

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

جامعة جيجل
Université de Jijel

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1651

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



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



MEMOIRE

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

Thème

Etude géologique et géotechnique de l'évitement sud de
la ville de Jijel

Présenté par :

-Hanane Bouloudene

-Nour_El_Houda Mezerreg

Soutenu publiquement le : 27/ 09/2010

Devant le jury composé de :

Président : Pr.Y.Bouftouha
Encadreur : M^r.Y.Rouikha
Co-Encadreur : M^r.F.Kessasra
Examineur : Dr.A.Zennir



Année Universitaire 2009/ 2010

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions « ALLAH » Le Tout Puissant, pour tous les bienfaits qu'il nous accorde, et de nous avoir offert le courage et la patience pour élaborer ce modeste travail, AlhamdoulilALLAH.

Nous adressons toute notre gratitude et tous nos remerciements à M r Rouihka Youcef et M r Kessasra Farés, pour ses précieux conseils, la pertinence des remarques qu'il a formulées, ses orientations fructueuses, pour l'honneur qu'il nous a fait en nous encadrant, et un remerciement spécial pour son attitude humaine, et nous lui témoignons le respect absolu.

Nos vifs remerciements pour Mr Benzaid Riad pour leurs efforts, disponibilité et suivi.

Nous remercions tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont participé à la réalisation de ce travail Mr Bourfis L'ingénieur du S.E.T.S, Mr Nacer chef du D.T.P et Mr Babay de A.R.N.#

Nous tenons à remercier vivement tous les enseignants et ingénieurs du département de science de la terre et de l'univers.

Nous n'oublierons pas d'adresser nos remerciements aux membres du jury pour avoir consacré de leur temps à l'évaluation de ce mémoire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la conception de ce mémoire.

Nour_el_houda et Hanane

DEDICACE

A la plus affectueuse et la plus douce mère au monde ; qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, à ma mère je dédie ce travail.

A celui qui m'a indiqué la bonne voie, en me rappelant que la volonté et la confiance en soi sont les clés de la réussite, à mon père je dédie ce travail.

A mon prestigieux encadreur et la comité du département de science de la terre et de l'univers à l'université de Jijel, Je dédie ce modeste travail.

A mes chères sœurs et mon petit et adorable frère , je dédie ce travail.

A toute ma nombreuse et merveilleuse famille .

A mes amis et collègues de la promotion.

A tous les étudiantes du géologie

A mon cher pays L'Algérie, et mon grand pays arabe et islamique surtout ma chère Palestine et l'Irak.

Nour el Houda

Dédicace

*Je dédie ce travail de fin d'étude à mes adorables
parents qui ont été toujours près de moi et ils ont
m'aide à arriver à ce stade d'éducation « Assaoua
et Lahira »*

*A mes encadreurs pour leur soutien et suivi
pendant la réalisation de ce travail*

*A ma sœur Lahra et mes frères Housseem, Zoubir
et Rabah*

A toute la famille Bouloudene

*A mes chers amis Lamia, Amira, Yousra, Bilal,
Adel*

A mon fiancé Sofiane

*A mes collègues de Master promotion 2010 pour
tous les moments qu'on a passé ensemble.*

Hanane

Sommaire

Introduction	1
---------------------	----------

Première partie

I. Généralités	2
I.1 Situation du site	2
I.2 Aspect géomorphologique du site	2
I.3 Type d'érosion	3
I.4 Climat	4
I.5 Sismicité	4
II. Etude géologique	5
II. 1 Présentation de la lithostratigraphie	5
II. 1.1 Les dépôts du Quaternaire	5
II. 1.2 Les terrasses anciennes d'âge Pliocène	5
II. 1.3 Les dépôts marneux dits Post-nappes	5
II. 1.4 Les dépôts de l'Oligo-miocène-kabyle (OMK)	6
II. 1.4.1 Description des faciès de l'OMK	7
a. Les conglomérats de base	7
b. La molasse de l'OMK	7
b.1 La matrice marneuse à passées gréseuses	7
b.2 Le faciès flysch grés-micacé	8
b.3 Autres faciès	9
II. 1.5 L'assise numidienne	9
III. Etude géophysique	12
IV. Etude climatologique, hydrologique et hydrogéologique	15
IV.1 Hydrologie du bassin versant	15
IV.2 Aspect climatologique	16
IV.2.1 Pluviométrie et température	17
IV.2.2 Relation température – précipitation	19
IV.2.3 L'aridité	20
IV.2.4 Le bilan hydrologique	21.

a. Approche du bilan hydrique	21
b. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	21
c. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)	22
d. Estimation du ruissellement et de l'infiltration	24
IV.3 Synthèse hydrogéologique	25
IV.3.1 Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Kessir	25
IV.3.2 Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Mencha	26

Seconde partie

I. Exploitation des travaux de reconnaissance	28
I.1 Les essais in situ	28
I.2 Essai de laboratoire et d'identification	32
II. Etude de stabilité	
II.1 Introduction	35
II.2 Description du type de mouvement rencontré sur le tracé routier	35
II.2 Première zone instable : limite entre le lot1 et lot2 (PK 1+141.06) du (739.7 ; 4074.9) au (739.77 ; 4074.79)	37
a. Facteurs favorisant le glissement	37
b. Solution proposée	38
II.3 Deuxième zone instable : lot 3, du PK 4+060 au PK 4+120 du (741.65 ; 4075.34) au (742.02 ; 4075.55)	38
a. Géologie du site	38
b. Interprétation de la reconnaissance géotechnique	39
c. Facteurs favorisant le glissement	40
d. Calcul de stabilité	41
e. Solution proposée	42
f. Conclusion	44
II.4 Troisième zone instable : lot 5 ; du PK 7+430 au PK7+575 du (744.325 ; 4074.7) au (744.575 ; 4074.8)	45
a. Facteur favorise le glissement	45
b. Solution proposée	45

II.5 Quatrième zone instable : Zone de glissement probable Lot 6 B du (749.8 ; 4075.85) à (749.9 ; 4075.9)	46
a. Calcul de stabilité	46
a.1 Calcul manuel	48
a.2 Calcul automatique	54
b. Interprétation des résultats	56
c. Solutions proposées	56
Conclusion générale et recommandations	57

Liste des Figures

- Figure 1.1** : Localisation géographique de l'évitement Sud
- Figure 1.2** : Carte des pentes
- Figure 1.3** : Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la ville de Jijel
- Figure 1.4** : Carte géologique de la commune de Jijel
- Figure 1.5** : Coupes géologiques
- 1.5. a** : Coupe géologique NW-SE de la commune de Jijel
- 1.5. b** : Aperçu géologique en perspective du tronçon routier
- Figure 1.6** : Localisation des Sondages Electriques
- Figure 1.7** : Courbes des sondages électriques verticaux (SEV)
- Figure 1.8** : Cycle de l'eau
- Figure 1.9** : Carte des écoulements superficiels de la région de Jijel
- Figure 1.10** : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1996)
- Figure 1.11** : Distribution des précipitations moyennes mensuelles de la station Jijel Aéroport ,1991-2009
- Figure 1.12** : Histogramme de précipitations moyennes saisonnières durant la période1991-2009, station Jijel Aéroport.
- Figure 1.13** : Température moyenne mensuelle de la station Jijel Aéroport, 1991-2009
- Figure 1.14** : Diagramme ombrothermique
- Figure 1.15** : Graphe du Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite de la station Jijel Aéroport ,1991-2009
- Figure 1.16** : Carte piézométrique de Kissir (mai 2003)
- Figure 1.17** : Carte piézométrique de Mancha (juin 2002)
- Figure 2.1** : Carte d'implantation des puits de reconnaissance et des profils géotechniques
- Figure 2.2** : Profil géotechnique (A A')
- Figure 2.3** : Profil géotechnique (B B')
- Figure 2.4** : Profil géotechnique (C C')
- Figure 2.5** : Profil géotechnique (D D')
- Figure 2.6** : Résultats des mesures obtenues des essais de limites d'Atterberg
- Figure 2.7** : Identification des zones instables le long du tracé routier
- Figure 2.8** : Schéma d'un glissement plan (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).
- Figure 2.9** : Schéma d'un glissement rotationnel (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).
- Figure 2.10** : Glissements successifs emboîtés (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).
- Figure 2.11** : Implantation et corrélation des sondages au niveau du lot 3
- Figure 2.12** : Cercle critique obtenu au niveau du lot 3
- Figure 2.13** : Drainage de l'assise de la chaussée

Figure 2.14 : Coupe type du talus amont

Figure 2.15 : Force agissant sur une tranche

Figure 2.16 : Implantation et corrélation des sondages au niveau du lot 6B

Figure 2.17: cercle de glissement au niveau du site (Lot 6 B) (cercle de pied de talus)

Figure 2.18: Cercle critique obtenu au niveau du lot 6 B (marne compacte)

Figure 2.19: Cercle critique obtenu au niveau du lot 6 B (marne friable)

Figure 2.20 : Aperçu géotechnique en perspective du tronçon routier

Liste des tableaux

- Tableau 1.1 :** Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières, Série:1991-2009
- Tableau 1.2 :** Températures moyennes mensuelles et saisonnières de la station Jijel Aéroport, 1991-2009
- Tableau 1.3 :** Calcul de l'ETP selon Thornthwaite
- Tableau 1.4 :** Bilan hydrologique de Thornthwaite
- Tableau 1.5 :** Valeurs des termes du bilan hydrologique
-
- Tableau 2.1:** Valeurs des puits de reconnaissance
- Tableau 2.2:** Classification des sols suivant la teneur en eau naturelle
- Tableau 2.3:** Classification des sols suivant l'indice de plasticité
- Tableau 2.4:** Estimation du gonflement potentiel du sol étudié
- Tableau 2.5:** Caractéristiques mécaniques du sol en place
- Tableau 2.6:** valeur du coefficient de sécurité obtenue par le logiciel Géo-Slope
- Tableau 2.7:** Caractéristiques de géotextile de filtrations pour l'enrochement
- Tableau 2.8:** Caractéristiques mécaniques du sol en place
- Tableau 2.9:** Caractéristiques mécaniques du sol en place (à long terme)
- Tableau 2.10:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 01
- Tableau 2.11:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 02
- Tableau 2.12:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 03
- Tableau 2.13:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 04
- Tableau 2.14:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 05
- Tableau 2.15:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 01
- Tableau 2.16:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 02
- Tableau 2.17:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 03
- Tableau 2.18:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 04
- Tableau 2.19:** Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 05
- Tableau 2.20:** Coefficients de sécurité obtenus par le logiciel Géo-Slope (Marne compacte)
- Tableau 2.21:** Valeurs du coefficient de sécurités obtenues par le logiciel Géo-Slope
(Marne friable)

Liste des photos

Photo 1.1: Dépôts marneux Post-nappes de Harratene

Photo 1.2: Matrice marneuse à passées gréseuses de Ouled Damoun

Photo 1.3 : Alternance des grés et des argiles

Photo 1.4: Plissement dans la Série Priabono-Oligocène de Djebel Talouda

Photo 1.5: Contact entre la Molasse et les grés numidien de Machtat Ouled Damour

Photo 1.6: Assise numidienne de Djebel Mezghitane

Photo 2.1 : Sens de déplacement

Photo 2.2 : Gabionnage avec exutoire

Photo 2.3 : Traitement au géotextile

Photo 2.4 : Fissure au niveau du corps de chaussée

Photo 2.5 : Travaux au niveau du lot 6 B

Résumé

L'évitement sud de la ville de Jijel, qui s'étend sur une longueur de 14 km, fait l'objet de notre étude intitulé : «*Etude géologique et géotechnique de l'évitement sud de la ville de Jijel*». Le tracé du tronçon est implanté sur un terrain relativement instable, posant ainsi un risque de glissement des pentes à cause de l'infiltration des eaux météoriques surtout dans sa partie montagneuse. Afin d'éviter le risque de glissement pendant et après les travaux, et minimiser ainsi les coûts de réalisation et de traitement, nous avons mené une étude générale concernant la géologie du tracé ainsi que les risques des mouvements des terrains constituant le substratum du tracé routier.

Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les appréciations suivantes:

- le tracé routier est implanté dans sa quasi-totalité en zone montagneuse à morphologie complexe.
- de même, le tracé se particularisé par une lithologie variable : grès, molasse, flysch du côté Ouest et un faciès marneux dans la zone Est de l'évitement.

Cette variation de faciès engendre inéluctablement des comportements géotechniques différents.

Ceci nous a poussé à traiter différemment le comportement du corps de chaussé vis-à-vis de la lithologie et de la morphologie locale.

Les résultats géotechniques obtenus à partir des paramètres physiques recueillis auprès des opérateurs intervenant sur le tracé, préconisent des traitements appropriés en amont et en aval du corps de chaussée, afin de minimiser voir éradiquer les risques des mouvements dynamiques liés à la lithologie et l'action météorique de l'eau.

Mots clés : Evitement sud, lithologie, morphologie, eau, glissement ,géotechnique

ملخص :

الطريق المحول الجنوبي لمدينة جيجل يمتد على مسافة تقارب 14 كلم هو عنوان موضوع المنكرة "الدراسة الجيولوجية و الجيوتقنية للطريق المحول جنوب مدينة جيجل".

إن مسار المقطع يتواجد على أرضية غير مستقرة نسبيا مما يجعل احتمال الانزلاقات وارد بسبب تسرب مياه الأمطار و خاصة في الأماكن الجبلية.

ولتفادي هذه الوضعية قبل و بعد انجاز الأشغال و تقليص تكلفة الانجاز و التهيئة قمنا بدراسة عامة تخص جيولوجية المنطقة كذلك دراسة أخطار حركة التربة المكونة لأرضية الطريق وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها تبين لنا ما يلي :

-الطريق يمر في معظم أجزائه بمنطقة جبلية ذات تضاريس وعرة.

-و كذلك المنطقة تحتوي على تراكيب جيولوجية مختلفة و معقدة: صخور رسوبية رملية، بالتناوب مع غضاربات دقيقة السماكة، هذا في الجهة الغربية، أما في الجهة الشرقية فيغلب عليها الطابع العضاري.

هذه التغيرات الجيولوجية تؤدي إلى تغيرات جيوتقنية يدفع إلى دراسة مخصصة لأرضية الطريق.

النتائج الجيوتقنية المتحصل عليها من خلال العوامل الفيزيائية لتهيئة كل أجزاء الطريق حتى نتمكن من تقليص مخاطر حركة التربة تحت تأثير المياه الجارفة .

Problématique :

Lors du programme de développement local de la ville de Jijel, une partie considérable a été allouée au développement des infrastructures de base. Des budgets conséquents concernant les différents domaines : les infrastructures, la santé, l'éducation, le secteur de l'eau, ... etc. ont été débloqués.

Devant le nombre croissant des véhicules utilisant la RN43, il a été décidé de contourner la ville par un évitement routier sud : Kessir-Adouane Ali sur un itinéraire d'environ 14 km de longueur projeté dans une région montagneuse.

Dans le choix de la variante, il a été tenu compte de différents paramètres : techniques liés principalement au sol et les coûts de traitement, ainsi que les différentes contraintes environnementales.

Le présent travail porte sur l'étude de la stabilité du tronçon routier qui traverse des zones géomorphologiquement difficiles d'accès. De même la nature de terrain traversé liée à l'action anthropique fragilise l'assise géologique du tracé.

Première partie

Etude du milieu physique

I. Généralités :

I.1 Situation du site

La ville de Jijel est située à environ 360 km au Nord-Est d'Alger. Elle est traversée par la route nationale N° 43 d'Est en Ouest et est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la commune d'El Amir Abdelkader (ex-Strasbourg) à l'Ouest par la commune d'El Aouana (ex-Cavallo) et enfin au Sud par la commune de Kaous (ex- Duquesne). Le tracé de l'évitement sud d'une longueur de 14 km relie l'entrée est au niveau des échangeurs situés à 3 km de Jijel (749.80, 4076.20) à la sortie ouest au niveau de Oued Kissir (739.20, 4075.40). Il traverse plusieurs zones de faciès différents et de topographie très variable.



Evitement Sud

Figure 1.1 : Localisation géographique du l'évitement sud de la ville de Jijel

I.2 Aspect géomorphologique du site

Le tracé de l'évitement Sud traverse de trois types de morphologie :

- Zones basses ou plaines littorales drainées par des oueds.
- Les monticules de Sidi Saïd, Talouda alignés Est-Ouest au centre du tracé ».
- Les ravinements collinaires au Sud.
- Le point culminant est de 386 m et est situé sur le Djebel Mezghitane qui occupe la partie occidentale de tracé.

La région présente des pentes décroissantes du Sud vers le Nord. Néanmoins, au Sud de Talouda et dans la région de Boughdir les pentes sont dirigées du Nord vers le Sud. La carte des pentes a permis de diviser le site d'étude en trois classes:

- ♦ Classe I: 0-16% représentant une pente surfacique de 67% du tracé.
- ♦ Classe II: 16-32% représentant une pente surfacique de 22% du tracé.
- ♦ Classe III: >32% représentant une pente surfacique de 11% du tracé.

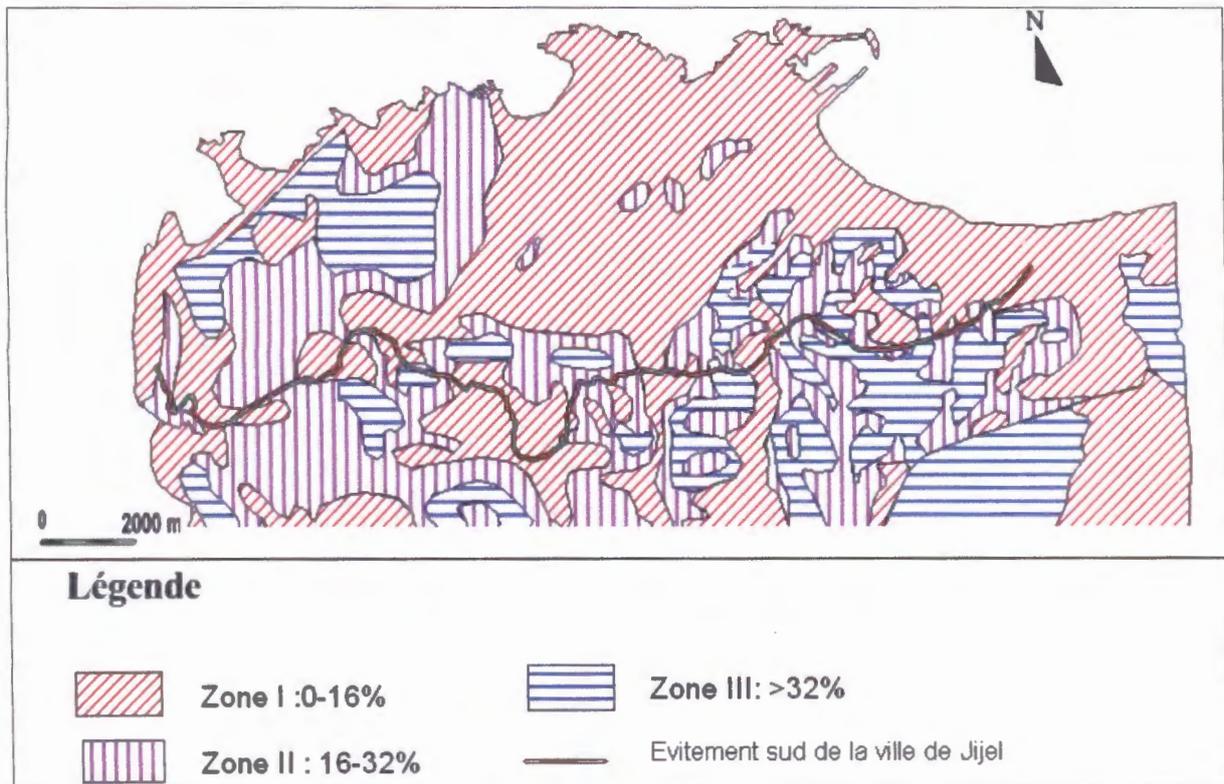


Figure 1.2 : Carte des pentes (d'après I. Khalfa et W. Chouial, 2008), modifiée

I.3 Type d'érosion :

La dégradation du site sous l'effet des actions météoriques est fonction de la lithologie des terrains ainsi que de l'importance des précipitations saisonnières. Néanmoins on peut distinguer deux types d'érosion:

- L'érosion des territoires compétents : grès du numidien et alternance flyschoides.

Dans le cas où affleurent ces deux formations géologiques, l'érosion est relativement faible voire absente dans les bancs de grès.

- L'érosion des terrains meubles : molasse et marnes post-nappes.

En raison de la très faible perméabilité des formations géologiques, il se produit une érosion par ravinement dans le plus important par endroit. Cette érosion présente un impact négatif sur les berges des talus du tracé routier. Ceci nécessite un traitement en amont comme en aval pour canaliser les eaux de ruissellement responsable de ce type d'érosion.

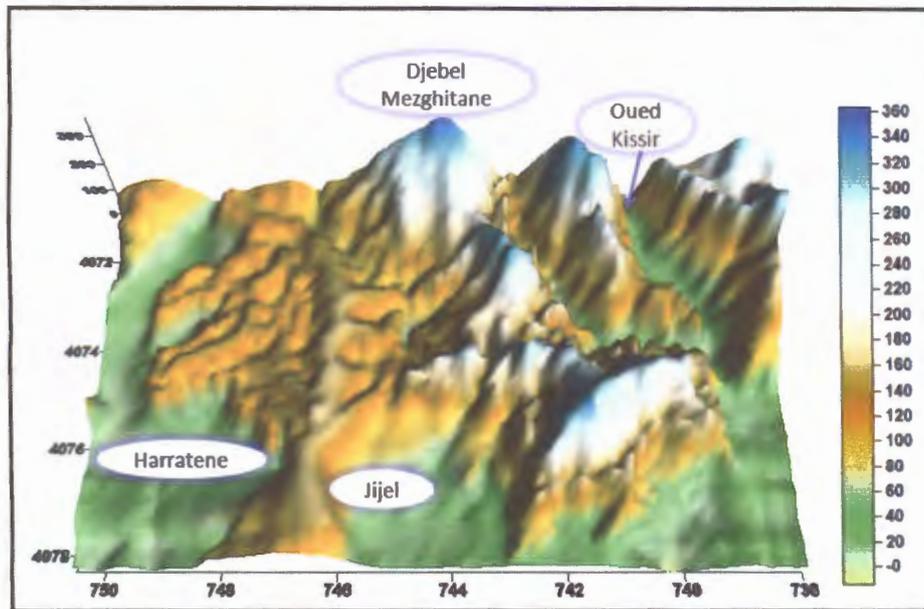


Figure 1.3 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la ville de Jijel

I.4 Climat

La région de Jijel, à l'instar des zones méditerranéennes est caractérisée par un climat humide et pluvieux en hiver, sec et relativement chaud en été. De ce fait, elle est dotée d'une couverture végétale moyennement dense, surtout au niveau de Djebel Mezghitane. Le site est desservi par un certain nombre d'Oueds et de Chaâbats sillonnant la zone d'étude du Sud vers le Nord. Ce réseau est constitué de plusieurs types de cours d'eau selon leur importance: l'Oued Mencha à l'Est et l'Oued Kessir à l'Ouest, et pour les cours d'eau de moyenne importance on peut citer: Oued Moutas, Oued Mdabegh et Oued El kantara.

I.5 Sismicité

En se basant sur le canevas des règles parasismiques Algériennes **RPA** (version 2003) le territoire Algérien est subdivisé en quatre zones de sismicité décroissante :

Zone 0 : Séismicité négligeable, zone I : Séismicité faible, zone II : Séismicité moyenne et zone III : Séismicité forte. La région de Jijel est classée dans la zone de moyenne sismicité (zone II).

II. Etude géologique

II. 1 Présentation de la lithostratigraphie

La couverture sédimentaire du territoire de la commune de Jijel qui s'étend de l'Oued kissir à l'Ouest jusqu'à l'Oued Mencha à l'Est est constituée de plusieurs unités lithostratigraphiques dont les principales sont de haut en bas :

- Les dépôts du Quaternaire et les recouvrements divers (alluvions de plaines et colluvions de pentes).
- Les microconglomérats (sable et graviers) du Pliocène.
- Les marnes dites post-nappes du Miocène supérieur (Tortonno-messinien).
- Les dépôts de l'OMK (flysch grés-micacée et molasse olistostromique).
- L'assise gréseuse numidienne.

II. 1.1 Les dépôts du Quaternaire

Les dépôts récents datant du Quaternaire sont représentés dans la région de Jijel par plusieurs faciès généralement à caractères détritiques.

Les recouvrements les plus vastes occupent les zones basses, comme le littoral de la ville de Jijel, les berges des cours d'eau importants comme l'Oued Kissir ainsi que le lit de l'oued Mencha où les terrasses récentes constituent de vastes plaines alluviales cultivables.

On distingue trois types essentiels de dépôts quaternaires :

- Les sables côtiers : dunaires et parfois consolidés.
- Les terrasses récentes.
- Les argiles de recouvrements : limons rouges.

II. 1.2 Les terrasses anciennes d'âge Pliocène

Elles sont représentées par des microconglomérats et hétérogènes à blocs arrondis pouvant atteindre 1m de diamètre.

Ces conglomérats reposent généralement sur les marnes bleues post-nappes du Tortonno-messinien sur lesquelles elles forment des chapelets circonscrite dans la région de Thourat à l'Est de Jijel-ville.

II. 1.3 Les dépôts marneux dits Post-nappes

Ces dépôts sont représentés par des séries marneuses bleues à grises parfois jaunâtres par endroits à passées calcareuses discontinues renfermant des miches calcaires jaunes ocre d'ordre décimétrique parfois métrique, datés du Tortonno-messinien.

Sur le tracé routier, dans sa partie orientale, ces marnes deviennent très consolidées et présentent des épaisseurs considérables.

La limite occidentale des affleurements du post-nappe est située au Sud de Djebel Talouda pour couvrir en suite le territoire des Beni Caids et Ech chemechma à l'Est comme elle recouvre les collines de Harratene, Boukhertoum et Thourate

A l'Est, sur le site de Harratene ces dépôts présentent plutôt au aspect jaunâtre à passées calcaires parfois blanchâtres. La présence d'horizons 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 puissance de la série marneuse du Tortono-messinien peut atteindre quelques 300m d'épaisseur (*d'après Djellit. H*), et repose en discordance sur les formations de l'OMK.

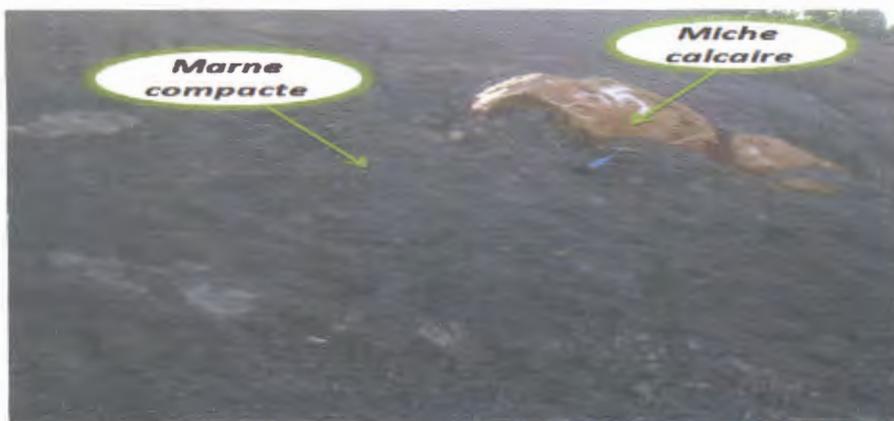


Photo 1.1: Dépôts marneux Post-nappes de Harratene

II. 1.4 Les dépôts de l'Oligo-miocène-kabyle (OMK)

Dans la région de petite Kabylie occidentale, les premiers sédiments transgressifs et discordants sur le socle kabyle paléozoïque sont les conglomérats polygéniques de l'OMK datées de l'Oligocène (**H. Djellit, 1987**) auxquels se superposent des dépôts molassiques, à matrice marneuse comportant les corps ou unités olistostromiques qui y sont associés. Les formations de cet ensemble sont datées du début de l'Oligocène supérieur (**J.F Raoult, 1974 et J.P. Bouillin, 1979**) jusqu'à l'Aquitano-Serravallien (**H.Djellit, 1987**). C'est-à-dire du miocène inférieur et moyen.

L'OMK est en général représenté par des unités dites Tectono-sédimentaires de taille, de nature et d'âge variés, ayant glissé dans le bassin de sédimentation à la faveur des mouvements tectoniques méridionaux.

Les olistostromes de l'OMK peuvent avoir une taille métrique comme ils peuvent atteindre une taille kilométrique jusqu'à former une nappe gravitaire tronchée à sa base et microplissée, comme on a pu le remarquer à plusieurs endroits (Djebel Talouda au Nord-Ouest du Djebel Mezghitane, au Sud de Mekasseb) dans le flysch grés-micacé du Priabono-Oligocène.

II. 1.4.1 Description des faciès de l'OMK

a. Les conglomérats de base : d'âge oligocène

On les rencontre à l'affleurement uniquement au niveau du 3ème Km Est formant le littoral rocheux. Ces dépôts sont constitués de bancs métriques de conglomérats polygéniques moyens à grossiers, remaniant divers débris marno-calcaires métamorphisés, des schistes et des galets phylladiques dans une matrice quartzo-pelitique. Ces bancs sont généralement séparés par des passées décimétriques des marnes jaune ocre parfois grise et indurée. L'épaisseur de cet ensemble dépasse les 150m.

b. La molasse de l'OMK

Elle est constituée par une matrice marneuse à passées gréseuses décimétriques à métrique de couleur brun-tabac. Cette matrice à caractère molassique peut évoluer vers d'autres faciès à tendance flyschoïdes.

Dans le cas de notre étude, la molasse de l'OMK présente plusieurs faciès à l'affleurement représentant des olistolites kilométriques que nous sommes contraints de décrire avec précision étant donnée l'importance géotechnique que représente chaque faciès géologique.

b.1 La matrice marneuse à passées gréseuses

Elle affleure sur le tracé routier au niveau de la région de Ouled Damoun et constituée une zone vulnérable eu égard à sa position topographiquement haute et d'où prennent naissance plusieurs cours d'eau.

Dans la région de Mekasseb, cette matrice représentée par des marnes grises à jaunes avec des passées argileuses varicolores plastiques parfois rouges ocres englobant des nodules ferrugineux mais souvent recouverte par les dépôts quaternaires et les aires urbanisée.



Photo1.2:Matrice marneuse à passées gréseuses de Ouled Damoun

b.2 Le faciès flysch grésno-micacé

Il est constitué d'une alternance de bancs décimétriques parfois centimétriques de grés fins légèrement quartzitiques souvent à ciment quartzo-pelitique micacés brun-tabac et des argiles jaunes indurées parfois légèrement marneuses. Cet ensemble lithologique daté du Priabono-oligocène est partout microplissée (Djebel Talouda), et peut présenter des surfaces de discordances tectoniques intraformationnelles.

Ce faciès débute par des bancs gréseux épais de l'ordre de 2 à 3m sur une épaisseur de 50m au total.

Ces bancs gréseux affleurent à Ouled Aissa (Château d'eau) forment les reliefs hauts de Talouda, du Djebel Sidi Said et les monticules de T'Har et Boughdir (Est du mont Mezghitane). Au sommet la série évolue vers des termes plus marneux à rares passées de bancs calcaro-gréseux.

Le faciès flysch grésno-micacé marque la lisière méridionale de l'OMK avec les formations marneuses du Tortono-Messinien (post-nappe).



Photo 1.3 : Alternance des grés et des argiles



Photo 1.4: Plissement dans la Série Priabono-Oligocène de Djebel Talouda

b.3 Autres faciès

Dans la matrice OMK, comme il a été signalé auparavant, on peut trouver des unités lithologiques dont les faciès présentent des caractéristiques flyschoides de l'albo-Aptien (flysch massylien) comme au col de T'Har ou Z'Aamna représentés par des argiles rouges violacées à lie de vin, parfois grises et des quartzites olivâtres très dures noyées dans la molasse OMK d'âge Aquitano-Serravallien.

II. 1.5 L'assise numidienne

Dans le territoire de la commune de Jijel, le faciès numidien sensu stricto n'est représenté que par les bancs gréseux formant les reliefs du Djebel Mezghitane sur plus de 380m d'épaisseur.

C'est un ensemble gréseux représentés par des bancs de grés d'épaisseur de 2 à 4m à faciès numidien, composé essentiellement de grés blancs à jaunâtres, fins présentant à leur surface des dragées de quartz. Ces bancs gréseux sont souvent fortement tectonisés diaclases et sont séparés par des passées décimétriques d'argiles noires schistosées. Ces faciès sont traversés par le tracé dans sa partie Ouest.



Photo 1.5: Contact entre la Molasse et les grés numidien de Machtat Ouled Damour



Photo 1.6: Assise numidienne de Djebel Mezghitane

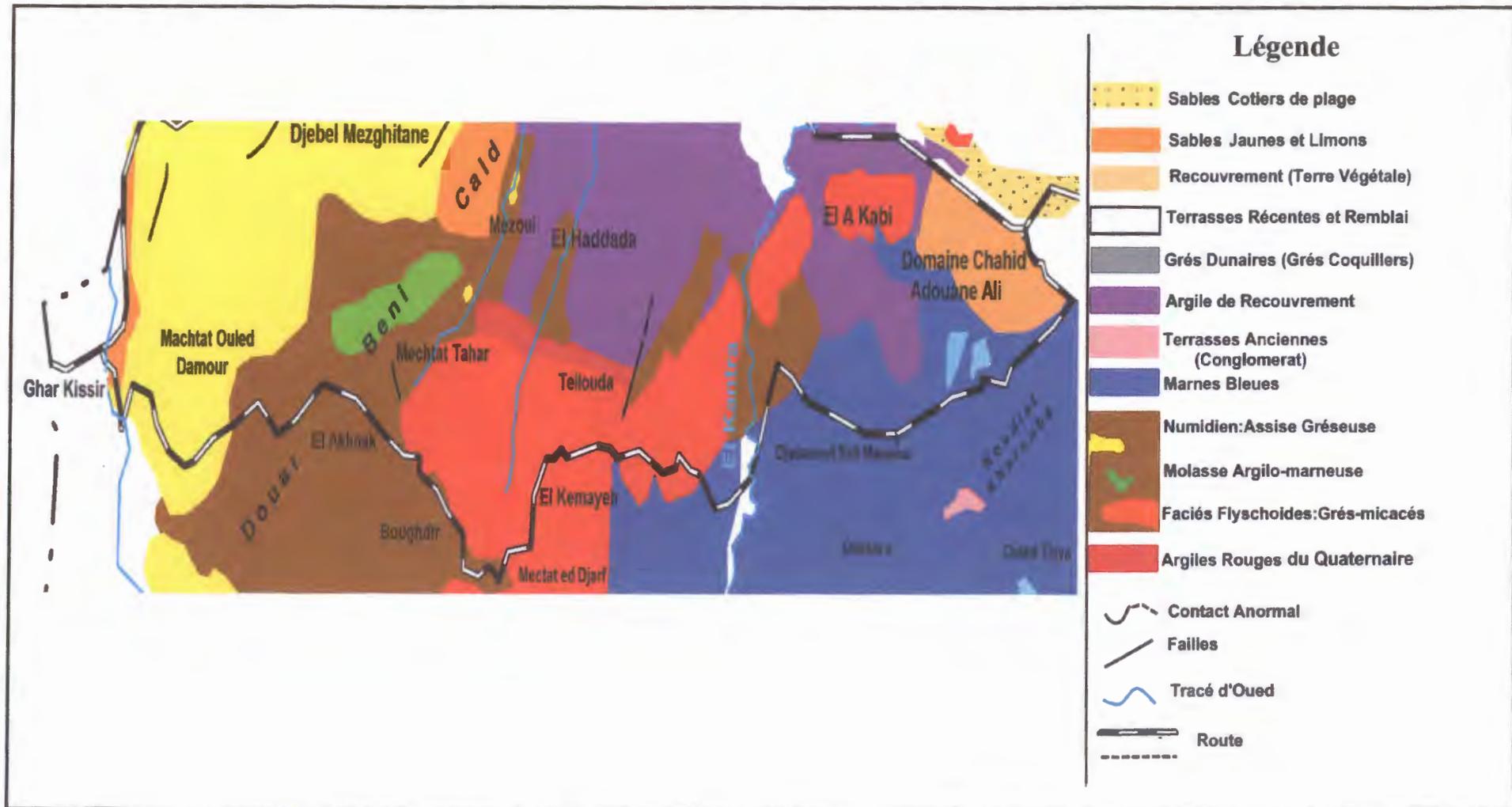


Figure 1. 4 : Carte Lithologique du tronçon routier sud de la ville de Jijel

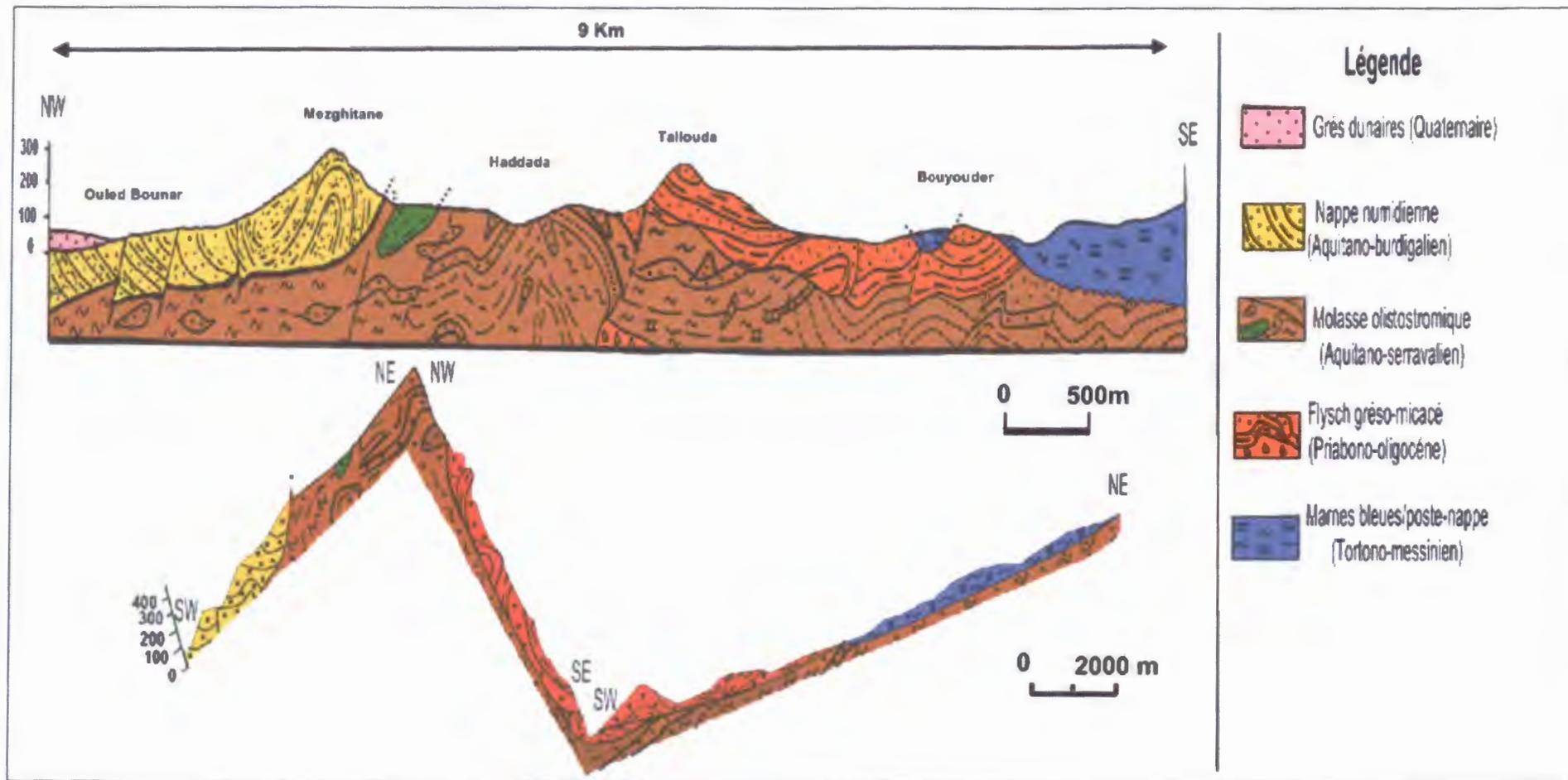


Figure 1.5 : Coupes géologiques

1.5. a : Coupe géologique NW-SE de la commune de Jijel (d'après I. Khalfa et W. Chouial, 2008), modifiée

1.5. b : Aperçu géologique en perspective du tronçon routier

III. Etude géophysique

Le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est (LTP-EST) avait réalisé en février 2000 une campagne de prospection électrique. Cinq (05) Sondages Electriques Verticaux (SEV) de type Schlumberger ont été alors réalisés sur le tronçon Est du tracé actuel de l'évitement, soit depuis Boughdir jusqu'à Harratene.

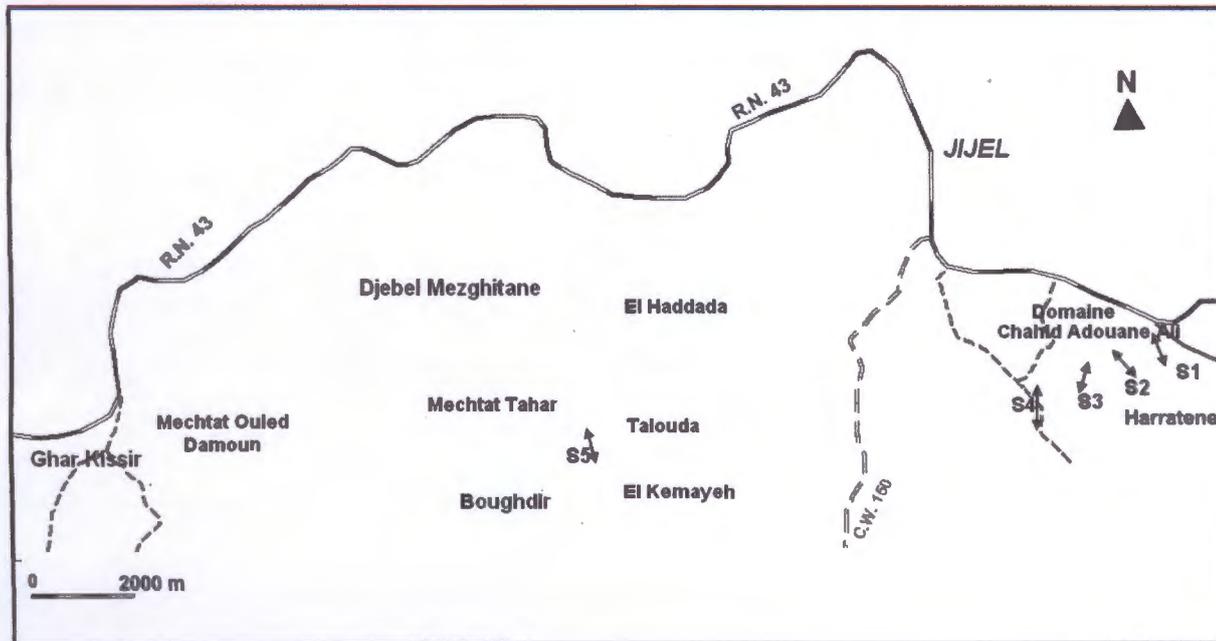


Figure 1.6 : Localisation des Sondages Electriques Verticaux (SEV)

Nous avons tenté d'établir un modèle géologique approprié pour chaque sondage électrique en tenant compte de la géologie régionale et des affleurements en place :

Sondage S1, Il s'agit d'une structure composée de trois couches, elle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- un niveau d'une résistivité de l'ordre de $11.6 \Omega.m$, constitué d'argile épais d'environ 4 m,
- un niveau intermédiaire ayant une résistivité de $7.6 \Omega.m$ constitué d'argile saturée, épais de 8 m, et enfin
- un niveau profond constitué de marnes d'une résistivité de $26.5 \Omega.m$.

Sondage S2, Quatre couches ont été mises en évidence, en l'occurrence:

- un niveau ayant une résistivité de $12.9 \Omega.m$ constitué d'argile épais de 4 m,
- des argiles saturées épaisses de 9 m et moins résistantes d'environ $8 \Omega.m$,
- des marnes résistantes de l'ordre de $29.3 \Omega.m$ et épaisses de 10 m,
- un niveau marneux saturé dont la résistivité est supérieure à $14 \Omega.m$.

Sondage S3, On peut envisager un modèle géologique à trois terrains constitué essentiellement :

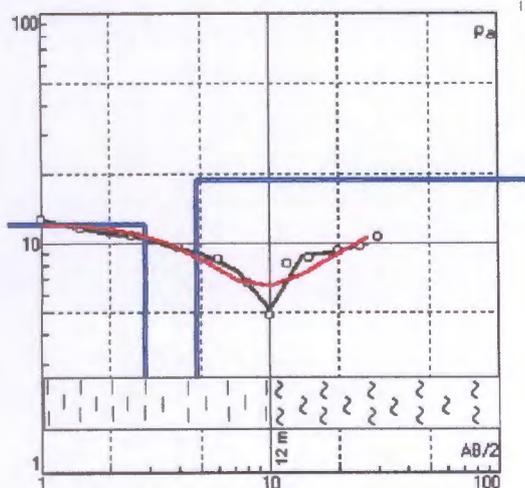
- un niveau argileux dont sa résistivité est de $15 \Omega.m$, épais de 5 m,
- des argiles saturées conductrices ($9.8 \Omega.m$), épaisses de 10 m,
- un niveau marneux résistant de $24.6 \Omega.m$.

Sondage S4, Le modèle comprend de haut en bas les niveaux suivants :

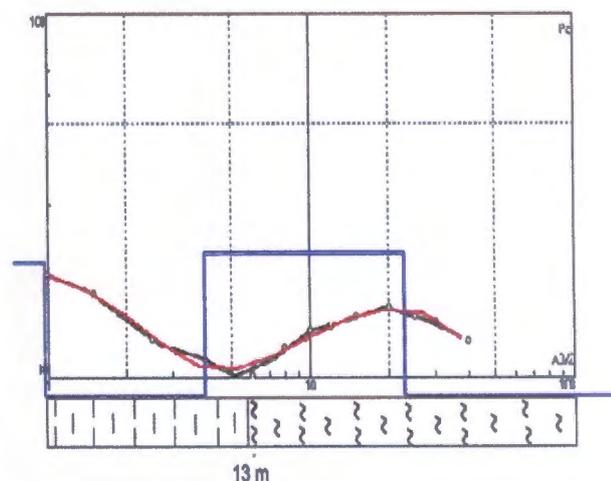
- un niveau marneux résistant de $19.9 \Omega.m$, d'une épaisseur de 8 m,
- des marnes saturées conductrices ($9.9 \Omega.m$) épaisses de 8 m,
- un niveau très conducteurs, environ $2 \Omega.m$, constitué des marnes très saturée probablement en eau salée.

Sondage S 05, il comprend de haut en bas les niveaux suivants :

- Une argile de 5 m d'épaisseur et d'une résistivité de l'ordre de $13.2 \Omega.m$,
- des argiles saturées épaisses de 7 m et ayant une résistivité équivalente à $10.6 \Omega.m$,
- un niveau de 10 m, constitué de marnes plus ou moins résistantes, environ $26.4 \Omega.m$,
- un niveau ayant une résistivité de $17.20 \Omega.m$ constitué des marnes saturées.



Sondage 01



Sondage 02

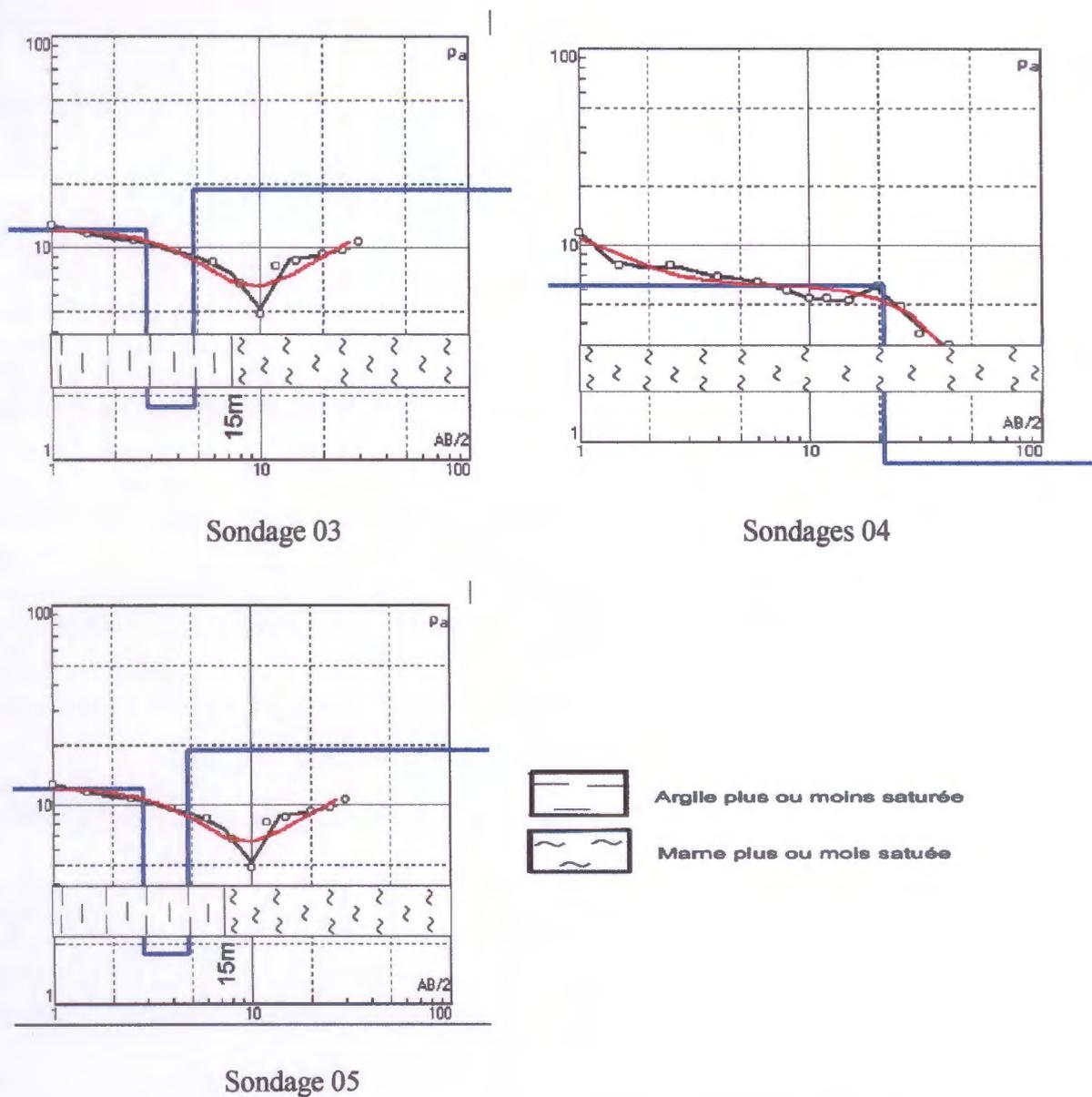


Figure 1.7 : Courbes des sondages électriques verticaux

IV. Etude climatologique, hydrologique et hydrogéologique

Le rôle primordial que joue l'eau dans les instabilités de terrain nous mène à réaliser une étude hydrologique du bassin versant auquel appartient notre site d'étude, autrement dit caractériser certains termes du cycle de l'eau responsables des glissements de terrains. Les variations dans les conditions climatiques et par conséquent hydrologiques, essentiellement la pluviométrie, est l'une des principales causes de la déstabilisation des terrains. Les auteurs montrent qu'il y a une relation directe entre les pluies de forte intensité et les différents mouvements des sols.

Cette étude consiste en la détermination des apports d'eau en déterminant le rapport entre les quantités d'eaux infiltrées dans le sol, celles perdues par évapotranspiration et celles ruisselant à la surface. Ainsi, on essayera d'établir le bilan hydrologique afin de pouvoir comprendre les mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux de surface et souterraines.

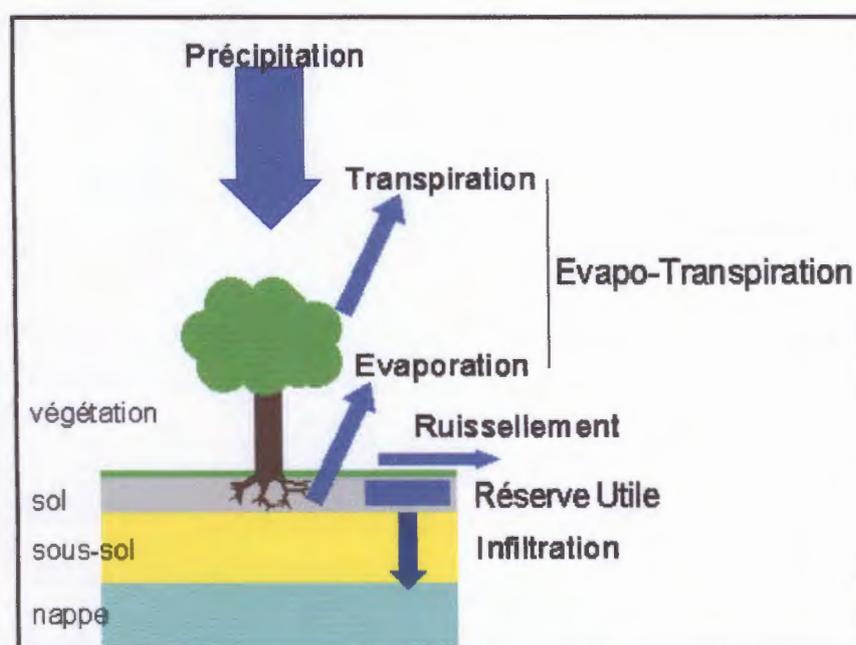


Figure 1.8 : Cycle de l'eau

IV.1 Hydrologie du bassin versant

La topographie à Jijel représente un bon indicateur des potentiels gravitationnels mis en jeu dans le processus d'écoulement de surface, car il s'agit du mode d'écoulement dominant. Les écoulements répétés des eaux de surface sont en partie responsables de la création des talwegs, fortement présents sur notre site. Hormis une partie de la ferme Adouane Ali, à la sortie Est de la ville, considérée comme zone plane, la majeure partie du secteur traversé par l'évitement routier sud est représentée par des reliefs moyens dont les lignes de crêtes ont tendances à disperser les eaux pluviales.

Considérée comme région pluvieuse et humide de l'Algérie du nord, Jijel sous bassin intra-montagneux sur le plan morphologique est drainé par un important chevelu hydrographique. Limité à l'ouest par l'Oued Kissir, et à l'Est par l'Oued Mencha, le territoire de la commune de Jijel, où sera implanté l'évitement routier, est sillonné par plusieurs cours d'eau de moindre importance qui coulent principalement du Sud vers le Nord, se déversant dans la mer. La nature lithologique des terrains sédimentaires meubles que traversent ces cours d'eau et leurs affluents confère à ces derniers un rôle primordial dans le modelage géomorphologique.

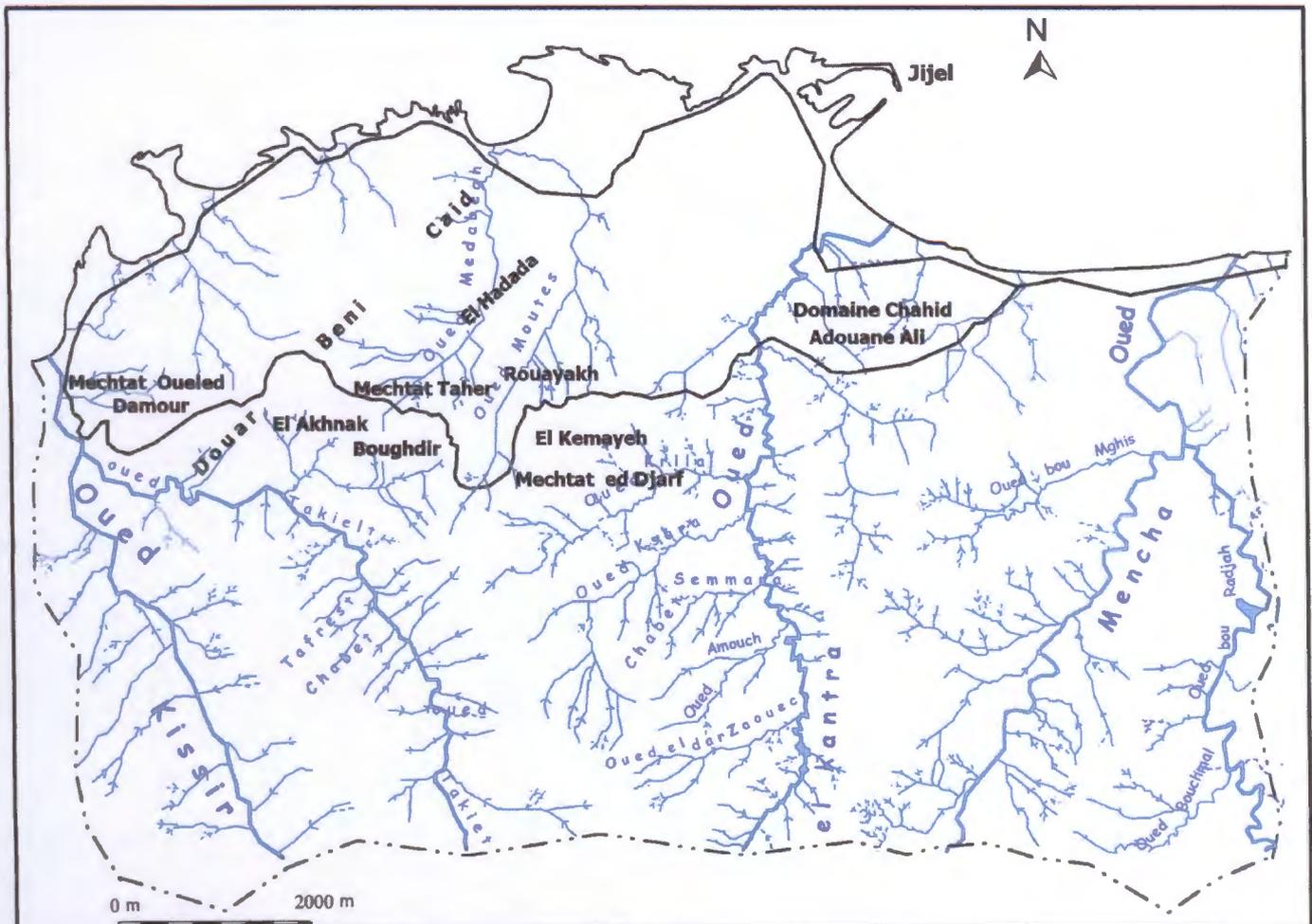


Figure 1.9 : Carte des écoulements superficiels de la région de Jijel

IV.2 Aspect climatologique

Les conditions climatiques plus que d'autres facteurs jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau d'un bassin versant. La pluviométrie demeure à cet effet l'élément le plus important. La région de Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes, d'une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/ans et un été chaud où la température peut atteindre 30°C.

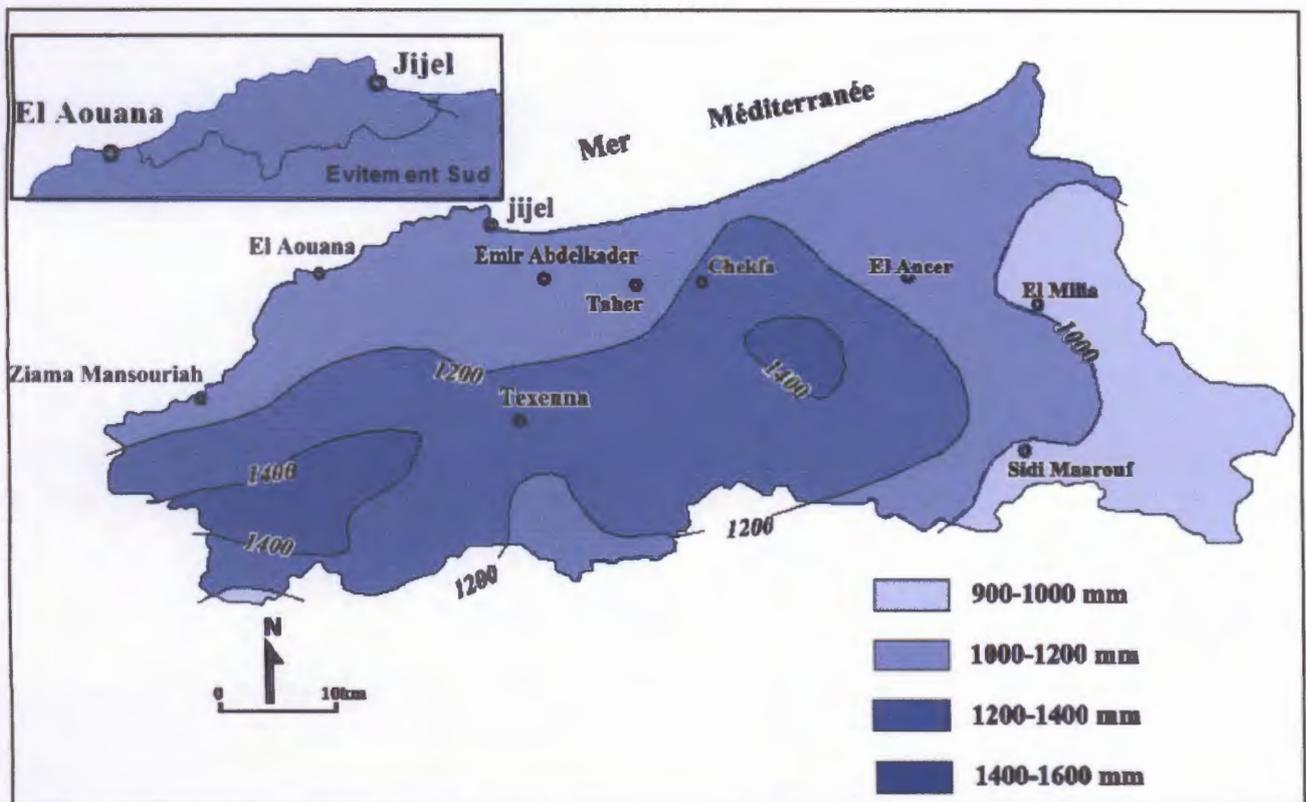


Figure 1.10 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1996)

IV.2.1 Pluviométrie et température

Elles permettent de connaître les intensités averse, les pertes d'eau sous l'effet de l'évapotranspiration et d'accomplir certaines estimations sur le ruissellement et l'infiltration. L'étude des précipitations moyennes mensuelles ainsi que les températures a été effectuée à partir des données de la série qui s'étend de 1991-2009, observées à la station de Jijel Aéroport se trouvant à 8 m d'altitude et dont la pluie moyenne annuelle avoisine 967mm.

Tableau 1.1 : Précipitation moyennes mensuelles et saisonnières, Série:1991-2009

Station Jijel	Mois												total (mm)
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	
Aéroport	16,52	75,5	154,2	196,42	136,2	106,94	84,9	80	84,77	14,7	4,15	13	967.42
	25,45%			59,51%			25,81%			3,30%			
	Automne			hiver			Printemps			Eté			

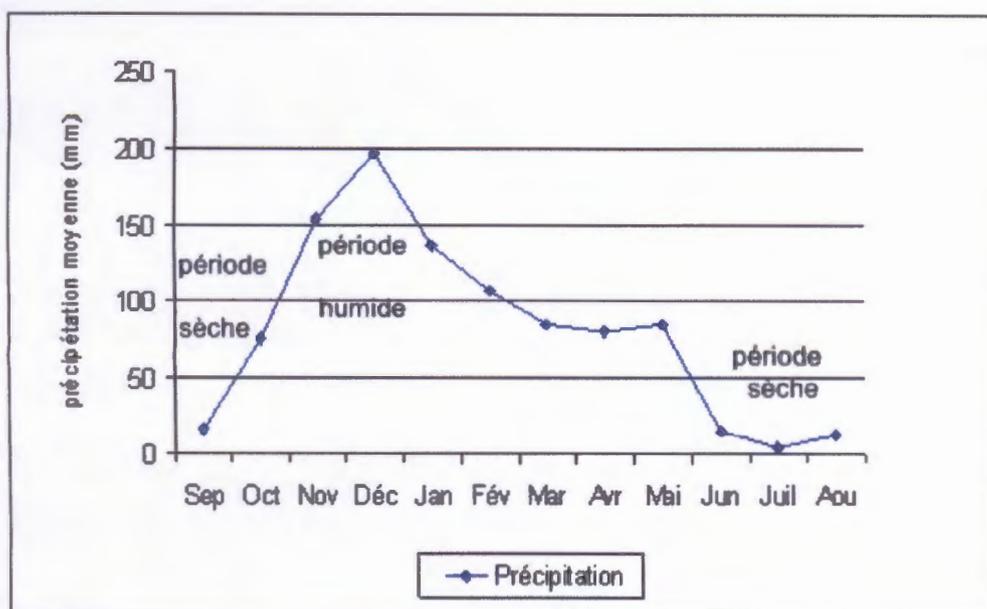


Figure 1.11 : Distribution des précipitations moyennes mensuelles, durant la période 1991-2009, station Jijel Aéroport

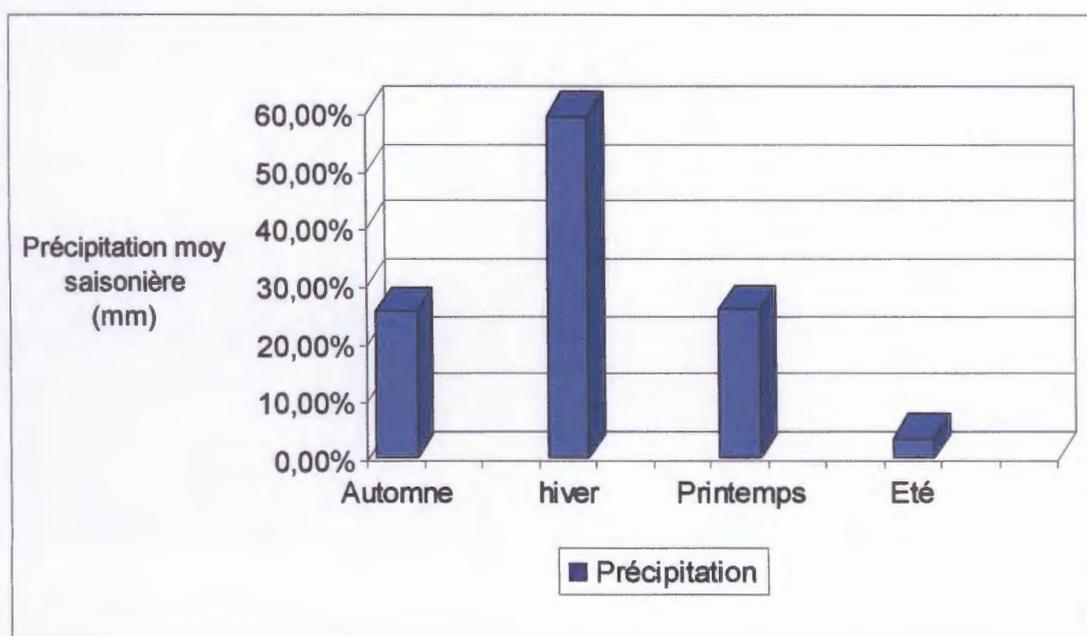


Figure 1.12 : Histogramme de précipitations moyennes saisonnières durant la période 1991-2009, station Jijel Aéroport.

La température constitue avec les précipitations l'élément majeur qui régit le climat d'une région. Elle a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d'écoulement et l'évapotranspiration. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la température moyenne enregistrées à la station de Jijel Aéroport de 1991 au 2009 :

Tableau 1.2 : Températures moyennes mensuelles et saisonnières de la station Jijel Aéroport, 1991-2009

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Moy
Moyenne Mensuelle (C°)	23.55	20.2	15.58	12.75	11.5	18.01	13.8	15.15	18.6	22.4	24.96	26.09	18.01
Moyenne Saisonnière (C°)	19.78			11.92			15.85			24.47			
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

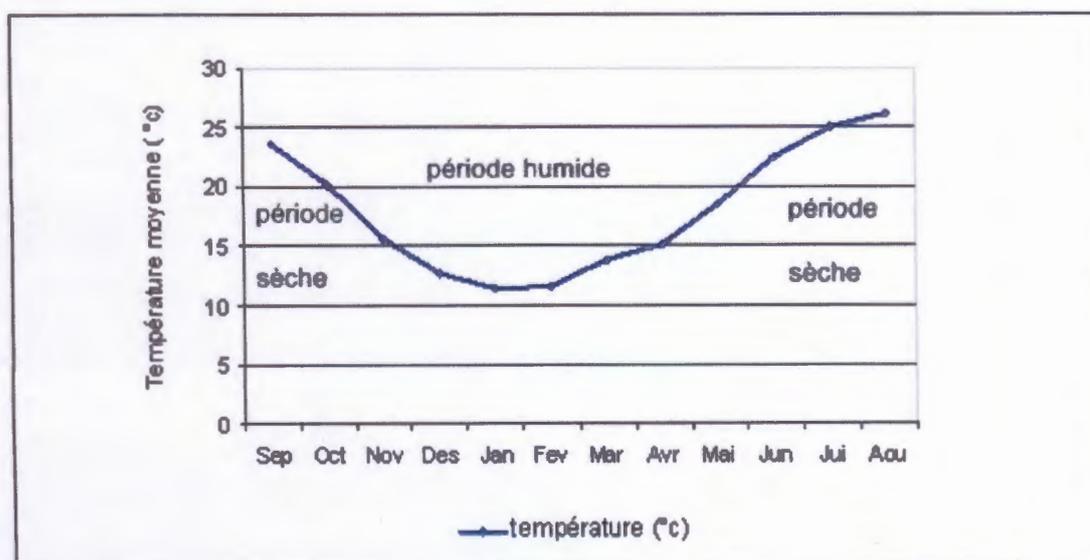


Figure 1.13 : Température moyenne mensuelle de la station Jijel Aéroport, 1991-2009

Les deux diagrammes ci-dessus montrent que la saison la plus humide et froide est l'hiver, avec une valeur de 59.51% des précipitations et une température moyenne saisonnière de 11°C environ. Cependant, l'été est la saison la plus sèche avec 3.30% seulement des précipitations et une température moyenne dépassant 24°C.

IV.2.2 Relation température – précipitation

a. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique résulte de la combinaison des deux paramètres climatiques principaux, en l'occurrence les précipitations et la température. 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 Gaussen et Bagouler au mois où les précipitations moyennes sont inférieures ou égales au double de la température moyenne ($P \leq 2T$).

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire. Par contre, si la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations, la période sera déficitaire. Le diagramme ombrothermique permet de donner une idée générale sur la période sèche et la période humide. D'après le graphique établi, il ressort que la période d'étiage débute au mois de juin et s'étale jusqu'au mois de septembre.

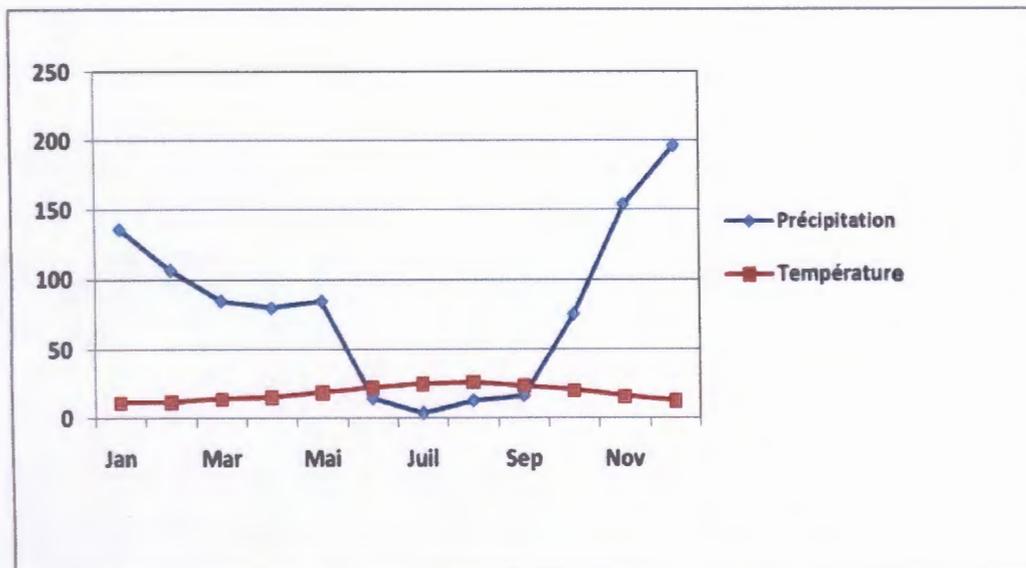


Figure 1.14 : Diagramme ombrothermique

IV.2.3 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:

$$I = \frac{P}{T_{moy} + 10} \dots\dots\dots [1]$$

Avec :

- I* : indice d'aridité de E. Martonne ;
- P* : précipitations moyennes annuelles (mm) ;
- T_{moy}* : Température moyenne annuelle (C°).

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

- I* < 10 : la région devient très sec (très aride).
- I* < 20 : la région est sec (aride).
- I* < 30 : la région est humide.
- I* > 30 : la région devient très humide.

D'après la valeur de l'indice d'aridité calculé pour notre bassin versant, qui est de l'ordre de 34.54, on peut le classer dans la catégorie de région très humide. La région d'étude est caractérisée par une couverture végétale importante, cette dernière est favorisée par l'importance des précipitations.

Par transpiration de la végétation, l'eau s'évapore vers l'atmosphère, ces quantité d'eau évaporée donne naissance à un climat très humide. Ce qui justifie une valeur élevée de l'indice d'aridité.

IV .2.4 Le bilan hydrologique

a. Approche du bilan hydrique

L'établissement du bilan hydrique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les différentes composantes suivantes : Evapotranspiration réelle (*ETR*), Ruissellement (*R*) et l'Infiltration dans le sous sol (*I*). L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en mm ;

R : ruissellement en mm ;

I : infiltration moyenne en mm ;

ETR : évapotranspiration réelle en mm.

b. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (*ETP*)

Selon Thornthwaite l'évaporation correspond à l'évapotranspiration à partir d'une surface d'un gazon court passant activement recouvrant totalement le sol de hauteur uniforme et pourvu d'eau. La formule utilisée pour le calcul d'*ETP* est la formule de Thornthwaite.

$$ETP = 16(10t/I)^a$$

ET

$$ETP_{\text{corrigée}} = 16(10t/I)^a \cdot k$$

Ou : *t* : température moyenne mensuelle en c°.

K : facteur de correction mensuelle.

I : indice thermique annuel égale à la somme des indices mensuels des 12 mois de l'année.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{avec: } i = (t/5)$$

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

$$ETP_{\text{corrig}} = ETP \cdot K$$

avec *ETP corrig* : évaporation potentielle mensuelle corrigée.

D'après les données de la station de Jijel Aéroport : *a* = 1.86 et *I* = 85.13.

d. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

La lame d'eau ruisselée est estimée à partir de la formule Tixeront-Berkaloff, son expression est comme suit:

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

Avec :

R : ruissellement superficiel en mm ;

P : précipitation moyenne annuelle en mm;

ETP : l'évapotranspiration potentielle d'après Thornthwaite en mm.

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, un indice est souvent calculé : le coefficient de ruissellement C_r , qui est défini comme suit :

$$C_r = R / P$$

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

Par contre, 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, c'est-à-dire :

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

Le tableau ci-dessous résume les résultats des différents termes de l'équation du bilan hydrologique, au niveau de notre station pluviométrique retenue pour cette étude.

Tableau 1.5 : Valeurs des termes du bilan hydrologique

Station	Période	P (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	R (mm)	Cr (mm)	I (mm)
Jijel Aéroport	1991- 2009	967,42	894,2	417,75	377,38	0,39	172,29

La quantité des précipitations, jugée importante, contribue au déclenchement des mouvements de terrain et par la suite l'accélération de leur évolution dynamique dans le temps et dans l'espace. En outre, ces pluies contribuent à l'alimentation des nappes aquifères quand les conditions d'alimentation le permettent. Le facteur lithologique régule la répartition des différents flux d'eau d'un bilan, en effet, la région d'étude est caractérisée par la présence de marnes et d'argiles qui sont réputées comme étant des formations peu perméables à imperméables, et par des bancs de grès qui possèdent des valeurs de perméabilité trop basses sauf lorsqu'ils sont fracturés. De ce fait, la lame d'eau infiltrée ne représente que 17.80% de l'ensemble des précipitations, cette quantité n'est pas aussi importante comparativement à celle calculée dans d'autres régions, mais elle joue, tout de même un rôle primordial dans les instabilités de terrain constatés tout au long du tracé de l'évitement. Elle intervient essentiellement par gonflement des sols fins imperméables (marnes et argiles). Le ruissellement y est par conséquent considérable, de l'ordre de 377 mm, il

favorisera l'érosion des reliefs. Dans le cas de fortes crues que l'on enregistre à la fin de l'été et au début de l'automne, le phénomène de sape attaque les pieds des versants, ce qui influera sur leur stabilité.

IV.3 Synthèse hydrogéologique

L'évitement sud de la ville de Jijel est limité d'Ouest en Est par deux frontières naturelles à charges constantes, en l'occurrence, l'Oued Kessir à l'Ouest et l'Oued Mencha à l'Est.

IV.3.1 Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Kessir

Le bassin versant de l'Oued Kessir est caractérisé par un chevelu hydrographique très évolué et est drainé par l'Oued Kessir et ses divers petits affluents. Du point de vue lithologique, il est formé de grès et d'argiles, ce sont des formations de types flysch, molasse à blocs de flysch et des phanites. Le niveau piézométrique de la nappe contenu dans les alluvions présente des variations importantes entre la période humide et la période sèche avec des niveaux allant de 0.5 à 1 m de profondeur. D'après la carte ci-dessous représentant les tendances piézométriques de la nappe, extraite de la campagne piézométrique réalisée en mai 2003 (Etude géologique et géotechnique du barrage de Kissir ;2007) on peut déduire que :

- Les directions principales d'écoulement des eaux sont généralement Sud-ouest/Nord-est sur la rive gauche de la vallée, Sud-est/Nord-ouest sur les deux rives de la vallée et enfin Sud-nord : cet écoulement est marqué dans la partie Nord de l'aquifère.

- Son axe de drainage : Le premier écoulement vient déverser vers l'axe de la vallée, tandis que les autres écoulements viennent converger vers la mer. Toutes ces eaux se rejoignent et se déversent dans la mer.

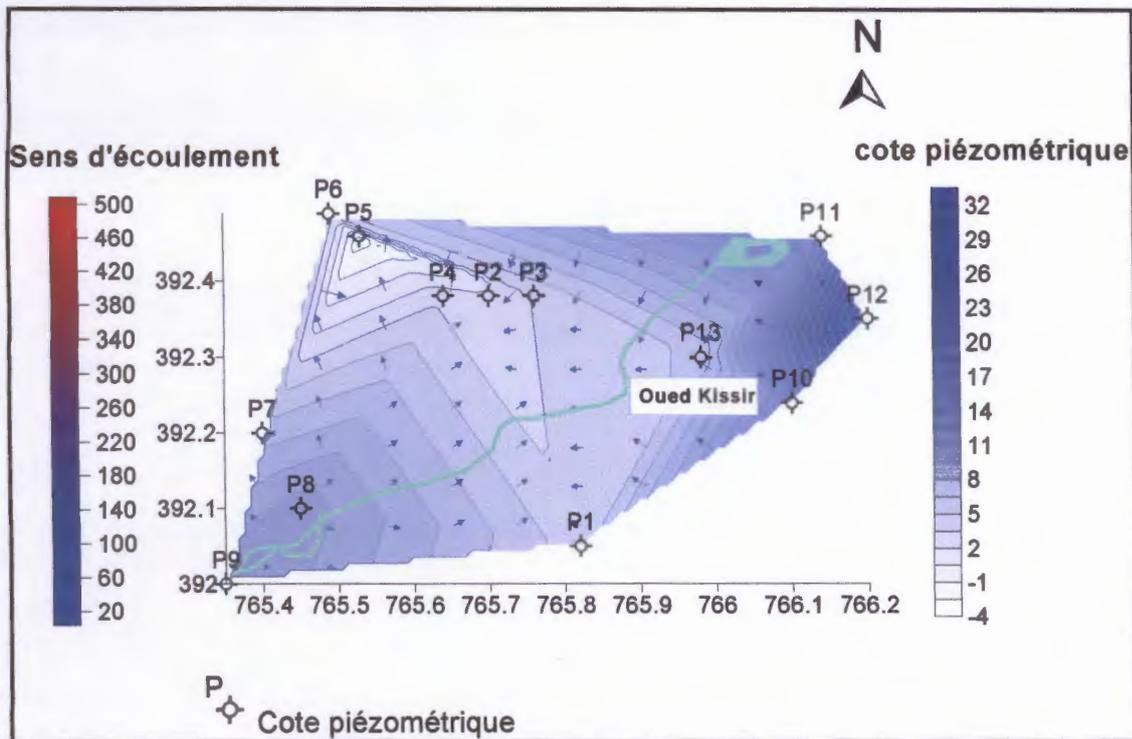


Figure 1.16 : Carte piézométrique de Kissir (mai 2003)

IV.3.2 Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Mencha

Le bassin versant de l'Oued Mencha fait partie de l'ensemble du bassin côtier de Jijel, il est allongé du Nord vers le Sud. Sa plaine correspond parfaitement au schéma d'une pénélaine, il s'agit d'un ensemble de talwegs peu marqués en présence de reliefs résiduels (buttes témoins, collines) le long des lignes de partage des eaux. Son aquifère est d'âge Mio-plio-quaternaire, constitué par des formations quaternaires, pontiennes et burdigaliennes semi-perméables et reposant sur un substratum formé essentiellement par des marnes argileuses grises du Miocène. D'après la carte ci-dessous représentant les tendances piézométriques de la nappe, extraite de la campagne piézométrique réalisée en juin 2002 (Etude hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Mencha (wilaya de Jijel) ;2003) on peut déduire que :

Son écoulement se fait du Nord vers le sud en suivant la direction de l'Oued.

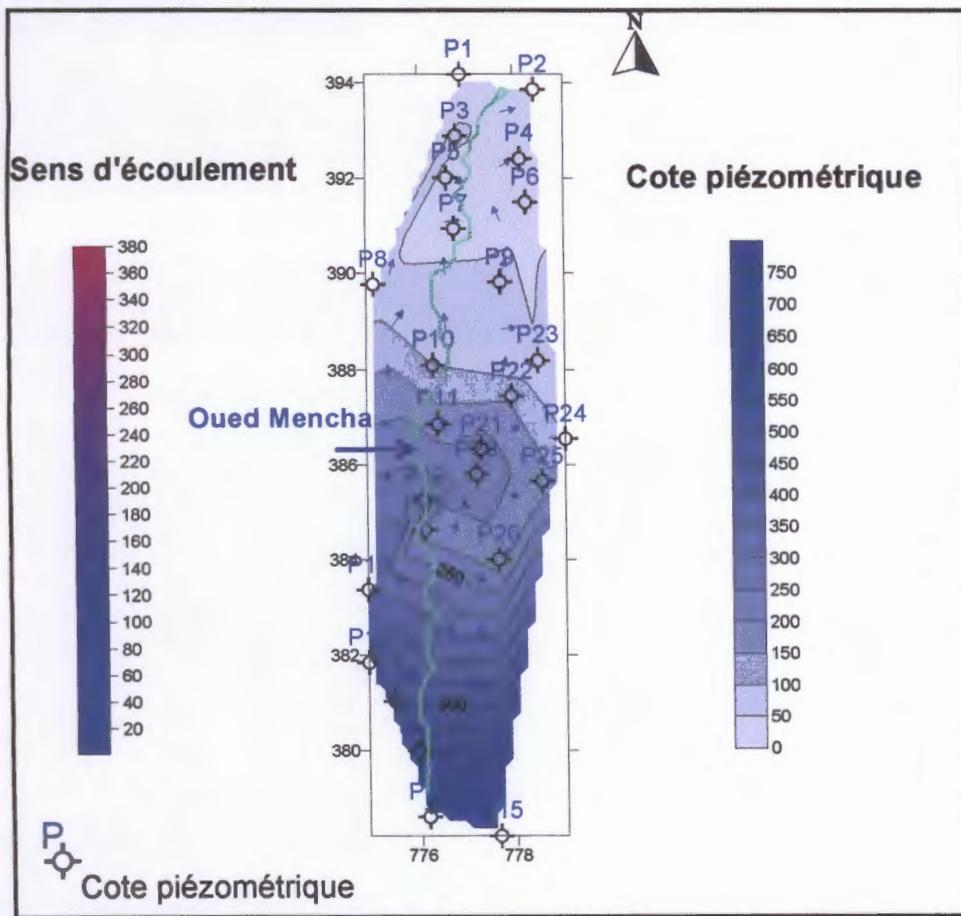


Figure 1.17 : Carte piézométrique de Mancha (juin 2002)

Seconde partie

Etude géotechnique

Introduction

La géotechnique est l'étude de l'adaptation des ouvrages humains aux sols et roches formant le terrain naturel.

Elle traite de l'interaction sol / structures, et fait appel à des bases de géologie, de mécanique des sols, de mécanique des roches, et de structure.

Les études géotechniques ont pour principal objet les études de sol pour la construction d'ouvrages (pavillons, immeubles, voiries, ouvrages d'art...).

I. Exploitation des travaux de reconnaissance

La société d'étude technique de Sétif a chargé le laboratoire des travaux publics de l'Est Antenne de Jijel (LPTE) de l'étude géotechnique de l'évitement Sud de la ville de Jijel.

I.1 Les essais in situ

Plusieurs types d'essais et mesures in situ peuvent être réalisées à différentes étapes de l'étude d'un ouvrage.

Dans le cas de notre étude, 17 puits ont été creusés, réalisés par LTPE (en 2000).

Les profondeurs d'investigation de ces puits ne dépassent pas 5m.

Les résultats des puits creusés et la carte d'implantation des puits de reconnaissances sont représentés ci-dessous :

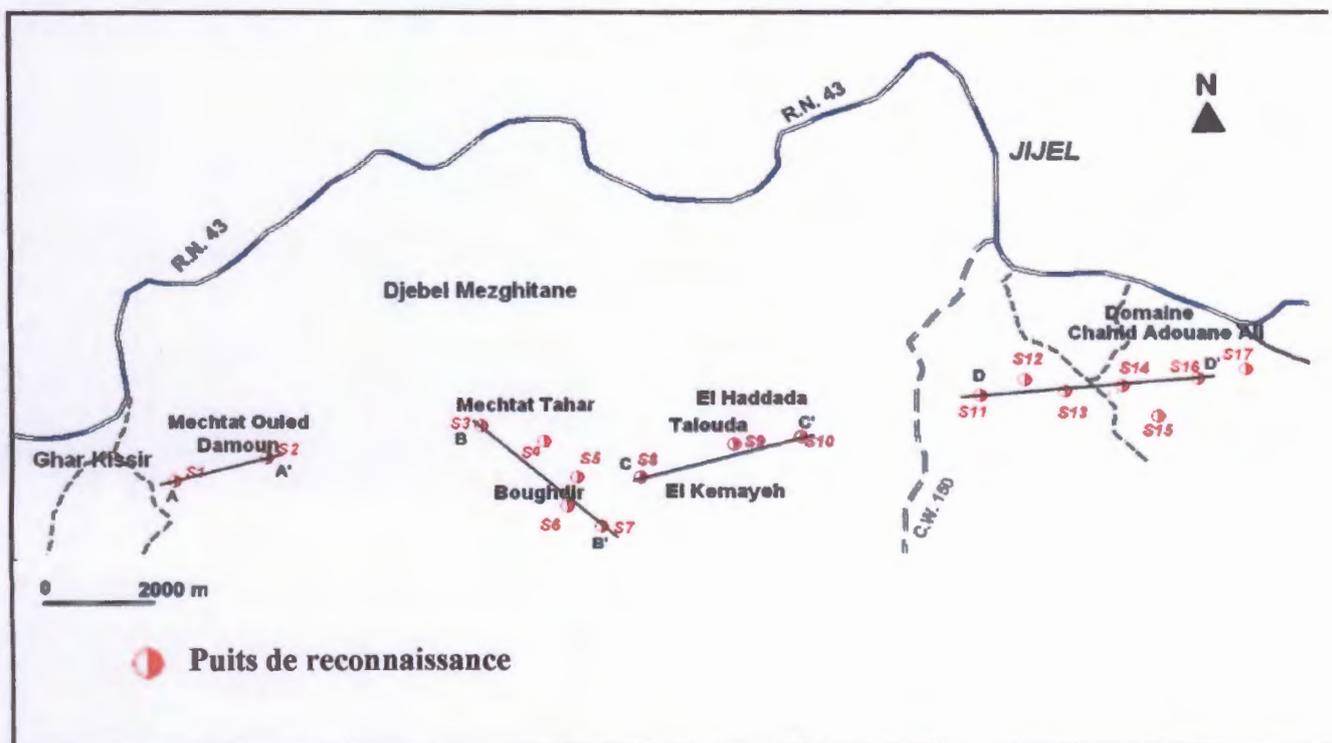


Figure 2.1 : Carte d'implantation des puits de reconnaissance et des profils géotechniques

Tableau 2.1 : Valeurs des puits de reconnaissance

N° de puits	Profondeur (m)	Nature
1	0,00/0,30	terre végétale
	0,30/2,00	Flysch préabono-oligocène
	2,00/5,00	schiste argileux+blocs isolés de grès
2	0,00/0,30	terre végétale
	0,3/4,00	Argile schisteuse+blocs molassiques
3	0,00/0,30	terre végétale
	0,3/4,00	Flysch préabono-oligocène
4	0,00/0,30	terre végétale
	0,30/4,00	Flysch préabono-oligocène
5	0,00/0,30	terre végétale
	0,30/4,00	Flysch préabono-oligocène
6	0,00/0,30	terre végétale
	0,30/2,5	Flysch préabono-oligocène
7	0,00/0,30	terre végétale
	0,30/3,5	argile bariolée
8	0,00/0,30	Flysch préabono-oligocène
	0,00/0,20	terre végétale
9	0,20/3,00	Flysch préabono-oligocène
	0,00/0,20	terre végétale
10	0,20/3,00	Flysch préabono-oligocène
	0,00/0,30	terre végétale
11	0,30/4,00	marne argileuse
	0,00/0,50	terre végétale
12	0,5/1,60	Argile
	1,6/3,5	Marne
	0,00/0,30	terre végétale
13	0,30/4,00	argile marneuse
	0,00/0,30	terre végétale
14	0,30/3,50	argile marneuse
	0,00/0,30	terre végétale
15	0,30/1,50	argile avec concrétions calcaires
	1,50/4,00	argile marneuse
	0,00/0,30	terre végétale
16	0,30/3,50	marne argileuse
	0,00/0,30	terre végétale
17	0,30/4,00	Marne
	0,00/0,30	terre végétale

Les figures suivantes représentent les différentes coupes géotechniques réalisées au niveau du site d'étude :

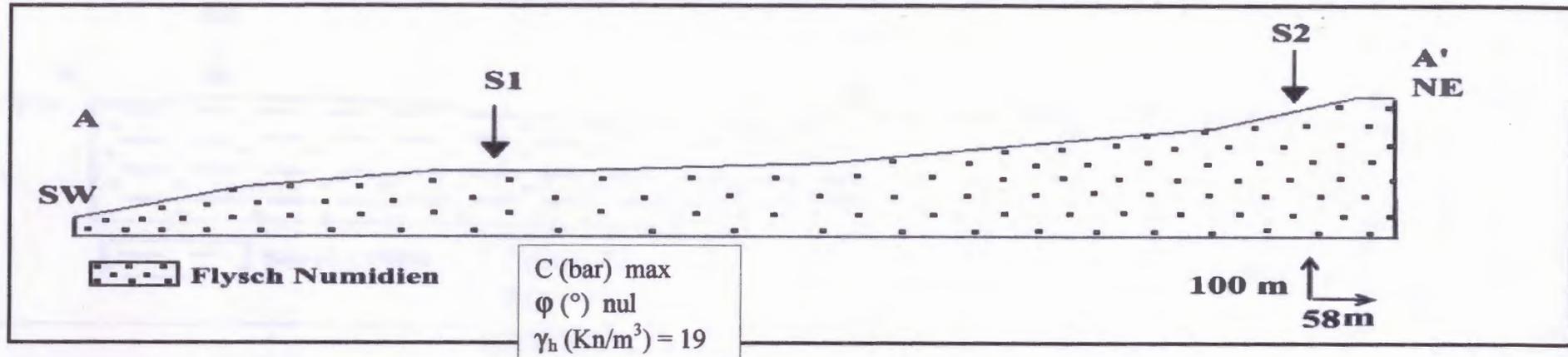


Figure 2.2 : Coupe géotechnique (A A')

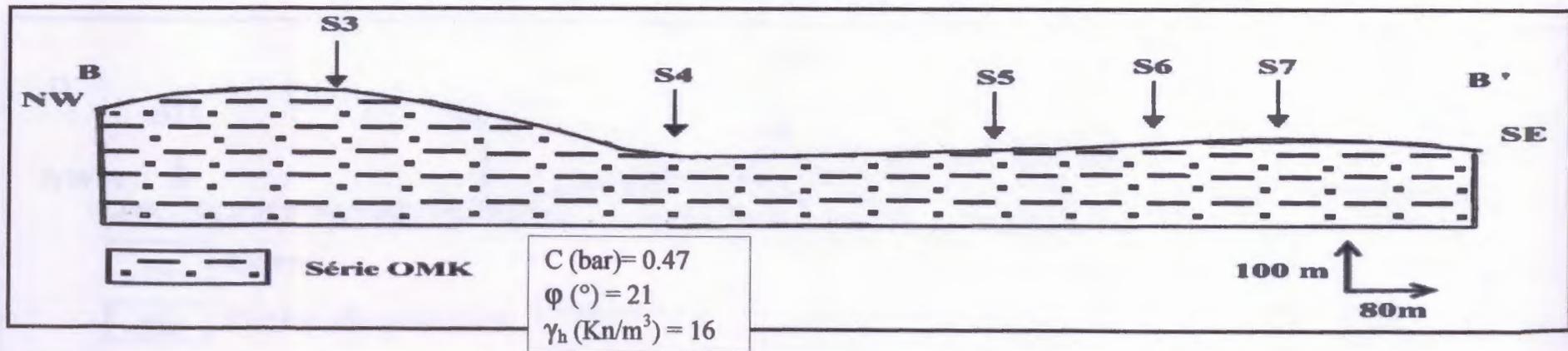


Figure 2.3 : Coupe géotechnique (B B')

L.2 Essai de laboratoire et d'identification

-Teneur en eau

La connaissance de la teneur en eau d'un sol est importante, car elle permet avec d'autres caractéristiques d'apprécier l'état de consistance dans lequel se trouve ce sol. Le tableau ci-dessous montre la classification du sol à partir de la teneur en eau.

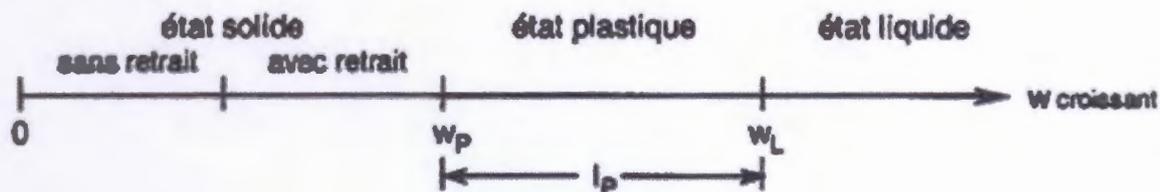
Tableau 2.2 : Classification des sols suivant la teneur en eau naturelle

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

Les valeurs obtenues de la teneur en eau sont comprises entre 6.3 et 22.9, ce qui donne des formations légèrement humides.

- Les limites d'Atterberg

En fonction de la teneur en eau, un sol remanié se présente suivant des consistances variables pour lesquels on peut distinguer quatre (4) états : liquide, plastique, solide avec retrait et solide sans retrait.

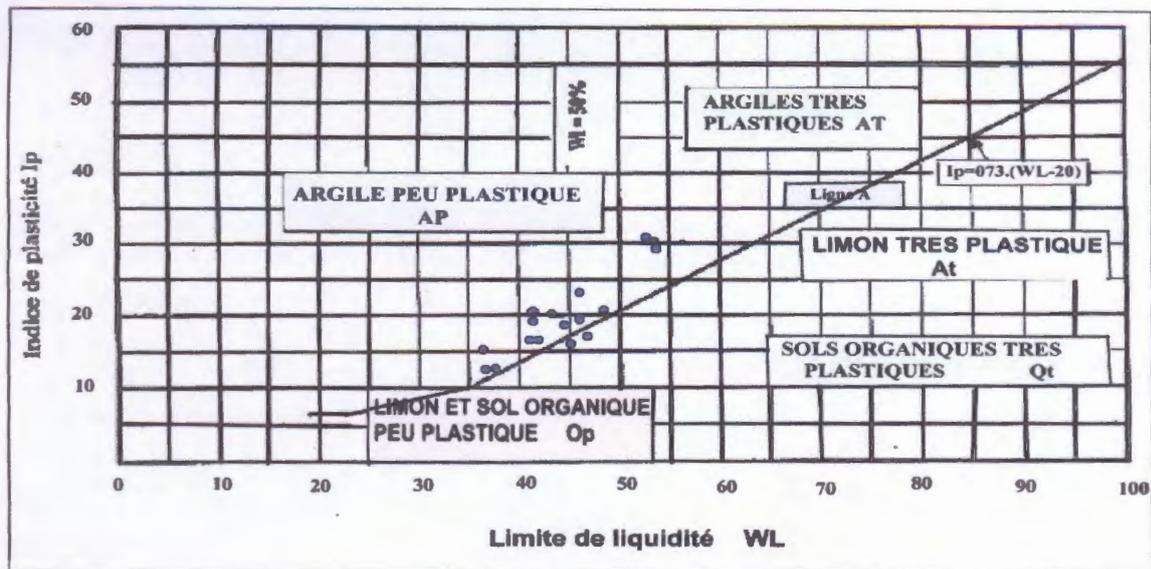


Le tableau ci-dessous indique les degrés de plasticité d'un sol.

Tableau 2.3 : Classification des sols suivant l'indice de plasticité

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

D'après les résultats obtenus par le LTPE, représentées sur le diagramme de plasticité ci-dessous, le sol est une argile peu plastique.



- Valeurs du couple (WL, Ip)

Figure 2.6 : Résultats des mesures obtenues des essais de limites d'Atterberg

- Estimation du gonflement du sol

On peut évaluer le gonflement possible des sols à partir des valeurs de l'indice de plasticité Ip .

Gonflement potentiel	Ip (%)
Faible	0 – 15
Moyen	15 – 25
Elevé	25 – 55
Très élevé	> 55

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

Tableau 2.4 : Estimation du gonflement potentiel du sol étudié

Puits	Profondeur (m)	Ip (%)	Gonflement potentiel
1	2,00-2,50	17,4	moyen
2	2,00-2,50	13,1	élevé
3	2,00-2,50	13,2	faible
4	2,50-2,75	19,8	moyen
5	2,00-2,50	17,4	moyen
6	2,00-2,50	15,1	moyen
7	2,00-2,50	31,7	élevé
8	2,25-2,75	17,9	moyen
9	2,25-2,75	18,3	moyen
10	2,00-2,50	19,2	moyen
11	2,00-2,50	21,9	moyen
12	2,00-2,50	16,4	moyen
13	2,00-2,50	28,9	élevé
14	2,00-2,50	22,7	moyen
15	2,00-2,50	31	élevé
16	2,00-2,50	20,8	moyen
17	2,00-2,50	20,5	moyen

D'après les résultats résumés dans le tableau ci-dessus, le sol en place est caractérisé par un gonflement moyen à élevé.

II. Etude de stabilité

II.1 Introduction

Les problèmes de stabilité de pentes se rencontrent fréquemment dans la construction des routes, des canaux, des digues et des barrages. En outre certaines pentes naturelles sont ou peuvent devenir instables. Une rupture d'un talus peut être catastrophique et provoque des pertes en vies humaines ainsi que des dégâts naturels considérables (G.Sanglerat, J. Costet).

La répartition spatiale des mouvements de terrain est fonction des conditions topographiques, géologiques : nature et fracturation des formations affleurantes et hydrologiques.

Dans le cas de notre étude, l'évitement routier sud de la ville de Jijel, allant de Kissir jusqu'à la sortie est de la ville est fortement affecté par les mouvements de terrain au niveau de plusieurs endroits. Parmi les zones instables de ce tronçon routier on peut citer :

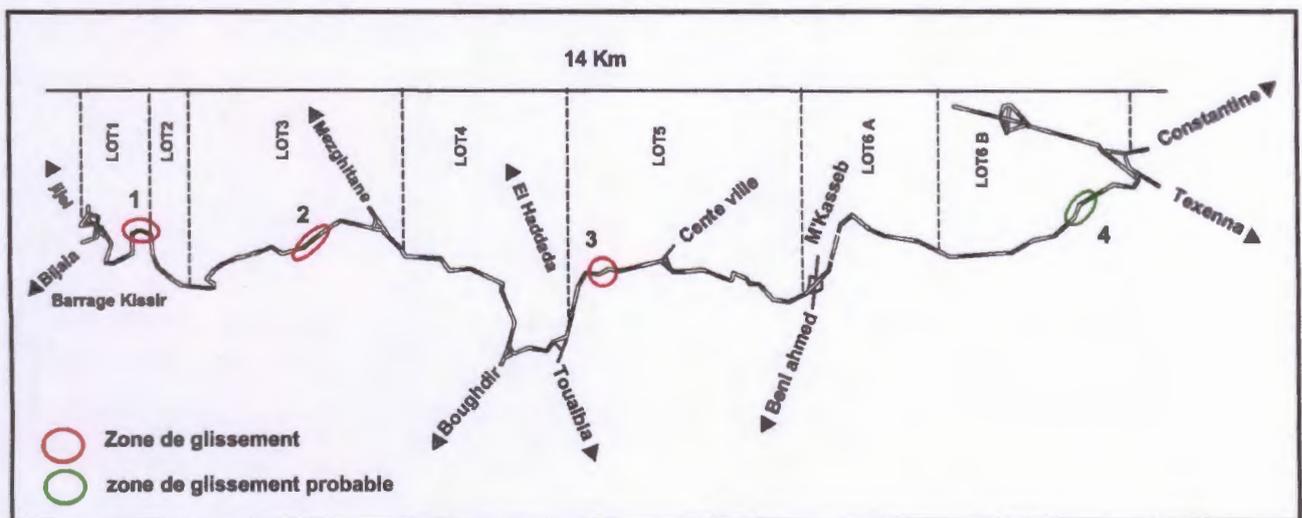


Figure 2.7 : Identification des zones instables le long du tracé routier

II.2 Description du type de mouvement rencontré sur le tracé routier (Glissement de terrain)

Les glissements affectent les sols ; ces mouvements ont lieu le long d'une surface de sol définie dans des terrains meubles (plus particulièrement argileux), autrement dit dans des sols par opposition aux roches. Les vitesses de rupture sont variables; dans certains cas, la rupture est précédée par de signes annonciateurs, dans d'autres cas, elle est brutale (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

La forme de la surface de rupture permet de définir deux grandes catégories de glissements :

a. Glissement plan

En général, la ligne de rupture est une couche mince de mauvaise qualité sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau. Une telle couche est appelée "couche savon".

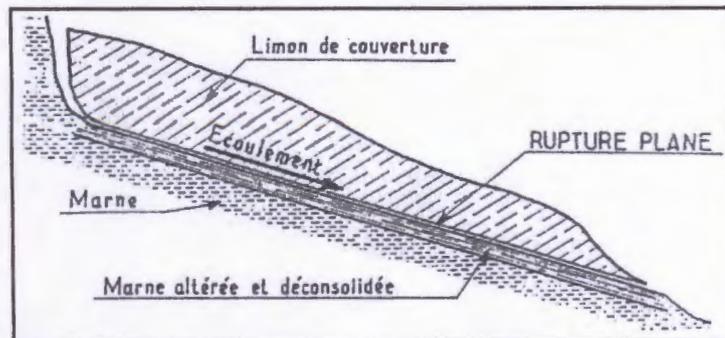


Figure 2.8: Schéma d'un glissement plan
(G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

b. Glissement rotationnel simple

C'est le type de glissement le plus fréquent. La surface de rupture présente une forme simple et peut être assimilée à une portion de cylindre (Figure 2.9) dans la plus part des cas. L'analyse du risque de rupture par le calcul est alors abordable par des méthodes classiques (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

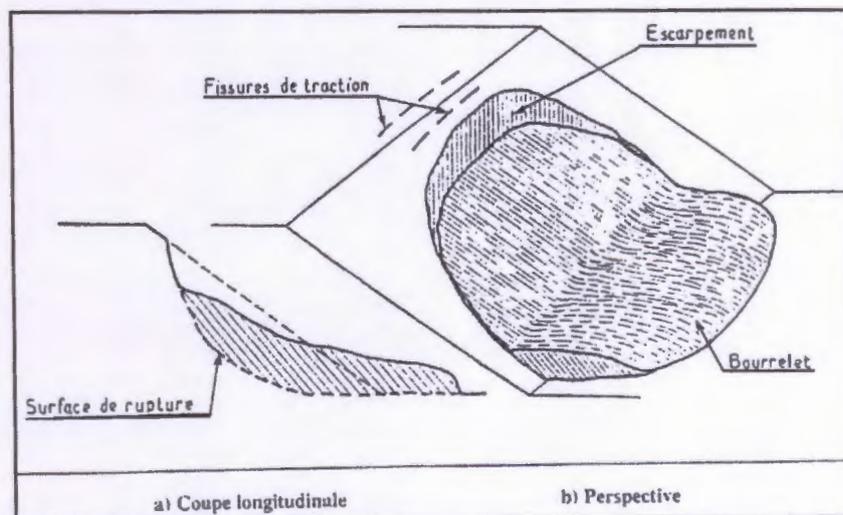


Figure 2.9 : Schéma d'un glissement rotationnel
(G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

c. Glissement rotationnel complexe (ou glissement quelconque)

Un glissement rotationnel complexe est un glissement multiple «emboîtés» les uns dans les autres. L'apparition du premier glissement, en bas de la pente, provoque une perte brutale de butée pour les terres situées au dessus, et aussi des glissements successifs remontant vers l'amont ; (Figure 2.10), (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

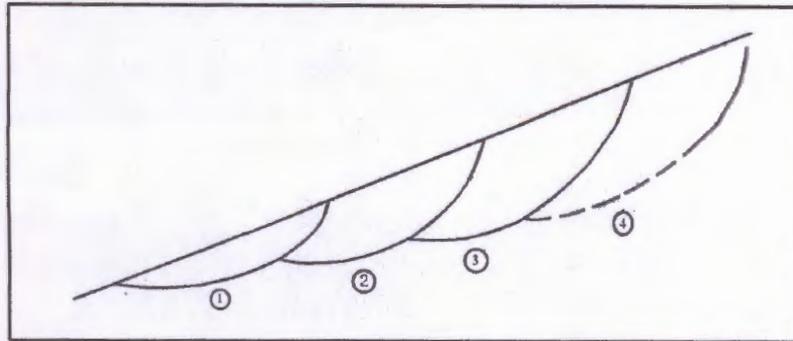


Figure 2.10 : Glissements successifs emboîtés
(G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).

II.2 Première zone instable : limite entre lot1 et lot2 (PK 1+141.06) du (739.7 ; 4074.9) au (739.77 ; 4074.79)

Le projet routier traverse un versant légèrement concave. Lors des travaux du terrassement, deux zones de glissements ont été rencontrées :

- Une zone importante du talus amont d'une longueur d'environ 120 m et de largeur d'environ 40 m, marquée par un bourrelet au pied du talus et des décrochements régressifs vers l'amont du talus.
- Une zone relativement moins importante touchant le talus aval de longueur d'environ 30 m et de largeur de 15 m. L'instabilité est marquée par les décrochements au niveau de la crête du talus aval et de l'écoulement du sol au pied du talus plastifié par la stagnation des eaux d'infiltration et de suintement.

a. Facteurs favorisant le glissement

- La complexité et la sensibilité de la formation géologique du site en question: la géologie du site de glissement indique la présence d'une couche de grés altérés dans une matrice de limons sableux et des résidus d'altération, d'une couche d'argile brune surmontant une couche marneuse grise.

- La présence d'une couche de grés et des résidus d'altération fortement perméables au-dessus d'une couche marneuse de très faible perméabilité dans une région de forte pluviométrie favorise l'écoulement souterrain qui se manifeste par la résurgence de nombreuses sources d'eau et des surfaces de suintement sur les pentes des talus de terrassement.

- Facteurs anthropique : suite à des travaux de terrassements (Chargement des talus et des crêtes par les matériaux issus des déblais, modification dangereuse du réseau hydrographique et des écoulements souterrains, Insuffisance de la gestion des eaux de ruissellement et d'infiltration).

b. Solutions proposées

La solution proposée est basée principalement sur :

- Le bon drainage des eaux et l'allègement des talus.
- l'élimination du dépôt des matériaux issus des déblais sur les crêtes et talus du terrassement.
- Reprise des pentes de talus (dresser les talus avec une pente 1V /2H, angle de pente du talus en sable doit être inférieur à l'angle de frottement interne du sable).
- Déviation des cours d'eau par un canal imperméable en béton armé.
- Interception des eaux d'infiltration(les fossés de crêtes).
- le drainage des pentes instables à l'amont de la chaussée.
- Le reboisement des talus et pentes.
- Le gabionnage



Photo 2.1 : Sens de déplacement



Photo 2.2 : Gabionnage aval avec exutoire

II.3 Deuxième zone instable : lot 3, du PK 4+060 au PK 4+120 du (741.65 ; 4075.34) au (742.02 ; 4075.55)

a. Géologie du site

Le sol du site est très meuble constitué d'une couche d'argile marron verdâtre reposant sur une couche de marne grise caractérisée par un potentiel de gonflement fortement prononcé.

b. Interprétation de la reconnaissance géotechnique

Les résultats des essais au laboratoire sur des échantillons de deux sondages carottés de 20 m de profondeur montrent que le terrain touché par le glissement est homogène constitué d'argile marneuse grise. L'implantation de ces deux sondages est comme suit :

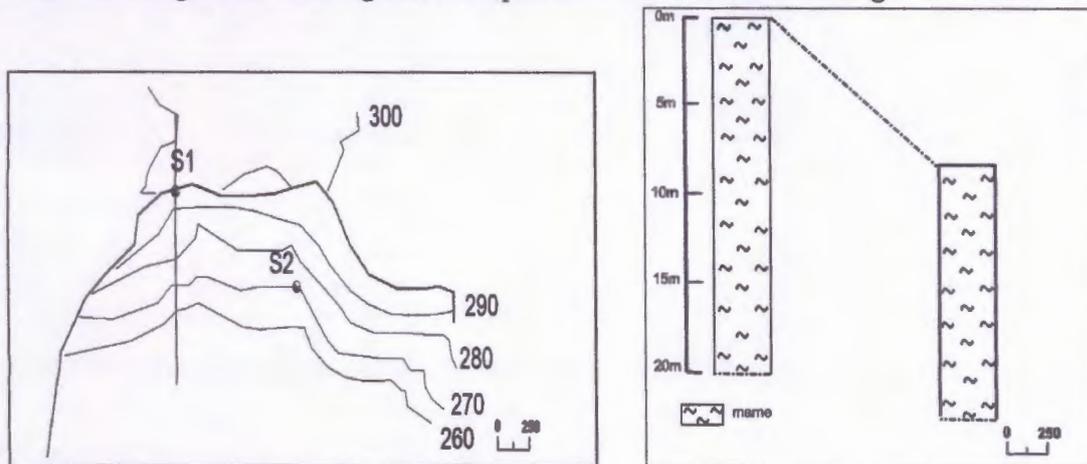


Figure 2.11 : Implantation et corrélation des sondages au niveau du lot 3

Le calcul de la stabilité a été effectué au niveau du lot 3 là où le glissement s'est produit. Dans le calcul, on prend un coefficient de sécurité admissible égale à 1.5.

Les caractéristiques mécaniques sont résumées par l'essai de cisaillement. Les résultats sont les suivants :

- **Essai de cisaillement rectiligne**

Cet essai va nous permettre d'étudier la résistance au cisaillement du sol et de tracer la courbe intrinsèque du matériau. Cette courbe nous permettra d'avoir deux valeurs fondamentales en géotechnique qui sont l'angle de frottement interne ϕ et la cohésion C . Dans le but de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés au niveau du lot trois (PK 4+60 au PK 4+120), deux types d'essai ont été réalisés par LTPE : l'essai non consolidé non drainé (UU) et l'essai consolidé drainé (CD).

- **Essai rapide : U.U (non consolidé non drainé)**

C'est un essai réalisé lorsqu'on désire déterminer la stabilité d'un massif de terre soumis à des sollicitations dont l'application est suffisamment rapide pour que la pression interstitielle n'ait pas le temps de s'évacuer.

L'essai est réalisé sur deux éprouvettes d'un même sol avec des contraintes normales différentes σ_1 et σ_2 (1bars et 2bars).

- **Essai lent CD (consolidé et drainé)**

L'essai CD est généralement appliqué sur les sables, parce que ceux-ci drainent et consolident rapidement, et ce n'est pas le cas de notre terrain.

Récapitulatif des résultats : les résultats de l'essai de cisaillement rectiligne sont récapitulés dans le tableau suivant :

	Essai non consolidé non drainé U.U	
	Essai rapide	
Vitesse de l'essai	1.20 mm/mn	
Cohésion (bars)	0.052 0.057	saturation 24h
Angle de frottement interne (°)	7 et 8	

Conclusion : Le sol du site du lot 3 est très sensible à l'eau ; qui est du essentiellement à la structure du matériau feuilletés (chemin préférentiel pour l'eau).

c. Facteurs favorisant le glissement

- **Nature du terrain :** Le terrain concerné par le terrassement est constitué d'une marne de résistance trompeuse : dure à l'état intact en place et de très faible résistance après exposition à l'atmosphère et à l'eau. Cette marne est caractérisée par un potentiel de gonflement important est très sensible à l'humidité de l'atmosphère, à l'eau des infiltrations et de ruissellement et au déchargement par décapage.
- Il est fort possible que les travaux de terrassement et particulièrement la construction de l'assise en gabion ont déstabilisé le terrain et ont perturbé le fonctionnement des trois cours d'eau en favorisant la stagnation des eaux de ruissellement.
- L'absence de préservation des talus par réalisation anticipée des fossés de crête et de pieds de talus a favorisé la stagnation et le ruissellement sur les talus.

Dans les calculs du coefficient de sécurité, on utilise les caractéristiques mécaniques représentées dans le tableau suivant :

Tableau 2.5: caractéristiques mécanique du sol en place

Sondage	Cohésion C (KN/m ²)	Angle de frottement interne δ (degré)	Poids volumique sec γ_d (KN/m ³)	Poids volumique saturé γ_{sat} (KN/m ³)
Marne friable	5.45	7.5	18.6	21

La pente du terrain : $\theta = 45^\circ$.

d. Calcul de stabilité

Dans le calcul automatique de stabilité, nous avons utilisé le logiciel *Géo-Slope*, ce dernier utilise la théorie de l'équilibre limite basée sur les méthodes des tranches de Fellinus, Bishop et Janbu. Le *Géo-Slope* prend en compte des données fixes du problème qui sont :

- La géométrie du talus et des couches,
- Les caractéristiques physiques et mécaniques du sol (C , ϕ) ;
- La pente du talus.

Ainsi que des données variables qui sont :

- Les centres des cercles (coordonnées),
- Les rayons des cercles.

Tableau 2.6 : valeur du coefficient de sécurité obtenues par le logiciel Géo-Slope

F Fs			
0,389	0,29	0,273	0,267
0,387	0,287	0,273	0,267
0,386	0,285	0,272	0,266
0,384	0,283	0,272	0,266
0,313	0,282	0,271	0,265
0,312	0,28	0,271	0,264
0,311	0,279	0,27	0,261
0,31	0,278	0,27	0,261
0,303	0,278	0,269	0,258
0,298	0,277	0,269	0,258
0,295	0,277	0,269	0,256
0,294	0,276	0,269	0,254
0,293	0,276	0,268	0,251
0,292	0,274	0,268	0,248
0,291	0,273	0,267	0,246

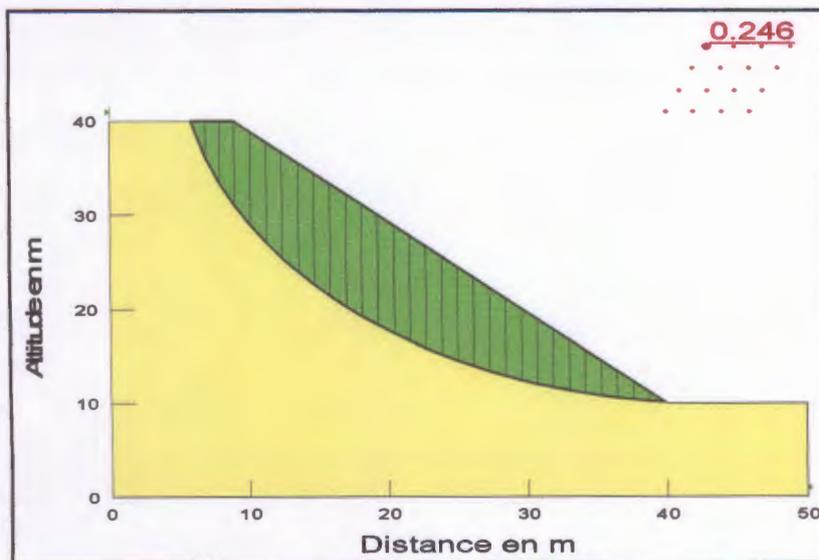


Figure 2.12: Cercle critique obtenu au niveau du lot 3

e. Solution proposée : Les solutions proposées consistent en :

e.1 Talus aval

- Remblayer à l'aide des matériaux homogène la partie aval du versant sujet à glissement afin d'assurer une surface plane à pente faible.
- Eviter tout risque de stagnation des eaux de ruissellement pendant et après construction.

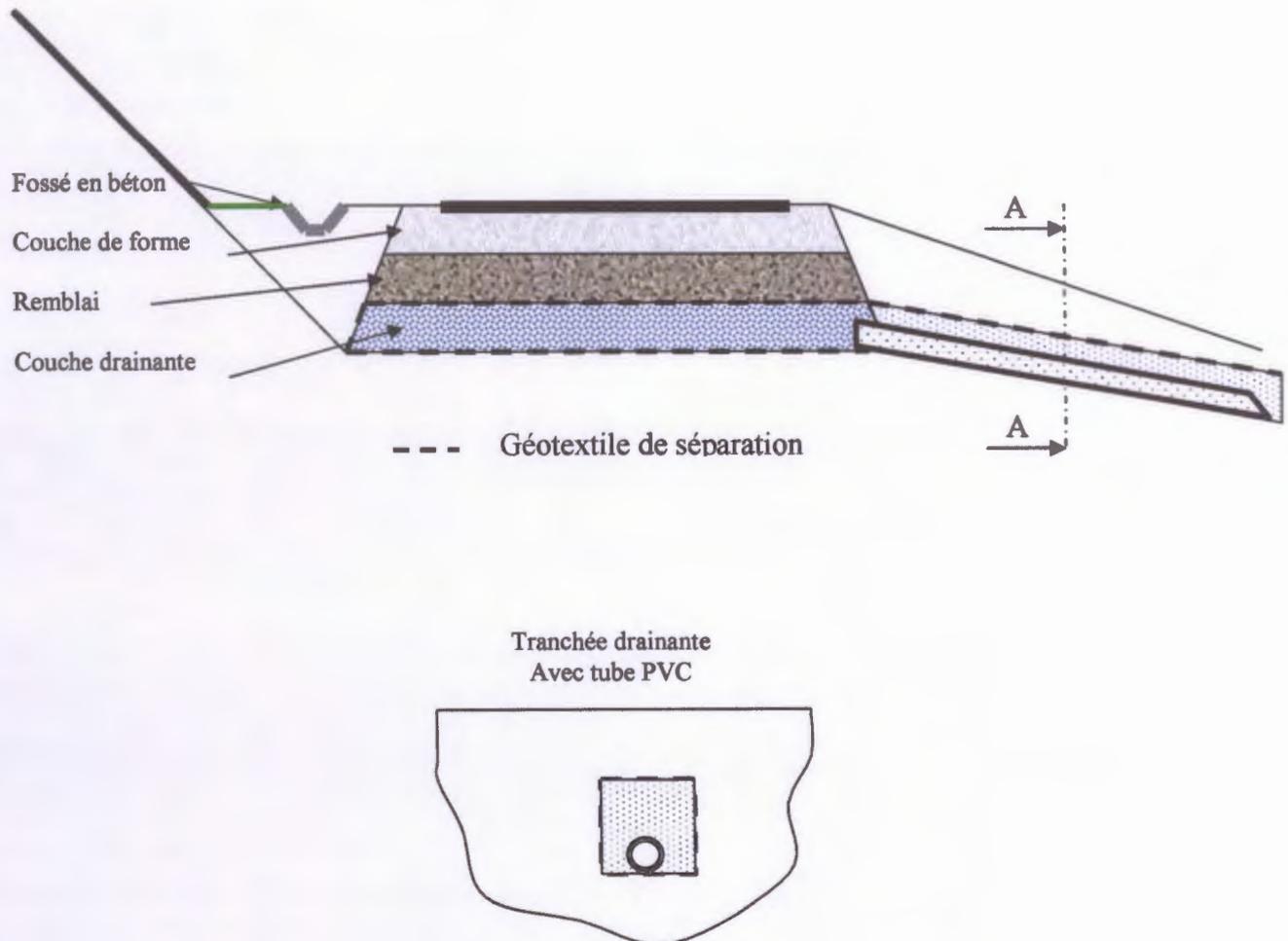


Figure 2.13 : Drainage de l'assise de la chaussée

e.2 Corps de chaussée

- Riper le tracé en amont : Ceci élimine une bonne partie de la zone en rupture et permet d'avoir un talus amont en déblai sain ;
- Drainer l'assise du remblai de la chaussée : la solution retenue consiste en l'utilisation d'un matériau en géotextile qui permet d'isoler le corps de chaussée du substratum marneux.

Tableau 2.7 : Caractéristiques de géotextile de filtration pour l'enrochement

Caractéristiques	Valeurs
Résistance en traction en kN/m, SP et ST (suivant norme NF EN ISO 10319)	≥ 20
Allongement en % SP et ST (suivant norme NF EN ISO 10319)	$\geq 45\%$
Résistance au poinçonnement en kN (suivant norme NF EN ISO 12236)	$\geq 1,2$
Permittivité en S^{-1} (suivant norme NFG 38016)	$\geq 0,2$
Ouverture de filtration en μm (suivant norme NF G 38017)	≤ 200
Transmissivité en m^2/s sous 50 kPa (suivant norme NF G 38018)	$\geq 10^{-7}$
Perforation dynamique en mm (selon norme NF EN 918)	≤ 16
Souplesse e/b en m/m ($\phi = 300$ mm, $\sigma = 60$ kPa) (suivant norme NF G 38021-2)	$\geq 0,5$

e.3 Talus amont

- Pour améliorer la stabilité au glissement et au ravinement, on doit procéder au talutage en amont selon les normes requises.

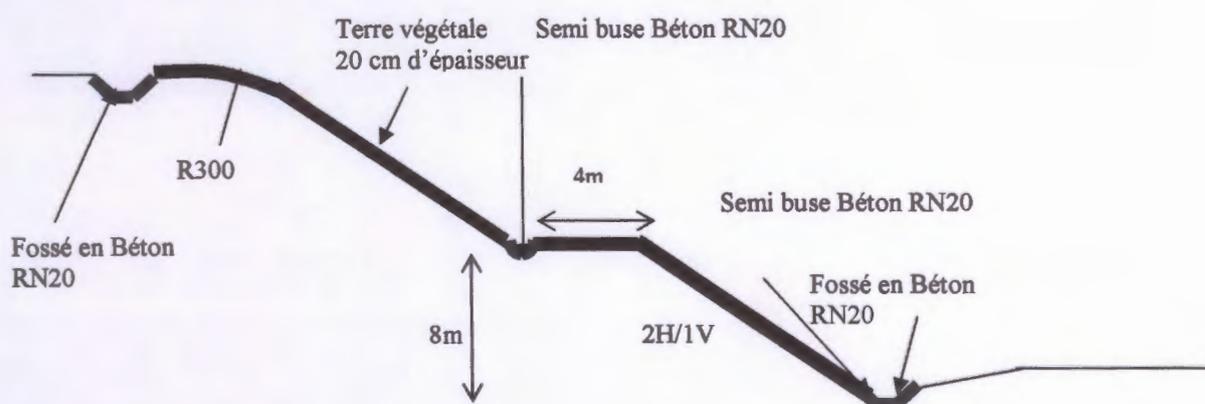


Figure 2.14 : Coupe type du talus amont

- Protéger la surface des talus par une terre végétale et engazonnement.
- Assainissement des eaux de ruissellement : Il faut prendre toutes les précautions nécessaires de drainage en procédant aux actions suivantes :
 - Assurer l'interception des eaux de ruissellement par la réalisation anticipée d'un fossé de crête.
 - Éviter la favorisation de formation des zones de stagnation des eaux en amont et en aval de la chaussée.
 - Installer des descentes d'eau.
 - Installer un fossé au pied du talus assurant le drainage des eaux de ruissellement.

f. Conclusion

Les résultats obtenus au niveau du lot 3 ont mis en évidence une forte sensibilité à l'eau de la couche marneuse concernée par le terrassement et touchée par le glissement.

Le glissement est amplifié principalement par l'absence de préservation des talus par réalisation anticipée des fossés de crête et de pieds de talus qui a engendré la stagnation ainsi que les travaux de terrassement et particulièrement la construction de l'assise en gabion. L'absence d'une couche de bonne résistance jusqu'à 20 m de profondeur, ne favorise pas les solutions de type confortement mécanique. Ainsi la solution proposée est basée sur un léger ripage du tracé vers l'amont, le chargement du côté aval avec une pente stable et un bon drainage des eaux de ruissellement.

Néanmoins, ce traitement n'a pas suffi à éradiquer totalement les mouvements de terrain du site. Quelques fissures d'ordre millimétrique apparaissent au niveau du corps de chaussée.



Photo 2.3 : Traitement au géotextile



Photo 2.4 : Fissure au niveau du corps de chaussée

II.4 Troisième zone instable : lot 5 ; du PK 7+430 au PK7+575 du (744.325 ; 4074.7) au (744.575 ; 4074.8)

Les terrassements ont déclenché un glissement de talus de déblais aménagés de risbermes. Le sol du site est très meuble constitué des lambeaux de marnes grise schistosité incluse dans la masse des flysch.

a. Facteur favorise le glissement

- La nature de terrain : le terrain concerné par le déblaiement est constitué d'une marne de résistance trompeuse « très dure à l'état intact en place et de très faible résistance après exposition à l'atmosphère et à l'eau ». Cette marne caractérisée par un potentiel de gonflement important est très sensible à l'humidité de l'atmosphère, à l'eau des infiltrations et de ruissellement et au déchargement par terrassement.
- L'élimination de la couche végétale ont rendu les talus très vulnérables aux instabilités. Peut-être l'absence de préservation des talus par réalisation anticipée des fossés de crête à chaque risberme a favorisé l'effondrement des talus de déblais.

b. Solution proposée

- Correction de la forme et des pentes de talus de déblais :
 - En assurant l'interception des eaux de ruissellement : par la réalisation anticipée d'un fossé de crête (naturel en phase de travaux et en béton en phase finale).
 - En éliminant la partie touchée par le glissement.
 - Un terrassement de talus de haut en bas sous forme d'escalier.
 - Utilisation une pente 2H \ 1V au lieu de 1H/ 1V.
- Protection des talus de déblais des eaux de surface
- Protection de la surface des talus de déblais de marne altérée : Le matériau de la zone terrassée est une marne schisteuse très sensible à l'eau, donc on propose une protection de la surface des talus par la terre végétale de 20 cm d'épaisseur avec engazonnement.

II.5 Quatrième zone instable : Zone de glissement probable Lot 6 B ; du (749.8 ; 4075.85) à (749.9 ; 4075.9)

An niveau du lot 6, la lithologie du terrain n'est que de la marne compacte.

a. Calcul de stabilité

Le calcul de la stabilité d'un talus peut être effectué dans deux circonstances bien distinctes : avant ou après déclenchement de mouvement (glissement). Le calcul de stabilité permet d'apprécier la marge de sécurité du versant vis-à-vis de la rupture, de définir dans le site la zone la plus menacée par l'instabilité et d'examiner l'influence de certains travaux (terrassements, constructions,... etc.) sur la marge de sécurité qui a été définie pour le versant vierge. Parmi les méthodes de calcul de stabilité à la rupture d'un talus on a :

- Méthode globale

Cette méthode consiste à faire l'inventaire des forces s'appliquant sur une zone délimitée par la géométrie du massif et la ligne de glissement et établir les conditions d'équilibre de la masse en calculant le coefficient de sécurité.

➤ Méthode des tranches

Son principe est basé sur la division de la masse délimitée par la géométrie et la ligne de glissement probable en tranches verticales pour lesquelles on écrit l'équation d'équilibre séparément et aboutir à la fin aux équations de la masse en totalité.

➤ Méthode de Fellinus (rupture circulaire)

On considère un cercle de centre (O) et de rayon (R) comme surface de glissement probable et on calcule le coefficient de sécurité (Fs) correspondant. On divise le massif glissant en tranches verticales de largeur égale (b). Pour chaque tranche, on calcule l'ensemble des forces qui s'y applique et on étudie son équilibre avant de passer à l'équilibre de l'ensemble du massif.

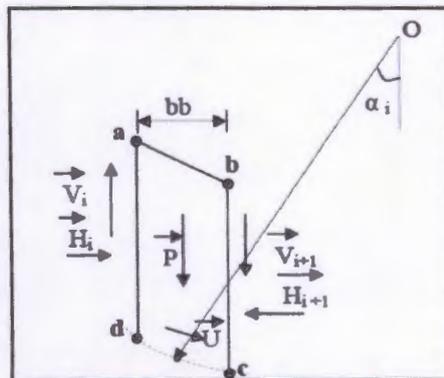


Figure 2.15 : Force agissant sur une tranche

La formule de calcul de coefficient de sécurité par la méthode des tranches de Fellinus est :

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=m} \left(c_i \frac{b}{\cos \alpha} + W \cos \alpha \tan \varphi_i \right)}{\sum_{n=1}^{n=m} W \sin \alpha}$$

Le calcul de la stabilité a été effectué au niveau du lot 6 B là où le glissement est probable.

Dans le calcul, on prend un coefficient de sécurité admissible égale à 1.5.

La figure suivante montre l'implantation des sondages au niveau du Lot 6B

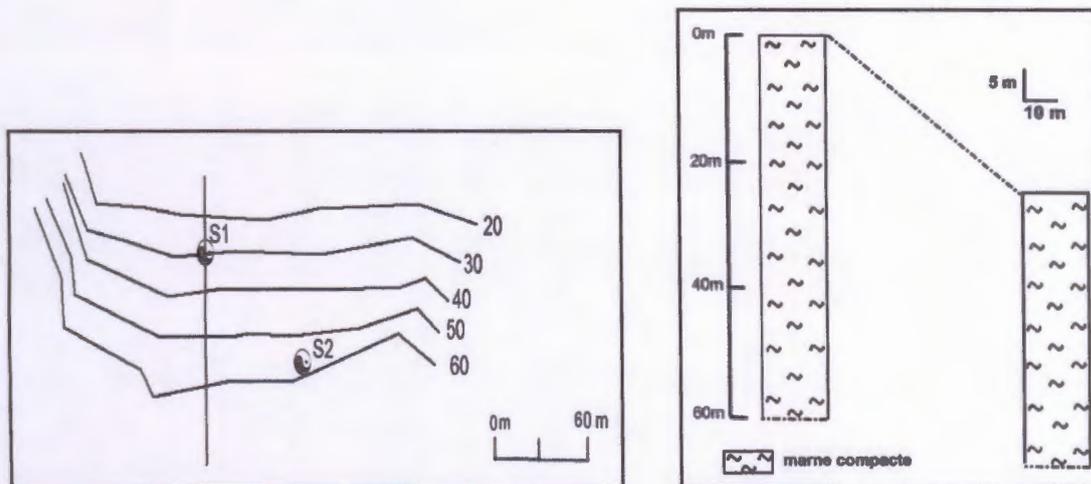


Figure 2.16 : implantation et corrélation des sondages au niveau du lot 6B

Pour le calcul du coefficient de sécurité F_s , on a deux cas différents :

Premier cas

Où le site d'étude est composé de marne compacte, c'est le cas présent sur site. Les caractéristiques mécaniques de cette marne sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 2.8 : Caractéristiques mécaniques du sol en place

Matériau	Cohésion C (KN/m ²)	Angle de frottement interne φ (degré)	Poids volumique sec γ_d (KN/m ³)
marne compacte	50	15	17.5

La pente du terrain : $\theta=27^\circ$

Second cas

A long terme, les marnes compactes au niveau du lot 6B deviennent friables par absorption de l'eau ce qui conduit à une diminution des caractéristiques mécaniques ; donc dans le calcul de stabilité on prend directement le cas le plus défavorable. Les caractéristiques mécaniques dans ce cas sont les suivantes (étude de 200 logements de Harratene-Jijel ; 2007).

Tableau 2.9 : Caractéristiques mécaniques du sol en place (à long terme)

matériau	Cohésion C (KN/m ²)	Angle de frottement interne ϕ (degré)	Poids volumique saturé γ_{sat} (KN/m ³)
marne friable	11	7	21

La pente du terrain : $\theta=27^\circ$

a.1 Calcul manuel

Premier cas (marne compacte)

-Cercle de glissement N° 1

Les coordonnées relatives à ce cercle sont :

X ₁ (m)	Y ₁ (m)	R ₁ (m)	L ₁ (m)	b ₁ (m)
41.6	65	26.6	24	8

Tableau 2.10 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 01 (Marne compacte)

n	w	α (°)	$\sin\alpha$	W. $\sin\alpha$	Cos α	w.cos α	b/cos α
1	280	-44	-0,694	-194,32	0,719	201,32	11,12
2	511	-23	-0,39	-199,29	0,92	470,12	8,69
3	231	-6	-0,104	-24,024	0,99	228,69	8,08
Σ				-417,634		900,13	27,89
Résultats							
Centre N° 01		Fs=3,92			talus stable		

-Cercle de glissement N° 2

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X ₂ (m)	Y ₂ (m)	R ₂ (m)	L ₂ (m)	b ₂ (m)
43.3	63.3	37.3	53	10.6

Tableau 2.11 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 02 (Marne compacte)

n	w	α (°)	$\sin \alpha$	w.sin α	Cos α	w.cosa	b/cos α
1	2263	-58	-0,85	-1919,02	0,53	1197,13	20,04
2	4462,5	-33	-0,55	-2432,06	0,84	3739,58	12,65
3	4254,25	-15	-0,26	-1097,59	0,97	4105,35	10,98
4	2308,95	1	0,02	39,25	0,99	2285,86	10,71
5	834,75	18	0,31	257,95	0,95	793,01	11,16
Σ				-5151,47		12120,93	65,54
Résultats							
Centre N° 02		Fs=1,26			talus douteux		

-Cercle de glissement N° 3

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_3 (m)	Y_3 (m)	R_3 (m)	L_3 (m)	b_3 (m)
43.3	65	41.6	62.6	15.6

Tableau 2.12 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 03 (Marne compacte)

n	w	α (°)	$\sin \alpha$	w.sin α	cos α	w.cosa	b/cos α
1	3499,825	-51	-0,777	-2719,36	0,629	2201,39	24,8
2	5132,4	-24	-0,406	-2083,75	0,913	4684,88	17,08
3	3999,45	-3	-0,05	-199,97	0,99	3959,45	15,75
4	1398,25	22	0,374	522,94	0,927	1296,17	16,83
Σ				-4480,14		12142,89	74,46
Résultats							
Centre N° 03		Fs=1,55			talus stable		

-Cercle de glissement N°4

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_4 (m)	Y_4 (m)	R_4 (m)	L_4 (m)	b_4 (m)
41.67	56.6	30	48	12

Tableau 2.13 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 04 (Marne compacte)

n	w	α (°)	sin α	w.sin α	Cosa	w.cosa	b/cosa
1	2137,9	-53	-0,8	-1710,3	0,6	1282,71	20
2	3850,35	-22	-0,37	-1424,6	0,93	3580,82	12,9
3	3150	1	0,02	-63	0,99	3149,5	12,12
4	1399,65	26	0,44	615,845	0,9	1259,68	13,33
Σ				-2456,10		9272,175	58,35
Résultats							
Centre N° :04		Fs= 2,19			talus stable		

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_5 (m)	Y_5 (m)	R_5 (m)	L_5 (m)	B_5 (m)
55	60	33	42	10,5

Tableau 2.14 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 05(Marne compacte)

n	w	α (°)	$\sin\alpha$	w. $\sin\alpha$	Cosa	w.cosa	b/cosa
1	825,82	-49	-0,75	-619,36	0,65	536,78	16,15
2	1530,55	-26	-0,44	-673,44	0,9	1377,49	11,66
3	1132,77	-8	-0,14	-158,59	0,99	1121,44	10,6
4	336,17	+13°	0,22	73,98	0,97	326,08	10,82
Σ				-1377,41		3361,79	39,23
Résultats							
Centre N° :05		Fs=2,07			talus stable		

Second cas (marne friable)

*Cercle de glissement N° 1

Les coordonnées relatives à ce cercle sont :

X_1 (m)	Y_1 (m)	R_1 (m)	L_1 (m)	b_1 (m)
41.6	65	26.6	24	8

Tableau 2.15 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 01(marne friable)

n	w	α (°)	$\sin\alpha$	W. $\sin\alpha$	Cosa	w.cosa	b/cosa
1	336	-44	-0,694	-233,18	0,719	241,58	11,12
2	613,2	-23	-0,39	-239,15	0,92	564,14	8,69
3	277,2	-6	-0,104	-28,82	0,99	274,43	8,08
Σ				-501,15		1080,13	27,89
Résultats							
Centre N° 01		Fs=0,88			talus instable		

- Cercle de glissement N° 2

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_2 (m)	Y_2 (m)	R_2 (m)	L_2 (m)	b_2 (m)
43.3	63.3	37.3	53	10.6

Tableau 2.16 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle № 02(marne friable)

n	w	α (°)	$\sin \alpha$	w.sin α	Cos α	w.cos α	b/cos α
1	2859,024	-58	-0,85	-2430,17	0,53	1515,28	20,04
2	5355	-33	-0,55	-2945,25	0,84	4498,2	12,65
3	5105,1	-15	-0,26	-1327,33	0,97	4951,94	10,98
4	2702,7	1	0,02	54,05	0,99	2675,67	10,71
5	973,35	18	0,31	301,74	0,95	924,68	11,16
Σ				-6346,96		14565,77	65,54
Résultats							
Centre № 02		Fs=0,39			talus instable		

- Cercle de glissement № 3

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_3 (m)	Y_3 (m)	R_3 (m)	L_3 (m)	b_3 (m)
43.3	65	41.6	62.6	15.6

Tableau 2.17 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle № 03(marne friable)

n	w	α (°)	$\sin \alpha$	w.sin α	cos α	w.cos α	b/cos α
1	3657,99	-51	-0,777	-2816,65	0,629	2300,87	24,8
2	6158,88	-24	-0,406	-2500,5	0,913	5623,06	17,08
3	4799,34	-3	-0,05	-239,96	0,99	4751,34	15,75
4	1677,9	22	0,374	627,53	0,927	1555,41	16,83
Σ				-4929,58		14230,68	74,46
Résultats							
Centre № 03		Fs=0,52			talus instable		

-Cercle de glissement №4

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_4 (m)	Y_4 (m)	R_4 (m)	L_4 (m)	b_4 (m)
41.67	56.6	30	48	12

Tableau 2.18 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 04(marne friable)

n	w	$\alpha(^{\circ})$	$\sin\alpha$	w. $\sin\alpha$	$\cos\alpha$	w. $\cos\alpha$	b/ $\cos\alpha$
1,00	2565,48	-53	-0,80	-2052,38	0,60	1539,29	20
2,00	4620,42	-22	-0,37	-1709,55	0,93	4297	12,90
3,00	3780	1	0,02	75,60	0,99	3742,20	12,12
4,00	1680	26	0,44	739,20	0,90	1512	13,33
Σ				-2947,13		11090,49	58,35
Résultats							
Centre N° :04		Fs=0,68			talus instable		

-Cercle de glissement N° 05

Les coordonnées relatives au centre du cercle sont :

X_5 (m)	Y_5 (m)	R_5 (m)	L_5 (m)	B_5 (m)
55	60	33	42	10.5

Tableau 2.19 : Calcul du coefficient de sécurité pour le cercle N° 05(marne friable)

n	w	$\alpha (^{\circ})$	$\sin\alpha$	w. $\sin\alpha$	$\cos\alpha$	w. $\cos\alpha$	b/ $\cos\alpha$
1	990,98	-49	-0,75	-743,235	0,65	644,137	16,15
2	1836,66	-26	-0,44	-808,1204	0,90	1652,994	11,66
3	1359,33	-8	-0,14	-190,3062	0,99	1345,730	10,60
4	403,40	+13°	0,22	88,75	0,97	391,300	10,82
Σ				-1652,92		3361,790	39,23
Résultats							
Centre N° :05		Fs=0,56			talus instable		

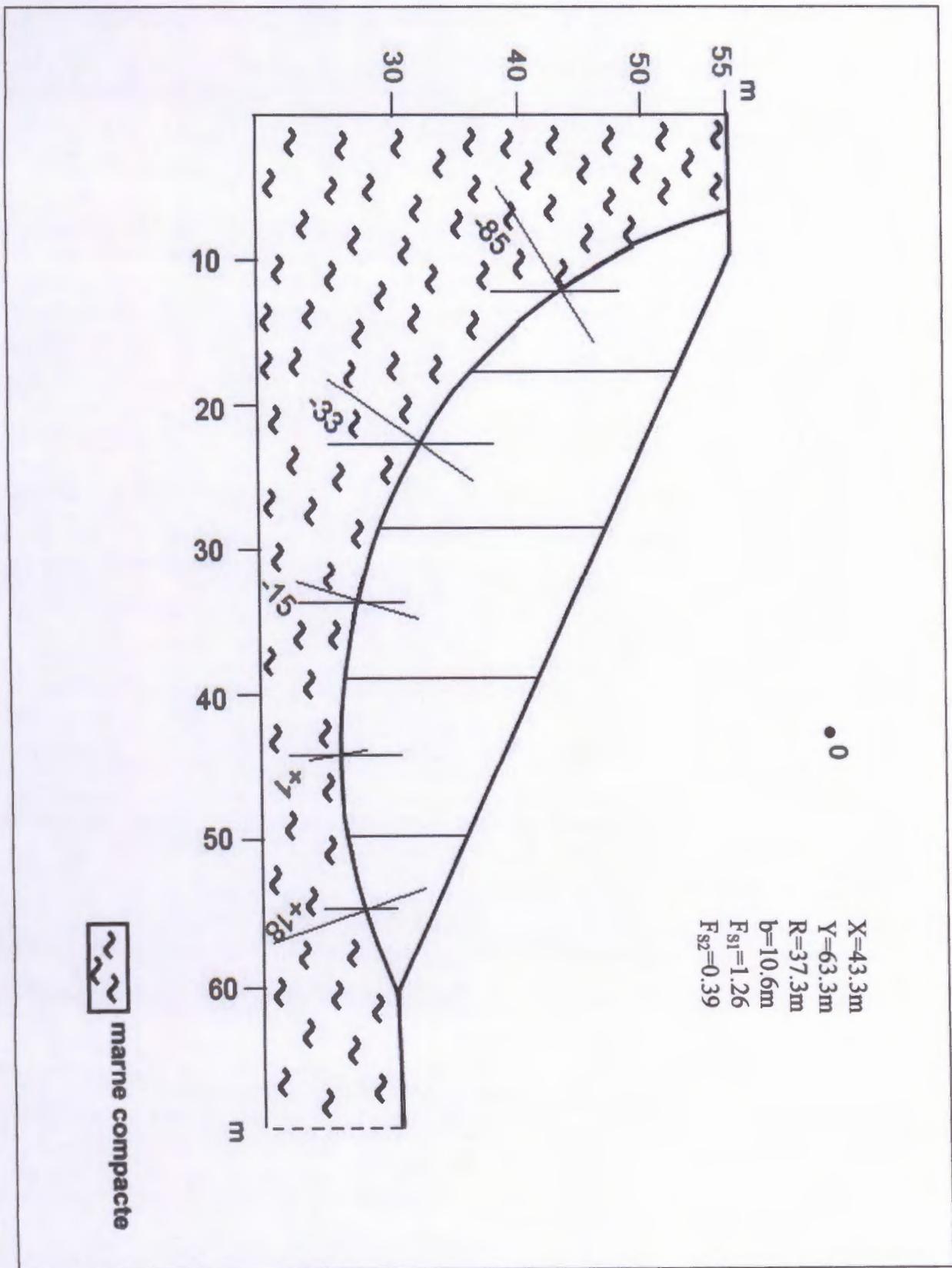


Figure 2.17: cercle de glissement au niveau du site (Lot 6 B) (cercle de pied de talus)

a.2 Calcul automatique

Dans ce cas on n'a fait que le calcul automatique par le logiciel *GéoSlope*

Les valeurs du coefficient de sécurité obtenues par le logiciel sont résumées dans le tableau suivant :

Premier cas : marne compacte

Tableau 2.20 : Coefficients de sécurité obtenus par le logiciel Géo-Slope (Marne compacte)

F_s					
3,112	2,146	1,906	1,777	1,71	1,61
2,946	2,141	1,905	1,77	1,693	1,605
2,838	2,107	1,901	1,795	1,677	1,603
2,679	2,099	1,9	1,763	1,673	1,602
2,639	2,086	1,898	1,762	1,665	1,589
2,496	2,077	1,895	1,761	1,662	1,587
2,466	2,07	1,89	1,751	1,66	1,581
2,456	2,061	1,849	1,748	1,655	1,573
2,379	1,977	1,815	1,742	1,651	1,568
2,32	1,97	1,8	1,74	1,65	1,567
2,306	1,957	1,795	1,729	1,645	1,566
2,289	1,935	1,792	1,723	1,642	1,565
2,219	1,923	1,788	1,718	1,626	1,561
2,184	1,919	1,782	1,712	1,621	1,56
2,174	1,908	1,781	1,711	1,618	

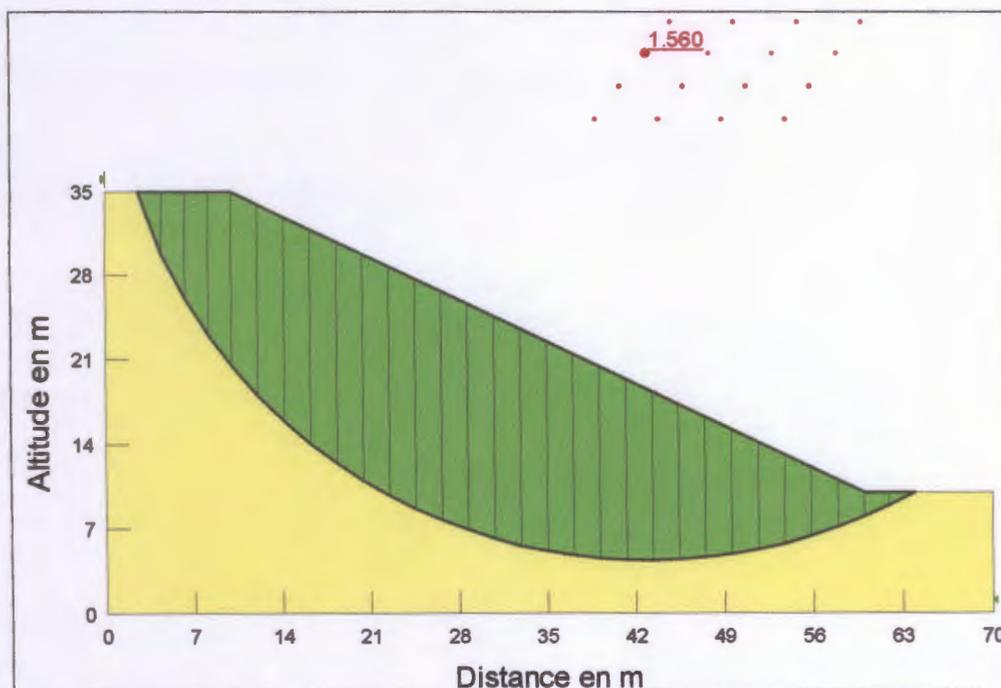


Figure 2.18: Cercle critique obtenu au niveau du lot 6 B (marne compacte)

Second cas : Marne friable

Tableau 2.21 : Coefficient de sécurités obtenues par le logiciel Géo-Slope (Marne friable)

F_s					
0,726	0,576	0,535	0,512	0,493	0,478
0,71	0,575	0,533	0,51	0,492	0,475
0,678	0,571	0,531	0,508	0,491	0,472
0,659	0,57	0,529	0,506	0,49	
0,644	0,569	0,526	0,505	0,489	
0,632	0,566	0,525	0,503	0,488	
0,621	0,56	0,524	0,502	0,497	
0,618	0,555	0,521	0,5	0,485	
0,616	0,546	0,517	0,499	0,483	
0,601	0,545	0,516	0,496	0,482	
0,588	0,54	0,514	0,495	0,481	
0,586	0,537	0,513	0,494	0,48	

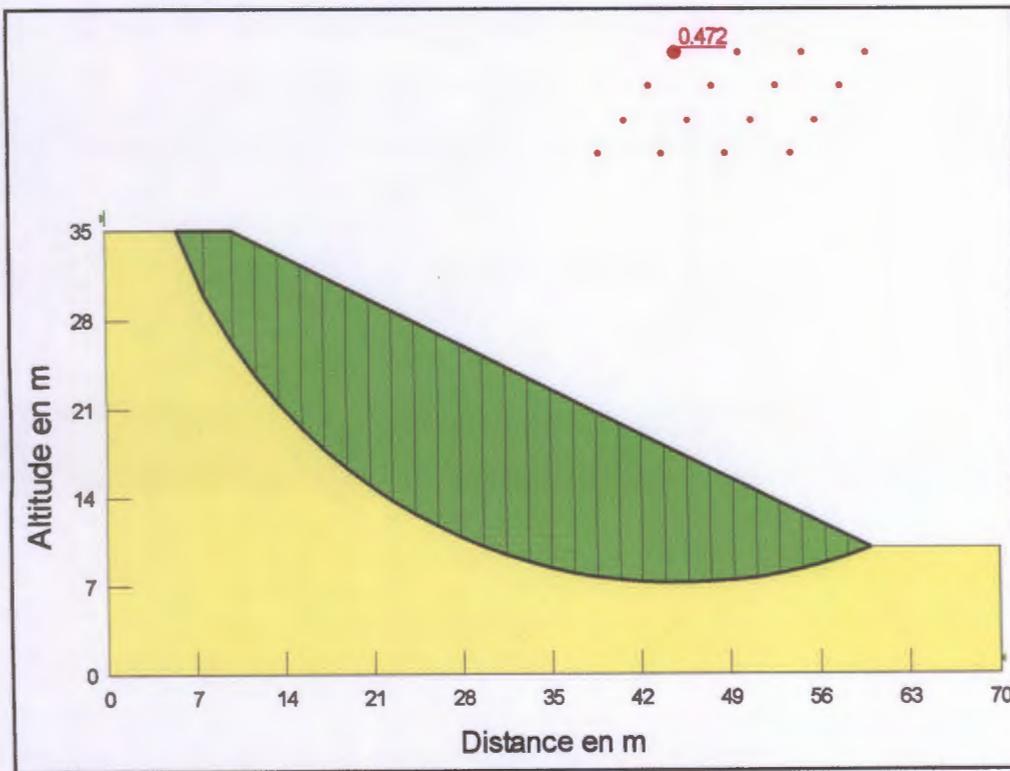


Figure 2.19: Cercle critique obtenu au niveau du lot 6 B (marne friable)

b. Interprétation des résultats

b.1 Calcul manuel

Pour le calcul manuel du coefficient de sécurité, la valeur minimale du F_s obtenue dans le premier cas est de 1.26 et la valeur maximale est égale à 3.92, ce qui confirme la stabilité du talus dans le cas présent.

La valeur minimale du F_s obtenue dans le second cas est égale 0.39, et la valeur maximale est de 0.88, ce qui confirme l'instabilité du talus à long terme. La profondeur du glissement est de 27m.

b.2 Calcul automatique

Le calcul automatique du coefficient de sécurité donne des valeurs de F_s proche de celle obtenues manuellement : donc talus stable dans un premier cas (marne compacte) et instable dans un second cas (marne friable).

c. Solutions proposées

Après avoir cerner le problème de glissement rencontré au niveau du lot 6B, la surface et la profondeur de glissement, il nous reste que de déterminer les différentes méthodes de confortement vis-à-vis ce glissement.

- On propose deux groupes de méthodes de stabilisation par terrassement :
 - Action sur l'équilibre des masses : le procédé s'apparente à l'allègement en tête.
 - Action sur la géométrie de la pente : Reprofilage : qui consiste en un adoucissement de la pente moyenne.

- Les ouvrages de soutènement :
 - Gabionnage.
 - Murs de soutènement.

- Reboisement du talus



Photo 2.5 : Travaux au niveau du lot 6 B

Conclusion :

La synthèse des résultats obtenue des travaux, essais in situ et les essais de laboratoire ainsi que le calcul de stabilité, nous à permis de faire les conclusions suivantes :

a- la lithologie :

L'interprétation des coupes géologiques et profils géotechniques montre les résultats suivant :

Lithologie	Caractéristiques géotechniques
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Assise gréseuse du numidien. ➤ dépôts de l'OMK. ➤ Marnes bleues. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ sol compacte et cohérent ➤ plastique par endroit, légèrement gonflant, parfois cohérent. ➤ gonflante, faiblement cohérente, faiblement résistantes.

Recommandations

Après avoir mené l'étude géotechnique du site comportant le tracé routier au sud de la ville de Jijel, nous nous sommes confrontés a beaucoup de problèmes de comportement des massifs rocheux liés généralement à la lithologie et la structure tectonique des terrains en question.

En effet, les zones vulnérables repérées le long du tracé sont généralement localisées dans des terrains marneux et molassique et sont le siège de mouvements dynamiques de forte ampleur par endroits.

Devant cette situation d'instabilité des talus le long de l'évitement, nous avons constaté que plusieurs méthodes de confortement ont été réalisées par les entreprises conformément aux plans d'étude.

Néanmoins, et dans plus d'un cas, la mise en ouvre des méthodes de confortement classiques (gabionnage, enrochement amont ou aval du corps de chaussée, banquettes s'avèrent inefficace a cause du fait que le concepteur aurait négligé l'aléa structural et tectonique de la zone traité.

Plusieurs glissements importants se sont produits après le traitement définitif prévu par le rapport d'étude.

En se basant sur l'état des réalisations effectuées tout sur le corps de chaussée que sur les talus nous pensons utile de suggérer quelques recommandations d'ordre technique susceptibles de renforcer l'état de stabilité des terrains traversés :

- Reprofilage et allègement en tête
- Tenir compte de la morphologie, de la lithostratigraphie et de la structure géologique.
- Mise en oeuvre des ouvrages de soutènements en adéquation avec les paramètres géologique sur site.
- Reboisement systématique des talus (alvéoles, arbustes).

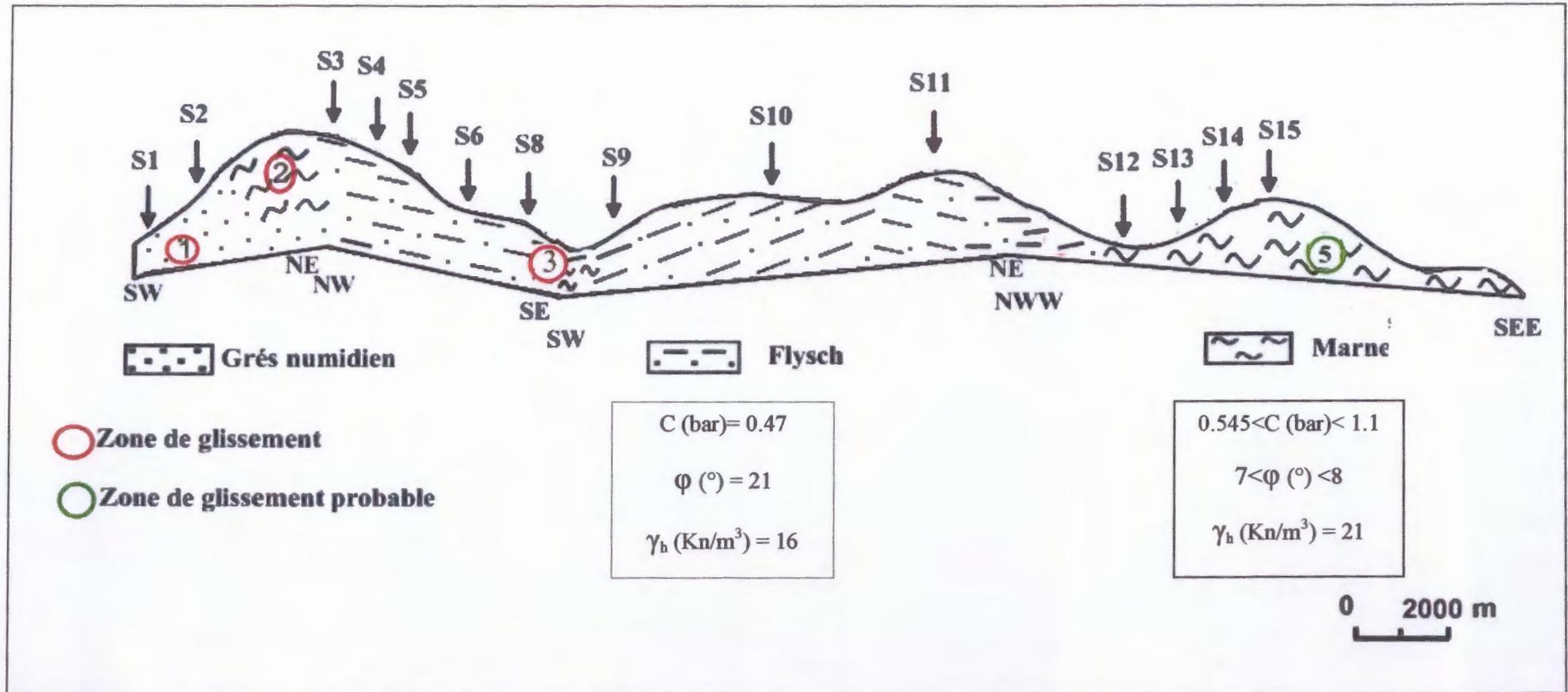


Figure 2.20 : Aperçu géotechnique en perspective du tronçon routier

Références bibliographiques:

- S.E.T.S, (2000)-*Etude géotechnique d'évitement Sud de Jijel.*
- D.T.P Jijel, (2008) -*Rapport complément étude géotechnique sites instables de l' évitement Sud de la ville de Jijel.*
- S.E.T.S, (2000) -*Etude géophysique de l'évitement Sud de la ville de Jijel.*
- Laboratoire Aiche , (2007) -*Etude de 200 logements de Harratene-Jijel.*

- Djellit. H, (1987) -*Evolution tectono-métamorphique de socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat d'état, université de paris- sud, centre d'Orsay.*

- Boullin. J.P, (1977) -*Géologie alpine de la Petite Kabylie dans la région de Collo et d'El Milia. Thèse Paris .Toulouse.*

- Khalfa.I et Chouial.W, (2008) -*Contribution a l'élaboration de la carte géotechnique de la commune de Jijel. Mém.ing.univ Jijel.*

- Belakhlef. N et Mezerreg .M, (2003) -*Etude hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Mencha (wilaya de Jijel). Mém.ing.univ Constantine.*

- A.N.R.H , (1996)-*Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel.*

- Costet.J, et Sanglerat.G, (1981) -*Cours pratique de mécanique des sols Tome 1 - Plasticité et calcul des tassements. Ed. Dunod. Paris.*