

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة

Faculté des Sciences et de la technologie

Département des sciences de la matière



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Physique du Globe

Contribution à l'étude géologique, géotechnique et géophysique d'un glissement de terrain d'un tronçon de chemin communal reliant la ville de Ben Allal au village de Sidi Medjahed (Cne. Sidi Medjahed, W Ain-Defla, Algérie)

Présenté par :

MEDJAMIA Fatima Zahra

CHAIB BESSOU Houria

Devant le jury :

Président(e) : LAMALI Atmane

MCA

CRAAG, Alger

Examineur : SID Mohamed

MCB

U. Khemis Miliana

Promoteur : BOUGARA Mohammed

MCA

U. Khemis Miliana

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Avant tout, on remercie dieu, le Tout-Puissant, qui nous a donné la force, le courage et la patience pour poursuivre nos études et réaliser ce mémoire.

Notre encadreur, docteur BOUGARA Mohammed, qu'on tient à remercier pour la disponibilité, la confiance, les conseils et le soutien durant la formation.

On remercie vivement, les membres du jury, en l'occurrence les docteurs LAMALI Atman et SID Mohamed pour les corrections du manuscrit.

Nous remercions également nos chers enseignants, BENTRIDI Salah Eddine, FERHI Walid et BELDJOUDI Hamoud pour le soutien moral qu'ils ont su nous apporter tout au long de notre période de formation.

Nous tenons sincèrement à remercier tous nos professeurs de la faculté de technologie de l'université de Djilali Bounaama ainsi que les chercheurs du Centre de Recherche d'Astronomie et d'Astrophysique Géophysique, le CRAAG, qui ont façonné nos connaissances, année en année, et qui sans eux, on n'aura pas eu les ressources intellectuelles nécessaires pour mener ce travail de grande envergure.

La direction des Travaux Publique d'Ain Deffa nous a fourni tous les documents relatifs à l'élaboration de ce modeste travail. Un grand merci aux responsables de cette structure

A tous ceux qui ne se sentent pas nommément citer, la liste est longue, nous disons merci.

Dédicaces

Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, je dédie ce modeste travail à :

A la femme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celle qui s'est toujours sacrifiée pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi ma mère.

*A ce qui est toujours présent dans mon cœur,
A mon cher père pour son soutien, sa patience, sa prière et son sacrifice.*

A ma chère sœur Hamida

A mes très chers frères Imad Eddine, Mohamed Amine

A ma chère amie, mon binôme Houria chez qui m'a supporté durant ces deux dernières années et chez qui j'ai trouvée l'entente dont j'avais besoin.

A toute ma famille et tous mes amis

A toute la promotion de la spécialité de physique de globe 2019/2020

Fatima Zahra

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail avant tout à mes parents ;
Que j'aime et qui m'ont soutenu tout au long de mes
années d'étude*

À mes très chères sœurs, Nawra, Nadjat

À mon binôme Fatima

À toute ma famille surtout Aicha et tous mes amis

Amina, Wafa et Nesrine

*Également à la promotion 2020 de la spécialité de physique
de globe*

Houria

Résumé :

Le présent travail traite un glissement de terrain situé dans la Wilaya d'Ain Defla, le long de la route menant la commune de Sidi Medjahed à celle de Ben Allal. Nous avons étudié un site instable ayant subi un glissement. Nous avons utilisé une approche géologique, géophysique et géotechnique.

Dans la partie géotechnique, des données acquises auprès de la Direction des Travaux Publiques de la Wilaya de Ain Defla en date du mois de mai 2020, nous a permis de déterminer le coefficient de sécurité de la zone de glissement afin d'évaluer la stabilité de la zone d'étude.

Dans l'étude géophysique, nous avons relaté quelques définitions sans pour autant aborder l'aspect pratique du phénomène et c'est à cause de l'épidémie du virus corona que cette partie pratique a été malheureusement inexplorée.

Mots clés : Mouvement de terrain, glissement de terrain, géologie, argile, coefficient de sécurité, tomographie électrique

Abstract

This work deals with a landslide located in the Wilaya of Ain Defla, along the road leading from the commune of Sidi Medjahed to that of Ben Allal. We studied an unstable site which had suffered a slip. We used a geological, geophysical and geotechnical approach.

In the geotechnical part, data acquired from the Department of Public Works of the Wilaya of Ain Defla in May 2020, allowed us to determine the safety coefficient of the sliding zone in order to assess the stability of the study area.

In the geophysical study, we have related some definitions without addressing the practical aspect of the phenomenon and it is because of the epidemic of the corona virus that this practical part has unfortunately been unexplored.

Key words: Ground movement, landslide, geology, clay, safety coefficient, electrical tomography

ملخص

يتناول هذا العمل انهيار أرضي بولاية عين الدفلة على طول الطريق المؤدي من بلدية سيدي مجاهد إلى بلدة بن علال. درسنا موقعًا غير مستقر تعرض للانزلاق. استخدمنا النهج الجيولوجي والجيوفيزيائي والجيوتقني.

في الجزء الجيوتقني، سمحت لنا البيانات التي تم الحصول عليها من دائرة الأشغال العامة بولاية عين الدفلة في مايو 2020 بتحديد معامل الأمان للمنطقة المنزلة من أجل تقييم استقرار المنطقة. منطقة الدراسة. في الدراسة الجيوفيزيائية، قمنا بربط بعض التعريفات دون التطرق إلى الجانب العملي للظاهرة، وبسبب وباء فيروس كورونا لم يتم استكشاف هذا الجزء العملي للأسف.

الكلمات المفتاحية: حركة الأرض، الانهيار الأرضي، الجيولوجيا، الطين، معامل الأمان، التصوير المقطعي الكهربائي

Sommaire

I. Introduction générale.	11
II. Problématique	11
III. But de travail	11
Chapitre I. Généralités sur les mouvements de terrain	12
1. Qu'est qu'un mouvement de terrain ?.....	3
2. Classification des mouvements de terrain.....	3
2.1. Les mouvements lents et continus	4
2.2. Les mouvements rapides et discontinus	8
2.3. Les glissements	10
3. Conclusion	14
Chapitre II. Etude géographique	15
1. Cadre géographique :	16
2. Description du site	17
2.1. Description de glissement.....	18
3. Le climat de la zone d'étude	22
4. Les ressources hydriques de la wilaya	24
5. Sismicité de la zone d'étude.....	25
6. conclusion :	26
Chapitre III . Etude géologique	27
1. Aperçu géologique régionale	28
1.1. Géologie des régions avoisinantes.....	28
1.2. Aperçu lithologique locale :.....	30
1.3. Le Mésozoïque:	31
1.4. Tectonique :	34
2. Aperçu géologique local :	35
2.1. Géologie locale :	35
2.2. La coupe lithologique locale.....	35
2.3 Hydrologie de site :.....	38
2.4. Influence du système aquifère	38
2.5 Sismicité :	38
2.6. Les glissements dans la région	39
2.8 Causes probables du glissement.....	39
3. Conclusion :	38

Chapitre IV. Etude géotechnique	40
1. Définition:	41
2. Domaine d'application	41
3. Domaines d'activité et moyens	41
4. Etude géotechnique de glissement de Sidi Medjahed.....	41
4.1. Les moyens de reconnaissances géotechniques.....	42
4.2. Plan d'implantation des essais in situ	42
4.3. Les essais in situ	46
4.4. Essais de laboratoire:	46
5. Analyse du modèle sujet d'étude	50
5.1. Définition des données	50
5.2. Hypothèses de calcul	51
5.3. Calcul du facteur de sécurité.....	52
6. Conclusion	54
6.1. Pour la zone N°01 :	54
6.2. Pour la zone N°02 :	54
Chapitre V. Etude géophysique	54
1. Introduction.....	55
2. La tomographie électrique 2D.....	55
2.1. Définition de la tomographie	55
2.2. Principe	55
2.3. Différents dispositifs de mesure	56
2.4. Profondeur d'investigation	57
2.5. La résistivité électrique.....	58
3. Conclusion :	60
Conclusion générale	62
Bibliographie	64
<u>Liste des figures</u>	
Figure 1: Les mouvements de terrain [2]	3
Figure 2: Les affaissements [3]	4
Figure 3: Tassement [4]	5
Figure 4: Schéma de fluage [5]	6
Figure 5: La solifluxion [5]	6
Figure 6: Glissement de terrain	7
Figure 7: Les phénomènes de retrait et de gonflement	7
Figure 8: Effondrement	8

Figure 9: Chute de pierres	8
Figure 10: Éboulement ou écroulement	9
Figure 11: Laves torrentielles	9
Figure 12: Coulée boueuse [6].....	10
Figure 13: glissement superficiel [lien1]	11
Figure 14: schéma d'un glissement rotationnel et plan.....	12
Figure 15: Glissement rotationnel simple	12
Figure 16: Glissement rotationnel complexe [9].....	13
Figure 17: Image satellite de la situation géographique de la zone d'étude, (source : Google Earth) 36° 17'05.93''N 2°10'19.23''E élév. 545 m altitude 66.63 km	17
Figure 18: image satellitaire de la 1ère zone de glissement (cercle rouge)	17
Figure 19: image satellitaire de la 2ème zone de glissement (cerclé bleu).....	18
Figure 20: fissures longitudinales sur la bordure gauche de la route.....	19
Figure 21: dimensions des fissures apparentes sur la chaussée	20
Figure 22: gabions réalisés sur la rive gauche de la chaussée	20
Figure 23: faciès géologique en place.....	21
Figure 24: Topographie accidentée du site	21
Figure 25: indice végétale dense montre la saturation de sol en place	22
Figure 26: Diagramme Ombro-thermique de la zone d'étude Ain Defla (2008-2017).....	23
Figure 27: courbe de température de Ben Allal [Lien1]	23
Figure 28: Diagramme climatique de Ben Allal [Lien1]	24
Figure 29: Localisations géographiques des barrages de la wilaya d'Ain Defla [14].....	25
Figure 30: carte de zonage sismique du territoire national [16]	26
Figure 31: Extrait de la Carte géologique de l'Algérie représente la géologie régionale 2ème édition, (1940) (échelle 1/500.000).....	28
Figure 32. Log stratigraphique de la région de Zaccar (Mattauer, 1950).	33
Figure 33. Les phases tectoniques dans les massifs du Chélif (O. Kireche, 1977).....	34
Figure 34: Carte géologique N°84 de Miliana / échelle : 1/50.000 représentant la zone d'étude.....	33
Figure 35: : coupe lithologique locale de la 1ère zone	34
Figure 36: : coupe lithologique locale de la 2ème zone.....	36
Figure 37: Implantation des sondages réalisés en zone n°01.	42
Figure 38: Implantation des sondages réalisés en zone n°02.....	43
Figure 39: Profil du modèle à analyser pour la 1ère zone (source Google Earth).....	50
Figure 40: Profil du modèle à analyser pour la 2ème zone (source Google Earth).....	51
Figure 41: Modèle d'analyse -zone n°02-.....	50
Figure 42: Schéma de la procédure d'acquisition d'un panneau électrique dipôle-dipôle et de présentation sur une pseudo-coupe : les points sont les lieux de représentation de mesures.	51
Figure 43: Les différents Dispositifs de mesure	52
Figure 44: Principe de la méthode électrique.....	56

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification selon la profondeur de la surface de glissement.	10
Tableau 2: Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne de glissement à long terme	11

Tableau 3: Tableau climatique de Ben Allal	24
Tableau 4: : Les coefficients d'accélération (A)	26
Tableau 5: les essais in situ [24]	43
Tableau 6: les essais de laboratoire pour la zone n°1	44
Tableau 7: les essais de laboratoire pour la zone n°2	45
Tableau 8: Teneur en eau naturelle,Densité,Sèche,humide et degré de saturation de essais de laboratoire pour la zone n°1	46
Tableau 9: :Teneur en eau naturelle,Densité,Sèche,humide et degré de saturation de essais de laboratoire pour la zone n°2].....	46
Tableau 10: Résultats de l'analyse granulométrique pour la zone n°1	47
Tableau 11: Résultats de l'analyse granulométrique pour la zone n°2	47
Tableau 12: Limites d'Atterberg pour la zone n°1	48
Tableau 13: Limites d'Atterberg pour la zone n°2	48
Tableau 14: Essai de cisaillement	49
Tableau 15: Essai oedométrique libre	49
Tableau 16: calcul du facteur de sécurité	52
Tableau 17: Résultats de Fs obtenus	53
Tableau 18: les coefficients d'accélération(A)	53
Tableau 19: l'influence de l'action sismique sur la stabilité	54
Tableau 20: Profondeur d'investigation et pouvoir de résolution de quelque dispositif	
Tableau 21: Résistivité électrique de différentes eaux ou roches	
Tableau 22: résistivité électrique de différentes eaux ou roches [30].....	

Liste des symboles et abréviations

R_d : La résistance dynamique
M : masse du mouton
H : hauteur de chute du mouton
e : refus (pénétration moyenne par coup)
A : section de la pointe du pénétromètre dynamique
P : poids des tiges
PD : pénétromètres dynamiques
SC : sondage carotté
NF : norme française
W : Teneur en eau de saturation
 γ_h : Densité humide
 γ_d : Densité sèche
 S_r : Degré de saturation
 F_s : Coefficient de sécurité
 W : le poids du bloc de sol considéré,
 V, H : les efforts sur les côtés du bloc,
 N, T : les réactions normales et tangentielles à la base du bloc,
 U_L : L'effort dû à la pression d'eau latérale,
 U : L'effort dû à la pression d'eau à la base,
 ρ_a : Résistivité apparent
K : facteur géométrique
 Δv : La différence de potentiel

I : intensité du courant
R : résistance électrique
 σ : Conductivité électrique
 Δ_j : La divergence de la densité de courant
E : Champ électrique
 ϕ : la porosité
 S_e : La teneur d'eau
 V_p : La vitesse de propagation de l'onde P
 V_s : La vitesse de propagation de l'onde S
 λ, μ : coefficients de Lamé
 ρ : La densité de milieu [g/m³].
E : Module d'Young
Y : Coefficient de Poisson
i₁ : l'angle d'incidence
i₂ : l'angle de la réfraction
i_c : Onde critique

I. Introduction générale

Dans le Nord de l'Algérie, de nombreux mouvements de terrains ont entraîné des pertes considérables, parfois humaines. Les causes de ce phénomène peuvent être naturelles (géologiques, hydrogéologique, tremblements de terre) ou artificielles (instabilité, changement des reliefs, creusements d'origine humain...etc.) car les terrains sont vulnérables au changement multiple qu'ils subissent.

Les mouvements de terrains se manifestent sous plusieurs aspects, surtout les glissements de terrain où leur incidence augmente dans les zones de montagne, provoquant des déformations aussi bien en surface qu'en profondeur. Les glissements de terrain se produisent souvent sur des terrains meubles tels que les formations argileuses, marneuses ou schisteuses plus ou moins affectées par une humidité ou une source d'eau.

Dans la commune de Miliana, faisant partie de la wilaya d'Ain Defla et précisément au douar de Sidi Medjahed, un grand glissement de terrain a provoqué la déformation du chemin. Cet aléa a engendré des dysfonctionnements de la route malgré des travaux et des réparations fréquentes sur le site.

Dans ce travail, nous essayerons d'étudier ce glissement au point de vue géologique, géotechnique et géophysique.

La géologie du terrain est une composante majeure de l'édifice ayant été sollicité par une instabilité récurrente, c'est pour cette raison qu'une attention particulière lui a été fournie. La description lithologique ainsi que la cartographie des affleurements à l'échelle locale, a été largement abordée.

La géotechnique a été examinée à partir de certains facteurs géotechniques qui nous a permis de déduire mathématiquement cette instabilité. La direction des Travaux Publics DTP d'Ain Defla nous a fournis les données géologiques et géotechniques et a grandement contribué dans cette partie.

II. Problématique

Le chemin communal menant de la commune de Sidi Medjahed à Ben Allal est une route de circulation modérée. Aussi un danger peut être fatal surtout pour les habitants du Douar de Sidi Medjahed, passant régulièrement par cette route. Il fallait donc caractériser cette instabilité de terrain du douar Sidi Medjahed, en utilisant les méthodes citées plus haut.

Aussi, nous avons suggéré des solutions pouvant atténuer, voir éliminer le problème du glissement afin d'assurer une stabilité permanente.

III. But du travail

La lecture des travaux effectués sur le site instable de Sidi Medjahed nous a permis de bien se familiariser avec les notions fondamentales d'étude d'un cas de terrain instable. Tout d'abord, c'est l'aspect géomorphologique qui a retenu notre attention. Cet aspect a été combiné à ceux des caractères géologiques, géotechniques et géophysiques. Enfin, une conclusion a été ressortie de ces aspects. Ainsi qu'une perspective d'étude à ce travail.

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

1. Qu'est qu'un mouvement de terrain ?

Les mouvements de terrain sont des phénomènes qui sont étroitement liés à la force gravitaire terrestre. Ces derniers rassemblent les déplacements du sol comme ceux du sous-sol et peuvent être aussi bien d'origine naturelle comme les fortes averses, les fortes chutes de neige, les tremblements de terre ou les inondations. Le risque de ces mouvements est calculé par rapport à leur vitesse. On distingue deux sortes de mouvements: Les mouvements lents et continus et ceux rapides et discontinus.

Généralement, seuls les mouvements rapides peuvent représenter un sérieux risque pour les vies humaines. Les mouvements de terrains regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par année) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour) ; (Fig.1.).[1]



Figure 1. Mouvements de terrain [2]

2. Classification des mouvements de terrain

La classification des mouvements des terrains, qui est un moyen de dénomination des principaux types a préoccupé les spécialistes depuis plus d'une centaine d'années.

Chaque auteur selon sa formation et sa nationalité propose une classification en se basant sur des critères tels que :

- ✓ La nature de la roche ;
- ✓ La cinématique du mouvement ;
- ✓ La vitesse du mouvement ;
- ✓ La morphologie et le type de surface de rupture ;
- ✓ La cause de la rupture ;
- ✓ L'âge de la rupture ;

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

Cependant toutes les classifications peuvent être groupées en deux grandes catégories selon les processus des mouvements : les mouvements lents et continus et les mouvements rapides et discontinus.

Selon la vitesse de déplacement, deux ensembles peuvent être distingués : les mouvements lents et les mouvements rapides.

Seuls les mouvements rapides sont directement dangereux pour l'homme, leurs conséquences sont d'autant plus graves que les masses déplacées sont importantes, les conséquences des mouvements lents sont essentiellement socio-économiques ou d'intérêt public.

2.1. Les mouvements lents et continus

Ce sont de mouvements pour lesquels la déformation est progressive et peut être accompagnée de rupture mais en principe d'aucune accélération brutale.

2.1.1. Les affaissements

Le foisonnement des terrains superficiels amortit alors la remontée du vide, la perte des caractéristiques mécaniques (taux de travail admissible) représente la manifestation ultime de petits vides situés à grande profondeur qui décompriment les terrains jusqu'en surface [2].

Évolution de cavités souterraines dont l'effondrement est amortie par le comportement souple des terrains superficiels (Fig.2) . Ces cavités peuvent être :

- ✓ Des vides naturels par dissolution des roches solubles, calcaires, gypses.
- ✓ Des ouvrages souterrains exécutés sans précaution.
- ✓ Des carrières souterraines (calcaire, craie, mines de sel, de charbon).

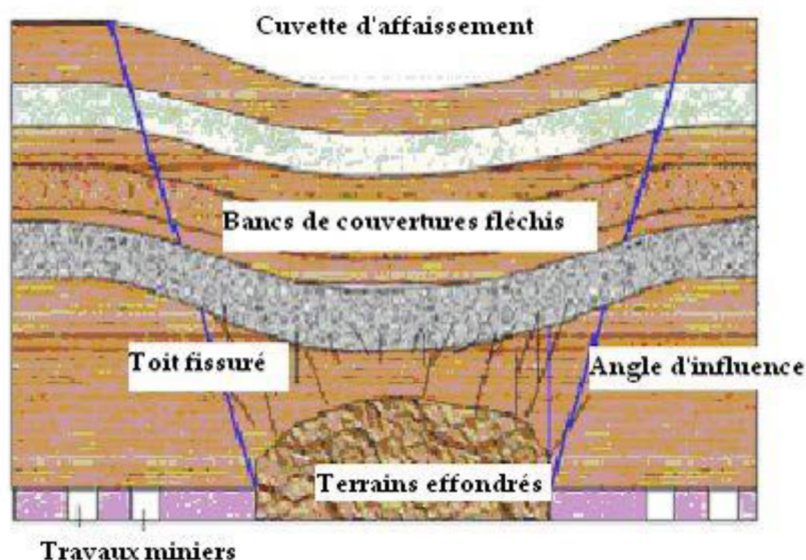


Figure 2. Les affaissements [3]

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

2.1.2. Les tassements

Le tassement différentiel est consécutif à un mouvement ou compactage du sol qui n'est pas uniforme. Généralement, des fissures apparaissent sur les constructions subissant de fortes tensions, à la suite de tassements différentiels.

La structure d'une maison peut être notamment sollicitée, dans les cas où elle est construite sur un terrain en pente, du fait de l'appui des terres, situées en amont sur les structures enterrées (Fig.3).

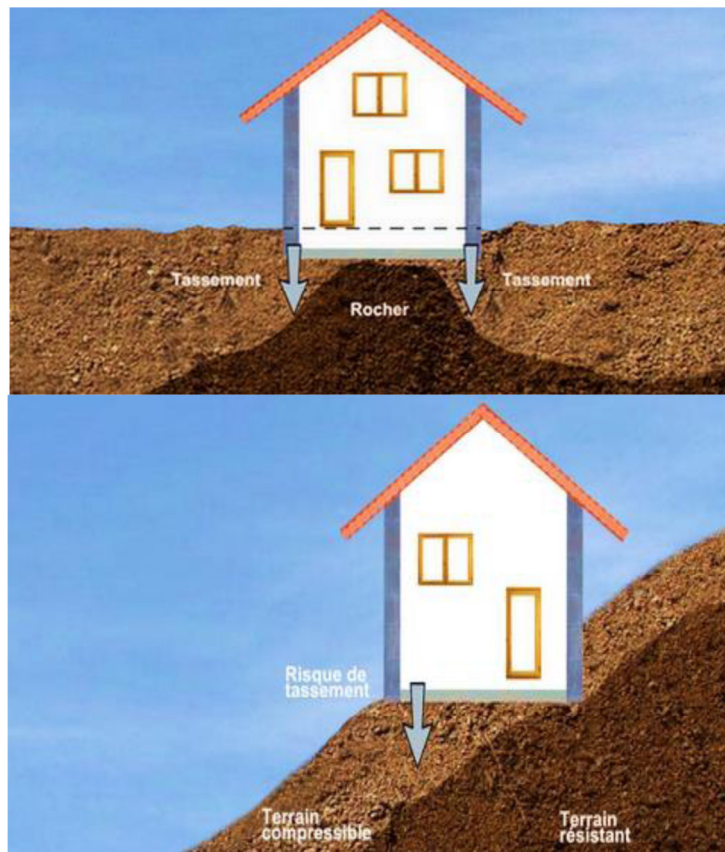


Figure 3. Tassement [4]

2.1.3. Le fluage des terrains

Ce sont des mouvements lents, de faible amplitude, qui se développent dans une zone dont les contours sont généralement difficiles à définir, tant en extension qu'en profondeur (Fig.4).

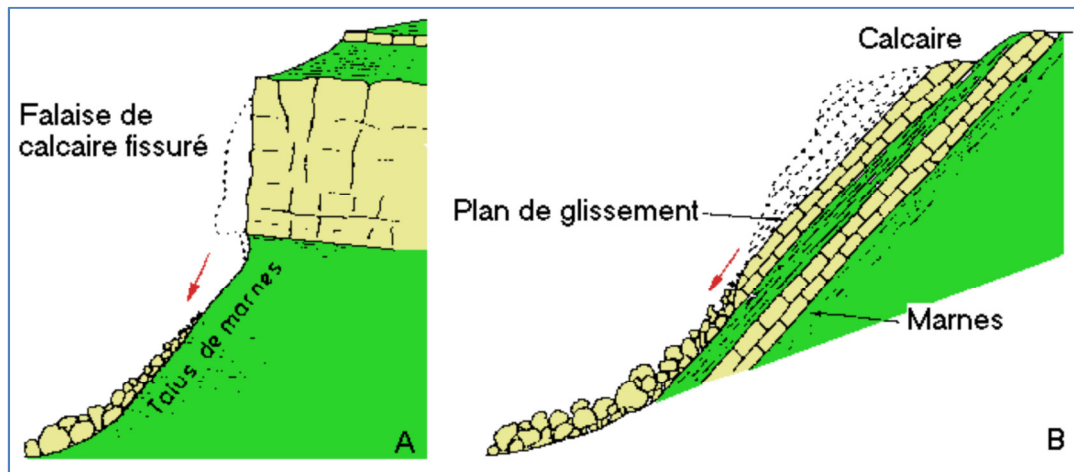


Figure 4. Schéma de fluage [5]

2.1.4. Les solifluxions :

C'est un cas particulier de fluage, c'est un phénomène superficiel provoqué par les variations de volumes au cours des saisons. La solifluxion se repère par la présence d'ondulation dans le sol et inclinaison des arbres (Fig.5).

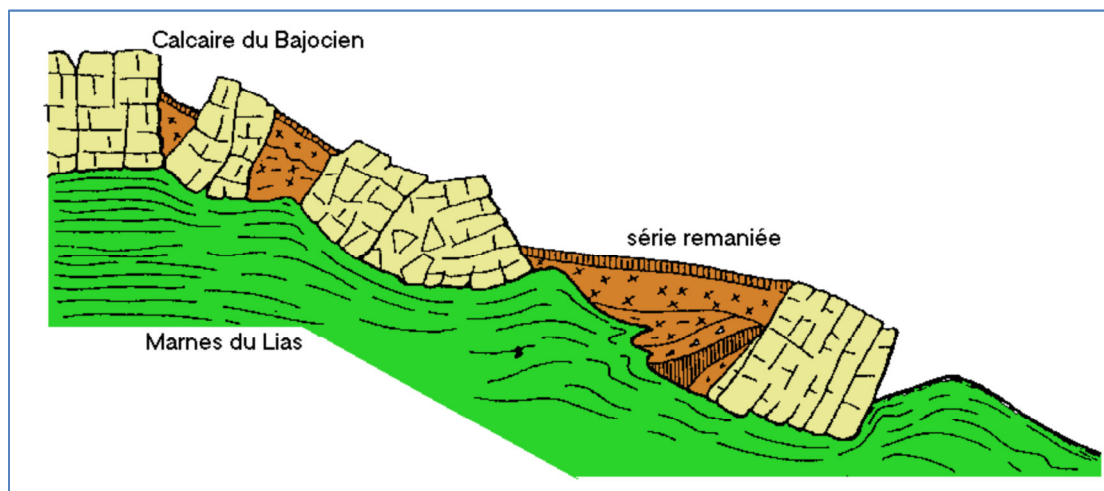


Figure 5. La solifluxion [5]

2.1.5. Les glissements de terrain

Le glissement de terrain est un phénomène géologique qui correspond au déplacement de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture. Des glissements de terrain peuvent être à l'origine de catastrophes naturelles engendrant des morts. Ils se produisent généralement dans des matériaux faiblement cohérents (marnes, argiles). Un glissement de terrain se produit lorsque les contraintes de cisaillement, dues aux forces motrices telles que le poids excède la résistance du sol le long de la surface de rupture (Fig6).

Selon la forme de la surface de rupture, on distingue trois types de glissements :

- Glissement plan
- Glissement rotationnels (Circulaire)
- Glissement rotationnels (complexes)

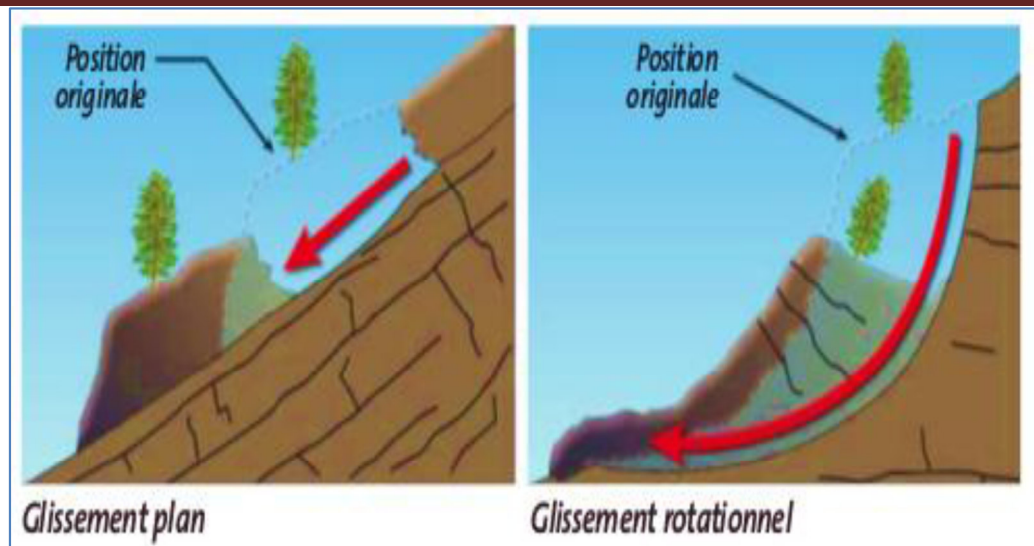


Figure 6. Glissement de terrain [5]

2.1.6. Le phénomène de retrait et de gonflement

Le phénomène de retrait et de gonflement des argiles constitue une source assez importante de détériorations sur l'habitat individuel. La présence d'argile dans un sol constitue un risque puisque la particularité de cette matière réside dans sa capacité de variation de volume selon sa teneur en eau. Autrement dit, en période de sécheresse, l'argile aura tendance à se rétracter plus ou moins fortement selon l'ampleur de la sécheresse. Dans ce cas-ci un phénomène de retrait sera constaté et peut aboutir sur plusieurs types de désordres: fissuration de la structure, décollements, ruptures de canalisation. À l'inverse, en cas de période de forte humidité, l'argile va se saturer en eau et ainsi augmenter en volume, cela va avoir pour effet de gonfler les sols. Les conséquences de ce phénomène peuvent être lourdes: fissuration de la structure, décollements des dallages, ruptures de canalisation, effondrement (Fig.7).

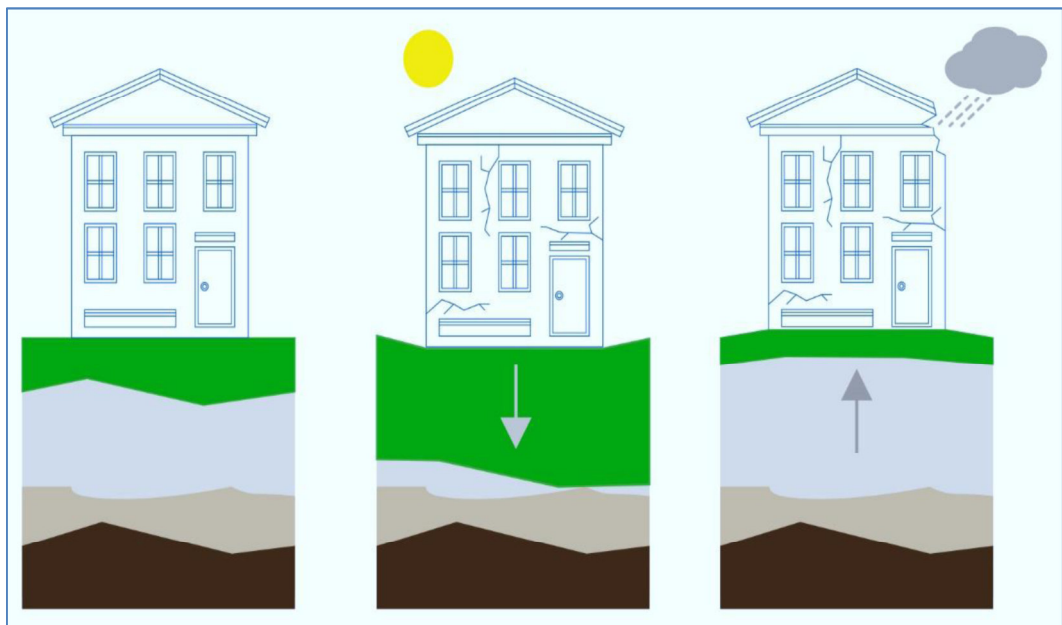


Figure 7. Les phénomènes de retrait et de gonflement [5]

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

2.2. Les mouvements rapides et discontinus

Les mouvements rapides peuvent être divisés en deux groupes, selon le mode de propagation des matériaux en masse ou à l'état remanié. Le premier groupe (propagation en masse) comprend :

2.1.7. Les effondrements

L'évolution des cavités souterraines naturelles (dissolution de gypse) ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains) peut entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire (Fig.8)



Figure 8. Effondrement [5]

2.1.8. Les chutes de pierres ou de blocs

Ils proviennent de l'évolution mécanique de falaises ou d'escarpements rocheux très fracturés.



Figure 9. Chute de pierres [5]

2.1.9. Les éboulements ou écroulements

Ce sont des chutes libres de pierres ou de sédiments se détachant d'un versant très fort, habituellement accompagnée de mouvements de rebondissement ou de roulement.



Figure 10. Éboulement ou écroulement [5]

2.1.10. Les laves torrentielles :

Qui résultent du transport de matériaux en coulées visqueuses ou fluides dans le lit de torrents de montagne.



Figure 11. Laves torrentielles [5]

2.1.11. Les coulées boueuses

Elles proviennent généralement de l'évolution du front des glissements [6]



Figure 12. Coulée boueuse [6]

2.2. Les glissements

Ils se caractérisent par la translation latérale d'une certaine masse de matériaux au niveau d'une surface de rupture nettement individualisée et se produisent généralement dans des matériaux faiblement cohérents (marnes, argiles..). Les glissements sont les mouvements qui affectent le plus fréquemment les ouvrages de génie civil et génie minier.

2.2.1. Principales causes des glissements

Plusieurs facteurs contribuent au déclenchement des glissements, les plus importants étant:
La nature des terrains : les terrains argileux sont prédisposés aux glissements.
L'action de l'eau: l'eau est dans la plupart des cas la cause principale dans la mise en mouvement des terrains.
les causes mécaniques externes: citons le terrassement au pied du talus, les entailles effectuées dans les talus stables, toute surcharge naturelle ou artificielle déposée sur une pente, les vibrations naturelles (séismes) ou artificielles (explosion, machines ou engins roulants ...). [7]

2.2.2. Classifications de glissement de terrain

On peut classer le glissement par deux éléments la profondeur estimée de la surface de glissement et selon la vitesse moyenne à long terme des mouvements voire les tableaux :

Tableau 1. Classification selon la profondeur de la surface de glissement [8]

Glissement	Surface de glissement
Superficiel	0 - 2 m
Semi – profond	2 - 10 m
Profond	10 - 30 m
Très profond	> 30 m

Tableau 2: Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne de glissement à long terme [8]

Glissement	Surface de glissement
Substabilisé , très lent	0 - 2 cm/année
Peu actif , lent	2 - 10 cm /année
Actif (ou lent avec phase rapides)	> 10 cm /année

2.2.3. Type des glissements de terrain

Après notre étude sur ce phénomène naturel, deux types de glissement :

2.2.3.1. Glissement superficiel « plan »

Ce type de glissement est caractérisé par une surface de rupture peu profonde, généralement d'une profondeur inférieure à 1,5 mètre sous le terrain naturel. Dans les sols argileux, n'affecte que la couche de sol superficielle altérée appelée « croûte argileuse ». De façon naturelle, il est causé par la saturation des sols lors de fortes pluies ou de la fonte de la neige. En règle générale, ce glissement se produit exclusivement dans le talus sans en toucher le sommet. Par contre, ses débris peuvent s'étaler à la base du talus sur des distances parfois importantes. Bien que ce type de glissement puisse sembler anodin, il peut causer d'importants dommages aux bâtiments, voire même menacer la sécurité des occupants [lien 1].

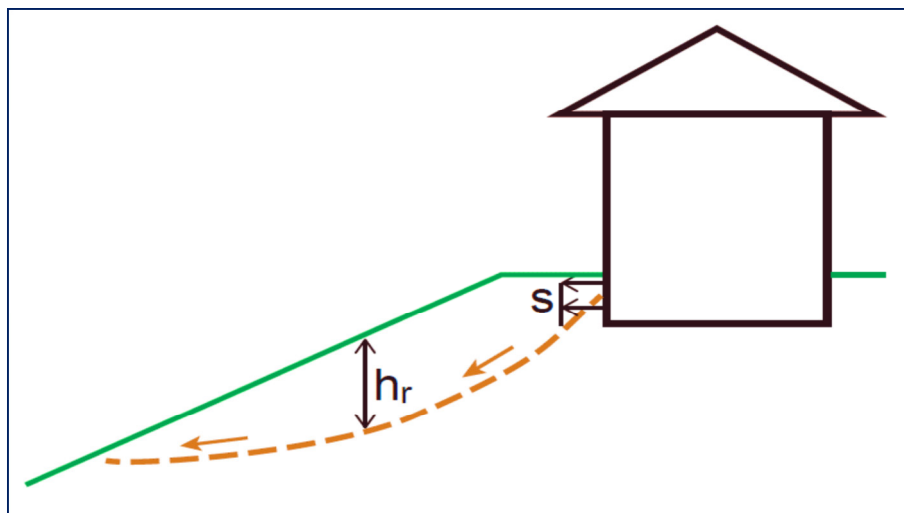


Figure 13. Glissement superficiel [lien1]

2.2.3.2. Glissement rotationnel

C'est l'exemple le plus commun. La surface de rupture présente une concavité orientée vers le haut. Il peut y avoir des fissures concentriques en plan, et concaves suivant la direction du glissement. L'image classique est la forme d'une cuillère. La forme du glissement peut être influencée par la nature des terrains concernés et les éventuelles discontinuités rencontrées. L'escarpement au niveau de la niche d'arrachement peut être relativement vertical et les mouvements sont relativement rapides. En amont de la niche d'arrachement, il peut apparaître des fissures de traction et une évolution régressive vers l'amont ou latérale du mouvement est possible.

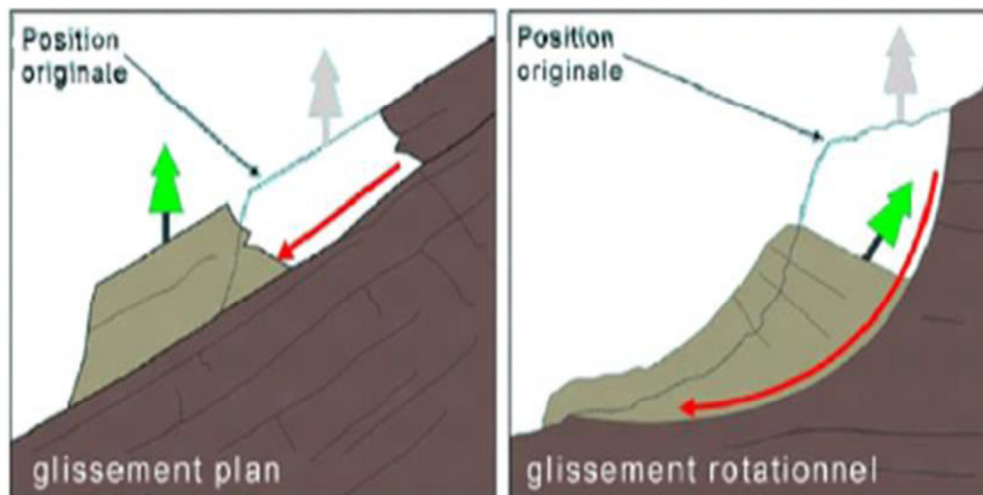


Figure 14. Schéma d'un glissement rotationnel et plan [9]

On distingue deux classes de glissement rotationnel :

2.2.3.3. Glissement rotationnel simple

C'est le cas le plus fréquent. La surface de rupture à une forme simple cylindre, Ce glissement est caractérisé comme suite:

En tête des fissures de traction, un escarpement correspondant au départ de la surface de glissement à la base, un bourrelet formé par des matières glissées.

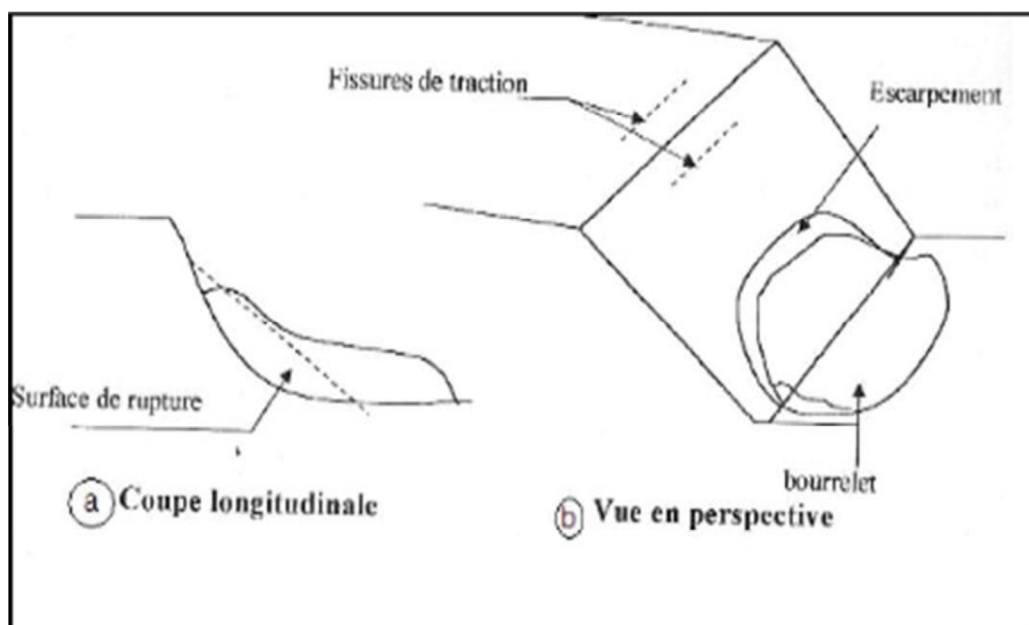


Figure 15. Glissement rotationnel simple [9]

2.2.3.4. Glissement rotationnel complexe

Il s'agit d'un glissement multiple, successifs remontant vers l'amont, les uns par rapport aux autres. L'apparition du premier glissement en bas de la pente est dû à la perte de la butée.

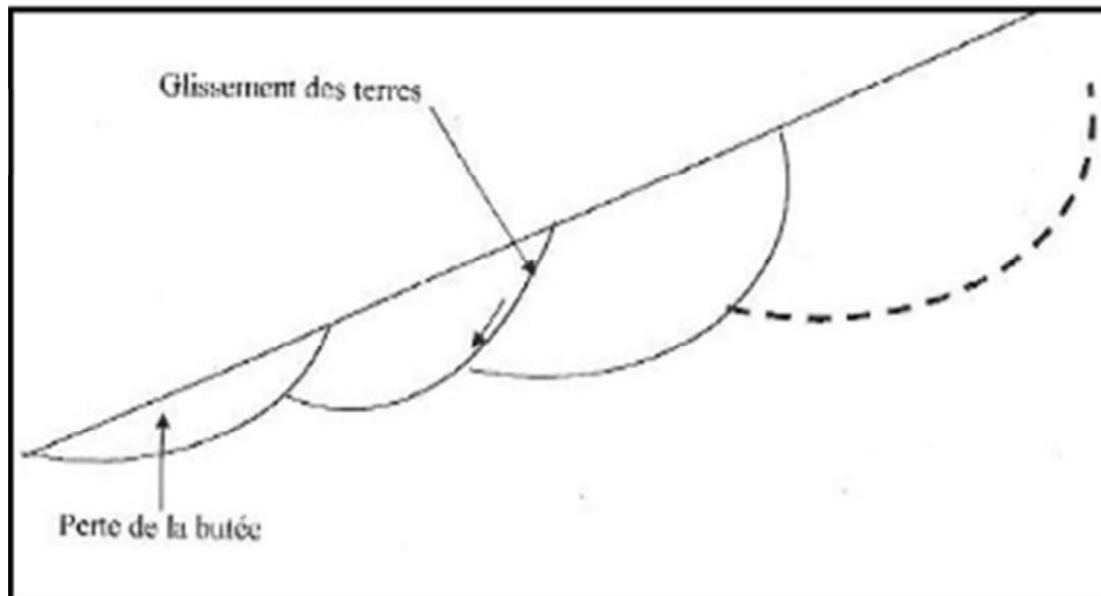


Figure 16. Glissement rotationnel complexe [9]

2.2.4. Les paramètres influençant le glissement de terrain

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau, sa perméabilité, son état d'altération sont autant de paramètres conditionnant la pente limite d'équilibre et l'occurrence du mouvement.

L'importance de la pente de terrain va permettre le développement de certains types de glissement. Une pente faible sera suffisante pour le déclenchement de phénomènes de solifluxion ou de fluage. La couverture végétale joue également un rôle dans la stabilité, la propagation et le déclenchement des glissements de terrain. Ce rôle peut être bénéfique ou néfaste selon le cas. Ainsi, les racines des végétaux renforcent la cohésion des sols, mais en cas de vent, l'effet de levier peut déraciner les arbres, ouvrant ainsi des brèches dans le sol et favorisant les infiltrations d'eau.

Outre les phénomènes d'infiltration, les circulations d'eau en surface contribuent aux instabilités des masses de sol, par un phénomène d'entraînement des matériaux.

Dans le cas de séismes, la mise en vibration des éléments du sol et la modification des conditions de pesanteur peuvent être à l'origine de la déstabilisation des masses en place.

De la même manière que pour les phénomènes d'éboulements, la modification de l'hydrologie par une activité humaine peut créer des zones à risques nouvelles.

Lors des chantiers de construction, la modification du relief et les opérations de terrassement peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied stabilisatrice d'une masse de terrain, ou bien augmenter la pente d'un versant composé de matériaux pas assez cohérents pour cette nouvelle topographie. Le remblaiement engendre une surcharge pouvant déclencher ou aggraver un glissement. De même il entraîne un tassement du sol et ainsi une diminution de la perméabilité, amplifiant l'instabilité. [10]

2.2.5. Quelques Exemples de glissement de terrain en Algérie

❖ Exemple de glissement de terrain dans la wilaya de Chélif, Douar Béni Akil, commune de Breira

Le glissement de terrain de Béni-Akil est marqué par une superficie glissante d'ordre 71000m^2 . A partir des observations sur le terrain, le glissement de terrain de Béni Akil se caractérise par une zone peu peuplée et par son éloignement de la ville, mais il y a des dommages

Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain

notables, comme l'affaissement de certaines maisons et le basculement de la route menaçant ainsi d'autres habitations. Ceci pourrait conduire à l'isolement de la région à l'avenir. Les facteurs à l'origine de ce glissement est la nature de la région en termes de type de sol (lithologie marneuse) et la présence d'une source d'eau, non négligeable. La pente est considérable, elle est de l'ordre de (70%), elle est suffisante pour provoquer le mouvement de la masse rocheuse ou du sol, en particulier dans le cas des précipitations des eaux de ruissellement [11]

❖ Exemple de glissement de terrain urbain (Les Amandiers, Miliana, W. Ain Defla)

Le glissement urbain du secteur des Amandiers prend origine d'une conjonction de la morphologie de pente moyenne d'environ 20%, de l'infiltration et l'accumulation des eaux le long d'un décrochement N 140°, et de la nature géologique de terrain, meuble. Dans cette zone du flanc Nord du mont du Zaccar, se sont développées des formations récentes (dépôts de pentes, éboulis, colluvions,..) sur un substratum jurassique en mini-graben, en relation avec la tectonique et la néotectonique [12].

❖ Exemple de Mascara

Le glissement de Mascara, spécialement de la route RN6 et N17, constitue depuis longtemps, un véritable danger potentiel vis-à-vis des infrastructures existantes (habitations, route, etc.) et cela, malgré les travaux de confortement déjà réalisés. Le diagnostic préliminaire établi des informations disponibles sur la région montre que ce glissement est probablement causé par la présence d'eau en ruissèlement. Les caractéristiques des formations de sol sont de faible portance. Le glissement de Mascara est un glissement très ancien évoluant dans un contexte routier et un aléa régional caractérisé par une sismicité moyenne. L'historique des mouvements dont on connaît la date de leur survenue indique qu'ils se sont produits tous en hiver ; ce qui montre, entre autres, l'importance de l'accroissement des pressions interstitielles sur l'instabilité du site d'étude. Enfin, les fissures et les affaissements, qui affectent fréquemment les différents boulevards situés dans la région instable, témoignent que les mouvements sont toujours actifs et cela malgré les études faites et les travaux de drainage déjà réalisés. [13]

3. Conclusion

Dans ce cadre et à travers la recherche bibliographique sur ce phénomène, il est relevé deux types de mouvements gravitaires, bien distincts et qui sont les mouvements lents et rapides. Les mouvements lents provoquent des changements progressifs qui peuvent se solder par des conséquences brutales, leurs dommages sont directs et touchent particulièrement les biens et la vie humaine. Les mouvements rapides se distinguent par contre par leur frappe brusque et immédiate, et sont considérés comme un risque très dangereux.

Les glissements de terrain constituent un phénomène parmi les plus répandus et qui sont définies par une rupture généralisée qui passe par des zones de faibles caractéristiques mécaniques.

Chapitre II. Etude géographique

Chapitre II : Etude géographique

1. Cadre géographique

Le glissement de terrain du douar Sidi Medjahed se localise dans la wilaya d'Ain Defla, daïra de Miliana, dans la commune de Ben Allal. La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et Ouest, le Nord et le Sud, occupant de ce fait, une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant ainsi une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison entre la région Ouest et celle de l'Est du pays.

Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du Dahra-Zaccar au Nord et l'Ouarsenis au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'est en Ouest par oued Cheliff, cours d'eau d'importance nationale.

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au Sud Ouest de la capitale et s'étend sur une superficie de 4544,28 km².

La wilaya d'Ain Defla est limitée par 05 wilayas :

Au Nord, la wilaya de Tipaza ;

Au Nord-est, la wilaya de Blida ;

A l'Est, la wilaya de Médéa ;

A l'Ouest, la wilaya de Chlef ;

Au Sud la wilaya de Tissemsilt.

Un réseau hydrographique dense, de type arborescent entaille la région d'étude, on cite à titre d'exemple les oueds suivants: oued Cristiou et Oued Heddoud. Ils ont une orientation nord sud et passe par le secteur d'étude. Une source d'eau avoisine le secteur d'étude : Aine Tala Ouchagouf.

Selon les habitants du sidi Medjahed et des régions adjacentes, le glissement est ancien (quelques dizaines d'années).

Et après une saturation d'eau, le terrain a subi un mouvement important des masses de sols dans le site.

La zone est classée comme dangereuse pour les usagers de la route. Pour assurer la stabilité du site, les autorités ont notamment mis en place un système traditionnel de drainage des eaux de la source principale et la restauration des bords de la colline à partir des flancs avoisinant la route.

L'élargissement de la route a provoqué la démolition du mur de gabion, détruisant ainsi la butée et donc provoquant une instabilité du terrain.

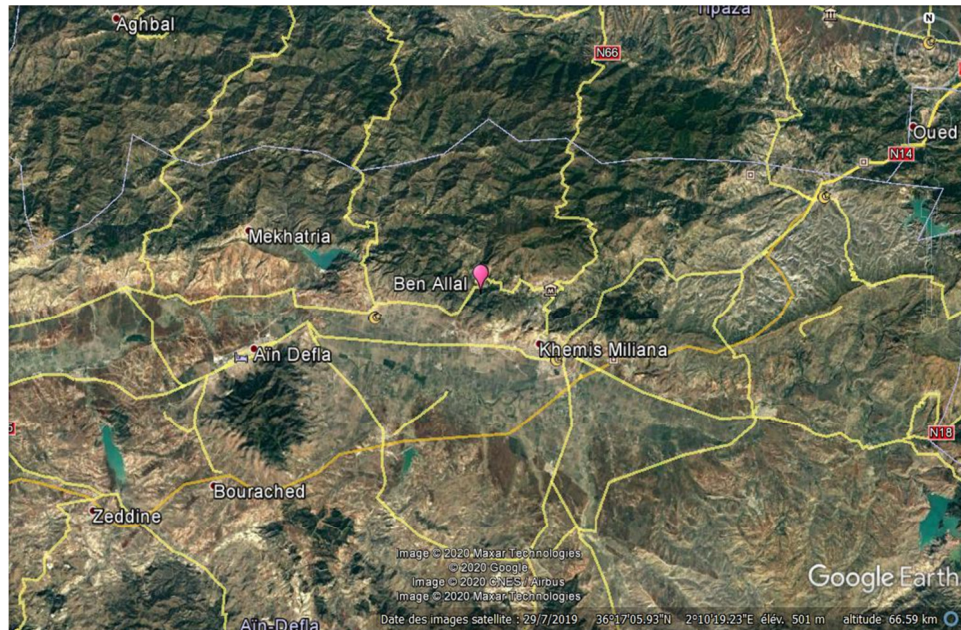


Figure 17: Image satellite de la situation géographique de la zone d'étude, (source : Google Earth)

2. Description du site

Notre site est situé à environ 02Km au Nord-est de la ville de Ben Allal en bordure du chemin communal menant vers la localité de Sidi Medjahed, il constitue un point de glissement en deux zones séparées et distantes entre elles d'environ 01 km.

La région d'étude se situe sur la terminaison du flanc Ouest du Zaccar, le long du chemin communal de Sidi Medjahed, au lieu dit **Bouchaboune**, commune de Ben Allal. La région correspond à un site montagneux, dont le relief est escarpé et accidenté, il culmine à 1575 mètres.



Figure 18. Image satellitaire de la 1ère zone de glissement (cercle rouge) ; (Google Earth)

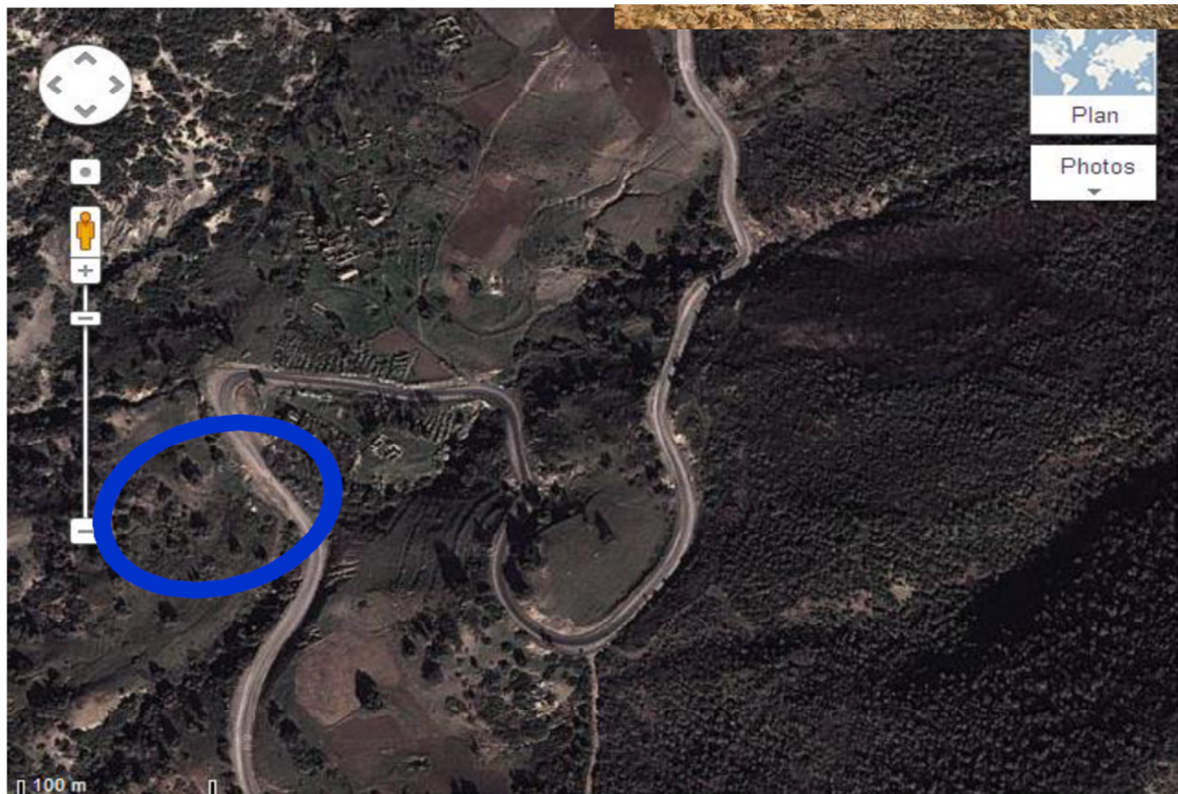


Figure 19. Image satellitaire de la 2^{ème} zone de glissement (cercle bleu) ; (Google Earth

2.1. Description du glissement

On note deux fronts de glissement qui attaquent la chaussée de part et d'autre, du côté Nord il s'exprime assez clairement et fait l'objet d'un confortement depuis quelques années avec la mise en place des tranchées drainantes, mais cette solution demeure sans succès, à cause de la nature argileuse du sol support de l'ouvrage.

Sur la première zone située au Sud, le glissement se manifeste par une cadence inférieure que celle du côté Nord.

2.1.1. Lithologie et accumulation des eaux

Les eaux entament leurs accumulations depuis le début des saisons pluviales sur le côté Nord de la chaussée, ce qui montre que les terrains en place deviennent très vite sursaturés en eau, et donnent ainsi un effet majeur au glissement de terrain.

2.1.2. Diagnostic du terrain

Il s'agit dans ce site de l'étude d'un glissement localisé. La partie affectée par ce glissement s'étale sur 30 m de longueur.

2.1.2.1. Signes du glissement

Un glissement de terrain est identifié par des signes visuels : fissures, inclinaison des arbres et des ouvrages de soutènement, ...etc. Pour le site étudié, le glissement de terrain présente les signes suivants :

Chapitre II : Etude géographique

❖ Sur la route

Une bonne partie du corps de chaussée de la route a été touché par le glissement de terrain, où des fissures sont apparues. En allant vers Sidi Medjahed , le côté gauche est le plus affecté où des fissures sont apparues sur une bande de longueur d'environ vingt (20) mètres couvrant ainsi presque la totalité du site avec une largeur maximale de deux (2,0) mètres (Figure 20).



Figure 20. Fissures longitudinales sur la bordure gauche de la route (Photo DTP, inédit, 2017)

Les accotements de la route n'ont pas échappés aux conséquences de ce glissement. L'accotement gauche a enregistré des affaissements continus, la valeur de cet affaissement était environ quarante (40cm) centimètres.



Figure 21. Dimension des fissures apparentes sur la chaussée (Photo DTP, inédit, 2017)

L'accotement gauche semble plus stable et n'a pas connu d'affaissements remarquables.

❖ Sur le gabionnage existant :

Le site étudié a été renforcé, uniquement dans sa partie gauche en allant vers Sidi Medjahed par un soutènement formé de gabions disposés en étages sur une largeur d'environ cinq (5,0) mètres, et le long d'environ vingt-cinq (25) mètres implanté à sept (7,0) mètres environ par rapport à la route.



Figure 22. Gabions réalisés sur la rive gauche de la chaussée (Photo DTP, inédit, 2017)

Chapitre II : Etude géographique

2.1.2.2. Facteurs favorisant le glissement

❖ Nature du sol en place

Nous avons remarqué qu'une bonne partie de la route est surmontée sur un sol constitué principalement d'une argile schisteuse imperméable puis vient une couche de schiste jusqu'à quatorze (14,0) mètres de profondeur surmontant des galets.



Figure 23. Faciès géologique en place (Photo DTP, inédit, 2017)

❖ Morphologie du terrain

Le site en question est caractérisé par un relief très accidenté, et localisé au point de passage d'un talweg.



Figure 24. Topographie accidentée du site

Chapitre II : Etude géographique

❖ Présence d'eau

Les eaux qui contribuent à la déstabilisation sont principalement celles de ruissellement. La région de Ben Allal est connue par sa grande pluviométrie en particulier en période hivernale. En plus, le site est localisé sous un talweg (zone n°02), qui ramène des quantités importantes d'eaux et en absence d'ouvrages de drainage, ces eaux en mouvement contribuent à la déstabilisation du site. On a constaté l'absence totale de cunettes de drainage des eaux dans les deux accotements de la route ce qui a engendré une importante érosion des talus.



Figure 25. Indice végétale dense montrant la saturation de sol en place

❖ Surcharges dues au trafic routier

Le site étudié se situe dans le chemin communal de Sidi Medjahed caractérisée par un trafic moyen. Ce trafic, en plus des autres facteurs, a contribué à la déstabilisation et aux déformations du sol.

❖ Absence de reboisement

Les arbres jouent un rôle important dans la stabilisation vis-à-vis des glissements de terrains par rabattement du niveau de la nappe en absorbant de grandes quantités d'eau et en maintenant le sol en place à l'aide de leurs racines profondes. Les arbres plantés dans le talus gauche en allant vers Sidi Medjahed ont contribué à la stabilisation de ce talus. Par contre, l'absence de ces arbres dans le côté opposé a privé le talus de ce renforcement naturel.

3. Le climat de la zone d'étude

La wilaya d'Ain Defla présente un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'août (Fig.2.5). L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. Une série d'étages climatiques qui va du sub-aride au fond de la vallée au sub-humide sur les reliefs. Cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide. De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.

La ville de Miliana bénéficie d'un climat méditerranéen. Les hivers sont doux voire frais, et les étés sont très chauds. Les précipitations atteignent ou dépassent 800 mm par an.

Chapitre II : Etude géographique

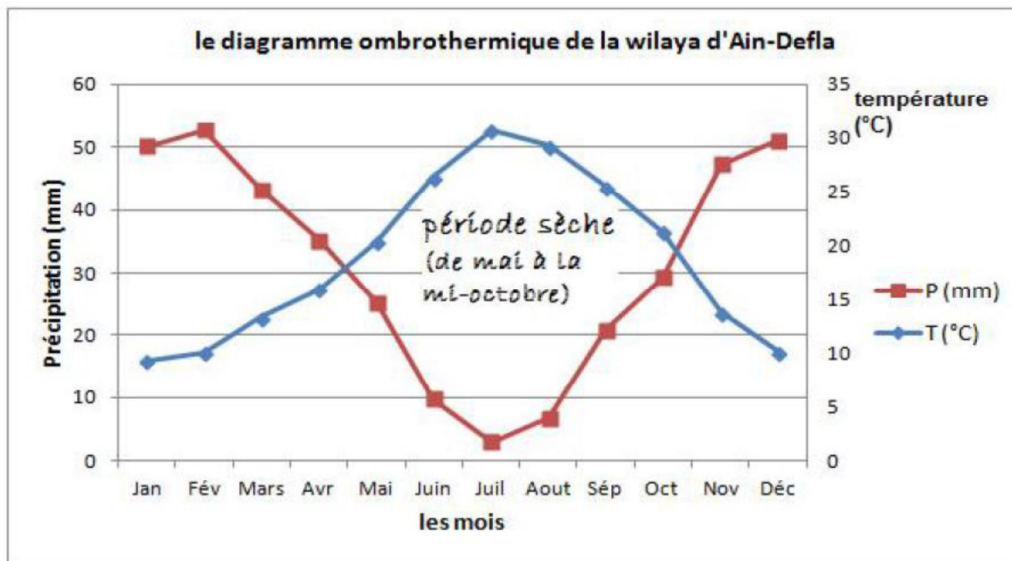


Figure 26. Diagramme Ombro-thermique de la zone d'étude Ain Defla (2008-2017) ;[Lien1]

La ville de Ben Allal bénéficie d'un climat tempéré chaude En hiver les pluies sont bien plus importantes à Ben Allal qu'elles ne le sont en été. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. En moyenne la température à Ben Allal est de 15.4 °C (Fig.2.6, Fig.2.7 et Tab.1). Les précipitations annuelles moyennes sont de 593 mm.

La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide Ets de 113.4 mm. 15.6 °C de variation sont affichés sur l'ensemble de l'année.

Le mois le plus chaud de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de 21.1 °C. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 5.5 °C. [Lien1]

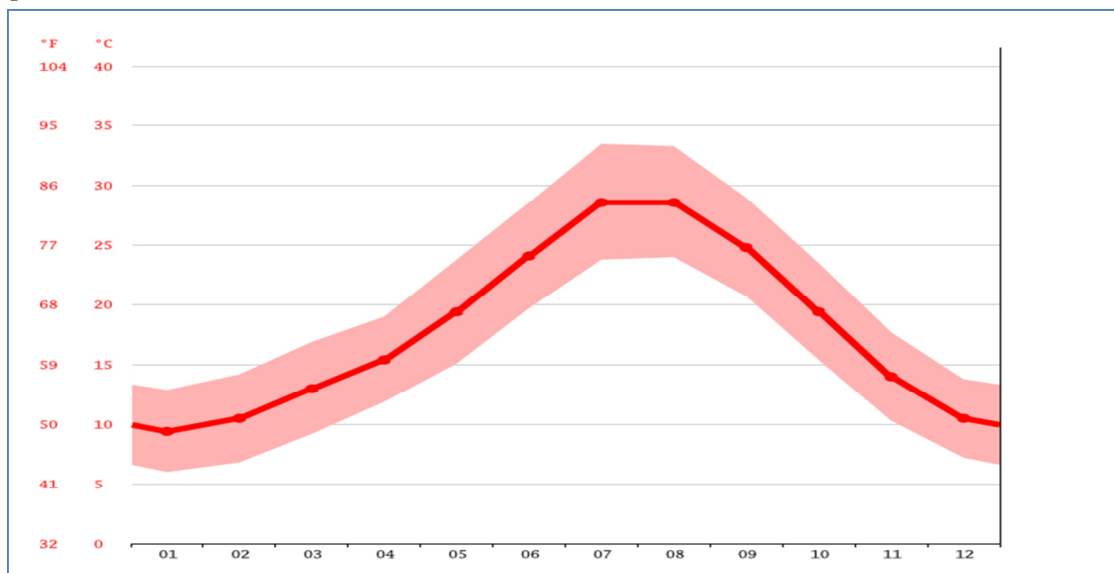


Figure 27. Courbe de température de Ben Allal [Lien1]

Chapitre II : Etude géographique

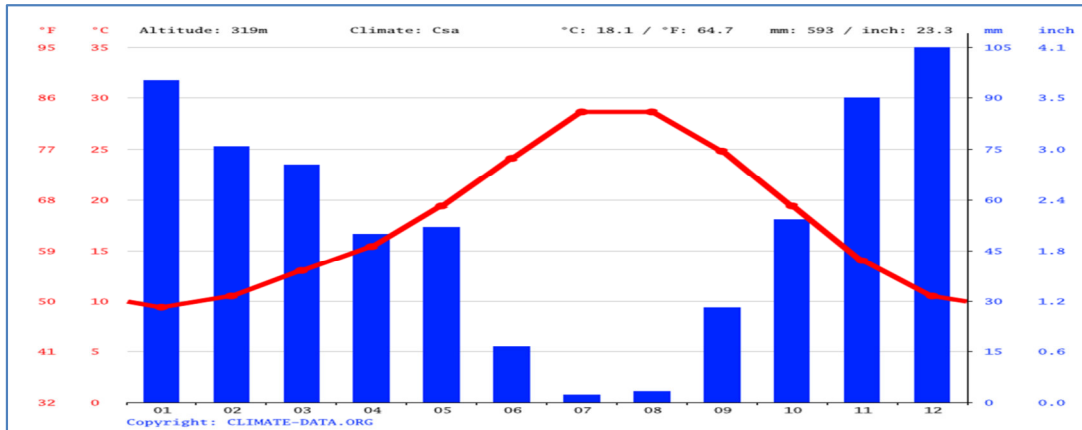


Figure 28. Diagramme climatique de Ben Allal [Lien1]

Tableau 3: Tableau climatique de Ben Allal [Lien1]

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	5,5	6,2	7,4	9	12,5	17	21	21,1	17,7	13,3	9,2	6,5	
Température moyenne (°C)	8,6	9,6	11,3	13,2	17,3	22,2	26,6	26,6	22,9	17,7	12,8	9,3	
Température maximale moyenne (°C)	11,7	12,9	15,2	17,4	22	27,4	32,1	32,2	28	21,9	16,4	12,3	
Précipitations (mm)	120,5	124	112,3	71,3	47,9	16,8	5,8	7,1	29,6	68,9	103,3	119,8	827,3

4. Les ressources hydriques de la wilaya

La wilaya d'Ain Defla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles (Fig.29). Pour l'alimentation en eau potable, on recense 152 forages, 155 puits, et plusieurs sources qui permettent l'alimentation de la population pour une dotation journalière de 166,03 l/j/hab. Le Taux de raccordement est de l'ordre de 87,26 %, les Communes les moins pourvues en eau potable se localisent dans la partie Sud de la Wilaya et nécessitent une intervention sectorielle appropriée. Pour ce qui est des eaux superficielles, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation. [14]

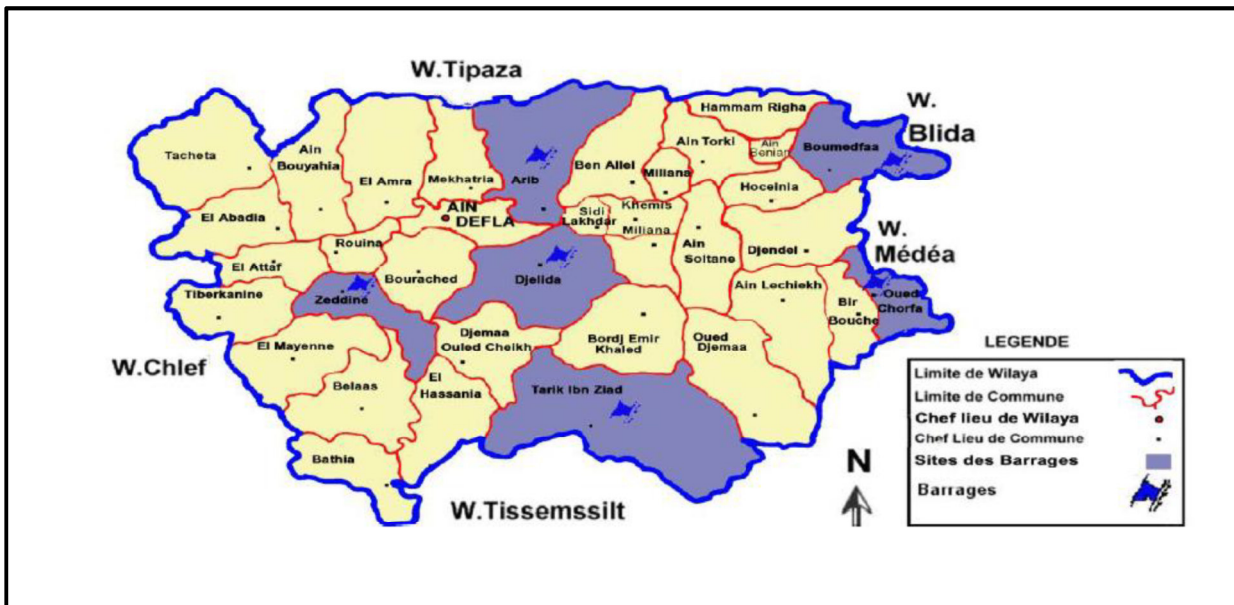


Figure 29. Localisations géographiques des barrages de la wilaya d'Ain Defla [14]

5. Sismicité de la zone d'étude

D'après le règlement parasismique algérien (RPA 99 / version 2003), la wilaya de Ain Defla est classée sur deux zones, la zone « II b », qui couvre le Nord de la wilaya, et la zone « II a » qui couvre ses régions Sud. La région de Miliana est située dans la Zone « II b », c'est-à-dire zone à sismicité moyenne.

Le document technique réglementaire, divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

- Zone 0 : Sismicité négligeable
- Zone I : Sismicité faible
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne
- Zone III : Sismicité élevée.

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité.

Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

- Groupe 1A : Ouvrages d'importance vitale
- Groupe 1B : Ouvrages de grande importance
- Groupe 2 : Ouvrages courants ou d'importance moyenne
- Groupe 3 : Ouvrages de faible importance

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau suivant [15]:

Chapitre II : Etude géographique

Tableau 4: Les coefficients d'accélération (A)

Groupe	ZONE			
	I	Ila	Iib	III
1A	0.15	0.25	0.30	0.40
1B	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

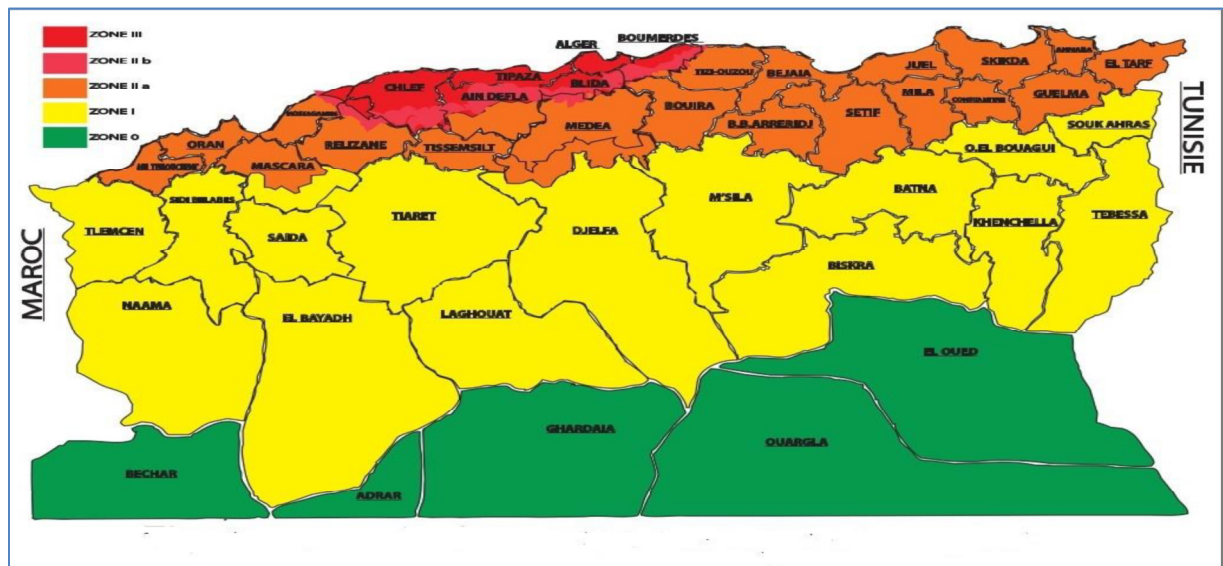


Figure 30. Carte de zonage sismique du territoire national [16]

6. Conclusion

La position géographique du glissement proche d'une agglomération constitue un danger permanent auprès de la population locale. Une pluviométrie assez conséquente de la moyenne annuelle de l'ordre de 593 mm par an est un facteur important dans la mobilisation des masses de sédiments instables. Aussi, la zone est accidentée, ce qui lui confère un aspect à risques.

Chapitre III . Etude géologique

Chapitre III : Etude géologique

1. Aperçu géologique régionale

La wilaya de Ain Defla appartient au domaine tellien, elle se limite par les massifs montagneux du Dahra au Nord, par l'Ouarsenis au sud, par l'Atlas Blidéen à l'est et par le massif du Chelif à l'Ouest. Entre ces monts, s'étend une plaine ou une cuvette, traversée d'est en ouest par le fleuve de l'Oued Cheliff.

Les grands faciès reconnus dans la région se résument surtout par la grandeur du faciès du flysch albien dénoté C2-1 sur lequel la ville de Miliana repose en partie sur ce dernier. Le deuxième faciès est incontestablement le calcaire liasique du Zaccar, ayant joué en une zone haute à la fin du Jurassique. Notre terrain d'étude se situe sur les faciès modestes calcaires du Miocènes et gréseux de l'Oligocènes. Ces formations reposent en discordance sur les faciès sus cités. Excepté les sédiments de l'Oligocène qui sont peu déformés, les autres couches ont été plissées, déformées durant la phase de l'Eocène moyen puis écaillées durant la phase paroxysmale du Miocène inférieur. Des microgranites et des rhyolites tertiaires recoupent la série (Fig. 31).

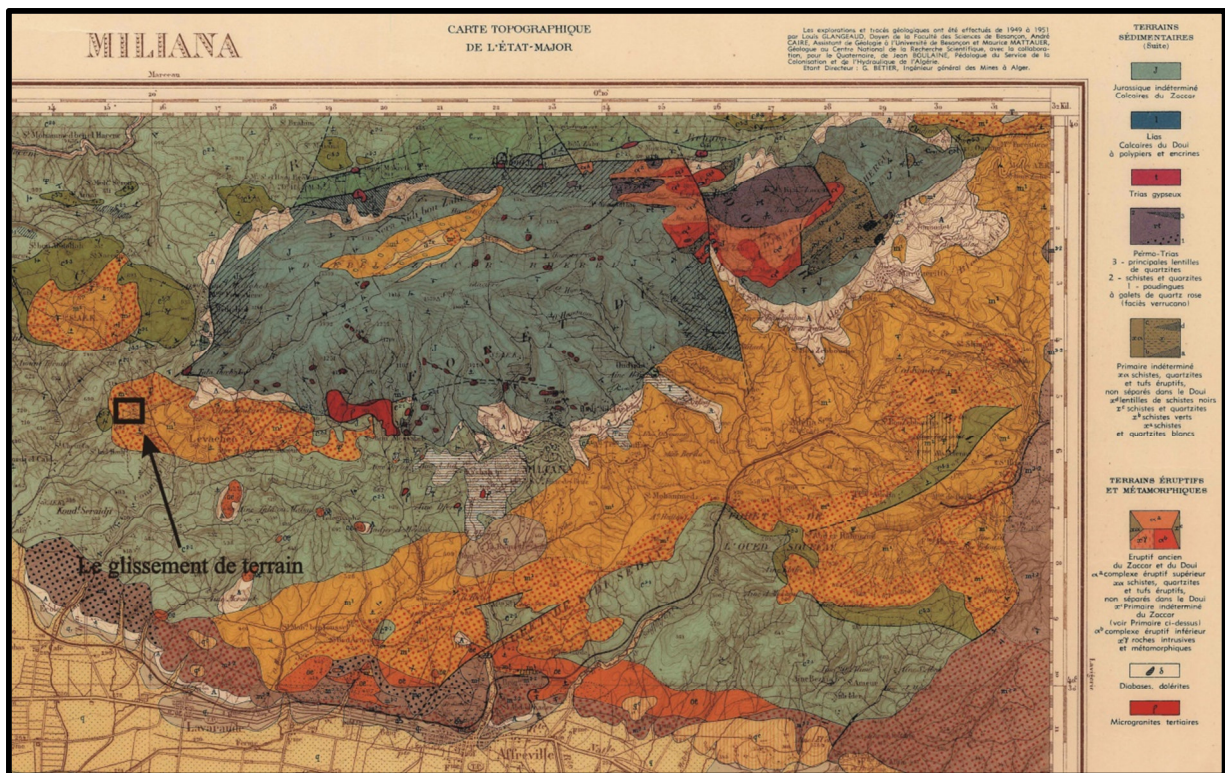


Figure 31. Extrait de la carte géologique de Miliana (n°84, 2ème édition, 1940); (échelle 1/50.000). Le rectangle noir représente la zone de glissement.

1.1. Géologie des régions avoisinantes

1.1.1. Le Zaccar

Il est formé des roches sédimentaires calcaires d'âge Jurassique Inférieur: le Zaccar Gharbi avec une altitude qui atteint 1576 m et le Zaccar Chergui dont l'altitude la plus élevée atteint 1530 m.

Dans le Zaccar, quelques affleurements réduits de schistes et grès et quartzites à Radiolaires, visibles sur les flancs nord ouest et est du Zaccar Gharbi pourraient représenter le Jurassique supérieur.

Au Zaccar Chergui et sur son flanc sud, deux principaux faciès ont été mis en évidence:

Chapitre III : Etude géologique

-Un faciès schisteux de couleur verdâtre, feuilleté, légèrement métamorphique, traversé par des intrusions doléritiques.

-Un faciès en position normale et/ou en discordance sur le premier, caractérisé par une série grés-quartziteuse blanche contenant quelques lentilles des schistes noirs. Un âge Carbonifère avait été attribué à cette série en relation avec sa position stratigraphique. [17]

1.1.2. La série du Doui

Elle contient à la base des bancs de conglomérats à galets de quartzite rose et des bancs de poudingues formant des petites reliefs mais au-dessus, on trouve des schistes violets alternant avec des quartzites rose [18].

1.1.3. Le Dahra

Ce sont des monts formés par un relief complexe avec un sommet avoisinant les 700 m, c'est la partie la plus accidentée de l'ensemble Dahra-Zaccar avec des pentes fortes variant entre 12% et 25%.

Les terrains sont tendres à prédominance marneuse favorisant l'érosion. La végétation naturelle est très dégradée à prédominance de maquis. [18]

1.1.4. L'Ouarsenis

L'Ouarsenis est un massif montagneux du Nord-Ouest de l'Algérie. Il culmine au pic Sidi Amar (1985 m) près de Bordj Bou Naama dans la wilaya de Tissemsilt. Les principaux sommets sont : le mont Achaoun (1 850 m), le Ras Elbrarit (1 750 m), les pics de Sidi Abdelkader et de Sidi Amar (1 985 m, au nord de Bordj Bou Naama), le mont Tamedrara et le Kef Siga.. La formation rocheuse de cet ensemble est formée de schiste marneux favorisant l'érosion. Les pentes sont comprises entre 10% et 30% [19]

1.1.5. La Plaine de Chélif

La plaine du Chélif est située dans le bassin de l'Oued Chelif dont elle constitue la partie est de la vallée et du bassin versant du Chélif-Zahrez.

Elle est séparée au nord-est de la plaine du Moyen-Chélif (Plaine d'El Abadia) par le bombement d'Ouled Abbes et circonscrite au nord et nord-est par le massif du Dahra, au sud et au sud-ouest par les contreforts de l'Ouarsenis.

La plaine du Chélif est divisée en trois parties: le Haut, le Moyen et le Bas du Cheliff. Les zones hautes du Chélif caractérisées par la présence à l'affleurement de terrains paléozoïques sédimentaires et magmatiques, recouverts par une plate-forme carbonatée Jurassique développée, passant à une schistosité dans les formations grès conglomératiques et dans les terrains péliques ou calcschisteux de certains massifs. Les massifs primaires et jurassiques, de dimensions modestes, apparaissent en fenêtres, isolés les uns des autres au sein du Mio-Plio-Quaternaire de la vallée du Chélif. Le Miocène post-nappes est discordant sur le substratum jurassico-éocène. La série schisto-gréseuse et conglomératique (Doui, Zaccar, Rouina), les calcaires jurassiques forment les massifs montagneux du Rouina et du Témoulga ainsi que certains affleurements au Doui, notamment des formations volcaniques (Doui, Zaccar). Les collines de l'Est du bas Cheliff sont plus récentes que le Dahra et le massif de l'Ouarsenis, d'âge Villafranchien, sont composées de limons et de calcaires intercalés de grès. Le bassin du Cheliff qui évolue dans ce domaine géologique de l'Algérie alpine (l'Atlas tellien) est qualifié comme un bassin subsident de type intra montagneux.

Chapitre III : Etude géologique

Les terrains allochtones mis en place lors des différentes phases tectoniques alpines (Eocène moyen, Miocène inférieur) [20].

1.2. Aperçu lithologique locale

1.2.1. Le Paléozoïque

Cinq formations caractérisent le Primaire, on distingue de bas en haut :

- 1) Un socle cristallophyllien.
- 2) Une série schisto-calcaire.
- 3) Une série schisto-quartziteuse
- 4) Un complexe volcanique.
- 5) Une série schisto-gréseuse et conglomératique.

1.2.2. Le Socle cristallophyllien

Découvert par Glangeaud en 1926, l'étude microscopique révèle un Orthogneiss à structure grano-lépidoblastique, résultant de la transformation d'une ancienne diorite quartzique d'âge anti-Silurien (Cambro-Ordovicien) ; (Kireche, 1977).

1.2.3. La série schisto-calcaire ou schiste de Littré

Elle affleure au massif de Littré par une puissante formation (1000m), répartie sur trois termes :

- A la base, des schistes argileux fins, de teinte lie-de-vin se débitant en plaquettes (1cm) ou en esquilles passant à d'autres schistes moins argileux plus épais. L'épaisseur de ce terme atteint une centaine de mètres
- Un terme détritique où les schistes s'intercalent avec des bancs de grès fins, de 10 à 30 cm d'épaisseur, deviennent plus nombreux vers le haut et confèrent à ce deuxième terme un faciès de flysch. L'épaisseur est de 50 m environ.
- Le troisième terme est à dominance calcaire. Un calcaire à grain fin et à patine jaunâtre coiffe les sommets de certaines collines. L'âge de la formation est siluro-dévonien selon Mattauer (1950).

1.2.4. La série schisto-quartziteuse

Au Zaccar Chergui et sur son flanc sud, deux principaux faciès ont été mis en évidence:

- Un faciès schisteux de couleur verdâtre, feuilleté, légèrement métamorphique, traversé par des intrusions doléritiques
- Un faciès en position normale et/ou en discordance sur le premier, caractérisé par une série grés-quartziteuse blanche contenant quelques lentilles des schistes noirs. Un âge Carbonifère avait été attribué à cette série en relation avec sa position stratigraphique (M. Mattauer, 1950).

1.2.5. Un complexe volcanique

A Zaccar, comme au Doui, un complexe volcanique débute par des tufs rhyolitiques, qui s'accroissent brusquement à des tufs, des brèches volcaniques, des roches d'épanchement vitreuses, des intrusions de rhyolitoides, d'andésites, de dacitoides, et des dolérites andésitiques (Glangeaud 1952).

Concernant les épanchements volcaniques de Tifrit et Ghar Rouban, Mattauer a attribué un âge viséen à ce complexe. Contrairement au Doui, sur la série schisto-calcaire de Littré et sous la

Chapitre III : Etude géologique

formation schisto-gréseuse et conglomératique Permo-Triasique, Kirèche (1977) a suivi l'avis Gentil pour un âge Permien.

1.2.6. La série schisto-gréseuse et conglomératique

Elle surmonte partout le complexe volcanique, sa limite inférieure coïncide avec la disparition des derniers termes volcaniques. Dans son faciès détritique elle est matérialisée par une alternance irrégulière des :

- conglomérats à galets de quartz roses, et à débris de roches éruptives,
- grès à éléments éruptifs, c'est à dire "Grauwacke"
- quartzites roses, quelquefois micacés
- schistes violets, souvent gréseux et micacés.

Sa position au-dessus du complexe volcanique et au-dessous des calcaires du Trias ou du Lias permet à attribuer un âge permien pour l'ensemble des auteurs.

1.3. Le Mésozoïque:

1.3.1. Le Trias

Au Nord du massif, plus précisément dans les régions des Riras et Tazrout , le Trias jalonne les contacts en position anormale. Il montre des masses gypseuses au milieu des schistes du Crétacé, des dolomies, des cargneules, des brèches à éléments de quartzites et de calcaires gréseux, bréchiques ou à poudingues. Suite aux faciès pétrographiques les géologues les placeraient au Trias.

1.3.2. Le Jurassique:

Le Jurassique est constitué essentiellement de dépôts carbonatés, par analogie aux affleurements d'autres régions en Algérie une série jurassique déduite de sa position entre le Primaire à la base et le Néocomien au sommet. La coupe type présente de la base au sommet les faciès suivants :

- Les dolomies brunes et les calcaires noirs du Lias inférieur.
- Les calcaires gris bleu, massifs et cristallins du Lias moyen.
- Les calcaires gréseux riches en accidents siliceux et des rognons de silex du Lias supérieur.
- Les calcaires à filaments du Bajocien-Bathonien.
- Les marnes et schistes callovo-oxfordiens.

1.3.3. Le Crétacé, il est constitué par :

Néocomien : Au dessus des calcaires jurassiques, une épaisse série est nettement différenciée des terrains environnants, à faciès schisteux de couleur bleu, le plus souvent très finement gréseux, se délitant facilement en esquilles allongées ou en plaquettes. Très souvent des bancs de quartzites peu épais y sont intercalés. Sur la base des traces de fossiles trouvées dans ces schistes, tout à fait analogues à celles trouvées dans les schistes de Bou Maad, de plus l'épaisseur de ces deux formations est comparable, permettant aux géologues d'admettre un âge Néocomien.

Aptien : En transition entre la série des schistes bleus et la série albienne, souvent remarqué des lentilles calcaires, d'épaisseur et d'allure variables. Ce sont des calcaires jaunâtres plus ou moins marneux, à patine blanche, avec des niveaux gréseux fossilifères de 50 m d'épaisseur. L'identité de

Chapitre III : Etude géologique

faciès avec l'Aptien du Bou Maad, fait penser que ces niveaux calcaires sont d'âge aptien (Mattauer,1950).

Albien : Ce sont des schistes argileux, verdâtres, ou gris sombre, alternant avec de petits lits de grès quartziteux, bruns, très reconnaissables, sur d'énormes épaisseurs (plus de 1000 m), typique albien, transgressif sur les terrains inférieurs, donne au Zaccar et Doui sa forme en haut fond au milieu d'une large mer albienne peu profonde (Mattauer 1950).

Vraconnien – Cénomaniien : Au-dessus de l'Albien, le Vraconnien-Cénomaniien s'individualise sous forme d'un ensemble de calcaire noir à patine blanche et de marno-calcaire gris, en identité de position et de faciès absolue avec les étages Vraconnien et Cénomaniien des régions voisines (Mattauer 1950).

1.3.4. Le Cénozoïque :

1.3.5. Le Tertiaire :

L'Eocène : Il est présent sous forme de quartzites et de marnes colorées .

Le Miocène : Il est nettement transgressif, en discordance sur les terrains précédents, se déposent :

- Les grès et poudingues de la base du Cartennien , d'une épaisseur très variable pouvant dépasser la centaine de mètres.
- Les marnes du Cartennien, contrastant avec les terrains environnants par leurs ravinements.
- Les argiles helvétiques, donnant des reliefs mous caractéristiques, transgressives sur le Cartennien.
- Le Tortonien représenté par des grès du djebel Gontas, transgressifs sur le terrain inférieur.

1.3.6. Le Quaternaire :

Il est composé de sédiments issus de l'érosion des formations anciennes, sous forme d'alluvions et de terrasses alluviales.

Chapitre III : Etude géologique

Age	Log	Description
Tortonien		-----
Helvesien		-----
Cartenien		-----
Varco-Cénomaniens		Calcaires noires et marno-calcaires
Albien		Schistes argileux.
Néocomien		Schistes bleus.
Jurassique		Faciès Schisto-carbonaté à intercalation de quartzites. Calcaires du Zaccar.
Trias	Argiles gypseuses et brèches dolomitiques. Série éruptives.	
Paléozoïque	Série du Zaccar chergui.	

Figure 32. Log stratigraphique de la région de Zaccar (Mattauer, 1950).

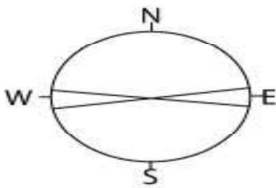
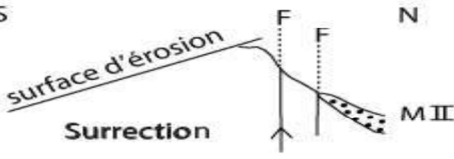
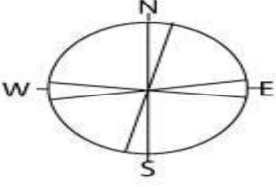
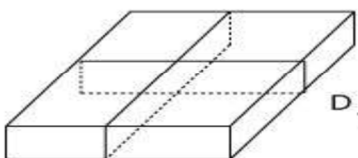
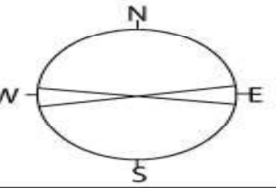

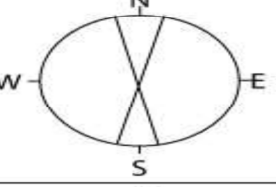

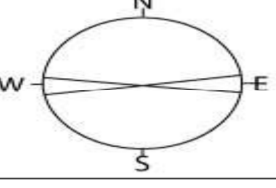

ORIENTATION	STRUCTURES	PHASES TECTONIQUES
		PHASE RECENTE (Post Miocène II)
	D: diaclases  mise en place des nappes	PHASE 4 (Miocène I)
		Phase 3 (Miocène I)
	 S: Schistosité	Phase 2 (Oligocène)
		Phase 1 (Lutétien)

Figure 33. Les phases tectoniques dans les massifs du Chélif (Kireche, 1977).

1.4. Tectonique :

La déformation dans les calcaires et calcschistes des massifs du Chélif est remarquable par sa forte ductilité. Dans les schistes et quartzites éocrétaqués (El Karimia, Lala Ouda, Arib, Doui) et les schistes paléozoïques (Doui, Zaccar), la dissolution liée à la déformation donne des exsudats de quartz très nombreux. Dans les laves et les pyroclastites (Doui, Zaccar), la déformation est variable selon les niveaux: faible dans les roches massives ou à grain grossier, mieux exprimée dans les lithologies fines, micacées, où une schistosité-foliation apparaît. Dans les quartzites et les poudingues du Doui et du Zaccar, la ductilité est plus faible, les galets sont peu ou pas déformés, parfois fracturés, la schistosité disparaît et des fentes de tension s'organisent en réseau conjugué lié à une constriction NE-SW.

La caractéristique essentielle de toute la lanrière est le développement de schistosité et de métamorphisme épizonal lié à la première phase tectonique.

Les Plis dans les massifs du Chélif sont affectées de plis hectométriques à kilométriques, déversés vers le sud ou le sud-est. À ces plis sont associés des plis mineurs observables jusqu'à l'échelle de la lame mince. Les plissements sont bien marqués dans certaines lithologies comme les calcaires et calcschistes du Témoulga, les schistes du Doui, les schistes éocrétaqués d'El Karimia et de Lala Ouda, la rareté des plis dans certaines formations comme les calcaires du Doui, du Rouina

Chapitre III : Etude géologique

ou du Zaccar peut être expliquée par la transposition importante, due au fort aplatissement, facilitée par le fluage des carbonates [21].

La structure la plus dominante est l'anticlinorium de Zaccar de direction Sud-ouest à Nord-est sur 14km. Elle est modifiée par le plissement des formations plus récentes. Les roches jurassiques du Zaccar Rherbi sont bien observables avec les deux plis anticlinaux.

Il existe une deuxième structure qui s'allonge de l'Est en Ouest et correspond à deux chaînes de montagnes, celle du Nord et celle du sud qui sont séparées par une dépression. Il s'agit de plissements qui sont à leur tour modifiées par d'autres plis moins importants.

Dans la partie où s'inscrit la région d'étude, l'intensité de plissements est plus élevée que celle de l'ouest. En générale les plis sont petits, leur longueur en direction est de 20-50m à 100-200m, rarement à 600-800m et une largeur de quelques mètres à 100m. Les axes des plis sont parallèles à l'axe anticlinal du Zaccar.

Cette tectonique affecte le Miocène « Post-nappes » du Chélif (Miocène moyen). Ce Miocène est relevé sur les bords des massifs, voire même déversé ; c'est le cas au Sud du Zaccar pour les bassins de Ben Allal (ex-Levacher), Ain Torqui (ex-Margueritte), au Nord- Est également vers Tizi Ouchir. Une partie peut être conservée au sommet (affleurement miocène du Zaccar Gherbi vers Sera Sidi Bou Sahara).

Une ligne quasi continue de failles sépare vers versant Nord du Zaccar de sont encaissant Crétacé, avec remobilisation du Trias tellien. Des fractures orthogonales rendent compte de l'interruption brutale du massif à l'Est comme à l'Ouest, ainsi que la dépression médiane séparant le Zaccar Gherbi du Zaccar Chergui.

2. Aperçu géologique local

2.1.Géologie locale

La zone d'étude de Sidi Medjahed (Miliana) est situé sur le flanc ouest du Zaccar. En positionnant le site d'étude sur la carte géologique de Miliana (1984), nous remarquons que le glissement de terrain est situé sur le faciès Miocène, dénoté M¹. En compagnie avec notre promoteur, la visite du site a montré que le glissement affecte plutôt un terrain meuble, actuel. Le faciès miocène affleurent surtout le long des ravins et oueds de la zone d'étude. Les coupes lithologique ci-dessous montrent essentiellement des bancs décimétriques de brèches calcaires mal cimentées, reposant sur des niveaux argileux ou argilo-carbonatés (Fig. 35).

2.2.La coupe lithologique locale

1er site : Les couches sont subhorizontales, leur épaisseur est de l'ordre du mètre. Leur âge est quaternaire ancien à récent. Ils sont formé surtout de clastes calcaires concassés et restés presque sur place d'où leur médiocre émoussé, ils correspondent donc à des brèches calcaires connues communément en tant que des éboulis de pente. L'épaisseur moyenne des galets est de l'ordre de 10 cm en moyenne alors qu'à la base les éléments sont plutôt centimétriques et mal calibrés. Ces galets dont sont mal cimentés. Lorsqu'il existe, le ciment liant ces particules est argileux calcaire.

Chapitre III : Etude géologique

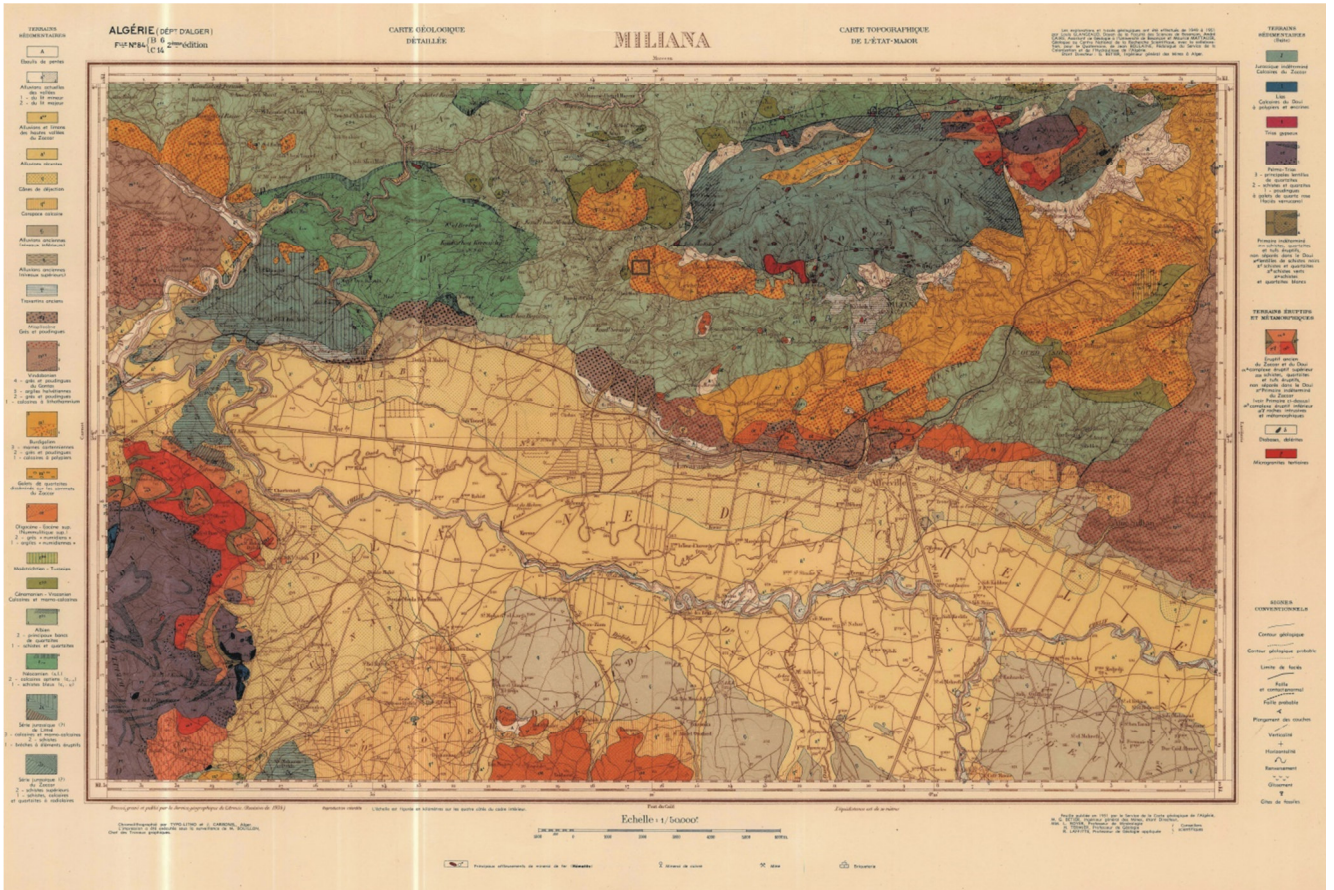


Figure 34 Carte géologique N°84 de Miliana, échelle : 1/50.000

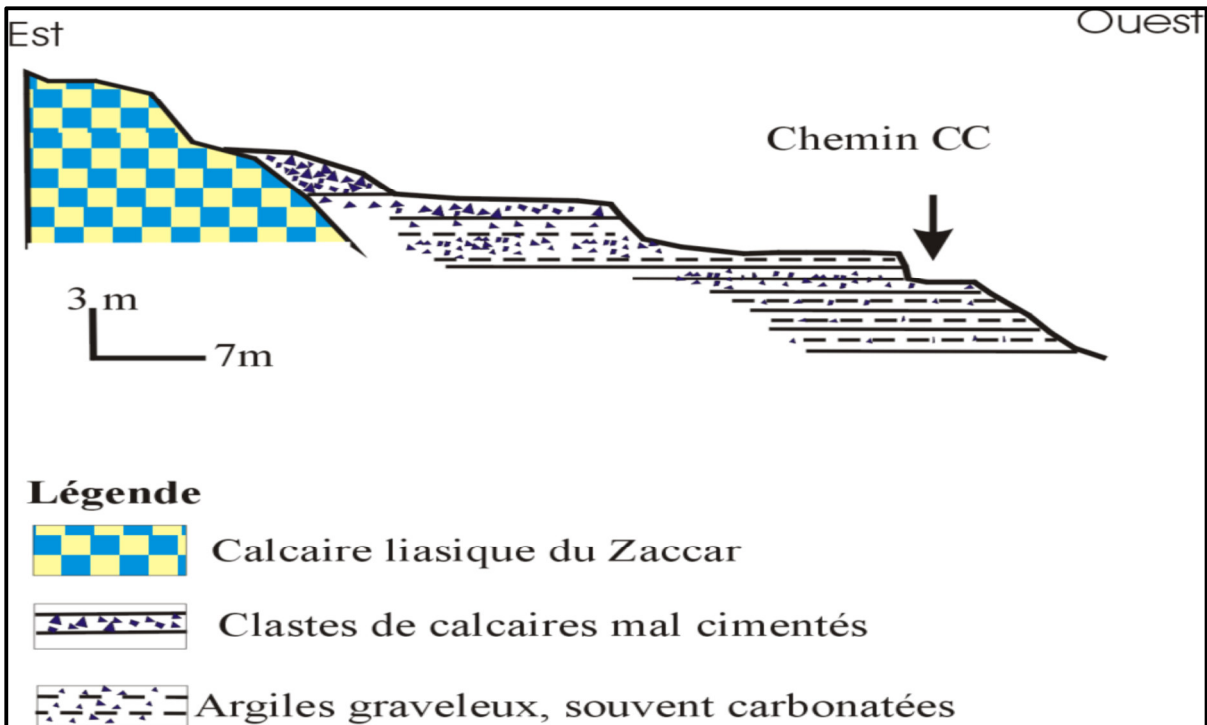


Figure 35. Coupe lithologique locale de la 1ère zone (24)

Chapitre III : Etude géologique

2ème site : Les couches sont plus moins déformées et altérées et sont discordantes sur les couches du calcaire liasique. Ils ont un pendage moyen, générale vers le Sud est. Mais ici, ils sont recoupées en direction, c'est pour cette raison que la coupe géologique les représente comme étant des couches horizontales (Cf. coupe géologique). Le site, objet de l'étude représente des niveaux de schistes argileux de remaniement, plus ou moins en place mais perturbés. Ces schistes appartiennent aux flyschs albiens. Ils sont marqués surtout par la turbidite Te ou Tde (Bouma, 1962). Ils sont donc formés essentiellement par des argiles schisteuses et des siltites

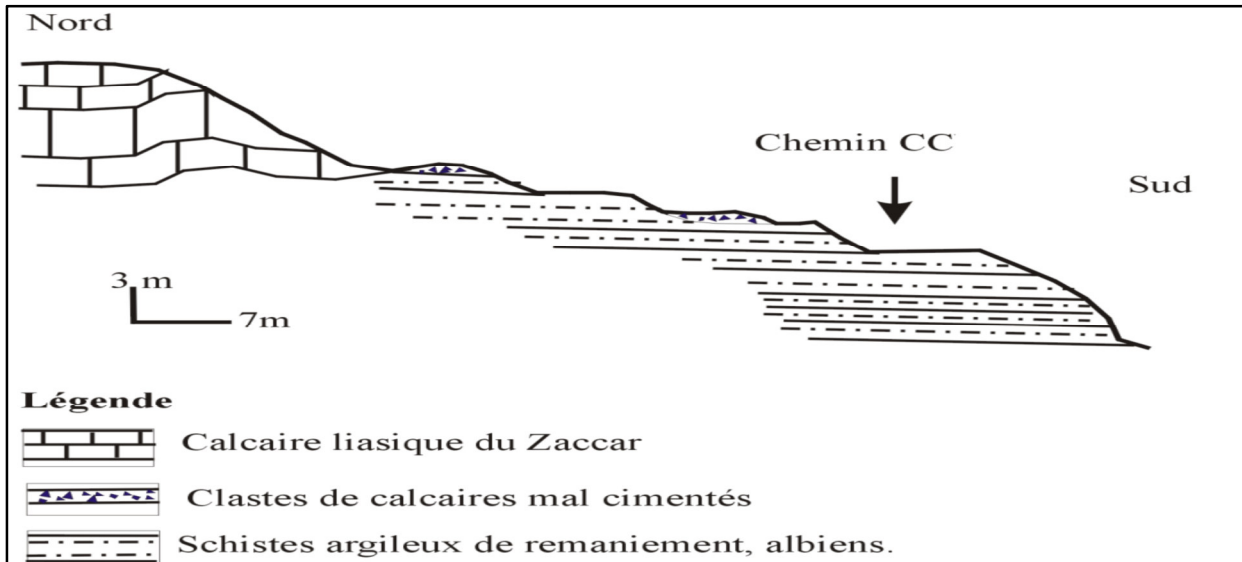


Figure 36. Coupe lithologique locale de la 2ème zone (24)

2.3. Les glissements dans la région

Les mouvements de masse sont des processus fréquents sur les versants essentiellement marneux et argileux du Miocène. Ils se produisent soit lentement, soit rapidement et affectent l'ensemble ou seulement quelques portions bien particulières des versants.

Cette forme d'érosion est représentée par des glissements de terrains, des éboulements rocheux, ou par des cicatrices d'arrachements déclenchées par le sapement de berges entraînant des glissements localisés. La cause de ce type d'érosion (lent ou rapide) est à rechercher dans le déséquilibre entre d'une part, la masse de la couverture pédologique, de l'eau qui s'y trouve stocké et des végétaux qui la couvrent et d'autre part dans les forces de frottements de ces matériaux dans la roche altérée en pente sur laquelle ils reposent.

Les glissements se produisent généralement dans notre région dans des matériaux meubles et essentiellement dans un milieu au comportement elasto-plastique. Ces instabilités qu'est généralement présentent dans les terrains à forte pente et à matériaux marno-argileux existant dans cette zone. La présence des glissements anciens donne au paysage un aspect moutonné, par contre les glissements récents existent sous forme de cicatrices d'arrachements. D'autres cicatrices d'arrachement plus importantes, sont rencontrées dans les environs de Sidi-Medjahed et dans la vallée de l'Oued Souffay.

Parmi les glissements les plus spectaculaires de la région, celui rencontré sur le versant Sud du Zaccar Chergui entre Ain-Turki et Ain-Benian. D'après des études (Mattaeur.1950), il est défini comme un ancien glissement qui s'est très bien développé et s'impose dans le paysage général avec une manifestation spectaculaire qui fait qu'on le voit de très loin.

Chapitre III : Etude géologique

Il est probable que ce glissement corresponde au tracé d'une ancienne faille toujours active qui délimite le massif du Zaccar Chergui du côté Sud.

2.4.Causes probables du glissement :

L'étude sur le site et la géologie de la région peuvent montrer quelques causes géologiques et hydrogéologiques, Nous les mentionnons:

- La présence d'une source d'eau au sommet de la colline.
- La forte pente et son incapacité à supporter le poids des matériaux en mouvement à la surface.
- La formation composée d'argiles à fragments de roches deviennent mobiles en cas de saturation en eau de pluie.

2.5.Hydrologie de site

Le site est situé au piémont du massif de Zaccar et constitué de roches relativement imperméables ce qui favorise des pressions interstitielles énormes surtout en saison pluviale.

Un couvert végétal dense recouvre la région. Un chevelu hydrographique relativement profond entaille la région, notamment l'Oued Cristou, Chabet Dar Ben Zarfa et Chabet Ain Oufrane.

Le secteur d'étude est une zone montagneuse occupée en majorité par les forêts, est très accidenté, des écoulements assez importants, ruissellent de part et d'autre sur les deux talus, se rencontrent dans une dépression près de la chaussée affectée.

2.6.Influence du système aquifère

La carte géologique ainsi que la colonne lithologique indiquent la présence de la nappe aquifère des calcaires du Jurassique. Les affleurements géologiques situés sur la zone prospectée sont représentés surtout par des formations de schistes albiens imperméables. Il y a donc une influence des fluctuations de la nappe aquifère sur la stabilité de la zone. Les sources issues des calcaires jurassiques alimentent constamment la nappe libre des éboulis de pente quaternaires. Par voie de conséquence, ces eaux s'acheminent par les fissures et diaclases et affectent le site. C'est pour cette raison qu'un système de drainage adéquat de ces eaux superficielles pouvant être véhiculé s'impose.

2.7.Sismicité

La zone s'intègre dans une zone d'activité sismique de sismicité moyenne : zone II-a (RPA 99, modifié en 2003). [23]

3. Conclusion

Le glissement de Sidi Medjahed constitue une menace majeure pour les usagers de la route, surtout en hiver et lors des précipitations. Aussi, les formations géologiques affleurant sont formées d'un sol argileux, pulvérulent, en contact avec de l'eau, provoquera une instabilité récurrente de la route.

Les études de surface ne suffisent pas pour connaître toutes les raisons qui ont conduit au glissement. Le site doit donc être étudié par des méthodes géotechniques et géophysiques.

Chapitre IV . Etude Géotechnique

1. Définition:

La géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur, l'étude des propriétés mécaniques et physico-chimiques des sols, ainsi que l'interaction entre les terrains et les ouvrages environnants d'une partie, de l'ouvrage objet de la prestation du fait de sa réalisation et / ou de son exploitation d'autre part.

La géotechnique est basée principalement sur deux sciences:

- La géologie qui retrace l'histoire de la terre, précise la nature et la structure des matériaux et leur évolution dans le temps,
- La mécanique des sols et des roches qui modélisent leur comportement en tant que déformabilité et résistance des matériaux.

2. Domaine d'application

La géotechnique joue un rôle essentiel dans l'acte de construire pour tous les travaux de bâtiment, de génie civil et d'aménagements On peut citer :

- Les fondations des ouvrages : bâtiments, ponts, usines....
- La stabilité des pentes naturelles et des talus
- Les terrassements : routes, autoroutes, voies ferrées...
- Les tunnels et travaux souterrains
- Les barrages et notamment digues et barrages en terre La géotechnique est nécessaire tout au long du projet, du début à la fin.
- Etude d'impact, d'environnement et de pollution
- Recherche et choix d'un site
- Avant-projet et mise au point du projet
- Assistance technique à la maîtrise d'œuvre.
- Contrôle des travaux et ouvrages géotechniques liés au terrain.

3. Domaines d'activité et moyens

Les activités géotechniques se développent dans les domaines suivants:

- De l'ingénierie (études, maîtrise d'œuvre spécialisée, contrôles...)
- Des sondages et puits de reconnaissance
- Des essais et mesures in situ et en laboratoire

La géotechnique a les moyens et la main-d'œuvre nécessaires pour faire son travail :

- Ingénieurs et techniciens : études, direction des prestations de sondages et d'essais, contrôles de réalisation des ouvrages.
- Laboratoires d'essais, équipes de mesures et d'instrumentation
- Ateliers de sondages, forages, essais in situ
- Logiciels informatiques de calculs. [24]

4. Etude géotechnique de glissement de Sidi Medjahed

Après avoir lu les données des analyses de terrain et des analyses sur site, un programme géotechnique a été créé pour déterminer les propriétés physiques et mécaniques de différentes couches de sol. Ces formations sont utiles pour confirmer les hypothèses proposées sur les causes du glissement et offrent une solution définitive pour assurer le succès du projet de construction de la route.

Chapitre IV : Etude géotechnique

Les données utilisées dans cette étude ont été obtenues à partir de la DTP (direction des travaux publics) d'Ain Defla (2016).

La campagne d'investigation effectuée par l'Entreprise des travaux publics sur le site a porté sur la réalisation des travaux suivants :

- Essais in situ.
- Essais au laboratoire.

L'objectif de cette étude est de déterminer la succession lithologique et déterminer les propriétés mécaniques et physiques du sol afin de trouver une solution optimale pour empêcher la possibilité de glisser la masse dans le futur.

4.1. Plan d'implantation des essais in situ

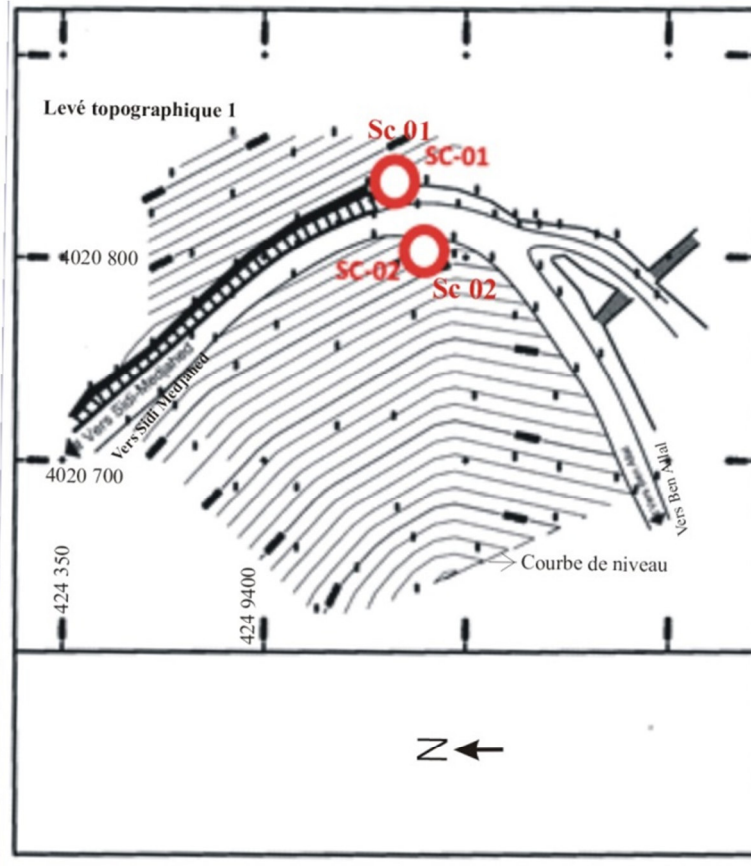


Figure 37. Implantation des sondages réalisés en zone n°01. [24].

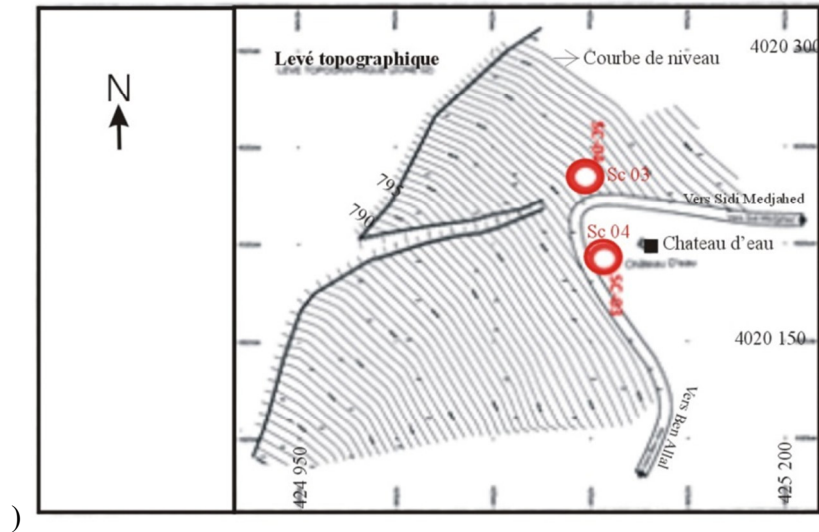


Figure 38. Implantation des sondages réalisés en zone n°02, [24]

- **Les essais in situ (DTP, inédit, 1917)**

Pour la reconnaissance sur les deux sites, une machine de forage a été utilisée en rotation. Elle a deux sondages carottés de 25 m de profondeur chacun.

Aussi un pénétromètre dynamique de type lourd a été mobilisé sur site, des essais de pénétration dynamique sont réalisés et poussés jusqu'au refus.

Tableau 5: les essais in situ [24]

N° de la zone	Nombre	Profondeur
Zone n°01 (du sud)	SC1	jusqu'à 25 m
	SC2	jusqu'à 25 m
Zone n°02(du nord)	SC3	jusqu'à 25 m
	SC4	jusqu'à 25 m

- **Les essais de laboratoire :** sont représentés sur le tableau ci-dessous

Chapitre IV : Etude géotechnique

Zone n°01 :

Tableau 6: les essais de laboratoire pour la zone n°1 [24]

N° sondage	N° et Profondeur échantillon	Type d'essais
SC 01	Echantillon 1 : Pf : 2,00-2,50 Echantillon 2 : Pf : 3,00-3,50 Echantillon 3 : Pf : 4,00-4,50	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation - Cisaillement rectiligne CD
	Echantillon 4 : Pf : 5,00-5,50 Echantillon 5 : Pf : 6,00-6,50	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse granulométrique - Limites d'Atterberg ;
	Echantillon 6 : Pf : 7,00-7,50 Echantillon 7 : Pf : 8,00-8,50	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
	Echantillon 8 : Pf : 9,00-9,50 Echantillon 9 : Pf : 10,00-10,50	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse granulométrique -Limites d'Atterberg ;
	Echantillon 10 : Pf : 11,00-11,50 Echantillon 11 : Pf : 12,00-12,50	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
	Echantillon 12 : Pf : 15,00-16	<ul style="list-style-type: none"> - Essai oedométrique
	SC 02	Echantillon 13 : Pf : 16,00-6,50 Echantillon 14 : Pf : 17,00-17,50
Echantillon 15 : Pf : 18,00-18,50 Echantillon 16 : Pf : 19,00-19,50		<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
Echantillon 17 : Pf : 20,00-20,50 Echantillon 18 : Pf : 21,00-21,50		<ul style="list-style-type: none"> - -Cisaillement rectiligne UU - Essai oedométrique
Echantillon 19 : Pf : 22,00-22,50 Echantillon 20 : Pf : 23,00-23,50		<ul style="list-style-type: none"> - Analyse granulométrique -Limites d'Atterberg ;

Chapitre IV : Etude géotechnique

Zone n°02 :

Tableau 7: les essais de laboratoire pour la zone n°2 (24)

N° sondage	N° et Profondeur échantillon	Type d'essais
SC 03	Echantillon 21 : Pf : 2,00-2,50 Echantillon 22 : Pf : 3,00-3,50 Echantillon 23 : Pf : 4,00-4,50	- Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation - Cisaillement rectiligne CD
	Echantillon 24 : Pf : 5,00-5,50 Echantillon 25 : Pf : 6,00-6,50	- Analyse granulométrique - Limites d'Atterberg ;
	Echantillon 26 : Pf : 7,00-7,50 Echantillon 27 : Pf : 8,00-8,50	- Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
	Echantillon 28 : Pf : 9,00-9,50 Echantillon 29 : Pf : 10,00-10,50	- Analyse granulométrique -Limites d'Atterberg ;
	Echantillon 30 : Pf : 11,00-11,50 Echantillon 31 : Pf : 12,00-12,50	- Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
	Echantillon 32 : Pf : 15,00-16	- Essai oedométrique
SC 04	Echantillon 33 : Pf : 16,00-6,50 Echantillon 34 : Pf : 17,00-17,50	- Analyse granulométrique -Limites d'Atterberg ;
	Echantillon 35 : Pf : 18,00-18,50 Echantillon 36 : Pf : 19,00-19,50	- Teneur en eau naturelle; - Densité sèche, humide et degré de saturation
	Echantillon 37 : Pf : 20,00-20,50 Echantillon 38 : Pf : 21,00-21,50	-Cisaillement rectiligne UU - Essai oedométrique
	Echantillon 39 : Pf : 22,00-22,50 Echantillon 40 : Pf : 23,00-23,50	- Analyse granulométrique -Limites d'Atterberg ;

Chapitre IV : Etude géotechnique

4.3. Les essais in situ

Les sondages révèlent l'existence de trois couches de sol principales. La première est une couche d'argile graveleuse de couleur beige qui se superpose sur une seconde couche formée principalement par une couche de schiste argileux de couleur beige surmontant la troisième couche composée des galets marno-calcaires.

4.4. Essais de laboratoire

A partir des sondages carottés des échantillons seront prélevés pour des essais de laboratoire, dans le but d'étudier les caractéristiques physiques, et mécaniques du sol.

- Teneur en eau naturelle, Densité sèche, humide et degré de saturation :

Zone n°01 :

Tableau 8: Teneur en eau naturelle, densité sèche, humide et degré de saturation des essais de laboratoire pour la zone n°1 (24)

SONDAGE	N° et Profondeur échantillon	$\gamma_h(k_n/m^3)$	$W_{nat}(\%)$	$S_R (\%)$
SC 01	Echantillon 1 : Pf : 2,00-2,50	20,00	17,69	81,12
	Echantillon 6 : Pf : 7,00-7,50	20,70	16,37	85,35
	Echantillon 10 : Pf : 11,00-11,50	21,42	15,15	89,80
SC 02	Echantillon 15 : Pf : 18,00-18,50	22,17	14,02	94,48

Zone n°02 :

Tableau 9: Teneur en eau naturelle, densité sèche humide et degré de saturation de essais de laboratoire pour la zone n°2 (24)

SC 03	Echantillon 21 : Pf : 2,00-2,50	21,10	5,08	39,80
	Echantillon 26 : Pf : 7,00-7,50	21,40	13,28	83,53
	Echantillon 30 : Pf : 11,00-11,50	21,70	13,47	84,72
SC 04	Echantillon 35 : Pf : 18,00-18,50	22,01	13,66	85,92

Chapitre IV : Etude géotechnique

N.B : D'après les degrés de saturation obtenus, on peut conclure que le sol du site est presque moyennement saturé.

▪ **Résultats de l'analyse granulométrique (24)**

Zone n°01 :

Tableau 10: Résultats de l'analyse granulométrique pour la zone n°1 (24)

N° sondage	N° et Profondeur échantillon	Passant à 80 μ (%)	Passant à 2mm (%)
SC 01	Echantillon 4 : Pf : 5,00-5,50	94,2	99,1
	Echantillon 8 : Pf : 9,00-9,50	79,6	86,5
SC 02	Echantillon 13 : Pf : 16,00-6,50	67,3	75,5
	Echantillon 19 : Pf : 22,00-22,50	56,8	65,9

Zone n°02 :

Tableau 11. Résultats de l'analyse granulométrique pour la zone n°2 (24)

N° sondage	N° et Profondeur échantillon	Passant à 80 μ (%)	Passant à 2mm (%)
SC 03	Echantillon 24 : Pf : 5,00-5,50	86,7	91,2
	Echantillon 28 : Pf : 9,00-9,50	73,2	79,6
SC 04	Echantillon 33 : Pf : 16,00-6,50	61,9	69,5
	Echantillon 39 : Pf : 22,00-22,50	52,3	60,6

Les échantillons analysés sont des sols fins (plus de 50% d'éléments sont inférieur à 0.08 mm).

▪ **Limites d'Atterberg :**

Les résultats présentés dans le tableau suivant :

Zone n°01 :

Chapitre IV : Etude géotechnique

Tableau 12: Limites d'Atterberg pour la zone n°1 (24)

N°sondage	N° et Profondeur échantillon	W_L (%)	W_P (%)	IP (%)	Classe
SC 01	Echantillon 5 : Pf : 6,00-6,50	38,90	16,50	22,40	AP : argile peu plastique
	Echantillon 9 : Pf : 10,00-10,50	37,40	15,50	21,90	AP : argile peu plastique
SC 02	Echantillon 14 : Pf : 17,00-17,50	43,57	18,48	25,09	AP : argile peu plastique
	Echantillon 20 : Pf : 23,00-23,50	40,39	16,74	23,65	AP : argile peu plastique

Zone n°02 :

Tableau 13: Limites d'Atterberg pour la zone n°2 (24)

N°sondage	N° et Profondeur échantillon	W_L (%)	W_P (%)	IP (%)	Classe
SC 03	Echantillon 25 : Pf : 6,00-6,50	39,29	16,67	22,62	AP : argile peu plastique
	Echantillon 29 : Pf : 10,00-10,50	37,77	15,66	22,12	AP : argile peu plastique
SC 04	Echantillon 34 : Pf : 17,00-17,50	44,01	18,66	25,34	AP : argile peu plastique
	Echantillon 40 : Pf : 23,00-23,50	40,79	16,91	23,89	AP : argile peu plastique

Chapitre IV : Etude géotechnique

N.B : D'après la classification de LCPC, l'échantillon de sol classé comme Argile peu plastique de symbole Ap .

▪ **Essai de cisaillement :**

Les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau 14: Essai de cisaillement (24)

Sondage	Sol	Caractéristique mécanique		
		γ	$C'(kpa)$	ϕ'
SC-01 : Echantillon 3 : Pf : 4,00-4,50	Argile graveleuse	22,1	137,2	29,6
SC-02 : Echantillon 17 : Pf : 20,00-20,50	Argile graveleuse	22,5	161,6	28,7
SC-03 : Echantillon 23: Pf : 4,00-4,50	Schiste argileux	20,5	127	27,44
SC-04: Echantillon 37 : Pf : 20,00-20,50	Schiste argileux	21,2	151	26,78

N.B : Les caractéristiques mécaniques récapitulées sur le tableau ci avant montre que nous sommes en présence d'un sol possédant une bonne résistance au cisaillement. L'angle de frottement est relativement importante même à court terme est justifié par le caractère schisteux des terrains en place.

▪ **Essai oedométrique libre :**

Tableau 15: Essai oedométrique libre (24)

Sondage	Sol	Taux de gonflement (%)	Pression de gonflement en bar	Indice de gonflement (%)	Gonflement primaire (%)	Gonflement secondaire (%)
SC-02	Argile graveleux	42,76	1,68	2,76%	4,42%	8,31%
	Argile graveleux	41,05	1,61	2,65%	4,24%	7,98%
SC-04	Schiste argileuse	32,76	2,48	2,56%	5,31%	6,32%
	Schiste argileuse	31,45	2,38	2,46%	5,10%	6,07%

5. Analyse du modèle sujet d'étude

5.1. Définition des données

Les coupes choisies pour l'analyse du modèle, sont représentées sur les figures (39) et (40). Les coordonnées des points surfaciques de la coupe (hauteur et la distance entre les points) ont été déterminées suite à la superposition du levé topographique. Les profondeurs des couches de sol sont définies en se basant sur les résultats des sondages carottés.

Parmi ces trois coupes on a considéré à celui qui passe par la plus grande pente et où on trouve le maximum d'informations géologique géotechniques.



Figure 39: Profil du modèle à analyser pour la 1ère zone (source Google Earth)

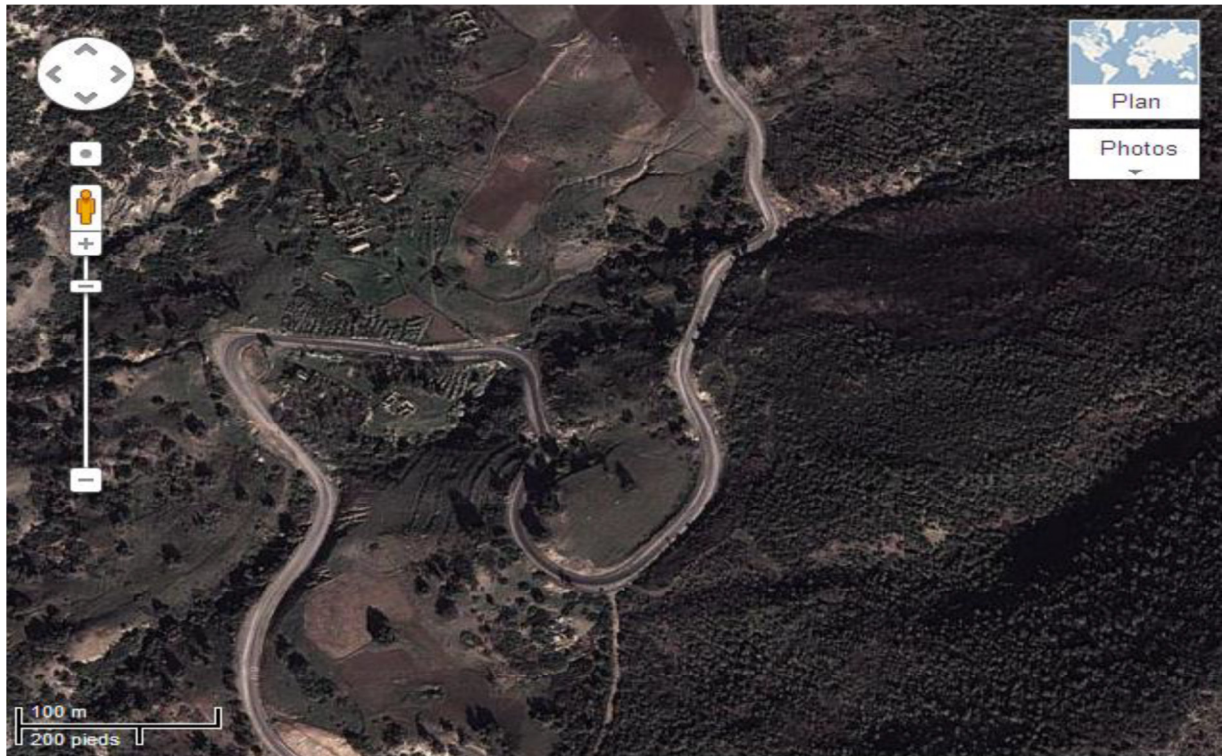


Figure 40 Profil du modèle à analyser pour la 2ème zone (source Google Earth)

5.2.Hypothèses de calcul

Le profil de calcul de la masse supposée en mouvement a été considéré dans son axe suivant la ligne de la plus grande pente

Les caractéristiques géotechniques prises comme paramètres initiaux dans les calculs sont les données recueillies des essais de laboratoire

Le sol a été considéré dans son état à court terme (en contraintes totales)

L'effet sismique a été pris en compte en introduisant des coefficients d'accélération sismique selon le règlement RPA

Une surcharge roulante de 10 K_{pa}.

▪ Géométrie du modèle :

Le profil à analyser est représenté sur la figure [4.5] (30 m de longueur et 16 m de hauteur).

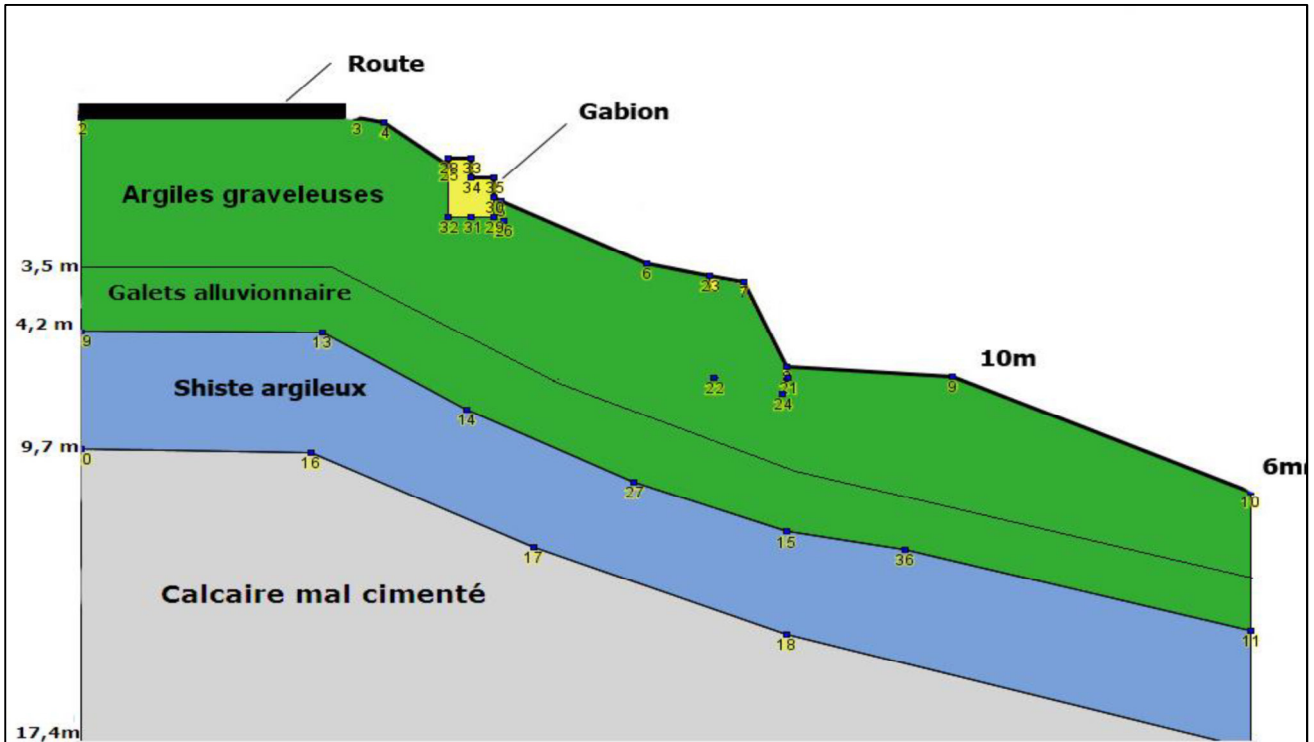


Figure 411. Modèle d'analyse -zone n°02-[24]

5.3. Calcul du facteur de sécurité

- Détermination des caractéristiques mécaniques (cisaillement direct) :

Nous avons obtenus les résultats suivants :

Tableau 16: calcul du facteur de sécurité (24)

N° de la zone	sol	Caractéristique mécanique			Caractéristique résiduelle	
		γ	$C'(k_{pa})$	ϕ'	C_r	ϕ_r
Zone n°01	Argile graveleuse	22,1	137,2	29,6	86,4	28,1
	Argile graveleuse	22,5	161,6	28,7	107,0	27,8
Zone n°02	Schiste argileux	20,5	127	27,44	80	26
	Schiste argileux	21,2	151	26,78	100	26

Différentes analyses à rebours de la stabilité du versant ont été réalisées en modifiant les hypothèses sur la position et le nombre des surfaces de rupture.

La méthode des tranches, a été appliquée en faisant l'hypothèse d'une seule courbe de rupture. Enveloppe des différentes surfaces de ruptures observées. Cela a conduit à modifier légèrement la forme de la surface de rupture de calcul par rapport à la surface réelle.

Chapitre IV : Etude géotechnique

▪ **Résultats de F_s obtenus :**

Tableau 17: Résultats de F_s obtenus (24)

Phase /Méthode	FELLENIUS	BISHOP
Zone n°01	0.935	0.967
Zone n°02	0.884	0.915

Sur la base de ces résultats on peut dire que les eaux de ruissellement stagnantes surtout en zone n°02, ont un effet direct sur la stabilité de terrain.

- Estimation de facteur de sécurité en tenant compte l'effet sismique :

L'incidence d'un séisme est traitée par la méthode « pseudo-periodique ». La gravité est affectée d'un coefficient d'accélération horizontal C_{ah} et vertical $1+C_{av}$ de sens quelconque ; dont les valeurs respectives sont données par l'opérateur .pour calculer les coefficients sismique, on utilise le RPA99/version 2003.

Pour le Groupe 3 : Ouvrages de faible importance, et en prenant :

$$C_{ah}=0.5A \text{ (%g)}$$

$$C_{av}=0.3C_{ah}$$

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 18: les coefficients d'accélération(A) (24)

	ZONE			
Groupe	I	II a	II b	III
1A	0.15	0.25	0.30	0.40
1B	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

La zone sismique est dans la classe II b, de groupe d'usage 1B comme indiqué avant, donc le coefficient d'accélération de zone est égal à 0.25.

$$C_{ah}=0.125$$

$$C_{av}=0.0375$$

Le tableau suivant montre l'influence de l'action sismique sur la stabilité de t .

Tableau 19. Influence de l'action sismique sur la stabilité du t (24)

Phase /Méthode	Fellenius	Bishop
Fondamentale	0.935	0.967
Accidentelle	0.841	0.869

D'après le tableau , la présence du séisme diminue le Facteur de sécurité.

6. Conclusion

6.1.Pour la zone N°01 :

La solution que nous pensons adéquate dans la première zone est :

- Sur la rive gauche de la chaussée : Un mur de soutènement sur pieux. Ces pieux doivent être ancrés dans la couche de galets considérée comme substratum. Après décaissement du sol, le mur sera exécuté puis le sol reconstitué par couches successives et bien compactées. Ce mur jouera le rôle de soutènement pour les poussées des terres en amont, tandis que les pieux permettent d'empêcher tout risque de glissement profond pouvant entraîner le mur.
- La restauration des puits et/ou des forages d'eau : surtout en amont du site au lieu dit «Douar Hafsaoui», pour remettre le niveau piézométrique stable et minimiser au maximum les pressions interstitielles créées, par les eaux d'infiltration à travers les clastes carbonatés (voir fig.03). Notons que la plate forme centrale en cuvette imperméable au niveau de l'ancienne carrière exploitée par la SPA ETRHB joue un rôle néfaste vis-à-vis la localité situé en bas.

6.2.Pour la zone N°02 :

La solution de confortement recommandée dans cette zone pour soutenir la chaussée consiste à drainer parfaitement et en permanence les eaux souterraines et les eaux de ruissellement afin d'empêcher toute stagnation d'eau dans cette zone.

Pour celle-ci, on devra veiller à :

- Un drainage souterrain par tranchées drainantes : La partie amont de la zone n°02 sera découpée de façon franche et rectiligne sur toute leur épaisseur par trois (03) tranchées drainantes sur (une largeur de 1.50m sur une profondeur de 04 m) chacune.

L'arase de la zone en amont devra présenter une pente déversant vers l'aval du site (rive droite de la chaussée), et comportera un point à la base qui va servir à la récolte des eaux (de drainage).

- Les trois tranchées vont être couvertes par un film en terre agricole d'épaisseur moyenne de 0.5m, pour la pérennité des cultures in situ.
- Confection d'un dalot sous la chaussée (au lieu de l'actuelle buse)

Chapitre V. Etude géophysique

1. Introduction

Les sciences de la terre ont pour sujet l'étude de la nature, de la formation et de l'évolution du globe terrestre, de son centre à la limite supérieure de l'atmosphère. Elles font pour cela appel à de nombreuses disciplines, dont la géologie, l'océanographie physique et la météorologie, qui peuvent toutes être rassemblées dans la science appelée géophysique.

La géophysique utilise toutes les méthodes de la physique pour obtenir des informations sur les zones difficiles d'accès du globe. Par exemple, seule la géophysique permet d'avoir des connaissances concernant le noyau terrestre, le fond des océans ou les confins de l'atmosphère, là où des mesures physiques directes sont pour ainsi dire impossibles.

2. La tomographie électrique 2D

2.1. Définition de la tomographie

C'est une technique d'imagerie utilisée dans le domaine médicale, ainsi qu'en géophysique, en astrophysique et en mécanique des matériaux. Cette technique permet de reconstruire le volume d'un objet à partir d'une série de mesures effectuées depuis l'extérieur de cet objet.[lien2]

2.2. Principe

La méthode de prospection par tomographie électrique est une méthode géophysique dont le but est de décrire les variations de résistivité en profondeur et le long d'un profil. Elle réalise à la fois une investigation en profondeur comme un sondage électrique et une investigation en profil comme un traîné électrique.

Les méthodes de tomographie de résistivité électrique consistent à faire circuler un courant électrique dans le sol entre deux électrodes de courant et de mesurer la différence de potentiel induite entre deux autres électrodes, appelées électrodes de potentiel, à proximité des électrodes de courant (Fig.42). Puisque l'intensité du courant est connue et que la différence de potentiel est mesurée, il est alors possible de déterminer quelle est la résistivité apparente du sol étudié. Cette résistivité électrique apparente dépend de la configuration des électrodes de courant et de potentiel. La résistivité électrique apparente ρ_a peut être exprimée en fonction de la différence de potentiel et de l'intensité du courant (Ward, 1990):

$$\rho_a = K \frac{\Delta v}{I}$$

Où K est appelé le facteur géométrique qui dépend de la configuration des électrodes.

La résistivité apparente, pour une configuration symétrique, peut être alors donnée par l'expression :

$$k = 2 \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right]^{-1}$$

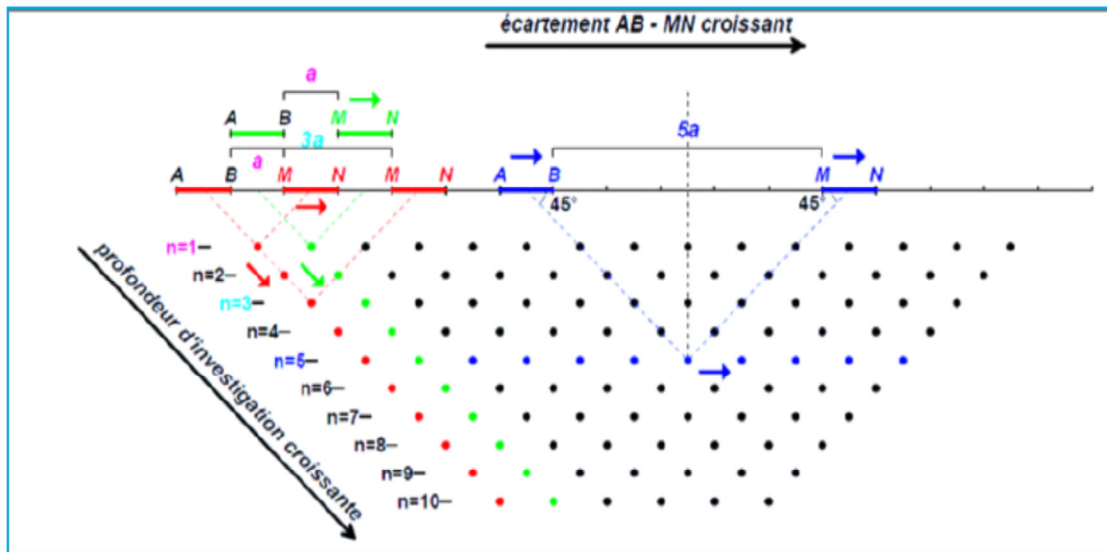


Figure 422. Schéma de la procédure d'acquisition d'un panneau électrique dipôle-dipôle et de présentation sur une pseudo-coupe : les points sont les lieux de représentation de mesures. [25]

2.3. Différents dispositifs de mesure

Une tomographie 2D nécessite un certain nombre d'électrodes (48 etc...) connectées à un câble multiconducteurs Et placées selon un profil. Un ordinateur portable, dans lequel est programmée la séquence de mesures, est relié à la boîte de commutation et sélectionne automatiquement les électrodes utilisées pour l'injection de courant et la mesure du potentiel.

Chaque électrode possède une adresse numérique unique dans le dispositif, ce qui lui permet d'être identifiée par l'ordinateur. Il existe un certain nombre de configurations qui présentent chacune des avantages ou des inconvénients par rapport aux autres.

Dans le cadre de cette étude, seuls les dispositifs Wenner-Schlumberger et Dipôle-Dipôle ont été utilisés.

- **Le dispositif Wenner-Schlumberger :**

Ce dispositif est dans une moindre mesure sensible aux variations verticales et horizontales. C'est donc un bon compromis entre le dispositif Wenner (sensible aux structures horizontales) et le Dipôle-Dipôle (sensible aux structures verticales). Ce dispositif a aussi une profondeur de pénétration d'environ 10% supérieure au Wenner. La force du signal est inférieure à ce dernier, mais supérieure au Dipôle-Dipôle. La densité de points est quant à elle supérieure au Wenner et très légèrement inférieure au dispositif Dipôle-Dipôle. De plus, l'arrangement des électrodes en dispositif Wenner-Schlumberger permet, avec un nombre égal d'électrodes, d'effectuer un nombre supérieur de mesures. On obtient donc un modèle plus précis.

- **Le dispositif Dipôle-dipôle :**

Ce dispositif est très sensible aux variations horizontales de la résistivité et donc idéal pour détecter des structures verticales. La profondeur d'investigation dépend fortement des paramètres a et n . Pour des valeurs faibles de n , la profondeur d'investigation est inférieure à un dispositif Wenner, alors que pour des grandes valeurs de n , elle devient supérieure. Mais dans tous les cas, la densité de points, est nettement supérieure à celle d'un dispositif Wenner. Malheureusement, ce

dispositif possède un inconvénient majeur. Les électrodes de mesure du potentiel (MN) étant situées en dehors des électrodes de courant, la force du signal est très faible. En effet, le voltage est inversement proportionnel au cube du facteur n . Pour utiliser ce dispositif, Il faut donc de bonnes conditions d'acquisition (peu de bruit de fond) et un résistivimètre très sensible. [26]

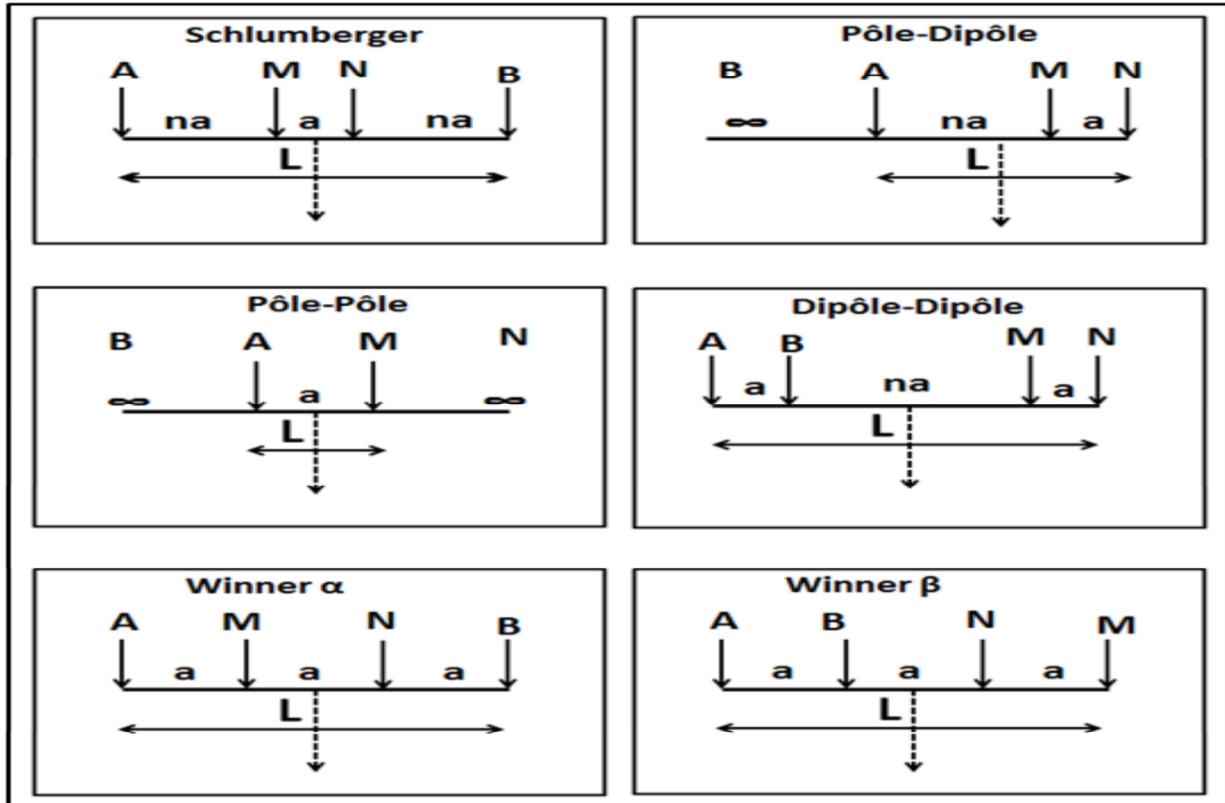


Figure 433. Les différents Dispositifs de mesure [27]

2.4. Profondeur d'investigation

Selon Roy [19], la profondeur d'investigation est la profondeur de la couche infiniment mince qui contribue le plus à la mesure du potentiel. Pour Barker [20] il s'agit de la profondeur à laquelle la portion de terrain située à cette limite à la même influence que la portion de terrain située au-dessous il s'agit donc de la « profondeur médiane d'investigation ».

On remarque que le pouvoir de résolution et la profondeur d'investigation varient en sens inverse. Le tableau ci-dessous (Tab.5) donne pour quelques dispositifs la profondeur d'investigation et le pouvoir de résolution. [28]

Tableau 20. Profondeur d'investigation et pouvoir de résolution de quelque dispositif [28]

Dispositif	Profondeur d'investigation		Pouvoir de résolution
	Roy(1971)	Barker (1989)	
Schlumberger	0.11L	0.17L	1/2.25
Wenner	0.125L	0.19L	1/2.75
Dipôle dipôle	0.195L	0.25	1/3.45
Pôle- Pôle	0.35L	-	-

L : longueur total du dispositif

2.5. La résistivité électrique

2.5.1. Définition:

La résistivité d'un milieu est la propriété physique qui détermine la capacité de ce milieu à s'opposer au passage d'un courant électrique.

On considère un courant électrique qui traverse de manière uniforme un cylindre d'une section à l'autre. La résistivité est la résistance ohmique d'un cylindre de section S et de longueur L.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Avec : R : résistance (ohms) et ρ : résistivité (Ω m).

Les unités S.I. (Système International) sont l'ohm (Ω) pour les résistances et le mètre pour les longueurs

2.5.2. Principe:

La méthode électrique en courant continu (DC) permet de comprendre le sous-sol grâce à l'étude de la **résistivité** des formations qui le compose. Son principe repose sur la mesure de la **résistivité** du sous-sol. Elle s'effectue on injectant un courant électrique d'intensité I dans le sol à l'aide de deux électrodes notée \square et \square et la mesure de la différence de potentiel $\square\square$ entre deux autres électrodes \square et \square La mesure se décompose en trois étapes:

- 1- Injection d'un courant i: depuis la source électrique par les électrodes d'injection ;
- 2- Mesure de la différence de potentiel DV: entre les électrodes de mesure ;
- 3- Calcul de la résistivité apparente ra: Valeur qui découle de la loi d'Ohm.

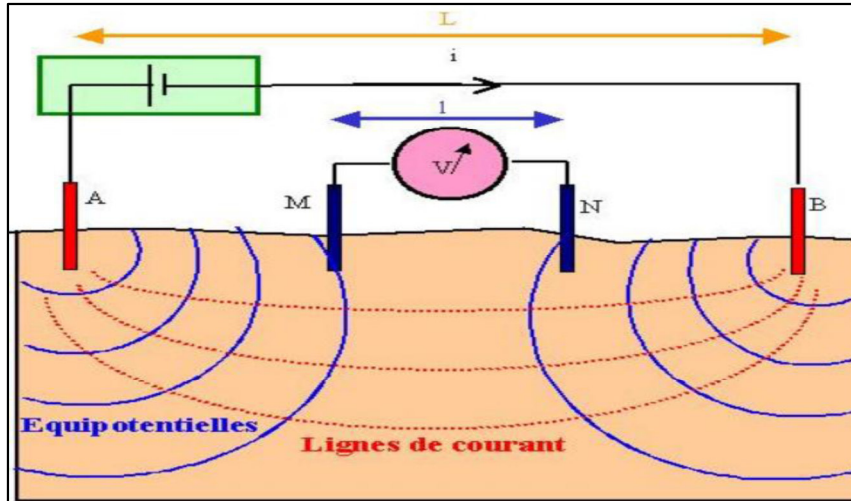


Figure 444. Principe de la méthode électrique [29]

2.5.3. La Résistivité électrique des roches

La résistivité apparente dépend de la distribution des résistivités des roches du milieu dans lequel le courant circule et pour traduire cette distribution en un modèle géologique fiable, il faut connaître la résistivité électrique de chaque matériau géologique, les tableaux (Tab.5.2, Tab.5.3) ci-dessous représenté la résistivité électrique de quelques formations. [30]

Tableau 21: Résistivité électrique de différentes eaux ou roches [30]

Type de roches	Résistivité ($\Omega.m$)
Alluvions – sable	100-800
Grés	300-800
Argiles	1-100
Argilites	70-200
Marnes	3-100
Craies	3-300
Calcaires	200-10000
Dolomites	200-10000
Métaschistes	300-800
Gneiss	1000-20000
Quartzites granites	1000-10000
Granites gabbro	1000-15000
Gabbro	6000-10000
Basalte	800-15000
Tufs volcanique	20-300

Tableau 22. Résistivité électrique de différentes eaux ou roches

Eau ou roche	Résistivité ($\Omega.m$)
Eau de mer	0.2
Eau de nappes	10-30
Alluviales	50-100
Eau de sources	1000-10000
Sables et graviers secs	50-500
Sables et graviers Imbibés d'eau douce	2-20
Sables et graviers Imbibés d'eau salée	300-10000
Argiles	50-300
Marnes	300-10000
Calcaires	20-100
Grès argileux	300-1000
Grès .quartzites	0.5-5
Cinérites. Tufs volcanique	100-300

2.5.4. Propriétés physiques des matériaux qui affectent la résistivité électrique

- La porosité
- La teneur en eau
- La présence d'argile
- La salinité du fluide interstitiel
- Température et viscosité [31]

3. Conclusion :

Si votre terrain à étudier est bruité, que vous avez peu de temps à disposition est que vous avez besoin d'une bonne résolution verticale, utilisez un dispositif Wenner. Ce dispositif peut par exemple être utilisé en recherche hydrogéologique ou environnementale (recherche de structures horizontales).

Si vous désirez une bonne couverture horizontale ainsi qu'une bonne résolution horizontale, que votre terrain n'est pas trop bruité, que votre Résistivimètre est sensible et que le contacte avec le sol et bon, vous pouvez utiliser un dispositif Dipôle-dipôle. Ce dispositif peut par exemple convenir en archéologie, en géophysique minière ou en génie civil (recherche des structures verticales)

Chapitre V : Etude géophysique

Si vous n'êtes pas sûr de la géométrie de votre milieu et que vous avez de temps à disposition, utilisez un Wenner Schlumberger. Ce dispositif, généralement recommandé dans la plupart des cas, peut être utilisé en recherche géologique à grande échelle, hydrogéologique ou environnementale. De bons résultats peuvent également être obtenus en génie civil et archéologie.

Pour de plus petits terrains d'étude, un dispositif Pol-Pol ou Pol-Dipôle ('forward' et 'reverse')

Une étude électrique à haut résolution peut de plus améliorer la qualité de vos résultats.

Conclusion Générale

Les mouvements de terrains sont des phénomènes très dangereux pour la vie humaine et la nature. Le glissement de terrain est le type le plus fréquent parmi les autres types, Son danger réside dans la vitesse de déplacement, variant de quelques millimètres par an à quelques mètres par jours. Les paramètres affectant ce phénomène sont souvent d'ordre humain, climatique, hydrogéologique parfois sismique ou géologique.

L'infiltration de l'eau est un facteur très influent, elles se produisent lors des périodes de pluies, en hiver.

Les travaux humains engendrent des changements topographiques et par voie de conséquence, une déstabilisation des masses rocheuses.

L'étude géologique et hydrogéologique du site montre qu' une présence d'une source d'eau s'est infiltrée le long d'un terrain meuble actuel causant un tassement différentiel.

L'étude géotechnique a permis à travers la valeur du coefficient de sécurité que le sol de la zone de Bouchaboune est instable. Les essais géotechniques ont confirmé cette hypothèse. La présence d'une source d'eau est un facteur aggravant. Le sondage a démontré la faible épaisseur de la masse glissante, composée d'argile et de schiste altéré.

À travers cette modeste étude, nous suggérons quelques solutions comme un système de drainage et de tranchées, et forer un puits d'eau au niveau du point sommital d'émergence d'eau.

Bibliographie :

- [1] : Mouglin, J.P. Les mouvements de terrain: recherches sur les apports mutuels des études géologique et mécanique à l'estimation de la stabilité des pentes. 1973, Université Scientifique et Médicale de Grenoble.
- [2] : Couture, R., Glissement de terrain sur la route du lac. *Cecil;Peace River*. 2017.
- [3] : Chekir, M , N. Mani, et R. Boukarm.Caractérisation et classification géomécanique du massif rocheux d'Aokas Bejaia. 2016, université Abderahmane Mira Bejaia: université Abderahmane Mira Bejaia. p. 39-39.
- [4] :Sicroff, A.A., *L'affaissement progressif*. Vol. 39. 1960: Didier.
- [5] : Huybens, N., *Tassement*. 2014.
- [6] : Fossier, R., *fluage et solifluxion*. Vol. 1. 1968: B. Nauwelaerts.
- [7] :Chehebe. m (2017).*Analyse de la stabilité de la pente en utilisant la modélisation numérique : application au glissement de terrain du centre hospitalier universitaire « ISAAD Hassani » Beni Messous-Alger , université Djillali bounaama*.
- [8] : Djamel Eddine Benouis (2010) .Etude d'un glissement de terrain par différentes méthodes, Ingénieur d'état en génie civil option Construction Civile et Industrielle, université de Saida (Algérie)
- [9] :S.Bongoussef et f. bouraba (2018).l'impact de l'infiltration sur le glissement de terrain.cas :pk13-section M5-el Hoceinia. université Djillali bounaama.
- [10] : S. Chevrel et M. Terrier (1993). Guide méthodologique de cartographie multialéa: synthèse de l'expérience des Antilles. BRGM, SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL, n°4/93.
- [11] : R. CHEMANI et A. IKHLEF(2018). Application de la tomographie électrique : glissement de terrain du douar de Béni Akil (commune de Breira, w. de Chlef) . Mémoire de master, Université de Khemis Miliana.
- [12] : D. KADI (2016). Application de la Tomographie électrique: Glissement de terrain urbain (Les Amandiers, Miliana, Algérie). Mémoire de master, Université de Khemis Miliana.
- [13] : A. BALI et O. BOUKERAS (2018). Étude géotechnique du glissement de Terrain de Mascara. Mémoire de master, Université de Khemis Miliana.
- [14] : Agence Nationale de Développement de l'Investissement ANDI (2013) : Wilaya d'Ain Defla.
- [15] : RPA(2013) : Règle parasismique Algériennes, PPA99-Version 2003.
- [16] : Site du relief d'Ain Defla.
- [17] : Rachid Bougdal (2007) : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte Géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord ; Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur d'Etat en Sciences de la Terre ; 195p
- [18] : Mattawer Martinez(1958) : Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie) Thèseès-Science Paris, Pub ; Serv ; Carte géol. Algérie, Nouv ; série ; n°17 ; 534 p
- [19] : Mattawer Martinez(1958) : Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie) Thèse ès-Science Paris, Pub ; Serv ; Carte géol. Algérie, Nouv ; série ; n°17 ; 534 p
- [20] : A. Perrodon (1957). Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Thèse de doctorat, Sciences naturelles, Nancy, Faculté des Sciences.
- [21] : E. Slimani Aït Saada (2014). Mémoire et didactique 1840-2006: la plaine du Chéelif en textes. Thèse de doctorat Ès Sciences, Université d'Alger.

- [22] : O. Kireche (1993). Évolution géodynamique de la marge tellienne des Maghrébi des d'après l'étude du domaine parautochtone schistosé ; (Massifs du Chéelif et d'Oranie, de Blida-Bou Maad, des Babors et Biban). Thèse de doctorat ès sciences, Université d'Alger.
- [23] : Laboratoire d'Analyse des Sols et des Matériaux de Construction et travaux publique
- [24]: M. Bessand (2015). Caractérisation hydro-géophysique par tomographie électrique d'un toit de socle : cas de l'aménagement du barrage hydro-électrique de Vossa. Mémoire d'ingénieur de conception, école polytechnique d'Abomey-Calavi , département de génie civil - République du Benin.
- [25]: M. Bessand (2015). Caractérisation hydro-géophysique par tomographie électrique d'un toit de socle : cas de l'aménagement du barrage hydro-électrique de Vossa. Mémoire d'ingénieur de conception, école polytechnique d'Abomey-Calavi , département de génie civil - République du Benin.
- [26] : Caractérisation hydro-géophysique par tomographie électrique d'un glissement de terrain argileux de type coulée à l'échelle de la parcelle et du versant.
- [27]: L. Marescot (2008). Cours en ligne, imagerie électrique pour géologues: acquisition, traitement, interprétation. EMEA Climat / Werther Risks and Global Agricultural Risks. Université de Zürich, Suisse.
- [28]:Azzeddine Hadjimi (2018). caractérisation géologique, géotechnique et géophysique (tomographie électrique de glissement de terrain de Belaas (cne .Belaas, Ain-Defla, Algérie), université Djilali Bounaàma .
- [29] Dr .Farhi .w ,cours de méthode gravimetrie -2 et prospection eletrique .
- [30]: R. Brossier (2012). Cours en ligne. Prospection Géophysique: Méthode Électrique. Introduction, résistivité et sondage électrique. Université Joseph Fourier de Grenoble.
- [31]: J. PONTON (2008). Caractérisation hydro-géophysique par tomographie électrique d'un glissement de terrain argileux de type "coulée" à l'échelle de la parcelle et du versant. Mémoire de master, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, Institut de Physique du Globe, UMR 7516, ULP-CNRS.