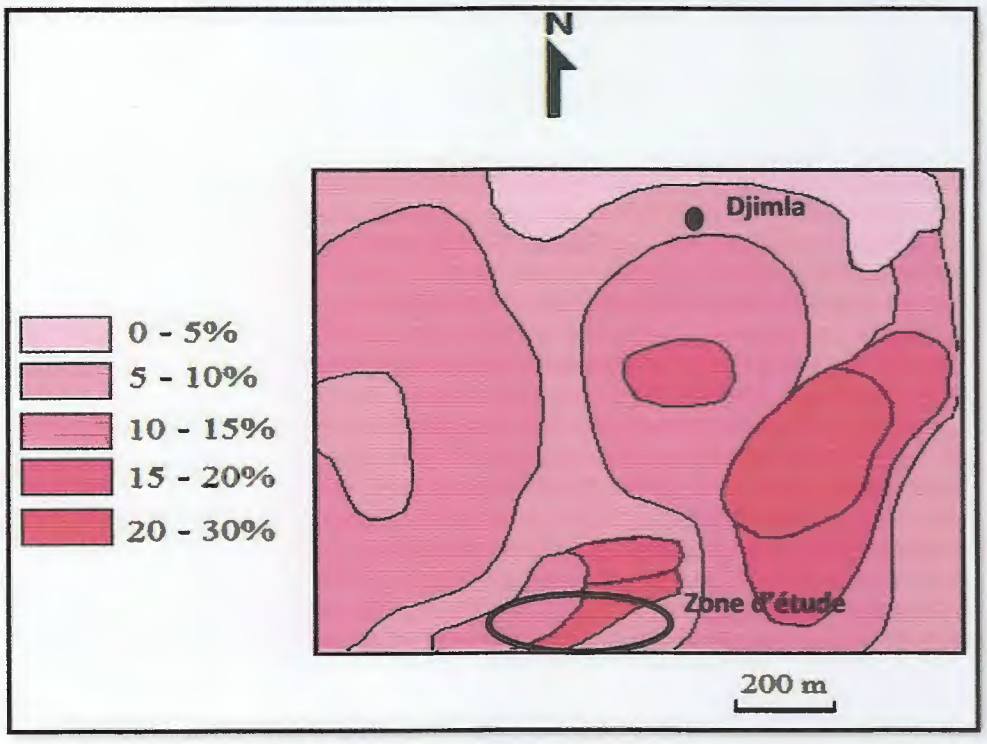

Figure I-2 : carte des pentes de site étudie.

I.4 Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense. Il est constitué de plusieurs cours d'eau importants tel oued El Kébir et oued Boussiaba à l'est, oued Nil et oued Djenjen au centre, oued kissir à l'ouest qui se jettent tous en mer Méditerranée.

Ces cours d'eau suivent généralement l'orientation des grandes structures tectoniques faillées à savoir les orientations N-S et E-W.

La zone d'étude localisée au Nord du col de Tamantout est caractérisée par un ravinement profond le long de nombreux thalwegs créant ainsi un chevelu hydrographique dense. Ces derniers favorisent la convergence des eaux de ruissellement qui entaillent fortement les dépôts de couverture et des l'équilibre du versant.

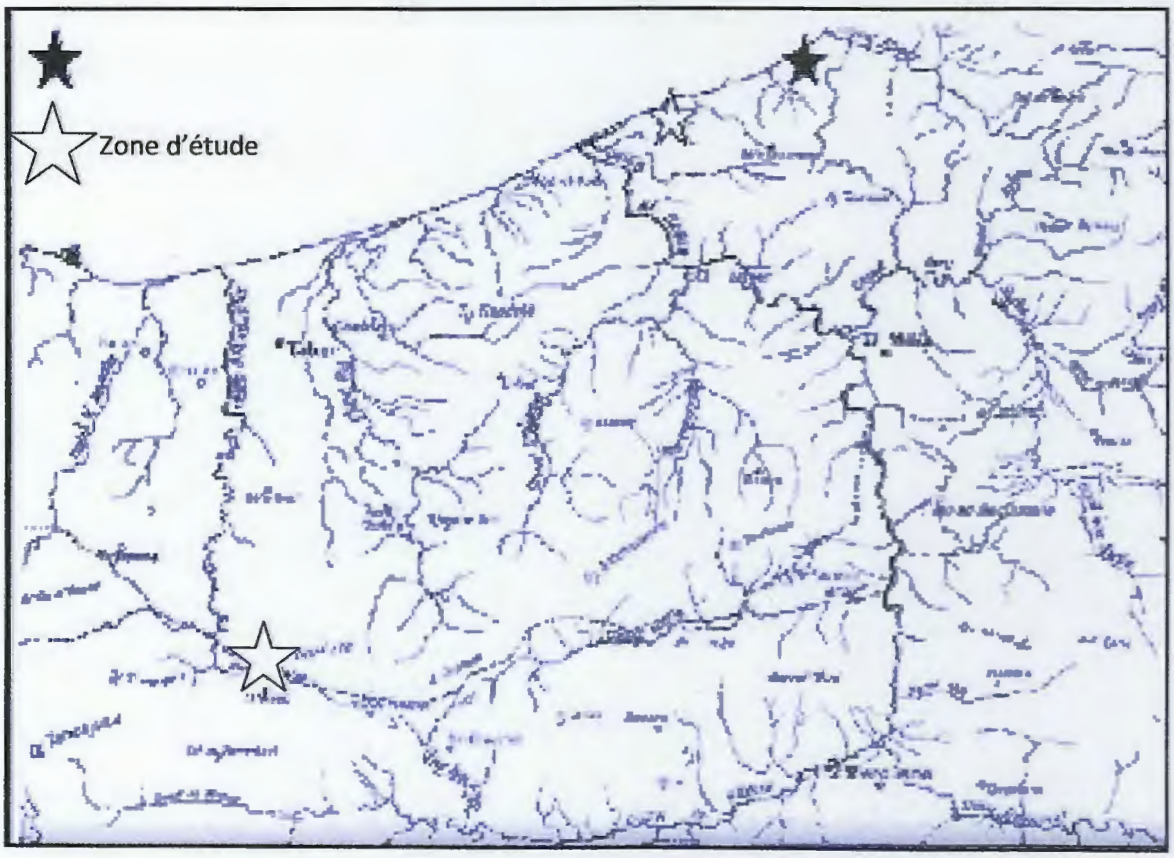

Figure. I-3 : principaux oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel

I.5 Sismicité

Suite au tremblement de terre de 21 Mai 2003 qui a frappé la wilaya de Boumerdés, le centre de recherche appliqué en génie parasismique (CGS) a défini quatre zones de sismicité :

D'après le canva des regles parasismiques algerienne (R.P.A) version 2003 , le territiore algerienne est subdivise en quatre zone de sismicité :

-zone 0 .....sismicité négligeable.

-zone I.....sismicité faible.

-zone IIa et IIb.....sismicité moyenne.

-zone III.....sismicité élevée

Tout ouvrage exposé au domaine d'application des règles parasismique Algériennes, RPA 99, version 2003, doit être classé dans l'un de quatre groupes définis ci-après :

-groupe 1A : ouvrage d'importance vitale

-groupe 1B : ouvrage de grande importance

-groupe 2 : ouvrage courants ou d'importance moyenne

-groupe 3 : ouvrage de faible importance

Les valeurs d'accélération sont regroupées dans le tableau I-1.

Tableau.I-1Le coefficient d'accélération (A) est donné sous forme de tableau

	Zone			
groupe	I	IIa	IIb	III
1A	0.15	0.25	0.30	0.40
1B	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

La région de Jijel est classée dans la zone de moyenne sismicité IIaLa région de Jijel est classée dans la zone de moyenne sismicité IIa

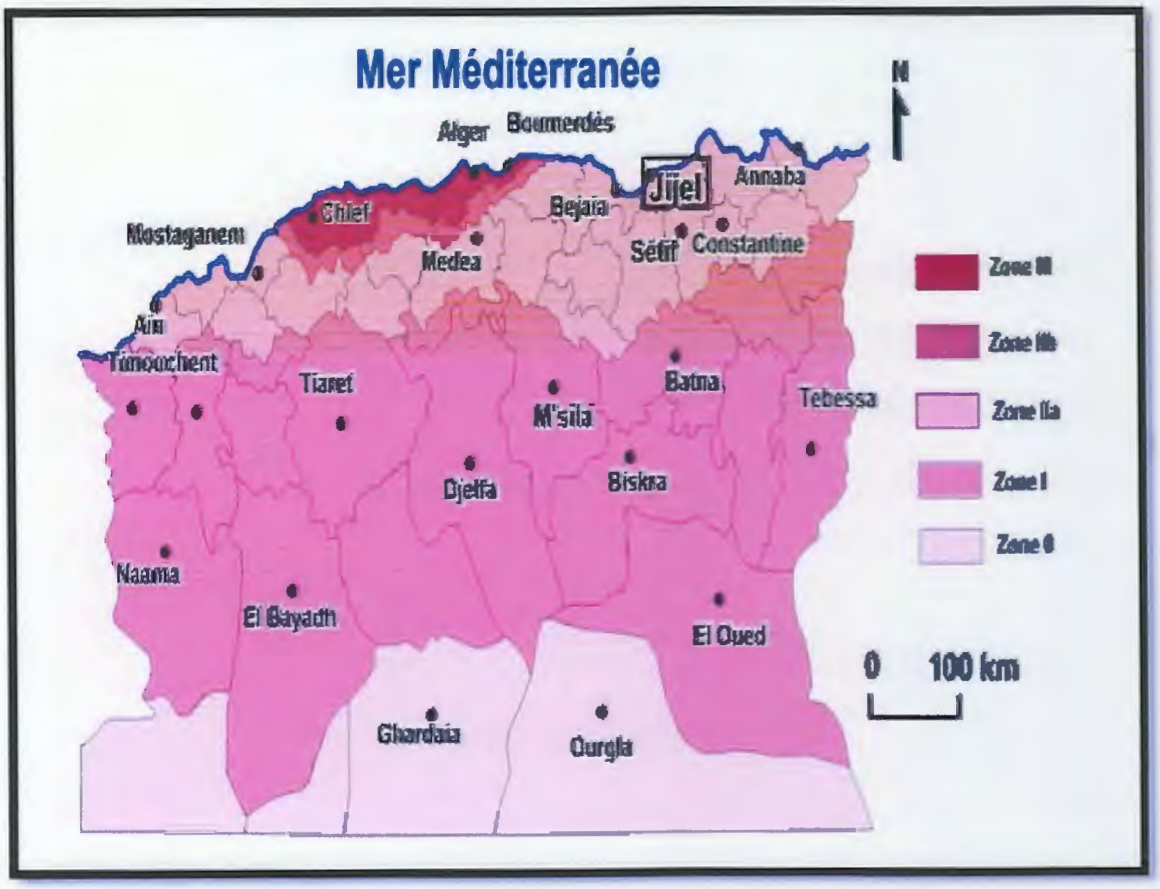

Figure I.4 : Carte sismique de l'Algérie selon le RPA version 2003.

Conclusion :

La région de Djimla ou se situe le glissement de terrain sujet de cette étude et caractérisée par un relief contrasté, une érosion ravinante des pentes assez raides par endroits .De même ,cette région est contigüe à la zone d'un contact tectonique majeur ou les mouvement de convergence peuvent engendrer des secousses engendrant des déplacements des terrains de la région

-les mouvement induits par cette dynamique soul généralement à l'origine des nombreux glissements de terrains.

Chapitre II

Contexte géologique

II-1 Le contexte géologique régional :

La région concernée par cette étude est située en petite Kabylie occidentale elle fait partie intégrante de la chaine tellienne septentrionale.

Description lithologique des facies régionaux :

Elle est représentée par le log suivant :

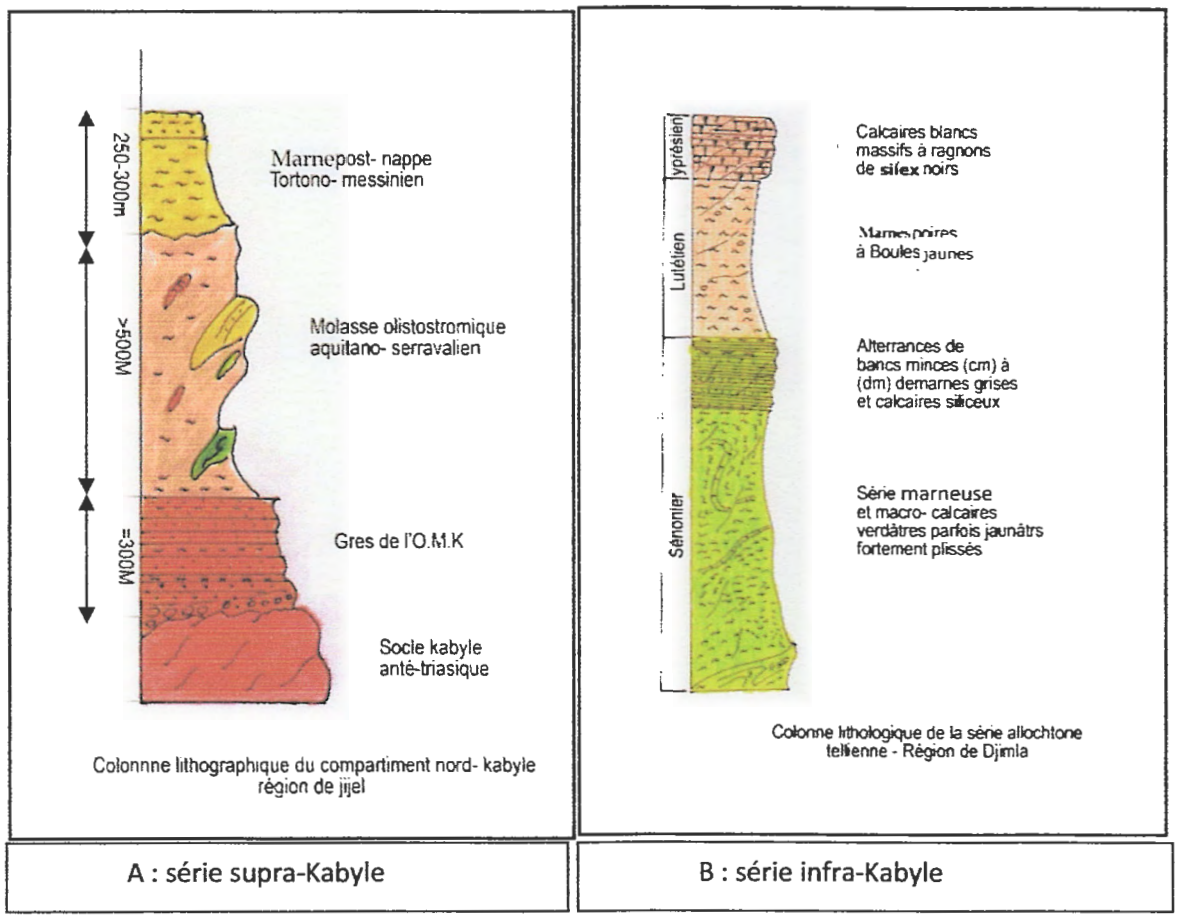

Figure II.1 : colonnes lithologiques de la région de Petite Kabylie occidentale. (Rouikha ,2014)

Aspect structural :

La coupe géologique ci-après représentée monte la structure géologique ase complexe de la région que le compartimentage tectonique issu des mouvements de charriage.

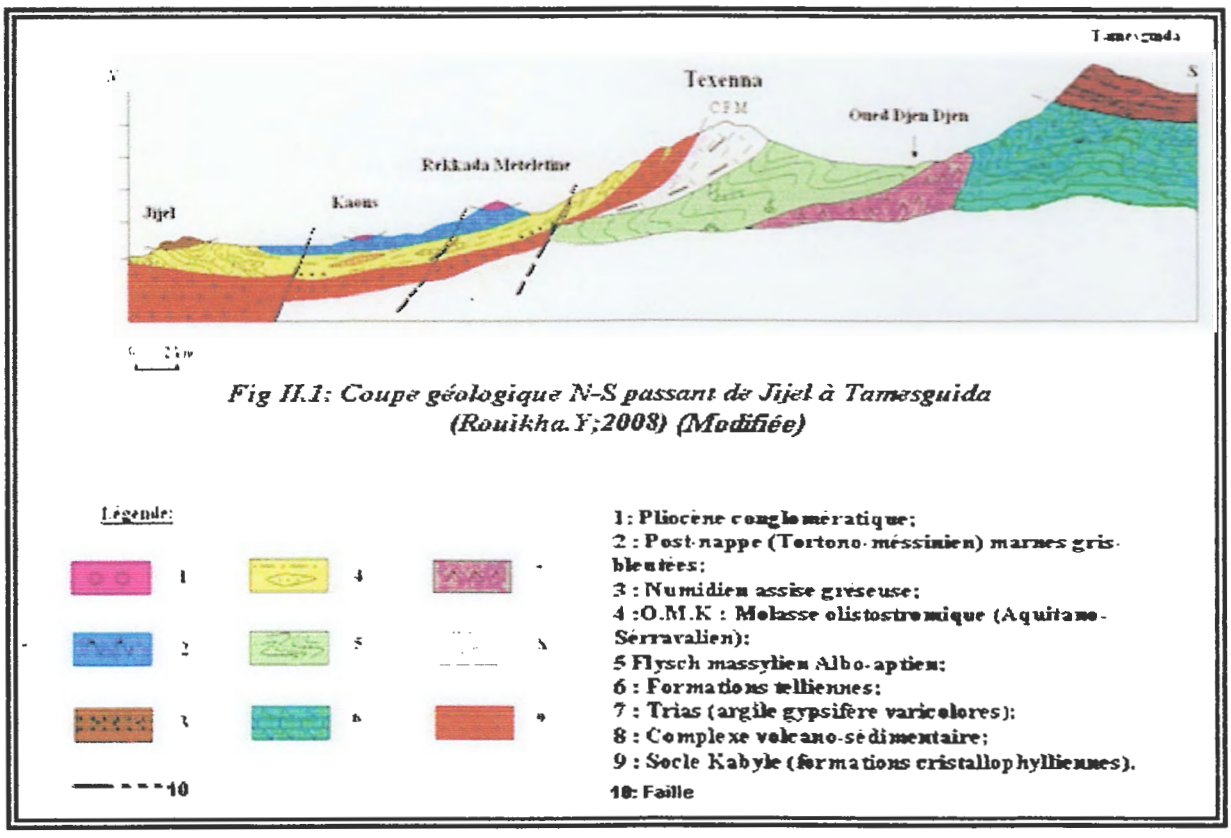

Figure II-2:Coupe géologique (N-S) passant de Jijel à Tamesguida

(Rouikha.Y;2008)

Le contexte géologique régional et un domaine de nappes de charriages dont l'architecture est constituée d'un empilement de nappes pelliculaires à vergence Sud

a- Au nord :

Le compartiment structural supérieur est formé du socle kabyle écaillé et métamorphisé d'âge paléozoïque supportant les dépôts gréseux de l'OMK surmontés par les nappes gravitaires olistostromiques noyés dans une mollasse micacée tertiaire.est suivis des dépôts post-nappes. Discordants du torono-massenien.

Le compartiment structural inferieur constitué des nappes de flyschs et des nappes telliennes.

Le compartiment nord chevauche vers le sud, le compartiment méridional selon un contact frontalier majeur orienté sensiblement N E –S W.

La tectonique tangentielle à vergence sud ayant affecté ces terrains a connu son paroxgsme la fin du lutétien. (Durand Delga et al. 1955).

D'autres phases tectoniques tardi-oligocène à miocène ont participé à la construction de l'édifice structural de la Petite kabyl occidentale.

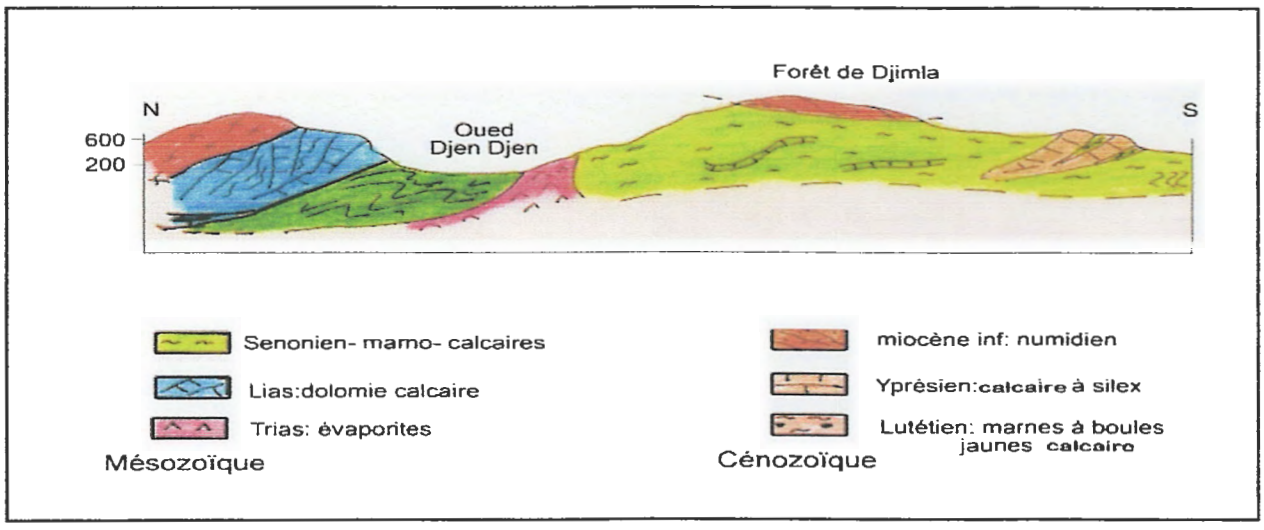

Figure II.3 : coupe géologique N-S dans les unités alpines de Petite kabyle occidentale région de Jijel (Y.Rouikha.2014).

La coupe montre un empilement de nappes de charriage à vergence sud ou le numidien occupe la position haute dans l'édifice.

En collaboration avec Mr Y.Rouikha.

II-2 Géologie locale :

II-2-1.Description lithologique :

Du nord au sud on rencontre :

II-2-1-1 /Le domaine kabyle :

A. Le socle kabyle :

D'âge anté triasique formé de deux séries métamorphiques :

- ✓ Une série supérieure composée de phyllades à intercalation de quartzite à disthène et biotite.

L'ensemble est intrudé de filons aplopégmatiques et porphyres à tourmaline et muscovite.

- ✓ Une série inférieure gneissique à intercalations de marbres et de micaschistes à grenat, cordiérite, biotite, légèrement migmatisée.

B. Un complexe volcano sédimentaire : c.v.s

Formé de roches basiques (pillow-lavas) et de calcschistes d'une épaisseur de 200à300 m (affleurement à djebel taballout chevauchant la zone à flysches).

II-2-1-2/Domaine des Flyschs :

A. Le flysch maurétanien ou flysch de Gherouche :

Ce flysch, portant le nom de la foret de Guerrouche, est représenté par une alternance de marnes et de calcaire à la base et au sommet par une puissante assise de barres gréseuses. Ce flysch affleure largement dans la foret de Guerrouche et dans la partie sud de la région de Texnna (Beni mahraz).

B.Le flysch massylien –albo-aptien :

D'aspect chaotique, il est constitue par les termes schisto-gréseux de l'albo-aptien, des phtanites du turono cénomanien et les micros brèches du sénonien.

Il affleure dans le lit de l'oued Djen Djen sur la transversale de Djemila.

les photos ci-après montrent l'aspect déformé des séries masyliennes :

Photo. II.1 : Photo illustrant les plissements N-S visibles dans les formations du flysch massylien.

Photo. II.2: Photo illustrant les plissements E-W visibles dans les formations du flysch massylien.

Photo. II.3: Photo illustrant les déformations cassantes visibles dans les formations du flysch massylien

II-2-1-3/Le domaine tellien.

A. Le trias évaporitique :

Il se présente sous forme de lames d'argiles gypsifères injectées entre les déférents contacts tectoniques et souligne de ce fait les contacts anormaux régionaux. Il forme les affleurements diapiriques de Beni Yajis.

B. Le jurassique :

IL est représenté par les écailles à facies dolomitique du Lias affleurant au Djebel Sidi Mansour à Beni Yadjis.

C. crétacé supérieur :

Dans la région de Djimla Les unités telliennes du sénonien sont formées de marnes jaunes à débit en plaquettes avec des intercalations de minces bancs de marno-calcaires, bruns parfois grisâtres, cm à dm

Ces unités sont surmontées par des alternances centimétriques de marnes noires et de grés fins calcareux pouvant se confondre au facies massylien.

➢ Des marnes noires à fausses boules jaunes d'ordre métrique affleurent dans la région Sud et Sud Est de Djimla.

D- l'éocene :

➢ Les unités telliennes d'âge éocène inférieur (**lutetien**) sont représentées par marnes noires à boules jaunes débitant en plaquettes. Elles sont surmontées par les calcaires à rognons de silex de **l'yprésien**.

Photo-II-4 : Les formations marno-calcaires de la région de Djimla

II-2-2-8.La nappe numidienne :

Elle surmonte en discordance les formations telliennes marno-calcaire et forme les reliefs hauts de la foret de Djimla et de Bouaffroun .Elle est essentiellement formée de barres gréseuses alternant avec des argiles noires le sous bassement de la nappe est constituée par les argiles sous numidiennes à tubotomacculum.

Remarque :

Les dépôts quaternaires sont représentés dans la région de Djemla par les éboulis de pentes, à blocs de grés à caractères numidien.

Colonne lithologique :

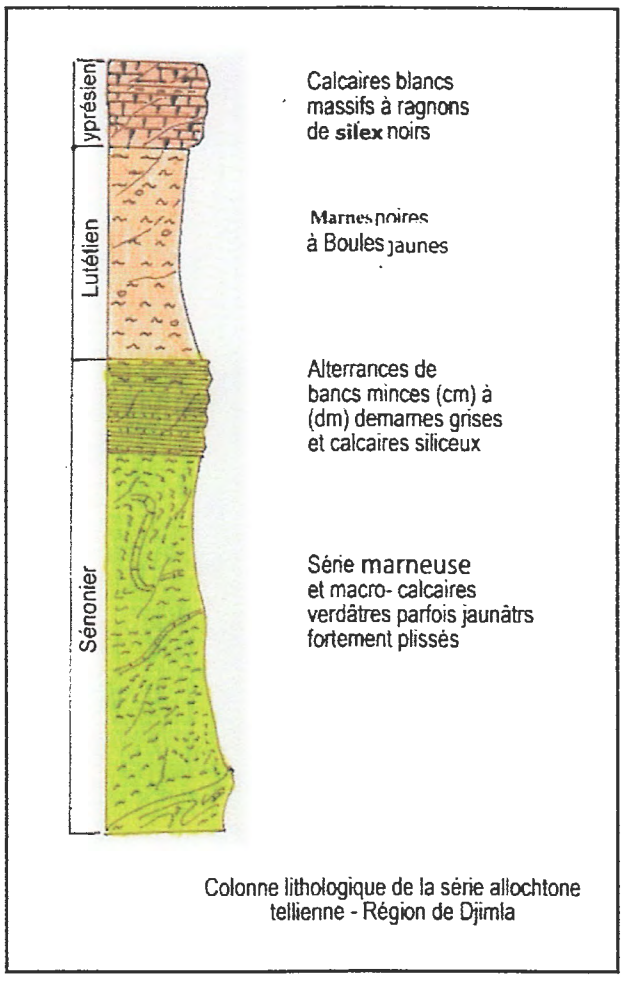

Figure .II-4: Colonne lithologique de la série allochtone tellienne- région de Djimla (Y.Rouikha.2014)

II-2-2.l'aspect structural de la région :

Il est caractérisé par un empilement de nappes telliennes chevauchantes à vergence Sud .Le numidien occupe la position haute. Le trias souligne les grands contacts anormaux.

La coupe structurale ci-après montre l'architecture générale des unités teliennes de la région.

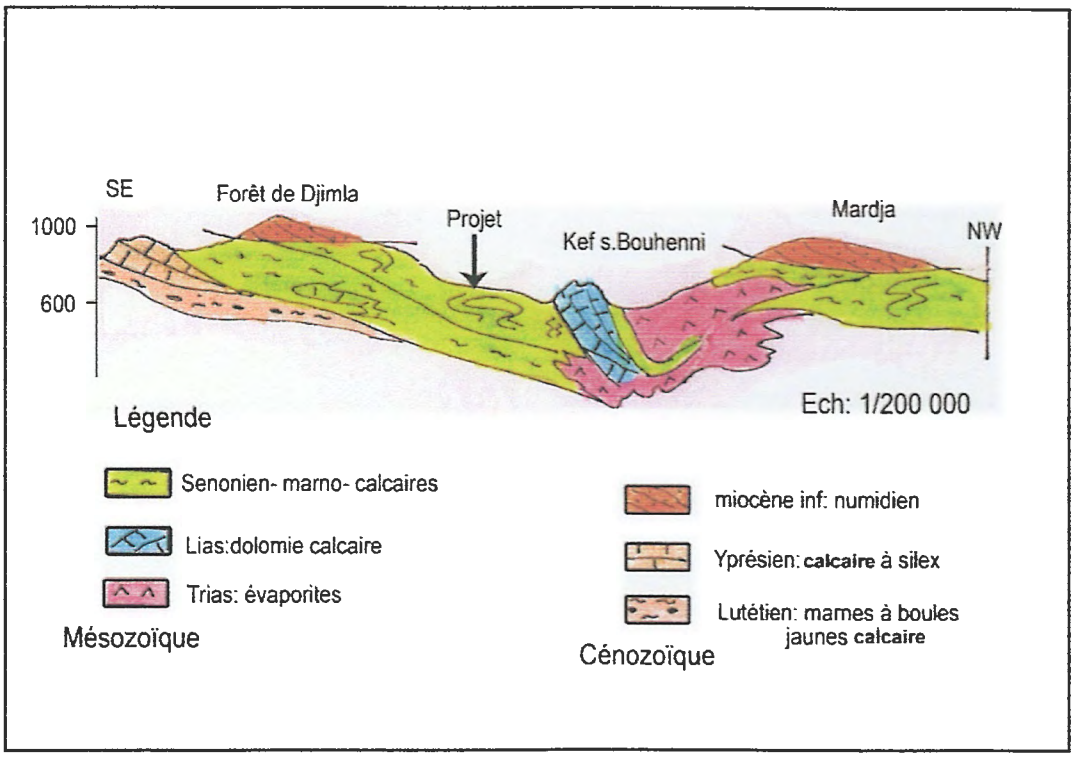

Figure II.5 : coupe géologique passant par la zone d'étude –région de Djimla (Rouikha.Y ,2014)

II -3.La géologie du site :

II-3-1.Synthèse lithostratigraphie :

II-3-1-1.le trias :

Le long de l'oued Djendjen et d'Oued Rha on rencontre par fois du trias diapirique comportant du gypse, des marnes gypsifères, des argiles bariolées et des argiles lie de vin. Ces formations triasiques soulignent les contacts tectoniques des nappes telliennes.

Des marnes noires à fausses boules jaunes du sénonien supérieur .ainsi que des alternances de marnes grésâtres fines de calcaires gréseux de couleur rousse grise, ces formations appartiennent aux séries du crétacé supérieur.

II-3-1-2.Les formations telliennes :

Les unités telliennes affleurant au niveau du barrage de Tabellout du site étudié sont représentées principalement par :

- des marnes verdâtres à jaunâtres présentant un débit en plaquettes dans les quelles s'intercalent de fins lits calcareux souvent froissés par la tectonique.
- Des bancs décimétriques de marno-calcaires jaunâtres légèrement indurés à nombreux veines de calcite de recristallisations.

Cette série est surmontée par des marnes noires à passées de lits calcareux .Les contacts lithostratigraphique de la région sont souvent jalonnés par des lames de trias evaporitiques.

II-3-1-3.Les formations numidiennes :

Elles comportent des argiles de teinte verte et rouge ou violacée « argiles à tubotomaculum » dites argiles sous numidiennes .Ces argiles sous numidiennes affleurent le long de la route au sud du village de Djimla.

Elles sont sarmentées par une épaisse série de grés numidiens, à grains hétérométriques, à cassure blanchâtre, et contenant des dragées de quartz.

Les formations numidiennes reposent en discordance sur les formations telliennes.

II-3-1-4.Les formations quaternaires :

En majorité, elles sont représentées par une tranche de terre végétale, parfois des argiles à blocs de grés, galets ainsi que des éboulis des piémonts ou colluvions.

Chapitre III

Hydroclimatologie

III-1.Introduction

Les reconnaissances de l'hydrogéologie et l'hydrologie appliquée aux études du génie géologique sont des disciplines indispensables pour compléter les études et reconnaissances géotechniques.

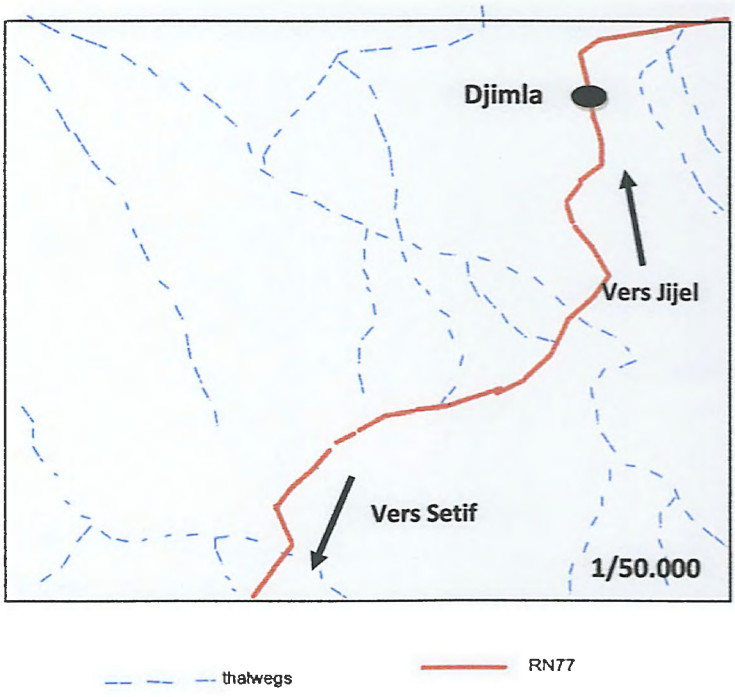

Figure III-1 : réseau hydrographique de site étudié

III-2Aperçu général sur le climat :

Le caractère important sur le climat algérien est sans aucun doute la variation de la répartition des précipitations et des températures. Cette variation est fonction des influences méditerranéennes et sahariennes et des irrégularités topographiques, de l'altitude et de l'orientation des chaines montagneuses de l'atlas tellien et saharien.

En ce qui concerne la région de Jijel qui fait partie du littoral de l'Est Algérien, il est caractérisée par un climat méditerranéen avec :

- Une période froide : caractérisée par de fortes précipitations.
- Une période chaude : caractérisée par des températures élevées.

La neige ne fait que de rares apparitions sur les sommets élevés de la région de Texanna et Djimla.

III-3.Analyse des paramètres climatiques.

L'étude hydroclimatologique porte sur l'analyse des paramètres déterminants, tels les précipitations, les températures de l'air, le vent, l'humidité relative et l'évaporation.

III-3-1.Précipitations :

A l'échelle régionale, la carte pluviométrique de l'Algérie montre une décroissance de la pluviométrie du Nord au Sud et d'Est en Ouest. Ainsi, la région de Jijel située dans la partie Nord Est de l'Algérie, est l'une des plus arrosées du pays :

Les précipitations annuelles dépendent également des régimes pluviométriques qui sont liées aux variations saisonnières, de la circulation atmosphériques générale (Hufty.Al, 2001).

L'étude de la pluviométrie moyenne mensuelle saisonnière a été établie à partir des séries de données allant de 2002 à 2012 de Texenna (ANRH de Jijel).

Tableau III-1 : moyenne mensuelles et saisonnière des précipitations.(station de Texenna 2002-2012).

Station de Texenna			
Années	**P (mm)**	**Années**	**P (mm)**
2002	**870**	**2007**	**942**
2003	**1953**	**2008**	**1503**
2004	**1238**	**2009**	**1372**
2005	**939**	**2010**	**1126**
2006	**927**	**2011**	**1190**
		2012	**1027**
Moyenne annuelle en (mm)		**1188**	

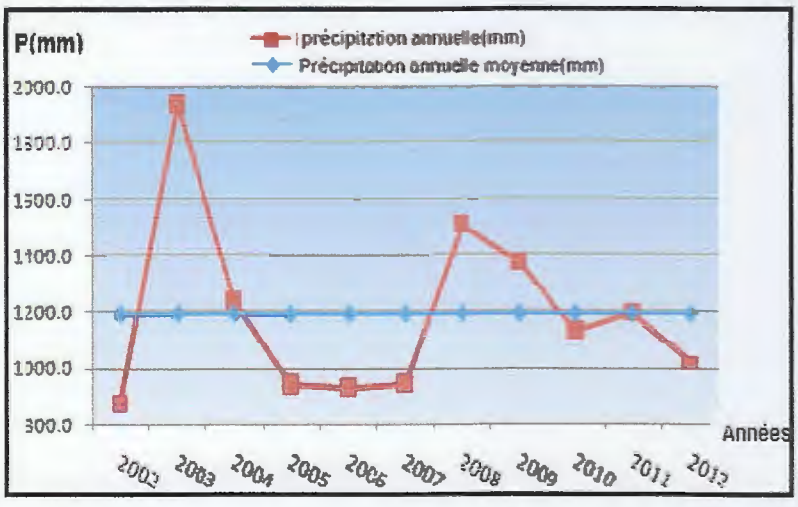

Figure III.2 : précipitation moyenne mensuelle (station de Texenna 2002-2012)

D'après le tableau (III-2) de répartition des précipitations moyennes mensuelles on constate que :

→ la période humide s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, par contre la période sèche se situe entre les mois de mai et septembre.

Le mois de décembre reçoit le maximum de pluie avec 219 mm.

Le minimum de précipitations est observé en mois de juillet avec 1 mm.

L'évolution des précipitations dans le temps croit de septembre à décembre, et décroit de janvier à aout.

Tableau III-2: Répartition saisonnière des précipitations.

		Automne	Hiver	Printemps	ETE
Texenna	P (mm)	345.44	453.81	298.79	36.29

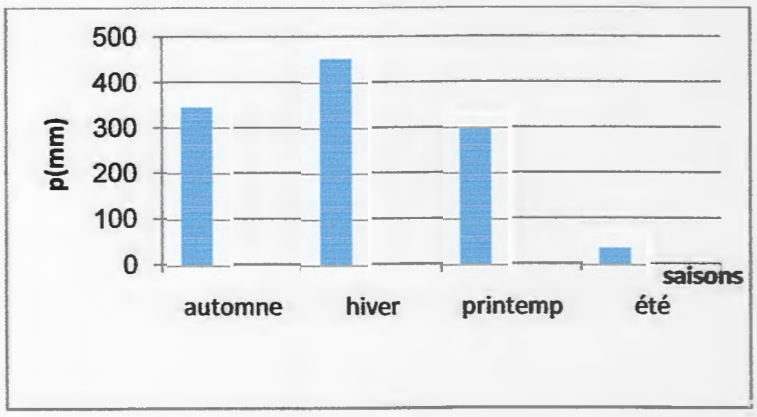

Figure III.3. Répartition saisonnière des précipitations

III-3-2. La température :

La température de l'air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d'écoulement (évapotranspiration).

Le tableau (III-3) suivant représente les données de la répartition des températures dans la station de Texanna pour une série allant de 2002 à 2012.

Tableau III-3: Températures moyennes mensuelles à la station de Texenna (2002-2012).

Saison	Automne			hiver			Printemps			ÉTE			Années
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Ma	Av	Mai	Jun	Jul	Aou	/
T(C°) Max	36.2	30.1	25.8	22.2	19.6	20.9	25.4	28.4	30.5	35.8	39.6	39.6	**29.50**
T(C°) Min	15.5	10.1	8.7	4.9	3.4	4.1	3.7	7.9	10.9	14.6	17.6	19.2	**10.05**
$\frac{Max+\min}{2}$	23.7	18.9	15.96	11.9	11.4	11.4	13.5	16.2	19.1	23.4	26.5	27.0	**18.25**
Moy Saisonnier	**19.52**			**11.56**			**16.26**			**25.63**			

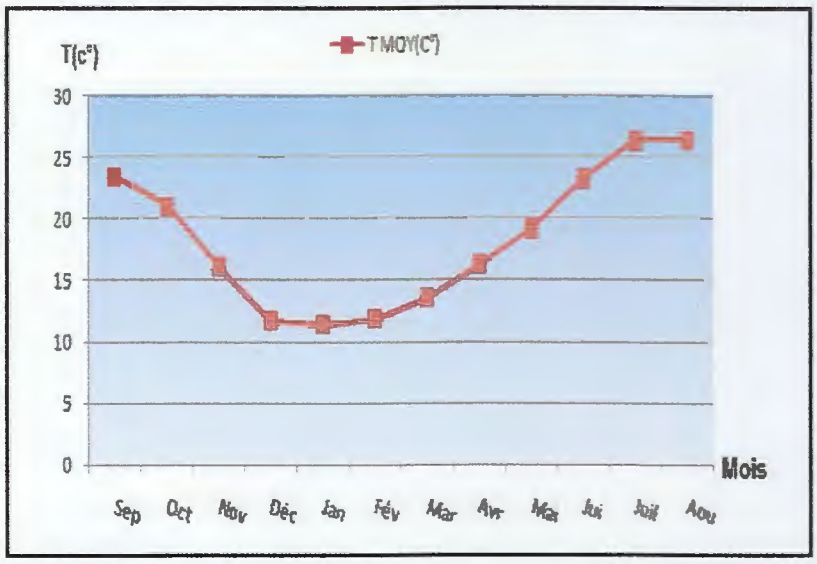

Figure III.4 : Variation moyenne de la température moyenne mensuelle de (Texenna 2002-2013).

- Le maximum des températures est atteint au mois de Juillet avec 27°C le minimum au mois de 11°C.
- La moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C.

III-3-3.Graphe ombro-thérmique :

Le graphe ombro-thérmique permet de déterminer les périodes sèches et humides d'une région d'étude.

Un mois sec est celui ou le total des précipitations (mm) est inferieur au double de la température moyenne du même mois.

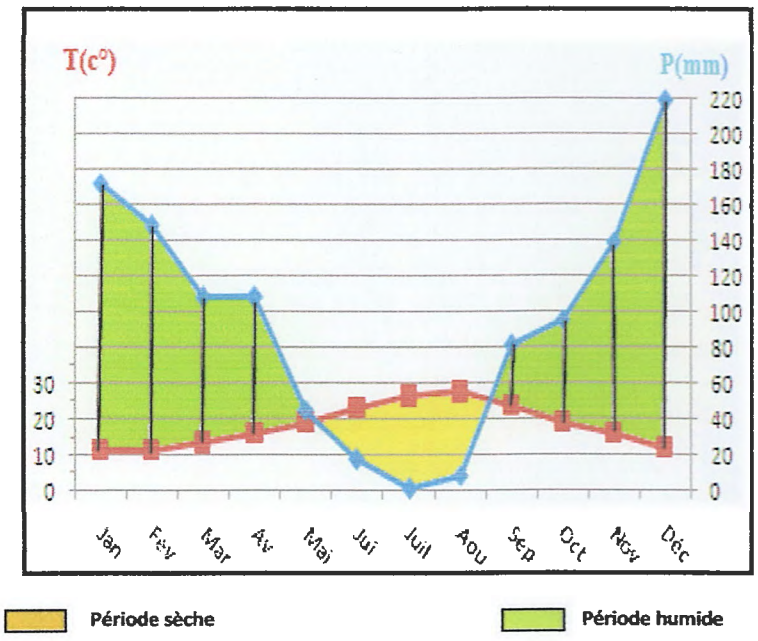

Figure III.5. : Diagramme Ombro-thermique

D'après le graphique ombro-thermique (courbe pluvio-thermique) la période de sécheresse s'étale entre la fin de mai et la mi-septembre.

III-3-4.Indice d'aridité :

Cet indice essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en C°, il est exprimé par l'indice d'I, d'où la formule.

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

Avec :

I : indice d'aridité en mm

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

Tmoy : température moyenne annuelle (C).

Application:

$$I = \frac{1143 + 40,40}{18+10}$$

I= 40,40mm

I<5: climat hyper arid e

5< I< 7,5 climat désertique

7,5 < I < 10 climat aride
10 < I < 20 climat semi aride
20 < I < 30 climat tempéré
I > 30 : climat très tempéré
D'après le résultat obtenu (I =40,40mm) ⇒ on peut conclure que la région d'étude est caractérisée par un climat très tempéré.

III-3-5. Bilan_hydrologique

L'établissement du bilan hydrologique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les composantes :

- Evaporation réelle (ETR)
- Ruissellement R
- Infiltration dans le sous sol.

L'équation du bilan hydrique selon Thornthwaite s'exprime par la relation suivante **(Ramèneras. G, 1999).**

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

R : Ruissellement en mm.

I : Infiltration en mm.

ETR : Evaporation réelle en mm.

III-3-6. Calcul de l'évapotranspiration :

Une partie de l'eau qui pénètre dans le sol est évaporée de nouveau dans l'atmosphère soit directement, soit par l'intermédiaire des plantes, l'ensemble de ces pertes en eaux constitue l'évapotranspiration. L'évaporation se fait surtout à la surface du sol .même pondant la pluie, une partie de l'eau est immédiatement ré-évaporée car l'atmosphère n'est pas saturée en eau

Donc l'émission de vapeur d'eau ou évapotranspiration qui s'effectue dans tous les milieux est considéré comme une perte par les hydrogéologues, elle résulte de deux phénomènes : l'un physique (évaporation), l'autre biologique (transpiration).

a. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Selon CW Thornthwaite, l'évapotranspiration est la qualité d'eau qui serait évaporée sur un sol gorgé d'eau, avec un tapis dense.

La formule utilisée pour le calcul de l'ETP selon thormthwaite :

$$ETP = 16 \times (10\ T/I)^{a} \times K$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle

T : Température moyenne mensuelle en C°

R : Coefficient d'ajustement fonction de :

I : ε_i, ou i = $(T/N)^{1,541}$, I = 88,23

a : exposant climatique : a= 0,016I + 0,5, le calcul donne une valeur de **a** égale: **a = 1 .91168**

Les résultats sont portés sur le tableau suivant :

Tableau III-4 : Calcul l'évapotranspiration (ETP) selon C.W.THORNTHWAITE.

Mois paramètre	P (MM)	T (C°)	i	ETP (mm)	K	ETP corrigée (mm)
Sep	81.2	23.7	10.54	105.16	1.03	108.3148
Oct	95.7	18.9	7.48	68.42	0.97	66.3674
Nov	139.7	15.96	5.79	49.16	0.86	42.2776
Déc	219.1	11.9	3.71	27.98	0.84	23.5032
Jan	172.1	11.4	3.47	26.02	0.87	22.6374
Fév	148.4	11.4	3.47	26.02	0.85	22.117
Mar	108.2	13.5	4.49	36.04	1.03	37.1212
Avr	108.3	16.2	5.92	50.74	1.1	55.814
Mai	45.3	19.1	7.6	69.65	1.21	84.2765
Jui	17.4	23.4	10.34	102.92	1.22	125.5624
Jui	1.2	26.05	12.17	126	1.24	156.24
Aou	8.9	27.55	13.24	140.59	1.16	163.0844
Années	1145.35	18.19	**88.22**	**828.7**	/	**907.3159**

On constate d'après es valeure que l'ETP varie proportionnellement avec le température saisonnière

b) l'évapotranspiration réelle (ETR) :

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, on utilise la méthode de C.W .Thoronthwaite, ou' on distingue deux principaux cas :

-si les précipitations du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle :

L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.

-si les précipitations du mois sont inferieures à l'évapotranspiration potentielle : dans ce cas nous avons :

-L'évapotranspiration réelle est la somme des précipitations du mois et de toute ou partie de la réserve d'eau du sol ETR = Σpi+ RFU (réserve facilement utilisable) celle-ci est supposée mobilisée comme suit :

1. Si la réserve antérieure d'humidité du sol est assez forte pour combler l'insuffisance de précipitation, l'évapotranspiration réelle est encore égale à l'évapotranspiration potentielle **ETP = ETR**.
2. Si la réserve d'humidité du sol est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration à celle-ci égale à la somme des précipitations du mois et des réserves disponibles (Remineras, 1999).

III-3-7. Bilan hydrologique selon Thormthwaite :

Tableau III-5: bilan hydrique selon Thornthwaite .

Mois paramètre	P (MM)	ETP corrigée	P-E.T.P.	R.F.U.	E.T.R.	WS (mm)	Da (mm)
S	81.2	108.3148	-27.1148	0	81.2	0	27.1148
O	95.7	66.3674	29.3326	100	66.3674	29.33	/
N	139.7	42.2776	97.4224	100	42.2776	97.42	/
D	219.1	23.5032	195.5968	100	23.5032	95.5968	/
J	172.1	22.6374	149.4626	100	22.6374	49.4626	/
F	148.4	22.117	126.283	100	22.117	26.283	/
M	108.2	37.1212	71.0788	100	37.1212	71.0788	/
A	108.3	55.814	52.486	100	55.814	52.486	/
M	45.3	84.2765	-38.9765	0	45.3	0	38.9765
J	17.4	125.5624	-108.1624	0	17.4	0	108.1624
J	1.2	156.24	-155.04	0	1.2	0	155.04
A	8.9	163.0844	-154.1844	0	8.9	0	154.1844
Années	1145.35	907.3159	/	/	**423.8378**	**421.6572**	**483.4781**

Les valeurs des différents paramètres hydrologiques sont regroupées dans le tableau (III-5).

Elles indiquent un période de chargement allant de séparai et un déficit à eau de Juin à sept.

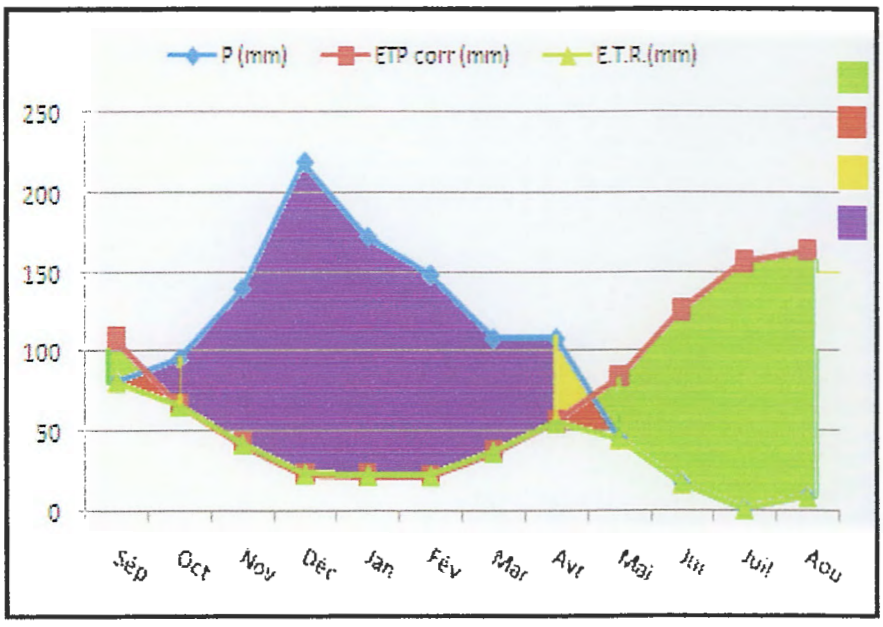

Figure III.6. Bilan hydraulique selon Thornthwaite à la station deTexenna(2002-2012).

a) Interprétation du bilan d'eau de Thormthwaite :

Le graphique de la figure (III-6) permet de faire les observations suivantes :

- Les hauteurs des précipitations atteignent leur maximum en décembre, là ou l'ETP atteint son minimum.
- L'ETP corrigée atteint son maximum en mois de juillet, là ou les précipitations atteignent leur minimum. L'allure de la courbe qui représente L'ETP donne une meilleure symétrie que celle de la précipitation, ceci est expliqué par l'homogénéité de l'ETP durant l'année, qui est due au fait qu'elle évolue en fonction de la température suivant une loi normale par contre les précipitations sont irrégulières d'un mois à l'autre, ou d'une année à l'autre.
- Le déficit agricole s'étend sur la période sèche de l'année ;
- Les écoulements deviennent importants à partir de la mi-septembre et s'étalent jusqu'au mois de mai.

III-3-8. Estimation du ruissellement et de l'infiltration:

a) Le ruissellement:

Le ruissellement est l'écoulement instantané et temporaire des causes sur un versant à la suite d'une averse. Il peut être estimé à partir de la formule de Tixeron-Berkaloff :

$$R = \frac{P3}{3\,(ETP)^2}$$

Avec :

R : ruissellement en (mm)

P : précipitation moyenne annuelle

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

Application :

ETP=881,26 mm.

P= 1145,92 mm.

R= 646 mm/an

b- Infiltration :

Elle représente la quantité d'eau absorbée par le sol et le sous-sol, pour constituer l'eau de retention, les eaux souterraines, les écoulements souterrains et la reconstitution des réserves souterraines.

A partir de la formule du bilan hydrogéologique :

$$P = ETR + R + I$$

$$I = P - (ETR + R)$$

Soit I = 84 mm.

III-4.Conclusion :

L'examen des résultats de l'étude hydro climatique nous a permis de définir les principaux paramètres du bilan hydrique de la région, ainsi que de définir le type de climat.

- La région d'étude se localise dans une zone sub-humide caractérisée par deux saisons:
- La période humide s'étale du mois de mai à la mi-aout (durée de 3mois et demi)pour la station du barrage de Texenna.
- une période sèche s'étale du mois de Mai à mi-aout (duré de 3 mois et demi) pour la station du barrage de Texenna.
- Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1145.37 mm et de 1188.12mm, respectivement à la station du barrage de Texenna
- La température moyenne annuelle est de **18.25c°** et 18.39 **c°** respectivement à la station du barrage de Texenna.
- Une évapotranspiration réelle **(ETR)** d'une moyenne de 719.75 mm /an ou de 62.84% des précipitations.
- Une évapotranspiration potentielle **(ETP)** d'une moyenne de 907.31 mm/an.
- Une lame d'eau ruisselée et infiltrée de **721. 52** mm/an qui représentent une moyenne de **62.99%** des précipitations.
- La réserve facilement utilisable **(R.F.U)** n'est à son maximum (100 mm) que de Octobre jusqu'au mois de Mai.

Chapitre IV

Etude géotechnique

IV-1/ Introduction

Dans le groupe des géoscience, la géotechnique et la techno-science consacrée à l'étude pratique de la sub-surface terrestre sur laquelle notre action directe est possible pour son aménagement et/ou son exploitation, lors d'opération de BTP (bâtiment et travaux publics), d'eaux souterraines (exploitation, drainage) et de prévention de risque naturels.

La géotechnique se propose pour confirmer les résultats des études préliminaires, elle permet de mesurer et de déterminer les propriétés physiques et chimiques des sols et des roches ainsi que leurs caractéristiques mécaniques et de déterminer les niveaux des nappes aquifères existantes et par conséquent le choix de la meilleure solution adoptée au problème étudié (D.Antoine et al., 1980).

Dans la pratique, toute étude géotechnique doit commencer par une reconnaissance sur terrain permettant de vérifier en place la nature des sols et une reconnaissance par sondages, afin d'estimer la distribution des sols au sein de la surface d'étude et la détermination des caractéristiques physiques et mécaniques et leurs distribution (M. Aoun, 2002).

IV-2 / Méthodologie d'étude des glissements de terrain :

L'étude approfondie d'un glissement de terrain nécessite la combinaison d'une approche descriptive qualitative par plusieurs observations de terrain et d'une approche descriptive quantitative par des mesures réalisée in-situ ou en laboratoire.

IV-2-1/Repérage des zones instables du site étudié

Le mouvement de terrain objet de ce mémoire est localisé sur la route nationale n°77 reliant la wilaya de Jijel à la wilaya de Sétif. La zone d'étude se situe à environ 3Km au Sud Ouest de la ville Djimla sur la RN77au point Pk 46+600.

Zone de glissement

Figure. IV-1 : repérage de la zone de glissement

IV-2- 2/Exploitation des travaux des reconnaissances géotechniques

IV-2-2-1/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. Pour qu'un essai donne des résultats précis, l'échantillon doit être représentatif et non remanié (J.Costet et al., 1981).

IV-2-2-1-1/Essais d'identification :

Il est habituel de caractériser les sols à l'aide d'essais relativement simples. Ces essais sont appelés essais d'identification (*B.Hubert et al ., 2003*), les principaux sont les suivants :

-La teneur en eau.

-Les densités.

-Les limites d'Atterberg.

Dans le site étudié, un sondage carotté a été réalisé sur une profondeur d'environ 21m. Ce sondage noté SC1 été implanté sur la rive droite de la RN77 en allant de Djimla ver Setif- et trois autre sondages à gauche de la RN77et sur la surface de glissement. Dans ce même emplacement du sondage un piézomètre à été installé pour vérifier le niveau d'eau éventuel.

A/Teneur en eau :

La connaissance de la teneur en eau d'un sol est très importance car elle permet avec d'autres caractéristiques physiques d'apprécier l'état de consistance dans lequel se trouve ce sol *(Magnan .J.P, 2001).*

B/Densités du sol.

- **La densité humide:**

La densité humide d'un échantillon de sol est le rapport de son poids volumique total et le poids volumique de l'eau. *(philipponnat.GetBertrand.H, 2003)*

- **La densité sèche:**

La densité séch d'un échontillon du sol est le rapport entre son poids volumique sec et le poids de l'eau.

Dans le cas du site étudié, nous avons reporté dans le tableau suivant, les teneurs en eau ainsi que les densités mesurées sur des échantillons prélevés à différentes profondeurs. Les valeurs des principaux paramètres physiques mesurés pour les formations rencontrées sont représentées dans le ***Tableau IV- 01.***Suivant:

Tableau IV-01: Teneur en eau et densités des soles étudiés (selon le laboratoire LMTPB)

Sondage	SC1		
Profondeur (m)	3,50/4,00	5,20/6,00	*14,0/21*
Teneur en w (%)	16,03	13,93	15,66
Densité sèche γ_d (t/m^3)	1,80	1,80	1,76
Densité humide γ_h (t/m^3)	2,10	2,04	2,03

- La valeur de la teneur en eau varie entre 13,39% et 16,03% donc le sol est légèrement humide.

- La valeur de la densité sèche se tient dans une fourchette de 1,76t/m3 à 1,81t/m^3 celle de la densité humide 2,03 et 2,10 t/m^3 donc le sol est moyennement dense à dense.

C/ Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg sont des teneurs en eau conventionnelles qui décrivent l'état du sol. On les mesure sur la fraction du sol passant au tamis de 0.5 mm (P.Habib, 1997).

Le sol fin pourra passer d'un état « solide » à un état « liquide », quand sa teneur en eau augmente, le comportement intermédiaire est celui de l'état plastique.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs de l'indice de plasticité (Ip) avec estimation du potentiel gonflement des sols constituant notre site d'étude :

Tableau IV. 02: Indice de plasticité estimation du gonflement potentiel du sol étudié

Sondage	Sc1		
Profondeur en m	3,50/4.00	5,20/6.00	14,00/21
Ip(%)	20,26	17,54	19,83
Potentiel de gonflement	Moyen	Moyen	Moyen

D'après les résultats des essais d'identification fournis par le laboratoire(LMTPB), le sol en place est caractérisé par un gonflement moyen avec un aspect plastique.

Les limites d'Atterberg effectuées par le laboratoire LMTPB sur les échantillons du sol étudie sont résumées dans le tableau IV.03.

Tableau IV.03: Résultats des essais de limites d'Atterberg effectués pour les sols du site étudie.

Sondage	SC1		
Profondeur	3,50-4,00	5,20-6,00	14,00/21
W_L(%)	47,48	46,48	38,96
W_P(%)	27,22	28,94	19,13
I_P(%)	20,26	17,54	19,83
I_c	1,55	1,89	1,18

Ces résultats indiquant que les formations en place sont plastiques dont les valeurs de I_p allant de 17,45 à 20,20%.

IV-2-2-2/Essais mécaniques :

•Essai de cisaillement :

Des essais de cisaillement ont été effectués sur des échantillons de sols, les caractéristiques intrinsèques (c, φ) ont été déterminées par un essai de cisaillement à la boite de Casagrande de type non consolidé non drainé (UU).

Les valeurs des essais de cisaillement fournies par le laboratoire changé de l'étude sont regroupées dans le tableau **IV-04**:

Tableau IV- 04 : Résultats des essais de cisaillement de site étudie en 2013.

Sondage	SC1		
profondeur	3,50-4.00	5,20-6.00	1,0-21
Cuu (bar)	0,34	0,31	0,23
φuu°	21,03	17	21
Cu	0,14	0,21	0,15
φu°	14,87	18,16	18,11

Ces résultats montrent que le sol étudié est plus **cohérent,** et **moyennement résistant au cisaillement.**

IV-2-3/ Les moyens de reconnaissance in situ :

Un sondage carotté (SC1), été réalisé par le laboratoire LMTPB pendant le mois d'octobre 2013, ils à été exécuté jusqu'à 21m .*Trois (03) essais* au pénétromètre dynamique ont été réalisés près des sondages carottés.

Concernant le nombre des sondages carottés nous signalons l'insuffisance des sondages réalisés (1 sondage) ce qui rend la corrélation pour faire la coupe géotechnique du site ainsi que le profil en travers du talus contenant normalement les différentes formations très difficile voir parfois impossible surtout en matière d'épaisseur des couches des sols et leur variation le long du profil.

IV-2-4/Lithologie du site et contexte géotechnique :

D'après le sondage réalisé sur le site on constate que les formations traversées sont constituées essentiellement de marnes à passées minces de calcaires sur la profondeur de 20m.

IV-2-5/Diagnostics et causes probables de glissement étudié :

IV-2-5-1/Description du glissement étudié :

Lors de notre sortie sur terrain en date du 10-Avril-2014 nous avons constaté les désordres causés par le glissement dans la zone d'étude, à savoir :

1-Des zones d'arrachement principales et secondaires.

2-Une zone effondrée au droit du glissement et en amont de la chaussée.

4-Fissures de régression visibles au niveau de la chaussée

5-Des ruissellements importants d'eau en surface.

6-Des gabionnages existants déformés et déplacés.

6-Présence d'un exutoire d'eau en aval de glissement

7- Des bourrelets au niveau du pied du talus.

8-Des escarpements de dimensions allant de 10cma1.50m

Photos –IV-1:quelques désordres causé par le glissement

IV-2-5-2-2/Causes probables de glissement étudié :

A/les causes naturelles :

-La présence d'un thalweg : qui représente un couloir d'accumulation des matériaux aux caractéristiques mécaniques défavorables et des zones de cheminements hydrauliques préférentiels considérés comme un précurseur des mouvements de terrain.

- La nature lithologique du site : La lithologie du site est représentée par des marnes qui sont plus au moins imperméables augmant ainsi le poids de la masse humide.

- La pente topographique : La pente du talus varie entre 20 et 30°.

-L'infiltration des eaux de pluie : conduisant à un lessivage des particules argileuses et favorisant les phénomènes d'altération. Ce qui réduit la résistance au cisaillement du sol à travers la modification des caractéristiques physico-mécaniques.

- Le ruissellement et les infiltrations des eaux pluviales à travers le sol fissuré. et les eaux souterraines.

- La stagnation des eaux pluviales en plusieurs droits.

-La présence d'une couverture quaternaire (manteau d'altération) sur un substratum imperméable est un facteur favorable au mouvement des sols.

-Tectonique et microtectonique important dans la région en question.

B/Les causes anthropiques :

- Le trafic poids lourds important et la mon compatibilité du corps de la chaussée avec ce trafic intense.

IV-2-6/Analyse de stabilité :

Il existe en principe deux possibilités pour calculer la stabilité d'une pente, la première, considère que la masse instable forme un bloc rigide et que le sol a un comportement rigide-plastique, et donc, qu'à la rupture tous les points de la masse stable atteignent en même temps leur seuil de rupture. C'est la méthode de calcul à la rupture. La seconde possibilité est l'application de la méthode des éléments finis en choisissant une loi de comportement complexe. Parmi les méthodes de calcule à la rupture, on à :

Les méthodes globales qui ne conviennent que pour des profils de talus simple en sol homogène et isotrope.

Les méthodes par tranches, qui sont plus souples, le talus est partagé en tranches verticales, profile de talus non rectiligne, hétérogénéité du sol, la ligne de glissement quelconque. Pour le projet étudié on à utilise le logiciel Géoslope.

IV-2-6-1/Simulation numérique par le logiciel Geo-slope :

Dans nos calculs de stabilité, nous avons utilisé le logiciel Geo-slope, ce dernier utilise la théorie de l'équilibre limite basée sur la méthode des tranches proposée par Fellenius, Bishope et Janbu.

Concernant son mode d'emploi il faut introduire les donnés suivantes pour pouvoir lancé le calcule de stabilité :

- Définition de l'espace de travail.
- Définition du problème (donné géométrique).
- Définition des paramètres d'analyses.
- Définition des couches.
- Définition des caractéristiques physico-mécanique des couches.
- Définition du maillage.
- Calcul de stabilité

IV-2-6-2/calcul de stabilité du talus dans sont état actuel

Pour le calcul de stabilité du talus dans sont état actuel on à utilisé les caractéristique ci-dessous (tableau IV-05):

Tableau. IV.05 : Caractéristiques physico-mécaniques moyennes du sol de étudié

Matériaux	γ_h (kn/m^3)	C (bar)	φ (°)
Marne jaunâtre	18	0,31	17
Marne grisâtre	17,60	0,34	21,03

Les résultats de l'analyse de stabilité effectuée sur le talus dans son état actuel ont donnés un facteur de sécurité $F_S<1$(voir le tableau IV-05), donc le talus est instable .Le cercle critique du profile adopté pour cette étude est présenté dans la figureIV.03 :

Tableau IV.06.Valeurs de facteur sécurité F_s pour le talus dans sont état actuel

Méthode de calcule	F_S
Ordinary	0,306
Bishop	0,321
Janbu	0,306

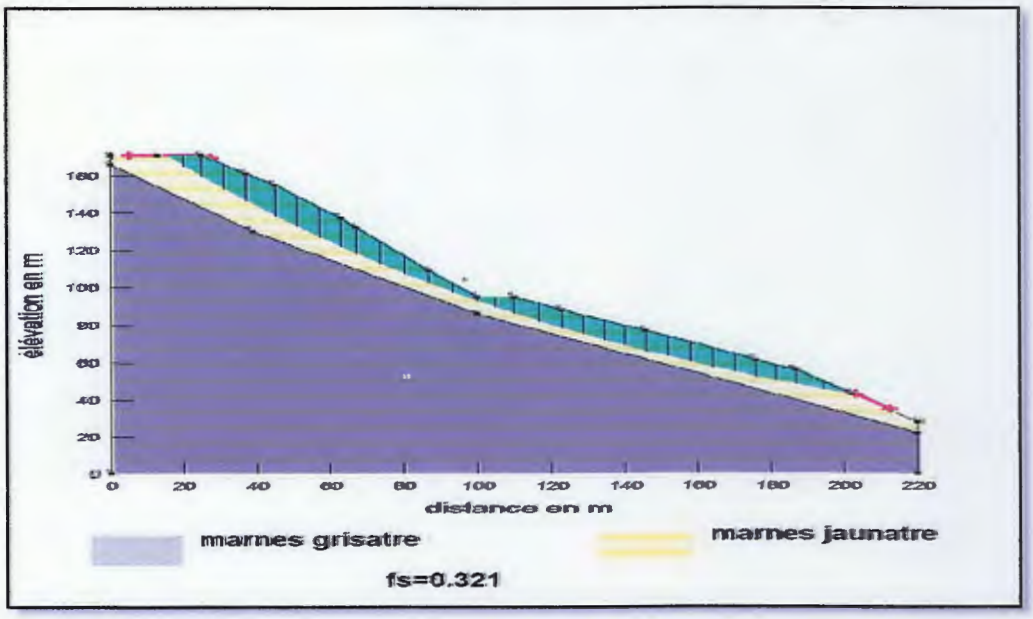

Figure. IV-02: cercle critique obtenu au niveau du profil proposé (état actuel de talus)

IV-2-6-2 Techniques de confortement :

Vue la diversité des méthodes de confortement existantes pour la stabilisation des talus, on a établi une comparaison pour en choisir la ou les solutions qui donnerons le meilleur coefficient de sécurité F_S, toute en considérant l'aspect économique des travaux à envisagés.

Dans se qui suit nous allons exposer les méthodes de renforcement qui nous on donner le facteur de sécurité (F_S) le plus élevé et qui ont conduit a la stabilisation du talus étudié.

IV-2-6-1/Action sur la topographie par reprofilage du talus :

Le reprofilage reste le moyen d'action le plus naturel dans le cas d'un terrain en pente, il s'agit d'améliorer la stabilité en réduisant la pente moyenne du talus par terrassement. Cette première action a donné une amélioration de la stabilité du talus sur le profil proposé.

IV-2-6-2/Action sur la buté en pied du talus :

➢ ***Masques drainants :***

Plusieurs ouvrages sont connus pour répondre à cette action. Dans notre cas d'étude, la solution qui à conduit a la stabilisation du talus (F_S satisfaisant) été la mise en place d'un enrochement (masque drainant).

Les masques drainants sont des ouvrages en matériaux granulaires grossiers mis en place comme parement sur le talus. Leur rôle est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante du terrain, mais leurs caractéristiques mécaniques élevées (angle de frottement) apportent également un gain considérable de stabilité.

Le masque drainant proposé est constitué de matériaux drainant (enrochement 200-700 mm) mise en place sur le talus sous forme de butée faiblement ancrée d'une hauteur de 2 m avec une largeur de 6m disposé au pied du talus (coté amont de la route.

D'autre part, le drainage à l'interface masque-sol se fait à l'aide d'un tapis drainant constitué de deux couches, la couche inférieure réalisée de 20 cm de sable alluvionnaire propre (ES > 65%) et la couche supérieure de 20 cm en tout venant 0/50 mm propre (ES > 65%).

Tableau. IV.07 : Valeurs du facteur de sécurité F_s après confortement par masque drainants.

Méthode de calcul	F_s
Ordinary	0.599
Bichop	0.687
Janbu	0.590

On remarque que l'utilisation du masque drainant affecte becoups plus le drainage que la stabilité du talus.
Ce qui nous impose de proposé une autre solution ou de faire une combinaison de plusieurs solution de confortement.

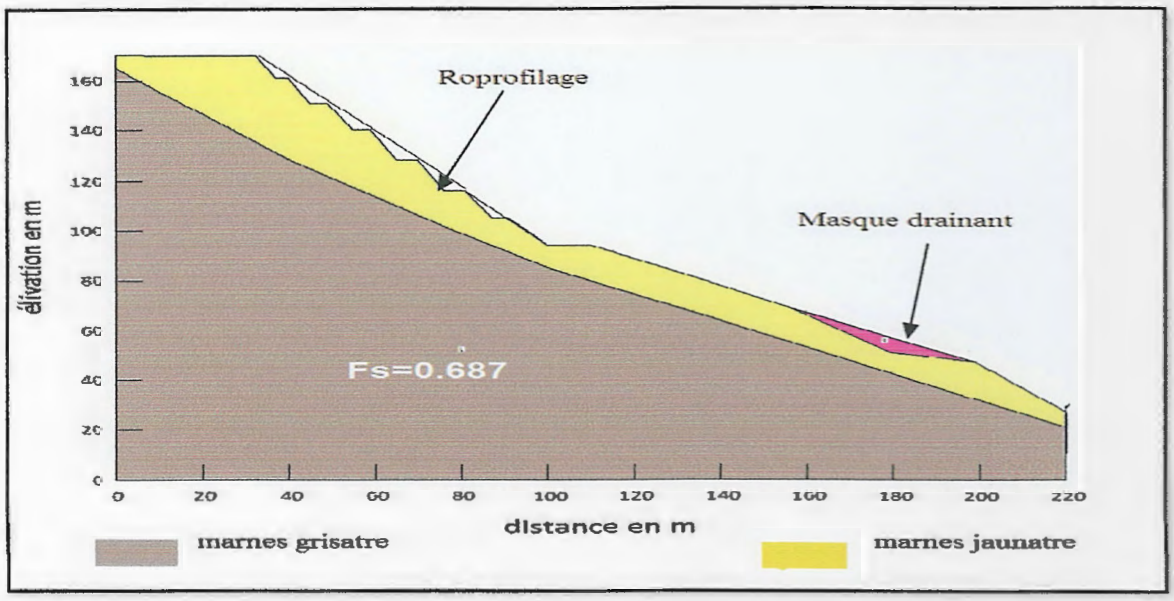

Figure. IV.3-Etude de stabilité après confortement

➢ ***Gabionnage :***

Les gabions sont des parallélépipèdes en grillages qu'on remplit d'enrochement ou de tout venant de carrière. On peut les réalisé sur plusieurs rangées et sur plusieurs niveaux pour constituer des ouvrages de soutènement. Dans notre cas le gabionnage mis en place doit être réalisé sur la zone touchée par le glissement.

Tableau. IV.08-Valeur de facteur de sécurité Fs après confortement par gabionnage.

Méthode de calcul	Fs
Ordinary	1,523
Bishop	1,529
Janbu	1,566

On remarque que les facteurs de sécurité sont satisfaisants pour un confortement utilisant à la fois les masques drainants combinés avec un système de soutènement en gabionnage et un reprefilae du talus (figure. IV.4).

Selon les valeurs du coefficient de sécurité Fs portées dans le tableau(IV.08) On remarque que les solutions de confortement proposées ont amélioré significativement l'état de stabilité de talus étudiés.

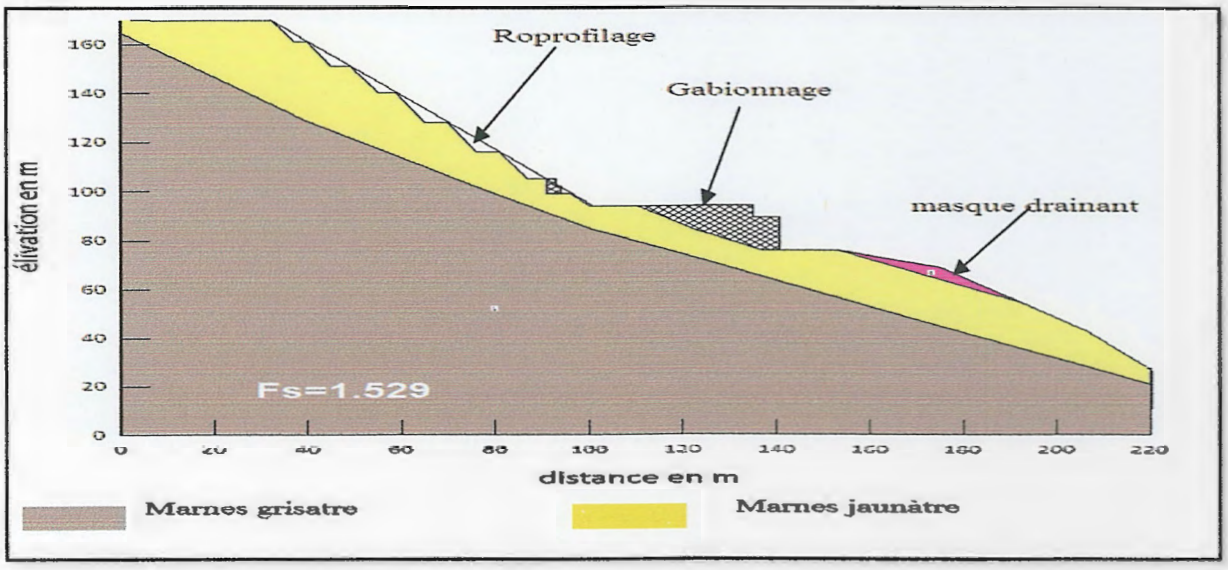

Figure. IV.4 : solutions de confortement adoptées (reprofilage, masque drainant et gabionnage).

IV-2-6-3/- Action sur l'eau :

➢ **Tranchées drainantes:**

Les tranchées drainantes seront disposées perpendiculairement à la pente du talus, pour répondre aux règles de filtre, elles sont constituées de matériaux drainants à savoir (gravier 3/8, gravier 15/25 et ballast 25/40) surmontant un drain en buse perforé de 200 mm de diamètre. Ce système de drain est enveloppé dans un géotextile non tissé (Figure. IV.5).

On propose de réaliser des tranchées drainantes dans la partie supérieure de la route (au pied du talus en déblai) afin d'empêcher les infiltrations des eaux dans le remblai routier.

Le détail jonction du drain en buse perforée avec le puisard en béton armé est illustré dans la figure (Figure. IV.6).

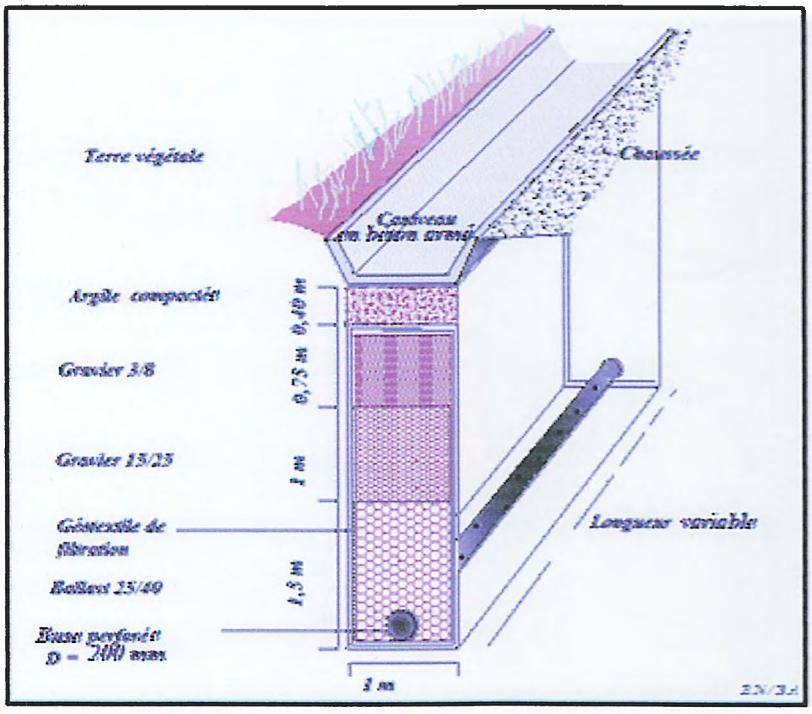

Figure .IV-5. Schéma de la tranchée drainante proposée

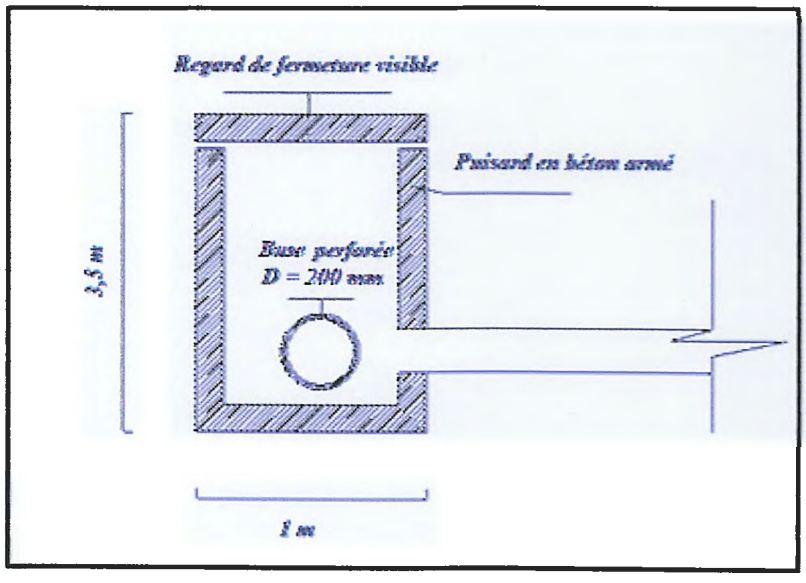

Figure .IV-6. Détail de la jonction du drain en buse perforée de la tranchée drainante avec le puisard

1. Conclusion générale

La synthèse des résultats des travaux obtenus, essais in-situ et essais de laboratoire ainsi que le calcul relatif aux fondations, permettent de tirer les conclusions suivantes :

Le site est caractérisé par un relief relativement accidenté avec de brusques changements de pentes d'un endroit à l'autre.

D'après la carte des pentes, le site se présente dans sa majorité par une pente variable (0% à 30%).

Le terrain est constitué de deux horizons lithologiques qui sont :
-Un horizon supérieur essentiellement représenté par des formations superficielles Constituées essentiellement de formations meubles telles que les marnes
-Un horizon inférieur représenté par des phyllades, formant le substratum.

-Présence de trois talwegs de sens d'écoulement Ouest- Est dont la plupart descendent du sommet de la montagne.

Les matériaux constituant le site d'étude sont:

- Semi denses à denses.
- Légèrement humides.
- Moyennement gonflants
- Cohérents, et moyennement à fortement résistants au cisaillement.

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

La vérification de stabilité réalisée par le logiciel Géoslope donne de cœffecient de sécurité variant. Cette valeur indique : FS<1.5 c'est un talus instable

2. *Recommandations et techniques de confortement :*

Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter la stratégie suivante pour la stabilisation du site et le confortement de la route. Nos recommandations pour une solution optimale sont les suivantes :

- *Purger les remblais existants à l'aval et à l'amont de la route et les dégager hors du site ;*

- *Mettre en place des enrochements au pied du talus en amont de la route ;*

- *Le drainage des eaux superficielle par la mise en place de fossés bétonnés le long de la route et aux pieds des bermes réalisées sur le talus, réalisation des ouvrages bués.*

- Réalisation des ouvrages poids : gabionnage, masque drainant.

Bibliographie

Bibliographie :

Antoine P.et Fabre D., (1980).Géologie appliquée au génie civil. Ed. Masson. Paris, 291p.

Aoun M., (2002).Problèmes géologique et géotechnique dans le bassin de Mila : leur impact sur les ouvrages d'art. Thèse Magister. Université. Tébessa, 156p.

Benaissa A.,(2003).Glissement de terrain ,calcule de stabilité.Ed.O.P.U.(Alger),95p.

Bouafia, A.2011. Collectif-Introduction a la géotechnique-Tome 2.office des Publications universitaires .213p

Boullin, J.P. 1977 .Géologie alpine de la Petite Kabylie dans la région de Collo et d'El Milia. Thése Paris .Toulouse.15p

Bouillin J.P et Glacon G.,(1973).découverte de Crétacé et d'Eocéne de type tellien charrié

sur le socle petite kabyle aux environ d'El Milia (Constantine, Algérie).

C.R.Acad. Sc. Paris, pp.1517-1519.

Bouroudi N.et Boussaioud A., (2001).diagnostic des glissements de terrain du chemin de wilaya135 entre chekfa et taher-Jijel-(Algérie nord orientale).Mémoire d'ingénieur d'état. Université .Jijel.

Cordary D.,(1994).Mécanique des sols. Ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris, 380p

Costet J.et sanglerat G., (1981).cours pratique de mécanique des sols Tome1-Plasticité et calcul des tassements .Ed. Dunod.paris.285p.

***Djellit, H.* 1987.** Évolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et la polarité de mise en place des nappes de flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doct. Univ. De

36856Paris-Sud Centre d'Orsay. 214p

Delga, Lambert.1955. La bordure occidentale de la nappe guerrouch (Nord constantinois, Algérie).

Durand Delga M .1955.Etude géologique de l'Ouest de la chaine Numidique .Bull. Serv.Carte géol. Algérie.24, 533p.

Gerald, 1969. Le flysch shisto- gréseux de la bordure méridionale et orientale du massif chellatta, le flysch mauritanien (G.Kabylie).

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

Neumann, Vila .1967.analyse stratigraphique et structurale de flysch Penthièvre (Nord constantinois. Algérie)

***Philliponat, G. et Hubert, B.*2003**. Fondations et ouvrages en terre, Ed. Eyrolles, Paris. 122p

Raoult, J.F. **1972**. Précisions sur le flysch massylien : séries stratigraphiques, variations de faciès, nature du matériel remanié (Nord du Constantinois).Bull. Soc. Hist, nat, Afr, Nord, Alger.73-92p

RaoultJ.P.(1975).Evolution paléogéographique et structurale de la chaine » Alpine entre le golf de Skikda et Constantine (Algérie orientale).Bull.Soc.Géol.Fr.XVII.Paris,3,pp394-409.

Réméniéras G.,(1980).L'hydrologie de l'ingénieur.Ed.Eyrolles.Paris,456p.

Rouikha .Y,(1988) Etude géologique et géometrique des carbonates de la région de Jijel – Chahnna –sidi Bouazza-Chekfa -2008 .

Sanglerat, G. Olivari, G. et **Camboer B. 1983**. Problèmes pratiques de mécanique des sols et de fondations. 2e Ed. Dunod, Paris. Tome II. 263 p

Vila, J. M., (1980). La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse Docte. UNIV.Pierre et Marie Curie (Paris VI) ,3 vol, Paris. 663 p

Résumé.

Le thème que nous venons de traiter dans ce mémoire concerne l'auscultation géotechnique de la région du tell Algérien abritant un tronçon de la route national RN77 reliant Jijel a EL Eulma dans la wilaya de Setif et la recherche des solution adéquats aux nombreux mouvements de terrains recensés sur le tracé routier.

le cas de mouvement que nous concerne est située au Sud Ouest de djimla et est caractérisé par au glissement de terrain selon une pente abrupte de l'ordre de 25% emportant le corps de chaussée provoquant d'énorme désordres sur le terrain.
Dans une première partie de ce sujet nous avons réalisé une étude géologique détaillé du site comme de la zone étudie portant sur la lithologie et le style tectonique de la région située sur le plane d'une chaine à reliefs jaunes.
L'approche géotechnique portant essais de confortement de la zone en mouvement à été présentée de la seconde partie de se mémoire.
Les solutions proposées pour stopper la dynamique sancisse de ces terrains tiennent compte des facteurs naturels qu'ils soient déclenchant au aggravantes comme la présence des ruissellements aux quels nous avons proposé un drainage amont par < éperon drainant >.
Le reprofilage du talus de pente allégera considérablement le poids de la tranche de terrains en tête de talus.
La mise en place d'une d'un enrochement au pied du talus permettra de stopper la dynamique du sol.

Summary.

The theme that we have addressed in this paper concerns the geotechnical auscultation of the region tell Algerian housing a portion of the RN77 national road linking Jijel EL Eulma in the wilaya of Setif and research adequate solution to many landslides recorded on the road alignment.
The case of movement that concerns us is located in South West djimla and is characterized by the landslide along a steep slope in the range of 25% floor carrying the body causing huge disturbances in the ground.
In the first part of this issue we conducted a detailed site as the study area on the lithology and geological study the tectonic style of the region on the plane of chain yellow reliefs.
Geotechnical testing approach involving reinforcement of the moving area has been presented in the second part to memory.
The solutions proposed to halt the momentum sancisse these lands into account natural factors that are triggering the aggravating as the presence of runoff for which we proposed an upstream drainage <spur draining>.
The reshaping of the slope angle considerably lightens the weight of the portion of land at the head of the talus.
The establishment of a riprap at the foot of the slope will stop soil dynamics.

الملخص:

موضوع مذكرة التخرج يتضمن فحصا جيوتقنيا لمنطقة تقع بالتل الجزائري الذي يمر من خلاله الطريق الوطني رقم 77 الرابط بين ولاية جيجل والعلمة بولاية سطيف والبحث عن الحلول الملائمة لمجموعة من الانزلاقات الأرضية على طول مسار الطريق

- موضوع مذكرتنا يقع جنوب غرب مدينة جميلة الذي يفوق ميلة 25%، محدثا إضرار في هيكل الطريق
- الجزء الأول من هذه الدراسة أنجزنا من خلاله دراسة جيولوجية معمقة للمنطقة ككل، وللموقع المتضرر متمثلة في نوعية الصخور والتربة ونوع التراكيب الجيولوجية التي تتسم بها المنطقة الواقعة ضمن سلسلة جبلية ذات تضاريس حديثة.
- المحاولة الجيوتقنية لاستقرار الأرضية المنزلقة يتضمنها الجزء الثاني من هذه المذكرة، ويبرز من خلاله الحلول المقترحة أخذ بعين الاعتبار العوامل الطبيعية déclenchant ou aggravant كوجود جداول مائية التي ارتأينا تصريفها عن طريق قنوات خاصة بالإضافة إلى معالجة المنحدر الأرضي في الجهة العلوية من المنحدر وهذا بانجاز تكتل صخري أسفل الانزلاق لمنع حركة التربة.