

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة جيجل
Université de Jijel

G. Geol. 01/14

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



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم : علوم الأرض والكون

Mémoire de fin d'étude

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

Option : Génie Géologique

Thème

01/14

Diagnostic, analyse et confortement des glissements de terrain sur la RN 105 entre Djimla et Tassala-Lemtai

Membres de Jury

Président : Mahdid Souhil
Examineur: Bouhenouna Amel
Encadrant : Kherrouba Hassiba



Présenté par:

Benseghier Hamza
Leknouche Athmen



Année Universitaire 2013-2014

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Dédicace

*Merci pour Dieu de m'avoir dévoilé le chemin de la réussite et du savoir
Au nom de la science, au nom de la conscience je dédie
ce modeste travail à :*

A mes adorables parents

Ahcène et Zahia

De m'avoir permis d'arriver à ce stade de Mon étude.

A ma chère grande mère

A ma sœur : Niamia

Et

A mes frères : Ismail, Ali, Abdelhak, Saddam et yacine

A mon binôme Athmen

A mes chers amis (es) chacun de son nom

*A mes collègues de la promotion Master 2 Génie Géologique et
5^{ème} année géologie de l'ingénieur*

A tous qui mon encouragé et aidé à la réalisation de ce travail.

Hamza

Dédicaces

Merci pour Dieu de m'avoir dévoilé le chemin de la réussite et du savoir

A ma chère mère qui ma encouragé tout au long de mes études

A mon père

A mes chères frères et sœurs

A toute ma famille

A mon binôme Hamza

A mes chers amis (es) chacunde son nom

*A mes collègues de la promotion Master 2 Génie Géologique et
5^{ème} année géologie de l'ingénieur*

A tous qui mon encouragé et aidé à la réalisation de ce travail

Athmen

Résumé

Le tronçon de la route nationale 105 (RN 105) situé entre Djimla et Tassala est affecté par deux glissements de terrain ayant entraîné des désordres importants. Les observations sur terrain et le traitement des données géotechniques ont permis de diagnostiquer ces instabilités de terrains.

Les glissements constatés au niveau de la RN 105 se sont manifestés au sein du remblai servant à supporter la route. Le remblai en question, d'épaisseur allant jusqu'à quatre mètres, a été édifié sur l'une des formations géologiques des plus instables connues dans la région, il s'agit d'une argile limoneuse à graveleuse jaunâtre pour le premier glissement, et l'Argile limono-sableuse avec des blocs de grès pour le deuxième glissement.

Sur le plan géotechnique, les résultats des essais d'identification des sols et des essais mécaniques ont mis en évidence une qualité du sol, cohérent, et moyennement à fortement résistant au cisaillement.

La combinaison de plusieurs facteurs est à l'origine du déclenchement des deux mouvements de terrain.

Enfin la partie pratique a été effectuée par un calcul et une vérification automatique via le logiciel **Géo-Slope** des coefficients de sécurité des deux talus au niveau des deux sites (PK 1+200 et PK 4+500), cette étude nous bien aidée de mieux déterminer les solutions les plus fiables pour faire face à ce type de mouvement de terrain qu'ils sont : des ouvrage poids (masque drainant) drainage (tranchées drainantes, caniveaux), reprofilage du talus, reboisement, tirants d'ancrages, mur en gabions.

Mots clefs :

Djimla, Zones instables, Mouvement de terrain, Lithologie, Géotechnique, Géo-Slope.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

<i>Introduction générale</i>	01
------------------------------------	----

Chapitre 1 : Etude du milieu physique

I.1 Situation géographique de la région étudiée.....	02
I.2 Climat.....	04
I-3- Orographie.....	04
I-4- Carte des pentes.....	04
I-5- Végétation.....	05
I-6- Réseau hydrographique de la région :	06

Chapitre 2 : cadre géologique locale

II.1. Caractéristiques lithologiques de la région étudiée	07
II.1.1. Les formations cristallophylliennes du socle kabyle.....	09
II.1.2. Les formations de type flysch	09
II.1.3. Les formations du trias	10
II.1.4. Les formations telliennes	10
II.1.5. Les formations du flysch numidien.....	12
II.1.6. Les formations du Quaternaire	12
II.2. Géologie du site.....	13
II.3. Aspect structural.....	13
II.4. La tectonique	14
II.5. Sismotectonique	14
II.6. Carte sismique de la région de Jijel	15
II.7. Classes des secousses ressenties dans la région de Jijel	16

Chapitre 3 : Hydrologie et Hydrogéologie

III.1. Introduction.....	17
III.2. Hydroclimatologie.....	17
2.1. Aperçu général sur le climat	17
2.2 Analyse des paramètres climatiques.....	17
2.2.1. Précipitations	17
2-2-1-1-Estimation des précipitations à partir des données des stations pluviométriques voisines de la région de Djimla.....	17

SOMMAIRE

a. Variations mensuelles	18
b. Variations saisonnières	20
<i>b.1 .Série ancienne.....</i>	20
<i>b.2 .Série Récente.....</i>	20
<i>b.3 .Comparaison entre les deux séries</i>	21
c. Intensité des chutes de pluies	21
d. précipitations solides.....	22
d.1. La neige	22
d.2. La grêle	23
d.3) La Gelée blanche	23
2.2.2. Les températures	23
2.2.3. Diagramme ombrothermique	24
2.2.4. Bilan hydrologique	25
2.2.4.1. Evapotranspiration potentielle	26
2.2.4.2. L'évapotranspiration réelle	26
1) Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite	28
2) Exploitation du bilan hydrologique	28
a. Ruissellements (R)	28
b. Infiltration I.....	28
III.3. Hydrogéologie.....	29
III.4. Conclusion	30

Chapitre 4 : Etude géotechnique et étude de stabilité

IV.1. Site du premier glissement de terrain (PK 1+200).....	31
IV.1.1 Situation géographique	31
IV.1.2. Caractéristiques géologiques du site étudié.....	31
IV.1.3. Campagne de reconnaissance géotechnique	31
3.1. Les essai in-situ	32
1) Sondages carottés.....	32
3.2. Essais de laboratoire	33
1) Les propriétés physiques	33
a) La teneur en eau naturelle (W) et degré de saturation (S_r).....	33

SOMMAIRE

b) Densité sèche (γ_d) et densité humide (γ_h).....	34
c) Limites d'Atterberg	34
2) Les propriétés mécaniques.....	35
a) Essai de cisaillement rectiligne.....	35
b) Essais de compressibilité à l'œdomètre.....	36
3) Analyses chimiques	36
IV.2.4. Etude de Stabilité	37
IV.2.4.1. Principaux facteurs du glissement	38
IV.2.4.2. Simulation numérique par le logiciel Géo-Slope	38
IV.2.4.3. Confortement de glissement de terrain.....	39
IV.2. Site du deuxième glissement de terrain.....	41
IV.2.1. Situation géographique.....	41
IV.2.2. Caractéristiques géologiques du site étudié.....	41
IV.2.3. Campagne de reconnaissance géotechnique	41
3.1. Les essai in-situ.....	42
1) Sondages carottés	42
3.2. Essais de laboratoire.....	42
Limites d'Atterberg.....	43
Analyses chimiques	43
IV.2.4. Etude de Stabilité.....	44
IV.2.4.1. Principaux facteurs du glissement.....	45
IV.2.4.2. Simulation numérique par le logiciel Géo-Slope	46
IV.2.4.3. Confortement de glissement de terrain.....	47
Conclusion générale et recommandations	49

Références bibliographiques

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction générale

Introduction générale

La région de Djimla est une zone exposée aux risques des mouvements de terrain importants. Ces derniers ont causés de graves préjudices aux infrastructures routières de la RN105, et aux habitations de cette région.

Compte tenu de l'hétérogénéité de terrain et la variation des caractéristiques physiques et mécaniques des sols d'un endroit à un autre, il est nécessaire avant l'implantation de tout ouvrage d'établir des études géotechniques détaillées, notamment dans les zones considérés comme peu favorable pour la construction (zones à risques).

Le présent travail porte le thème : Diagnostic, Analyse et Confortement des glissements de terrain sur la RN 105 entre Djimla et Tassala-Lemtai.

A cet effet, l'étude géologique et géotechnique de cette région nous a été confiée.

A ce propos, et afin de mieux comprendre la dynamique des mouvements de terrain marquants la région entre Djimla et Tassala-Lemtai et de proposer des solutions, nous avons essayé de subdiviser notre manuscrit en deux grandes parties touchant différents aspects :

- **Première partie** : consacrée à l'étude géologique de la région, elle traitera les traits relatifs à la géologie locale. Celle-ci est complétée par un aperçu sismo-tectonique de la région. Ainsi qu'une analyse hydroclimatologique et hydrogéologique de la région.
- **Deuxième partie** : consacré à l'étude géotechnique, cette partie traitera le problème posé sur le site : mouvement de terrain avec une approche purement géotechnique (essais et calculs). Enfin cette partie sera clôturée par une conclusion, ainsi que des mesures à prendre pour essayer de maîtriser le phénomène de mouvement de terrain et ses dangers sur la RN 105.

Chapitre I
Etude du milieu physique

I.1 Situation géographique de la région étudiée

La région de Djimla est située à environ 45 Km au Sud-Est du chef-lieu de la wilaya de Jijel. Elle est traversée par la RN 105 reliant la wilaya de Jijel à la wilaya de Mila. Elle est limitée administrativement par les communes suivantes :

- Au Nord : Chehna et Ouadjana
- A l'Est : Tassala Lemtai
- A l'Ouest : Beni-yajiss et Texenna
- Au Sud : Zaraza

La région étudiée est située sur l'axe routier Djimla-Tassala le long duquel de nombreuses zones instables sont à signaler.

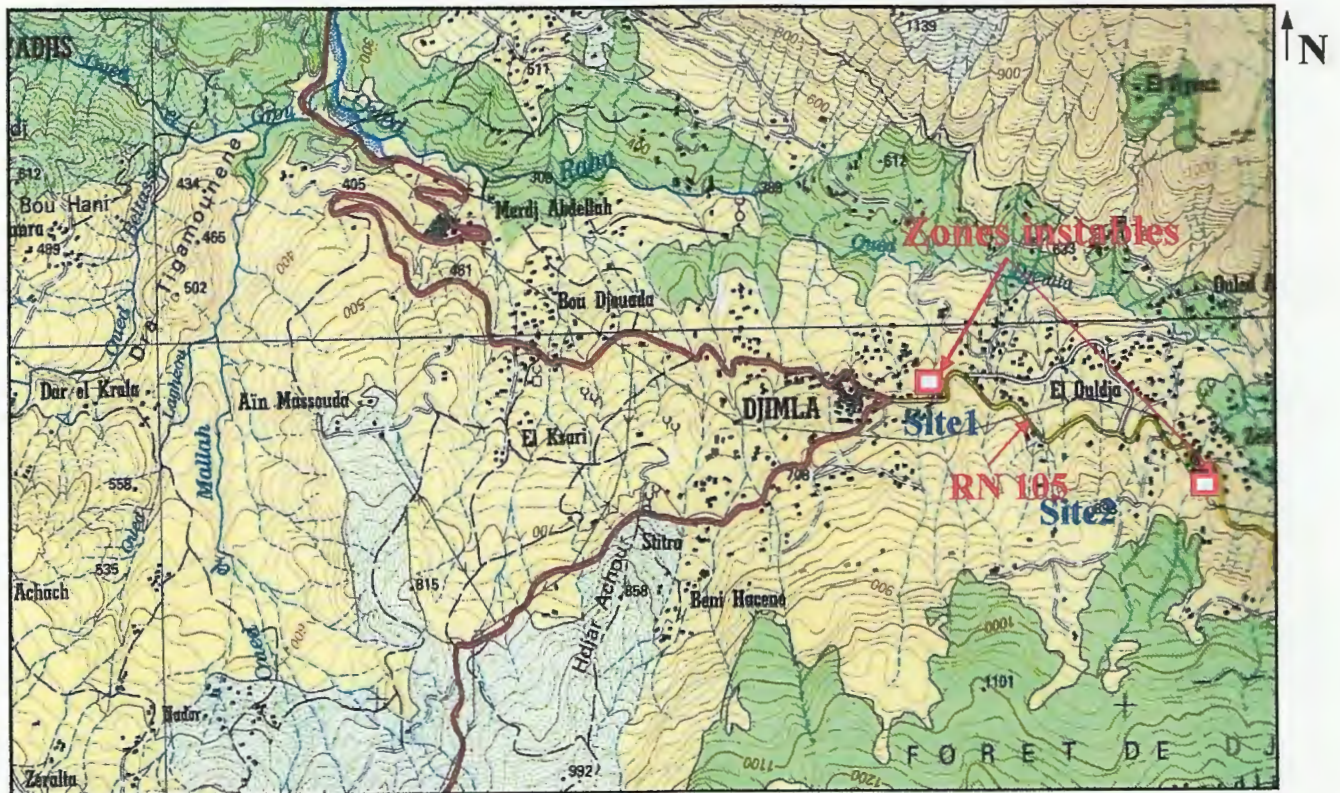


Fig. I-1 - Situation géographique des sites étudiés, carte topographique de Djimla (1/25000)

Les deux sites sont situés sur les hauteurs du versant de Djebel Sidi-Bouaza, présentant une pente moyenne à élevée de l'ordre 30 à 40%, inclinée vers le Nord.

Le premier site se trouve dans la partie Est du village de Djimla, localisé en aval de la RN 105 au PK 1+200.



Photo I.1 - Situation géographique du site du premier glissement

Le deuxième site se trouve dans la partie Est du village de Djimla, localisé en aval de la RN 105 au PK 4+500.



Photo I.2 - Situation géographique du site deuxième glissement

I.2 Climat

La région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen subissant l'influence de la mer méditerranée au Nord et des reliefs au Sud. Ces deux raisons font que le climat de la région de Djimla est tempéré, avec des températures élevées en Eté et basses en Hiver.

Les précipitations d'eaux annuelles varient entre 1200 et 1395 mm/an. Cette pluviométrie classe cette région parmi les zones les plus arrosées en Algérie. Cette dernière révèle un potentiel hydrique très important.

En plus d'une importante pluviométrie, la commune de Djimla est souvent recouverte par d'importantes quantités de neige.

Quant à l'influence du relief sur le climat, il joue le rôle de barrière face aux masses saturées en humidité qui donnent d'importantes précipitations.

I-3- Orographie

La région de Djimla est le résultat d'une histoire géologique qui est marquée par de grands contrastes topographiques.

Les principales formes de relief qu'on rencontre sont les suivants :

❖ **Les montagnes** : culminants à plus de 1248m pour djebel Sidi-Bou Azza au Nord, et un pic de 1205m pour djebel Bou-Affroune au Sud, s'étend le village de Djimla à 626m d'altitude. Sous forme de versant.

❖ **Les dépressions** : situées entre les chaînes de montagnes, ce sont des zones basses où se concentrent la plupart des agglomérations.

I-4- Carte des pentes

Sur le terrain les observations de détail montrent assez bien de brusques changements de pentes d'un endroit à l'autre permettant de diviser la région en trois grandes zones (**Fig. I. 4**) :

- **Une première zone** : pente faible de 0-10%.
- **Une deuxième zone** : pente moyenne de 10-20%.
- **Une troisième zone** : pente forte à élevée de >20%.

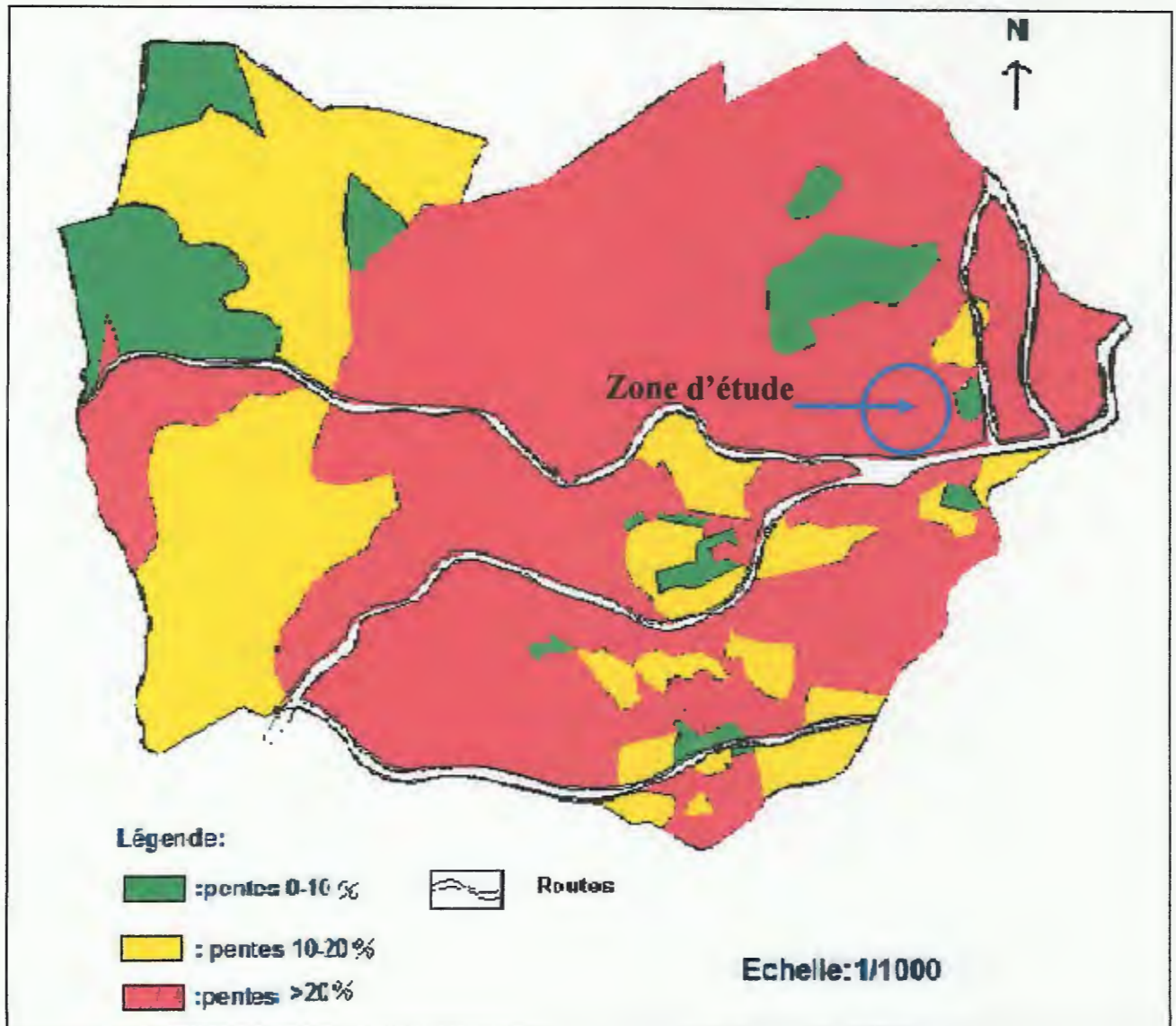


Fig. I.2 : Carte des pentes de la région de Djimla (Chihoub et Amour, 2011)

I-5- Végétation :

La région d'étude est caractérisée par une couverture végétale assez dense. Cette dernière est favorisée par l'importance des précipitations. Les conditions climatiques et la nature des terrains de la région ont permis le développement de forêts très denses. Ces forêts sont représentées essentiellement par du chêne-liège, des chêne-zen, des broussailles, et autres arbres fruitiers. En général, ce potentiel forestier confère à la région une vocation agricole et forestière.

I-6- Réseau hydrographique de la région :

La région d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique assez important (**Fig.I.3**) en relation surtout avec la lame d'eau précipitée durant l'année. Ce réseau est représenté par les différents drains, alimentés surtout par les ressources et les ruissellements de surface en liaison surtout avec la fonte des neiges des reliefs élevés. Ces différents drains alimentent les principaux Oueds de la région (Oued Djen-Djen, Oued Missa, Oued Reha, Oued El-Agrem, Oued El-Mers, et Oued Djimla). (**Kherrouba, 2008**)

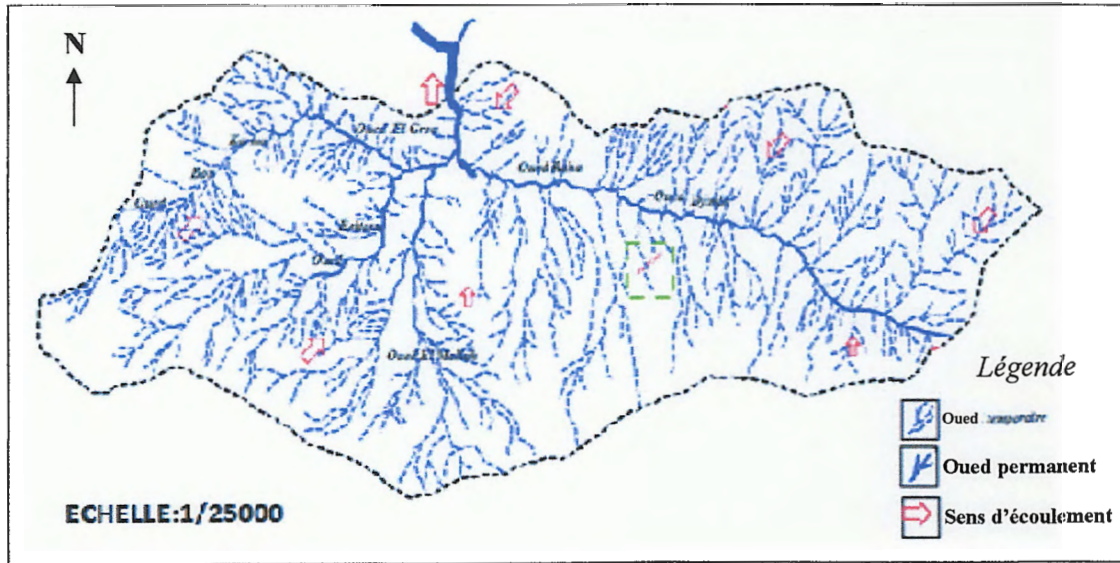


Fig. I.3: Forme et limites du sous-bassin versant de Djimla (Mirouh et al, 2013)

Chapitre II
Cadre géologique local

II.1. Caractéristiques lithologiques de la région étudiée

La région de Djimla, dont fait partie les deux glissements de notre étude, se trouve dans la zone de transition du domaine interne, représenté par les formations cristallophylliennes du socle Kabyle et le domaine externe, représenté par les formations de type flyschs et les formations telliennes. Sur une transversale Nord-Sud (fig.II.1) passant de Jijel à Djimla on peut distinguer :

- ✓ Les formations Quaternaires.
- ✓ Les formations Post-nappes.
- ✓ La molasse olistostromique Aquitano-Serravallienne.
- ✓ les formations Oligo-Miocène.
- ✓ Les formations de type flysch Albo-Aptien.
- ✓ Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna.
- ✓ Les formations évaporitiques du Trias.
- ✓ Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.

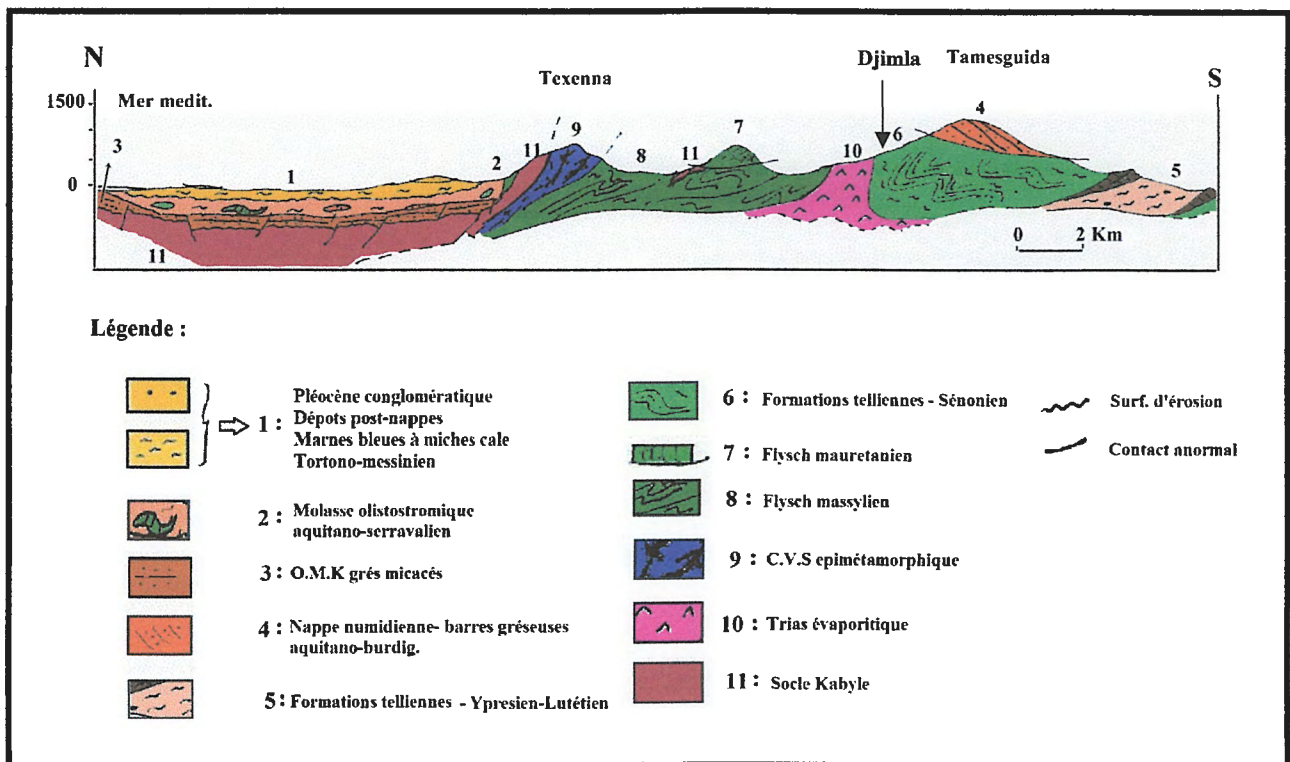


Fig. II.1 : Schéma structural de la Petite kabylie occidentale (Rouikha, 2014)

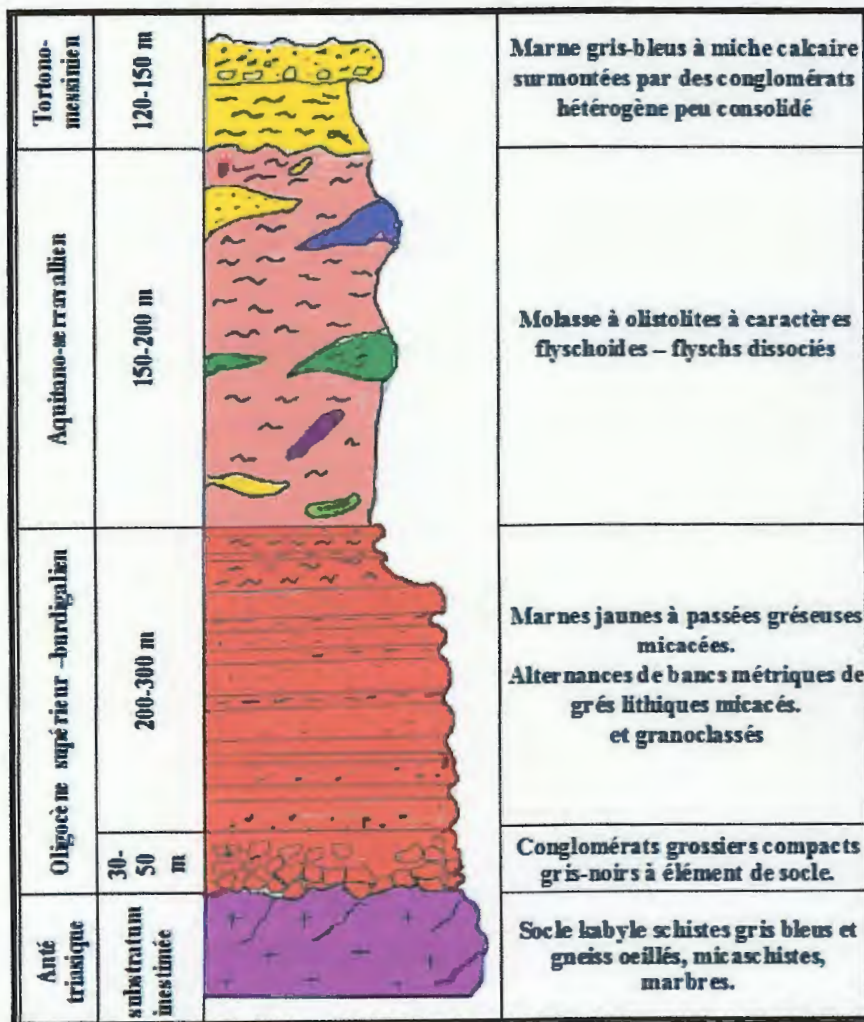


Fig. II.2: Colonne lithostratigraphique du bassin néogène de Jijel Nord-est ALGERIE (Rouikha, 2008) modifiée.

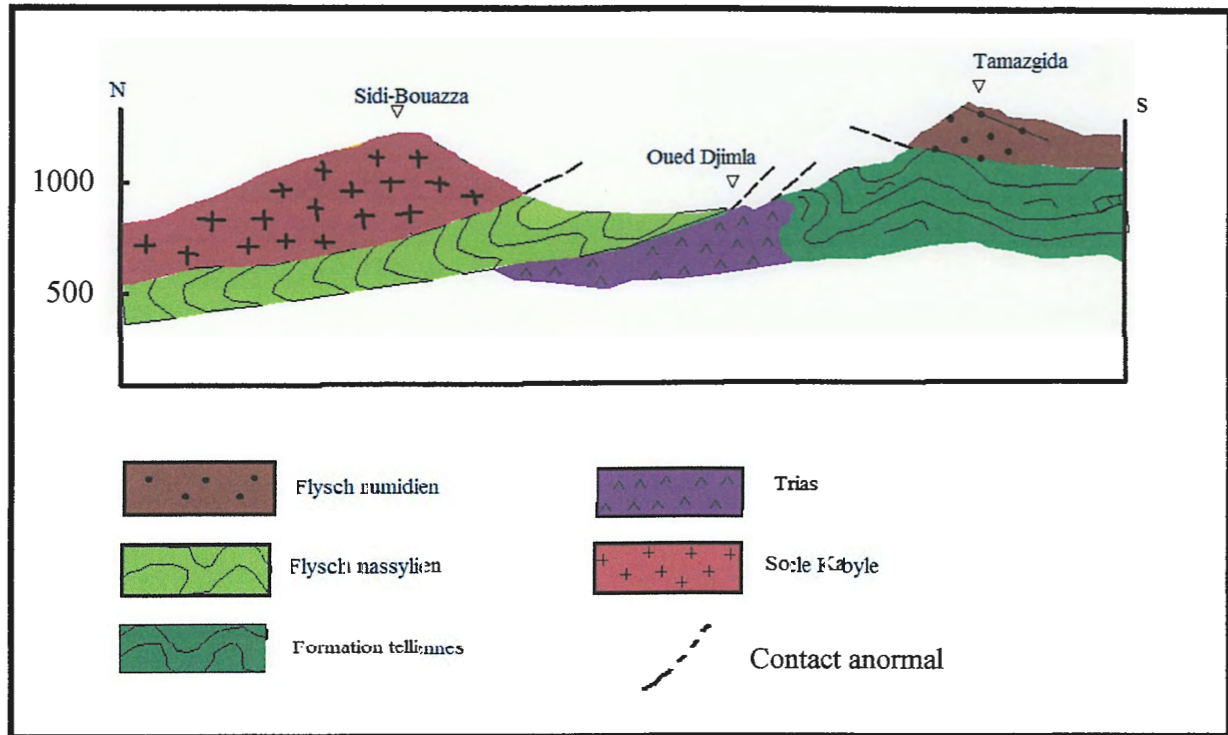


Fig. II.3 : Coupe géologique N-S de la région de Djimla (Kherrouba, 2008) modifiée.

1.1. Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle

Au Nord de Djimla les formations du socle Kabyle sont représentées par les formations cristallophylliennes du socle Kabyle, regroupant une puissante assise de calcaire métamorphique, reposant sur des micaschistes et/ou des gneiss. Ces micaschistes et/ou gneiss sont par endroits, traversés par d'épaisses lames de porphyroïdes (pegmatites) à Djebel Sidi-Bouazza (Kherrouba, 2008).

Les formations du socle Kabyle sont charriées vers le Sud sur les formations du flysch massylien.

Le contact de chevauchement est situé à environ 250m au Nord de l'oued Djimla (Djellit, 1987).

1.2. Les formations de type flysch

a) Les formations du flysch Massylien

Ce type de flysch est d'âge Albo-Aptien, il est caractérisé par une alternance des schistes et des bancs de grès quartzitiques décimétriques, parfois centimétriques, surmontées par des microbrèches calcaires à ciment pélitique et des marnes. Il contient par endroits des phanites de couleur noire (Durand Delga, 1955).

b) Les formations du flysch Maurétanien

On rencontre ce type de formations dans la zone d'étude généralement associés aux formations olistostromiques d'âge Aquitano-Serravallien, elles sont représentées par l'unité de Guerrouch, formée essentiellement par des bancs de grès homométriques à cassure verdâtre. L'âge Eocène supérieur-Oligocène est attribué à ce type de formation (Kherrouba, 2008).

1.3. Les formations du Trias

Le long de l'oued Djimla, un important pointement de Trias, comportant du gypse, des marnes gypsifères, des argiles bariolées et des argiles de couleur lie de vin perce les formations telliennes et les formations du flysch Massylien (Djellit, 1987).

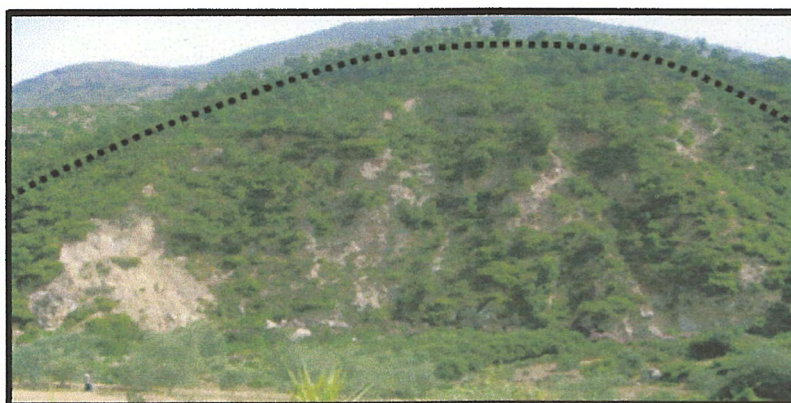


Photo II.1: Photo illustrant des formationstriasiques (À Oued Djimla) prise en 2007.

1.4. Les formations telliennes

Le domaine tellien correspond aux zones situées sur la paléo-marge africaine. Il est caractérisé par la prédominance de faciès marno-calcaires, qui s'étalent du Néocomien au Lutétien (Bouillin, 1977).

Les séries telliennes sont constituées par un empilement de trois grandes nappes, qui sont du Nord vers le Sud :

- **Une série ultra-tellienne :**

Cette série comporte les formations marneuses et marno-calcaires d'âge Crétacé à Eocène (Durand Delga, 1969).

- **Une série méso-tellienne :**

Cette série correspond aux formations carbonatées du Jurassique. Elle est considérée comme la couverture de la plate forme constantinoise (Vila, 1980).

- **Une série peni-tellienne :**

Cette série se particularise par des formations Jurassico-Crétacées, caractérisées par des faciès intermédiaires entre les faciès de la plate forme (calcaire et marno-calcaire du néritique) et des faciès de bassin (marne du domaine tellien) (**Durand Delga, 1969**).



Photo II.2: Photo illustrant des formations telliennes du 1^{er} site



Photo II.3: Photo illustrant des formationstelliennes du 2^{ème} site

1.5. Les formations du flysch numidien

La nappe numidienne, représentée dans la région de Djimla par une base d'argiles, dites argiles sous numidiennes ou encore argiles bariolées à tubotomaculum, surmontée par une puissante assise gréseuse en bancs métriques.

La nappe numidienne, repose en discordance sur les marnes telliennes. Cette nappe forme l'unité la plus haute du dispositif structural de la région (Djellit, 1987).



Photo III.4: Photo illustrant des formations numidiennes

1.6. Les formations du Quaternaire

Dans la région de Djimla, les formations du Quaternaire sont représentées principalement par des éboulis de pente, ces derniers, couvrant de vastes surfaces et forment la couverture des marnes telliennes.



Photo II.5: Photo illustrant des formations Quaternaires.

II.2. Géologie du site

Les deux sites de notre étude s'appartiennent au domaine tellien.

II.3. Aspect structural

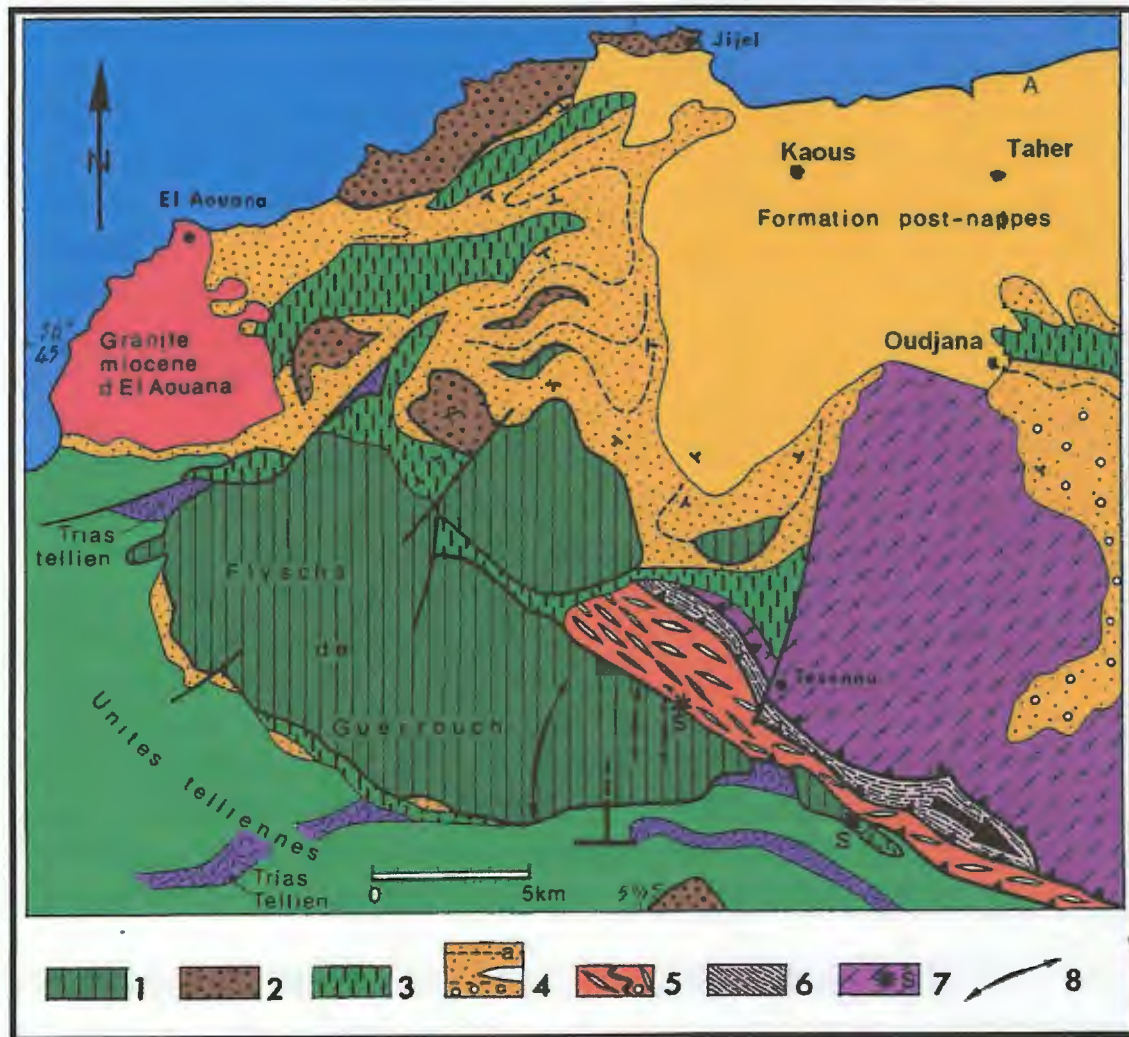


Fig. II.4 : Esquisse géologique de l'extrémité de la Petite Kabylie (Andrieux et Djellit, 1989) légèrement modifiée.

Légende : Unité supra-kabyle : 1-nappe de Guerrouch ; 2-numidien ; 3-unité du flysch dissocié ; 4-Oligo-miocène kabyle (a, stratification ; b, olistolite majeur). Unités infra-kabyle : 5-unité du Flysch schisto-gréseux (a, Cénomano-Turonien) ; 6-unité volcano-sédimentaire (la flèche dans cette unité indique la direction de cisaillement) ; 7-socle kabyle (S, copeaux de socle à la base des unités supra-kabyles) ; 8-plis N-S dans la nappe de Guerrouch.

L'édifice structural de la région d'étude se présente comme suit :

a) Le socle Kabyle

Le socle Kabyle dans la région d'étude est composé d'un substratum gneissique, d'un complexe phylladique, et d'un ensemble de psammites, et de calcaires.

- Le substratum gneissique est d'âge anté-Cambrien.
- Le complexe phylladique est d'âge Cambro-Ordovicien.
- Les psammites et calcaires sont d'âge Silurien à Dévonien inférieur à moyen.

Le socle Kabyle chevauche vers le Sud les unités frontales schistosées (Djellit, 1987).

b) Sous le socle Kabyle

Le complexe volcano-sédimentaire : débité en écailles, cet ensemble chevauche vers le Sud les formations du domaine externe telliennes (Djellit, 1987).

c) Sur le socle Kabyle

Un ensemble de nappes, comportant à la base un olistostrome d'âge Aquitano-Seravallien surmonté par le flysch de Guerrouch. Ces nappes sont scellées par des dépôts du Miocène terminal puis par le Pliocène (Djellit, 1987).

II.4. La tectonique

Les différents aspects tectoniques régionaux sont les charriages, les déformations ductiles et les déformations cassantes

La configuration morpho-structurale actuelle de Djimla jusqu'à Tassala est le résultat de la tectonique post-nappes. Cette tectonique est bien matérialisée dans l'assise gréseuse de la nappe numidienne qui affleure dans la partie Sud du village de Djimla. En effet de grands accidents de direction (NE - SW), (N-S) et (E-W) affectent la nappe numidienne. Ces accidents sont une conséquence du rejeu des grands accidents tectoniques du socle.

Ces accidents tectoniques ont engendrés d'importantes dislocations et le broyage des formations affectées. Par ailleurs, un intense réseau de fracturation a accompagné ces accidents tectoniques.

II.5. Sismotectonique

a) Aperçu sismique

La région de Jijel est située dans une région sismique classée d'après (Bockel, 1999), comme région pouvant subir des secousses supérieures à l'intensité 8, les épencentres de la plupart des secousses ressenties sont localisés entre Bejaia et Sétif dans la région des Bibans et des Babors.

Cet axe sismique paraît présenter une activité qui s'atténue vers l'Est, où les structures en nappes viennent buter sur les contreforts du socle.

Selon RPA Règles Parasismique Algérienne) (version 2003) le territoire Algérien est divisé en quatre zones de sismicité croissante de 0 à III (Fig.II.5):

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

La région de Jijel est classée dans la zone de moyenne sismicité (zone II)
Cependant, la présence de grands accidents tectoniques dans la région de Jijel fait augmenter le risque sismique. En effet, des secousses peuvent être engendrées par les réajustements tectoniques des grands accidents affectant la région (Kherrouba, 2008).

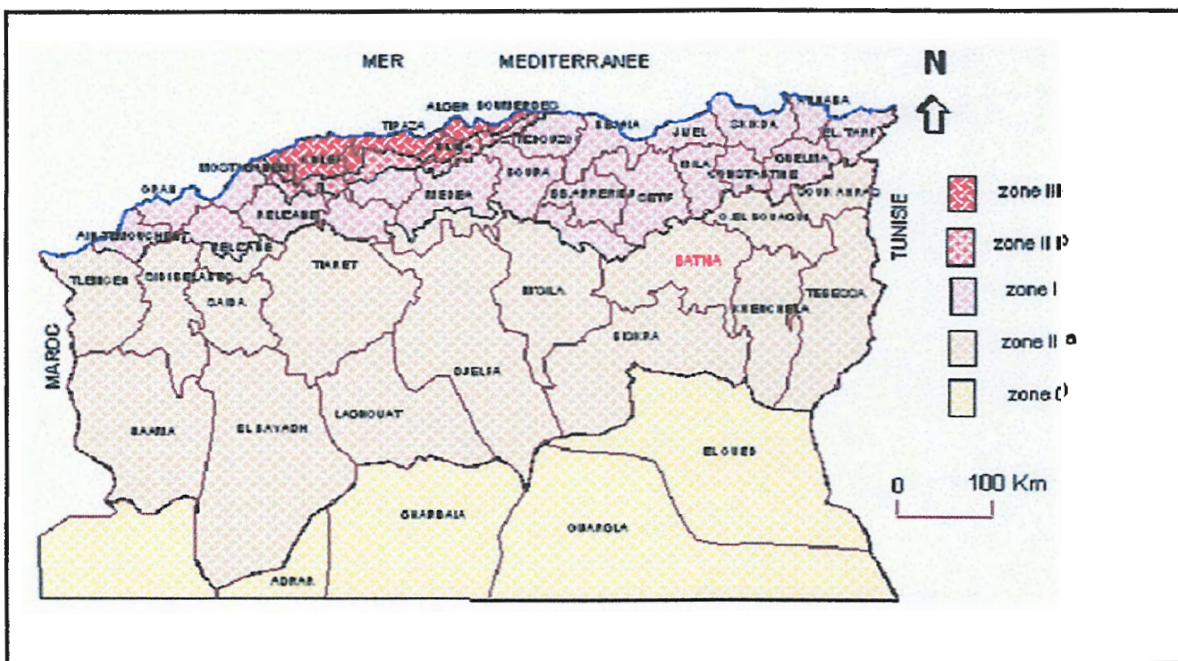


Fig.II.5: Carte sismique de l'Algérie selon la RPA version 2003.

II.6. Carte sismique de la région de Jijel

La carte sismique au 1/5.000.000 de la région de Jijel réalisée par le C.R.A.A.G (centre de recherche en astronomie, astrophysique, et géophysique) en 1971 montre les différents fronts des nappes de charriage, les alignements des failles majeures, et les épïcêtres de la région.

Une première observation nous permet de constater les grandes lignes sismiques qui coïncident avec l'alignement des failles. La plus forte est la plus proche concentration d'épïcêtres par rapport à Jijel et Béjaia, il s'agit de Kherrata et de ces environs (partie intégrante des Babors) ;(Fig.II.6).

Exemple : le séisme de Benyadjis voisine de la région de Djimla (Willaya de Jijel) qui avait une magnitude de 4,3 a l'échelle Richter en 2010 (Kherrouba, 2008).

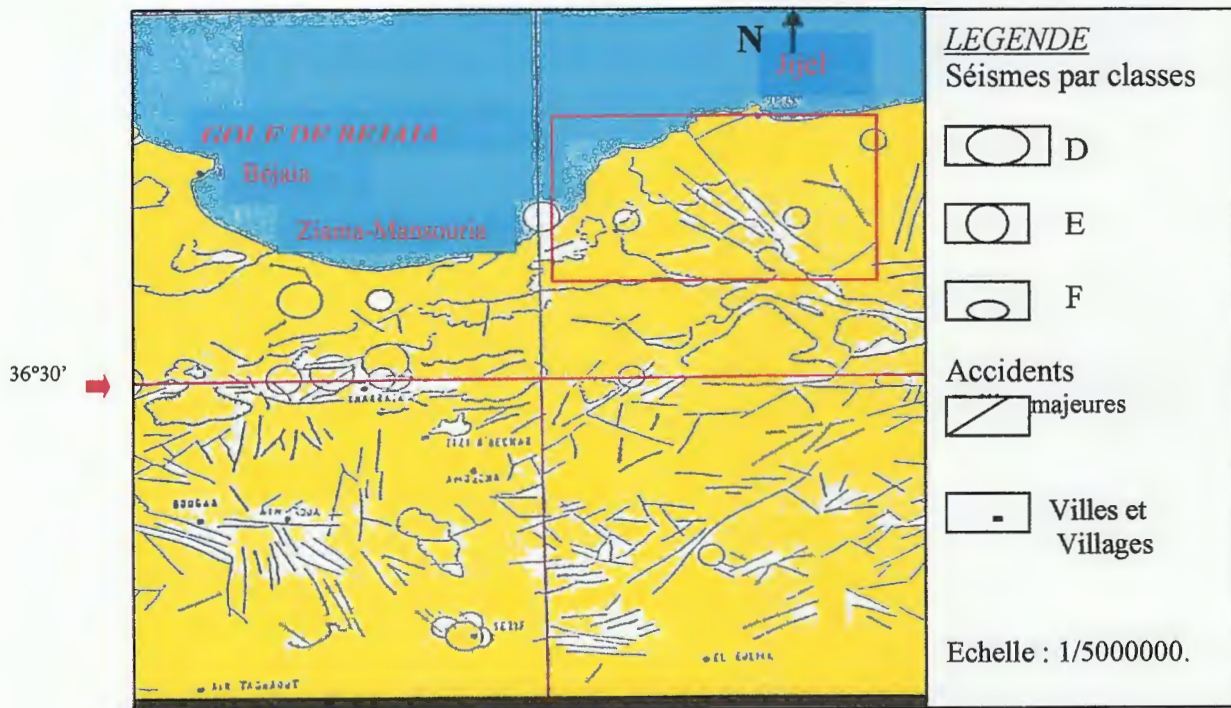


Fig.II.6: Contexte sismo-tectonique de la région Jijel – Bougie (C.R.A.A.G, 1971).

II.7. Classes des secousses ressenties dans la région de Jijel

Aujourd’hui tout le monde sait que l’échelle de **Richter** est une échelle ouverte et que les séismes pouvant atteindre une magnitude de 9 et peut être même plus. La classification de l’époque, selon **Gutenberg** et **Richter** concernait quatre classes de séismes qui sont :

- Classe c : magnitude allant de 6,0 et 6,9.
- Classe d : magnitude allant de 5,3 à 5,9.
- Classe e : magnitude allant de 4,0 à 5,2.
- Classe f : magnitude inférieur à 4,0.

Les Babors sont périodiquement secoués par ces quatre classes. Les différentes classes sismiques concernant la partie Nord de l’Algérie sont représentées sur la carte de la **Figure II.5** (Kherrouba, 2008).

Chapitre III
Synthèse hydrologique
et hydrogéologique

III.1. Introduction

L'eau joue un rôle important dans la déstabilisation des terrains de n'importe quel nature. 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) ; ainsi on essayera de donner un aperçu sur le bilan hydrologique, et un aperçu sur le régime caractéristique du fonctionnement de tout le système hydrologique qui influe directement sur le comportement piézométrique de la nappe. Pour l'hydrogéologie nous essayerons de caractériser les formations potentiellement aquifères.

III.2. Hydroclimatologie

2.1. Aperçu général sur le climat

Les aires climatiques algériennes sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Au Nord, les hivers sont pluvieux et froids, les étés chauds et secs. Le climat, le long de la côte, est adouci par la présence de la mer.

L'Est algérien est une région plus pluvieuse que l'Ouest, cette variation est fonction des influences méditerranéennes et sahariennes et des irrégularités topographiques.

En ce qui concerne notre région d'étude qui fait partie du littoral Est Algérien, le climat est de type méditerranéen. Il est caractérisé par une période hivernale douce et humide, caractérisée par une pluviométrie élevée en hiver suivie d'une période estivale chaude (**Kherrouba, 2008**).

2.2 Analyse des paramètres climatiques

2.2.1. Précipitations

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

2-2-1-1- Estimation des précipitations à partir des données des stations pluviométriques voisines de la région de Djimla

L'étude des précipitations moyennes annuelles s'est effectuée à partir des données anciennes de la série qui s'étend de **(1961-1991)** pour les stations de Texenna et celle du col de Fedoulès, et des données récentes de la série qui s'étend de **(2002-2012)** pour la station de du col de Fedoulès.

Les données de la station météorologique de Texenna montrent que cette région reçoit annuellement **1299 mm** par an, alors que la station du col de Fedoulès indique une moyenne de **1395 mm** par an pour la région de Djimla (**Kherrouba, 2008**).

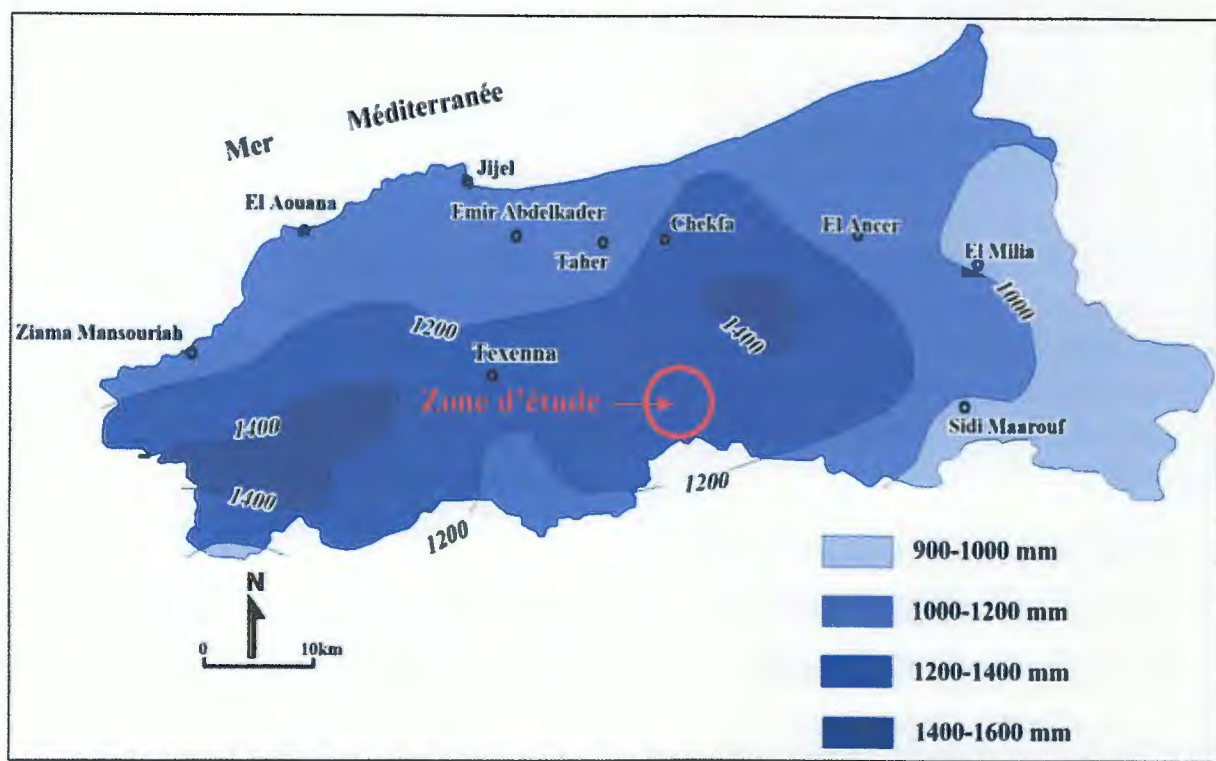


Fig.III.1 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, (A.N.R.H, 1996)

Tableau III.1 : Caractéristiques des stations pluviométriques au voisinage de la région de Djimla (Kherrouba, 2008)

Code et nom de la station	Altitude (m)	Longitude	Latitude	Pluies moyennes annuelles (mm)	Période d'obs. (années)
03.03.02 Texenna	725	547 E	3639 N	1229,4	50
10.02.07 Col de Fedoulès	843	557 E	3633 N	1395,0	50

a) Variations mensuelles :

La répartition mensuelle des précipitations durant l'année et ses variations conditionnent (avec les facteurs thermiques et lithologiques), l'écoulement et le régime des cours d'eau, ainsi que des nappes alluviales (Kherrouba, 2008). Le tableau III.2 qui suit donne les moyennes mensuelles des différentes stations pour la période (1961-1991).

Tableau III.2 : Moyennes mensuelles des précipitations de la période (1961-1991) (Kherrouba, 2008)

Station Mois	Texenna	Col de Fedoulès
	S	40,1
O	137,5	201,6
N	221,6	231,5
D	264,4	296,6
J	169,7	181,2
F	119,2	139,4
M	109,9	112,9
A	77,5	94,7
M	60,5	56,5
J	15,7	16,2
J	8,1	9,3
A	5,2	6,9
Total	1229,4	1395

On remarque que:

Toutes les stations donnent un maximum pluviométrique durant les mois de Novembre, Décembre, et Janvier.

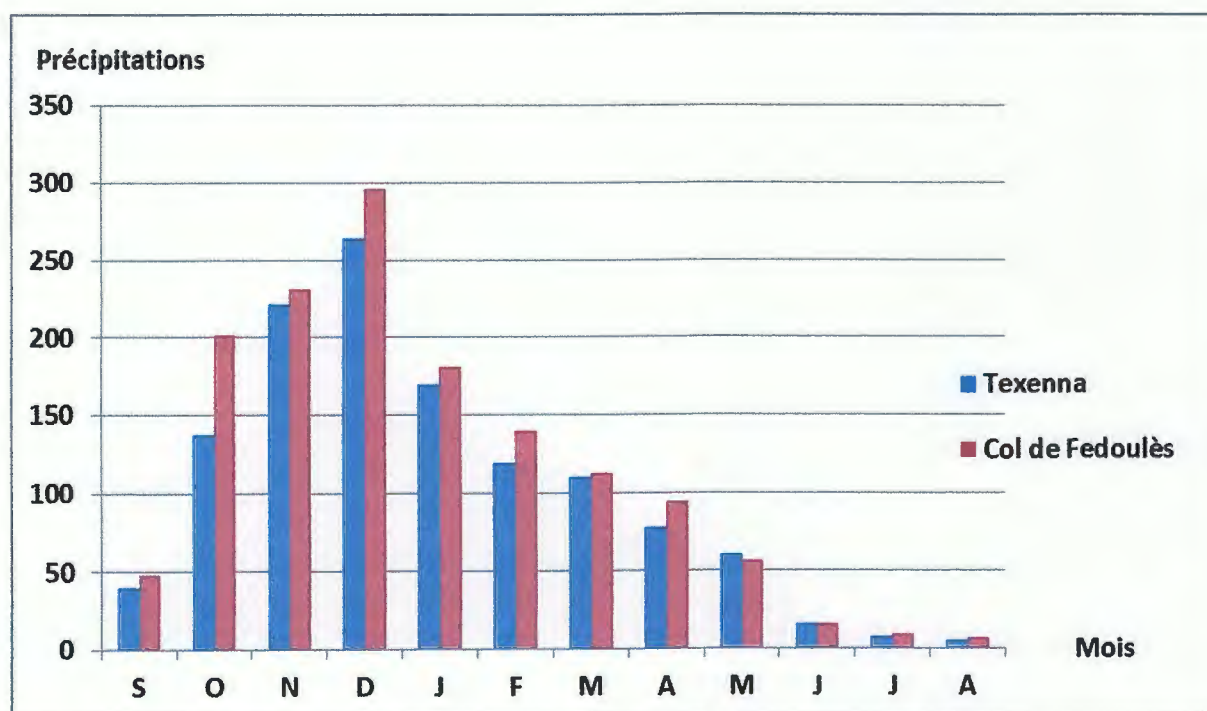


Fig. III.2: Graphes exprimant les moyennes mensuelles des précipitations de la période 1961/1991 (au niveau des stations: Texenna, et Col de Fedoulès).

b) Variations saisonnières**b.1 .Série ancienne**

A partir du *Tableau III.3*, on remarque que dans les deux stations, l'ordre est le même, en effet, nous avons du plus fort au plus faible taux de précipitations la succession suivante:

- Hiver.
- Automne.
- Printemps.
- Eté.

Tableau III.3 : Taux des précipitations saisonnières (1961/1991)

<i>Station</i> <i>Saisons</i>	<i>Col de Fedoulès</i>	<i>Texenna</i>
Hiver	45.4%	45.0 %
Automne	34.8%	32.5 %
Printemps	17.3%	20.1 %
Eté	2.4%	2.3 %
Total	100%	100 %

b.2 .Série Récente :

Le *Tableau III.4* montre la répartition saisonnière des précipitations de la série récente concernant la station de Texenna pour la période (2002-2012).

Tableau III.4 : Taux de participations des saisons dans les hauteurs des pluies annuelles, Station de Texenna (2002-2012)

<i>Station</i> <i>Saisons</i>	<i>Texenna</i>
Hiver	42.4 %
Automne	28.92 %
Printemps	25.41 %
Eté	3.26 %
Total	100 %

A partir de ce tableau on constate que :

- L'hiver reste la saison la plus pluvieuse avec un taux de 42.4%.
- L'été reste la saison la moins pluvieuse avec un taux de 3.26%.

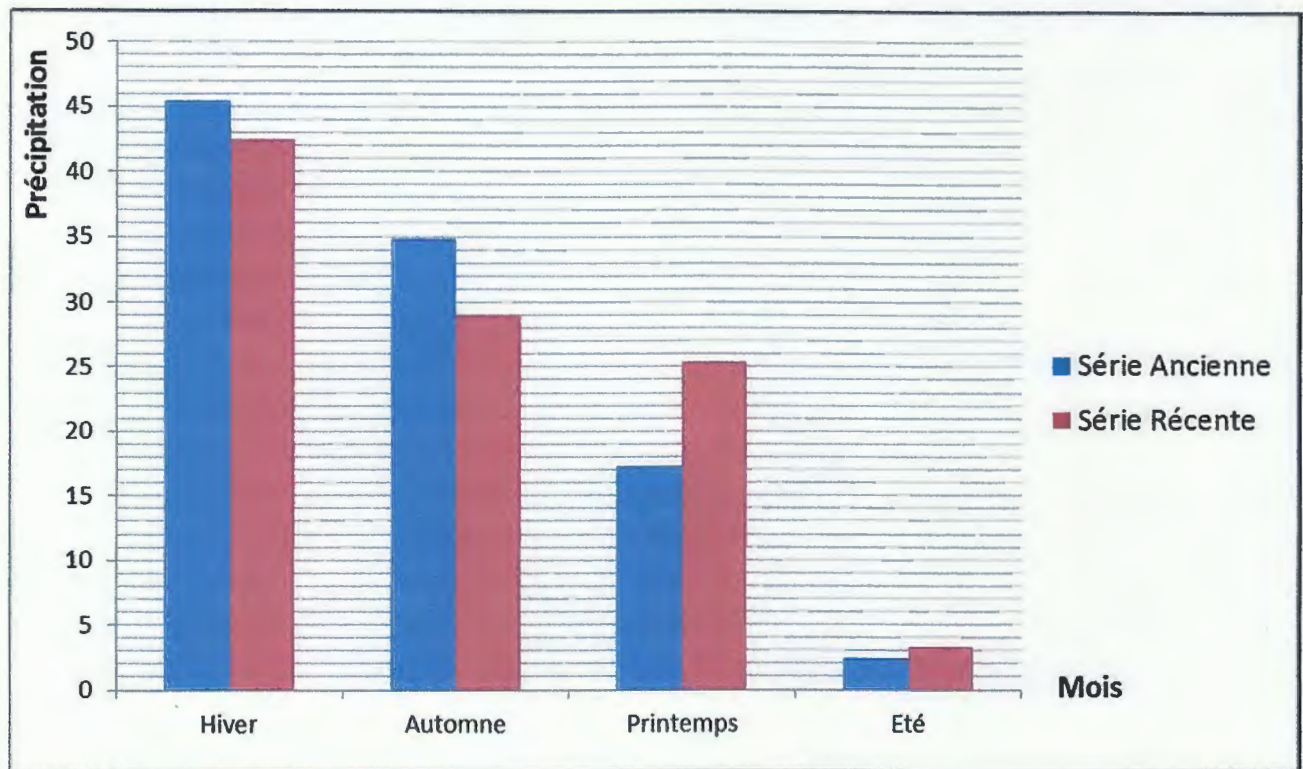
b.3 .Comparaison entre les deux séries

Fig.III.3 : Comparaison des variations saisonnières de la série ancienne et récente des stations de Texenna.

A partir de la **Figure III.3** : on constate qu'il existe une **migration aux niveaux des saisons** dans les taux des précipitations des saisons dans les pluies annuelles :

- Diminution du taux d'Hiver dans la série récente par rapport à l'ancienne (de 45.4% à 42.4%).
- Diminution du taux d'Automne dans la série récente par rapport à l'ancienne (de 32.5% à 28.92%).
- Augmentation des taux dans les séries récentes par rapport aux anciennes séries dans les autres saisons.

c) Intensité des chutes de pluies

Pour éclairer le caractère externe de l'écoulement fluvial ayant trait aux crues, nous devons descendre à une échelle temporelle encore plus fine dans l'analyse des précipitations, à l'échelle des totaux pluviométriques journaliers ou mieux encore des averses.

Selon les hydrologues, l'averse torrentielle s'identifie aux averses qui donnent une hauteur d'eau de 30mm ou plus en 24 heures.

Ce caractère est relatif, car il exprime l'intensité moyenne en 24 heures, elle est différente de l'intensité instantanée. Cette dernière est toujours plus élevée, car les averses qualifiées d'intenses ou de torrentielles ne tombent pas d'une manière continue pendant les 24 heures (**Kherrouba, 2008**).

Les données de la période (1913-1938) de *P.Seltzer* pour les stations de Texenna sont enregistrées dans le **tableau III.5** ci-après :

Tableau III.5: Nombres de jours des pluies "torrentielles"
(*P.Seltzer*, 1913/1938).

Répartition Annuelle												Répartition par intensité (mm/24h)			
17	27	40	55	64	52	26	31	21	5	0	2	231	75	31	3
Total=340 Station de Texenna.												Hauteur max. obs. (mm/24h). 133			

Du littoral *Taher* aux hauteurs de *Djimla*, le nombre de jours de pluies torrentiels pour la période 1913/1938 croit. La fréquence la plus forte est enregistrée au niveau de la région d'étude.

Les mois de Décembre et Janvier étant les plus pluvieux de la région de Djimla, et les fréquences les plus hautes de pluies torrentielles coïncident avec ces deux mois.

Les mois de sécheresse (Juin, Juillet, Août) connus dans la région, coïncident eux aussi avec les plus basses fréquences des pluies torrentielles. Les quelques rares renseignements mentionnées au **tableau III.5** précédent, correspondant aux averses sporadiques de l'Été (*Kherrouba*, 2008).

d) Précipitations solides

d.1) La neige :

L'importance de la neige réside dans le fait qu'elle imbibe le sol d'une façon continue et le laisse donc s'humecter profondément pendant la période de fusion ; l'enneigement se fait seulement au début de l'Hiver sur les hautes altitudes des Babors (2004m), et de Djimla (1300m) (*Kherrouba*, 2008).

L'altitude exerce donc une influence prépondérante sur les chutes de neiges, ainsi nous avons d'après (*P.Seltzer*, 1946) le **tableau III.6** suivant :

Tableau III.6 : Répartition de la neige
(*P.Seltzer*, 1946 ; *Tekkouk*, 2005).

Enneigement Neige	Nombre de jours ou il a neigé	Nombres de jours d'Enneigement
Texenna	3	2

Jusqu'à 1500 mètres d'altitude, la neige commence à fondre aussitôt tombée (*P.Seltzer*, 1946). Sur les sommets, la fusion est retardée ou interrompue momentanément par la gelée.

L'imbibition des matériaux est liée à la vitesse de la fusion. Une fusion lente, permet une infiltration importante qui alimenterait les réservoirs à perméabilité en grand.

d.2) La grêle

La **grêle** se forme dans les orages particulièrement forts lorsque l'air est très humide et que les courants ascendants sont puissants, on constate que les épisodes de grêle les plus fréquents sont connus en hiver.

d.3) La Gelée blanche

Nous donnons dans le **Tableau III.7** (extrait des travaux réalisés par Tekkouk (2005)), toutes les données relatives à la gelée blanche de la station de Texenna. La gelée est fréquente dans notre région d'étude. On remarque qu'elle s'accroît avec l'altitude. Elle vaut 2,1 à 5,95 à Jijel, et atteint 9 jours par an à Djimla (Mirouh *et al.*, 2013).

Tableau III.7 : Nombre moyen des jours de la gelée blanche (P.Seltzer.1913/1938).

Stations Mois	Texenna
	Données de P.Seltzer 1913/1938
Septembre	0,0
Octobre	0,1
Novembre	0,3
Décembre	2,1
Janvier	3,6
Février	1,9
Mars	0,6
Avril	0,4
Mai	0,0
Juin	0,0
Juillet	0,0
Août	0,0
Moyenne Annuelle	9,0

Ce tableau montre que la gelée blanche est plus importante pendant les mois de Décembre, Janvier et Février. Durant cette période, elle peut présenter un apport d'eau supplémentaire à la pluie.

2.2.2. Les températures

La température est un facteur ayant une grande influence sur l'évapotranspiration et de ce fait elle joue un rôle important dans le comportement des sols vis-à-vis des eaux météoriques.

Le **Tableau III.8** ci-dessous donne la répartition mensuelle des températures pour la période récente Station de Texenna (2002-2012).

Tableau III.8: Données des Températures moyennes mensuelles (Station de Texenna, période 2002/2012) (ANRH,2014).

Station	Température (C°)											
Station de Texenna	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
	23.57	21.04	16.09	11.72	11.43	11.85	13.59	16.21	19.17	23.24	26.36	26.44
	20.23			11.66			16.32			25.34		
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		

Le **Tableau III.8** indique que la saison la plus froide est l'hiver avec une valeur de température moyenne saisonnière de (11.66°C) et par contre l'été représente la saison la plus chaude avec une valeur de température moyenne saisonnière de (25.34°C).

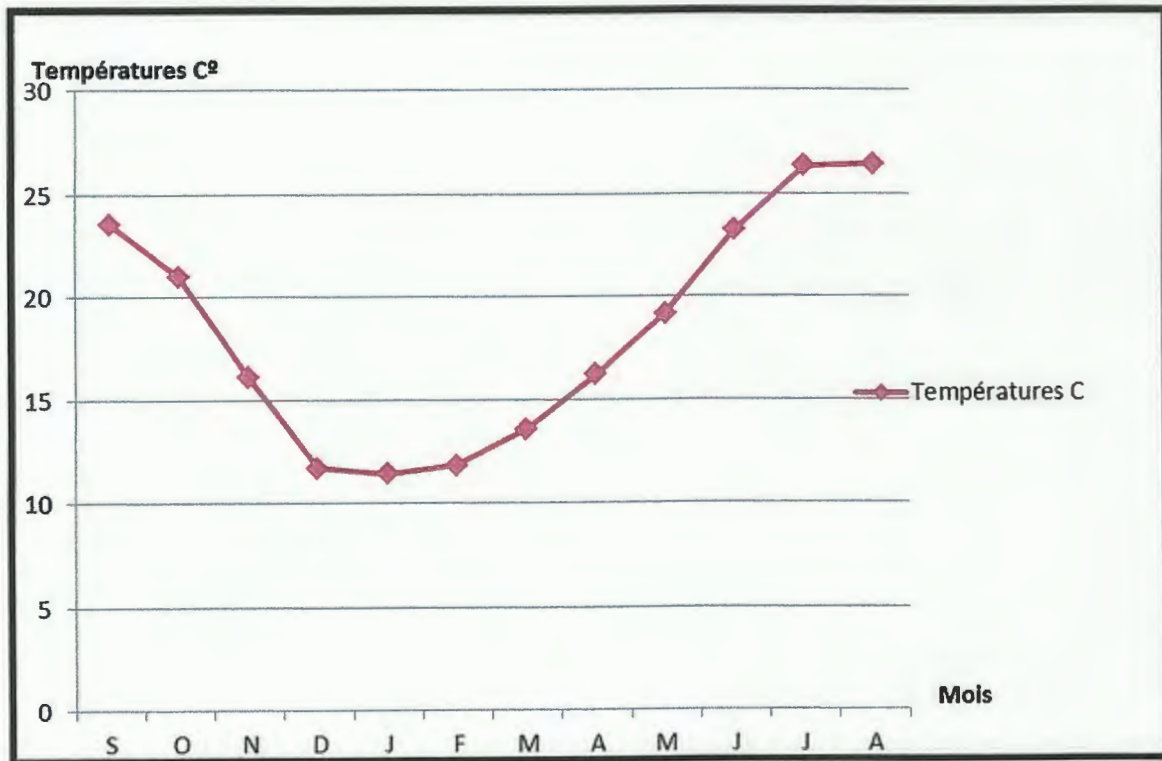


Fig. III.4 : Distribution des Température moyennes mensuelles (Station de Texenna, période 2002/2012)

2.2.3. Diagramme ombrothermique

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ($P = 2T$). Il a été développé par **GaussenH.** et **F.Bagnouis** pour mettre en évidence les périodes de sécheresse définies par une courbe des précipitations se situant en dessous de la courbe des températures. Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits d'un coup d'oeil du point de vue pluviosité (**Tekkouk, 2005**).

Tableau III.9 : Paramètres du diagramme Ombrothermique (Station de Texenna, période 2002/2012) (ANRH, 2014).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	40.1	137.5	221.6	264.4	169.7	119.2	109.2	77.5	60.5	15.7	8.1	5.2
T(°C)	23.57	21.04	16.09	11.72	11.43	11.85	13.59	16.21	19.17	23.24	26.36	26.44

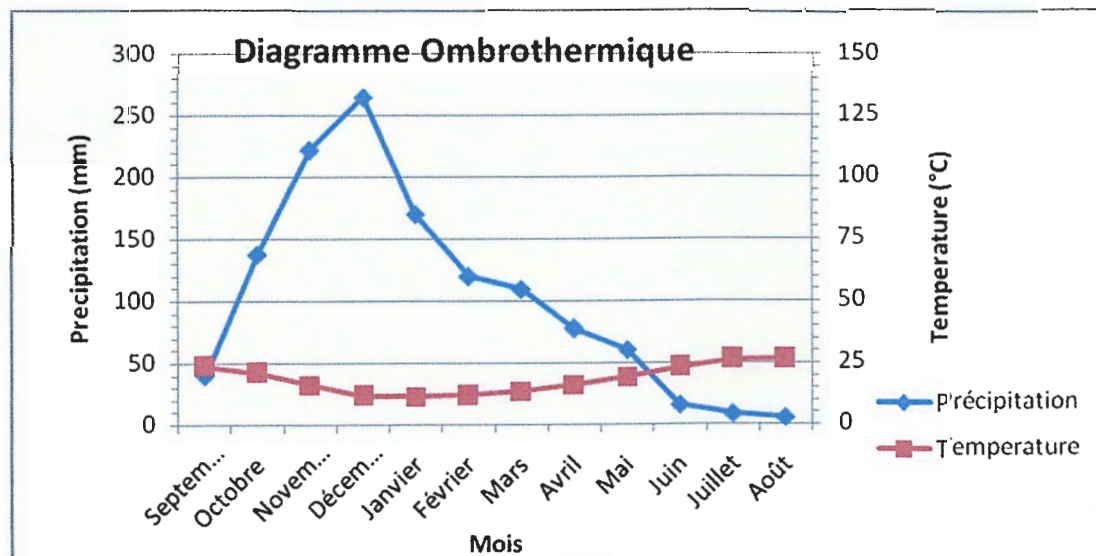


Fig.III.5: Diagramme Ombrothermique (Station de Texenna, Période 2002/2012)

A partir de ce diagramme on constate que la période de sécheresse s'étale de la fin du mois de Mai et atteint la mi-septembre.

2.2.4. Bilan hydrologique

L'établissement d'un bilan hydrologique est indispensable pour l'évaluation des réserves d'eau transmise ou emmagasinée dans une région. Il est représenté par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \dots\dots\dots [1]$$

Avec:

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

ETR : évapotranspiration réelle en mm.

R : Ruissellement en mm

I : infiltration en mm.

Wa : variation des réserves (négligeable).

2.2.4.1. Evapotranspiration potentielle

On calcule l'évapotranspiration potentielle (ETP), on utilisant la formule suivante établie par Thornthwaite:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{i} \right)^a \cdot K \dots\dots\dots [2]$$

Avec :

T : la température moyenne mensuelle par le truchement«i» (indice thermique mensuelle)
d'où :

$$i = \left\{ \frac{T}{5} \right\}^{1,514}$$

I: indice thermique annuel calculé selon la formule ci-après;

$$I = \sum_i^{12} i$$

K : coefficient d'ajustement de la formule de Thornthwaite en fonction de l'altitude.

$$a = 0,016I + 0,5$$

Le **tableau III.10** donne la répartition de l'évapotranspiration potentielle par la méthode de Thornthwaite,avec K facteurs de corrections par lesquelles il faut multiplier la valeur de ETP non corrigée pour obtenir l'évapotranspiration corrigée (Station de Texenna, période 2002/2012)

Tableau III.10 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (Station de Texenna, période 2002/2012).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
T°C	23.57	21.04	16.06	11.72	11.43	11.85	13.59	16.21	19.17	23.24	26.36	26.44	220.68
i	10.45	8.80	5.85	3.63	3.49	3.69	4.54	5.93	7.64	10.23	12.38	12.44	89.07
ETP non corrigée (mm)	103.62	83.34	49.62	27.10	25.82	27.68	36.00	50.51	69.70	100.88	128.48	129.23	831.98
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 corrigée (mm)	106.72	80.83	42.67	22.76	22.46	23.52	37.08	55.56	84.32	123.07	159.31	149.90	908.2

L'évapotranspiration potentielle calculée est de l'ordre de **908.2 mm**.

2.2.4.2. L'évapotranspiration réelle

Pour estimer l'évapotranspiration réelle, nous utilisons encore une fois la méthode de (Thornthwaite, 1944).

Lorsque les précipitations moyennes mensuelles (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle ; l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle ETR=ETP. Et lorsque le volume des précipitations mensuelles est inférieur à l'ETP, l'ETR sera égal Les précipitations plus toute partie de la RFU jusqu'à l'égaliser la valeur de l'ETP.

Si $P = ETR$, les précipitations sont juste suffisante pour alimenter le sol, il n'y aura pas de WS pour alimenter la RFU.

Dans ces calculs, Thornthwaite, 1944 admet l'utilisation d'une réserve en eau utile (RU) de 100mm. Si malgré l'apport de réserve facilement utilisable est toujours inférieur à l'ETP, à ce moment il existe un déficit agricole (DA).

$$DA = ETP - ETR \dots \dots \dots [3]$$

Si la réserve facilement utilisable est remplie, le reste va contribuer ce qu'on appelle le **Water-surplus (Ws)** (Kherrouba, 2008).

Tableau III.1: Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle (Station de Texenna, période 2002/2012).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
P	40.1	137.5	221.6	264.4	169.7	119.2	109.9	77.5	60.5	15.7	8.1	5.2	1229.4
ETP corrigée (mm)	106.72	80.83	42.67	22.76	22.46	23.52	37.08	55.56	84.32	123.07	159.31	149.90	908.2
P-ETP (mm)	-66.62	56.67	178.93	241.64	147.24	95.68	72.82	21.94	-23.82	-107.37	-151.21	-144.7	
RU (mm)	00	56.07	100	100	100	100	100	100	76.18	00	00	00	
ETR (mm)	40.1	80.83	42.67	22.76	22.46	23.52	37.08	55.56	84.32	91.88	8.1	5.2	514.48
DA (mm)	66.62	00	00	00	00	00	00	00	00	31.19	151.21	144.7	328.1
Ws (mm)	00	00	135.6	241.64	147.24	95.69	72.82	21.94	00	00	00	00	714.93

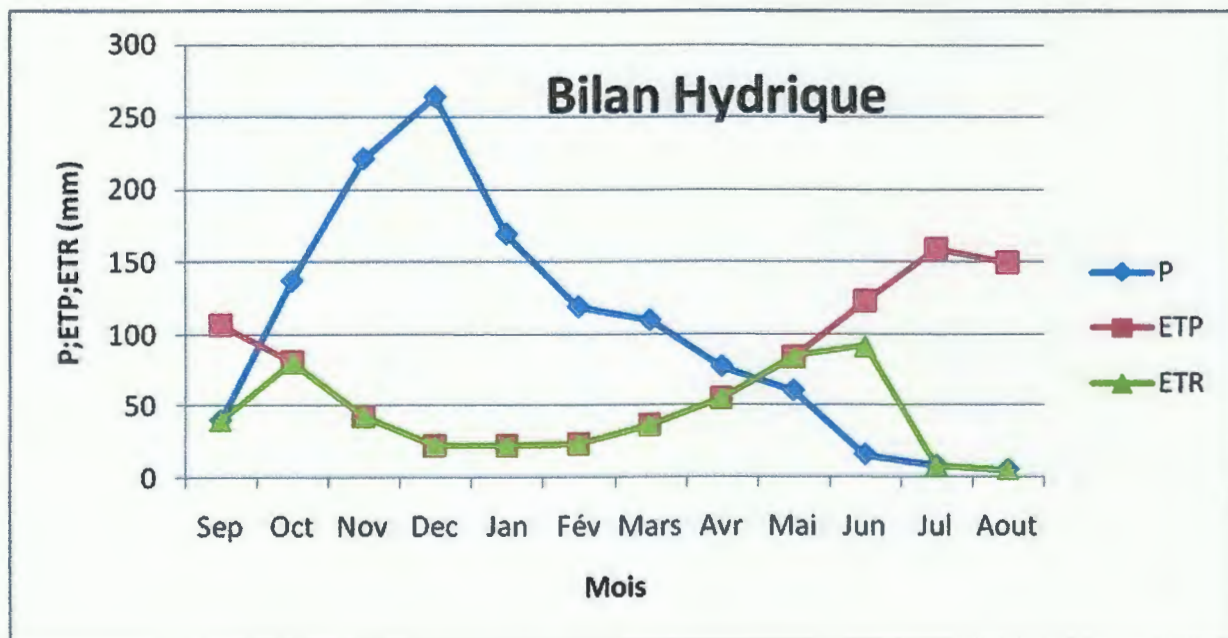


Fig.III.6: Bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite De la période 2002-2012, (Station de Texenna)

1) Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite

Le graphique de la *figure III.6* permet de faire les observations suivantes:

- Les hauteurs des précipitations atteignent leur maximum en Décembre, là où l'ETP corrigée atteint son minimum.
- Le déficit agricole s'étale au long de la période sèche de l'année.
- La constitution de la RU s'étend d'Octobre à Avril.

2) Exploitation du bilan hydrologique

Pour le calcul des ruissellements, et des infiltrations on utilise :

Evapotranspiration potentielle : ETP= 908.2mm.
 Précipitations moyennes annuelles P= 1229,4mm.
 Lame évapotranspirée : ETR= 414.48mm.

a. Ruissellements (R)

On utilise la formule de Romant Chuk:

$$R = \frac{P^3}{3} \dots\dots\dots [4]$$

$$R = \frac{(1229,4)^3}{3} \Rightarrow R = 619,381mm$$

L'application numérique de la formule donne un ruissellement égal à **0,619 m** ou encore **619,38 mm**, soit environ **50,38 %** des précipitations.

b. Infiltration (I)

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

Avec :

Δw : lames des variations des réserves de la nappe (mm) (négligeable).

L'application numérique de la formule donne :

$$1229,4 = 514,48 + (619,381 + I)$$

$$I = 1229,4 - 1133,861 \Leftrightarrow I = 95,539mm$$

$\Rightarrow I = 7,77\%$ des précipitations.

III.3. Hydrogéologie

D'après les études déjà effectuées (géologie et caractères lithologiques) sur la région d'étude, deux unités hydrogéologiques ou systèmes aquifères bien nets apparaissent. En effet ces deux systèmes sont : a-Système aquifère supérieur ou amont. b-Système aquifère inférieur ou aval (Mirouh *et al.*, 2013):

- a) **Système aquifère amont:** constitué par les formations des olistostromes du Socle Kabyle et les formations de type flysh. Ce caractérise par la perméabilité de ses formations, l'abondante fracturation et les joints assurent un rôle hydrologique important.
- b) **Système aquifère aval:** il englobe la partie aval du bassin. Les formations sont de nature détritique.

Les caractéristiques physiques des roches n'étant pas les mêmes dans les deux systèmes, aussi bien l'amont comme l'aval de la région ont chacun un comportement propre vis-à-vis de l'eau (Tekouk, 2005).

Dans notre région d'étude le seul système qui apparait c'est le système aquifère supérieur. On peut aussi l'appeler aquifère des roches à perméabilité en grand, ou réservoir à porosité de fractures. Il s'agit du réservoir qui constitue toute la partie amont de la région d'étude. Il constitue par les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle, les olistostromes, les formations cristallophylliennes du socle Kabyle, les formations de type flyschs (maurétanéen et massylien), et les formations du flysch numidien. Ce type de réservoir se caractérise essentiellement par la perméabilité en grand de ses différentes formations.

L'abondante fracturation (macro-fissures, microfissures, et diaclases), les plans de schistosité, et les joints de stratification des différentes formations géologiques assurent un rôle hydrologique très important dans ces lieux. Ils peuvent en certains endroits provoquer des pertes totales (Tekkouk, 2005).

Les formations de la nappe alluviale (graviers, sables, terrasses...) jouissent d'une bonne perméabilité, les eaux y circulent facilement.

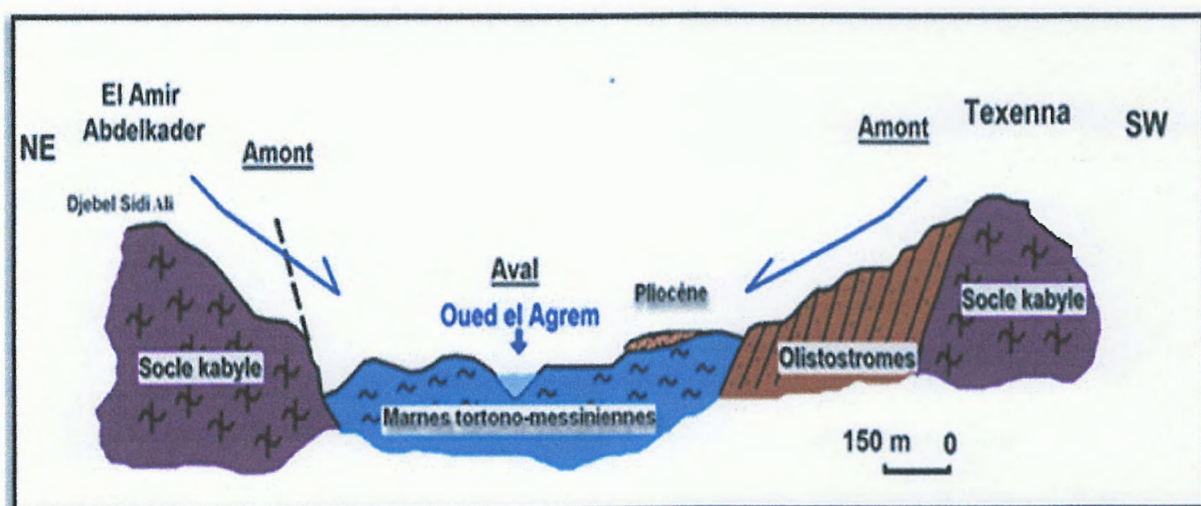


Fig. III.7: Relation Amont -aval des systèmes aquifères du sous bassin versant d'El Agrem.

III.4. Conclusion

Après cette étude hydrologique et hydrogéologique nous avons estimé qui suit :

- ✓ la région d'étude est caractérisée par un climat humide avec une température moyenne de **18,39°C**, les précipitations annuelles sont de l'ordre de **1229,4mm** ; **50,38 %** de ces précipitations sont des ruissellements, et **7,77%** de ces précipitations sont en forme des infiltrations.
- ✓ La quantité importante des précipitations joue un rôle primordial dans l'accélération des mouvements de terrain. Elle contribue remarquablement à l'alimentation des nappes aquifères.
- ✓ L'infiltration est importante, elle est de l'ordre de **95,53 mm** d'où l'importance de son rôle dans l'instabilité de la zone étudiée, que se soit par l'alimentation des nappes ou par gonflement des sols fins imperméables. on n'oublie pas le rôle du ruissellement, surtout en cas de forte crue, ce qui dérange leurs stabilités.

Les facteurs hydrologiques et hydrogéologiques jouent un rôle important dans la dynamique des zones instables de la région d'étude.

Chapitre IV
Etude géotechnique
et Etude de stabilité

IV.1. Site du premier glissement de terrain (PK 1+200)

IV.1.1 Situation géographique

Le site du premier glissement se trouve dans la partie Est du village de Djimla, localisé en aval de la RN105 au Pk 1+200.

Le terrain est situé sur les hauteurs du versant de Sidi Bouaza, présentant une pente élevée de l'ordre 30 à 40 %, inclinée vers le Nord.

IV.1.2. Caractéristiques géologiques du site étudié

Il convient tout d'abord de signaler que le site étudié est représenté essentiellement par des formations telliennes (Marnes à boules jaunes, Calcaires) d'âge Lutétien à Préabonien.

IV.1.3. Campagne de reconnaissance géotechnique

La Société d'Etudes Techniques de Sétif (S.E.T. Sétif) en 2013, a effectué une campagne de reconnaissance géotechnique sur le site (PK 1+200). Cette campagne a porté sur la réalisation de :

- Un sondage carotté d'une profondeur moyenne de 20 m environ, noté SC01 implanté sur la rive gauche de la RN105 en allant de Djimla vers Fedoules.
- Deux (02) essais au pénétromètre dynamique noté *PDL1* et *PDL2*, implantés respectivement, le *PDL2* à droite du sondage carotté, le *PDL1* sur la rive gauche de la RN105 à 30 m environ de *PDL2*.
- Pose d'un Piézomètre au niveau du sondage carotté (SC01 RN105 PK1+200)

La carte ci-dessous représente l'implantation des différents essais de reconnaissance (*Fig.IV.1*).

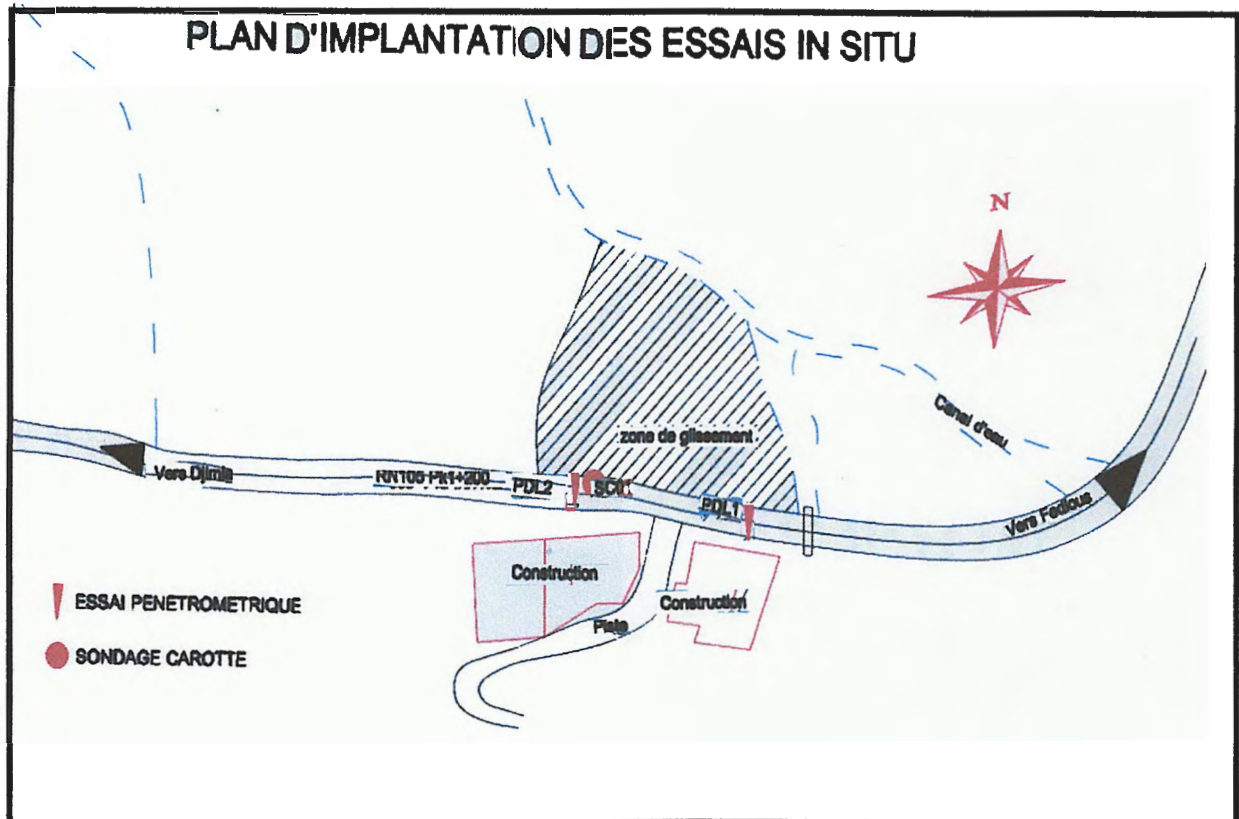


Fig.IV.1: Carte d'implantation des différents sondages de reconnaissance dans le site Pk 1+200

3.1. Les essais in-situ

1) Sondage carotté

Le sondage carotté réalisé par S.E.T. Sétif (2013) nous a permis de mettre en évidence les formations suivantes :

Tableau IV.1: la lithologie avec les profondeurs du sondage SC01 RN 105 PK 1+200 (S.E.T. Sétif, 2013)

Sondage	SC01 RN105 PK 1+200
Profondeur	Lithologie
00,00 – 04,00 m	Remblai
04,00 – 09,00 m	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre
09,00 – 20,00 m	Marne

3.2. Essais de laboratoire

1) Les propriétés physiques

Les valeurs des principaux paramètres physiques mesurés par S.E.T Sétif (2013) pour les formations rencontrées sont représentées dans le **tableau IV.2** :

Tableau IV.2: Valeurs des principaux paramètres physiques des sols (S.E.T. Sétif, 2013)

Sondage	Sondage SC01 RN105 PK 1+200		
	4,00/5,20	5,50/6,00	9,00/9,80
Profondeur (m)			
Nature lithologique	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Marne
Teneur en eau w (%)	14,25	17,26	13,92
Densité sèche γ_d (t/m ³)	1,79	1,65	1,77
Densité humide γ_h (t/m ³)	2,04	1,93	2,02
Degré de saturation S_r (%)	79	75	75

Interprétation des résultats

a) La teneur en eau naturelle (W) et degré de saturation (S_r)

Tableau IV.3 : Classification des sols suivant la teneur en eau naturelle

W nat. (%)	Etat
01-25	Légèrement humide
25-50	Humide
50-75	Mouillé
75-90	Détrempé
100	Saturé

Pour l'Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre :

$$W = 17,26 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = 79 \%$$

Pour le Marne :

$$W = 13,92 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = 75 \%$$

D'après les résultats obtenus, on peut dire que les sols rencontrés sont dans un état légèrement humide.

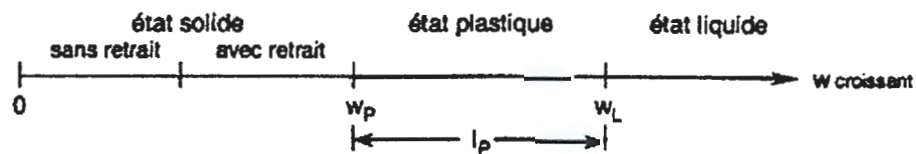
b) Densité sèche (γ_d) et densité humide (γ_h)

$$1,65 < \gamma_d < 1,79 \text{ t/m}^3$$

$$1,93 < \gamma_h < 2,04 \text{ t/m}^3$$

Les valeurs des densités obtenues indiquent que nous sommes en présence d'un sol à une densité traduisant un état moyennement dense à dense.

c) Limites d'Atterberg



Le tableau ci-dessous indique les degrés de plasticité d'un sol.

Tableau IV.4 : Classification des sols suivant l'indice de plasticité

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

Les résultats obtenus sont représentés dans le **tableau IV.5:**

Tableau. IV.5: Les valeurs des limites d'Atterberg (S.E.T. Sétif , 2013)

Sondage	SC01 RN105 PK 1+200		
	4,00/5,20	5,50/6,00	9,00/9,80
Profondeur (m)			
Nature lithologique	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Marne
W _L (%)	52,97	54,79	39,12
W _P (%)	25,38	24,24	19,80
I _p (%)	27,59	30,56	19,80
I _C	1,40	1,23	1,27

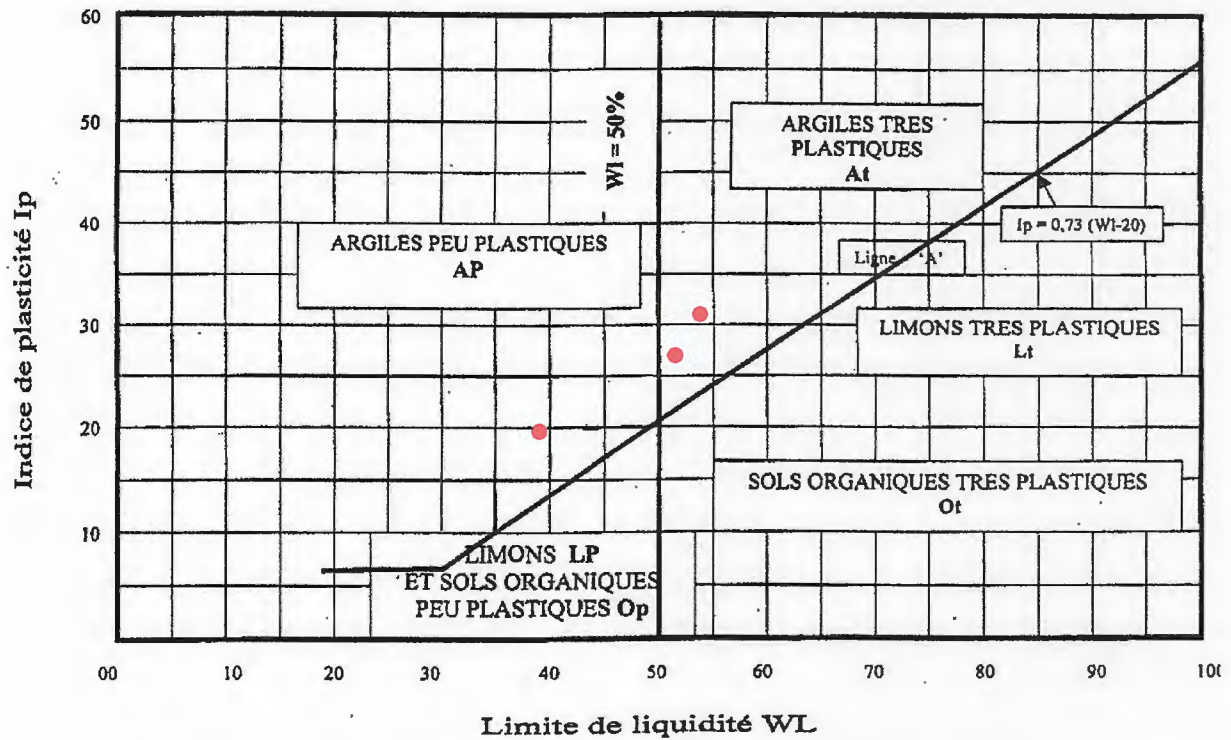


Fig.IV.2 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande

Selon le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, le sol est classé dans la catégorie des argiles peu plastiques à très plastique avec une consistance dure.

2) Les propriétés mécaniques

a) Essai de cisaillement rectiligne

Les échantillons sont testés à la boîte de Casagrande (Essai de cisaillement type non consolidé non drainé et l'essai de cisaillement consolidé non drainé). Les valeurs obtenues sont représentées dans le **tableau IV.6** :

Tableau IV.6: Valeurs des caractéristiques intrinsèques (c) et (φ) (S.E.T Sétif , 2013)

Sondage		SC01 RN105 PK 1+200		
		4,00/5,20	5,50/6,00	9,00/9,80
Profondeur (m)		4,00/5,20	5,50/6,00	9,00/9,80
Nature lithologique		Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	Marne
Cisaillement Court terme	Cuu (bars)	0,31	0,30	0,18
	φuu (°)	17,72	15,30	14,36
Cisaillement Long terme	Cu (bars)	0,22	0,17	0,18
	φu (°)	8,53	7,46	7,35

Les valeurs des cohésions (C) obtenues sont assez faibles. Quant aux angles de frottement internes sont élevées et sont en rapport avec l'état induré des sols. Les valeurs extrêmes sont:

Pour L'argile limoneuse à graveleuse jaunâtre :

$$\varphi = 8,53^\circ$$

$$C = 0,30 \text{ bars}$$

Pour les marnes :

$$\varphi = 15^\circ$$

$$C = 0,18 \text{ bars}$$

Ces résultats sont caractéristiques d'un sol cohérent, et moyennement à fortement résistant au cisaillement dont son état est plastique à ferme.

b) Essais de compressibilité à l'oedomètre

Les résultats obtenus sont exprimés dans le *tableau IV.7* :

Tableau IV.7: Valeurs d'essai de compressibilité (S.E.T Sétif , 2013)

Sondage		SC01 RN105 PK 1+200	
Profondeur (m)		4,00/5,20	9,00/9,80
Essai Oedométrique	P _c (bars)	3,63	4,87
	C _c (%)	10,89	27,02
	C _g (%)	2,22	4,91

A partir du tableau on a :

Pression de consolidation (**Pc**) : $3,63 \leq \mathbf{Pc} \leq 4,87 \text{ bars.}$

Coefficient de compressibilité (**Cc**) : $10,89 \leq \mathbf{Cc} \leq 27,02\%.$

Coefficient de gonflement (**Cg**) : $2,22 \leq \mathbf{Cg} \leq 4,91 \%.$

Selon ces résultats ces sols sont classés dans la catégorie des sols **surconsolidés, moyennement compressibles, et faiblement gonflants.**

3) Analyses chimiques

Un certain nombre d'échantillons de sol a été soumis à des analyses chimiques par le S.E.T. Sétif afin de mesurer le potentiel d'ions agressifs présents dans le terrain. Les résultats d'analyse chimique des sols du site sont donnés dans le *tableau IV.8*:

Tableau. IV.8: Résultats des analyses chimiques (S.E.T Sétif , 2013)

Sondage №	Profondeur en (m)	pH	% chlorures	%SO4
<i>Sondage SC01 RN105 PK 1+200</i>	4,00 – 5,20	7,48	0,3329	Trace

Selon la norme *NF P 18-011 (juin 2009)*.L'échantillon est classé comme suit :

Spécification Sulfates mg/kg	Classe d'agressivité	Niveau de protection
$\geq 2000 \text{ et } \leq 3000$	XA1 Environnement à faible agressivité chimique	Pas de recommandation particulière

Et selon la DTR BE1.3 :

PH > 7 donc non agressive et pas de recommandations particulières.

IV.2.4. Etude de Stabilité

Les études géologiques de terrain nous ont permis de relever plusieurs zones instables, particulièrement après la quantité de pluies et de neiges dans la région au cours des dernières années (2011-2012) notamment celles où se sont déclarés les glissements de terrain qui se trouvent dans la partie Est du village de Djimla le long de la route nationale 105, reliant Jijel à Mila.

- Le site instable est caractérisé par des désordres de type escarpements principal et secondaires et par des fissures de traction et de cisaillement.
- C'est un glissement d'ampleur moyenne de l'ordre de 60m de largeur et présente une pente raide.
- La surface de rupture est déjà dessinée soumise à un mouvement de reptation, s'orientant vers le ravin.
- Le corps de glissement est jonché de remblai au sommet de talus, sous les quels des argiles limoneuses à graveleuses, reposant sur des marnes schisteuses en profondeur.

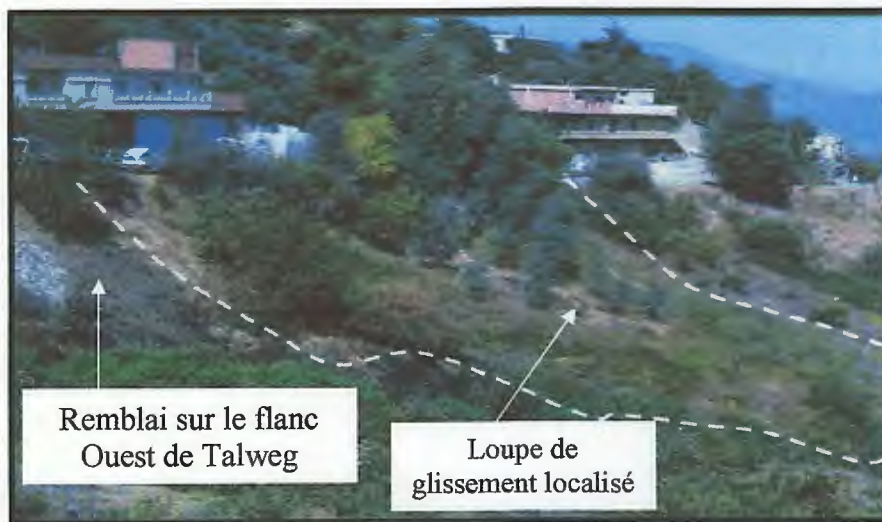


Photo IV.1 : Vue de l'ensemble du site de glissement à l'Est

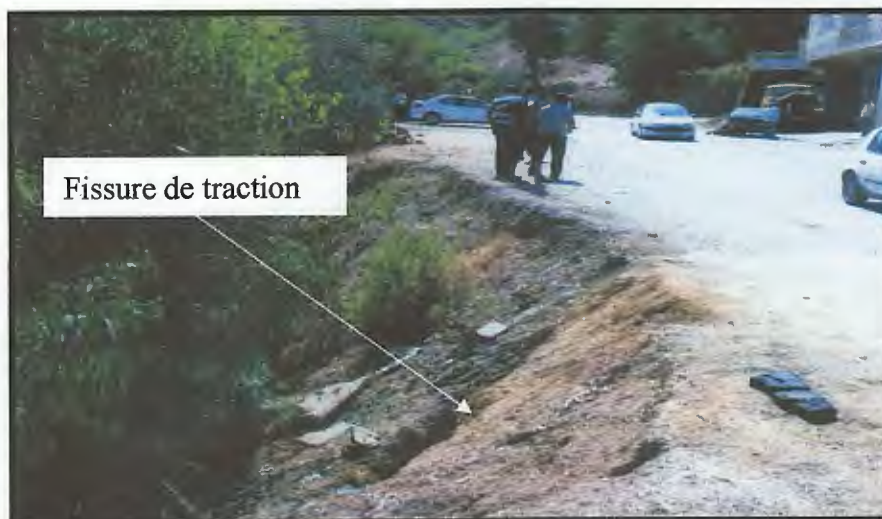


Photo V.2 : Niche d'arrachement avec un rejet de 1 à 2 m

IV.2.4.1. Principaux facteurs du glissement

Les facteurs ayant engendrés la rupture du talus sont :

- L'action de la surcharge de talus au sommet par le remblai, ainsi que les infiltrations des eaux à travers ce remblai, les teneurs en eau sont légèrement élevées ont nuis la stabilité de talus sous le poids supplémentaire qui agit comme facteur principale aggravant, modifiant ainsi l'équilibre du site.
- Le remblai a formation argileuse, ce qui modifie les conditions d'eau souterraine et par conséquent la stabilité du talus où il augmente généralement l'inclinaison du talus, ce qui diminue le coefficient de sécurité.
- Nature géologique du terrain.
- Infiltrations des eaux de pluies conduisant à un lessivage des particules argileuses et favorisant les phénomènes d'altération.
- Ruissellement diffus et infiltrations des eaux souterraines.
- Stagnation des eaux pluviales sur la crête du glissement.
- La présence d'une couverture quaternaire (manteau d'altération) sur un substratum imperméable est un facteur indubitable de genèse de mouvement.
- La pente du terrain (de 30 à 40 %).

IV.2.4.2. Simulation numérique par le logiciel Géo-Slope :

Dans nos calculs de stabilité, nous avons utilisé le logiciel *Géo-Slope*, ce dernier utilise la théorie de l'équilibre limite basée sur la méthode des tranches utilisée par Féliinius, Bishop et Janbu.

Les données utilisées par ce logiciel de calcul sont :

- La géométrie du versant : profil topographique, disposition géométrique de différentes couches lithologiques, une fois introduites, ces données constituent le schéma de base pour le calcul automatique.
- Les caractéristiques géotechniques des sols constituant le versant (c_i , φ_i et γ_i).
- Les données hydrauliques : concernant le régime hydraulique et le niveau piézométrique rencontré.

Tableau IV.9: Caractéristiques des couches constituant le 1^{er} site

Matériaux	δ_h (Kn/m ³)	C (Kpa)	φ (°)
Remblai	21	10	10
Argile limoneuse à graveleuse jaunâtre	20.4	22	8.53
Marne	20.2	18	15

Tableau IV.10: Valeurs du Coefficient de sécurité F_s

F_s /Méthode de calcul	1 ^{er} glissement
Féliinius	0.936
Bishop	0.998
Janbu	0.878

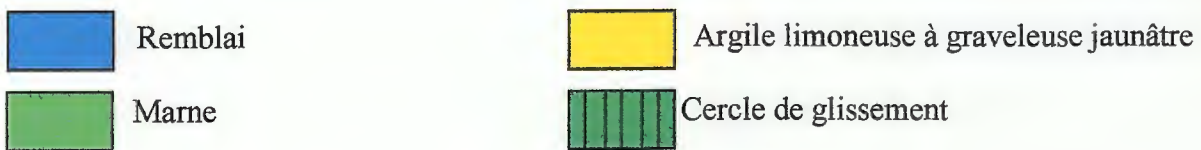
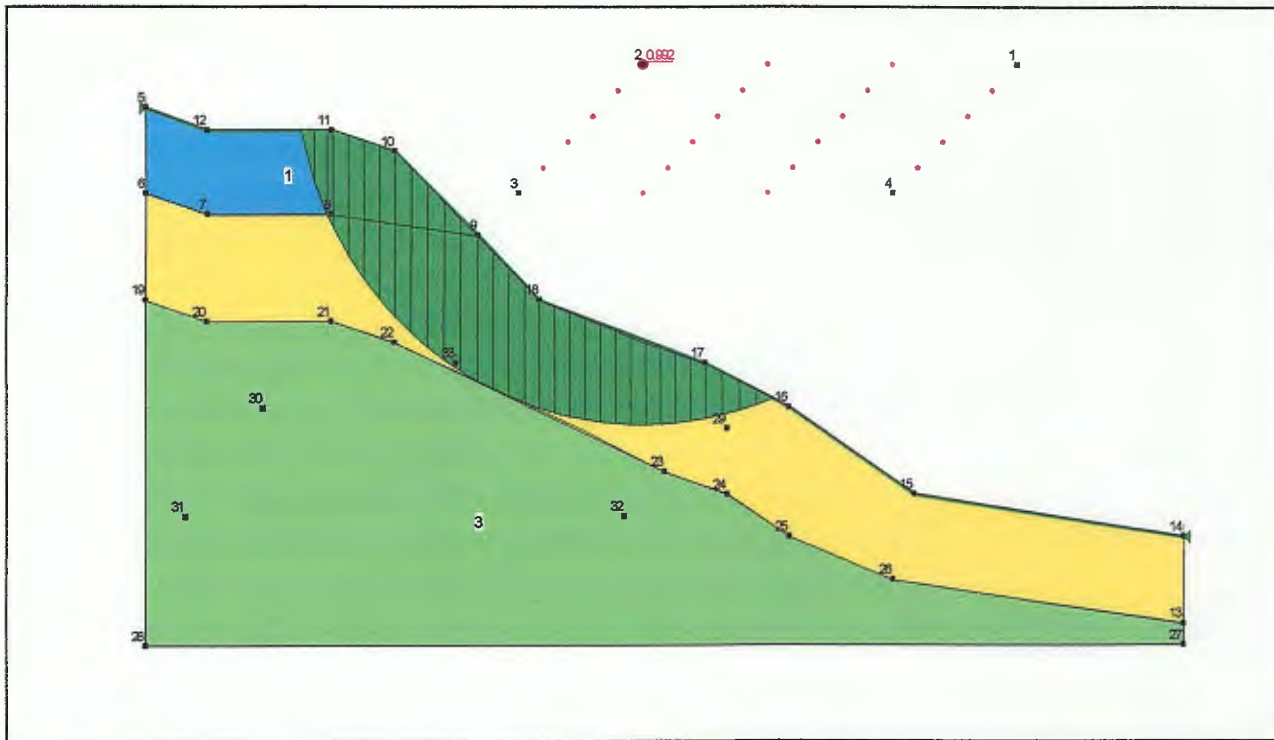


Fig.IV.3: Etude de stabilité du premier glissement

D'après les résultats obtenus par le logiciel Géo-Slope :

$$F_s < 1$$

On peut dire que le talus est instable. Il faut le conforter.

IV.2.4.3. Confortement de glissement de terrain

Ce glissement de terrain peut conforter de manière suivante :

- Construction d'un ouvrage souple en aval, de type mur en gabions ou rigide en béton armé après les terrassements des remblais existants :

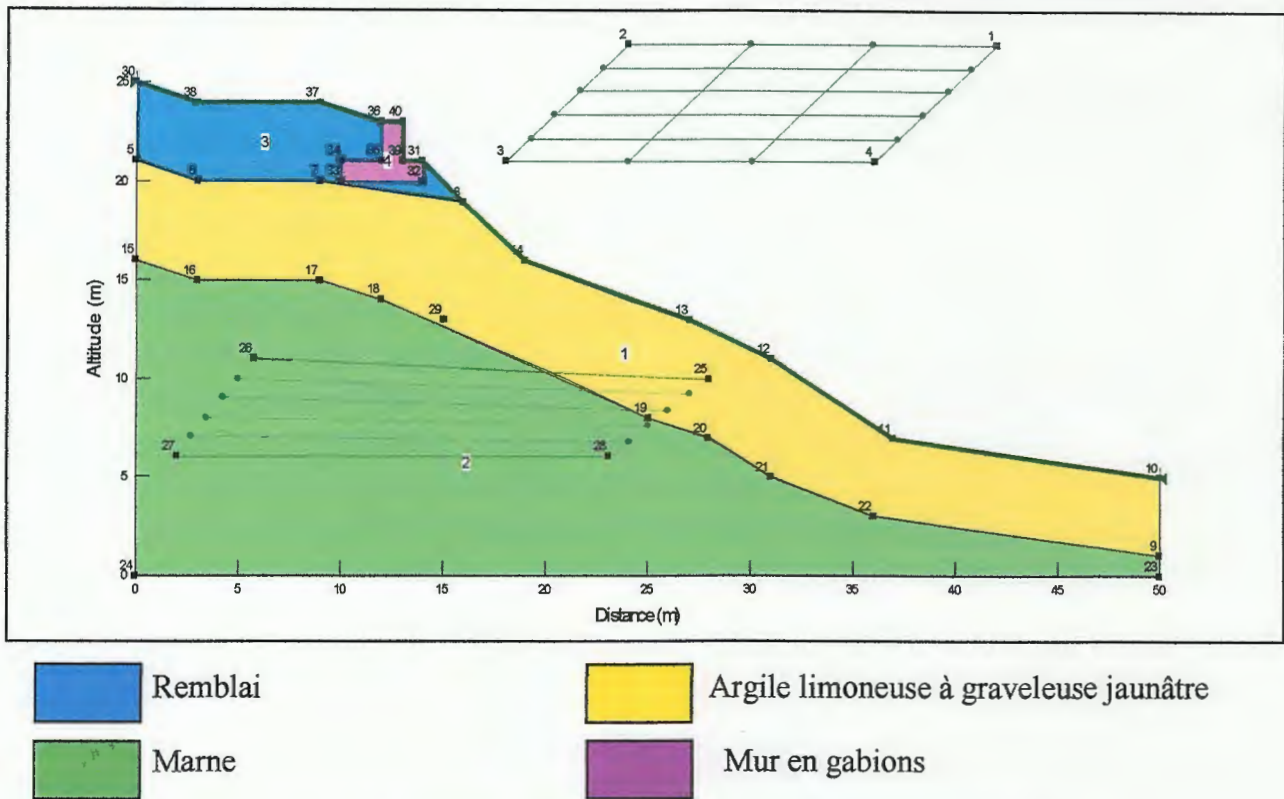


Fig. V.4: Etude de stabilité du premier glissement après confortement.

Tableau IV.11: Valeurs du Coefficient de sécurité F_s , après confortement

F_s /Méthode de calcul	1 ^{er} glissement
Féllinius	1.372
Bishop	1.394
Janbu	1.368

On remarque l'augmentation du Coefficient de sécurité après le confortement, le talus reste douteux. Mais après les autres dispositifs de confortement comme le drainage et le reboisement, le talus devient stable.

- Drainage des eaux de ruissellement et les eaux pluviales au sommet du talus afin d'éviter l'occurrence de ravinement, de l'érosion verticale ou de l'infiltration dans le sol ;
- Capter toutes les eaux de surface et les canaliser dans une tranchée ;
- La réalisation d'un fossé bétonné assez profond côté amont de la route ;
- Protection superficielles (reboisement après une bonne stabilisation d'ensemble) ;
- Eviter les dépôts de remblai sur les flancs du thalweg qui accentuent le mouvement ;
- Eviter de charger les versants par des remblais qui accentuent les mouvements de terrain.

IV.2. Site du deuxième glissement de terrain

IV.2.1. Situation géographique

Le site du deuxième glissement se trouve à l'Est du village de Djimla, localisé sur la rive droite de la RN 105 entre Djimla et Fedoules au PK 4+500.

Le terrain est situé sur les hauteurs du versant de Djbel Sidi Bouaza, présentant une pente élevée inclinée vers le Nord.

IV.2.2. Caractéristiques géologiques du site étudié

Il convient tout d'abord de signaler que le site de glissement est représenté essentiellement par des formations quaternaires (Argiles à blocs de grès numidien).

IV.2.3. Campagne de reconnaissance géotechnique

La Société d'Etudes Techniques de Sétif (S.E.T.Sétif) en 2013, a effectué une campagne de reconnaissance géotechnique sur le site (PK 4+500). La campagne de reconnaissance a porté sur la réalisation de :

- Un sondage carotté de reconnaissance d'une profondeur moyenne de 10m environ, noté SC01 implantés sur la rive Gauche de la RN105 en allant de Djimla vers Fedoules.
- Deux (02) essais au pénétromètre dynamique noté *PDL1* et *PDL2*, implantés Respectivement, le *PDL2* au droit de sondage carotté, le *PDL1* au pied de talus amont de la RN105 à 25m environ de *PDL2*.

La carte ci-dessous représente l'implantation des différents essais de reconnaissance (*Fig.IV.5*).

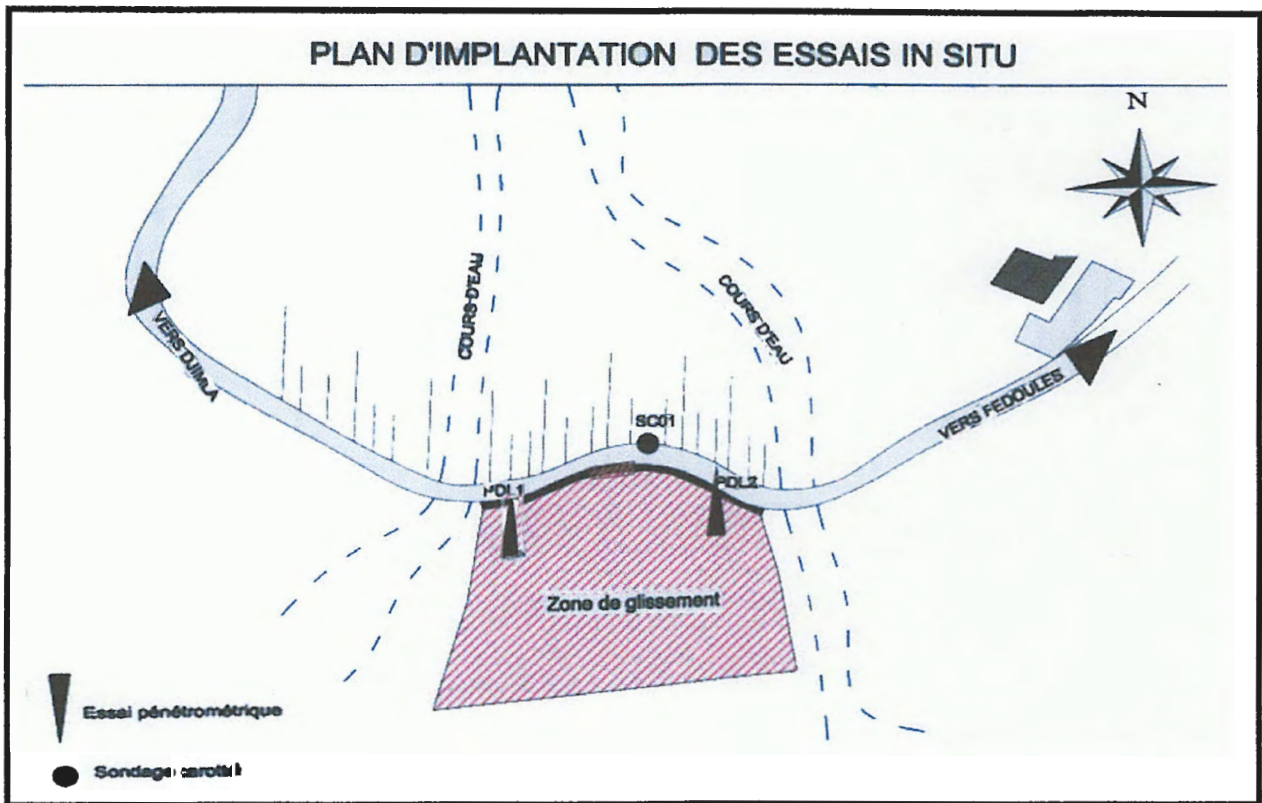


Fig.IV.5: Carte d'implantation des différents sondages de reconnaissance dans le site PK 4+500

3.1. Les essai in-situ

1) Sondages carottés

Le sondage carotté réalisé par S.E.T.Sétif (2013) nous a permis de mettre en évidence les formations suivantes :

Tableau IV.12: la lithologie avec les profondeurs du sondage SC01 RN105 PK 4+500 (S.E.T.Sétif, 2013)

Sondage	SC01 RN105 PK 4+500
Profondeur	Lithologie
00,00 – 02,50 m	Remblai
02,50 – 10,00 m	Argiles limono-sableuses avec des blocs de grés

3.2. Essais de laboratoire

Il était impossible d'extraire des échantillons intacts pour effectuer des analyses au laboratoire, pour la raison de la nature pulvérulente du sol en place.

Toutefois, le S.E.T. Sétif a réalisé quelques essais d'identification sur les échantillons remaniés, et ont donné les résultats suivants :

Formation argiles limono-sableuses avec des blocs de grés

- Le S.E.T.Sétif a estimé un angle de frottement interne (φ) de l'ordre de 10° à 20° et une cohésion (C) de l'ordre 0,3 à 0,6 bars.

Limites d'Atterberg

Les résultats sont représentés dans le *tableau IV.13*:

Tableau. IV.13: Les valeurs des limites d'Atterberg (S.E.T. Sétif , 2013)

Sondage	Sondage SC01 RN105 PK 4+500
Profondeur (m)	2,00/3,50
W _L (%)	45,53
W _P (%)	23,25
I _p (%)	22,27

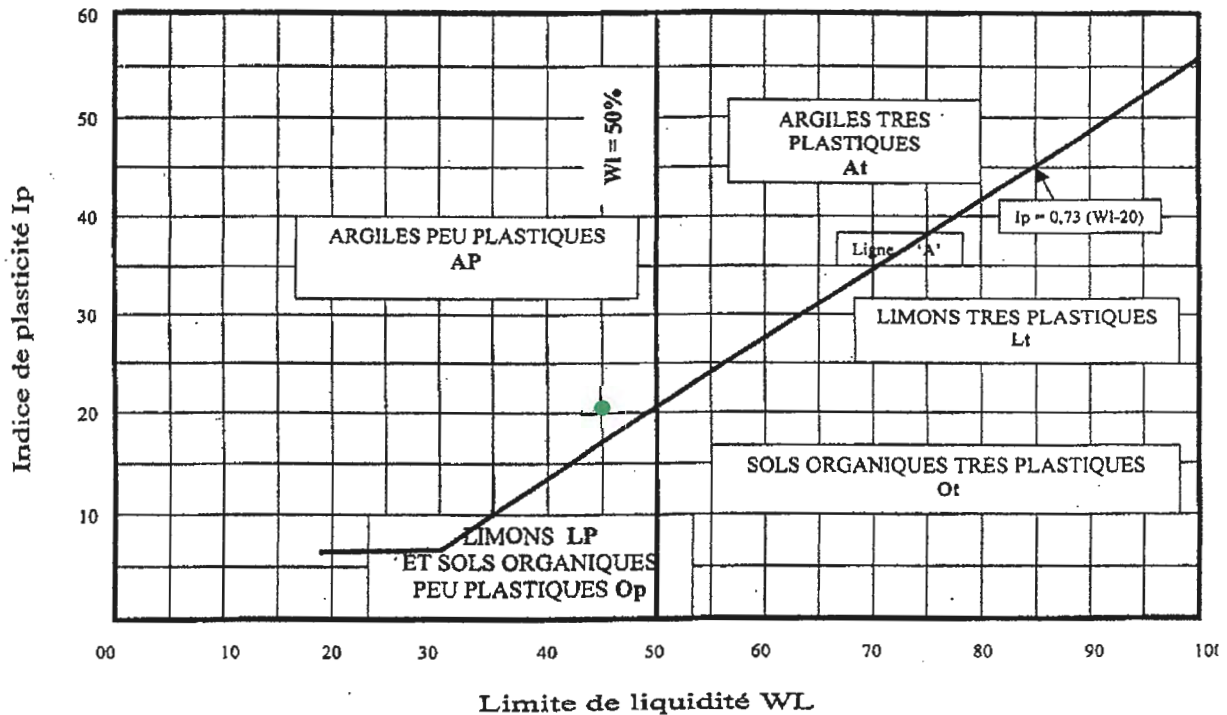


Fig.IV.6 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande.

D'après cette classification on peut dire qu'on est en présence d'une argile peu plastique. L'indice de consistance I_c indique que cette formation est consistante.

Analyses chimiques

Un certain nombre d'échantillons de sol a été soumis à des analyses chimiques par le bureau d'études S.E.T. Sétif afin de mesurer le potentiel d'ions agressifs présents dans le terrain. Les résultats d'analyse chimique des sols du site sont donnés dans le *tableau IV.14*:

Tableau. IV.14: Résultats des analyses chimiques (S.E.T. Sétif , 2013)

Sondage N°	Profondeur en (m)	pH	% chlorures	%SO4
<i>Sondage SC01 RN105 PK 4+500</i>	2,00 / 3,50	8,05	0,3496	Néant

Selon la norme *NFP 18-011 (juin 2009)*. L'échantillon est classé comme suit :

Spécification Sulfates mg/kg	Classe d'agressivité	Niveau de protection
≥ 2000 et ≤ 3000	XA1 Environnement à faible agressivité chimique	Pas de recommandation particulière

Et selon la DTR BE1.31 :

PH > 7 donc non agressive et pas de recommandations particulières.

IV.2.4. Etude de Stabilité

Les études géologiques de terrain nous ont permis de relever plusieurs zones instables, particulièrement après la quantité de pluies et de neiges dans la région au cours des dernières années (2011-2012) notamment celles où se sont déclarés les glissements de terrain qui se trouvent dans la partie Est de la ville de Djimla le long de la route nationale 105 (un glissement localisé sur la rive droite de la RN 105 en allant de Djimla vers Fedoules au PK 4+500).

- Le corps de glissement est constitué des éboulis à blocs enveloppé dans une matrice argileuse près d'une surface libre en pente, tend à se mettre en mouvement sous l'influence de son poids (fluage) ou par infiltration des eaux pluviales qui modifient les caractéristiques géologiques et géotechniques du sol.



Photo IV.7: Effondrement de mur gabion et éboulement au niveau de talus



Photo IV.8: Surface topographique bosselée(20013)



Photo IV.9: Surface fissurée

IV.2.4.1. Principaux facteurs du glissement

Les facteurs ayant engendrés la rupture du talus sont :

- Le site est localisé entre deux ravins versant, sur un terrain représentant une pente topographique élevée.
- Les terrassements effectués lors de la réalisation de l'ouvrage mur gabion existant ainsi que lors de terrassement de la RN105.
- Pente de talus raide.
- Nature géologique du terrain.
- Ruissellement diffus et infiltrations des eaux pluviales.
- Stagnation des eaux pluviales sur la crête du talus.

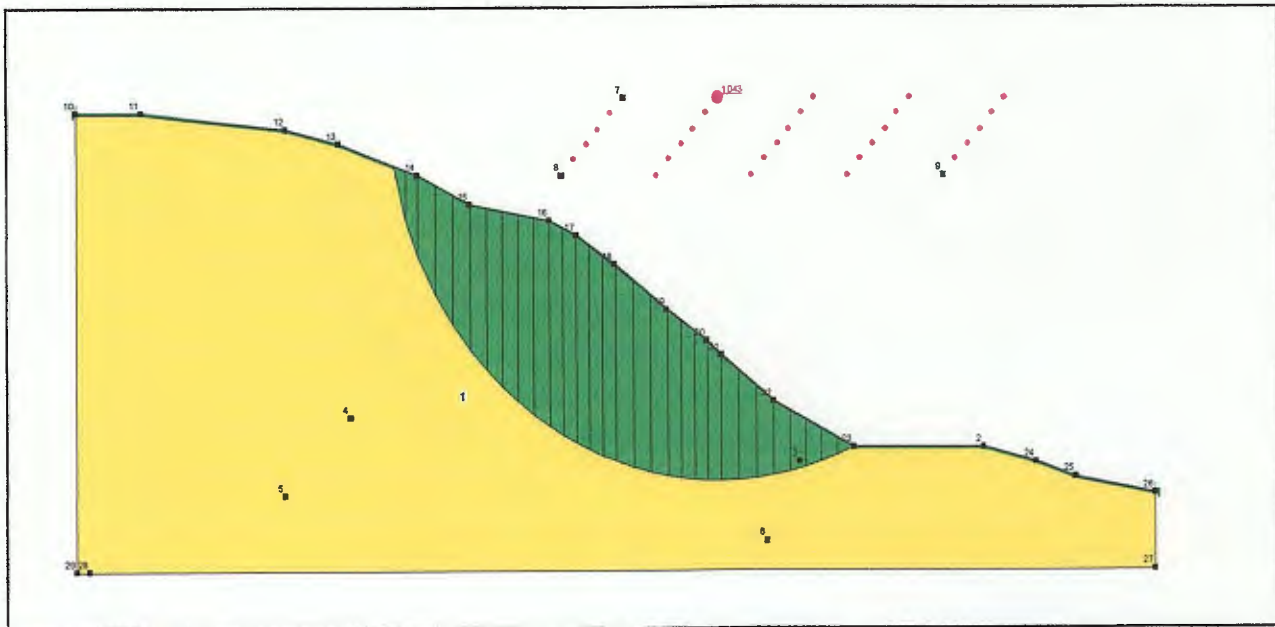
IV.2.4.2. Simulation numérique par le logiciel Géo-Slope :

Tableau IV.15: Caractéristiques des couches constituant le 2^{ème} site

Matériaux	δ_h (Kn/m ³)	C (Kpa)	ϕ (°)
Remblai	21	10	10
Argiles limono-sableuses avec des blocs de grès	20.4	22	8.53

Tableau IV.16: Valeurs du Coefficient de sécurité F_s

F_s /Méthode de calcul	2 ^{ème} glissement
Féllinius	0.989
Bishop	1.043
Janbu	0.979



Argiles limono-sableuses avec des blocs de grès
 Cercle de glissement

Fig.V.10: Etude de stabilité du 2^{ème} glissement

D'après les résultats obtenus par le logiciel Géo-Slope :

$$1 < F_s < 1,5$$

On peut dire que le talus est douteux. Il faut le conforter.

IV.2.4.3. Confortement de glissement de terrain

Les dispositifs confortatifs que l'on peut adopter afin de restaurer la stabilité du talus sont :

➤ **Dispositifs de drainage**

- Drainage des eaux de ruissellement et les eaux pluviales au sommet du talus a fin d'éviter l'occurrence de ravinement, de l'érosion verticale ou de l'infiltration dans le sol ;
- Capter toutes les eaux de surface et les canaliser dans une tranchée ;
- Eviter les ruissellements diffus d'une infiltration dans la zone instable

➤ **Action mécanique**

- Construction d'un ouvrage souple, de type mur en gabions ou rigide en béton armé.
- Réalisation de remblais derrière les soutènements avec des matériaux de qualité et un compactage adéquat.

Les caractéristiques géotechniques à prendre en considération pour la construction d'un mur de soutènement sont :

$$\gamma_h = 2.1 \text{ t/m}^3 ; \quad 0.3 \leq C_{uu} \leq 0.6 \text{ bars} ; \quad 10^\circ \leq \varphi_{uu} \leq 20^\circ$$

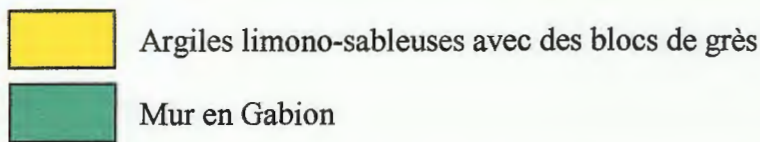
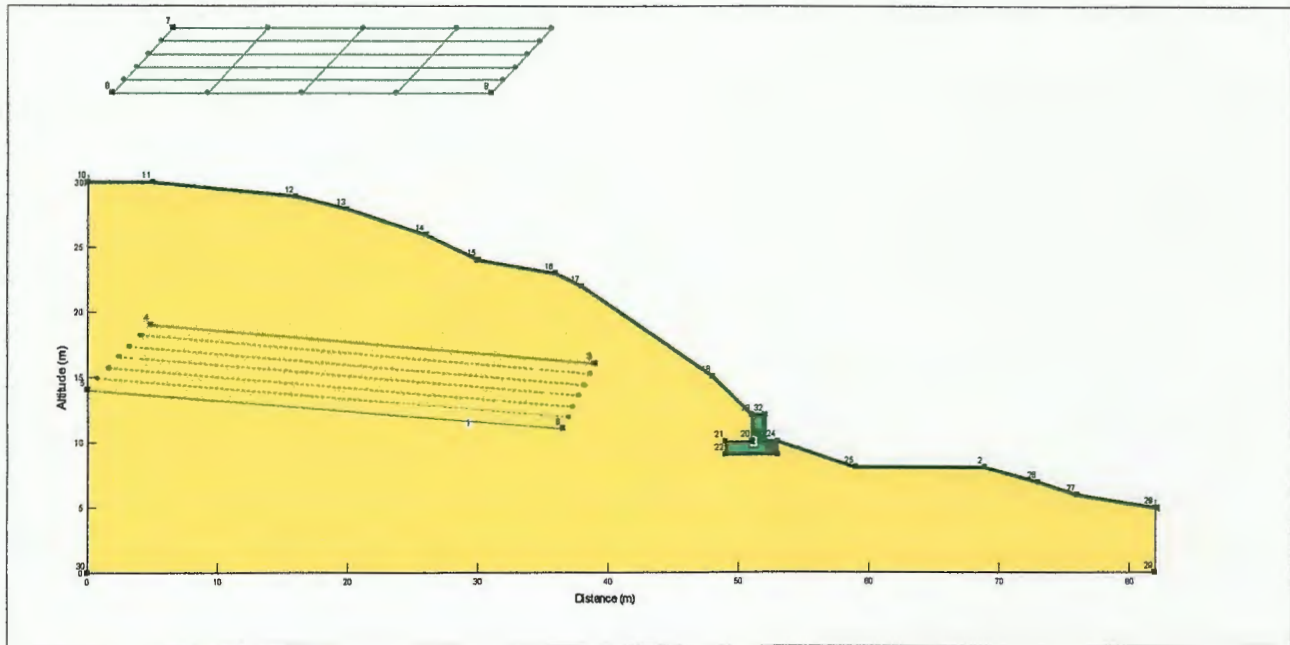


Fig. V.11- Etude de stabilité du 2^{ème} glissement après confortement.

Tableau IV.16: Valeurs du Coefficient de sécurité F_s après confortement

F_s /Méthode de calcul	2 ^{ème} glissement
Féllinius	1.268
Bishop	1.343
Janbu	1.223

On remarque l'augmentation du Coefficient de sécurité après le confortement malgré le talus reste douteux. Mais après les autres dispositifs de confortement comme le drainage et le reboisement, le talus devient stable.

Conclusion générale et recommandations

Conclusion générale et recommandations

L'étude que nous proposons dans ce travail concerne les glissements survenus sur la route nationale (RN 105) entre Djimla et Tassala. Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à un meilleur diagnostic de cet aléa et à l'identification des facteurs qui en sont à l'origine. Cette étude s'est basée sur la combinaison des données géologiques, hydrologiques et géotechniques.

A l'issue de cette étude et d'après les résultats de calculs de stabilité nous avons constaté que les glissements de terrain étudiés sont amplifiés suite à plusieurs facteurs qui peuvent être scindés en deux groupes :

➤ Facteurs passifs ou hérités en relation avec les caractéristiques propres du site à savoir :

- la nature lithologique de la masse en mouvement qui est constituée essentiellement par l'argile limoneuse à graveleuse jaunâtre et le marne pour le premier glissement, et l'Argile limono-sableuse avec des blocs de grès pour le deuxième glissement..
- le paysage géomorphologique assez irrégulier marqué par la présence des ravins et des pentes très fortes dont les valeurs variant entre 30 à 40°.
- la structure tectonique.

➤ Facteurs actifs ou facteurs déclenchant en relation avec des agents externes qui, par leurs actions, déstabilisent les talus. Parmi ceux la on distingue :

- Le climat : en particulier les précipitations, comme le montre les données pluviométriques qui contribuent amplement à diminuer la résistance au cisaillement du sol.
- Il est difficile de différencier la part de responsabilité de chacune au moment du mouvement, néanmoins comme nous l'avons déjà indiqué, l'eau reste l'agent prépondérant, et le moteur et le catalyseur de la plupart des actions des autres facteurs.

La proposition des solutions pour remédier à ces mouvements de terrain doit impérativement prendre en considération ces facteurs.

Suite à notre étude on recommande de :

- Réaliser un réseau de drainage sur les deux talus et les alentours afin d'évacuer les eaux de ruissellement et les eaux pluviales et de diminuer ainsi l'érosion verticale et l'infiltration dans le sol ;
- Réalisation des ouvrages poids : masques drainants, enrochement ... etc ;
- Reboisement des talus par des arbres consommant beaucoup d'eau et ayant un réseau de racines assez denses.
- Reprofilage du talus ;
- Tirants d'ancrages ;
- Mur en gabions.

Références bibliographiques

- **Andrieux, J. et Djellit, H. (1989)** Structure de la Petite Kabylie occidentale (Algérie) flyschs ultra et flyschs externes. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 309, Se, P1191-1196
- **Belbekkouche H. et Athimne H. (2013)**. Etude géologique, géotechnique et cartographie des zones instables du P.O.S N°4 de la région de Texenna wilaya de Jijel. Mémoire de Master 2 Génie géologique, Université de Jijel, 69 p.
- **Chihoub I. et Amieur H. (2011)**. Contribution à l'élaboration de la carte géotechnique et de la carte ZERMOS de la région de Djimla Wilaya de Jijel. Mémoire de Master 2 Génie géologique, Université de Jijel, 67 p.
- **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, 206 p.
- **Durand Delga M. (1969)**. Mise au point sur la structure du Nord Est de la Berberie. *Bull.Serv. Carte géol.* 39, p.p. 89-131, Algérie.
- **Durand Delga M. (1971)**. Les unités à Mésozoïque métamorphique d'El-Milia et Texenna (Algérie) et leurs cadre structural. *Bull. Soc. Géol. France.* XIII, p.p. 328-337
- **Kherrouba H. (2008)**. Etude géologique et géotéchnique des zones instables de la région de Texenna-Djimla, wilaya de Jijel (Algérie), mémoire de magistère, université de Jijel, 162 p.
- **Magnan J.P. (2001)**. Description, identification, et classification des sols. Ed. Techniques de L'ingénieur (TI). Paris, 75 p.
- **Mirouh L.; Abdellah H. et Chermat M. (2013)**. Cartographie des zones instables des POS 1 et 2 de Djimla. Mémoire de l'ingénieur d'état en géologie, Université de Jijel, 57 p.
- **Philipponnat G. (1979)**. Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles. Paris, 402 p.
- **Rouikha Y. (2008)**. Étude géologique et géomécanique des roches carbonatées de la région Chekfa-Chahna (wilaya de Jijel), mémoire de magistère, université de Jijel.
- **Saoudi W. et Chekout M. (2013)**. Glissements de terrain sur la RN 105 entre Tassala et Mila.
 - Diagnostic et remèdes - Mémoire de l'ingénieur d'état en géologie, Université de Jijel, 88 p.
- **Société d'Etudes Techniques de Sétif. (2013)**. Etudes des dégâts causés par les intempéries 2012 sur la RN 105 PK 1+200, 19 p.
- **Société d'Etudes Techniques de Sétif. (2013)** : Etudes des dégâts causés par les intempéries 2012 sur la RN 105 PK 4+500, 14 p.
- **Tekkouk M. (2005)**. Etude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'oued Djen-Djen, mémoire de magistère, université de Constantine. Algérie, 262 p.

Références bibliographiques

- Tekkouk S.; Bourzama T. et Benhamada H. (2013).** Etude géologique, géophysique et géotechnique du site du P.O.S. d'El – Gheriana commune de Texenna wilaya de Jijel. Mémoire de l'ingénieur d'état en géologie, Université de Jijel, 74 p.
- Vila J. M. (1980).** La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse Doctorat. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) ,3 vol, Paris. 663 p.
- **Wildi W. (1983).** la chaîne Tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie, et évolution du Trias au Miocène REV. Géol. Dyn. Geographys, 24. p.p.201-297.

Listes des figures

Fig. I-1 - Situation géographique du site étudié, carte topographique de Djimla (1/25000)	01
Fig. I.2: Carte des pentes de la région de Djimla (Chihoub et Amieur, 2010)	04
Fig. I.3: forme et limite du sous bassin versant de Djimla (Mirouh et al. 2013)	05
Fig. II.1 : Schéma structural de la petite Kabylie occidentale	07
Fig. II.2: Colonne lithostratigraphique du bassin néogène de Jijel Nord-est ALGERIE (Rouikha, 2008) <i>modifiée.</i>	08
Fig. II.3 : Coupe géologique N-S de la région de Djimla (Kherrouba, 2008) <i>modifiée.</i>	09
Fig. II.4: Esquisse géologique de l'extrémité de la Petite Kabylie (Andrieux et Djellit, 1989) <i>légèrement modifiée</i>	13
Fig. II.5: Carte sismique de l'Algérie selon la RPA version 2003	15
Fig. II.6: Contexte sismo-tectonique de la région Jijel – Bougie (C.R.A.A.G, 1971)	16
Fig. III.1 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, (A.N.R.H, 1996)	18
Fig. III.2: Graphes exprimant les moyennes mensuelles des précipitations de la période 1961/1991 (au niveau des stations : Texenna, et Col de Fedoules)	19
Fig. III.3 : Comparaison des variations saisonnières de la série ancienne et récente des stations de Texenna	21
Fig. III.4 : Distribution des Température moyennes mensuelles (Station de Texenna, période 2002/2012)	24
Fig. III.5 : Diagramme Ombrothermique (Station de Texenna, Période 2002/2012)	25
Fig. III.6 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite de la période 2002-2012, [Station de Texenna]	27
Fig. IV.1: Carte d'implantation des différents sondages de reconnaissance dans le site PK 1+200	32
Fig. IV.2 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande	35
Fig. IV.3: Etude de stabilité du premier glissement	39
Fig. V.4: Etude de stabilité du premier glissement après confortement	40
Fig. IV.5: Carte d'implantation des différents sondages de reconnaissance dans le site PK 04+500	42
Fig. IV.6 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande	43
Fig. V.10: Etude de stabilité du 2 ^{ème} glissement	46
Fig. V.11- Etude de stabilité du 2 ^{ème} glissement après confortement	48

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Caractéristiques des stations pluviométriques dans voisine de la région de Djimla (Kherrouba, 2008).....	18
Tableau III.2 : Moyennes mensuelles des précipitations de la période (1961-1991) (Kherrouba, 2008)	19
Tableau III.3 : Taux des précipitations saisonnières (1961/1991)	20
Tableau III.4 : Taux de participations des saisons dans les hauteurs des pluies annuelles, Station de Texenna (2002-2012).....	20
Tableau III.5 : Nombres de jours des pluies "torrentielles" (P.Seltzer, 1913/1938).	22
Tableau III.6 : Répartition de la neige (P.Seltzer, 1946 ; Tekkouk, 2005).....	22
Tableau III.7 : Nombre moyen des jours de la gelée blanche (P.Seltzer.1913/1938)	23
Tableau III.8 : Données des Températures moyennes mensuelles (Station de Texenna, période 2002/2012) (ANRH, 2014).	24
Tableau III.9 : Paramètres du diagramme Ombrothermique (Station de Texenna, période 2002/2012) (ANRH, 2014).....	25
Tableau III.10 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (Station de Texenna, période 2002/2012).....	26
Tableau III.11 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle (Station de Texenna, période 2002/2012).....	27
Tableau IV.1 : la lithologie avec les profondeurs du sondage SC01 RN105 PK 1+200(S.E.T.Sétif, 2013).....	32
Tableau IV.2 : Valeurs des principaux paramètres physiques des sols (S.E.T. Sétif, 2013).....	33
Tableau IV.3 : Classification des sols suivant la teneur en eau naturelle.....	33
Tableau IV.4 : Classification des sols suivant l'indice de plasticité	34
Tableau IV.5 : Les valeurs des limites d'Atterberg (S.E.T. Sétif, 2013)	34
Tableau IV.6 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (c) et (ϕ) (S.E.T Sétif, 2013)	35
Tableau IV.7 : Valeurs d'essai de compressibilité (S.E.T Sétif, 2013).....	36
Tableau IV.8 : Résultats des analyses chimiques (S.E.T Sétif, 2013).....	36
Tableau IV.9 : Caractéristiques des couches constituant le 1 ^{ier} site	38
Tableau IV.10 : Valeurs du Coefficient de sécurité F_s	38
Tableau IV.11 : Valeurs du Coefficient de sécurité F_s après confortement	40
Tableau IV.12 : la lithologie avec les profondeurs du sondage SC01 RN105 PK 4+500 (S.E.T.Sétif, 2013).	42
Tableau IV.13 : Les valeurs des limites d'Atterberg (S.E.T. Sétif, 2013).....	43
Tableau IV.14 : Résultats des analyses chimiques (S.E.T. Sétif, 2013).....	43
Tableau IV.15 :Caractéristiques des couches constituant le 2 ^{ème} site	46
Tableau IV.16 : Valeurs du Coefficient de sécurité F_s	46
Tableau IV.17 : Valeurs du Coefficient de sécurité F_s après confortement.	48

Liste des photos

Liste des photos

<i>Photo I.1:</i> Situation géographique du site du premier glissement	2
<i>Photo I.2:</i> Situation géographique du site du deuxième glissement	2
<i>Photo II.1:</i> Photo illustrant des formations triasiques (À Oued Djimla) prise en 2007.	10
<i>Photo II.2:</i> Photo illustrant des formations telliennes du 1 ^{ier} site	11
<i>Photo II.3:</i> Photo illustrant des formations telliennes du 2 ^{ème} site	11
<i>Photo II.4:</i> Photo illustrant des formations numidiennes	12
<i>Photo II.5:</i> Photo illustrant des formations quaternaires	12
<i>Photo IV.1 :</i> Vue de l'ensemble de site depuis l'Est de glissement	37
<i>Photo IV.2 :</i> Niche d'arrachement avec un rejet de 1 à 2m	37
<i>Photo IV.7:</i> Effondrement de mur gabion et éboulement au niveau de talus	44
<i>Photo IV.8:</i> Surface topographique bosselée	45
<i>Photo IV.9:</i> Surface fissurée	45



Résumé

Le tronçon de la route nationale 105 (RN 105) situé entre Djimla et Tassala est affecté par deux glissements de terrain.

Les glissements constatés au niveau de la RN 105 se sont manifestés au sein du remblai servant à supporter la route.

Sur le plan géotechnique, les résultats des essais d'identification des sols et des essais mécaniques ont mis en évidence une qualité du sol, cohérent, et moyennement à fortement résistant au cisaillement.

la partie pratique a été effectuée par un calcul et une vérification automatique via le logiciel **Géo-Slope** des coefficients de sécurité des deux talus au niveau des deux sites (PK 1+200 et PK 4+500), cette étude nous bien aidée de mieux déterminer les solutions les plus fiables pour faire face à ce type de mouvement de terrain .

Mots clefs :

Djimla, Zones instables, Mouvement de terrain, Lithologie, Géotechnique, Géo-Slope.

Summary

The section of road number 105 (RN 105) between Djimla Tassala and is affected by two landslides.

Shifts observed at the RN 105 have emerged within the fill used to support the road.

Geotechnically, the results of identification tests and mechanical tests showed a soil quality, consistent, and moderately to highly resistant to shear.

the practical part was performed by an automatic calculation and verification via the **Geo-Slope** software safety factors of two slopes at the two sites (PK 1+200 and PK 4+500), this study helped us much of better determine the most reliable solutions to deal with this type of landslide.

Keywords:

Djimla, unstable areas, ground movement, Lithology, Geotechnical Engineering, Geo-Slope.

ملخص

المقطع من الطريق الوطني رقم 105 (RN105) المتواجد بين مدينتي جيملة و تسالة معرض لانزلاقين لتربة الشيء الذي سبب اضطرابات كبيرة.

الإنزلاقات المحققة على مستوى الطريق الوطني 105 ظهرت في طبقة الردم المستخدمة لدعم الطريق. على المستوى الجيوتقني، نتائج تجارب معرفة نوعية التربة و التجارب الميكانيكية سمحت بتبيان أن التربة ذات نوع متراص و متوسطة إلى عالية المقاومة للقص.

أخيراً تم إجراء الجزء العملي بالحساب و التحقق الآلي بواسطة البرامج جيوسلوب لمعاملات الاستقرار للمنحدرين على مستوى الموقعين (PK 1+200, PK 4+500) ، وساعدت هذه الدراسة لنا من تحديد الحلول المناسبة للتعامل مع هذا النوع من حركات التربة.

الكلمات المفتاح :

جيملة، المناطق غير المستقرة، حركة التربة، طبيعة التربة، الجيوتقنية، جيوسلوب.