

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.07/13

MEMOIRE

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

Thème

01
01

**AUSCULATION GEOTECHNIQUE D'UNE ZONE A RISQUE DE GLISSEMENT
(SISE A KROUCHENE- OUDJANA WILAYA DE JIJEL)
ET CONTRIBUTION A L'ETUDE DE STABILITE D'UNE TRANÇON ROUTIER**

Présenté par : MERAZKA Mohamed
BENARAB Ahmed
BENSALHIA Leila

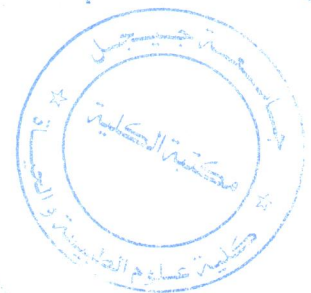
Soutenu publiquement le : 30/06/2013



Devant le jury composé de :

Président : A. BOUHENOUNA
Encadreur(s) : R. BENZAID et M. TEKKOUK
Examineur(s) : H. TEBIB

Année Universitaire 2012/2013



Résumé :

Le glissement de terrain étudié dans ce mémoire se situe sur la chemise de la wilaya 142 (CW 142) reliant la commune de Taher à Oudjana (cité de Krouchene). Ce n'est qu'un exemple parmi d'autres cas d'instabilités qui affectent les infrastructures de la commune d'Oudjana et qui constituent un défi majeur au développement socio-économique de la région grâce aux sinistres occasionnés par cet aléa.

L'instabilité du talus en question continue malgré les nombreux travaux de confortement effectués. Ces remèdes sont parfois inappropriés (gabionnage insuffisant et mal placé) car le traitement est symptomatique et ne prend pas en considération les propriétés intrinsèques des sols ni les facteurs déclencheurs et/ou accélérateur de ce mouvement de terrain.

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

Notre travail consiste à faire, en première partie, une étude géologique et géotechnique du site selon les différents essais physiques et mécaniques sur des échantillons récupérés des sondages carottés effectués au niveau du site (par le laboratoire LCEE). En deuxième partie, une étude de stabilité détaillée nous a permis d'évaluer le facteur de sécurité et de vérifier la fiabilité des solutions proposées par logiciel (GEOSLOPE 2004). Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter une stratégie adéquate pour la stabilisation du site et le confortement de la route.

La solution optimale consiste à :

- Des ouvrages poids (gabionnage, masque drainant, enrochement).
- Drainage (tranchées drainantes, caniveaux, éperons drainants).
- Reprofilage du talus.
- Reboisement.
- Réaliser un remblai en terre renforcée par géotextile pour une bonne tenue de la route.

Les vérifications de la stabilité du talus après confortement donnent des facteurs de sécurité très satisfaisants.

Les mots clés :

Le glissement de terrain

L'instabilité

Les infrastructures

Etude géologique et géotechnique

Summary

The landslide is situated standing in this expose on the road connecting Taher and Oudjana number 142 is situated of the city krouchéne. It is only an example among the other cases of instabilities that affect the infrastructures of the city of Oudjana and which constitute a major challenge in the socioeconomic development of the region thanks to the disasters caused.

The instability of the bank in question continues in spite of the numerous works of confrontment. These remedies are sometimes inappropriate (insufficient gabionnage and badly placed) because the treatment is symptomatic and does not consider the intrinsic properties of grounds nor triggering factors and/or accelerator of this ground movement.

The disorders noticed in the zone of study are the result of the conjunction of several factors: hilly landscape, lithology of the ground, the strong pluviometer, the anarchy deposits of elevations along the road, the strong slope of the bank in question.

The work consists in making, in first part, a geologic and geotechnical study of the site with the realization of the various physical and mechanical essays on samples got back by the nicked polls made at the level of the site. In the second part, a study of detailed stability allowed us to estimate the safety factor and to verify the reliability of the proposed solutions. The causes of the damage being encircled, we recommend to adopt an adequate strategy for the stabilization of the site and the confortement of the road.

The optimal solution consists in:

- Purge the elevations existing in the approval and in the upstream of the road and keep them outside the site;
- Implementation of a network of spurs (downstream to the road) and of draining trenches sensibly placed in the upstream of the site. Besides these draining spurs will play a not insignificant role in the stability of the ground;
- Set up rocks at the foot of the bank upstream to the road.
- Realize an elevation in ground strengthened by geotextile for a good behaviour of the road.

The checks of the stability of the bank after confortement give very satisfactory safety factors.

The word

The landslide

The infrastructures

The instability

study geologic and geotechnical

ملخص

يقع انزلاق التربة المدروس في هذا البحث على الطريق الولائي رقم 142 الرابط بين بلدية الطاهير وجانة الشحنة والذي يقع في مدخل بلدية وجانة بمنطقة كروشن

وهذا واحد من الأمثلة الكثيرة من عدم استقرار أرضية الكثير من المنشآت لبلدية وجانة 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 (الحجارة المرصوصة) 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 ، إضافة إلى الوزن الثقيل الذي يسير فوق هذا الطريق و قيمة ميل المنحدر العالية. الدراسة الجيولوجية و الجيوتقنية المنجزة سمحت بتحليل مفصل لدراسة أسباب الانزلاق و اقتراح حلول تقنية مناسبة لذلك وذلك باستعمال برنامج (GeoStudio 2004. GEO SLOPE) المعالجات المنفذة تسمح بحساب معاملات الأستقرار. - الحلول المقترحة لتثبيت هذه المناطق تتمثل في:

- منشآت نقل،
- تجميع المياه،
- إعادة تخطيط المنحدر،
- تشجير.

حسابات الثبات المنفذة بتطبيق هذه الحلول قدمت معاملات استقرار دائما اعلى من الواحد -الكلمات المفتاحية:

انزلاق التربة

المنشآت

المنحدر

الانهيار

الخصائص الميكانيكية

الدراسة الجيولوجية و الجيوتقنية.

Liste des figures

Figure I.1 : Réseau hydrographique de la dépression néogène de Jijel	1
Figure I.2 : Carte de situation géographique de site étudié.....	1
Figure I.3 : Carte des écoulements superficiels.....	2
Figure I.4 : Carte sismique de l'Algérie selon le RPA (version 2003).....	4
Figure I.5 : la carte des pentes de la zone d'étude, établie à partir de la carte topographique de Jijel à l'échelle 1/25.000.....	5
Figure II.1 : Colonne lithologique synthétique du flysch numidien (H, Djellit, 1987).....	8
Figure II.2 : Schéma structure géologique du bassin néogène de Jijel –Nord-est ALGERIE modifier (Y. Rouikha, 2008).....	11
Figure II.3 . Colonne lithostratigraphie de la région d'Oudjana Jijel / Algérie. (D'après Y.Rouikha 2008) modifier	12
Figure II.4 : Schéma structure géologique de la région d'Oudjana Est / West (D'après Y.Rouikha) modifier	13
Figure III.1 : Réseau hydrographique de la dépression néogène de Jijel	14
Figure III.2 : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières (Sérés : 1998-2011) (Station achouat Aéroport Jijel).....	16
Figure III.3 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH 1996).....	17
Figure III.4 : Température moyenne mensuelles et saisonnière (Période : 1998-2011) (Station achouat Aéroport Jijel).....	18
Figure III.5 : Diagramme Ombrothermique (Période : 1998-2011).....	19
Figure III.6 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite De la période (1998-2011) [station Achouat].....	22
Figure.IV.1 : Situation géographique du secteur d'étude sur l'image spatiale (Google earth année 2013).....	26
Figure IV.2 : Classification des sols fins par le diagramme de Casagrande (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).....	30
Figure IV.3 : Représentation de log de sondages carottés	33
Figure IV.4 : Représentation de la masse de glissement au bas de la chaussée	34
Figure IV.5 : Représentation de fissure et des ouvertures sur la route.....	35
Figure IV.6 : Représentation de la détérioration des caniveau de la chaussée	35
Figure IV.7 : Dommages au niveau de la chaussée tronçon de Krouchene.....	36
Figure IV.8 : Vue géniale de dégât de glissement.....	36
Figure IV.9 : Localisation du glissement sur le levé topographique.....	40

Liste des figures

Figure.IV.10 : Géométrie des deux profils utilisés dans l'étude de stabilité.....	41
Figure IV.11 : Etude de stabilité dans son état actuel pour les deux profils adoptés.....	42
Figure IV.12 : Schéma des tranchées drainantes proposées	43
Figure IV.13 : Détail de la jonction du drain en buse perforée de la tranchée drainante avec le puisard.....	44
Figure IV.14 : Solution proposée pour la stabilisation du talus.....	45
Figure IV.15 : Schéma d'enrochement proposé	46

Tableau III.1 : Coordonnées de la station météorologique d'Achouat.....	15
Tableau III.2 : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières (Série : 1998-2011) (Station Achouat Aéroport Jijel).....	15
Tableau III.3 : Précipitations moyennes annuelles période 1998-2011 (Station Achouat Aéroport Jijel).....	16
Tableau III.4 : Température moyennes mensuelles et saisonnières (Période : 1998-2011).....	17
Tableau III.5 : Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles. Durant la période (1998-2011) (Station de Jijel Aéroport).....	18
Tableau III.6 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Période 1998-2011 source Aéroport).....	20
Tableau III.7 : Valeurs des termes du bilan hydrologique	21
Tableau III.8 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration Réelle (ETR) (Période 1998-2011 source Aéroport Jijel).....	24
Tableau VI.1 : Classification des sols à partir de la teneur en eau.....	27
Tableau VI.2 : Classification des sols suivant L'indice de plasticité (J.P. Magnan ; 2001).	29
Tableau VI.3 : Caractéristiques physico-mécaniques des sols étudiés.....	32
Tableau VI.4 : Méthodes de calculs de stabilité des talus.....	38
Tableau VI.5 : Caractéristiques mécaniques du sol étudié.....	41
Tableau VI.6 : Différentes valeurs de Fs avant la stabilisation.....	42
Tableau VI.7 : Valeur de Fs après confortement.....	44

Sommaire

Résumé

Introduction

Chapitre I : Généralités

I.1. Situation géographique du site étudié.....	1
I.2. Réseau hydrologique – carte des ruissellements superficiels.....	2
I.3. Climat.....	3
I.4. Le relief.....	3
I.5. Végétation.....	3
I.6. Sismicité de la région d'Oudjana.....	3
I.7. Morphologie de la région d'Oudjana.....	4

Chapitre II : Etude Géologique

II.1. Introduction.....	6
II.2. Les formations de la couverture sédimentaire du bassin néogène de jijel.....	6
II.2.1. Les dépôts Quaternaires.....	6
II.2.2. les dépôts de L'Oligo-Miocène Kabyle (OMK).....	6
a. Conglomérats de base.....	6
b. Grés lithiques micacées marne.....	7
II.2.3. La molasse olistostromique.....	7
a. Flysch mauretanién.....	7
b. Flysch massylien.....	7
c. Flysch numidien.....	8
d. Flysch a caractère nummulitique.....	9
II.2.4. Les dépôts posts –nappes.....	9
a. Les dépôts marneux du tortono-messinien.....	9
b. Les terrasses anciennes d'âge pliocène.....	9
II.3. Aspet structural de la petite kabyle occidentale.....	9
a. Déformation cassante.....	10
b. Déformation ductiles.....	10
II.4. Géologie du site étudié.....	12
a. Log stratigraphique détaillé.....	12
b. Coupe géologique EST/WEST.....	13

Chapitre III : Etude Hydrologique Et Hydrogéologique

III.1.Introduction.....	14
III.2.Hydrologie du bassin versant traversé par le tronçon routier	14
III.3.Aspect climatologique.....	15
III.4.Analyse des paramètres climatiques	15
III.4.1.Précipitations.....	15
a. Précipitations moyennes annuelles mensuelles.....	15
b. Précipitations moyennes saisonnières.....	16
III.4.2.Température.....	17
III.4.3.Relation température – précipitation.....	18
III.4.4.Le bilans hydrologique.....	19
III.4.4.1.Calcul de l'évapotranspiration.....	20
a. Calcul de l'ETP.....	20
b. Calcul de l'ETR.....	20
Interprétation du bilan hydrologique.....	22
III.4.4.2.Estimation de ruissellement et de l'infiltration.....	22
a. Lamme d'eau ruisselée (R).....	22
b. Lamme d'eau infiltrée (I).....	23
III.5.Hydrogéologie du site.....	24
III.5.1.Lecture du niveau piézométrique.....	24
III.6.conclusion.....	24

Chapitre IV: Etude Géotechnique

IV.1.Introduction.....	25
IV.2.Méthodologie d'étude des glissements de terrain	25
IV.2.1. Repérage du site étudié	25
IV.2.2- Campagne de reconnaissances géotechniques.....	26
IV.2.2.1- Essais géotechniques in-situ.....	26
IV.2.2.2- Essais géotechniques de laboratoire.....	26

Introduction générale

L'intérêt donné aux phénomènes d'instabilité des sols s'est fortement accru ces dernières décennies. Cette augmentation des dégâts et des coûts liés aux instabilités de terrains est devenue une des préoccupations majeures des responsables ainsi que la société civile.

En effet, l'utilisation des sols autrefois jugés marginales ou inadéquats pour la construction intensifie le nombre d'instabilité des terrains. Il est donc primordial non seulement d'identifier ces phénomènes, mais également de mieux cerner leur comportement afin d'anticiper des dégâts probables.

L'étude des mouvements de terrain relatés dans ce mémoire se situent sur le chemin de wilaya 142(CW142) joignant Taher à Oudjana dans la wilaya de Jijel. Ces instabilités constituent un défi majeur au développement socio-économique de la région grâce aux sinistres occasionnés par cet aléa.

L'effet du glissement étudié continue de s'aggraver malgré les nombreux travaux réalisés. Ces remèdes sont parfois inappropriés car le traitement est symptomatique et ne prend pas en considération les propriétés intrinsèques des sols.

A l'amont de notre projet de fin d'étude, la géologie, l'hydrologie et l'étude géotechnique sont d'une importance capitale. 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 hydroclimatique du secteur étudié. Quand à l'étude géotechnique, elle permet de connaître les paramètres physico-mécaniques du sol étudié.

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

- Une consultation des travaux et des études géologiques antérieures en rapport avec le sujet d'étude que se soit sur le plan géologique (géologie de l'Algérie nord orientale, géologie du bassin néogène de Jijel), sur le plan hydrologique ou sur le plan géotechnique. Aussi des esquisses et cartes géologiques et topographiques en relation avec le thème.
- Des sorties de terrain sur la région d'étude et réalisation d'observations et coupes.
- Une analyse des résultats obtenus lors des études réalisées par le bureau d'étude (LCEE) de Jijel.

Pour cela le plan de travail est organisé comme suit :

- Introduction générale.
- Chapitre I : Généralités.
- Chapitre II : Etude géologique.
- Chapitre III : Etude hydrologique et hydrogéologique.
- Chapitre VI : Étude géotechnique.

Conclusion générale et recommandations.

I.1.Situation géographique du secteur étudié :

La commune d'Oudjana est située au sud Est de la wilaya de Jijel. Elle est limitée au Nord par la commune de Taher, à l'Est par la commune de Chahna, à l'Ouest par la commune de Texenna et enfin au Sud par la commune de Djimla.

Le site étudié, affecté par le glissement de terrain (sis-à Krouchéne) est situé sur le chemin de wilaya n° 142 qui relie les communes de Taher à celle de Oudjana.

Les coordonnées géographiques du site sont comme suite :

- Longitude : entre 785°.4 et 786°.44
- Latitude : 384°.00 et 385°.62
- Altitude : 250m-320m



Figure I.1 : carte de situation géographique de la commune d'Oudjana

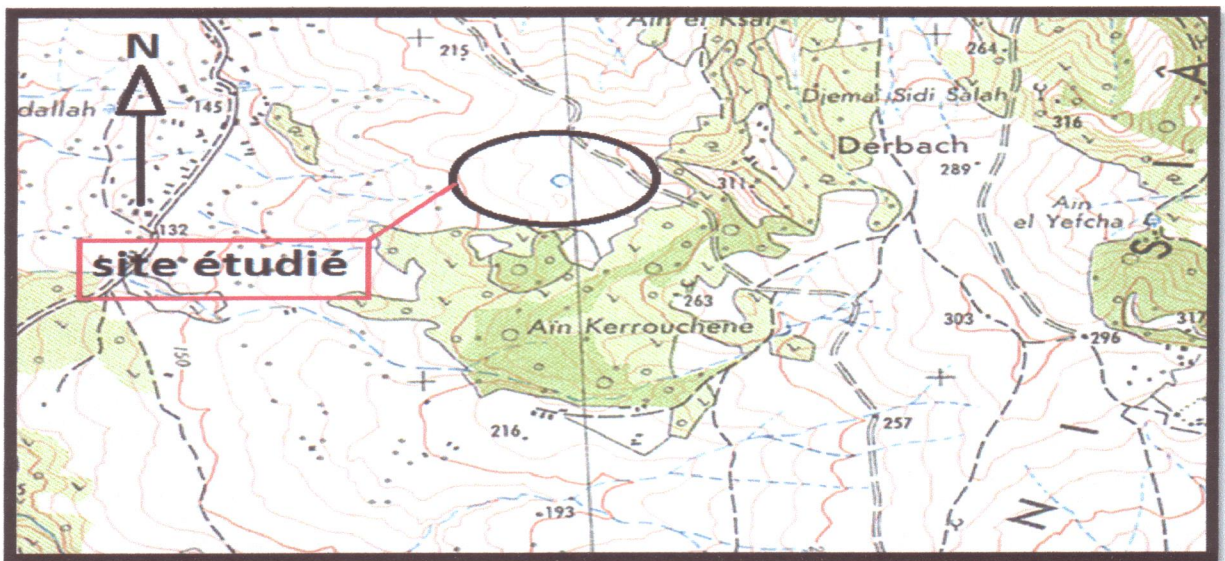


Figure I.2 : Carte de situation géographique de site étudié (Djiljili N.°s 7-8) Echelle 1/25000

I.2. Le Réseau hydrologique du secteur d'étude :

La forte pluviométrie de la région et l'imperméabilité des sols et sous-sols ont des conséquences néfastes sur le comportement superficiel des terrains.

En effet, ceci est traduit par la densification du réseau hydrologique, la mise en place de nombreux talwegs responsables d'une érosion par ravinement très intense.

A la suite des précipitations importantes, les eaux de ruissellement circulent par gravité selon le pendage des formations géologiques, tout en stagnant sur les zones de faibles pentes peu ou non perméables, pour s'infiltrer lentement dans des fissures de retrait qui se forment pendant les périodes sèches.

Ces eaux ruisselantes sont exploitées sous forme de puits traditionnels, (cas du puits recensé au voisinage du site dans la partie Est, profondeur de 11m), et dont le niveau d'eau est au niveau de 6m de profondeur (information de propriétaire).

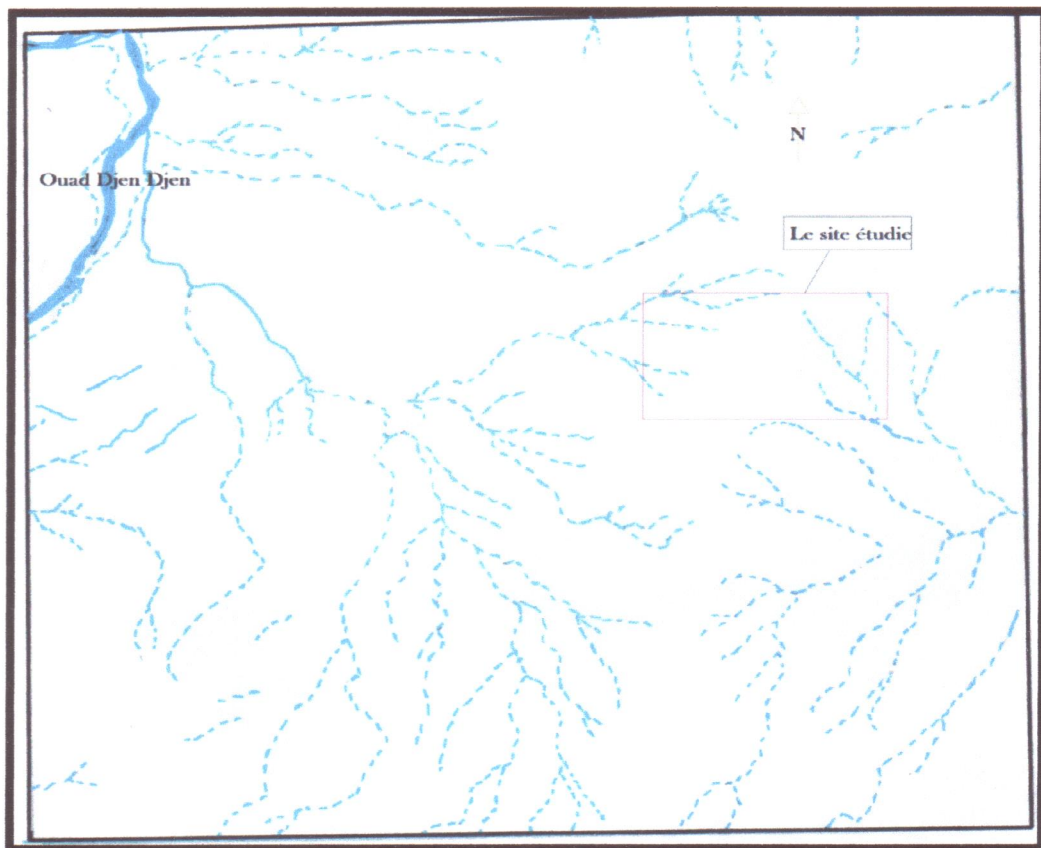


Figure I.3: Carte des écoulements superficiels Echelle 1/25000

Notons que les directions principales de ruissellement sont sensiblement Nord Sud et Est Ouest. Le site est drainé par un chevelu Est Ouest causant un profond ravinement.

I.3. Le climat :

La région étudiée est caractérisée par un climat méditerranéen. Les fortes précipitations de la saison humide (décembre – février) donne une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 900 mm.

En saison sèche la valeur minimale des précipitations est de l'ordre de 3 mm (juillet-septembre).

La valeur de la température moyenne annuelle enregistrée oscille autour de 18°.7

I.4. Le relief :

Le site présente un relief à topographie variable parfois très raviné (talwegs), avec trois (03) classes de pente à savoir :

- Classe (I) : 0-10 % (partie Est)
- Classe (II) : 10-20 % (classe dominante) sur les versants
- Classe (III) : > 20 % en bordure des ravins et talus.

I.5. Végétation :

La région d'étude est caractérisée par une couverture végétale dense, favorisé par l'importance des précipitations, les conditions climatiques et la nature des terrains marneux.

I.6. Sismicité de la région :

Selon la carte sismique du Nord Algérien, établie en 1971 par le service sismologique d'Alger, la wilaya de Jijel est situé dans une zone à sismicité moyenne, , par refirance au canevas des règles parasismiques algérienne RPA (version 2003) :

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

La région d'Oudjana est classe dans la zone de moyenne sismicité (zone II).

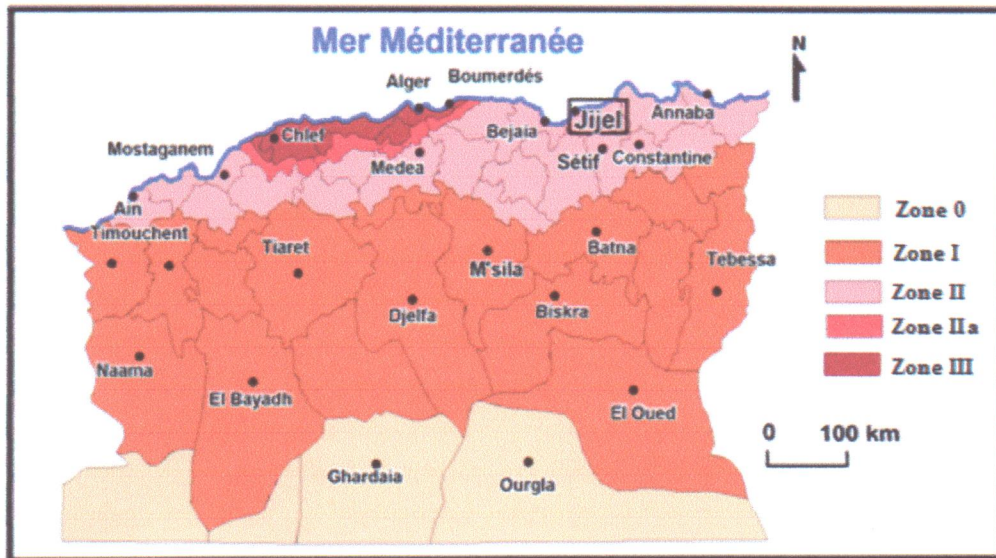


Figure I.4: Carte sismique de l'Algérie selon le RPA (version 2003)

I.7. La morphologie de la région d'Oudjana :

La zone étudiée sise à Krouchéne est située sur une portion topographiquement élevée dans sa partie Nord et Sud de la commune d'Oudjana. L'altitude moyenne de site est comprise entre 250m et 310 m.

La carte des pentes a permis de diviser le site d'étude en cinq classes :

- Classe 1 : pente < 8%.
- Classe 2 : pente entre 8% et 15%.
- Classe 3 : pente entre 15% et 20%.
- Classe 4 : pente entre 20% et 35%.
- Classe 5 : pente > 35%.

D'après l'examen de la carte des pentes réalisée sur un fond topographique à l'échelle 1/25.000, le secteur d'étude est caractérisé dans sa majorité par une pente moyenne variant de (8% à 20%).

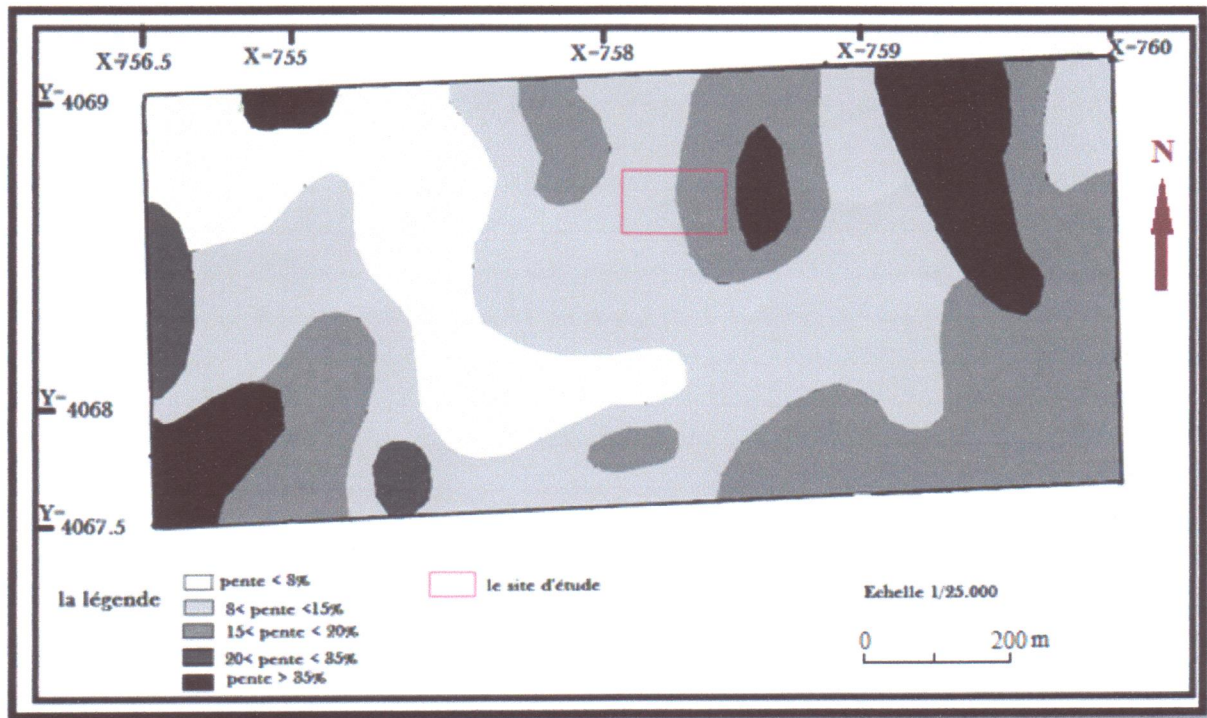


Figure I.5 : La carte des pentes de la zone d'étude, établie à partir de la carte topographique de Jijel à l'échelle 1/25.000

II.1. Introduction :

La wilaya de Jijel se trouve en pleine zone montagneuse, des massifs métamorphiques de Petite Kabylie ouverte sur le littoral méditerranéen.

Cette région est limitée à l'Ouest par la chaîne des Babors, à l'Est les reliefs de Collo de Ain Kechret, au Sud par les reliefs tellien de la wilaya de Mila. Le massif de petite Kabylie appartient de la chaîne des maghrébides qui sont subdivisées paléo géographiquement en trois domaines principaux :

- Au Nord le domaine interne (massifs kabyles).
- Domaine de flysch médian.
- Au Sud le domaine externe.

Dans ce qui suit nous présentons les formations géologiques présentes uniquement dans le bassin Néogène de Jijel ayant pour substratum le socle kabyle.

II.2. Les formations de la couverture sédimentaire de bassin Néogène de Jijel :

On distingue de haut en bas :

II.2.1 : Les dépôts Quaternaires :

Ils sont représentés généralement par des dépôts argilo-limoneux de couleur rouge ocre recouvrant la partie Nord (Tassoust, Bazoul, el kennar, jijel et el-Aouanna) du territoire de la commune. Leur épaisseur ne dépassant guère quelque dizaine de mètres (4m).

Les piémonts au sud sont plutôt jalonnés par les éboulis de pentes et colluvions divers.

Certaines zones sont recouvertes par une mince pellicule de terre végétale, et argile de recouvrement.

II.2.2 : les dépôts de l'Oglo-miocène kabyle(OMK) :

En général, dans la région de petite Kabylie occidentale on admet que les premiers sédiments transgressifs et discordants sur le socle kabyle d'âge paléozoïque sont les conglomérats grossiers datés de l'Oligocène basal (H, Djellit, 1987), auxquels se superposent des dépôts molassiques comportant des unités tectono-sédimentaires ou olistostromes datés de Aquitano-Serravallien. (H, Djellit, 1987).

Dans notre zone d'étude et dans la commune d'Oudjana en général deux faciès affleurent sur la totalité du territoire.

A/ les conglomérats de base :

Ce terme basal daté de l'oligocène inférieur affleure uniquement dans la région sud de Oudjana.

Ces dépôts largement détritiques sont constitués par des galets de socle métamorphique remaniés de taille parfois pluri centimétriques, polygéniques à dominance de galets de schiste, phyllades, quartz et par fois gneissiques.

Ces dépôts forment le substratum du bassin Néogène de Jijel.

B/ les grés lithiques micacés et marnes :

C'est une puissante série gréseuse parfois micro conglomératique micacée jaune brunâtre en alternance avec des argiles verdâtres remaniant des éléments de socle. L'épaisseur des bancs est de 1 m. La série s'étend sur environ 200 à 300 m dans la zone côtière de Jijel.

II.2.3 : la molasse Olistostromique :

Elle est constituée par des marnes jaunâtres micacées avec des passées gréseuses dans laquelle sont noyées des unités de flysch dissocié de nature de taille variées. La lithologie des différents olistolithes est représentée ci-dessous :

A/le Flysch maurétanien :

Cette appellation a été proposée pour la première fois par Gelard (1969). Le flysch mauretaniien présente des séries assez variées allant du néocomien au lutétien, il comporte de bas en haut :

- Un terme albo-aptien représenté par des grés homométriques fins à patine verte d'épaisseur métrique (type de Guerrouche).
- Un terme cénomanien supérieur localement formé de phtanites rouges ou blanches.
- Des grés micacés surmontant les conglomérats d'âge éocène à oligocène, ils forment le sommet de cette série.

B / le Flysch massylien :

Le terme massylien a été proposé par Raoult en (1969) pour une série localisée au nord du Kef sidi Driss. Ce flysch est de même âge que le flysch mauretaniien, il regroupe trois ensembles (J.F Raoult, 1974, J.C Lahondère, 1987).

- Un flysch albo-aptien formé d'argiles noires schistosées et des grés bruns quartzitiques à bancs cm à dm du crétacé inférieur.
- Un ensemble constitué par des marnes et des calcaires fins du vraconien, des micro-brèches et des conglomérats du cénomanien inférieur, des calcaires fins et des phtanites noires du sénonien supérieur.

- Le sommet montre une alternance d'argiles rouges et des microbrèches du crétacé supérieur (J.F Raoult, 1974).

C/ le flysch numidien :

Le flysch numidien occupe la position la plus haute dans l'édifice structural de la région. Il est constitué de quatre termes lithologiques comprenant de bas en haut :

- I-50 m d'argile aux teintes variantes : vertes, rouges, jaunes (varicolores), à intercalations calcaro-gréseuses à Glauconies (a) rares.
- II-10 à 20 m d'une alternance des péllites bleutées et des marnes à intercalations gréseuses décimétriques, soit en niveaux continus (a), soit lenticulaire (b) et à figures de bases (les flutes casts, figures de charge ...).
- III-Un ensemble (150 à 160 m) gréseux en bancs épais (2 à 4m), à facies numidien composés essentiellement de grains hétérométriques teintés jaune (rouille d'altération), à dragées de quartz roulés.
- IV- 10 à 15 m de bancs de calcaire gréseux associés à des marnes calcaires terminant cette succession (H, Djellit, 1987) et par endroits des silexites.

La série numidienne allochtone est souvent tronquée à la base et tectonisée.

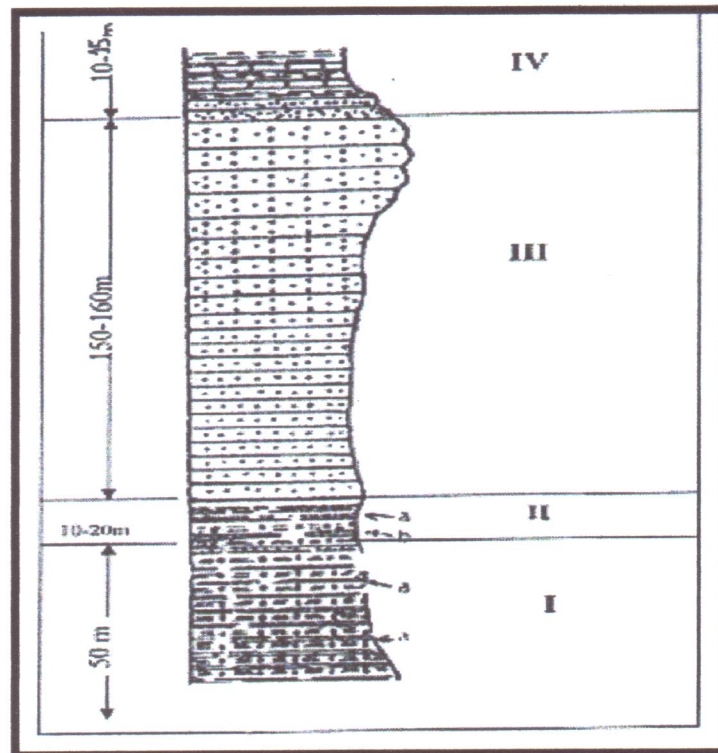


Figure II.1 : Colonne lithologique synthétique du flysch numidien du bassin de Jijel (H, Djellit, 1987).

D/ Le flysch à caractère nummulitique :

Ainsi dénommé par J.F Bouillin, ce flysch grés-micacé de couleur brun tabac est localement micro-conglomératique formant la couverture tertiaire du flysch maurétanien. (J.P bouillin 1977).

Dans la région de Jijel ce flysch affleure dans la région de djebel talouda bouyoudar sidi Said et se prolonge vers le Sud-Est de la ville de Jijel.

II.2.4. Les Dépôts Post Nappes :**II.2.4.1-Tortono- méssinien :**

Ces dépôts sont représentés par des séries marneuses bleues à grises parfois jaunâtres par endroits à passées calcareuses discontinues renfermant des miches calcaires jaunes ocres d'ordre décimétrique parfois métrique, datés du Tortono-messinien et transgressives sur la molasse OMK.

La limite occidentale des affleurements du post-nappe est située au Sud de Djebel Talouda pour couvrir ensuite le territoire des benicaids et Echchemechma à l'Est comme elle recouvre les collines de Harratene, Boukhertoum et Thourat. (D'après Rouikha, 2008).

A l'Est, sur le site de Harratene ces dépôts présentent plutôt un aspect jaunâtre à passées calcareuses parfois blanchâtre. La présence d'horizon plus ou moins oxydés donne l'aspect rubané à ces marnes.

Par contre au Sud-Ouest, cette série est plutôt grise à bleue très épaisses et fortement ravinée (la région de Boukhanous et Djarf).

La puissance de la série marneuse du Tortono-messinien peut atteindre quelques 300m d'épaisseur (d'après Djellit. H, 1987).

II.2.4.2-Les terrasses anciennes d'âge pliocène :

Elles sont représentées par des conglomérats grossiers et hétérogènes à blocs arrondis et bien roulés pouvant atteindre 1 m de diamètre.

Ces conglomérats reposent généralement sur les marnes bleues du tortono-messinien et formant des chapelets circonscrits dans la région de Thourat à l'Est de Jijel-ville.

II.3. L'aspect structural de la petite Kabylie occidentale :

Le style tectonique de la région concernée est caractérisé par des déformations cassantes et des déformations ductiles.

a) La déformation cassante :

La déformation cassante se manifeste essentiellement par des failles normales décrochantes formant généralement deux réseaux de fractures suborthogonaux dont l'un est orienté approximativement N10° à N20°.

Le réseau subméridien N10° est responsable du compartimentage N-S du socle métamorphique, par contre le réseau N110° est responsable de l'effondrement de certaines zones formant des chainons Est - Ouest.

Le réseau hydrographique suit les zones d'effondrements issues de ces fractures profondes qui ont certainement rejoué durant l'orogénèse alpine (D.Delga, 1971).

En effet le bassin des flyschs d'orientation Est - Ouest qui est largement chevauché par le socle kabyle selon un contact frontalier majeur serait le témoin d'une dynamique récente des ces anciennes cicatrices.

b) La déformation ductile :

ce type de déformation est représenté par deux réseaux d'axes de plis ayant pour orientation respective :

- un premier réseau de pli d'axe N110° à N115°.
- Un deuxième réseau de pli d'axe N110° à N340°.

Ces déformations ductiles se sont traduites dans le compartiment structural inférieur par des structures métamorphisées caractérisé par :

- Le développement d'un plan de schistosité à caractère régional.
- Le développement d'une schistosité de flux.
- Le développement de microplis ou sein de certain bancs.

Les différentes unités de ce compartiment structural sont séparées par des contacts tectoniques anormaux généralement inclinés (30° à 50°) NE puis tardivement redressés (H, Djellit, 1987).

Le compartiment structural supérieur et quant à lui opposé au premier par la nature des contacts qui séparent ces différentes unités. Dans ce compartiment les contacts sont plutôt plats, les unités tectoniques présentent des glissements gravitaire au sein de leur masses.

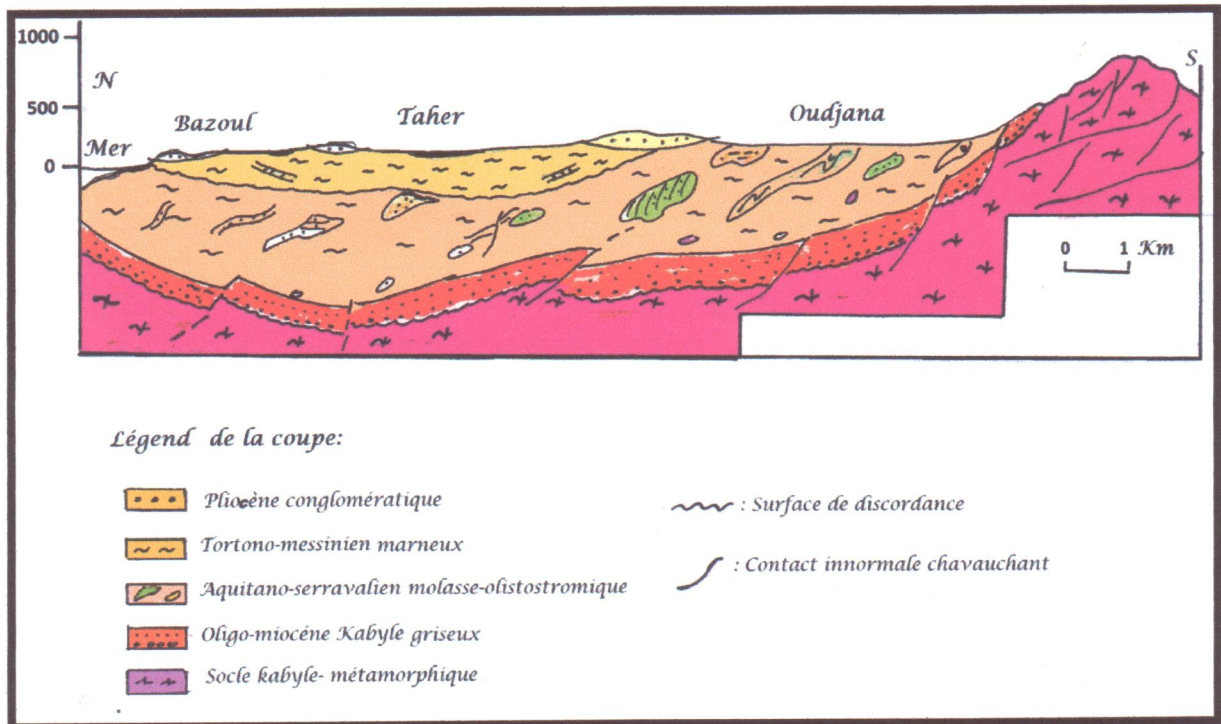


Figure II.2 : Schéma structure géologique du bassin néogène de Jijel –Nord-Sud ALGERIE modifier (Y. Rouikha, 2008)

II- 4. La géologie du site étudié :

A) Log stratigraphique de la région d'Oudjana :

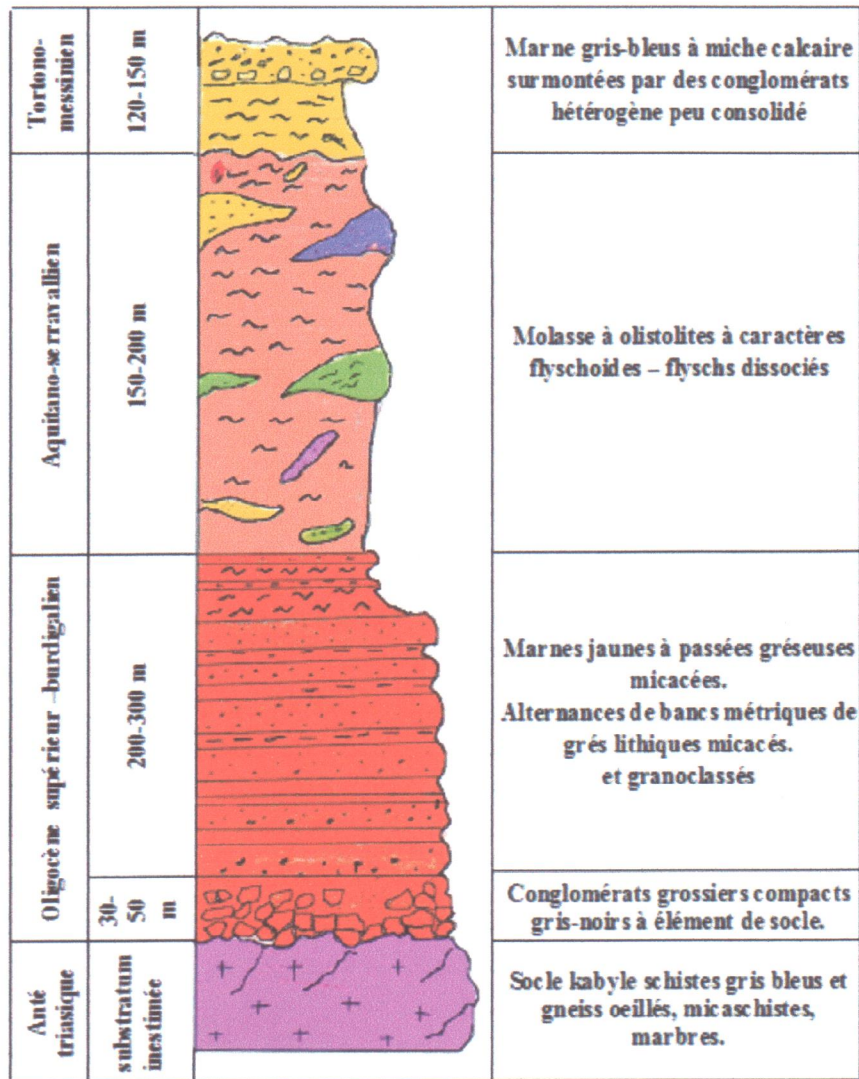


Figure II.3. Colonne lithostratigraphie de la région d'Oudjana Jijel / Algérie.
(D'après Y.Rouikha 2008) modifier

B) Coupe géologique schématique de site du krouchen EST/WEST

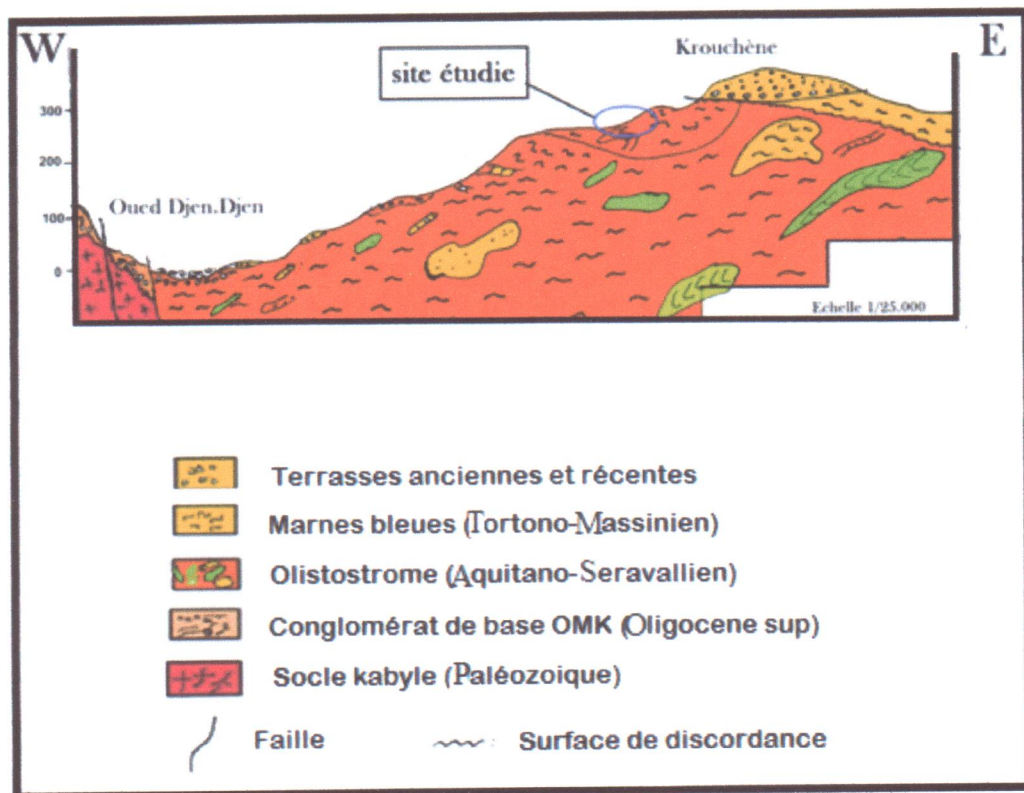


Figure II.4: Schéma structure géologique de la région d'Oudjana Est / West (établie en collaboration avec Y.Rouikha)

III.1. Introduction :

Située en zone à dominance montagneuse, la wilaya de Jijel s'étend sur 23966 km². Les quatre-vingt pourcents de cette superficie (80%) ont une altitude comprise entre 500 et 1500m.

L'importance du caractère hydrologique de la région d'étude conditionne l'occurrence et l'intensité des mouvements de terrain. L'étude hydrologique passe principalement, par le traitement de mesures hydro-climatiques permettant d'établir le bilan hydrique et par conséquent de comprendre les mécanismes de la circulation et de l'infiltration des eaux induisant l'instabilité des terrains.

III.2. Hydrologie :

La région de Jijel présente un compartimentage morpho-structural orienté EW et NS.

Les écoulements des eaux de surface empruntent alors ces directions, ils sont guidés par la topographie de la région. La plupart des écoulements se rassemblent en amont dans les différents bassins versants (Nil, Djendjen...)

L'impact de ces écoulements sur la surface du sol est tributaire des affleurements géologiques qui sont plutôt argilo-marneux dans les zones basses de la région (figure III.1)

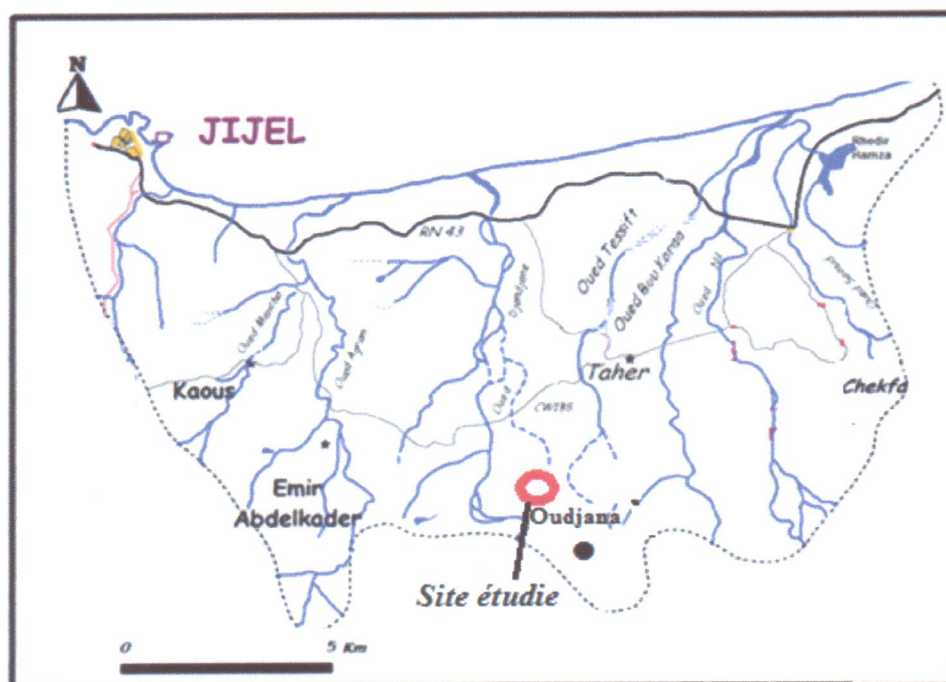


Figure III.1 : Réseau hydrographique de la dépression Néogène de Jijel (ANRH 1996)

III.3. Hydro climatologie :**III.3.1 : Le climat :**

La région de Jijel est caractérisée par un climat de type méditerranéen, avec un hiver doux et pluvieux, et un été chaud et sec.

Jijel est l'une des régions qui enregistrent les plus fortes précipitations en Algérie. La moyenne pluviométrique annuelle est de l'ordre de 1000 mm/an.

III.4 : Analyse des paramètres climatiques :

L'analyse des paramètres climatiques sera établie des données qui ont été relevées au niveau de la station météorologique d'Achouat située à Taher et dont les coordonnées sont présentées dans le tableau n° III-I qui suit.

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

station	Altitude(m)	longitude	latitude
Achouat	8	553°E	3648N

III.4.1 : Les précipitations :**a) Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières :**

L'étude des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières a été effectuée à partir des données allant de 1998 à 2011.

Tableau III.2 : Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

(Série : 1998-2011) (Station Achouat- Aéroport Jijel).

Station	Précipitations (mm)											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Achouat	83	83	186	209	160	110	87	76	49	19	8	18
	31			45			20			4		
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		

Le tableau (III.2) montre que l'hiver est la saison la plus humide avec une valeur moyenne de quarante cinq pourcents (45%) de précipitations. L'été quant à lui, représente la saison sèche et enregistre uniquement quelques trois pourcents (4%) du total annuel.

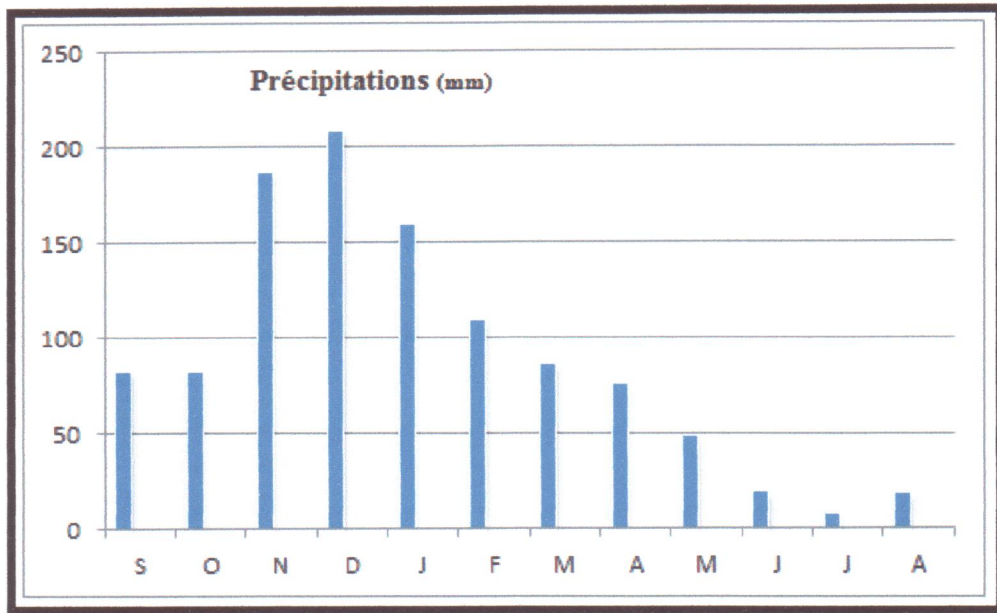


Figure III.2 :Précipitations moyennes mensuelles (Achouat- Aéroport Jijel :1998-2011).

b) Pluviométrie moyenne annuelle :

les cartes de la répartition des pluies établies par les services hydrauliques de la wilaya de Jijel permettent de distinguer quatre franches zones pluviométriques qui sont:

- 1- **zone A** :1400 à 1600 mm/ an sur les sommets élevés de la wilaya.
- 2- **zone B** : 1200 à 1400 mm / an sur les versants nord.
- 3- **zone C** : 1000 à 1200 mm/ an sur les plaines côtières orientales.
- 4- **zone D** : 900 à 1000 mm /an sur les plaines côtières occidentales.

Tableau III.3 :précipitations moyennes mensuelle période (1998-2011) (Station Achouat Aéroport Jijel).

Années	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Précipitations (mm)	1137	931	632	787	1070	1194	1073
Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Précipitation (mm)	1090	832	1208	775	1117	1100	1190

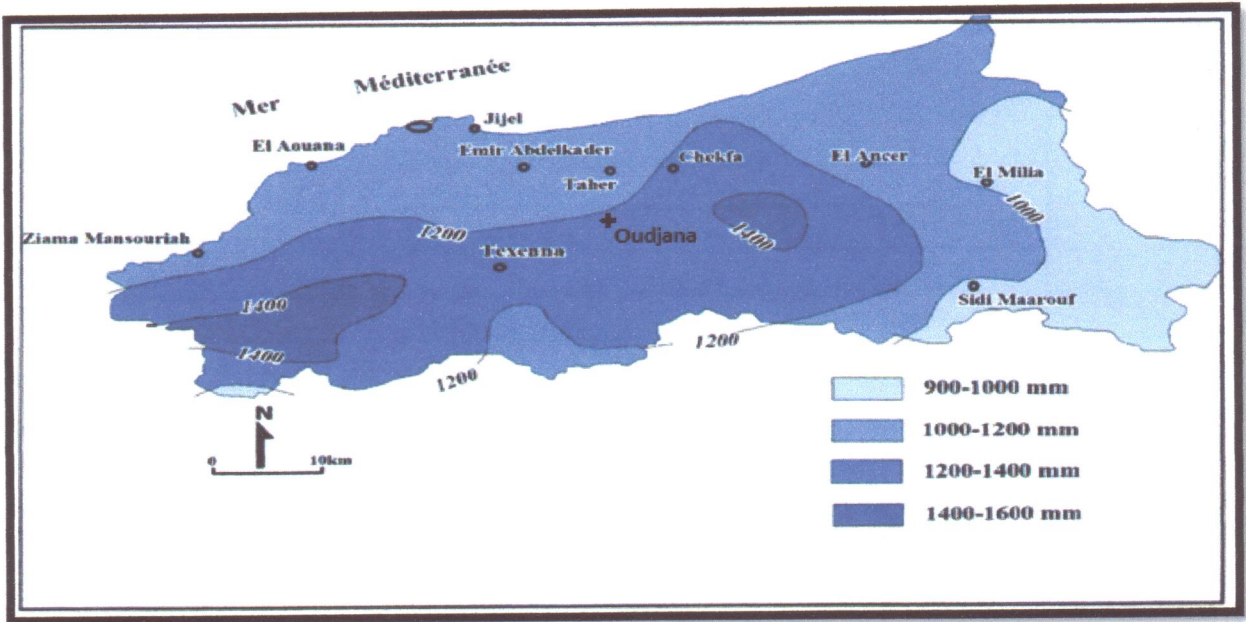


Figure III.3 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH 1996).
Durant la période 1970-1996

III.4.2: la température :

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 ci-dessous donne la répartition mensuelle de la température pour la période (1998-2011).

Tableau III.4 :Température moyennes mensuelles et saisonnières
(Période : 1998-2011)

Station	Température (°C)											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Achouat	24	21	15	13	12	12	14	16	19	22	25	26
	20			12			16			25		
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		

Le tableau (III.4) indique que la saison la plus froide est l'hiver avec une valeur de 12°C et par contre l'été représente la saison la plus chaude avec une valeur de 25°C.

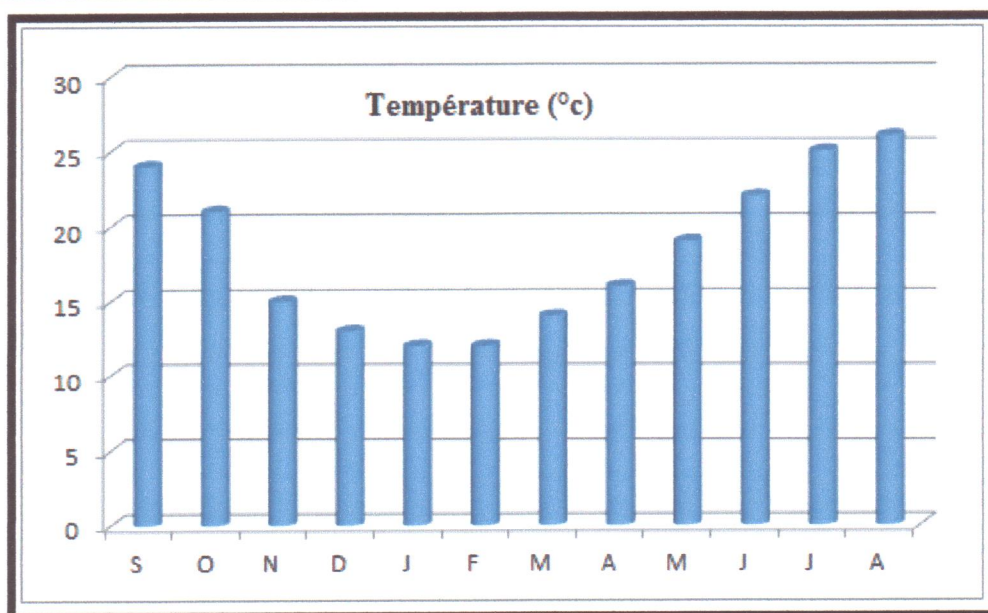


Figure III.4 : Température moyenne mensuelles
(Période : 1998-2011) (Station Achouat Aéroport Jijel).

III.4.3 : Relation précipitation-température :

• Diagramme ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer les mois les plus secs correspondant selon la définition de Gaussen et Bagnouls au mois où les précipitations moyennes sont inférieures ou égales au double de la température moyenne. Les données du tableau (III-5) et la combinaison des deux paramètres (précipitations-température) ont permis d'obtenir le graphe de la figure (III-5)

Tableau III.5 : Répartition des précipitations et des températures moyennes mensuelles.
Durant la période (1998-2011) (Station de Jijel Aéroport).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Précipitations (mm)	83	83	187	209	160	110	87	76	49	19	8	18
Température (mm)	24	21	15	13	12	12	14	16	19	22	25	26

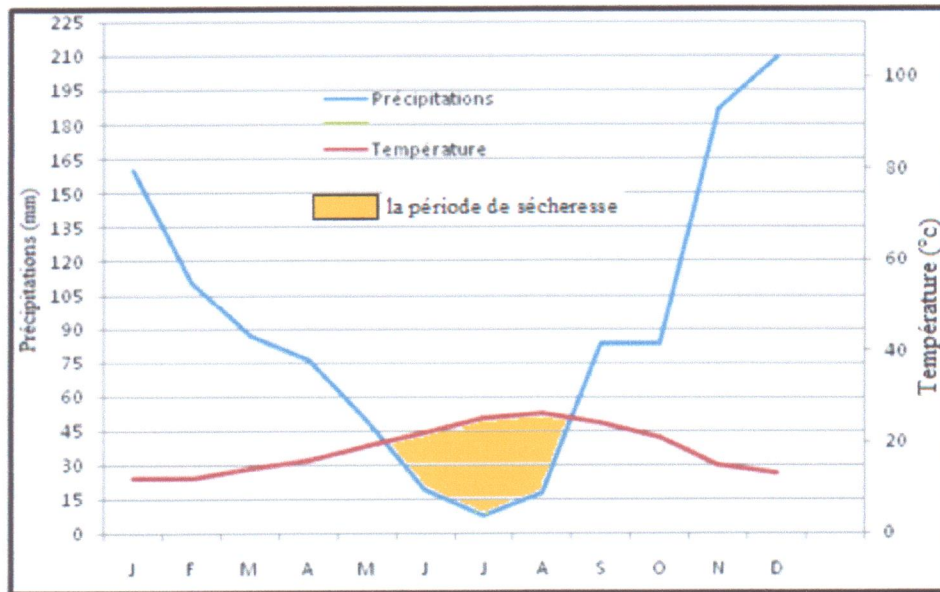


Figure III.5 : Diagramme Ombrothermique
(Période : 1998-2011)

Comme le montre le graphique ombro-thermique la période de sécheresse s'étale de la fin du mois de Mai jusqu'au début du mois de Septembre.

III.4.5 : Le bilan hydrique :

La méthode que nous allons utiliser pour l'établissement du bilan hydrique est la méthode empirique de Thornthwaite qui suit :

$$P = ETR + R + I + Wa \quad (\text{D'après Thornthwaite})$$

Avec :

- P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- ETR : Évapotranspiration réelle en (mm).
- R : Ruissellement (mm).
- I : Infiltration en (mm).
- Wa : variation des réserves (négligée).

Le ruissellement sera estimé à partir des valeurs de précipitations.

L'infiltration est déduite après la détermination des autres paramètres.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée.

III.4.5.1 : Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'ETP peut être évaluée à l'aide de nombreuses formules (Thornthwaite, Turc, Primault, Penman, FAO-Penma-Monteith...). La formule la plus simple à utiliser et la formule de Thornthwaite (1954) qui s'écrit :

$$ETP_c = 16(10.T/I)^a .k$$

Avec :

- **ETP** : évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).
- **I** : indice thermique annuel = $\sum i$ des 12 mois précédents

Avec l'indice mensuel $i = [T/5]^{1.514}$.

- **T** : température moyenne mensuelle (C°).
- **a** : (coefficient fonction de I) = $0.016 I + 0.5$.
- **K** : facteur fonction de la latitude et de la saison, donné par des tables.

Notons que d'après les auteurs (E.Gilli, C.Mangan, et J. Mudry, 2004), cette formule s'adapte bien aux climats à précipitations régulières (océanique, équatoriales), mais ne convient pas aux climats à saison sèche marquée. Les résultats que nous allons donc obtenir par l'utilisation de la formule même peuvent être sujet à discussion.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'évapotranspiration potentielle calculée par la méthode de **Thornthwaite** pour la période 1998-2011 à l'Aéroport Jijel.

Tableau III.6 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)
(Période 1998-2011 source Aéroport Jijel).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J ^t	A
P(mm)	83	83	186	209	160	110	87	76	49	19	8	18
T(C°)	24	21	15	13	12	12	14	16	19	22	25	26
i	11	9	5	4	4	4	5	6	8	9	12	12
ETP (mm)	106	84	47	33	28	28	38	48	71	92	119	128
K	1	1	1	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16
ETPc (mm)	110	81	41	27	25	24	40	53	86	113	148	149

III.4.5.2 : Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

En plus de l'ETP, c'est souvent l'ETR qu'il importe de calculer pour mener à bien des études hydrologiques, ceci nécessite la disponibilité quasi totale en eau dans le sol. On admet en général que cette disponibilité dépend des taux de précipitations. Lorsque celui-ci est inférieur à la demande climatique, le déficit en eau doit être fourni par le sol en complément pour les besoins de la végétation (soit la portion de réserve hydrique mobilisable, RU). (C. Cosnde, et M, Robinson, 2000).

- Si les précipitations (P) du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle corrigée nous avons $ETR=ETP$.
- Si les précipitations (P) du mois sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle corrigée dans ce cas, $ETR=\sum P_i + RFU$. Celle-ci sera supposée mobilisée comme suit

- a) Si la RFU antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance des précipitations nous avons donc $ETR = ETP$
- b) Si la RFU est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l'ETR reste inférieure à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU.

Si malgré l'apport de réserves facilement utilisables, l'ETR reste toujours inférieure à l'ETP, à ce moment là, on parle de déficit agricole (DA) :

$$DA = ETP - ETR$$

Tableau III.7 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)

(Période 1998-2011- Aéroport Jijel).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P(mm)	83	83	186	209	160	110	87	76	49	19	8	18
ETPc (mm)	110	81	41	27	25	24	40	53	86	113	148	149
P-ETP	-26	2	146	181	135	86	47	23	-37	-94	-140	-130
RFU	0.00	100	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.00
ETR	83	81	41	27	25	24	40	53	49	19	8	18
DA	26.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.4	94.02	-140	-130
EX	0.00	2	145	181	135	86	47	23	0.00	0.00	0.0	0.00

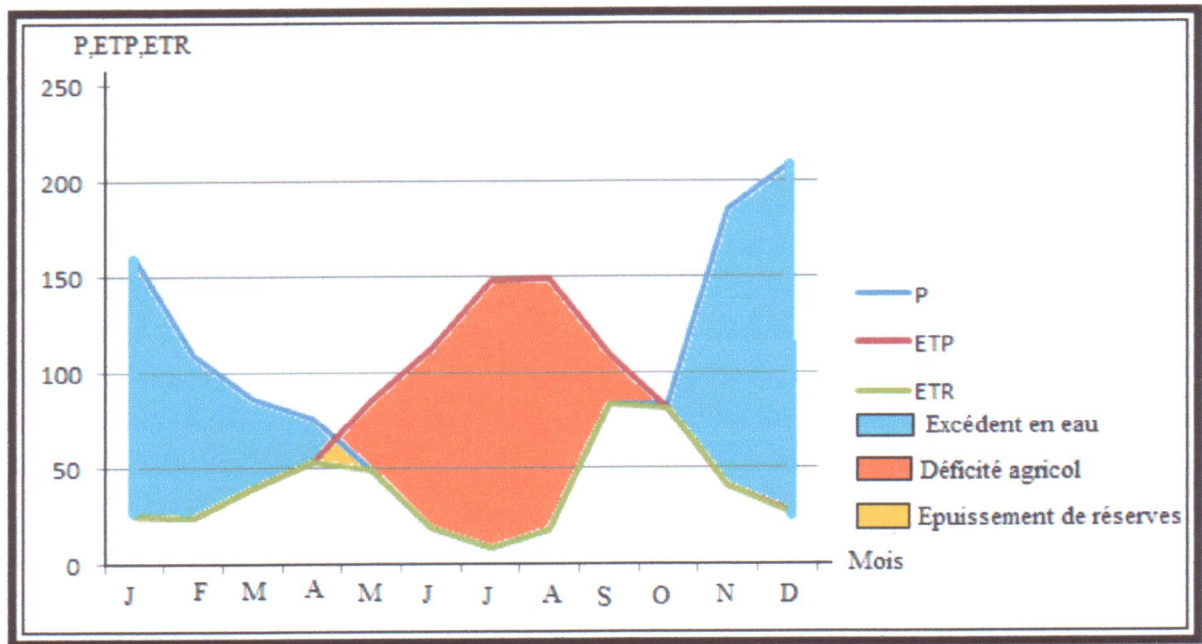


Figure III.6 :Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

De la période (1998-2011) [station Achouat]

❖ **l'interprétation du bilan hydrologique selon Thornthwaite :**

Le tableau (III.6) et la figure (III.7) permettent de faire les observations suivantes :

- le maximum des précipitations est enregistré au mois de décembre là où l'ETP corrigée atteint son maximum.
- L'ETP corrigée atteint son maximum au mois de juillet, là où les précipitations atteignent leur minimum.
- Le déficit agricole s'étend sur toute la période sèche de l'année.
- Les écoulements deviennent importants à partir de mois de la mi-octobre.

III.4.5.2.Estimation du ruissellement et de l'infiltration :

Pour le calcul du ruissellement et des infiltrations nous utiliserons les valeurs suivantes :

Evapotranspiration potentielle.	ETP=895mm.
Précipitation moyennes annuelles	P=1087mm.
Lame évapotranspirée	ETR=466mm.

A .lame d'eau ruisselée (R) :

La lame d'eau ruisselée est estimée à partir de la formule Tixeront-Berkalouff elle

s'écrit:
$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec :

R : ruissellements superficiels en mm.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

ETP : l'évapotranspiration potentielle d'après **Thorntwaite**.

$$R = \frac{(1087)^3}{3(895)^2} = 534 \text{ mm.}$$

$$R\% = \frac{R(534\text{mm}) \times 100}{p(1087\text{mm})} \Rightarrow R = \frac{534.4 \times 100}{1087.13}$$

$$R = 49\%.$$

Donc le ruissellement représente 49.15% des précipitations.

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant (à ruisseler) un indice est souvent calculé, il s'agit du coefficient de ruissellement C_r , il est défini comme suit :

$$C_r = R/P$$

$$C_r = \frac{534.4}{1087.13} = 0.49$$

C_r varie en général entre 0 et 1, il peut être supérieur à 1 dans le cas des échanges entre bassins en milieux karstiques. Il est fortement influencé par la couverture du sol.

B. lame d'eau infiltrée(I) :

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le 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 RFU est maximale. Donc on peut estimer l'infiltration à partir de l'équation du bilan suivante :

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

Avec: Wa variation des réserves souvent négligeable.

$$I: 1087 - (895 + 534) = 86\text{mm}$$

$$I\% = \frac{I(\text{mm}) \times 100}{P(\text{mm})} \Rightarrow I = \frac{86 \times 100}{1087} = 8\%$$

Tableau III.8 :valeurs des termes du bilan hydrologique

station	période	P (mm)	ETP(mm)	ETR(mm)	R (mm)	Cr (mm)	I (mm)
Jijel Aéro- port	1998- 2011	1087	895	466	534	0.49	86

III.5. Hydrogéologie du site :

III.5.1. Lecteurs de niveau piézométrique :

Le volet hydrogéologique de la région d'Oudjana souffre d'un manque flagrant de données concernant l'hydrogéologie.

En effet le manque de forage de puits dans la région a fortement réduit le taux de reconnaissance des niveaux piézométriques dans la région.

En plus de cette contrainte défailante la lithologie argilo-marneuse favorise considérablement plutôt le ruissellement des eaux pluviales.

III.5.2-Conclusion :

Au regard des résultats du bilan hydrique calculé, nous avons :

Le 1/2 des pluies tombées sur notre bassin (49 %) partent sous forme de ruissèlement vers la mer, une plus faible quantité (8%) ou le 1/9 des eaux tombés s'infiltré dans des formations semis- perméables, 43 % des eaux restants partent sous forme d'évapotranspiration.

- Critiques des résultats du bilan :

Vu la nature lithologique des formations du bassin versant concerné, nous nous permettant d'apporter quelque réserves critiques aux résultats du bilan.En effet nous estimons que cette influence du bilan est critiquable à plus d'un titre.

En plus du réseau hydrologique développé, et la faible perméabilité des formations de l'OMK (conglomérat de base), nous pouvons citer un autre élément qui est la pente, à eux seuls les facteurs favorisant les écoulements de surface et la diminution d'une façon sensible les infiltrations.

IV.1- Introduction

Le glissement de terrains affectant le chemin de wilaya (CW 142) qui relie Oudjana à Taher willaya de Jijel a été initialement déclenché suite aux travaux de réhabilitation routière sur un tronçon de 09 Km de longueur pendant les années 2009/2010. Les travaux de terrassement ont éventuellement causé une dépression du sol initialement en équilibre et depuis on enregistre des désordres importants conduisant très souvent à la détérioration du corps de la chaussée en question, ce qui gêne le bon usage de cette infrastructure et freine par conséquent le développement socio-économique de la région.

L'objet de notre étude comporte une auscultation géotechnique de différents désordres enregistrés dans le site étudié, la caractérisation géométrique du glissement en question, définition des causes probable et la proposition des solutions de confortement adéquates.

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

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

IV.2.1- Repérage du site étudié :

Le mouvement de terrain objet de ce mémoire est localisé sur un tronçon de route long de 09 km de long sur le chemin de wilaya (CW 142) reliant Taher à Oudjana willaya de Jijel, la figure III.1 représente la situation du glissement sur l'image spatiale (Google Earth, 2011).

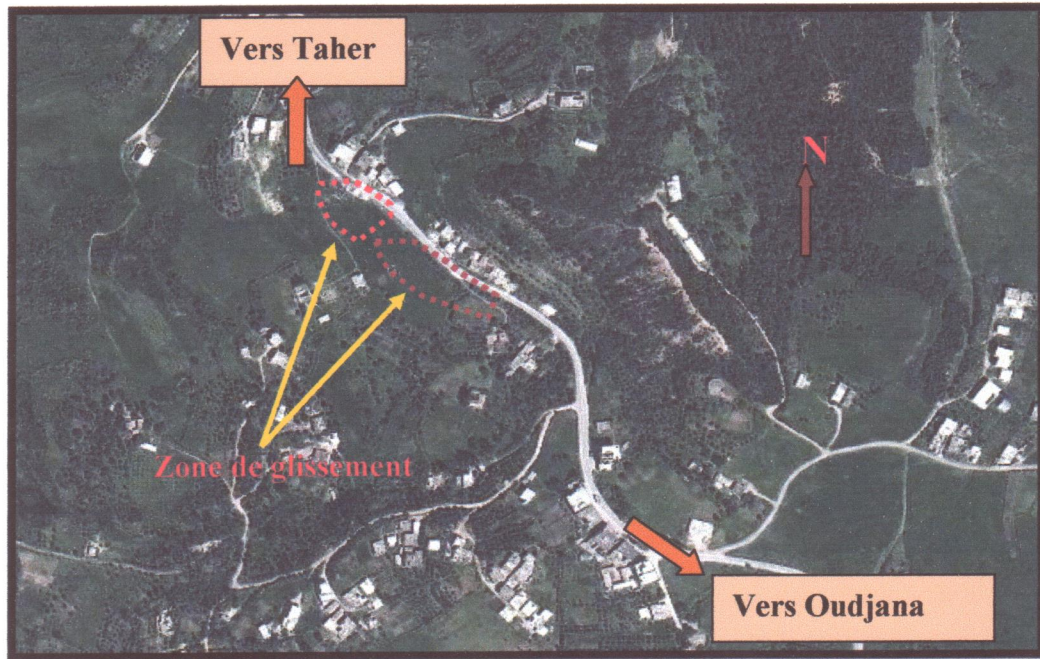


Figure. IV.1 : Situation géographique du secteur d'étude sur l'image spatiale (Google Earth année 2013)

IV.2.2- Campagne de reconnaissances géotechniques

Pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des sols constituant le site étudié, plusieurs travaux et essais ont été réalisés par le laboratoire de LCEE¹.

IV.2.2.1- Essais géotechniques in-situ

Seulement un Sondage carotté a été effectuée en Juillet 2010 par le LCEE le long du tracer routier infecté par le glissement de terrain et qui représenter 170 m de longueur, le sondage a été arrêté à 10 m de profondeur, nous jugeant insuffisant le nombre de 1 sondage pour la prospection géotechnique du site étudié vue la nature des désordres observées sur terrain.

IV.2.2.2- Essais géotechniques au laboratoire

Les échantillons prélevés à partir des sondages carottés ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sol :

¹ LCEE : laboratoire de contrôle d'étude et d'expertise (sis à Jijel).

1) les paramètres physiques :

Les essais d'identification physico-mécanique des sols étudiés ont été réalisés par le laboratoire LCEE.

a) La teneur en eau naturelle (W)

La teneur en eau est le paramètre le plus important dans la variation modifiée de toutes les propriétés du sol.

La teneur en eau naturelle (W) est le rapport de l'eau contenue dans le sol par rapport au poids sec du sol exprimée en pourcentage (%). (LCPC ; 1982)

La teneur en eau est donc définie par la relation suivante :

$$W = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_t - W_s}{W_s}$$

- W_w : poids de l'eau
- W_s : poids de sol sec

La connaissance de la teneur en eau avec d'autres caractéristiques, permet d'apprécier l'état dans lequel se trouve ce sol et ainsi avoir une idée des travaux à entreprendre par la suite (drainage par exemple). (J. Magnan, 2001).

Tableau IV.1: Classification des sols à partir de la teneur en eau

W	ETAT
01 – 25 %	Légèrement humide
25 – 50 %	Humide
50 – 75 %	Mouillé
75 – 90 %	Détrempe
100 %	Saturé

b) Le degré de saturation (Sr) :

Il indique dans quel pourcentage les vides sont remplis par l'eau, il est défini comme le rapport entre le volume de l'eau et le volume des vides (J.P. Magnan ; 2001).

$$S_r = \frac{V_w}{V_s}$$

- S_r : degré de saturation.
- V_s : volume de l'eau.

c) Le poids volumique :

✓ Poids volumique de sol humide (ou apparent) (γ_h) : c'est le rapport du poids total d'une certaine quantité de sol à son volume, (J.P. Magnan ; 2001).

$$\gamma h = \frac{W_t}{V_t}$$

- W_t : le poids total du sol.
- V_t : le volume du sol.

✓ Poids volumique de sol sec (γ_d) : c'est le rapport du poids du matériau sec contenu dans une quantité de sol au volume de même sol. (**J.P. Magnan ; 2001**).

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

- W_s : poids des grains solides.
- V_s : volume des grains solides.

d) Limite d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg ce sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance. Par définition, les limites d'Atterberg (limites de liquidité et de plasticité) sont les teneurs en eau pondérales correspondantes à des états particuliers d'un sol. Elles visent à déterminer le domaine hydrique dans lequel un sol argileux a un comportement plastique (**J.P. Magnan ; 2001**).

➤ La limite de liquidité :

L'échantillon de sol est mis en place dans la coupelle et on trace un sillon avec l'outil de rainure.

La limite de liquidité est la teneur en eau du matériau qui correspond à une fermeture de 1 cm des lèvres de la rainure après 25 coups. Il est nécessaire de réaliser cinq (05) essais qui s'échelonnent régulièrement entre 15 et 35 coups.

Comme il est difficile d'obtenir la fermeture à 25 coups, il existe une relation permettant de trouver (W_L) à partir d'un seul essai , pourvu que le nombre de coups de fermeture soit compris entre 15 et 35.

$$W_L = w \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

W_L = limite de liquidité

w = teneur en eau de l'échantillon au moment de la fermeture de la lèvre.

N = nombre de coups correspondant à la fermeture de la lèvre.

➤ **La limite de plasticité :**

On roule une boulette d'échantillon sur un marbre à la main ou avec une plaque jusqu'à l'obtention d'un rouleau aminci progressivement jusqu'à 3 mm, de diamètre sur une longueur de 10 à 15 cm. On atteint la limite de plasticité lorsque le rouleau, soulevé par le milieu de 1 à 2 cm, se fissure.

La limite de plasticité (W_P) est la teneur en eau du rouleau qui se brise au moment où son diamètre atteint 03 mm, elle est exprimée en pourcentage.

A partir des limites d'Atterberg (W_L , W_P), on définit des indices qui sont largement utilisés en pratique :

➤ **L'indice de plasticité (IP) :** $IP = W_L - W_P$

Il reflète l'étendue de la zone pour laquelle le matériau est plastique.

Tableau IV.2: Classification des sols suivant l'indice de plasticité (J.P. Magnan ; 2001).

Indice de plasticité	Degré de plasticité
0-5	Non plastique
5-10	Peu plastique
15-40	Plastique
>40	Très plastique

➤ **L'indice de consistance (IC) :** $IC = \frac{W_L - w}{IP}$

W = la teneur en eau.

W_L = limite de liquidité.

IP = indice de plasticité.

$0,25 < IC < 0,5$: sol de faible consistance, les tassements sont très grands.

$0,5 < IC < 0,75$: sol ferme.

$0,75 < IC < 1,00$: sol très ferme, le tassement est modéré.

$IC > 1$: sol dur, le tassement est petit (J.P. Magnan ; 2001).

En utilisant les résultats des limites d'Atterberg, le sol peut être classé par le biais de diagramme de plasticité sur la figure suivant :

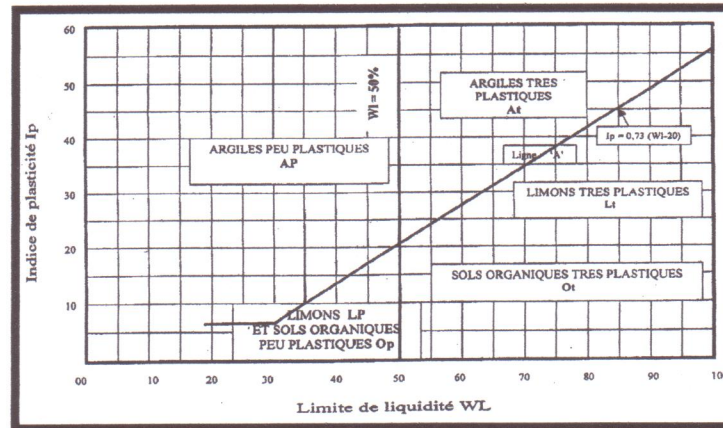


Figure IV.2: Classification des sols fins par le diagramme de Casagrande (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

➤ **L'activité des argiles :**

$$A_c = \frac{I_p}{C}, \quad (J.P. Magnan ; 2001).$$

Avec :

C : pourcentage des argiles dans le sol

c) L'analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle se résume en deux opérations : le tamisage et la sédimentométrie, Elle se traduit par la courbe granulométrique qui contribue à l'identification du matériau et permet de déterminer ses propriétés, elle est notamment utilisée pour la classification des sols grenus. Elle nécessite le calcul de deux coefficients de forme :

- Le coefficient d'uniformité (coefficient de HAZEN) : $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

- Le coefficient de courbure : $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$

D_{60} = Diamètre (en mm.) correspondant au tamisât cumulé = 60%.

D_{30} = Diamètre (en mm.) correspondant au tamisât cumulé = 30%.

D_{10} = Diamètre (en mm.) correspondant au tamisât cumulé = 10%.

2) les paramètres mécaniques :

Ces paramètres permettent de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols, et le calcul de la déformation de surface. Ils sont définis par les essais suivants :

a) Essai de cisaillement (Boîte de CASAGRANDE) :

La rupture dans les sols se produit par glissement ou par déformation plastique d'une zone, dans les deux cas cette rupture se manifeste par un dépassement des contraintes tangentielles admissibles c'est ce que l'on appelle généralement cisaillement. Les appareils de laboratoire sont essentiellement représentés par deux appareils :

- L'appareil à compression triaxial.
- L'appareil à cisaillement rectiligne ou boîte de Casagrande qui est d'une utilisation plus facile que le triaxial.

b) Principales caractéristiques mécaniques d'un sol cohérent :

➤ L'essai UU (non consolidé, non drainé) :

Les deux phases de l'essai sont réalisées à drainage fermé correspondant au comportement à court terme des sols. La résistance ainsi déterminée est la résistance au cisaillement non drainé du sol, notée C_u (ϕ_u).

➤ L'essai CU (consolidé non drainé) :

La première phase est faite à drainage ouvert, cependant la phase de pression interstitielle, cet essai permet de déterminer les caractéristiques effectives C' et ϕ' si on a mesuré la pression interstitielle.

➤ L'essai CD (consolidé, drainé) :

Les deux phases sont réalisées à drainage ouvert et permettent de déterminer les caractéristiques effectives du sol (C' , ϕ') correspondant à un comportement à long terme (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

IV.2.2.3- Caractéristiques géotechniques des sols étudiés

Les résultats des caractéristiques physico-mécaniques réalisés par le laboratoire LCEE sont représentés dans le tableau (Tab.IV.3). Dans le calcul de la stabilité du talus étudié on prend les valeurs les plus défavorables.

Tableau .IV.3: Caractéristiques physico-mécaniques des sols étudiés

Couche	γ_d (kN/m^3)	W (%)	WL%	IP%	Ic %	C (kpa)	ϕ
argileuse	15.5	22.2	42	21	0.94	15	16
Marne argileuse	17.0	24.0	50	25	1.04	25	16

De ces résultats on peut dire que :

- La couche argileuse et la marne argileuse sont caractérisés par une densité sèche moyenne, que correspond à des teneurs en eau variant entre 1 et 25%, donc le sol est **légèrement humide** (selon la classification de J. Magnan, 2001).
- Les limites d'Atterberg permettent de classer le sol étudié dans la zone des **argiles peu plastiques** (selon le diagramme de plasticité de Casagrande)
- L'indice de consistance nous donne les informations suivantes :

Remblai argileux $I_c = 0.94$, **sol très ferme**.

Marne argileuse $I_c = 1.04$, **sol dur**.

(Selon la classification de J.P. Magnan ; 2001).

Concernant les caractéristique mécanique des sols les valeurs de cohésion (c) varient entre 0.15 bars et 0.25bars ce qui montre qu'elles sont plus ou moins faibles par contre les valeurs de l'angle de frottement interne de sols étudié sont plus ou moins moyenne elles varient entre 16° et 22° , le sol moyennement résistant.

IV.2.3- Lithologie du site et contexte géotechnique :

A partir des descriptions des logs de sondages carottés on peut établir un log géotechnique type qui se présente comme suit :

- une couverture végétale d'épaisseur 1 m
- Un remblai routier argileux moyennement plastique d'épaisseur 2.40 m.
- une marne argileuse brunâtre d'épaisseur 6.60 m.

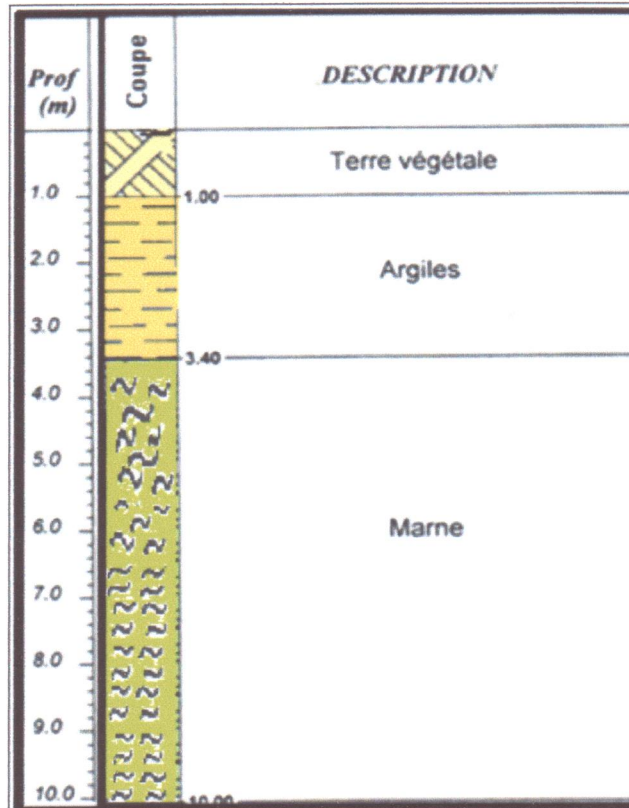


Figure IV.3. Représentation de log géotechnique à partir d'un sondage carotté

IV.2.4- Diagnostics et causes probables des glissements étudiés :

IV.2.4.1- Description des glissements étudiés

Le glissement étudié présente une largeur de 55 m environ dans la partie Nord de la zone affectée et une longueur de 171 m environ sur la route, la pente du versant aval est de l'ordre de 45%, l'escarpement en tête du talus est de l'ordre de 0,30 m. Les désordres observés lors de notre sortie sur terrain sont les suivants :

- Un affaissement important sur le profil en long de la chaussée (figure IV 5 et IV 7).
- Des fissures centimétriques au niveau de la couche de roulement ce qui facilite l'infiltration des eaux vers le corps de chaussée et le remblai.
- Des ouvertures béantes de l'ordre de 20 à 35 cm entraînant la déformation de la chaussée.
- La détérioration des caniveaux dans la zone de glissement par pincement des lèvres.
- Par endroit, on rencontre des caniveaux et d'anciens gabions complètement déplacés (figure IV 6).

- La présence des bourrelets aux pieds du talus (figure IV 4).
- Des points des résurgences d'eau dans la zone avale du glissement.
- Affaissement des sols au niveau de quelques maisons dans la zone affectée (figure IV).



Figure IV.4: Représentation de la masse de glissement au bas de la chaussée

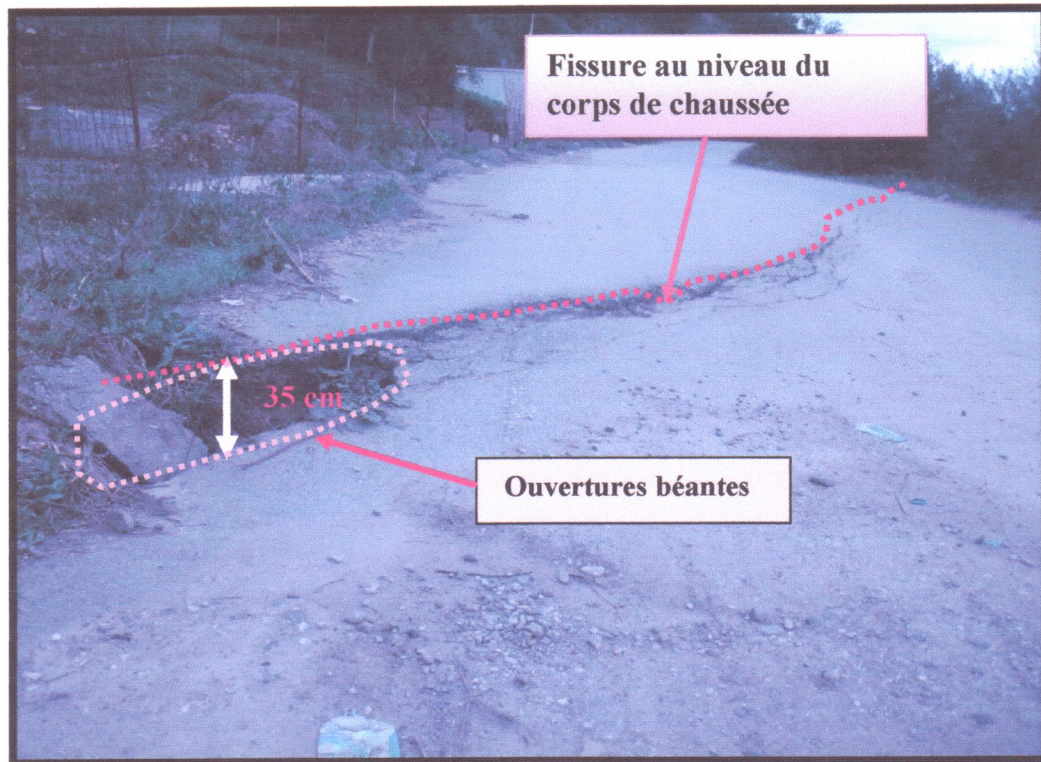


Figure IV.5: la dégradation de la route (fissuration et déformations)



Figure IV.6: Détérioration des caniveau de la chaussée

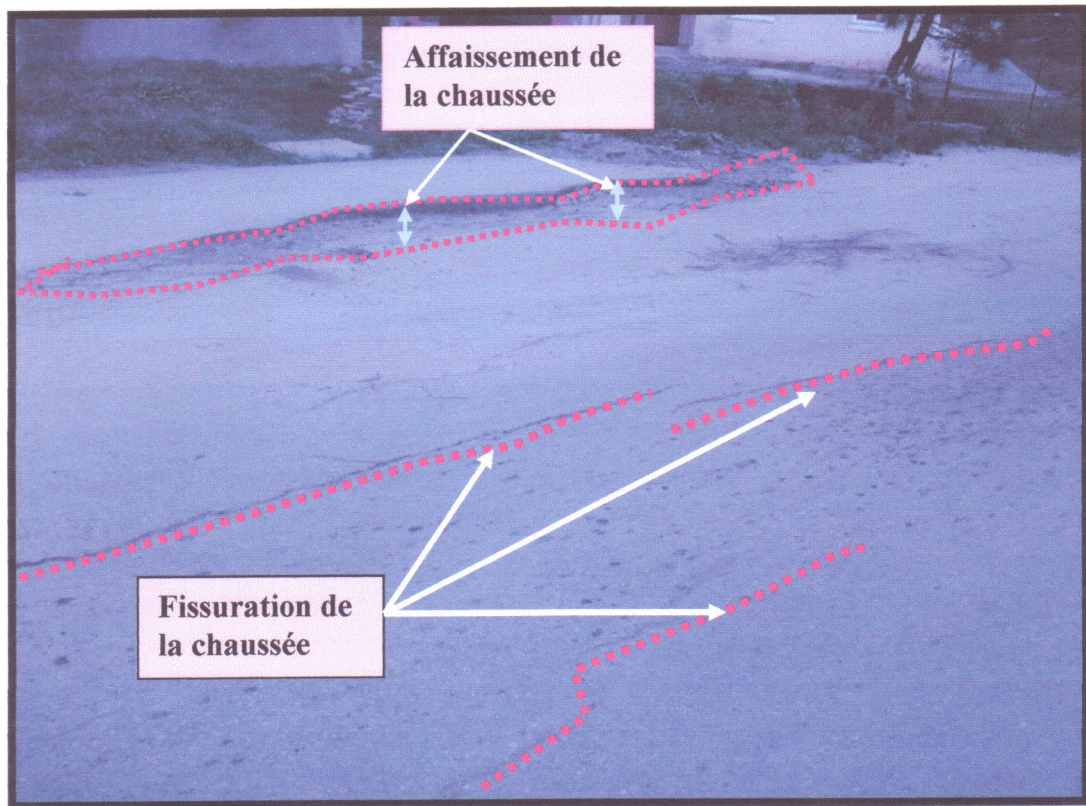


Figure IV.7 : Dommages au niveau de la chaussée tronçon de Krouchene



Figure IV.8 : vue générale des dégâts causés par le glissement

IV.2.4.2- Causes probables du glissement

Le glissement de terrain est un phénomène naturel. il est provoqué le plus souvent par la présence des écoulements des eaux dans le sol. En effet, le glissement en question a pour cause la conjugaison de plusieurs paramètres, le plus important est la présence d'eau. Dans ce qui suit nous présenterons les causes probables qui ont contribué à la manifestation de l'instabilité des versants survenant dans le secteur d'étude, notamment :

- Les conditions hydrologiques : du site dont les interactions sont complexes et régissent en grande partie le comportement de l'ensemble du terrain. Ces interactions probablement amplifiées par la présence d'un réseau hydrologique complexe provoquant une augmentation de la pression interstitielle dans le sol provoquant ainsi une perte de la cohésion du sol.
- Les conditions géomorphologiques : les formes des reliefs peuvent avoir parfois des conséquences désastreuses sur la stabilité d'un secteur étudié, voire même contribuer directement au déclenchement des désordres observés sur le CW 142. En effet les versants montrent un paysage morphologique assez irrégulier, marqué par une pente assez raide dans le sens NE-SW.
- La Lithologie de secteur à tendance marneuse joue en faveur du déclenchement du mouvement de terrain .
- La probabilité d'une mauvaise mise en oeuvre des remblais routiers.
- Les fuites presque permanentes d'eau, une conduite (AEP PVC DN90) traversant le site s'ajoute aux effets hydrologiques sus-indiqués.

IV.2.5- Analyse de stabilité

Il est clair que les hypothèses simplificatrices énoncées dans les méthodes de calcul théorique sont discutables. Avec un programme de calcul automatique, on peut admettre des simplifications moins importantes et prendre en compte par exemple l'intercalation entre les différents paramètres adapté, des surfaces de rupture non circulaires, voir même le calcul à trois dimensions.

L'usage de programmes informatiques facilite l'analyse de la stabilité des talus. Le principal avantage de l'outil informatique est la possibilité de tester à coût très faible, un très grand nombre de surfaces de ruptures en temps minimum et de déterminer celle qui est la plus critique.

IV.2.4.2- Causes probables du glissement

Le glissement de terrain est un phénomène naturel. il est provoqué le plus souvent par la présence des écoulements des eaux dans le sol. En effet, le glissement en question a pour cause la conjugaison de plusieurs paramètres, le plus important est la présence d'eau. Dans ce qui suit nous présenterons les causes probables qui ont contribué à la manifestation de l'instabilité des versants survenant dans le secteur d'étude, notamment :

- Les conditions hydrologiques : du site dont les interactions sont complexes et régissent en grande partie le comportement de l'ensemble du terrain. Ces interactions probablement amplifiées par la présence d'un réseau hydrologique complexe provoquant une augmentation de la pression interstitielle dans le sol provoquant ainsi une perte de la cohésion du sol.
- Les conditions géomorphologiques : les formes des reliefs peuvent avoir parfois des conséquences désastreuses sur la stabilité d'un secteur étudié, voire même contribuer directement au déclenchement des désordres observés sur le CW 142. En effet les versants montrent un paysage morphologique assez irrégulier, marqué par une pente assez raide dans le sens NE-SW.
- La Lithologie de secteur à tendance marneuse joue en faveur du déclenchement du mouvement de terrain .
- La probabilité d'une mauvaise mise en oeuvre des remblais routiers.
- Les fuites presque permanentes d'eau, une conduite (AEP PVC DN90) traversant le site s'ajoute aux effets hydrologiques sus-indiqués.

IV.2.5- Analyse de stabilité

Il est clair que les hypothèses simplificatrices énoncées dans les méthodes de calcul théorique sont discutables. Avec un programme de calcul automatique, on peut admettre des simplifications moins importantes et prendre en compte par exemple l'intercalation entre les différents paramètres adapté, des surfaces de rupture non circulaires, voir même le calcul à trois dimensions.

L'usage de programmes informatiques facilite l'analyse de la stabilité des talus. Le principal avantage de l'outil informatique est la possibilité de tester à coût très faible, un très grand nombre de surfaces de ruptures en temps minimum et de déterminer celle qui est la plus critique.

On peut également faire varier les conditions géométriques, géotechniques et hydrauliques le long d'une même surface et comparer l'influence des différents facteurs. Cela permet, par exemple d'évaluer en modifiant les conditions aux limites, quels sont les résultats à attendre des travaux de stabilisation (Benaïssa, 2003).

IV.2.5.1- 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, et donc, qu'à la rupture tous les points de la masse stable atteignent en même temps leur seuil de rupture. C'est la méthode de calcul à la rupture. La seconde possibilité est l'application de la méthode des éléments finis en choisissant une loi de comportement complexe. Parmi les méthodes de calcul à la rupture, on a :

- Les méthodes globales qui ne conviennent que pour des profils de talus simple en sol homogène et isotrope.
- La méthode de tranche, qui est plus souple. Le talus est partagé en tranches verticales, profile de talus non rectiligne, hétérogénéité du sol et la ligne de glissement peut être 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) a partir des valeurs connues ou supposées des forces agissant sur (A) et on la compare a la résistance au cisaillement du sol estimée a partir des caractéristiques mécaniques du sol.

Le Tableau VI.3 résume les principales méthodes de calculs à la rupture couramment utilisées.

Tableau IV.4 : 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 $\alpha.f(x) = Z/H$

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 $1 \leq F_s < 1.5$: le talus est stables mes avec des conditions (douteux).
- Si $F_s \geq 1.5$: le talus est stable son danger.

VI.2.5.2- Simulation numérique par le logiciel *GEO-SLOPE*

Du fait de la maitrise de se 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.

IV.2.5.3- Description générale

C'est un logiciel crée par la compagnie canadienne «*MITRE SOFTWARE CORPORATION*». Le software GEO-SLOPE exécute l'analyse de la stabilité des talus naturelles à l'équilibre limite, des talus artificielles non renforcés, ou des talus en sol renforcé. Ce programme emploie la méthode ordinaire (Fellenius), Bishop, Janbu et Morgenstern-prince. Il permet d'appliquer l'une ou l'autre méthode à des surface circulaire, composées, et non circulaires, concernant son mode d'emploi il faut introduire les donnés suivantes pour pouvoir lancé le calcule de stabilité :

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

IV.2.5.4- Validation de l'approche de calcul considéré

Les modèles géométriques retenus dans cette étude sont assimilés à des talus bicouches dont la première couche est celle du remblai argileux et la deuxième couche est celle des marnes. Sur le plan hydrogéologique on ne peut avoir une nappe dans la couche des marnes, cependant les eaux de pluie s'infiltrent à travers le remblai routier et entraînent des pressions interstitielles dans la couche des marnes. Alors la prise en considération des écoulements se fait par la suite dans nos propositions de confortement.

La figure IV.9 et IV.10 représente les configurations géométriques générales.

- **Le profil 1** : il est situé au sud de la zone instable, orienté Est-Ouest
- **Le profil 2** : il est situé au Nord de la zone instable orienté Est-Ouest

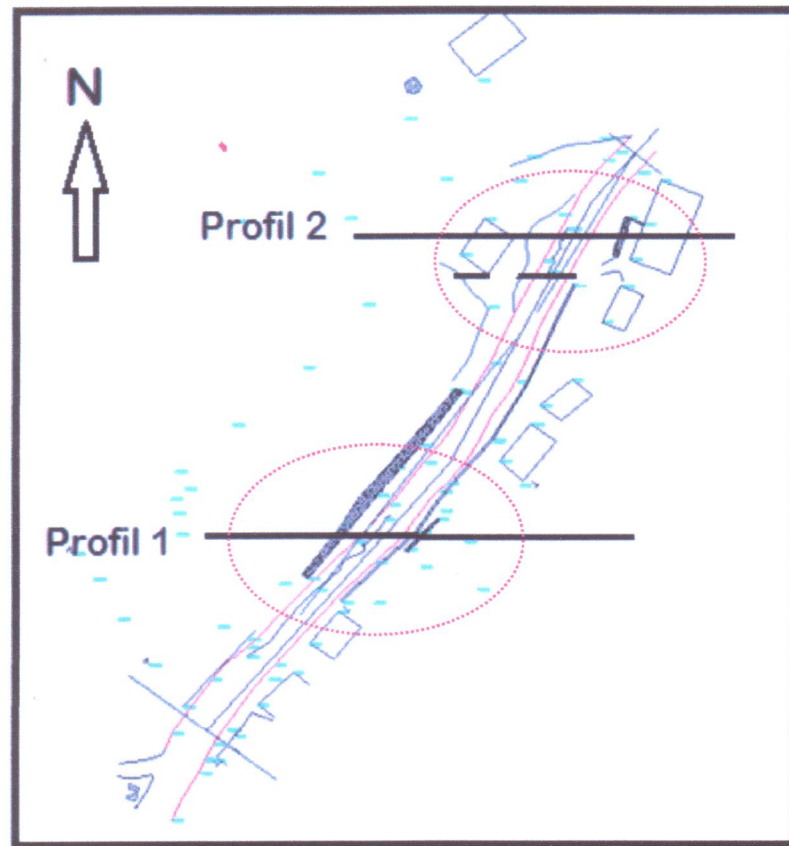


Figure. IV.9 : Localisation des zones instables sur le levé topographique (LCEE de Jijel)

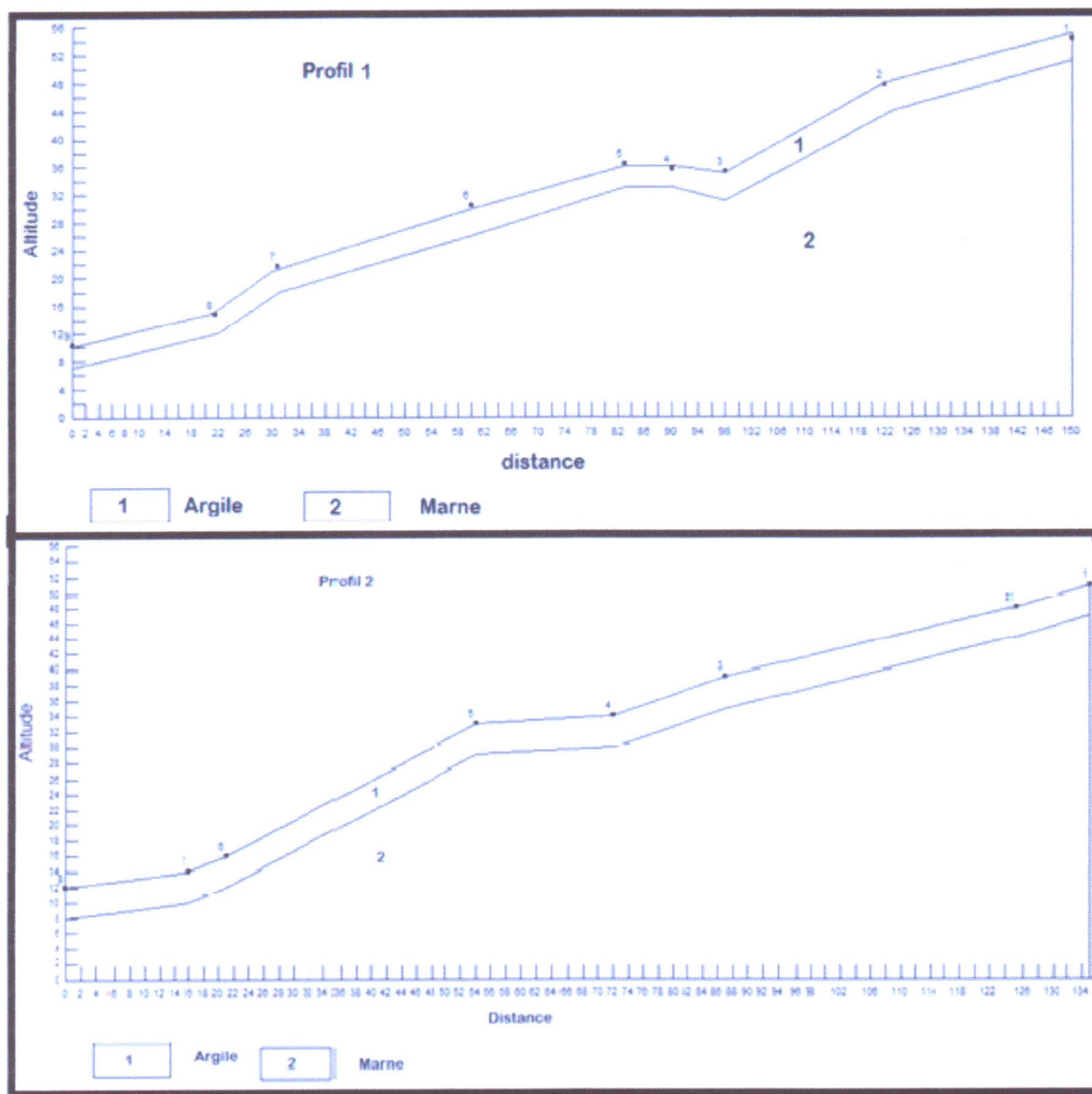


Figure. IV.10 : Géométrie des deux profils utilisés dans l'étude de stabilité

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 suivant :

Tableau IV.5 : Caractéristiques physico- mécaniques des sols étudiés

Couches /caractéristiques mécaniques	$\gamma_d (kN/m^3)$	$C (kPa)$	$\varphi (^{\circ})$
Couche argileuse	15.5	15	16
Couche Marneuse	17	25	22

Les résultats de l'analyse de stabilité effectuée sur le talus dans son état actuel montrent un facteur de sécurité $F_s < 1$ (voir le Tab.IV.4), donc le talus est jugé instable. Les cercles critiques dans les différents profils adoptés pour cette étude sont présentés dans la Figure (IV.11).

Tableau. IV.6 : Valeurs de Facteur de sécurité (talus dans son état initial)

F _s /méthode de calcul	Profil 1	Profil 2
Ordinary	0,989	0,833
Bishop	0,988	0,853
Janbu	0,987	0,830

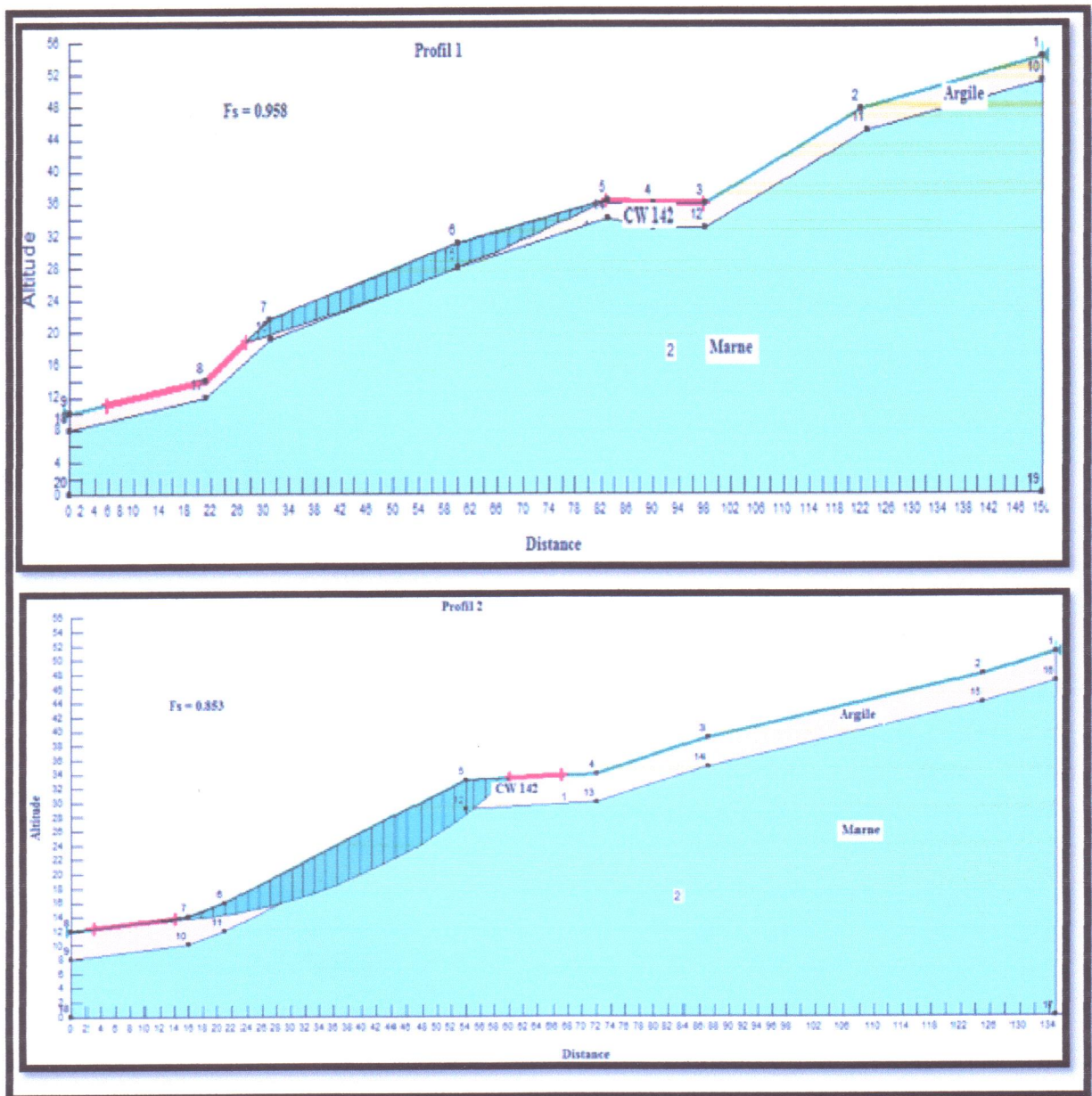


Figure IV.11 : Etude de stabilité du talus dans son état actuel pour les deux profils adoptés

IV.2.6- Techniques de confortement :

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

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

1) Tranchées drainantes :

Dans la plus part des glissements de terrain, l'eau joue un rôle moteur déterminant, ce qui est le cas dans notre site étudié. Pour limité l'effet des eaux d'infiltration on a opté pour l'utilisation d'une tranchée drainante de 1m de largeur et de 3.5 m de profondeur disposée perpendiculairement aux lignes de pentes. Pour que cette dernière répond aux règles de filtre, elle sera constituée de matériaux drainants à savoir des graviers (15/25 et 3/8) ayan 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 dans un géotextile non tissé (Figure IV.12). On propose de réaliser la tranchée drainante dans la partie supérieure de la route afin d'empêcher les infiltrations des eaux dans le remblai retier.

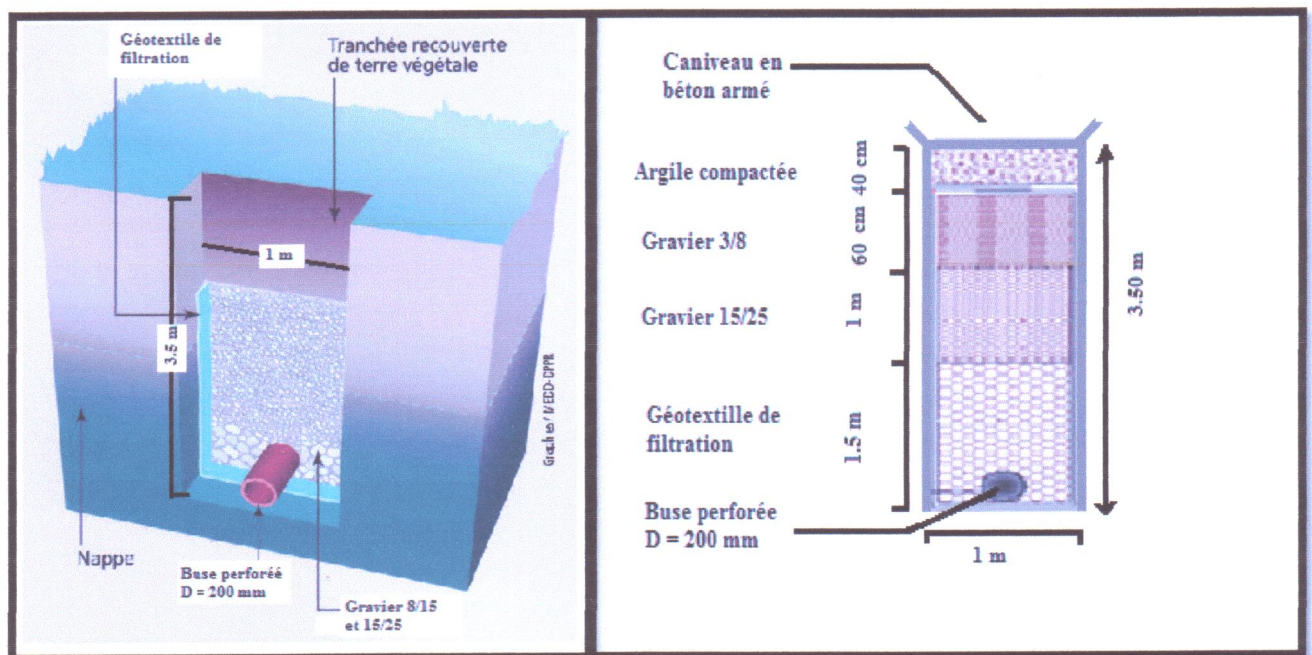


Figure IV.12- Schéma des tranchées drainantes proposées

La figure IV.13 montre le détail de la jonction entre la buse perforée du drain et le puisard d'évacuation.

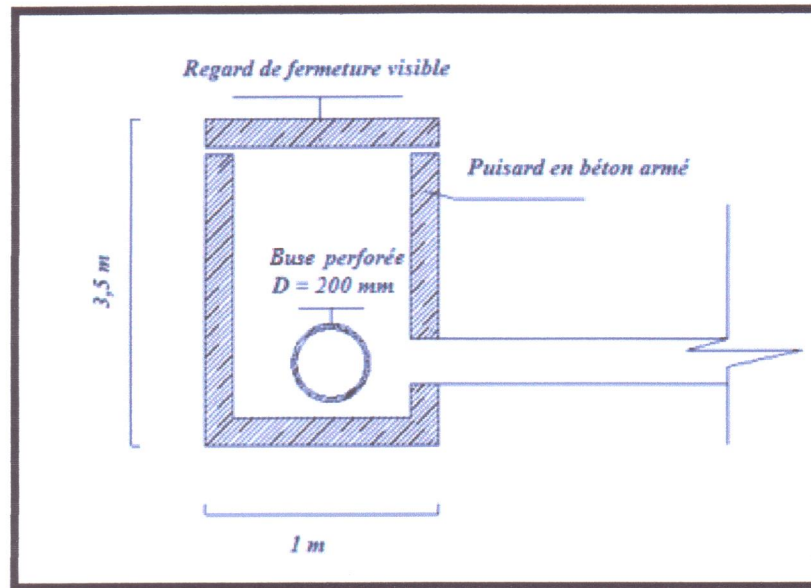


Figure IV.13 : Détail de la jonction du drain en buse perforée de la tranchée drainante avec le puisard

2) Enrochement :

Plusieurs ouvrages sont connus pour répondre à cette action tel que les palplanches, murs de soutènement, le gabionnage, les enrochements, etc. Dans notre cas d'étude, la solution qui a conduit à la stabilisation des profils 1 et 2 (Fs satisfaisant) est la mise en place d'un enrochement.

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

L'enrochement proposé est constitué de matériaux drainant (enrochement 40- 80 cm) mise en place sur le talus sous forme de butée faiblement ancrée d'une hauteur de 2m de disposé au pied du talus (coté avale de la route) cette solution est combinée avec une tranchée drainante comme le montre de la Figures (VI.14et IV.15) ci dessous.

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

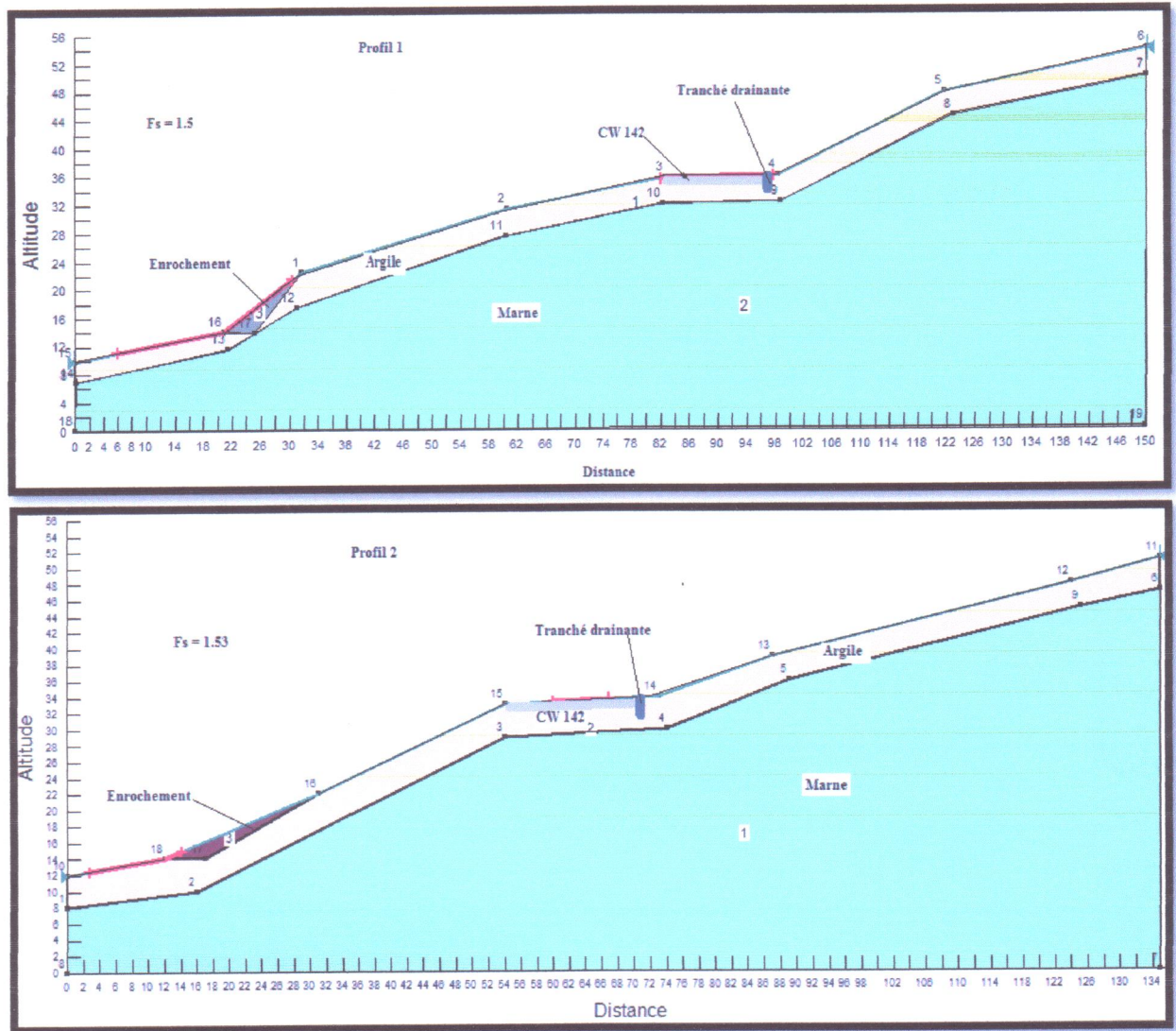


Figure IV.14 : Solution proposée pour la stabilisation du talus

La vérification de la stabilisation du talus après confortement à donnée des facteurs de sécurité très satisfaisant (Tableau IV.7) ce qui confirme la fiabilité des solution de confortement proposées.

Tableau IV.7 : Valeur de Facteur de sécurité après confortement

F _s /méthode calcul	Profil 1	Profil 2
Ordinary	1.52	1.52
Bishop	1.50	1.53
Jumbu	1.4	1,51

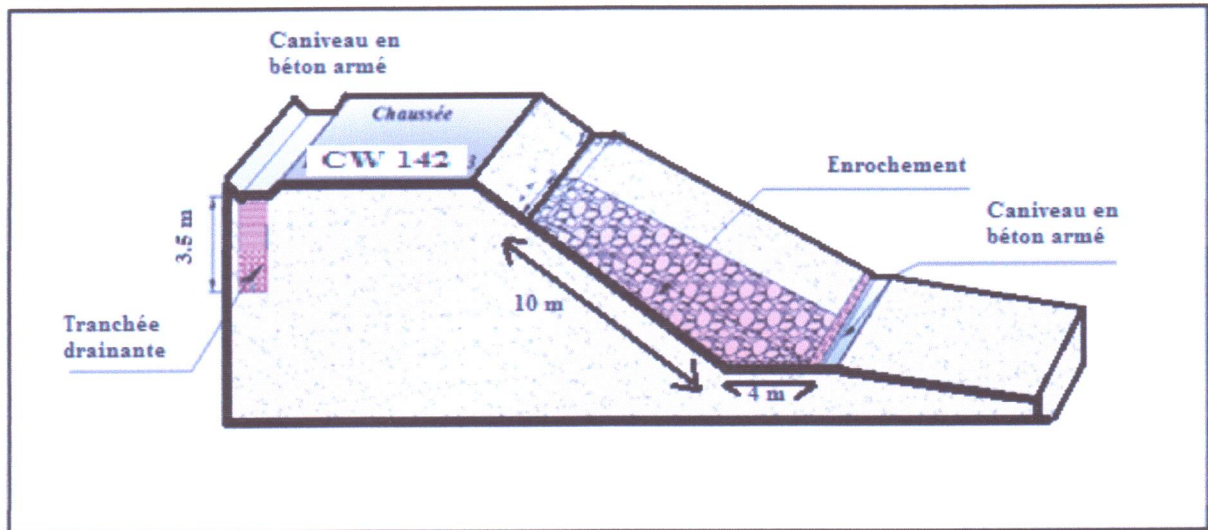


Figure IV.15 : Schéma d'engrènement proposé

Il faut noter qu'un suivi sur terrain est indispensable pour vérifier la fiabilité de ces solutions à long terme. Inclinomètres et /ou un maillage de bornes topographique en surface sont indispensables pour un bon suivi en profondeur et en surface des mouvements et des déplacements des sols au fur et à mesure du temps.

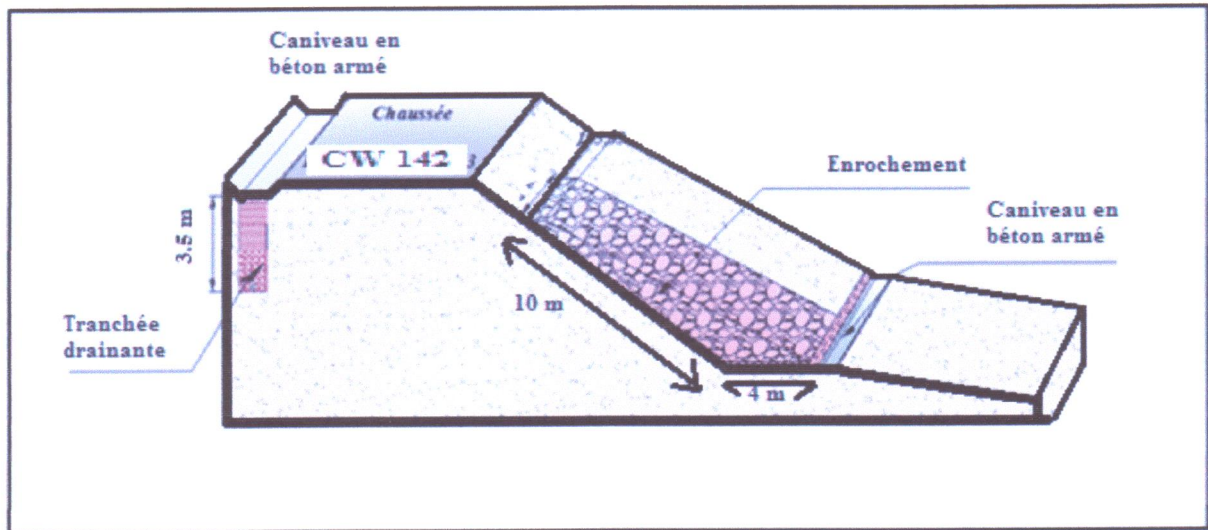


Figure IV.15 : Schéma d'encochement proposé

Il faut noter qu'un suivi sur terrain est indispensable pour vérifier la fiabilité de ces solutions à long terme. Inclinomètres et /ou un maillage de bornes topographique en surface sont indispensables pour un bon suivi en profondeur et en surface des mouvements et des déplacements des sols au fur et à mesure du temps.

Conclusion générale et recommandations

Notre projet de fin d'étude concerne l'étude du glissement survenu sur la route reliant la commune de Taher à Oudjana cité de krouchéne . Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à un meilleur diagnostic de cet aléa et à l'identification des facteurs qui 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 le glissement de terrain étudié est amplifié suite à plusieurs facteurs : relief accidenté, lithologie du sol, forte pluviométrie, La circulation de poids lourd, forte pente du talus en question.

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

- Réaliser 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.
- Réalisation des ouvrages poids : gabionnage, masque drainant.
- Reboisement.
- Mettre en place des enrochements au pied du talus en amont de la route

Références bibliographiques :

- **Bouillin.J.F (1977)** : géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de collo et d'el-milia (Algérie),thèse doct.uni.P.& M. curie,511P
 - **Cosandey.C, et Robinson.M (2000)** : hydrologie continentale. Armand colin/ HER, Paris 106,107P.
 - **Durand. Delga, (1971)** : La bordure occidentale de la nappe guerrouch (Nord constantinois, Algérie).
 - Durand. Delga, M. (1955)** : étude géologique de l'ouest de la chaine numidique. Thèse d'état .paris, publ.serv .carte géologique Algérie.24, 533P.
 - 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 docte. Université d'Orsay Paris, 206P
 - Gilli.E, Mangan,C et Mudry,J (2004)** :hydrogéologie : objet ,méthodes , applications .dunod, Paris 24,25P.
 - Gelard (1969)** : Le flysch shisto-gréseux de la bordure méridionale et orientale du massif chellatta, le flysch mauritanien (G.Kabylie).
 - **Lahondère.J.C (1987)** : datation des grés numédiens d'Algérie orientale, conséquences structurales c.r.a cad.sc.paris, t289, (série d), n 4, p383-386.
 - **MagnanJ.P. (2001)** : description, identification, et classification des sols. Ed. Techniques de l'ingénieur (TI).Paris, 75P.
 - Philipponnat.G, et Bertrand.H (2003)** : Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles .Paris, 548P.
- Modes opératoires du laboratoire central des ponts et chaussés, S.P -2-1964, 2ème édition.
- **Raoult.J.F(1974)** : . Précisions sur le flysch massylien : séries stratigraphiques, variations de faciès, nature du matériel remanié (Nord du Constantinois).Bull. Soc. Hist, nat, Afr, Nord, Alger.73-92p.
 - **Rouikha.Y (2008)** : étude géologique et géo mécanique des roches carbonates de la région de Chekfa-Chahna (wilaya de Jijel). Mémoire de magister, université de Jijel.