

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Jijel
جامعة جيجل



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

Géo. 10/13

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en géologie
Spécialité : Géologie de l'ingénieur

Thème

**DIAGNOSTIC DES GLISSEMENTS DE TERRAIN
DU CHEMIN DE WILAYA 137 ENTRE TEXENNA ET SELMA BEN
ZAIDA- JIJEL -**

Présenté par : BRIECHE Yasser
BOUHENICHE Hamza
BOUZENOUNE Houssam eddin
Soutenu publiquement le : 30/06/2013.

Devant le jury composé de :

Président : Mr MEBROUK Fateh
Encadreur(s) : Mme Illas chahra
Mme TEBIB Houria
Examineur(s) : M^{elle} KHERROUBA Hassiba

Année Universitaire 2012/2013



Résumé

Les glissements de terrain étudiés dans ce mémoire se localisent sur la route reliant les deux communes de Texanna à Selma Benzaida (Sud-ouest de la wilaya de Jijel, CW 137) affecté par deux glissements. Ce ne sont qu'un exemple parmi d'autres cas d'instabilités qui affectent les infrastructures de la wilaya de Jijel et qui constituent un défis majeur au développement socio-économique de la région grâce aux sinistres occasionnés par cet aléa.

Les glissements en question se sont déclenchés au sein de flysch massylien d'âgeAlbo – Aptien (d'épaisseurs allant des centaines de mètres) depuis une dizaine d'année, caractérisant un réseau hydrographique moins développe temporaire, ils ont été traités avec plusieurs remèdes et des solutions ont été proposées par des bureaux d'études mais n'ont pas donné de résultats satisfaisants

Les désordres constatés dans la zone d'étude sont le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs : relief accidenté, lithologie du sol, forte pluviométrie, incendies et forte pente du talus en question.

Notre travail consiste à faire, en première partie, une étude géologique et géotechnique du site par le traitement de différentes données. En deuxième partie, une étude de stabilité détaillée nous a permis d'évaluer le facteur de sécurité en utilisant le logiciel Géo-studio et de vérifier la fiabilité des solutions proposées. Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter une stratégie adéquate pour la stabilisation du site par le confortement de la route et des vérifications de la stabilité du talus après confortement par des facteurs de sécurité satisfaisants traités dans ce travail.

-Glissement de terrain.

-l'instabilité.

-Etude géologique et géotechnique.

- Logiciel geoslope .

-Facteur de sécurité

ملخص

يقع انزلاق التربة المدروس في هذا البحث على الطريق الرابط بين بلديتي تاكسانة و سلمي بن زيادة جنوب شرق ولاية جيجل.

وهذا واحد من الأمثلة الكثيرة عن عدم استقرار أرضية الكثير من المنشآت لولاية جيجل التي تشكل تحديا كبيرا للتنمية الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة بسبب الاضرار الناجمة عن هذا الخطر. استقرار المنحدر مسألة لا تزال عالقة علي الرغم من أشغال التعزيز المنجزة سابقا، هذه الحلول لم تكن مناسبة لأنها لم تأخذ في عين الاعتبار العوامل المحركة التي أدت الي الانهيار و الخصائص الحالية للتربة.

الاضطرابات التي لوحظت في منطقة الدراسة هي نتيجة لمزيج من عدة عوامل: التضاريس، والخصائص الميكانيكية للتربة، وهطول الأمطار القوية، انزلاق التربة في منطقة الدراسة بسبب الحرائق، و قيمة ميل المنحدر العالية. الدراسة الجيولوجية و الجيوتقنية المنجزة سمحت بتحليل مفصل لدراسة أسباب الانزلاق و اقتراح حلول تقنية مناسبة لذلك.

انزلاق التربة

عدم الاستقرار

دراسة الجيولوجية و الجيوتقنية

برنامج Geoslope

عامل الاستقرار FS

Summary

Landslides studied in this thesis locate on the road connecting the two common Texanna Selma benzaida (CW 137) by two landslides affecting southwest Jijel. This is just one example among many cases of instabilities affecting infrastructure Jijel and constitute a major socio-economic development of the region due to accidents caused by the random challenge.

Landslides in question are triggered within the flysch massylien Albo-Aptian age (thicknesses ranging from hundreds of meters) for a decade, characterizing a less developed temporary drainage networks, they were treated with several remedies and proposed by the consultants but solutions have not yielded satisfactory results because does not take into account either the intrinsic properties of the soil or the triggers and / or accelerating the movement of land Disorders observed in the study area are the result of the combination of several factors: terrain, lithology, soil, high rainfall, fires, and steep slope in question.

Our job is to do the first part, a geological and geotechnical site investigation for the treatment of various data. In the second part, a detailed study of stability was used to assess the safety factor by Geo-studio software and test the reliability of the proposed solutions. The causes of damage are identified, we recommend adopting an appropriate strategy for site stabilization and reinforcement of the road.

The optimal solution is:

- Drain existing flysch downstream and upstream of the road.
- Establishment of a network of spurs (downstream of the road) and drainage trenches carefully placed upstream of the site.
- Establish stones at the foot of the slope in front of the road.
- Conduct a gabionnages downstream portion of the road.
- Reshaping the slope
- Reforestation.

Checks the stability of the slope after reinforcement provide safety factors satisfied.

Key Words

- Landslides
- instabilitie
- Studie geological and geotechnical
- programme Geo-studio
- Adequate factor AF

Table de matière

Remerciements

Dédicaces

Dédicaces

Dédicaces

Résumé

Introduction générale..... 1

CHAPITRE I

Généralité

I.1. Situation Géographique..... 3

I.2. Climat..... 4

I.3. Couvert végétal..... 4

I.4. Réseau hydrographique..... 4

I.5. Orographie..... 4

I.6. Problématique et méthodologie de travail..... 5

CHAPITRE I

Contexte géologique

II. Cadre géologie locale..... 7

II.1. Caractéristiques lithologiques de la région d'études..... 7

II.1.1. Formations cristallophylliennes du socle Kabyle..... 7

II.1.2. Formations du complexe volcano sédimentaire de Texenna..... 7

A) Ensemble basal..... 7

B) Ensemble sommital..... 8

II.1.3. Formations du domaine des flyschs 8

II.1.4. Trias..... 8

II.1.5. Formations quaternaires..... 8

II.2. Aspect structural de la partie occidentale de la petite kabyle..... 9

II.3. Etude géologique du site..... 10

II.3.1. Formations du type flysch (flysch massylien)..... 11

II.3.2. Tectoniques..... 11

II.3.3. Charriages..... 12

2. La lame d'eau infiltrée (I).....	34
II.2.2.4. Interprétation du bilan hydrologique.....	35
III.3.2. contexte hydrogéologiques.....	35
II.3.1. Hydrologie globale de la région : (En 1ème lieu à l'échelle kilométrique).....	36
a) Système aquifère amont	36
b) Système aquifère aval.....	37
II.3.2. Hydrologie globale du site (En 2ème lieu à l'échelle métrique).....	37
III. Conclusion.....	38

CHAPITRE IV

Etude géotechnique

I. Introduction.....	39
II. Méthodologie d'étude du glissement de terrain.....	39
II.1. Repérage de la zone instable.....	39
III. Etude géotechnique.....	40
IV. Campagne de reconnaissance géotechnique.....	40
IV.1. Essais in-situ	40
IV.1.1. Les sondages carottés.....	40
IV.2. Essai de laboratoire.....	40
IV.2. 1. Paramètres physiques.....	41
➤ Les limites d'Atterberg.....	42
IV.2. 2. Paramètres mécaniques.....	43
➤ Essai de cisaillement rectiligne.....	43
Diagnostics et cause probable des glissements étudiés.....	44
IV.2.3. Analyse de stabilité.....	49
• Hypothèse de calcul.....	50
• Calcul numérique par le logiciel GEO-SLOPE	50
- Validation de l'approche de calcul considérée.....	50
IV.2.4. Techniques de confortement.....	53
IV.2.4.1. Action sur la topographie par reprofilage du talus.....	53
IV.2.4.2. Action sur l'eau.....	54
Les Tranchées drainantes.....	54
Les éperons drainants.....	54
IV. 2.4.3. Action sur la buté en pied du talus	54

A-Déformations ductiles.....	13
B- Déformations cassantes.....	13
II.4.Sismotectonique.....	13
II.4.1.Aperçu sismique	13
II.4.2. Règles parasismiques Algériennes.....	14
II.4.3. Interprétation de la carte des épïcètres du nord de l'Algérie concernant la wilaya de jijel.....	14
II.3.4. Interprétation de la carte des Isoséistes de la secousse concernant la wilaya de Jijel.....	15
II.3.5. Classe des secousses ressenties dans la région de Jijel.....	15
II.3.6. Analyse sismotectonique.....	16

CHAPITRE III

Synthèse hydro-climatologie

I. Introduction.....	18
II. Hydroclimatologie, Hydrologie et Hydrogéologie de la région.....	19
II.1.Hydrologie du bassin versant.....	18
II.2. Hydroclimatologie.....	18
II.2.1. Aperçu général sur la climat	19
II.2.2. Analyse des paramètres climatiques.....	20
II.2.2.1. Précipitations.....	20
a) Précipitation liquides.....	20
1. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières.....	21
b) Précipitation solides	23
1. La grêle et neige.....	23
2. La gelée blanche.....	24
II.2.2.2. Températures.....	25
III.2.1.2.3. Relation températures-précipitations.....	27
a) Diagramme ombrothermique.....	27
1. L'Aridité.....	29
b) Le bilan hydrologique.....	30
1. Calcul de l'évapotranspiration.....	30
1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	30
1.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	31
b) Estimation du ruissellement et de l'infiltration.....	33
1. Lame d'eau ruisselée (R).....	33

Gabionnage.....	54
V. Conclusion.....	57

Conclusion générale et recommandations.....	58
--	-----------

Références bibliographiques

Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure .1 : Localisation du secteur d'étude (Extrait de la carte topographique de Texenna 1 /25 000).....	3
Figure .2 : Aspect orographique de la région de Jijel.....	5
Figure .3 : Coupe géologique N-S de la transversale Jijel-Djimla.....	9
Figure .4 : Coupe géologique N-S de la transversale Texenna-M'cidEchta.....	10
Figure .5 : Carte des épacentres du nord de l'Algérie.....	14
Figure .6 : Isoséistes de la secousse	15
Figure .7 : Carte sismotectonique de la région de Jijel-Bougie au 1/5000.000.....	16
Figure .8 : Carte du réseau hydrographique de la région d'étude.....	17
Figure .9 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel.....	18
Figure .10 : Les précipitations moyennes mensuelles durant la période 2001-2012.....	19
Figure .11 : Histogramme de précipitations moyennes saisonnières durant la période 2001-2012.....	20
Figure .12 : Températures moyennes mensuelles et saisonnières durant la période (2001-2012).....	23
Figure .13 : Diagramme Ombrothermique durant la période 2001-2012.....	25
Figure .14 : Représentation graphique du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite,.....	30
Figure .15 : Repérage de la zone de glissement.....	39
Figure .17 : Localisation du glissement et des profils sur le levé topographique Glissement 1.....	44
Figure .18 : Localisation du glissement et des profils sur le levé topographique Glissement 2.....	45
Figure .19 : Désordres affectant les glissements étudiés.....	48
Figure .20 : Géométrie des 4 profils utilisés dans l'étude de stabilité.....	51
Figure .21 : Etude de stabilité dans son état actuel pour les quatre profils adoptés	53
Figure .22 : Solution proposée pour la stabilisation des talus.....	55
Figure .23 : Solution en 3D.....	56
Figure .24 : Solution en 3D.....	57

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Les formations du flysch Massylien de Texenna.....	12
Photos 2 : Contact frontal Majeur au-dessous de la RN° 77.....	12
Photos 3 : Formation plissée au niveau du site d'étude.....	13

Liste des tableaux

Tableau .1 : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières (Jijel A.N.R.H).....	21
Tableau .2 : Répartition de la neige.....	24
Tableau .3 : Nombre des jours de grêle.....	24
Tableau .4 : Nombre moyen des jours de la gelée blanche.....	25
Tableau .5 : Températures moyennes mensuelles et saisonnières durant période 2001-2012.....	26
Tableau .6 : Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles. Durant la période (2001-2012).....	27
Tableau .7 . Calcul de l'ETP selon Thornthwaite.....	31
Tableau .8 . Résultat de calcul de l'évapotranspiration réelle.....	32
Tableau .9 : valeurs des corrections (C) des lames écoulées (Re) $Re=0.26+C$	33
Tableau .10 : perméabilité des différentes formations de la région d'étude	36
Tableau .11 : Valeurs des principaux paramètres physiques mesurés pour glissement 1.....	41
Tableau .12 : Valeurs des principaux paramètres physiques mesurés pour glissement 2.....	41
Tableau .13 : Résultats des limites d'Atterbeg pour glissement 1.....	42
Tableau .14 : Résultats des limites d'Atterbeg pour glissement 2.....	42
Tableau .15 : Classification des sols suivant l'indice de plasticité (J.P. Magnan, 2001).....	42
Tableau .16 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u),(ϕ_u) mesurés.....	43
Tableau .17 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u),(ϕ_u) mesurés.....	44
Tableau .18 : Méthodes de calculs de stabilité des talus.....	49
Tableau .19 : Caractéristiques mécaniques du sol étudié.....	52
Tableau .20 . Différentes valeurs de F_s avant la stabilisation.....	52
Tableau .21 : Valeur de F_s après confortement.....	56

Introduction générale

Les mouvements et glissements de terrain sont très souvent des accidents graves de grande ampleur qui provoquent des dégâts matériels considérables et peuvent causer des pertes en vies humaines sous l'effet de la dégradation du sol ou sous sol par des différents facteurs naturels (eau, pesanteur, séisme, etc.) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement, etc.).

Ce phénomène comprend différentes manifestations, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, se produisent soudainement ou peuvent durer plusieurs mois. Ils affectent aussi bien des ouvrages construits par l'homme que des pentes naturelles.

L'intérêt que provoquent les phénomènes d'instabilité de terrain s'est fortement augmenté ces dernières décennies, surtout en raison des dégâts occasionnés par divers événements catastrophiques. L'augmentation des dégâts et des coûts liés aux instabilités de terrain est devenue une source de préoccupation qui touche presque l'ensemble du territoire national. Il est donc primordial, pour établir des plans d'aménagement du territoire, non seulement d'identifier ces phénomènes, mais également de mieux cerner leur comportement afin d'anticiper des dégâts probables.

Notre projet de fin d'étude comprend des chapitres, de généralités, de la géologie, et de l'hydrologie ainsi que la géotechnique. En effet, à partir de la géologie on détermine la nature, la géométrie et l'extension des différentes unités lithologiques. L'étude hydrologique, nous permet de caractériser le comportement hydro-climatique du secteur étudié. Quand à l'étude géotechnique, elle permet de connaître les paramètres physico-mécaniques du sol de notre site et d'étudier la stabilité du versant en question afin de proposer les solutions de confortement adéquates.

Cette étude est proposée dans le but d'approfondir nos connaissances sur la manière d'entamer une étude de stabilité d'un talus à travers un diagnostic des causes probables du problème afin de proposer des solutions de confortement techniquement fiables et économiquement raisonnables. La méthodologie suivie est comme suit :

- Une consultation des travaux et des études antérieures en rapport avec le sujet d'étude que se soit sur le plan géologique, hydrologique ou géotechnique.

- Des sorties de terrain sur la région d'étude, observations des désordres, analyse du phénomène et réalisation des profils topographiques ;
- Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter une stratégie adéquate pour la stabilisation du site et le confortement de la route.

Après une introduction générale de notre sujet, le manuscrit est organisé en quatre chapitres de la manière suivante :

Le premier chapitre présente les généralités de notre site ;

Dans le deuxième chapitre nous exposons une étude régionale et locale du site de notre travail

Au troisième chapitre nous présentons une synthèse hydro-climatologie de la région concernée par notre étude,

Le dernier chapitre comprendra une étude géotechnique

Enfin nous terminerons ce mémoire par une conclusion et les perspectives de ce travail.

Généralités

I.1- Situation Géographique

Administrativement le secteur d'étude se situe à la route (CW 137) faisant partie de la commune de Texenna, qui relie cette dernière à la commune de Selma Ben Ziada, à environ 1300 m au sud-ouest de Texenna, qui se situe à 20 Km au sud de Jijel, ses coordonnées Lambert sont :

-Longitude : 776-778

-Latitude : 377-379

Texenna est limitée administrativement par les communes suivantes :

- au Nord : Kaous.
- à l'Est : Oudjana et Emir Abdelkader.
- à l'Ouest : El Aouana et Selma BenZiada.
- au Sud : Erraguene et Beni-Yadjis.

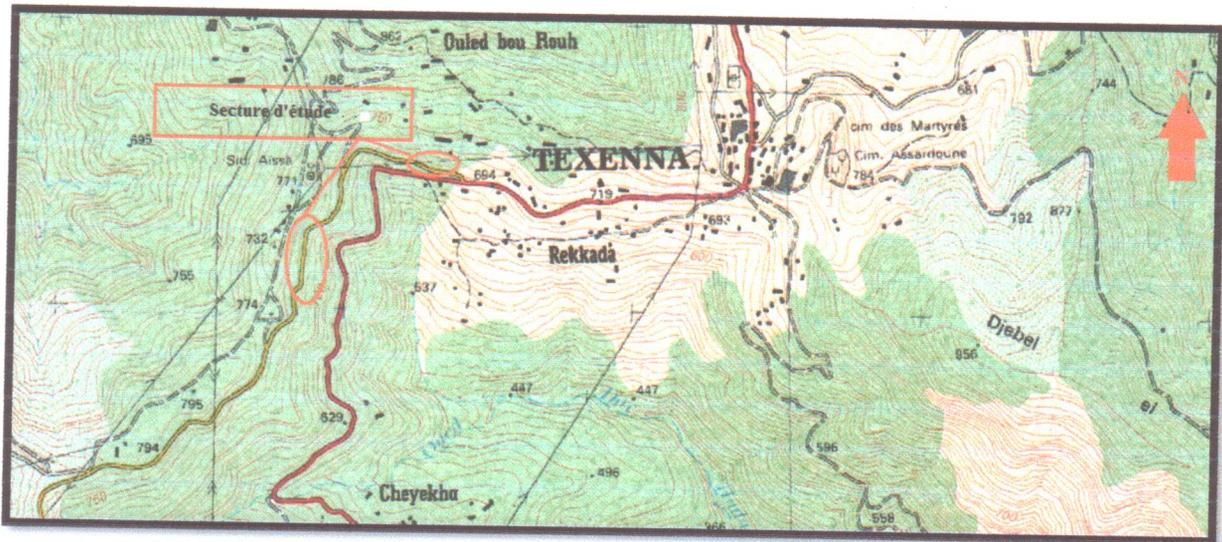


Figure .1 : Localisation du secteur d'étude (Extrait de la carte topographique de Texenna 1 /25 000).

I.2-Climat

Cette région est caractérisée par un climat de type méditerranéen, il comporte des étés secs et des hivers doux et humides, influencé par la mer et des reliefs escarpés.

I.3- Couvert végétal

La végétation couvre une grande partie de la superficie du territoire de la commune. Les plus importantes variétés en nombre sont :

- Le chêne liège, le chêne zen.
- Les oliviers, sauvages et autres.
- La bruyère.
- Le doum.
- Les maquis : diss, pistachier lentisque, etc.

La forêt, ou couvert végétal, constitue l'élément principal pour la lutte contre les glissements de terrains et l'érosion, malheureusement était incendié dans les noires décennies.

I.4- Réseau hydrographique

Le territoire de la commune de Texenna est traversé par un ensemble d'Oueds et de chaabets qui descendent des montagnes; la plupart sont saisonniers. On compte :

- Oued Djen-Djen.
- Oued El Agrem.

L'Oued El Agrem alimente le barrage du même nom. Ces Oueds sont caractérisés par un écoulement permanent.

Oued Djen-Djen s'écoule vers l'Est puis vers le Nord, El Agrem prend une direction Nord. Ce dernier reçoit et accumule les eaux des petits Oueds et chaabets environnantes et alimente le barrage.

I.5- Orographie

La région est caractérisée par deux directions orographiques principales :

- La première (WNW-ESE) est matérialisée par la ligne de crête joignant Tamesguida à celui de Ketama.
- La deuxième (N-S) est souligné par plusieurs petits massifs parallèles (Beni-khettab, Beni-affeur, Bouhenche), entaillées de profondes vallées de même

Direction (vallée de Oued Djen-Djen, vallée de Oued Kissir, Oued Mencha, Oued Bourchaid) (Djellit.H ; 1987).

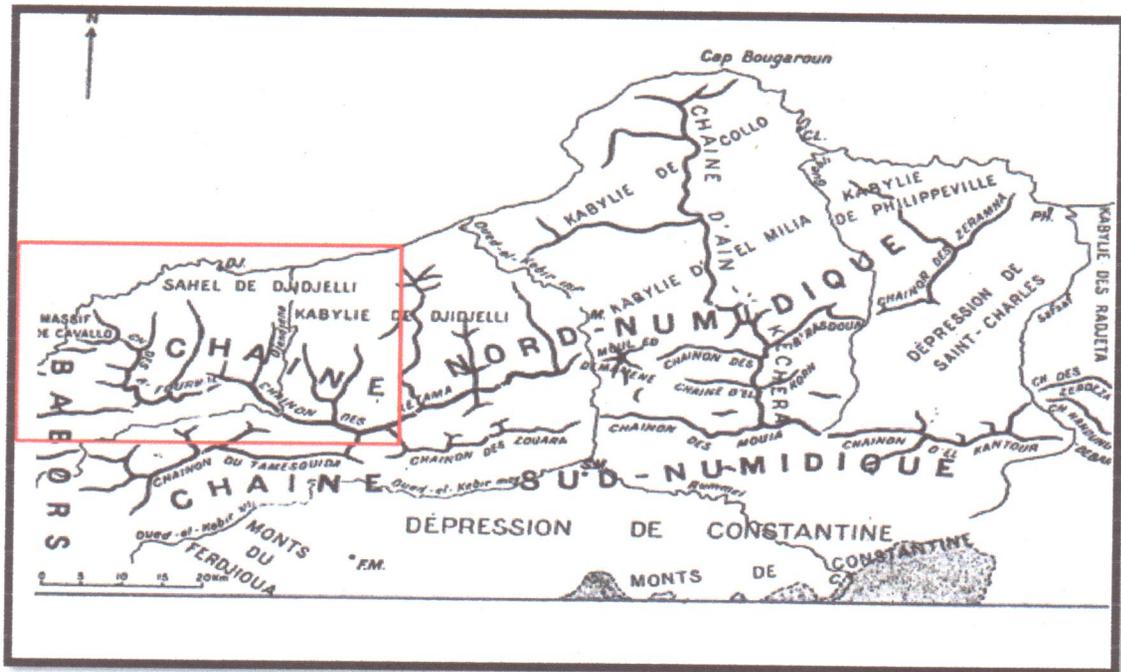


Figure .2 :Aspect orographique de la région de Jijel (d'après : Durand.Délga, 1981)

I.6- Problématique et méthodologie de travail

Les instabilités étudiées dans ce mémoire affectent la région de Texenna-Selma –Ben Ziada. Les glissements de terrain déclenchés en plusieurs endroits, ont causé de graves préjudices aux infrastructures routières notamment la CW 137 reliant les deux communes, et aux habitations de cette région.

A cette conséquence, et dans l'apparence de prendre part à une étude géologique et géotechnique de ces zones instables, l'étude de ce secteur nous a été affectée. A ce propos, et afin de mieux comprendre la dynamique des mouvements de terrain marquant la région de Texenna, Selma-Ben Ziada et de proposer des solutions. Nous avons pensé dans le cadre de la réalisation du présent mémoire subdiviser notre plan de travail en deux grandes parties qui touchent des différents aspects :

- Première partie: sera consacrée à l'étude géologique de la région, elle traitera les traits relatifs à la géologie régionale et locale. Celle-ci est complétée par un aperçu sismo-tectonique de la région.
- Une analyse hydroclimatologique et hydrogéologique est aussi abordée.

- Deuxième partie: sera destinée à l'étude géotechnique et analyse des zones à risques, elle traitera le problème posé sur le site: glissement de terrain (calcul de stabilité), avec une approche purement géotechnique (essais et calculs). Après ce traitement, elle sera clôturée par une conclusion sur les caractéristiques de chaque terrain en mouvement, ainsi que des mesures à prendre pour essayer de maîtriser le phénomène de mouvement de terrain et ses dangers sur les constructions environnantes.

-La combinaison des données géologiques et géotechniques permettrait de faire une approche réelle du phénomène qui menace le secteur d'étude; et permettrait de proposer des solutions bien adaptées et efficaces.

II-Cadre géologie locale

II.1-Caractéristiques lithologiques de la région de Texenna et Selma ben ziada

Les travaux de *Durand Delga M (1955)* et *Djellit (1987)* dans la région de Texenna, permettent de déterminer les unités lithologiques qui constituent cette dernière.

Sur une transversale Nord-Sud passant de Texenna à Djimla, on peut distinguer (figure 3) :

- ✓ Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.
- ✓ Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna.
- ✓ Les formations de type flysch.
- ✓ Les formations évaporitiques du Trias.
- ✓ Les formations Quaternaires

II.1.1-Formations cristallophylliennes du socle Kabyle

Les formations cristallophylliennes du socle kabyle sont représentées dans la région de Texenna par un substratum gneissique, complexe phyladique et d'un ensemble de psammites et calcaires.

- ✓ Le substratum gneissique est d'âge anté-cambrien
- ✓ Le complexe phyladique est d'âge Cambro-ordovicien.
- ✓ Les psammites et calcaire sont d'âge Silurien à Dévonien inférieur à moyen.
- ✓ Le socle Kabyle chevauche vers le sud les unités frontales schistosités.
(*Durand Delga M, 1955*).

II.1.2- Formations du complexe volcano sédimentaire de Texenna

Ces formations reposent par un contact anormal sur les formations du flysch Massylien. Pour *Bouillin (1977)*, le complexe volcano-sédimentaire de Texenna représente le substratum Jurassique du flysch Maurétanien. Il comporte de bas en haut :

A) Ensemble basal

D'une épaisseur allant de 200 à 300 m, il est composé d'un empilement de roches volcaniques à texture variables. Ces roches sont d'épaisseur métrique et s'organisent en niveaux parallèles entre eux. Cet ensemble débute localement par des pillow-lavas auxquels sont associés des radiolarites recristallisées.

B) Ensemble sommital

D'une épaisseur allant de 200 m d'environ, il est divisé en deux termes :

Le premier terme est composé d'une série volcano-sédimentaire (50 m) contenant des niveaux quartzo-pélitiques et des basaltes, passant à des dolérites, ou encore des parasinites, et des gabbros dioritique à amphiboles brunes.

Le deuxième terme est essentiellement constitué d'une alternance de calcaires centimétrique à décimétrique. On rencontre cet ensemble éruptif à djebel sendouh (Texenna). (Djellit *H*, 1987).

II.1.3-Formations du domaine des flysch

Les flysch occupent une position allochtone classiquement subdivisés en deux types principaux, montrant des termes, allant du Néocomien à l'Eocène ce sont : Les flysch Mauritanien (Unité de Guerrouch) et les flysch Massylien sont des dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidité il s'agit du flysch rétro charriées sur les massifs du domaine internes. Aussi en position relativement externe Sud Kabyle en contact anormal avec les formations du domaine externe. (Bouillin J.P, 1986).

II.1.4-Trias

Le long de l'oued Djen-Djen on rencontre parfois du Trias diapirique comportant du gypse, des marnes gypsifères, des argiles bariolées, et des argiles de couleur lie de vin.

II.1.5-Les formations Quaternaires

Elles sont représentées par une tranche de terre végétale argilo limoneuse, dans laquelle sont noyés des blocs de grés d'épaisseur variable.

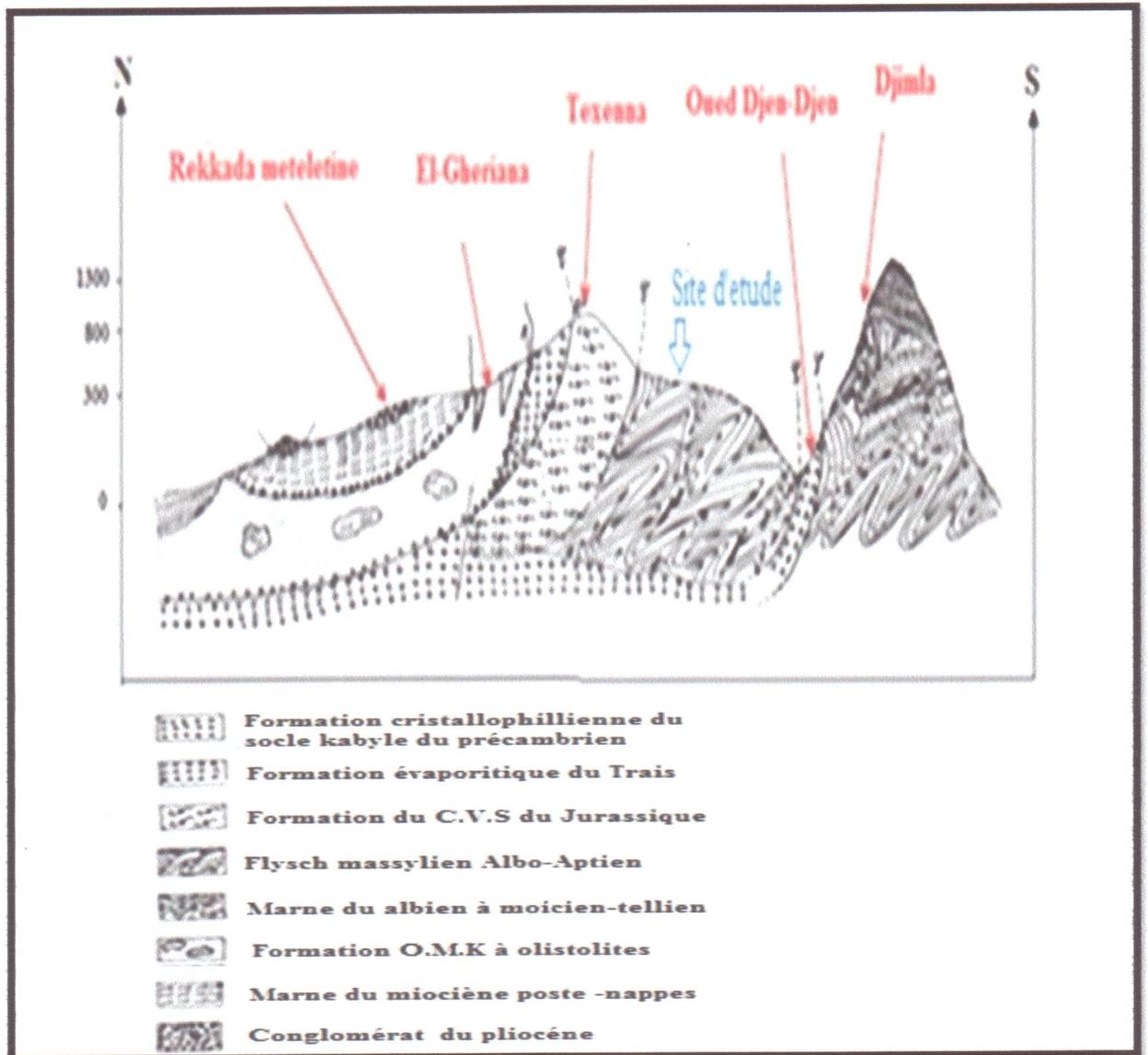


Figure. 3 : Coupe géologique N-S de la transversale Jijel-Djimla. (Kherrouba H, 2008).

II.2-Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie

La structuration géologique du massif de la Petite Kabylie est le résultat de plusieurs phases tectoniques :

La tectonique anté-Oligocène est particulièrement caractérisée par de grands accidents cassants d'ampleur régionale et de direction variée : Nord-Sud, Est-West, Nord- Est, Sud-West et Nord-West-Sud Est.

Cette tectonique cassante semble être à l'origine de la structuration du massif de la Petite Kabylie en horst et grabens.

Par ailleurs, ces grands accidents tectoniques cassants (accidents du socle) semblent avoir guidé la mise en place des roches magmatiques (Bouillin. J.P, 1977).

La tectonique miocène semble être responsable de la structuration géologique actuelle du massif de la petite Kabylie. Cette tectonique s'est manifestée par des plissements, des charriages et une reprise des jeux des failles qui ont surtout rejouées en failles décrochantes (NW-SE dextre et NE-SW senestre).

Par ailleurs, ces jeux de faille semblent avoir eu un rôle important dans la mise en place des roches magmatiques Miocène et des remontées diasporiques du Trias.

Au néogène, la tectonique est marquée par le retrait de la mer de la plus grande partie des terres émergées. Les invasions marines ne vont atteindre que des aires limitées, notamment les dépressions côtières (bassin de Jijel) ou vont se déposer les marnes bleues du miocène terminal. Les zones montagneuses immergés ont subi une intense érosion et modelage qui leur en donnée l'aspect actuel. (D'après kherrouba H, 2008).

II.3- Etude géologique du site

Notre site est limité au Nord par un complexe volcano sédimentaire qui repose sur les formations du socle Kabyle. Ainsi au sud il existe des copeaux des socles Constituées essentiellement de flych massylien, une alternance de formations meubles telles que l'argile, schistes altérés montre aussi des bancs gréseux décimétriques à métriques et des couches d'argiles schisteuse centimétriques. Ces formations affleurent dans la majorité du site en grande épaisseur (figure 4).

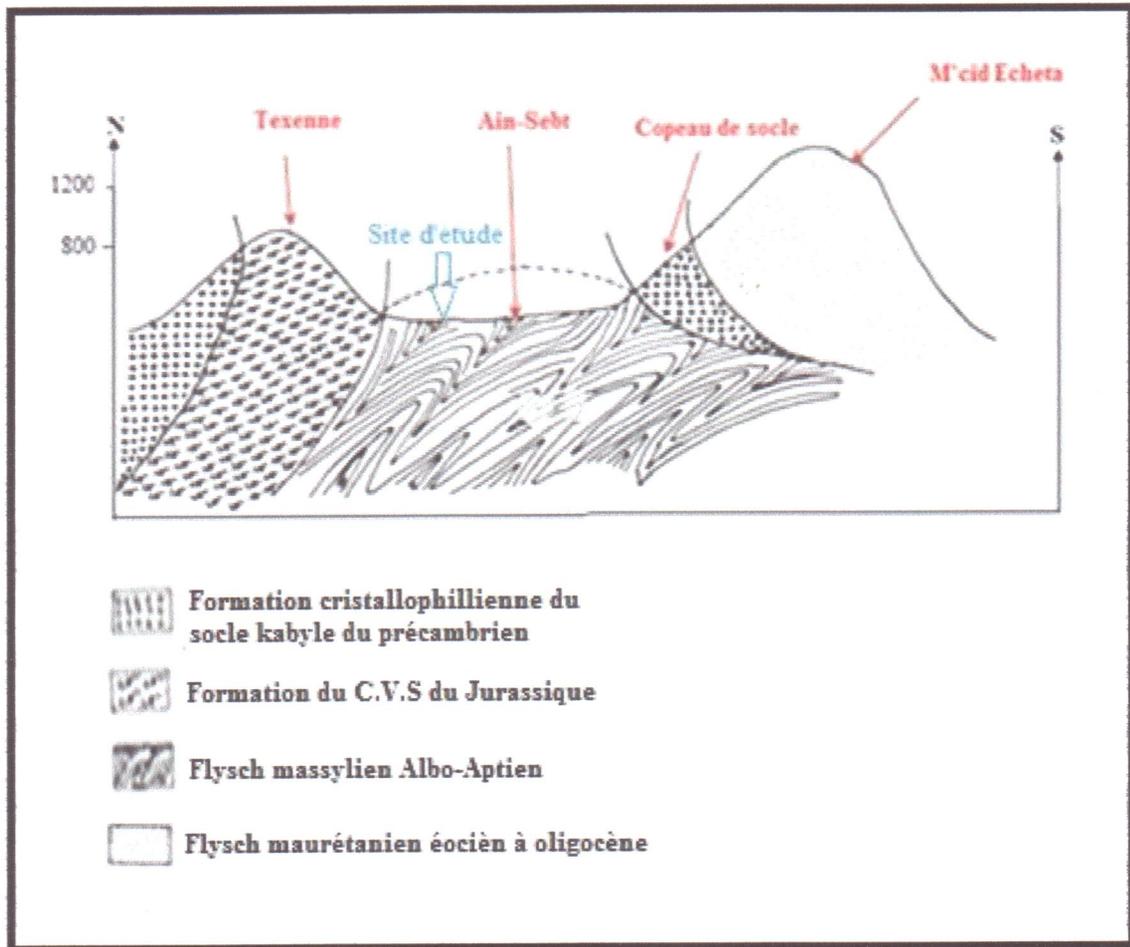


Figure 4. Coupe géologique N-S de la transversale Texenna-M'cid Echta (Kherrouba H, 2008).

II.3.1- Formations du type flysch (flysch massylien)

D'après (Raoult, 1974) il présente une série allant du Néocomien au Lutétien terminal et regroupe trois ensembles :

Notre cas se présente, la base de cette formation classique "Flysch Albo-aptien" composée d'argiles et des grès quartzitiques verdâtre en plaquettes de 10 à 30 cm, de grès rosés à violets et parfois des niveaux conglomératiques à Orbitolines (Photo : 1).

II.3.2-Tectonique

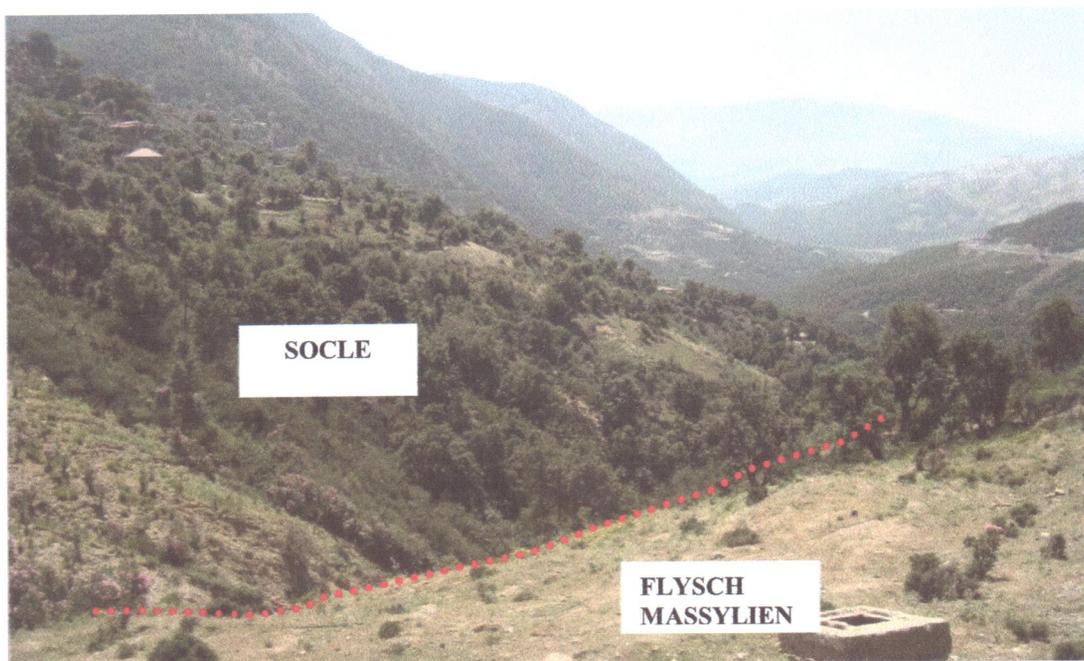
Au niveau de la région d'étude qui constitue la terminaison occidentale de la Petite Kabylie, plusieurs événements tectoniques qui ont conduit à la structure actuelle. Les différents aspects tectoniques régionaux sont le charriage, les déformations ductiles et les déformations cassantes.



Photo : 1 Les formations du flysch Massylien de Texenna.

II.3.3-Charriages

Dans la région d'étude on trouve le charriage du Socle Kabyle du Nord vers le Sud qui est marqué par un Contact Frontal Majeur (C.F.M) avec les formations du Flysch Massylien, et aussi par des microstructures (linéation) traduisent un mouvement cisailant inverse dextre au niveau du contact on trouve les formations du Complexe Volcano-Sédimentaire d'âge Jurassique (Durand *Delga*, 1955) (Photo 2) .



Photos 2 : Contact frontal Majeur au-dessous de la RN° 77.

A-Déformations ductiles

Elles sont matérialisées par les plissements E-W, et N-W visibles dans les formations du Socle Kabyle et les formations du flysch massylien, et celle de la couverture sédimentaire (photo 3).



Photos 3 : Formation plissée au niveau du site d'étude.

B- Déformations cassantes

Elles sont marquées par les rejeux de grands accidents tectoniques d'ampleur régionale, animés par des déplacements (faibles) et horizontaux (décrochements). Les directions dominantes de ces accidents sont : N-S, E-W, NE-SW et NW-SE, et affectant aussi bien le Socle Kabyle que les formations récentes.

Ces accidents ont engendré des dislocations et le broyage des formations affectées. Un intense réseau de fracturation accompagné à ces grands accidents tectoniques.

II.4- Sismotectonique

II.4.1- 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 parait présenter une activité qui s'atténue vers l'Est, ou les structures en nappes viennent buter sur les contreforts du socle.

Les données historiques relatives à la sismicité font état d'un événement majeur survenu le 21 août 1856 au large de Djidjelli. Les autres foyers sismiques sont situés à plus de 50 km du côté Est du barrage d'El Agrem.

II.4.2- Règles parasismiques Algériennes

D'après le document *RPA99 (version 2003)* relatif au classement des sites selon leur sismicité, le territoire Algérien est divisé en quatre zones de sismicité :

Zone 0 : sismicité négligeable.

Zone I : sismicité faible.

Zone II : sismicité moyenne.

Zone III : sismicité forte.

La région de Jijel, ainsi que les zones environnantes sont classées comme zones à sismicité moyenne.

II.4.3- Interprétation de la carte des épïcêtres du nord de l'Algérie concernant la wilaya de jijel

La carte des épïcêtres du nord de l'Algérie montre que la plus proche concentration des épïcêtres par rapport à la région de Jijel se trouve au sud-ouest, il s'agit de Kherrata et sa région partie intégrante des Babors. (figure 5)

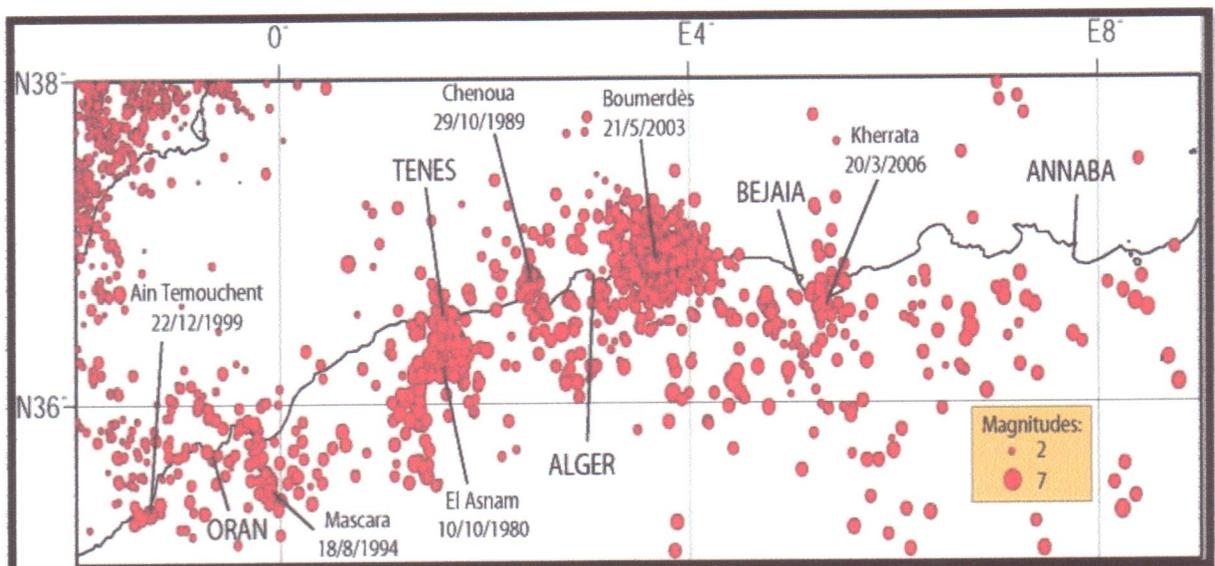


Figure 5. Carte des épïcêtres du nord de l'Algérie, de 1973 à 2006 (base de données NEIC).

II.4.4- Interprétation de la carte des Isoséistes de la secousse concernant la wilaya de Jijel

L'observation de la carte Isoséistes nous a permis de constater, en premier lieu, les grandes lignes sismiques qui coïncident avec l'alignement de failles.

En second, la magnitude des séismes de la région qui donne naissance à des rayons macrosismiques atteignant facilement Jijel et sa région (Figure 6).

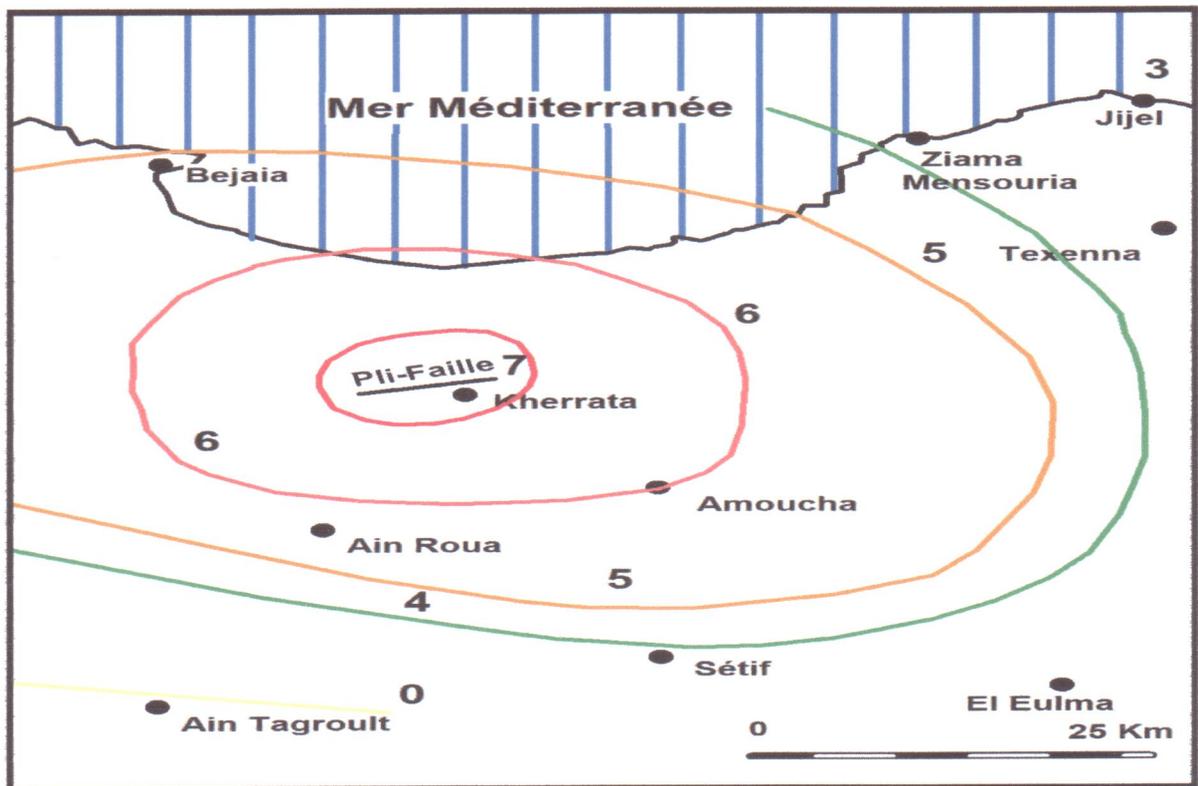


Figure.6 : Isoséistes de la secousse du 17 /02/1949 (d'après J.P ROTHE)

II.4.5- Classe des secousses ressenties dans la région de Jijel

L'ancienne classification de *Richter* et *Gutenberg* distingue quatre classes de séismes et qui sont :

Classe C : magnitude allant de 6.0 à 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

II.4.6- Analyse sismotectonique

La carte sismotectonique du C.R.A.A.G 1971 (figure, 8) permet de distinguer 4 grandes familles de failles qui sont :

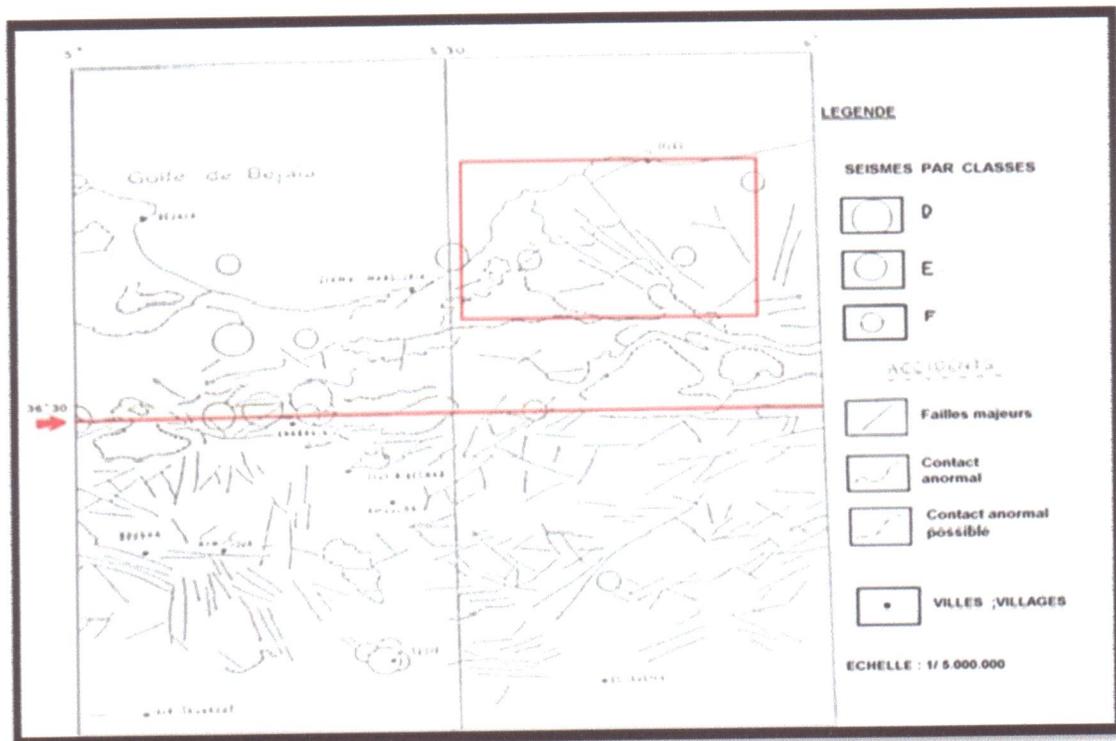


Figure.7 : Carte sismotectonique de la région de Jijel-Bougie au 1/5000.000 (C.R.A.A.G .1971).

✓ *Faille NE-SW*

La région de Jijel au Nord et au Sud présente cet alignement de failles :

L'alignement Nord, part de Jijel, traverse Kherrata et va jusqu'à l'Ouest de Bougâa (Bibans). On peut compter 8 foyers de séismes. L'alignement Sud quant à lui part du Sud de Jijel pour disparaître à l'Est de Bougâa, ce dernier comptabilise 03 foyers.

✓ *Faille NW-SE*

Le Nord-Ouest de la carte de la figure II 9 est par excellence, la région où l'on remarque un réseau très développé de failles. Cette direction privilégiée apparaît du côté SW aux environs de Bougâa et Ain Roua. Ailleurs dans la carte, cette même famille de failles existe, elle est moins dense et présente des failles de moindre importance que celle des environs de Jijel et Bougâa.

✓ *Faille E- W*

Un axe passant par le Nord de Ziamma Mensouriah (au niveau de la mer) et s'étalant jusqu'au Sud de Jijel semble s'aligner sur l'axe très net Est-Ouest qui passe par Kherrata et où les foyers longent les tracés des fronts de charriages de la région.

✓ *Faille N- S*

La zone des Bibans (Ain Roua et Amoucha) est la seule à présenter discrètement cet alignement.

Les villages de Kherrata et Ziamamensouriah situés au Nord, donc sont dans le prolongement direct de ce réseau de failles. (Tekkouk M, 2005)

III.1 Introduction

Les eaux souterrain et de surface jouent un rôle déstabilisant les sols et les massif rocheux par le changement de comportement rhéologique, en dormant des manifestations qui peuvent être extrêmes c'est pour ça qu'adapté une analyse hydrologique de la région d'étude. Principalement on précisera les apports d'eaux (précipitations, évatranspiration, infiltration et ruissellement) .le bilan hydrologique, le régime caractéristique de la fonction du système hydrologiques et les formations géologique potentielles à construire des aquifère.

II.2 Hydroclimatologie, Hydrologie et Hydrogéologie de la région

II.2.1 Hydrologie du bassin versant

La topographie du site dont fait partie le site étudié représente un bon indicateur des potentiels gravitaires, mis en jeu dans le processus d'écoulement de surface.

Toutes les eaux issues de la pluviométrie sont canalisées par les talwegs (Oued et Chaabats) selon un réseau qui est représenté sur la carte ci-dessous (figure 8).

Le site d'étude, est sillonné par des cours d'eau importants qui coulent principalement du Sud vers le Nord et se déversent dans la mer. La nature lithologique des terrains sédimentaires meubles (argiles et shiste) que traversent ces cours d'eau et leurs affluents confèrent à ces derniers un paysage morphologique, marqué par de nombreux ravinements.

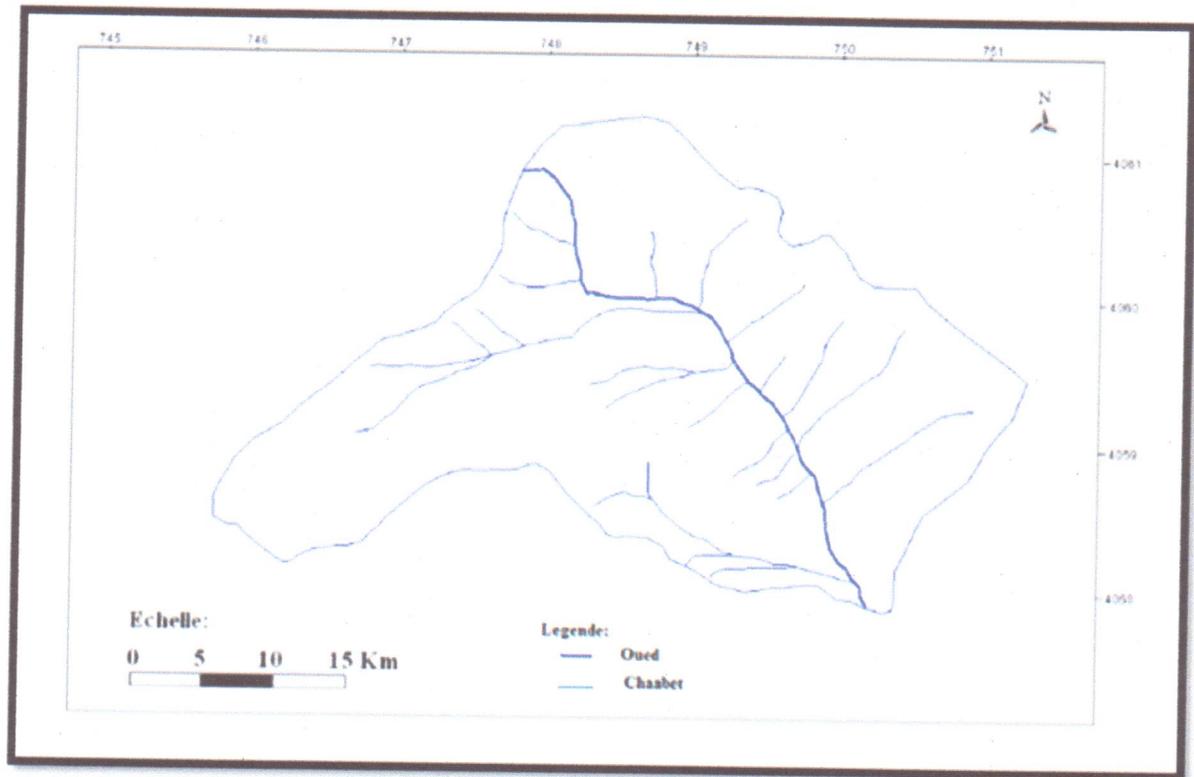


Figure .8 : Carte du réseau hydrographique de la région d'étude.

II.3.1 Hydroclimatologie

II.3.1.1 Aperçu général sur le climat

Le climat de la wilaya de Jijel fait partie de climat Algérien le plus riche grâce à la richesse de la vaste surface. Il est influencé par le méditerranéen, le Sahara et la topographie, l'altitude et l'orientation des chaînes montagneuses de l'atlas tellien et saharien. Il est caractérisé par une période hivernale douce et humide, suivie d'une période estivale chaude.

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

II.3.1.2 Analyse des paramètres climatiques

II.3.1.2.1 Précipitations

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...).

Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

On s'intéresse aux caractéristiques pluviométriques et le comportement hydro morphologique de la région d'étude.

Notre zone d'étude (CW 137 A entre Texenna et Selma) est caractérisée par une forte précipitation qui a un effet direct sur le niveau des eaux souterrain et superficiel dans le site

a) Précipitations liquide

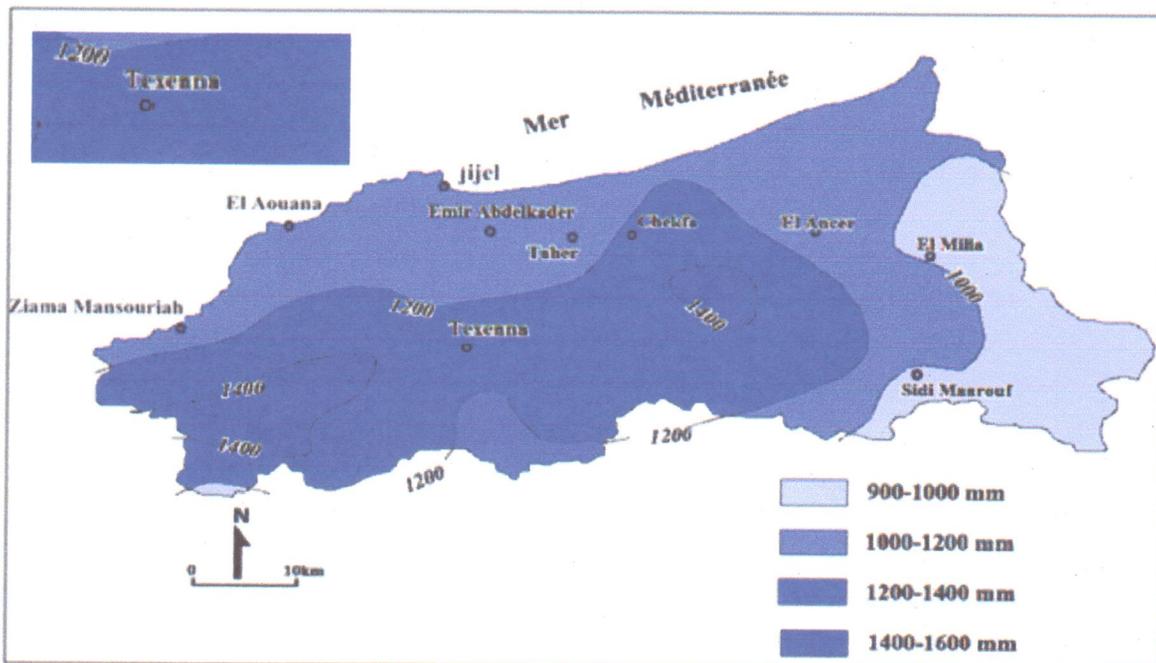


Figure .9 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1996) durant la période 1970-1996.

D'après la carte pluviométrique de la wilaya de Jijel durant la période 1970-1996 on constate que la région de Jijel, dont fait partie le site d'étude se particularise par un climat tempéré avec la moyenne des précipitations annuelles varie entre 1200 et 1400 mm/an

1. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

L'étude des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières a été effectuée à partir des données des périodes récentes qui s'étendent de 2001 à 2012 Jijel A.N.R.H.

Saison	Moyenne saisonnière (%)	Moyenne mensuelle (mm)
Automne	29.01%	77
		94.2
		174.1
Hiver	42.61%	232.52
		140.1
		134.5
Printemps	25.15%	104.63
		130.86
		63.85
Eté	3.22%	14.85
		11.82
		11.68
		1190.11

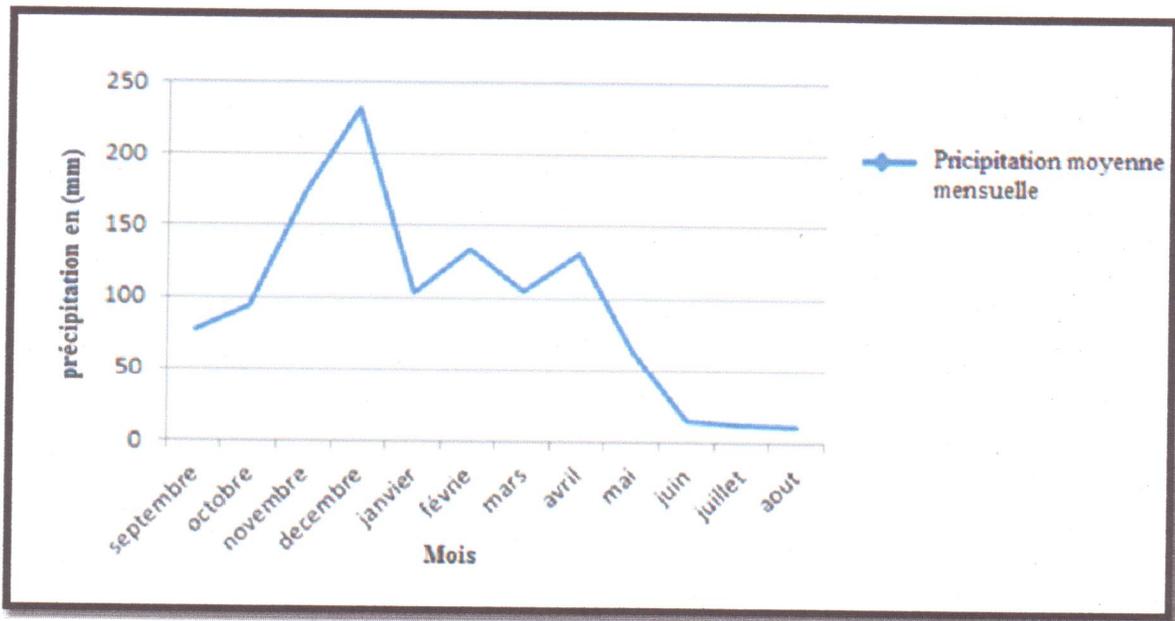
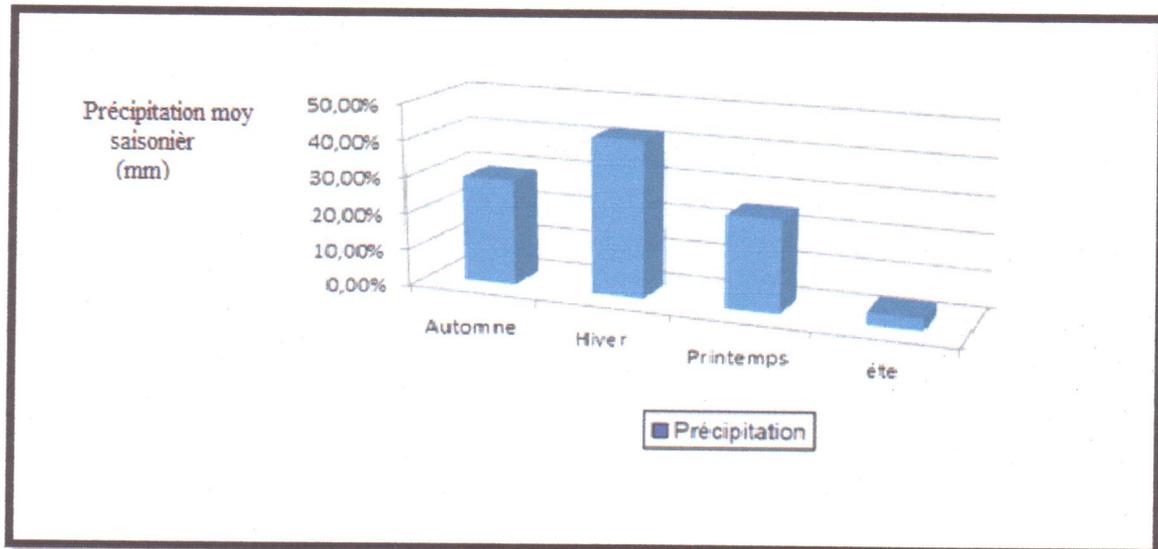


Figure .10 : Les précipitations moyennes mensuelles durant la période 2001-2012.

(Jijel A.N.R.H).

D'après les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus et à partir de la courbe des précipitations moyennes mensuelles durant la période 2001-2012 (Fig.III. 3), on constate que Décembre est le mois le plus pluvieux, par contre Juillet est le mois le plus sec, l'évolution



des précipitations dans le temps est croissante d'Aout à Décembre.

Figure .11: Histogramme de précipitations moyennes saisonnières durant la période 2001-2012, (Jijel A.N.R.H).

D'après les résultats mentionnés dans le tableau (III.1) et à partir de l'histogramme des précipitations moyennes saisonnières (Fig.III4) on constate que la saison la plus pluvieuse est l'hiver avec des précipitations de l'ordre de 42.61% Alors que la saison la plus sèche est l'été avec des précipitations de l'ordre 3.22% des précipitations total (Voir Fig. III.4). Donc presque la moitié de la lame reçue dans la région étudiée se manifeste en Hiver, ainsi l'alimentation des cours d'eau et des nappes souterraines par les précipitations est élevée en saison hivernale.

a) Précipitations solides

1. La grêle et neige

Bien qu'elles soient liées aux orages, les chutes de grêle et de neige sont corrélées aux valeurs de température des basses couches de l'atmosphère.

Les grêles ayant le temps de fondre avant d'atteindre le sol, il s'en suit que leurs épisodes de chute les plus nombreux surviennent en hiver (décembre, janvier et février).

De même, la neige peut survenir en hiver sur les zones montagneuses (monts de Texenna,...), son importance est réside dans le fait qu'elles imbibent le sol d'une façon continue et le laisse s'humecter profondément pendant la période de fusion, l'enneigement se fait seulement au début de l'hiver sur les hautes altitudes de Texenna (environ de 800 m).

Tableau .2 : Répartition de la neige (P.Seltzer, 1946)

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

Tableau .3 : Nombre des jours de grêle
(Station Aéroport F.Abbès de Taher, période 1996/2006).

Station Aéroport Ferhat Abbès	Chute de grêle [1996-2006]												Moyenne annuelle
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
	0,1	0,1	0,5	1,3	2,1	2,1	1,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	8,7

2. La gelée blanche

En plus des anciennes données de P.Seltzer de 1946, nous avons pour les stations de Taher (port et aéroport F.Abbès) une série des données plus récente.

Nous donnons dans le tableau (extrait des travaux réalisés par Tekkouk (2005), toutes les données relatives a la gelée blanche a la station de Texanna.

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 Texenna.

Tableau .4 : Nombre moyen des jours de la gelée blanche
(P.Seltzer.1913/1938,ONM.1989/1992).

Stations Mois	Taher		Texenna
	Données P.Seltzer 1913/1938	Données O.N.M 1989/1992	Données de P.Seltzer 1913/1938
S	0,0	0,0	0,0
O	0,0	0,0	0,1
N	0,0	0,0	0,3
D	0,1	0,5	2,1
J	0,3	2,7	3,6
F	1,7	1,75	1,9
M	0,0	1,0	0,6
A	0,0	0,0	0,4
M	0,0	0,0	0,0
J	0,0	0,0	0,0
J	0,0	0,0	0,0
A	0,0	0,0	0,0
Moyenne Annuelle	2,1	5,95	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 a la pluie.

II.3.1.2.2 Températures

La température constitue avec les précipitations l'élément majeur qui régit le climat d'une région. Elle joue le rôle d'un facteur qui influe sur le bilan hydrographique du fait de son impact sur déficit d'écoulement et l'évapotranspiration.

Le tableau ci-dessous représente les valeurs des températures moyennes mensuelles et saisonnières enregistrées à la station de Jijel Aéroport durant la période 2001 à 2012.

Tableau .5: Températures moyennes mensuelles et saisonnières durant période

2001-2012(Jijel, A.N.R.H).

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Ju n	Juil	Ao ut	MOYE NNE (°C)
Moyenne mensuelle (°C)	23.61	19.30	16.09	11.78	12.37	11.46	13.53	16.13	19.16	23.43	26.38	26.70	18.32
Moyenne Saisonnières (%)	26.82%			16.19%			22.19%			34.78%			
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

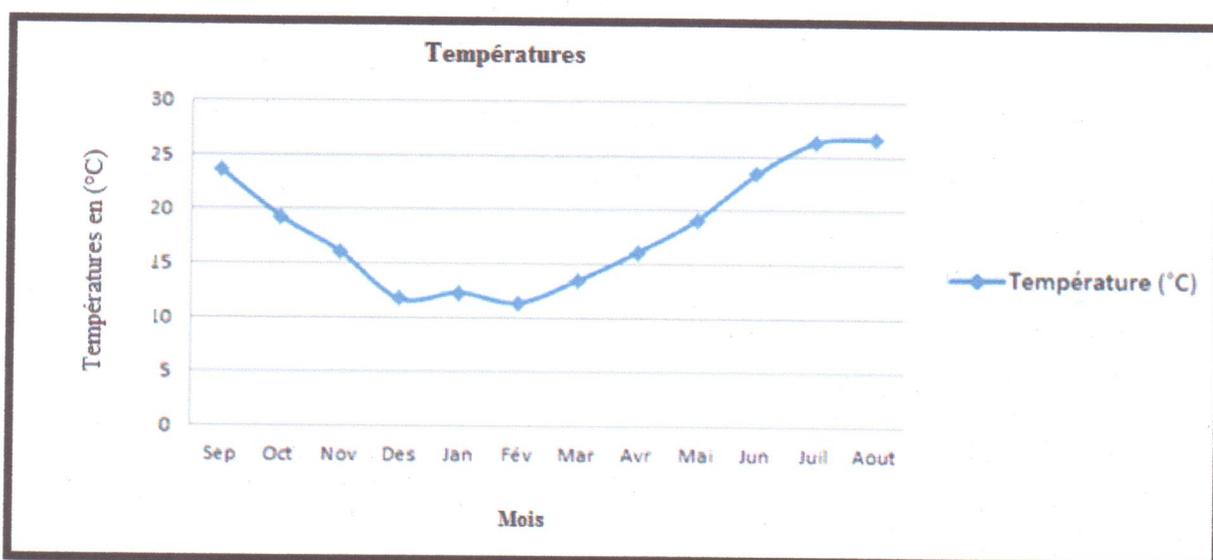


Figure .12: Températures moyennes mensuelles et saisonnières durant la période (2001-2012) (de Jijel, A.N.R.H).

Les données des températures mensuelles de la station de Jijel A.N.R.H permet de conclure que les températures sont basses en Hiver (Décembre, Janvier et Février) et élevées en Eté (Juin, Juillet et Aout) et que :

- Le mois le plus frais est : Février avec une moyenne de 11.46 °C.
- Le mois le plus chaud est : Juillet avec une moyenne de 26.38°C.

II.3.1.2.3 Relation températures-précipitations

a) Diagramme ombrothermique

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

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

Les données sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau .6: Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles. Durant la période (2001-2012) (de Jijel, A.N.R.H).

Mois	Moyenne mensuelle (°mm)	Moyenne mensuelle (°C)
Septembre	77	23.61
Octobre	94.2	19.30
Novembre	174.1	16.09
Décembre	232.52	11.78
Janvier	140.1	12.37
Février	134.5	11.46
Mars	104.63	13.53
Avril	130.86	16.13
Mai	63.85	19.16
Juin	14.85	23.43
Juillet	11.82	26.38
Août	11.68	26.70

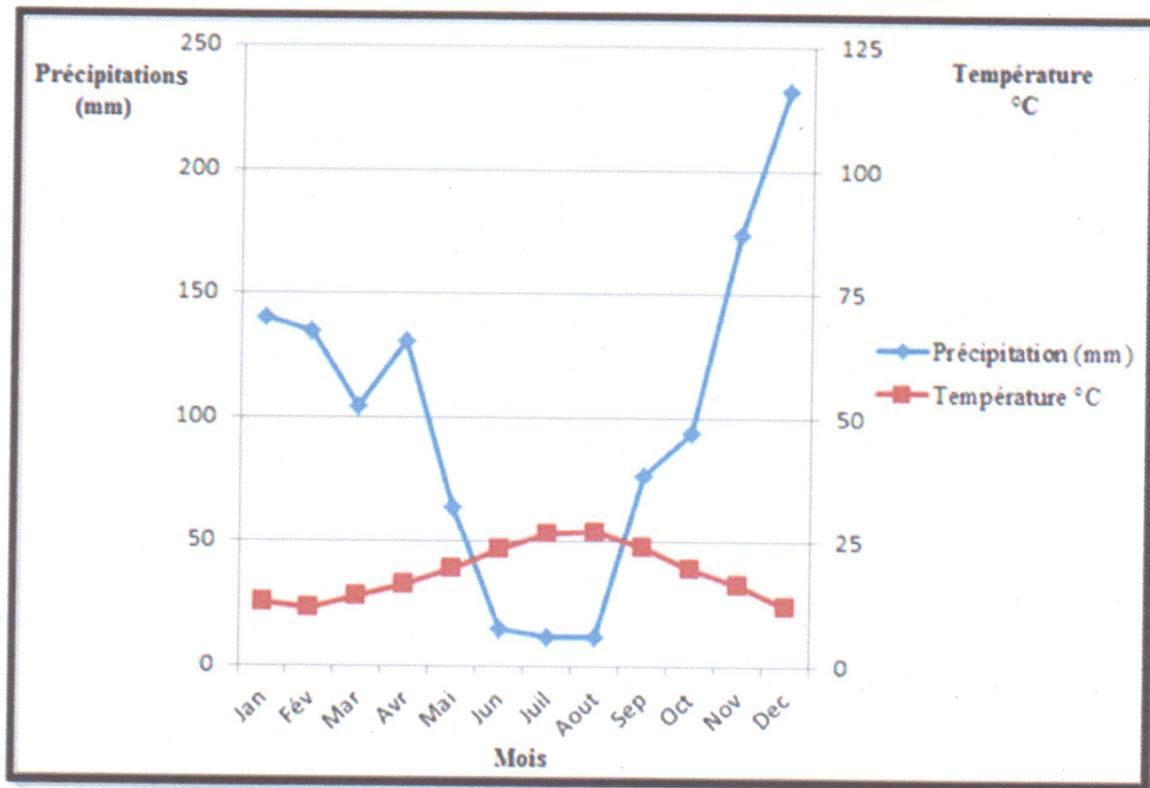


Figure .13 : Diagramme Ombrothermique durant la période 2001-2012. (Jijel, A.N.R.H).

Selon le diagramme ombrothermique (courbe pluvio-thermique) ci-dessus (Fig. II.8) établis selon la règle de **Gaussen** ($P=2T$), on remarque que :

- la courbe de précipitation se situe au-dessus de la courbe thermique du mois de Septembre à la fin de Mai, tandis que du début de Juin jusqu'à la fin de Septembre la courbe thermique se trouve au-dessus de celle de la pluviométrie.
- La période excédentaire (humide), débute au début du mois de Septembre et s'étale jusqu'à la fin du mois de Mai et la période déficitaire (sèche), s'étale au début du mois de Mai jusqu'à la fin de Septembre.

1. L'Aridité

L'aridité est exprimée par l'indice d'aridité d'E. Martonne (Beltrando, 1995) que l'on peut calculer à partir de la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T_{\text{moy}} + 10^\circ} \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

I : Indice de l'aridité de E. Martonne (mm) ;

P : Précipitations moyennes mensuelle annuelles (mm) ;

T moy : Température moyenne annuelle (°C).

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

$I < 5$: climat hyper aride

$5 < I < 7.5$: climat désertique

$7.5 < I < 10$: climat aride

$10 < I < 20$: climat semi-aride

$20 < I < 30$: climat tempéré

$I > 30$: climat très tempéré

Pour la région d'étude : $I = \frac{1190.11}{18.32 + 10^\circ}$

$$I = 42.02$$

Donc la valeur de l'indice d'aridité calculé dans notre région est de l'ordre 42.02mm, caractérisant un climat **très tempéré**.

b) Le bilan hydrologique

L'établissement du bilan hydrologique selon **Thornthwaite** est primordial pour l'évaluation des réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région. Il est exprimé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en mm ;

ETR : Evapotranspiration réelle en mm ;

R : Ruissellement en mm ;

I : Infiltration moyenne en mm ;

Wa : Variation des réserves (terme souvent négligeable)

1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un transfert de l'eau de la terre vers l'atmosphère par évaporation des eaux de surface et du sol et par transpiration de la végétation.

1.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie d'un tapis végétal couvrant entièrement et alimenté régulièrement en eau.

La formule générale utilisée pour le calcul d'ETP selon **Thornthwaite** est la formule suivante :

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

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

On: T : températures moyennes mensuelles exprimé en °C.

K : facteur de correction mensuelle.

I : indice thermique annuel égal à :

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{avec: } i = (T/5)^{1.514} \quad i : \text{indice thermique mensuel.}$$

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

$$\text{ETPC} = \text{ETP} \cdot K$$

Avec : ETPC: évaporation potentielle mensuelle corrigée.

D'après les données (Jijel ,A.N.R.H) : $I = 88.09$ et $a = 1.9094$

Tableau .7. Calcul de l'ETP selon Thornthwaite.

Station Texenna, (2001 /2012)						
Mois	Moyenne mensuelle (mm)	Moyenne mensuelle (°C)	I	ETP (mm)	K	ETP C (mm)
Septembre	77	23.61	10.48	105.11	1.03	108.26
Octobre	94.2	19.30	7.72	71.53	0.97	69.38
Novembre	174.1	16.09	5.86	50.54	0.86	46.90
Décembre	232.52	11.78	3.63	27.86	0.84	23.40
Janvier	140.1	12.37	3.49	30.59	0.87	26.61
Février	134.5	11.46	4.54	26.44	0.85	22.47
Mars	104.63	13.53	5.93	36.30	1.03	37.38
Avril	130.86	16.13	5.93	50.98	1.1	56.07
Mai	63.85	19.16	7.64	70.54	1.21	85.35
Juin	14.85	23.43	10.23	103.5	1.22	126.27
Juillet	11.82	26.38	12.38	129.9	1.24	161.07
Août	11.68	26.70	12.44	132.94	1.16	154.21
Total	1190.11	219.94	88.09	836.23	/	917.37

1.2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)

Par définition l'ETR est la quantité d'eau évaporée ou transpirée selon les conditions climatique réelles .l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau présente dans le sol.

- si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle
 $\text{ETR} = \text{ETP}$

- si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP) on a deux cas :

a) Si $P+RU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$

b) Si $P+RU < ETP \Rightarrow ETR = P+RU$

Le déficit d'eau (water deficiency) que l'on appelle parfois le déficit agricole égal à la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

$DA = ETP - ETR$.

Il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes (et les sols) si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

Tableau .8. Résultat de calcul de l'évapotranspiration réelle

(Jijel, A.N.R.H 2001.2012).

Station Texanna, (2001/2012)							
Mois	P	ETP C (mm)	P-ETP (mm)	RU (mm)	ETR (mm)	DA (mm)	WS (mm)
Septembre	77	108.26	-31.26	0	77	31.26	0
Octobre	94.2	69.38	24.82	0	94.2	-24.82	0
Novembre	174.1	46.90	127.2	100	46.90	0	127.2
Décembre	232.52	23.40	209.12	100	23.40	0	209.12
Janvier	140.1	26.61	113.45	100	26.61	0	113.45
Février	134.5	22.47	112.03	100	22.47	0	112.03
Mars	104.63	37.38	67.25	100	37.38	0	67.25
Avril	130.86	56.07	74.75	100	56.07	0	74.75
Mai	63.85	85.35	-21.5	0	63.85	21.5	0
Juin	14.85	126.27	111.42	0	14.85	111.42	0
Juillet	11.82	161.07	-149.25	0	11.82	149.25	0
Août	11.68	154.21	-142.53	0	11.68	142.53	0
Total	1190.11	917.37	/		486.23	431.14	703.8

c) Estimation du ruissellement et de l'infiltration

Pour le calcul des ruissellements et des infiltrations on utilise :

Evapotranspiration potentielle. $ETP = 917.37 \text{ mm.}$

Précipitations moyennes annuelles. $\bar{P} = 1190.11 \text{ mm.}$

Lame évapotranspirée. $ETR = 486,20 \text{ mm.}$

1. Lame d'eau ruisselée (R)

On remarque la précipitation sont supérieur a 600mm/an donc la formule Tixeront Berkaloff n'existe plus, pour cela on met la formule D.G.R.E (direction générale des ressources tunisienne) et élaboré par A Ghorbel et appliqué pour l'extrême nord Tunisien, cette dernier formule a été aussi appliquée pour la région Séraïdi d'Annaba.

Pour résoudre ce problème A. Ghourbel a tenté une corrélation entre le pourcentage cumulé des formations de quaternaire et des alluvions et l'écart entre lame d'eau ruisselée observées, celle calculée par la formule caractérisant le deuxième groupe ($Re = 0.26 P$).

Cette corrélation peut améliorer l'estimation du ruissellement en faisant une correction des valeurs calculées. Les corrections des lames d'eaux écoulées à partir de cette correction sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau .9 : valeurs des corrections (C) des lames écoulées (Re) $Re = 0.26 + C$

Quaternaire et alluvions%	0	1-2	3-5	5-7	7-22	22-26	26-30	>30
C	+150	+120	80+	+40	+6	-20	-30	-80

Dans notre région d'étude, nous avons estimé que les alluvions et le quaternaire présentent environ 1 à 2% .cela implique la formule qui sera utilisée dans notre cas pour estimer le ruissellement est la suivante:

$$R=0.26 P+ 120 \quad \Rightarrow \quad R=0.26*1190.11+120$$

$$R=429.42 \text{ mm /an} \quad \Rightarrow \quad \text{Donc : } 36.08\% \text{ des précipitations , } R\%=58.07$$

2. La lame d'eau infiltrée (I)

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le sol et le sous-sol, elle alimente les eaux souterraines, eau de rétention, écoulement hypodermique, écoulement souterrain et la reconstitution des réserves aquifères. L'excédent des précipitations engendre l'infiltration vers la nappe quand la Réserve Facilement Utilisable ou RU est maximale. Donc on peut estimer l'infiltration à partir de l'équation du bilan, c'est-à-dire :

$$P = ETR + R + I + Wa \Rightarrow I = P - (E+R)$$

Avec: Wa variation des réserves souvent négligeable.

$$I = 1190.11 - (486.23 + 429.42)$$

$$I = 274.46 \quad \text{Donc } 23.06\% \text{ des précipitations}$$



Figure .14 : Représentation graphique du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite, (Jijel, A.N.R.H)

III.2.1.2.4 Interprétation du bilan hydrologique

A partir des données (du tableau III.8) et les résultats des courbes permet de prendre les observations suivantes:

-Les précipitations atteignent leurs maximums au mois de Décembre (232.52 mm), période durant laquelle l'évapotranspiration potentielle (ETPc) atteint son minimum au mois de Novembre

-L'évapotranspiration potentielle(ETPc) atteint son maximum (161.07 mm) au cours des mois de la période sèche, plus précisément au mois de juillet (plus le climat est sec plus l'ETPC est importante)

L'excédent d'eau est réparti de mois d'Novembre jusqu'au le mois d'Avril, l'accroissement du volume d'eau durant cette période (saturation du sol) dont le rapport de ruissèlement au niveau de station est de l'ordre de 36.08% des précipitation, ainsi que l'infiltration et de l'ordre de 23.06 % des précipitations

II.3.2 contexte hydrogéologique:

En général grâce aux études précédentes, la perméabilité des différentes formations existantes dans cette région d'étude est donnée dans le tableau ci-dessous (**Kherrouba .H 2008**) :

Tableau .10 : perméabilité des différentes formations de la région d'étude

Formations lithologiques	Perméabilité	Formations superficielles	Perméabilité
Roches vertes	En grand	Argiles, limons	Imperméables
Calcaires massifs	En grand	Argiles, limons, graviers	Imperméables
Grés	En grand+ interstices	Argiles, limons + blocs	Semi-imperméables
Schistes	Semi perméable	Argiles + sables	Imperméables
Marnes et Argiles	Imperméable	Argiles, sable + blocs	Semi-perméables
Complexe gypseux	Semi perméable	Alluvions	Perm .interstice.
Marnes gypsenses,	Semi perméable	Terrasses	Perm interstice.

II.3.2.1 Hydrogéologie globale de la région : (En 1^{er} lieu à l'échelle kilométrique)

Deux unités hydrogéologiques ou systèmes aquifères bien nets apparaissent dans notre région d'étude. En effet ces deux systèmes sont :

- a. Système aquifère amont (supérieur).
- b. Système aquifère aval (inférieur).

a) Système aquifère amont

Il fait du réservoir qui constitue toute la partie amont du sous bassin versant. Il constitue par les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle, les olistostromes, les formations cristallophylliennes du socle Kabyle, les formations de type flysch (maurétanien 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 en ces lieux. Ils peuvent en certains endroits provoquer des pertes totales. (Tekouk M, 2005)

b) Système aquifère aval

On peut aussi l'appeler réservoir à porosité inter-granulaire ou d'interstice, plaine ou nappe alluviale tout simplement. Il renferme toute la partie aval du sous bassin versant. Les formations qui le constituent sont essentiellement de nature détritique (consolidées ou non), et que nous avons regroupé (pour l'essentiel) sous l'appellation de formations superficielles (Tekouk M, 2005)

II.3.2.2 Hydrologie globale du site (En 2eme lieux à l'échelle métrique)

D'après la carte topographique de Texenna (nj 31 vi 42 ouest 1/25000), le réseau hydrographique est caractérisé par de multiple cours d'eau temporaire, venant du haut du talus pour se déverser au niveau de oued DjenDjene. La localisation approximative du terrain sur la carte fait apparaître des ravinements dont les axes passent à travers le site étudié, orienté vers l'exutoire que constitue oued DjenDjene.

Les mouvements survenus au niveau du CW 137A sont en relation directe avec les intempéries (chute de pluies intenses...)

Le site constitue un grand bassin de réception des eaux. En plus de CW 137A franchie plusieurs ravinements qui convergent en contre bas vers une dépression qui progresse au pied du versant.

- Plusieurs suintements des eaux ont été enregistrés à travers le talus amont.
- Aucun système de drainage approprié n'existe.
- Les zones dénudées ne bénéficient d'aucun système de drainage.
- Les fossés bétonnés sont pour la plus part obstrués par les masses de terre glissées.
- Les ouvrages hydrauliques existants présentent des ouvertures insuffisantes pour d'importants débits.

Les fissures ouvertes auparavant favorisent également la pénétration des eaux superficielles dans les masses de terre. La circulation anarchique altère les formations en profondeur.

L'apport d'eau entraîne systématiquement une réduction des caractéristiques physico-mécaniques des formations géologiques existantes (argile schisteuse, schiste feuilleté et marne

III. Conclusion

Au regard des résultats du bilan hydrologique calculé, nous observons que le 1/3 des pluies qui s'abattent sur notre bassin (36%) partent sous forme de ruissèlement vers la mer, une plus faible quantité (23%) ou le 1/5 des eaux s'infiltré dans des formations semis-perméables, et 41% des eaux restantes partent sous forme d'évapotranspiration.

Chapitre IV Etude géotechnique

I. Introduction

Le glissement de terrain objet de notre projet de fin d'étude qui est situé sur la route (CW137 A¹) reliant la commune de SELMA et TEXENNA au sud-est de la ville de Jijel (Fig.1). L'étude de ce glissement de terrain a été lancée en 2009 pour la première fois mais les solutions proposées n'ont pas tenu ce qui a engendré la manifestation de ce glissement pour la deuxième fois en 2012. A l'époque l'étude géotechnique a été effectuée par le LTPE² de Jijel. L'étude que nous allons effectuer comprend la description du glissement, la recherche des causes probables du glissement, et enfin l'étude de stabilité afin de pouvoir proposer des solutions de confortement efficaces.

II. Méthodologie d'étude du glissement de terrain

II.1. Repérage de la zone instable



Figure .15 : Repérage de la zone de glissement.

¹ C.W.137 : Chemin wilaya N137

² LTPE : Laboratoire des Travaux Publics de l'Est

IV. Etude géotechnique

La première remarque concernant le programme des reconnaissances géotechniques réalisées dans ce projet c'est que deux sondages carottés seulement ont été réalisés au niveau du site. Ces sondages ont été placés parallèlement à la route. En conclusion, nous constatons un mauvais choix du nombre et de l'emplacement des sondages carottés.

D'autre part, le levé topographique et les profils en travers utilisés ne couvrent que la partie aval de la route alors que, lors de nos sorties sur terrain nous avons constaté que le glissement affecte aussi la partie amont de la route et que probablement il s'agit du même mouvement de géométrie des profils, la surface du glissement et l'ampleur du phénomène lui-même sont plus importantes que celles proposées par les bureaux d'étude qui se sont succédés sur ce projet. Par conséquence nous estimons que les solutions de confortement seront plus adaptées et plus efficaces.

IV. Campagne de reconnaissance géotechnique

Le bureau d'étude L.T.P.Est a été effectué une campagne de reconnaissance géotechnique sur le site étudié en (2009et2012) (glissements de terrain CW 137A entre Selma-Texenna Jijel). Cette campagne à portée sur la réalisation des sondages carottés :

IV.1. Essais in-situ

IV.1.1. Les sondages carottés

Des sondages carottés ont été réalisés en 2009 et auparavant (année 2005-2006). On a au glissement1 (SC1, SC2, SC3), et au glissement2 (SC1, SC2,) Ils ont mis en évidence la présence des formations géologiques suivantes :

- Un remblai routier d'une épaisseur variant entre 0.5 m à 2 m selon le sondage Sc1-1, Sc1-2, Sc1-3, Sc 2-1, Sc 2-2.
- Un couche d'argile d'une épaisseur variant entre 6mà 11mselon le sondage Sc 1-1, Sc1-2.
- Un couche de schiste d'une épaisseur variant entre12 m à 19 m selon le sondage Sc1-1, Sc1-2, Sc1-3, Sc 2-1, Sc 2-2.

IV.2. Essais de laboratoire

Les échantillons prélevés du sol étudié ont été soumis à des essais d'identification physique et de comportement mécanique. Les valeurs des principaux paramètres physiques, mécaniques et chimiques mesurés pour chaque sondage à différents profondeurs sont représentées comme suit :

IV.2. 1.Paramètres physiques

Tableau .11 : Valeurs des principaux paramètres physiques mesurés pour glissement 1.

Glissement 1	Sondage N°	01		02		03	
Pk 0+100	Profondeur (m)	4.00/4.30	9.10/ 3.50	10.0/ 10.30	6.30/ 6.70	6.30/ 6.70	7.70/ 8.00
	Teneur en eau naturelle (W _n)%	16.20	20.00	11.20	16.80	14.10	8.23
	Masse volumique apparente (γ _h) T/m ³	1.80	1.63	1.85	1.69	1.76	1.82
	Degré de saturation (S _r)%	88.40	82.90	69.50	76.30	73.70	46

Tableau .12 : Valeurs des principaux paramètres physiques mesurés pour glissement 2.

Glissement 2	Sondage N°	01	02	
Pk 1+100 1+300	Profondeur (m)	4.60 / 5.00	8.50 / 9.10	12.30/ 12.80
	Teneur en eau naturelle (W _n)%	11.50	11.10	14.50
	Masse volumique apparente (γ _s) t/m ³	1.87	1.79	1.72
	Degré de saturation (S _r)%	54.80	59.90	69.90
	Masse volumique apparente (γ _h) t/m ³	2.11	2.00	-

$$11.10 < W < 20.00\%$$

$$54.80 < S_r < 88.4\%$$

$$1.63 < \gamma_h < 2.11$$

Il en ressort de ces résultats que :

- Les valeurs obtenues pour W ont indiqué que **le sol est humide**.
- Les résultats du degré de saturation montrent des valeurs révélant **l'état saturé du sol**
- Les valeurs des densités obtenues indiquent que le sol à une densité moyenne a élevée traduisant un état dense.

➤ Les limites d'Atterberg

Tableau .13 : Résultats des limites d'Atterbeg pour glissement 1.

Glissement 1	Sondage N°	01		02		03		
Pk 0+100	Profondeur (m)	4.00/ 4.30	9.10/ 3.50	10.0/ 10.30	6.30/ 6.70	6.30/ 6.70	7.70/ 8.00	
	limites d'Atterberg	WL%	46.20	46.40	38.80	35.70	38.50	-
		WP%	36.70	31.00	25.30	23.90	20.80	-
		IP%	19.50	15.40	13.50	11.80	17.70	-

Tableau .14 : Résultats des limites d'Atterbeg pour glissement 2.

Glissement 2	Sondage N°	01	02	
Pk 1+100	Profondeur (m)	4.60/5.00	8.50/9.10	12.30/12.80
1+300	Limites d'Atterberg	WL %	35.90	-
		WP %	22.40	-
		IP %	13.50	-

Tableau .15 : Classification des sols suivant l'indice de plasticité (J.P. Magnan, 2001).

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

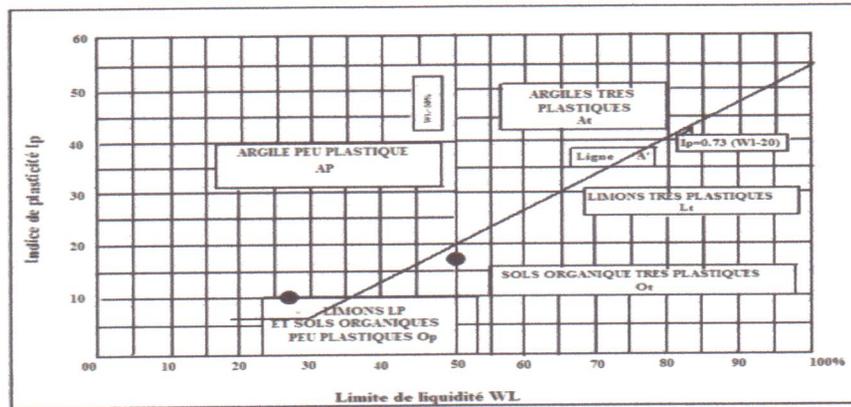


Figure .16 : Diagramme de classification des sols fins de Casagrande.

D'après l'abaque de **Casagrande** et les valeurs obtenus, le sol est classé dans la catégorie des argiles **peu plastiques AP**.

IV.2. 2.Paramètres mécaniques

➤Essai de cisaillement rectiligne

Les caractéristiques intrinsèques (C , ϕ), ont été mesurées par des essais de cisaillement direct de type non-consolidé non-drainé (UU) à l'aide de la boîte de **Casagrande**. Les valeurs obtenues sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau .16 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u),(ϕ_u) mesurés.

glissement 1	Sondage N°	01		02		03		
Pk 0+100	Profondeur (m)	4.00/	9.10/	10.0/	6.30/	6.30/	7.70/	
		4.30	3.50	10.30	6.70	6.70	8.00	
	Essai de cisaillement rectiligne	C_u (bars)	0.16	0.10	0.16	0.10	-	0.20
		ϕ_u	19	31	29°30	23	-	16

Tableau .17 : Valeurs des caractéristiques intrinsèques (C_u), (φ_u) mesurés

glissement 2	Sondage N°		01		02	
	Pk 1+100 1+300	Profondeur (m)		4.60/ 5.00	8.50/ 9.10	12.30/12.80
Essai de cisaillement rectiligne		Cu (bars)	0.40	0.48	0.52	
		φ°	19.50	24.00	22.30	

D'après les résultats de l'essai de cisaillement on peut dire ce qui suit :

- $0.10 < C_u < 0.52$: le sol est cohérent.
- $16 < \varphi^\circ < 31$: le sol est moyennement résistant au cisaillement du fait des valeurs moyennes de φ°

Diagnosics et causes probables des glissements étudiés

Un glissement de terrain est un déplacement généralement lent d'une masse de terrain cohérente et meuble le long d'une surface de rupture. Cette dernière est due à la disparition du pied de la pente (travaux de terrassements ou érosion), soit l'augmentation du poids de la pente (remblais, éboulis), ou l'augmentation de la pression de l'eau dans la pente (dans la couche moins résistante où passe la surface de rupture ou bien dans des fissures).

Glissement 1 : Le glissement s'étend sur une longueur d'environ 40m et une largeur de 60 m, la pente du versant avoisine les 65° . Les dégradations observées sont principalement des niches d'arrachement avec un escarpement de 1 m environ au niveau de la chaussée

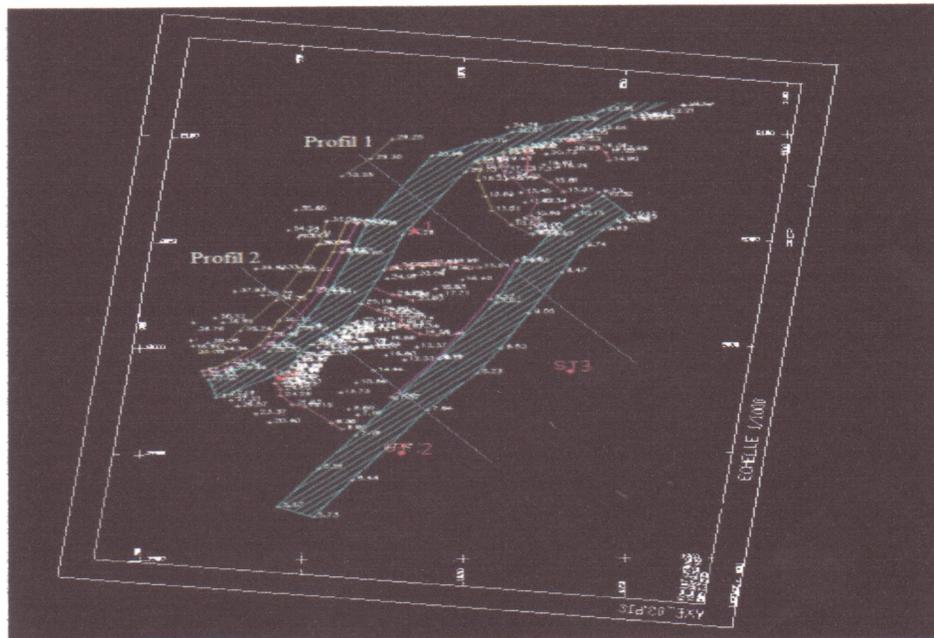


Figure .17 : Localisation du glissement et des profils sur le levé topographique Glissement 1.

Glissement 2 :

Le glissement s'étend sur une longueur d'environ 150m et une largeur de 200 m, la pente du versant avoisine les 70°. Les dégradations observées sont principalement des niches d'arrachement avec un escarpement de 1,50 m environ au niveau de la chaussée

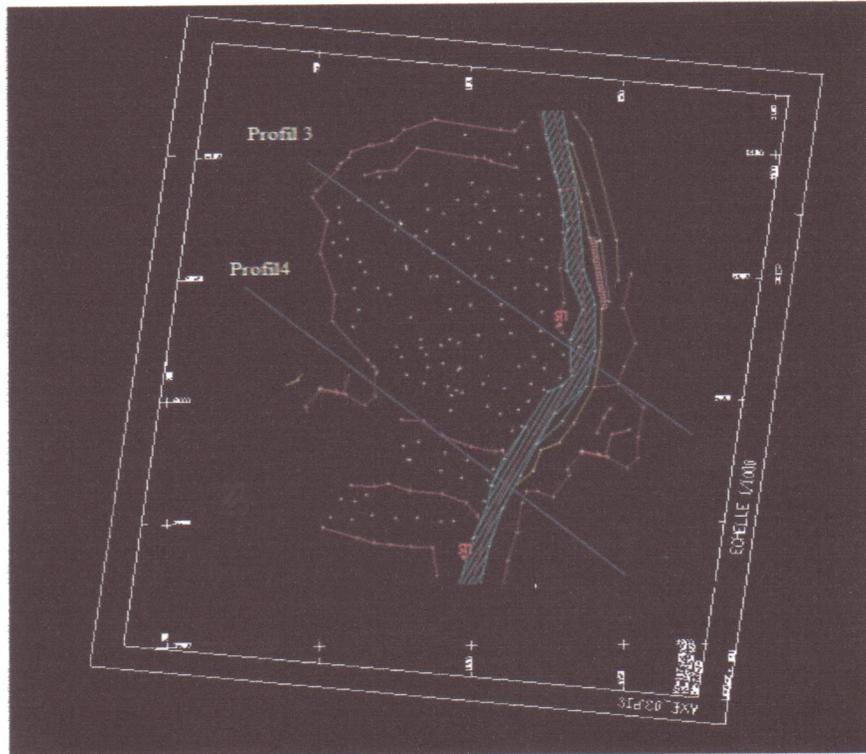


Figure .18 : Localisation du glissement et des profils sur le levé topographique Glissement 2.

Dans ce qui suit nous présenterons les causes probables qui ont contribué à la manifestation des instabilités des versants survenant dans notre secteur d'étude, notamment :

- la morphologie globale fait apparaître un relief montagneux, la topographie est irrégulière et très en pente. Les terrains traversés correspondent à un véritable sous bassin versant.
- La nature lithologique du site : La lithologie du site est représentée par les formations épimétamorphiques du flysch massylien schistosé.
- le glissement affecte est mise à nu, généralement il est dépourvu de végétation arbustives
- l'inclinaison des arbres et la couleur noire des troncs, c'est l'indice des incendies.

- Causes d'origine naturelle : la forte pluviométrie et eaux de ruissellement, la couverture neigeuse, favorise elle aussi, lors de sa fonte lente l'imbibition des terrains qu'elle recouvre.
- La stratification est séparée par des joints qui sont la plus part argileux, est due des altérations de ces dernières par érosion due aux ruissellements et aux infiltrations d'eau.
- La tectonique (plissements, failles...etc.).(kharrerouba .H, 2008).



Figure .19 : Désordres affectant les glissements étudiés.



Figure .19 : Désordres affectant les glissements étudiés.

IV.2.3. Analyse de stabilité

- **Hypothèse de calcul**

- 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, de ce fait 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 préférant une loi de comportement complexe. Parmi les méthodes de calcul à la rupture, (Achour, 2007) on a :

- Les méthodes globales qui n'admettent 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 du talus non rectiligne, hétérogénéité du sol, la ligne de glissement quelconque.

Le logiciel utilisé pour le calcul de la stabilité du talus étudié est basé sur la théorie de calcul à la rupture dans laquelle on suppose, que lors d'un glissement de terrain il ya séparation d'une masse mobile (A) du massif stable est sain (B) le long d'une surface de rupture (S). On calcul la contrainte de cisaillement du sol le long de cette surface (S) à partir des valeurs connues ou supposées des forces agissant sur (A) et on la compare à la résistance au cisaillement du sol estimée à partir des caractéristiques mécaniques du sol.

Tableau .18 : Méthodes de calculs de stabilité des talus

Méthodes	Type de rupture	Type de méthode	Hypothèses sur les forces inter-tranches
Fellenius (1936)	Circulaire	Tranches	Négligés
Jumbu (1964)	Non circulaire	Tranches	Position imposées
Bishop (1965)	Circulaire	Tranches	Composantes horizontal imposées
Morgenstern-price (1965)	Non circulaire	Tranches	Composante verticale Z et composante horizontale H définies par la relation $\lambda, f(x) = Z/H$
Spencer (1967)	Non circulaire et circulaire	Tranches	Aucune
Perturbation (1972)	Non circulaire	Globales	Aucune

C'est différentes méthodes se basent sur le même principe concernant le calcul du coefficient de sécurité vis-à-vis la stabilité du talus qui est :

$$F_s = \frac{\sum \text{Moments résistants}}{\sum \text{Moments moteurs}}$$

- Si $F_s < 1$: le talus est instable.
- Si $1 \leq F_s \leq 1.5$: le talus est stables mes avec des conditions.
- Si $F_s > 1.5$: le talus est stable son danger.

▪ **Calcul numérique par le logiciel GEO-SLOPE**

Du fait de la maîtrise de ce logiciel, sa disponibilité, sont fonctionnement simple basé sur la méthode des tranches, ces résultats très fiables et la possibilité d'une modélisation acceptable de la rupture on considère que GEO-SLOPE est l'un des logiciels les plus utilisé pour les études de stabilité des talus.

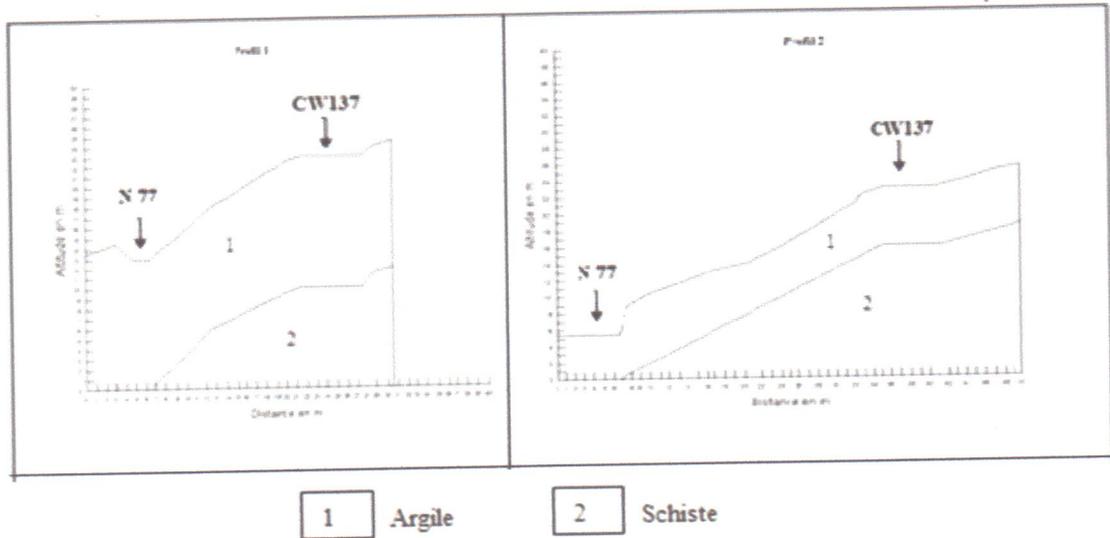
- **Validation de l'approche de calcul considérée** : La stabilité du talus étudié sera faite à partir de trois coupes géométriques faites sur la section de la route (CW137) affectée par le glissement de terrain. En utilisant les données mentionnées dans les rapports géotechniques du laboratoire (LTPE). Pour les calculs de stabilité on a opté pour des profils en travers composés deux couches successives de bas en haut comme suite :

- **profil 1** qui commence à partir de la chaussée de la route (coté aval) par un talus composé d'une couche d'argile de 12 m d'épaisseur suivi d'une couche du schiste de 13m d'épaisseur.

- **profil 2**, identique au profil 1 mais avec des épaisseurs différentes des couches. Donc on a essayé de faire varié l'épaisseur d'argile (pour simulé la réalité suite aux données de sondage carotté de terrain) environ de 6m.

- **profil 3 et 4** commence à partir de la coté amont de la route , par un talus composé de deux couche pour le 3^{ème} on a une couche entre 9 à 20 m d'épaisseur de schiste sain suivie d'une couche schiste argileux de 11 m d'épaisseur, en outre le 4^{ème} on a une couche de schiste sain de 13 m d'épaisseur et enfin une couche de schiste argileux de 10 m d'épaisseur.

➤ Les profils de glissement 1 (PK0+100)



➤ Les profils de glissement 2 (PK1+100 a 1+300)

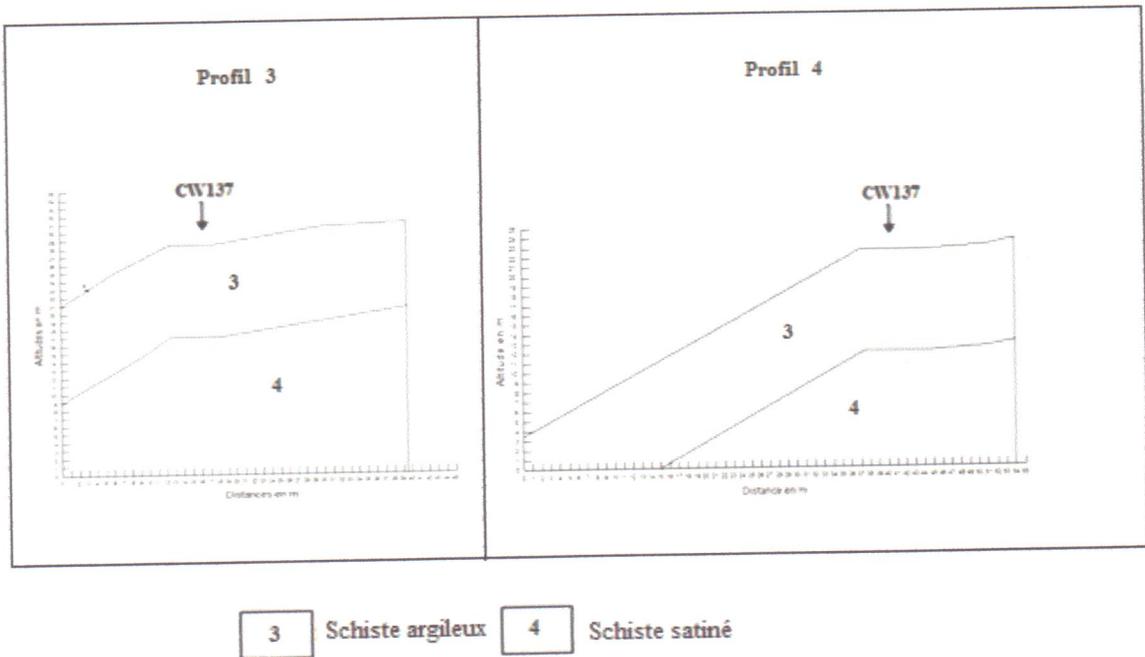


Figure .20 : Géométrie des 4 profils utilisés dans l'étude de stabilité.

Les valeurs des caractéristiques physico-mécaniques des différentes couches de sol utilisées dans l'étude de la stabilité du talus affecté par le glissement de terrain sont regroupées dans le Tableau 18.

Tableau .19 : Caractéristiques mécaniques du sol étudié.

Sites	Couches /caractéristiques mécaniques	$\gamma_h(t/m^3)$	C (bars)	φ_{uu} (°)
<i>Glissement 1</i> <i>PK (0+100)</i>	Profil 1	Argile	1.80	19
		Schiste	1.63	31
	Profil 2	Argile	1.85	29
		Schiste	1.69	23
<i>Glissement 2</i> <i>PK(1+100,1+300)</i>	Profil 3	Schiste argileux	1.87	19.5
		Schiste sain	1.79	24
	Profil 4	Schiste argileux	1.87	19.5
		Schiste sain	1.72	22.3

Les résultats de l'analyse de stabilité effectuée sur le talus dans son état actuel montrent un facteur de sécurité $F_s < 1.5$ (Tab.18), donc le talus est instable. Les cercles critiques dans les différents profils adoptés pour cette étude sont présentés dans la Figure 20.

Tableau. 20. Différentes valeurs de F_s avant la stabilisation.

F_s /méthode de calcul	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
Ordinary	0,39	0,72	0.63	0.55
Bishop	0,40	0,71	0.67	0.57
Janbu	0,39	0,70	0.62	0.55

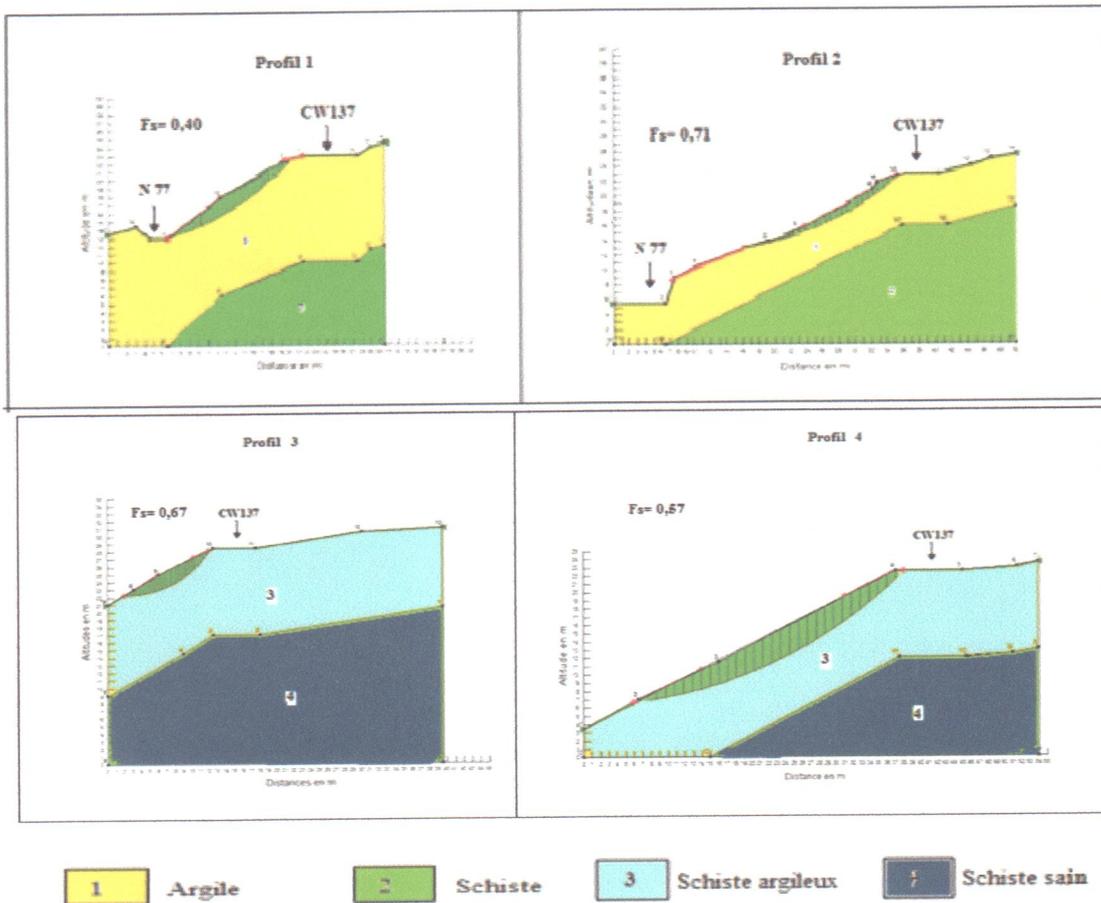


Figure .21 : Etude de stabilité dans son état actuel pour les quatre profils adoptés.

IV.2.4. Techniques de confortement

Vu la diversité des méthodes de renforcement existantes pour la stabilisation des glissements de terrain, on a établi une comparaison pour en choisir la ou les solutions qui donneront le meilleur coefficient de sécurité F_S , sans oublié de prendre en considération l'aspect économique des travaux à envisagés.

Dans ce qui suit nous allons exposer les méthodes de renforcement qui nous ont donné le facteur de sécurité (F_S) le plus élevé et qui ont conduit à la stabilisation du talus étudié.

IV.2.4.1. Action sur la topographie par reprofilage du talus

Les conditions de stabilité d'un talus étant directement liées à sa pente, on peut assez simplement augmenter la sécurité par retalutage du terrain naturel. Dans ce sens, le procédé s'apparente à l'allègement en tête : il consiste en un adoucissement de la pente moyenne. Ce type de traitement est particulièrement bien adapté aux talus de déblais, et il est de pratique courante. Notons que l'exécution de risbermes a l'avantage d'améliorer la stabilité par rapport à une pente

unique et de créer des voies d'accès pour l'entretien ou des travaux complémentaires. Cette première action a donné une amélioration de la stabilité du talus sur les trois profils.

IV.2.4.2. Action sur l'eau

Tranchées drainantes

Les tranchées drainantes sont des ouvrages couramment utilisés pour rabattre le niveau de la nappe, donc de diminuer les pressions interstitielles. Elles sont implantées sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau (lignes de courant dans un horizon homogène, couche aquifère, venues d'eau ponctuelles, etc.). La profondeur et l'espacement des tranchées dépend des résultats de l'étude hydrogéologique et conditionne l'efficacité du drainage. On admet une profondeur maximale de l'ordre de 4 à 5 m (au-delà il faut mettre en place un blindage important) et une largeur de 0,75 à 1 m disposée perpendiculaire aux lignes de pentes.

Elle sera constituée de matériaux drainants à savoir des graviers (15/25) ayant comme caractéristiques ($\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$, $C = 0 \text{ kPa}$ et $\varphi = 42^\circ$) surmontant un drain en buse perforé de 200mm de diamètre. Ce système de drain est enveloppé l'adjonction d'un non tissé. On propose de réaliser la tranchée drainante dans la partie supérieure de la route (au pied du talus en déblai) afin d'empêcher les infiltrations des eaux dans le remblai constituant la route.

Les éperons drainants

Les éperons drainants sont des murs drainants verticaux, parallèles à la ligne de plus grande pente, qui servent à capter l'eau d'infiltration dans le corps du talus et traditionnellement réalisés en cailloux, sont avantageusement remplacés par des écrans préfabriqués confectionnés sur mesure par nos soins en atelier, rapide et facile à poser.

Les éperons drainants que nous proposons sont de 2m de profondeur, 5m de largeur et 18m de longueur (sur le talus) espacés de 5m. Ces derniers seront constitués de ballast (35/50) ayant comme caractéristiques ($\gamma_d = 23 \text{ kN/m}^3$, $C = 0 \text{ kPa}$ et $\varphi = 45^\circ$). Au pied des éperons drainants un caniveau en béton armé est disposé pour canaliser les eaux drainées par ces derniers loin de la zone du glissement.

IV. 2.4.3. Action sur la butée en pied du talus

Gabionnage

Certains ouvrages sont connus pour repartir à cette action telle que le gabionnage, les enrochements et les palplanches etc. Dans notre cas d'étude, la solution la plus adaptée à la stabilisation des profils 1,2 est gabionnage 3,4 les enrochements pour (Fs satisfaisant).

Le gabionnage c'est un panier rectangulaire ayant des compartiments fabriqués à partir de treillis métalliques à mailles carrées ou hexagonales que l'on remplit de roche. Mis bout à bout et/ou empilés les uns sur les autres, les gabions sont utilisés pour la protection des berges, des culées de pont, aux sorties de ponceaux, à l'établissement de batardeaux et à la construction de murs de soutènement. Certains entrepreneurs les appellent aussi «cage à poules».

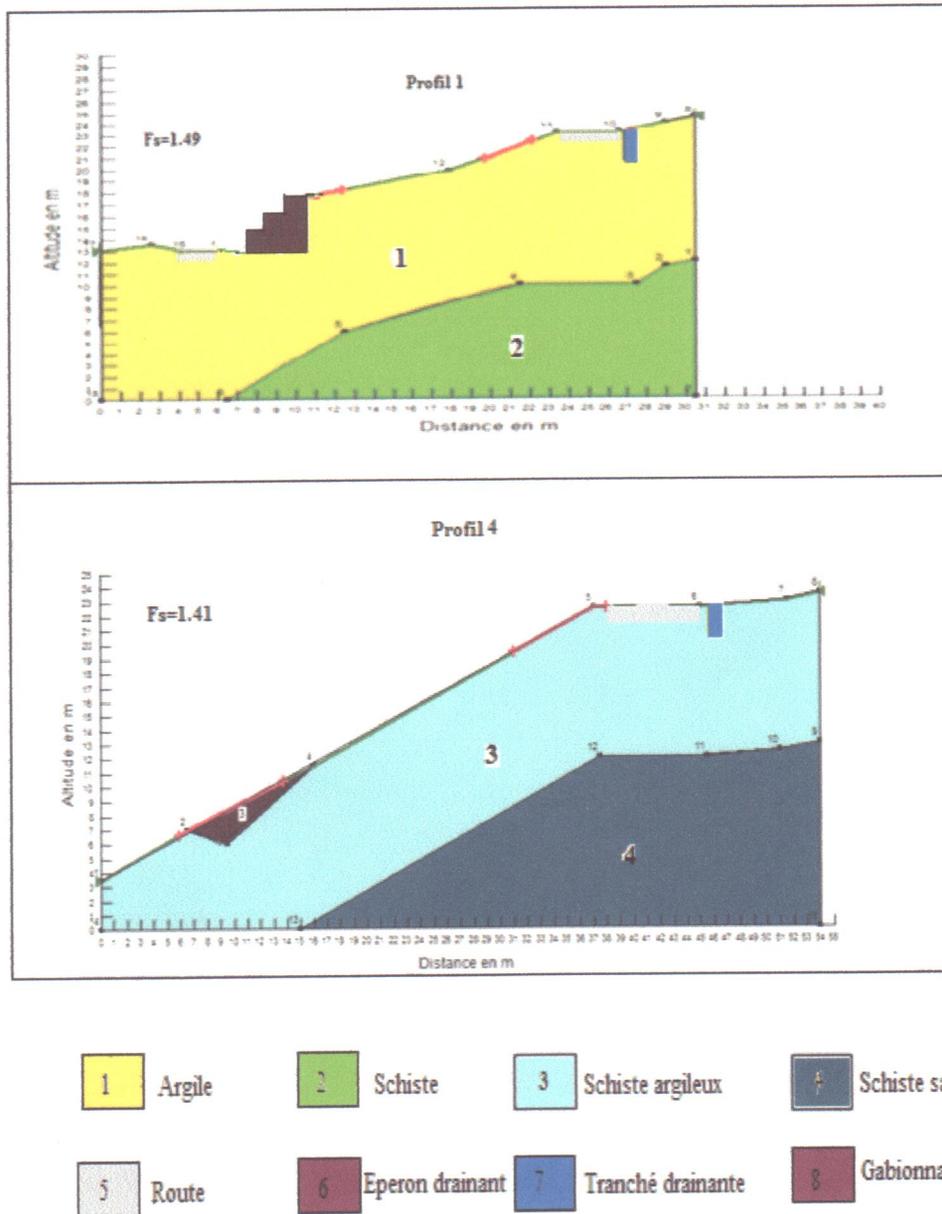


Figure .22 : Solution proposée pour la stabilisation des talus.

Tableau .21 : Valeur de F_s après confortement.

F_s /méthode de calcul	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
Ordinary	1.54	1.54	1.11	1.44
Bishop	1.49	1.56	1.20	1.41
Janbu	1.45	1.45	1.08	1.40

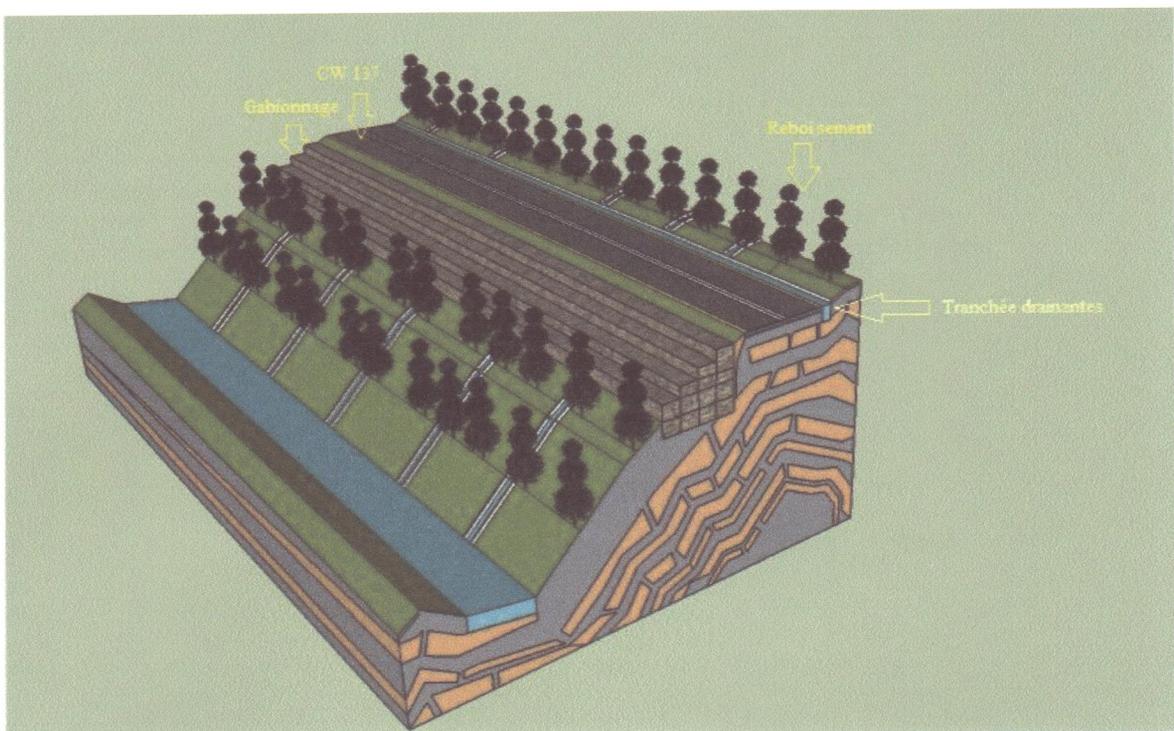


Figure .23 : Solution en 3D.

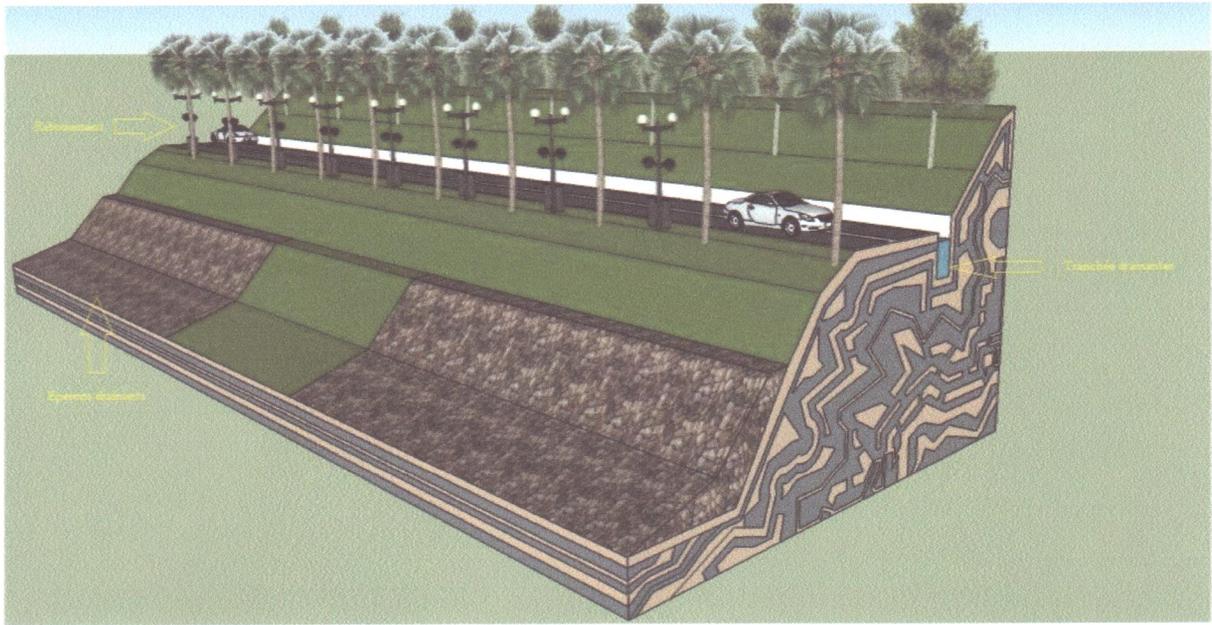


Figure .24 : Solution en 3D.

V. Conclusion

Sur le plan géotechnique, le traitement que nous proposons concernant les glissement survenus sur le chemin de la wilaya (cw137), et vis-à-vis les essais in-situ et les essais de laboratoire, et à l'aide du logiciel Geoslope qui permet d'analyse de stabilité, et selon les valeurs du facteur de sécurité on déduit que la zone d'étude est instable ($F_s < 1$), pour cela nous proposons des solutions pour augmenter F_s .

....

Conclusion générale et recommandations

L'étude de ce travail concerne les glissements survenus sur le chemin wilaya (CW 137). 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.

- Les désordres constatés dans la zone d'étude sont le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs :
 - La nature lithologique de la masse en mouvement qui est constituée essentiellement de flysch massylien d'âge Albo Aptien.
 - un contact frontal major proche du secteur d'étude, qui crée une zone de faiblesse influencée par les séismes.
 - Le paysage géomorphologique irrégulier marqué par la présence de plusieurs Chaâbas saisonniers et des pentes fortes.
 - Le climat : en particulier les précipitations, comme le montre les données pluviométriques qui contribuent amplement à diminuer la résistance au cisaillement du sol.
- La proposition des solutions à ce mouvement de terrain doit impérativement prendre en considération ces facteurs :
 - On essaye de maîtriser le massif d'eaux par un réseau de drainage sur le talus et les alentours afin d'évacuer les eaux d'infiltration et superficielle et de diminuer ainsi les pressions interstitielles.
 - Mettre en place des enrochements au pied du talus de la route.
 - Construire un gabionnage à l'endroit du glissement survenu (au pied du talus) pour l'arrêter complètement.
 - Mettre en place des masques drainants au pied du talus 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.
 - Reboisement : Boiser le talus avec des arbres consommant beaucoup d'eau et ayant un réseau de racines dense (avec des eucalyptus par exemple).
 - Retaluter les parties du talus qui présentent des bosses (signe annonceur d'un début de glissement) pour adoucir la pente et éviter les stagnations des eaux de surface qui s'infiltreraient dans le sol en place.
 - Interdire toute décharge de matériaux sur les talus.

Conclusion générale et recommandations

- Les calculs effectués en appliquant ces solutions donnent toujours des coefficients de stabilité « FS » toujours satisfaits.

• **Références Bibliographique :**

- **Bouillin J.P. (1977).** Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doct. Uni. P. & M. Curie, 511P.
- **-Bracène R. (2001).** Géodynamique du Nord de l'Algérie : impact sur l'exploration pétrolière. Thèse de doctorat, Université de Cergy Pontoise. 101p
- **Ben Aissa A. (2003).** Glissement de terrain, calcul de stabilité. Ed. (O.P.U), Algérie, 95P.
- **Durand Delga, M. (1955):** Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris, Publ.serv.Carte géol. Algérie, 24,533P.
- **-Domzig A. (2006)** .Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire,

• De la marge sous-marine algérienne, Thèse de doctorat, Université de Bretagne. 343p
- **-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 Paris-Sud Centre d'Orsay, 206p
- **-Gélard (1969)** .Le flysch shisto-gréseux de la bordure méridionale et orientale du massif chellatta, le flysch maurétanien (G.Kabylie). Bull. Soc. géol. France, (7), XI, Paris, P 676-686.
- **-KHERROUBA H. (2008)** .Étude géologique et géotechnique des zones instables de la région de Texenna_Djimla,W.Jijel,Algérie.162p.
- **-L.T.P.E.** Laboratoire des travaux publics de l'est. Décembre 2011,36p.
- **-LABORDE J.P. (2002)** . Eléments d'hydrologie de surface. Université Paris.56p
- **Philipponnat G., & Bertrand H. (2003) :** Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles. Paris, 548P.
- **-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, , P73-92.
- **Tekkouk M. (2005).** Etude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'oued Djen-Djen. Mém de Magister. Univ. Constantine. Algérie. 262P.

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