REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Géotechnique

Thème

Étude de la stabilité du glissement sur RN60A PK 179+700

Présenté par :

- BELAISSA Wassim Ouali Eddine
- ABDAT Aymene

Proposé et Dirigé par :

- Dr . MESSAD Ali

Promotion Juin 2021

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier chaleureusement dieux tout puissants, pour la puissance et la volonté qu'il nous a donné.

Au terme de cet humble travail, je tiens à exprimé mes remerciements et ma profonde gratitude à Mr **MAHMOUDI El Hadi** pour les précieux conseils, Le soutien, le temps qu'il nous a accordée tout au long de la réalisation de notre recherche. Sans son aide et sa compréhension nous n'auraient jamais pu boucler ce travail.

Je souhaite aussi remercier mon responsable du master docteur **MESSAD Ali** pour sa patience et son dévouement à la profession.

Un grand merci pour tous les enseignants du département de génie civile de l'université de YAHIA FARESS Médéa qui ont assuré ma formation au cours de mon cursus universitaire.

J'adresse à ma famille et par de la toute ma gratitude à mon père et à ma mère qui à eux seuls, ont cristallisé tout au long de leur existence non seulement tout les efforts que feraient des parents pour leurs enfants, mais surtout le sacrifice qu'on pu faire leur génération pour que nous puissions avoir le droit d'accéder au savoir. Que dieux me les protège

Enfin, je remercie, de tout cœur, tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes

BELLAISSA Wassim

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné la capacité, le courage et la volonté d'arriver au bout de ce long chemin rempli de connaissance et de savoir.

Je remercie Monsieur MAHMOUDI El Hadi et Dr MESSAD Ali pour leur partage de savoir, flexibilité et dévouement.

J'exprime aussi toute ma reconnaissance aux professeurs qui ont participé de près ou de loin à ma formation durant ces 5 années.

Je n'oublie pas ma mère ; mon frères et mes sœurs qui m'ont soutenu et encouragé.

A tous mes amis qui m'ont souvent réconforté et appuyé afin d'achever ce modeste travail.

ABDAT Aymene

ملخص

انزلاقات التربة من الظواهر الطبيعية الخطير والمعقدة تحكمها أسباب وعوامل شتى، وهي منتشرة وشائعة في ولاية المدية نهدف من خلال وقد تسبب انزلاق التربة ببلدية سغوان بإتلاف جزء من الطريق رقم 06النقطة الكيلومترية 179+400 عملنا هذا إلى إجراء فحص و دراسة جيوتقنية للظاهرة ،لهذا بدأنا بعموميات حول حركات التربة و بالضبط انزلاق التربة ومميزاتها، أنواعها،مختلف أسبابها، أنظمة الحلول المقترحة لها وطرق حسابها بعد ذلك قمنا بتحليل الرقمي لهذا المنحدر بواسطة برنامج تالران ،بهدف حساب معامل الأمن وهذا أيضا باستعمال البرنامج تالران . وأخيرا حللنا تدعيم المنحدر باستعمال جدار حجري

كلمات المفاتيح:

انزلاق التربة ,المنحدر, دراسة رقمية, استقرار المنحدر,تالران

Résumé :

Les glissements de terrains sont des phénomènes très dangereux et très compliqués qui dépendent de plusieurs paramètres et critères. Très répandu à la wilaya de Médéa, ce phénomène a fait beaucoup de dommage sur la route RN 60A PK179+700. Ce travail a pour objectif de faire une étude géotechnique du phénomène. A cette fin, on a débuté notre étude par des généralités sur le glissement de terrains, les types, les propriétés, les causes et les méthodes adoptées pour le calcul de ce type de problème. L'analyse numérique du talus a été faite par la méthode des éléments finis exploité par le code de calcul avec TALREN 5 dans le but de déterminer le coefficient de sécurité. Le renforcement du talus a ensuite été analysé en introduisant des murs en gabion.

Mots clés

Glissement des terrains, talus, analyse numérique, stabilisation, TALREN5.

Abstract

Landslides are very dangerous and very complicated phenomene that depend on several parameters and criteria. Very widespread in the wilaya of Medea, this phenomene made a lot ofdamage on the road RN 60A PK179+700.This work is designed to perform a geotechnical study investigation of the phenomenon. To this end, we started our study with generalities on the landslides, types, properties, causes and methods adopted for the calculation of this type of problem. Numerical analysis

of the slope was made of calculation, with TALREN5 to determine the factor of safety. Then, the slope strengthening was analyzed by introducing wall of gabion.

Keyword

Landslides, embankments, numerical analysis, TALREN5.

SOMMAIRE

Table des matières

Introduction générale.....9
I)chapitre I 13
I.1 Introduction général.....13
I.1.1 Mouvement au sol lent : 14
I.1.2 Mouvement au sol rapide : 14
I.2 LES MOUVEMENTS DE TERRAIN : 14
I.2.1 Les mouvements lents : 14
I.2.2 Les mouvements rapides : 15
I.3 Les causes des mouvements de terrain.....18
I.3.1 **FACTEURS D'INSTABILITE**.....19
I.3.2 Facteurs permanents : 19
I.3.3 La structure des terrains 19
I.3.4 La morphologie 20
I.3.5 Facteurs variables dans le temps 20
I.4 Le risque mouvements de terrain.....21
I.5 Conclusion 22
II.CHAPITRE II 23
II.1 INRODUCTION.....23
II.2 ELEMENT DESCRIPTIF D'UN GLISSEMENT DE TERRAIN.....24
II.2.1 LES FACTEURS D'INSTABILITE : 25
II.3 PRINCIPAUX TYPES DE GLISSEMENTS DE TERRAIN.....25
II.3.1 Classement suivant la géométrie.....25
II.3.2 Classification selon la vitesse 27
II.3.3 Classification selon la profondeur de la surface de glissement.....27
II.4 GLISSEMENTS DES TERRAINS OBSERVENT A TRAVERS LE MONDE : 27
II.5 LES GLISSEMENTS DE TERRAIN EN ALGERIE.....28
II.5.1 Glissements plans 28
II.5.2 Glissement circulaire 29
II.5.3 Glissements rotationnels complexes 29
II.6 CAUSE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN 29

II.6.1 Causes mécanique : 31
II.6.2 Causes géométriques : 31
II.6.3 Causes hydrauliques : 31
II.7 Prévention un glissement de terrain 32
II.8 CONCLUSION 32
III. CHAPITRE III 35
III.1 Introduction 35
III.2 Situation du projet : 36
III.3 Géologie la région 36
III.4 Géologie du site : 37
III.5 Cadre sismique de la région 38
III.6 Observations des désordres : 39
III.7 Investigation géotechniques : 40
III.8 CALCUL DE STABILITE DU GLISSEMENT PAR TALREN 5 : 40
III.8.1 Introduction 40
III.8.2 Présentation du logiciel TALREN 5 : 40
III.9 Données de base 41
III.10 hypothèse de calcule : 41
III.11 CHARGES ET SURCHARGES : 41
III.12 ETUDE DE STABILITE 42
III.12.1 Etude de stabilité à l'état initial 42
III.12.2 SOLUTION DE CONFORTEMENT : 46
III.12.3 NORME DE CALCUL UTILISEE : 47
III.12.4 RESULTATS ET INTERPRETATION DES CALCULS : 48
III.12.5 Etude de stabilité avec confortement 49
III.12.6 Vérification de la stabilité lors des travaux des terrassements 52
III.12.7 Interprétation des résultats 52
III.13 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS : 53
III.14.1 INTRODUCTION : 53
III.14.2 HYPOTHESES DE CALCUL : 53
III.14.3 CRITERES DE STABILITE 53
 Renversement : 54
III.14.4 RESULTATS ET INTERPRETATION DES CALCULS : 54
Stabilité Interne 56
III.15 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 58

Liste de figure

Figure 1 exemple de tassement et affaissement 02

Figure 2 exemple de retrait gonflement des argiles.....03

Figure 3 exemples de glissement de terrain.....03

Figure 4 exemple d'effondrement.....04

Figure 5 Eboulement des orgues d'une coulée de basalte (Borne, Haute-Loire, 2007) 04

Figure 6 Coulée de boue à Vatagna (Jura, 2002). © BRGM - D. Moiriat.....05

Figure 7 Lave torrentielle dans le canton d'Uri, en Suisse.....05

Figure 8 (Les éléments descriptifs dans glissement de terrain).....12

Figure 9 glissement plans.....13

Figure 10 Coupe géologique d'un glissement circulaire 14

Figure 11 Coupe géologique d'un glissement complexe 14

Figure 12 Un glissement plan, Ténès, Algérie.....16

Figure 13 Photo de la RN 11, Damous, Algérie.....16

Figure 14 Photo de RN17 (TIZI-Hacine) a Mascara.....17

Figure 15 : situation du glissement de terrain.....20

Figure 16 Prise générale sur le glissement 21

Figure 17 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 ème « MEDEA » 22

Figure 18 Carte de zonages sismiques du territoire national algériens.....23

Figure 19 Insertion des couches du sols sur TALREN5CHARGES ET SURCHARGES : 25

Figure 20 Talren5 insertion des points 29

Figure 21 Talren5 données de la phase (nappe et segments) 29

Figure 22 Talren5 Etude de stabilité à l'état initial 30

Figure 23 schémas technique de drainage.....31

Figure 24 Talren5 Etude de stabilité avec confortement 36

Figure 25 Talren5 Profil critique. Vérification de stabilité lors des terrassements.....37

Liste des tableaux

Tableau 1 Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement).....15

Tableau 2 classification selon la profondeur 15

Tableau 3 paramètre de sol.....24

Tableau 4 couches de sols et ces caractéristiques 25

Tableau 5 point.....25

Tableau 6 segment.....25

Tableau 7 surcharges reparties.....27

Tableau 8 envloppe du talus 27

Tableau 9 segments de la phase 27

Tableau 10 toit de la nappe.....28

Tableau 11 données de la situation initial 28

Tableau 12 • Tableau 1 - Facteurs partiels pour les actions.....29

Tableau 13 Facteurs partiels pour les paramètres du sol.....29

Tableau 14 couches de sols (confortement).....33

Tableau 15 points (confortement).....33

Tableau 16 segments (confortement).....33

Tableau 17 surcharges reparties (confortement).....33

Tableau 18 enveloppe du talus (confortement) 34

Tableau 19 segments de la phase (confortement) 34

Tableau 20 toit de la nappe (confortement).....34

Tableau 21 Détail des coefficients partiels 35

Tableau 22 données d'entrée (gabion).....40

Tableau 23 caractéristique du terrain arrière.....40

Tableau 24 caractéristique du terrain de fondation 40

Tableau 25 données hydrauliques de terrain 41

Tableau 26 poussées active et passive.....41

Tableau 27 renversement 42

Tableau 28 stabilité général 42

Tableau 29 stabilité interne 42

Tableau 30 sol et charges 42

Tableau 31 vérification de la stabilité 43

Introduction Générale

Introduction générale

Un glissement de terrain est un mouvement qui affecte le remblai et la pente naturelle Ils peuvent causer des dommages importants à l'ingénierie et à la construction L'impact économique est important, faisant parfois des victimes. Ils sont le résultat d'événements naturels "fortes pluies, érosion des berges, tremblements de terre...". Ou une conséquence plus ou moins directe du comportement humain, comme le travail Terrassement ou déforestation. Recherche et prévention des glissements de terrain Les risques qu'ils génèrent sont liés généralement à l'ingénieur en génie géotechnique, Mécanicien au sol. De nombreuses classifications sont proposées selon différentes normes Morphologie, cinématique, propriétés des matériaux, etc.

Les risques des mouvements de terrain 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 an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour). Une fois déclarés, les mouvements de terrain peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon le mode d'apparition des phénomènes observés. Il existe, d'une part, des processus lents et continus (glissements, affaissements, retrait-gonflement) et, d'autre part, des événements plus rapides et discontinus (chutes de pierre et éboulements, effondrements, coulées de boue). À l'exception du retrait gonflement des sols argileux, les mouvements de terrain sont dits "gravitaires" c'est-à-dire qu'ils ont pour moteur principal la force de gravité, la pesanteur

Le travail présenté dans ce mémoire a pour objet d'analyser la stabilité d'un glissement dans les différentes phases :

- Chapitre 01 : Décrit le phénomène des mouvements des
- Chapitre 02 : généralités sur les glissements des terrains
- Chapitre 03 : Etude du cas
- Conclusion

Chapitre 01

Mouvement de terrain

I.1 Introduction général

Le mouvement du sol est un phénomène d'origines diverses (naturelles ou artificielles) causé par la déformation, la fissuration et le déplacement du sol. Ils combinent un ensemble de mouvements plus ou moins cruels sur le sol ou le sous-sol. En raison de leur diversité et de leur fréquence, les sports terrestres peuvent causer des dommages et des blessures importants et coûteux.

Le « mouvement au sol » combine plusieurs phénomènes que les experts divisent en deux catégories : le mouvement lent et le mouvement rapide. Parfois, ces manifestations petites ou énormes, pacifiques ou violentes ont un impact sur notre environnement, nous-mêmes et nos biens.

I.1.1 Mouvement au sol lent :

Fluage, tassement, contraction-expansion, naufrage ou effondrement, glissement de terrain, effondrement, fauchage.

I.1.2 Mouvement au sol rapide :

Effondrement soudain, chutes de pierres ou de rochers, glissements de terrain ou effondrements, coulées de boue.

I.2 LES MOUVEMENTS DE TERRAIN :

I.2.1 Les mouvements lents :

Les tassements et les affaissements : Certains sols compressibles vont se tasser sous l'effet de la surcharge (bâtiments, digues, circulation mécanique) ou de l'assèchement (drainage, pompage). Ce phénomène est à l'origine du naufrage de 7 mètres à Mexico et de l'inclinaison de la tour penchée de Pise.

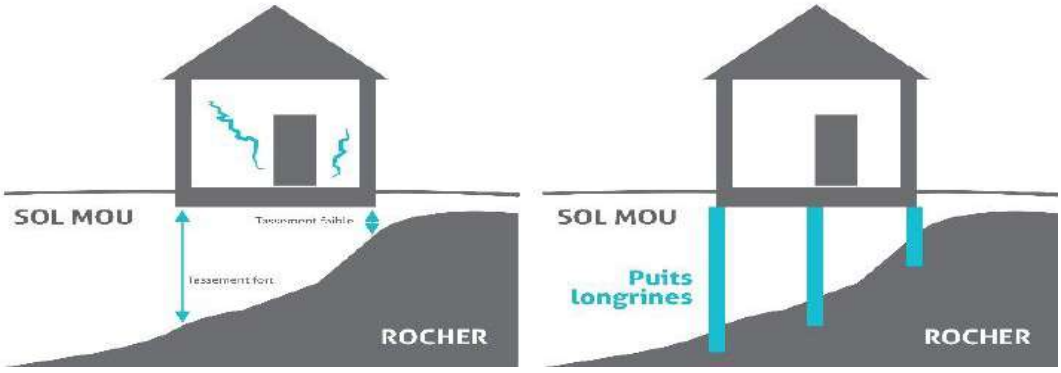


Figure 1 exemple de tassement et affaissement

Le retrait-gonflement des argiles : Les modifications de la quantité d'eau dans certains sols argileux peuvent provoquer un gonflement (périodes humides) et une sédimentation (périodes sèches).

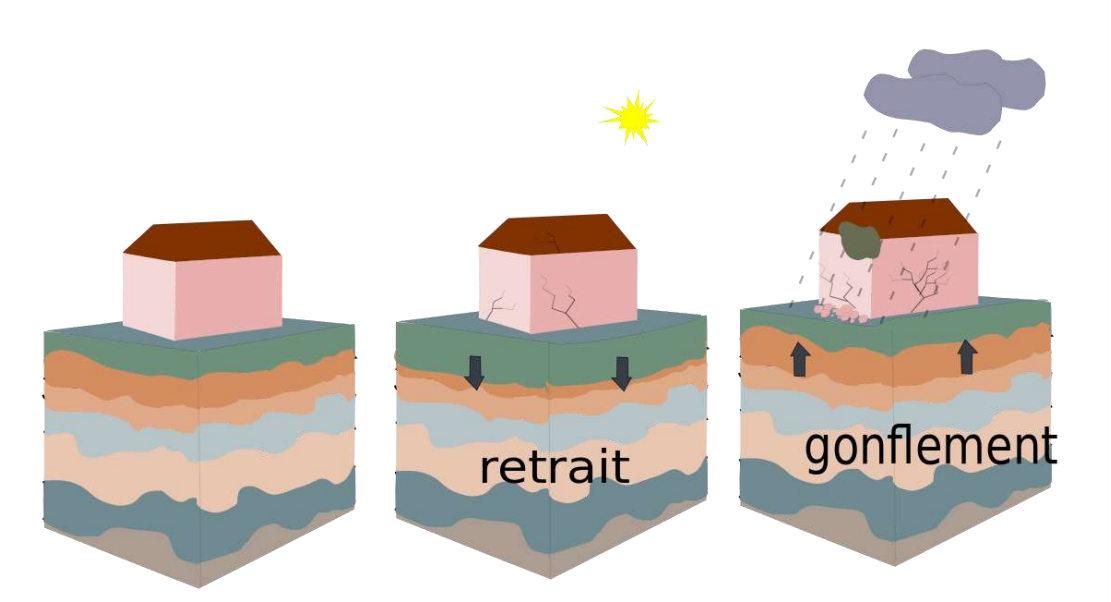


Figure 2 exemple de retrait gonflement des argiles

Les glissements de terrain : Ils surviennent généralement lorsque la saturation en eau du sol est élevée. Ils peuvent mobiliser de grandes quantités de sol et se déplacer le long des pentes.

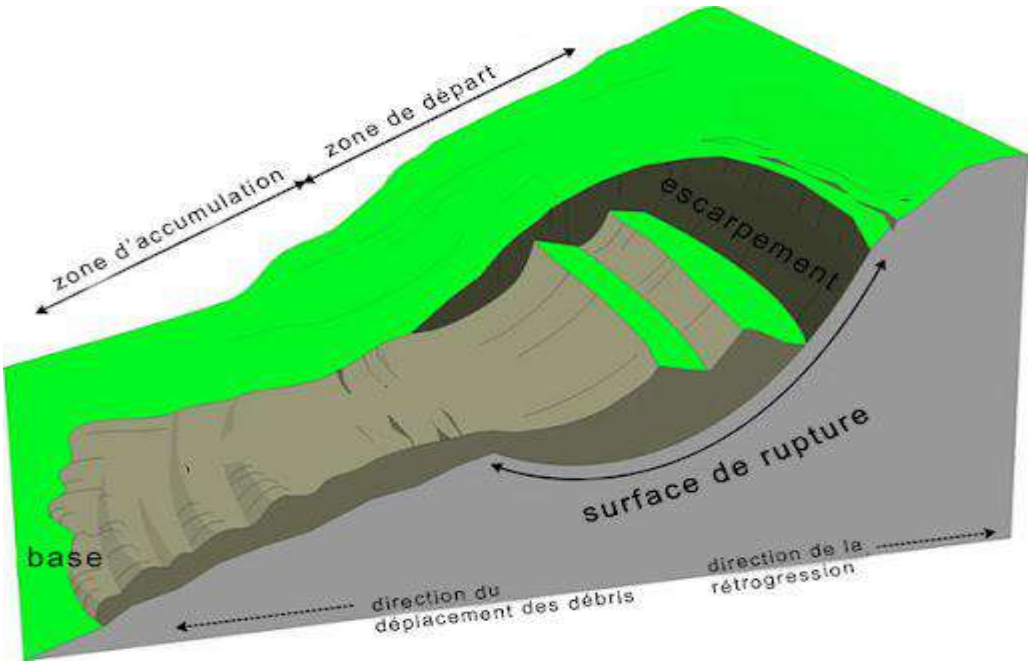


Figure 3 exemples de glissement de terrain

I.2.2 **Les mouvements rapides** :

Les effondrements de cavités souterraines : L'évolution de cavités souterraines naturelles (dissolution de gypse) ou artificielles (carrière et génie souterrain) peut provoquer l'effondrement du sommet des cavités et provoquer des dépressions généralement visibles en surface, les plus courantes étant des trous circulaires.

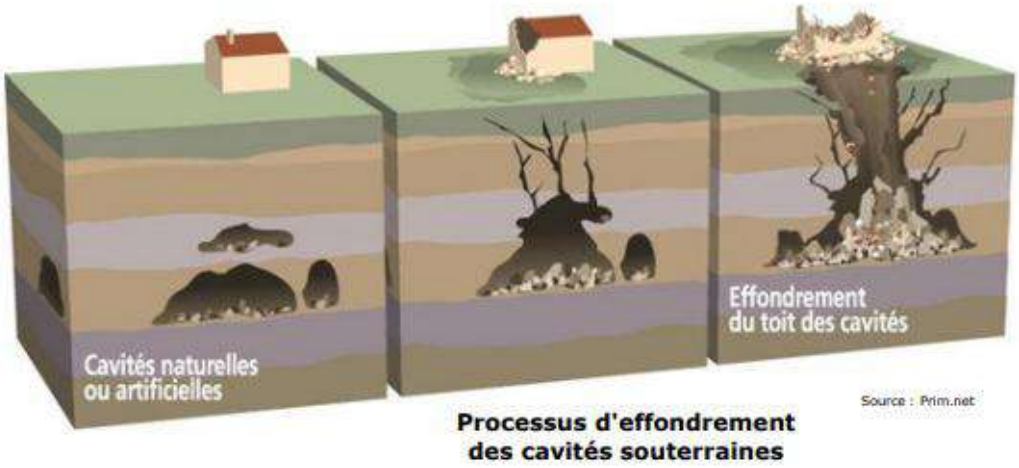


Figure 4 exemple d'effondrement

Les écroulements (ou éboulements) et les chutes de blocs : L'évolution des falaises et des pentes rocheuses peut produire des chutes de pierres (volume inférieur à 1 mètre cube), des chutes de blocs (volume supérieur à 1 mètre cube) ou des effondrements à grande échelle (volume de plusieurs centaines de mètres cubes à des millions de mètres cubes). Des blocs isolés rebondissent ou roulent sur la pente, et en cas d'effondrement en masse, le matériau « s'écoule » à grande vitesse sur une longue distance (le cas de la mont Granier en Savoie s'est effondré, y compris le matériau calcaire. Déplacé d'un niveau La distance est 7 kilomètres, répartis sur une superficie d'environ 20 kilomètres carrés).



Figure 5 Eboulement des orgues d'une coulée de basalte (Borne, Haute-Loire, 2007)

Les coulées boueuses : Il se caractérise par une forme plus ou moins fluide de transport de matière. Ils se produisent sur des pentes et sont dégradés par certains glissements de terrain avec les apports d'eau.



Figure 6 Coulée de boue à Vatagna (Jura, 2002). © BRGM - D. Moiriat

Les laves torrentielles : Le phénomène qui se produit dans le lit de crue lors de la crue est caractérisé par une très forte concentration de matière solide, qui s'apparente plus à l'écoulement d'une pâte qu'au liquide lui-même. Les coulées détritiques composées de matériaux d'origine volcanique (principalement des cendres et des fragments de roche) sont appelées coulées de boue volcanique.



Figure 7 Lave torrentielle dans le canton d'Uri, en Suisse.

I.3 Les causes des mouvements de terrain

Pour que le mouvement du sol se produise, plusieurs paramètres doivent être actifs en même temps pour déclencher le processus. En effet, une seule cause ne peut pas être à l'origine du phénomène, il faut faire intervenir plusieurs normes :

- le type de la roche (la géologie globale de la zone) ;

-le relief ;

-et l'exposition du terrain.

Ces trois paramètres vont constituer la prédisposition générale du terrain et vont pouvoir déterminer si le terrain est instable ou non.

Une fois qu'une roche est formée et en surface, elle sera exposée aux intempéries et à l'érosion causée par le vent et l'eau. Par conséquent, du point de vue de son processus d'excavation, la roche est considérée comme instable.

Le mouvement du sol se produit lorsque l'équilibre des forces entre la résistance (frottement et cohésion) et la force motrice (gravité) change. Si la résistance dans la zone est supérieure à la puissance, le terrain est stable. Cependant, une fois que la force motrice est supérieure à la résistance, la zone devient instable et glisse. Lorsque le terrain est très pentu, la résistance sera moindre, ce qui favorisera une plus grande force motrice. De plus, ce changement favorisera la réduction de la résistance.

Pour que l'équilibre entre ces deux forces soit modifié, il faut aussi une forte action de l'eau. En effet, que ça soit de l'eau de ruissellement ou d'infiltration due aux précipitations, ou de l'eau dans des nappes phréatiques, il y aura un impact sur le terrain.

Le niveau des eaux souterraines modifiera le sous-sol avec ses fluctuations, il a donc tendance à être instable. De plus, l'eau contenue dans les précipitations qui atteint la surface de la roche peut s'infiltrer dans la roche et provoquer une instabilité. Plus la roche est fragile (comme l'argile) ou plus elle présente de fissures, plus l'espace pour la pénétration de l'eau et la force qui détache la roche du sol sont grands.

Les glissements de terrain dans une zone peuvent être affectés par des influences anthropiques : surcharge des bâtiments sur les pentes, excavation sans dispositifs de protection, élévation du niveau des nappes phréatiques, dynamitage, exploitation minière, etc. L'anthropisation des montagnes peut également provoquer une instabilité des pentes : par exemple, une déforestation excessive peut conduire à une « nudité » du sol, le rendant plus sensible aux processus d'érosion et de déforestation.

I.3.1 FACTEURS D'INSTABILITE

Le mouvement du sol est une manifestation naturelle de l'évolution des reliefs à la surface de la Terre sur des millions d'années. Les observations et études d'événements passés permettent de mettre en évidence certaines conditions de site propices à l'émergence de certains phénomènes instables.

I.3.2 Facteurs permanents :

Ce sont des facteurs de prédisposition d'un site aux instabilités (relief, nature géologique des terrains, etc.).

La pesanteur : Elle constitue le moteur essentiel des mouvements de terrain, qualifiés souvent de gravitaires.

. L'eau : Elle est un facteur très déterminant pour la genèse d'un glissement de terrain. Elle agit par ameublissement et dégradation mécanique des terrains. Elle joue en même temps un facteur permanent et un facteur variable dans le temps (précipitation).

Les pressions interstitielles élevées dans les sols constituent un élément défavorable à la stabilité d'une pente. Ces zones humides sont caractérisées par une nappe affleurant en quasi-permanence et par une végétation hygrophile particulière. Elles indiquent dans la plus part des cas une forte probabilité d'avoir une instabilité dans une pente. L'érosion des berges de cours d'eau ou des côtes marines est aussi la cause des instabilités de masse. L'action des vagues qui s'exerce au pied des falaises côtières contribue au recul des côtes par éboulements successifs.

I.3.3 La structure des terrains

La structure, simple ou fragile, ajuste de manière significative la sensibilité de la fondation à l'instabilité. La discontinuité qui affecte la roche cohérente joue un rôle déterminant dans la stabilité du massif rocheux. Ils constituent une surface faible, sur laquelle les ruptures sont précisées, et peuvent servir de point de départ à des études prédictives basées sur le mécanisme et le type de glissement (glissement plan, glissement dièdre, etc.) en fonction de leur orientation. Les joints de dépôt, la schistosité ou les plans foliaires sont également des maillons faibles à considérer. Ils jouent le même rôle que les discontinuités (favorisant l'instabilité des parcelles).

I.3.4 La morphologie

La pente des talus représente un paramètre qui conditionne sa stabilité. Il existe une pente limite au-delà de laquelle on observe un optimum favorable aux glissements. On ne peut pas utiliser la valeur de la pente comme déterminante, elle s'associe avec d'autres facteurs tels que la nature lithologique, la hauteur des versants et la présence ou non de l'eau.

I.3.5 Facteurs variables dans le temps

Ce sont eux qui déclenchent l'instabilité ou qui provoquent une accélération marquée du mouvement conduisant à la rupture

La température Les variations de températures sont un facteur déclenchant de chutes de pierres ou de blocs, en raison des dilatations différentielles qui se manifestent.

. Le Gel et dégel Dans les principaux sols limoneux, la congélation et la décongélation peuvent donner des pressions interstitielles excessives et par suite, elles influent sur les mouvements de surface (solifluxion). Le gel s'accompagne d'une augmentation de volume de 9% environ, et tend à écraser les particules des sols en créant et élargissant des fissures. Ce phénomène est à l'origine de certaines chutes de blocs ou de glissement de terrain. Le dégel s'accompagne de libération de grandes quantités d'eau et donne lieu à des glissements-coulées ou à des chutes de blocs et éboulements.

Le séisme et le volcanisme Les vibrations provoquées par les séismes sont responsables du déclenchement de mouvements de pente très variés tels que glissements, chutes de blocs ou écroulements, soit par action mécanique directe, soit par la modification des pressions interstitielles. Des phénomènes plus

spécifiques se produisent également, comme des glissements à morphologie particulière, survenant dans des sites sujets à la liquéfaction de couches sableuses ou soumis à une forte amplification des vibrations. L'explosion d'un volcan est souvent accompagnée d'une activité sismique qui favorise l'instabilité des versants. L'action de surpression de gaz et de vapeur d'eau peut, en outre, favoriser le déclenchement de mouvement de pentes sur les flancs du volcan.

L'action de l'homme L'homme constitue fréquemment une cause d'accélération ou déclenchement des instabilités, notamment :

Les modifications de l'équilibre naturel des pentes ; talutage en pied de versant, remblaiement en tête de versant ;

Les modifications des conditions hydrologiques du milieu naturel ; rejets d'eau dans une pente (fluide de canalisation, par exemple), pompage excessif d'eau qui favorisent la dissolution des roches solubles, etc.

Les ébranlements provoqués par les tirs à l'explosif, qui sont susceptibles de déclenchement des chutes de pierres et de blocs ou vibrations dues au trafic routier ou ferroviaire qui peuvent déstabiliser à la longue des versants.

I.4 Le risque mouvements de terrain

Le terme mouvements de terrain regroupe plusieurs types de phénomènes bien différents : les affaissements et les effondrements liés aux cavités souterraines ; les éboulements et les chutes de pierres et de blocs ; les glissements de terrain ; le retrait-gonflement des sols argileux…

Ces mouvements, plus ou moins rapides, du sol et du sous-sol interviennent sous l'effet de facteurs naturels divers comme de fortes précipitations, une alternance de gel et dégel, des températures très élevées ou sous l'effet d'activités humaines touchant aux terrains comme le déboisement, l'exploitation de matériaux ou les travaux de terrassement.

Si ces mouvements restent ponctuels, ils constituent un risque majeur en raison des conséquences lourdes, matérielles et humaines, qu'ils peuvent entraîner. Au plan mondial, les mouvements de terrain causent chaque année la mort de 800 à 1 000 personnes. Même s'il est parfois difficile de détecter ces phénomènes et de déterminer le moment où ils vont se déclencher, il est possible de limiter leurs conséquences en prenant des mesures de prévention. Elles consistent notamment à

informer la population, à surveiller les zones sensibles, à prendre en compte le risque dans l'urbanisme et à réaliser des travaux de prévention.
Les citoyens habitant ou fréquentant les zones soumises à des mouvements de terrain doivent s'informer sur les risques encourus, respecter les règles de prévention et suivre les consignes en cas d'alerte.

I.5 Conclusion

Beaucoup de difficultés surviennent quand il s'agit de classer les mouvements de terrain ; à cause de la diversité des facteurs d'instabilité et des paramètres à prendre en compte. Ceci est bien représenté par le fait qu'il y a d'autres phénomènes comme les glissements de terrain (qui est considéré comme une instabilité dans notre cas d'étude) dans le chapitre suivant on va spécifie notre recherche sur tout qui concerne les glissements des terrains

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

II.1 INRODUCTION

Les glissements de terrain et les coulées de boue sont des mouvements lents (certains Quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) le long d'une ligne continue de terrain Habituellement une surface de défaillance incurvée ou plate. Les coulées de boue sont causées par L'évolution du glissement de terrain a pris naissance dans sa partie aval.

Ce sont Mouvement rapide de grandes quantités de matériaux retravaillés. L'ampleur du glissement de terrain est variable, allant d'un simple glissement de terrain en pente Limité aux mouvements à grande échelle pouvant affecter l'ensemble de la pente. Cette profondeur de surface de glissement varie de quelques mètres à des dizaines de Des mètres de profondeur. On parle de glissements de terrain en surface, les signes évidents La surface est généralement spectaculaire (fissures dans les murs des maisons, perles champs, poteaux, etc.) et des glissements de terrain profonds avec moins de preuves Observable, donc plus difficile à détecter.

La nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ces phénomènes tout comme l'eau et la pente.

Les matériaux affectés sont très variés (roches marneuses ou schisteuses, formations tertiaires altérées, colluvions fines, moraines argileuses, etc.) La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement de ces phénomènes.

La plupart du temps, l'eau joue un rôle important dans les glissements de terrain, par l'action des pressions interstitielles, des écoulements souterrains ou par les pressions dues au gonflement des minéraux argileux

II.2 ELEMENT DESCRIPTIF D'UN GLISSEMENT DE TERRAIN

Les glissements de terrain sont initiés à partir d'une surface de rupture (de type rotationnelle ou transrationnelle) crée sous l'action de contraintes tangentielles excédant la résistance au cisaillement des matériaux. L'action de l'eau a une grande influence dans leur déclenchement. Une fois la déstabilisation déclenchée, les masses mobilisées se propagent en aval, ce qui donne un modelé de versant caractéristique

La figure ci-dessus des éléments descriptifs dans glissement de terrain montre les éléments descriptifs d'un glissement de terrain :

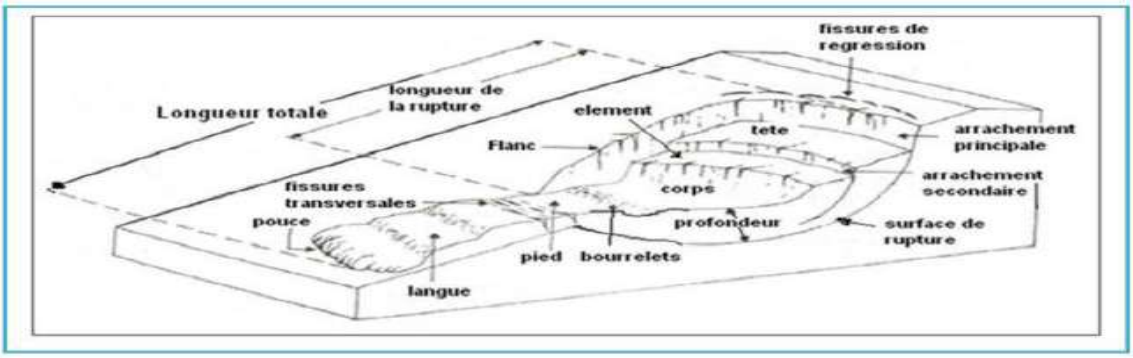


Figure 8 (Les éléments descriptifs dans glissement de terrain)

- **Escarpement principale** : surface inclinée ou verticale souvent concave limitant le glissement à son extrémité supérieur et prolongée en profondeur par la surface de glissement
- **Couronne** : sont situé au-dessus de l'escarpement principal souvent peu affecte par le désordre, seules quelques fissures ou crevasses témoignant de la mise en traction des terrains dans ces zone
- Tête : c'est la limite amont du glissement et plus précisément partie ou le matériau glissé se trouve en contact avec l'escarpement principal
- **Escarpement secondaire :** circulaire semblable à l'escarpement principal, mais visible dans la masse remaniée, ces escarpements conférant à la masse en mouvement une structure en escalier
- **Elément :** fraction de la masse glissé entre deux escarpements
- **Flan :** limite latérale du glissement prolongeant l'escarpement principal
- **Pied :** correspond à l'intersection aval de la surface topographique initiale

II.2.1 LES FACTEURS D'INSTABILITE :

Pour qu'un mouvement de terrain apparaisse en un lieu donné, il faut que soit réuni en ce lieu un certain nombre de facteurs d'instabilité qui peuvent être :

- Des facteurs permanents ou très lentement variables, caractérisant la prédisposition, la susceptibilité du site aux instabilités (relief, nature géologique, hydrogéologie, etc.);
- Des facteurs variables dans le temps (séismes, activités humaines, intempéries, etc.) Qui peuvent jouer le rôle de déclencheur des mouvements

II.3 PRINCIPAUX TYPES DE GLISSEMENTS DE TERRAIN

II.3.1 Classement suivant la géométrie

Les types de glissements ont été regroupés en trois familles selon la géométrie de la surface de glissement on distingue :

- **<u>Glissements plans :</u>**
  Ce glissement est sous forme plan et la ligne de rupture suit une couche mince ayant de mauvaises caractéristiques mécaniques

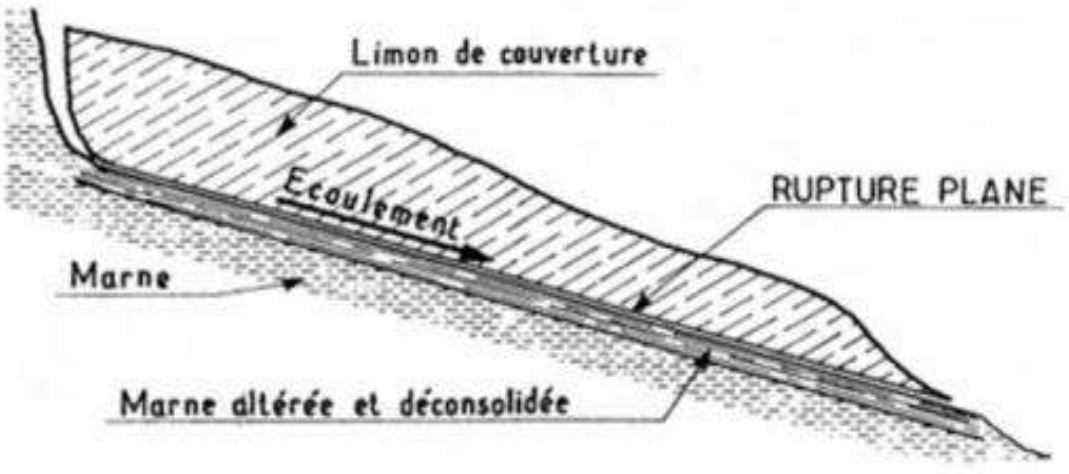


Figure 9 glissement plans

- **Glissement circulaire :**

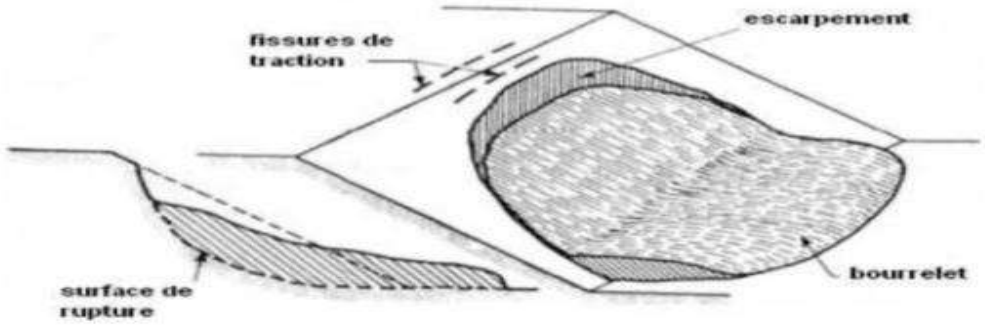


Figure 10 Coupe géologique d'un glissement circulaire

Le glissement est circulaire si la surface de rupture a une forme simple et peut être assimilée à un cercle (figure I.3). En considérant la longueur du glissement L et son épaisseur D,(Hutchinson et Skempton ,1969) sont parvenus à définir un critère pour différencier les deux types de glissements :

*Si D/L<0,15 le glissement de translation prédomine.

* Si 0,15<D/L<0,35 on considère que la rupture à lieu par rotation

- **Glissements rotationnels complexes**

Si la ligne de rupture a une forme plus complexe, le glissement est appelé glissement non circulaire ou complexe.

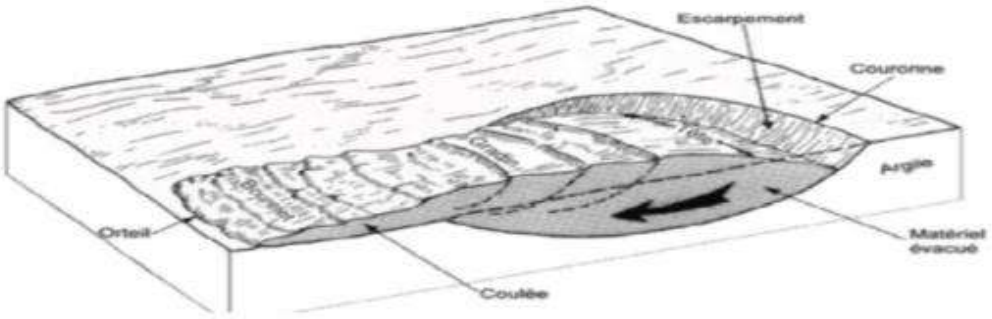


Figure 11 Coupe géologique d'un glissement complexe

Les glissements de terrain sont classés aussi par leur vitesse et par leur profondeur à partir de la surface de glissement :

II.3.2 Classification selon la vitesse

Le tableau suivant représente la classification selon la vitesse :

Glissement	Vitesse de glissement
Sub- stabilité, très lent	0-2 cm/an
Peu actif, lent	2-10 cm/an
Actif (ou lent avec phases rapides)	>10 cm/an

Tableau 1 Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement)

II.3.3 Classification selon la profondeur de la surface de glissement

Le tableau suivant représente la classification selon la profondeur Tableau 1.2 :

Classification d'après la profondeur de la surface de glissement (H. DOUMI ,2016)

Tableau 2 classification selon la profondeur

Glissement	Surface de glissement
Superficiel	0-2m
Semi-profonde	2-10m
Profonde	10-20m
Très profonde	20-30m

II.4 GLISSEMENTS DES TERRAINS OBSERVENT A TRAVERS LE MONDE :

Les zones accidentées sont des menaces et sources de risques plus ou moins graves pour la vie humaines, les biens et les activités [9-10], Comme statistique, les coûts liés aux glissements de terrain (suivez, contrôlé, ...) est entre 1 – 5 USD milliards de dollars par an pour les pays suivants: États-Unis, l'Inde, le Japon et l'Italie, [11]. Au Canada, le coût est d'environ 70 millions de dollars, [12]. Les majeurs dommages tels que la destruction des constructions et des villages, ils ont consommés un taux élevé de coûts [11, 13]. Ils font la vie quotidienne difficile en bloquant les routes, engloutissant district et villages. Ils ont coupés les canalisations vitales que les réseaux d'eau, de gaz, d'électricité et de la communication. La perte de productivité est également due à la réduction des terres agricoles et forestières. Maintenant, nous présentons quelques cas sur la stabilité des pentes en Algérie et puis à travers le monde.

II.5 LES GLISSEMENTS DE TERRAIN EN ALGERIE

La géomorphologie du Nord algérien étant caractérisée essentiellement par des montagnes de pentes raides et abruptes, les mouvements de terrain constituent l'un des risques naturels les plus répondus.

Ce phénomène est observé dans plusieurs wilayas du pays : Alger, Béjaia, Constantine, Mila, Média, Tizi-Ouzou, etc. Ces régions connaissent des activités de cet aléa ; plusieurs versants naturels connaissent des mouvements de terrain plus ou moins étendus et actifs. On peut citer plusieurs cas de glissement de terrain survenus en Algérie.

Dans le nord algérien, le nombre des glissements ou bien les mouvements de pente est important, on peut citer par exemples :

II.5.1 Glissements plans



Figure 12 Un glissement plan, Ténès, Algérie

II.5.2 Glissement circulaire



Figure 13 Photo de la RN 11, Damous, Algérie

II.5.3 **Glissements rotationnels complexes**

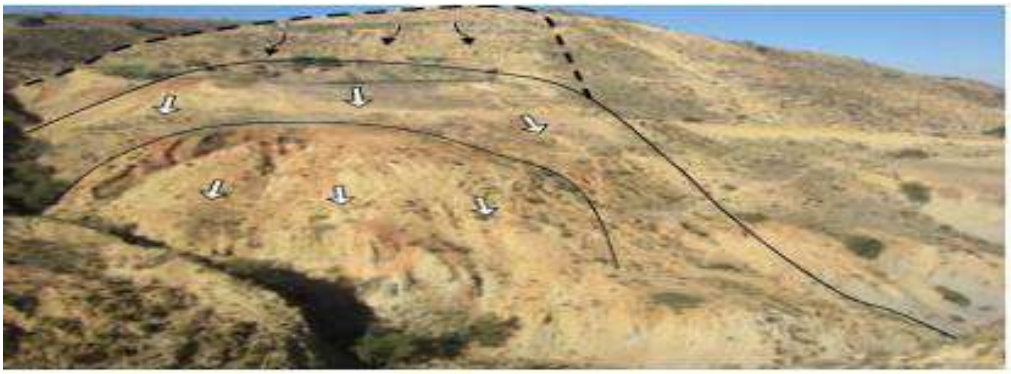


Figure 14 Photo de RN17 (TIZI-Hacine) a Mascara

II.6 CAUSE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Le passage de l'état stable à l'état instable est lié à des causes nombreuses et variées qui viennent s'ajouter aux conditions initiales, intrinsèques au terrain (SLIMI ,2008.).

Dans un terrain en pente les forces de frottement et de cohésion limitent les effets de la gravité. Lorsque l'équilibre des forces change, le terrain devient instable…

Les facteurs déclenchant un glissement de terrain :

- La nature du sol et du sous-sol : Un sol meuble et donc présentant peu de cohésion sera par nature instable. De même un sol présentant des couches discontinues de nature différente aura tendance à glisser.
  Un sol argileux ou marneux saturé d'eau sera susceptible de glisser vers le bas de la pente (diminution de la résistance du sol).

- L'eau : Lors de fortes pluies ou à la fonte des neiges, l'eau en pénétrant dans le sol exerce une poussée verticale qui peut déstabiliser le terrain. La situation est d'autant plus dangereuse si la quantité d'eau qui pénètre dans la terre est supérieure à celle qui s'en écoule.

- La sécheresse : Une terre trop sèche peut perdre de sa cohésion, s'effriter et glisser.

- L'érosion : Un sol érodé ou mise à nu sans végétation (déboisement, incendie, tempête) sera plus vulnérable aux infiltrations et donc sera plus susceptible de glisser.

- Les activités humaines : La construction d'infrastructures ou de bâtiments en haut de la pente augmente la charge qui pèse sur celle-ci et peut entrainer un glissement. De même des constructions en bas de la pente peuvent déstabiliser le pied du versant.
  La déforestation, l'irrigation qui modifie la teneur en eau du sol, l'urbanisation qui entraine une imperméabilisation du sol et donc un changement dans l'écoulement des eaux ou dans le profil de la pente sont autant de facteurs pouvant entrainer un glissement de terrain.

- L'activité sismique : En zone sismique, une secousse même minime peut faire bouger une pente déjà sensibilisée par d'autres facteurs de fragilisation.

Les causes déclenchent un glissement peuvent être classées en trois catégories :

II.6.1 **Causes mécanique :**

Cette catégorie comporte les facteurs causant une augmentation des contraintes dans le sol tel qu'une surcharge provenant d'un nouvel ouvrage, de la neige ou de l'eau, ou les l'augmentation du poids volumique due à l'augmentation de la teneur en eau, ou les facteurs
réduisant la résistance au cisaillement du sol, tels que la diminution de la cohésion de l'argile et l'augmentation des pressions interstitielles.

II.6.2 **Causes géométriques :**

Elles comportent les facteurs modifiant la géométrie du terrain, définie principalement par la hauteur H du talus et son angle β d'inclinaison par rapport à l'horizontal, notamment dans les travaux de terrassement (déblaiement, remblaiement).

II.6.3 **Causes hydrauliques :**

On estime qu'environ 55% des glissements ont une cause hydraulique. Le mouvement de la nappe modifie l'équilibre initial des efforts internes dans le sol, ce qui se répercute sur la résistance de cisaillement, sachant qu'elle est proportionnelle à la contrainte normale effective.

II.7 Prévention un glissement de terrain

Il est difficile de prévoir un glissement de terrain. Néanmoins, au vue des facteurs déclenchant et surtout lorsque ceux-ci se cumulent, il devient possible d'évaluer le risque et surtout de déterminer des zones de risque.
L'eau joue un facteur important dans le déclenchement d'un glissement de terrain. Et si on ne peut commander à la pluie, il est par contre possible de gérer son écoulement.
Lorsqu'une construction est installée sur une pente présentant un risque de glissement, il est possible de la conforter avec des soutènements en allant chercher des appuis sur un sol plus stable. Un talutage peut aussi s'envisager afin de limiter le risque. Mais le coût de ses travaux peut être très important.
La meilleure prévention reste de choisir un terrain stable**.** Avant d'acheter un terrain à bâtir renseignez-vous auprès de la mairie et n'oublier pas que le vendeur doit vous remettre l'ERNMT (l'Etat des Risques Naturels, Miniers et Technologiques).

II.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons montré les différents types de glissement de terrain et qui met l'accent sur les mouvements de terrain qui existe dans la nature, leur type et les facteurs qui leur déclenchent. On a cité quelques passages sur les glissements des terrains à travers le monde.

Chapitre 3

Étude du cas

Introduction

Notre travail consiste à faire une vérification de la stabilité d'un glissement de terrain survenu sur la route nationale n°60A au PK 179 +700, avec la proposition d'une technique de renforcement et confortement, basé sur l'étude socio-économique, et ce à l'aide d'un logiciel de calcul bidimensionnel appelé Tarlen 5

III.2 Situation du projet :

Le projet objet de notre étude est situé sur la route nationale n°60A reliant la route nationale n°01 à Seghouane et la wilaya de M'sila passant par la commune d'Ain Boucif dans la wilaya de Médéa précisément environ 14km de la ville de TLATET EDDOUAIR,



Figure 15 : situation du glissement de terrain

III.3 Géologie la région

La wilaya de Médéa fait partie du champ tellien, dans sa région nord, elle est composée de strates du Mésozoïque et du Cénozoïque qui ont subi d'importantes déformations au cours de la phase de compression alpine. Composé de composition argilo-silicique Schiste. Marnes et calcaires, ainsi que le Miocène composé de sédiments argileux, marneux, gréseux et conglomérats, ces sédiments ont différentes ; L'âge est couvert par la couche alluviale quaternaire, qui s'étend sur tout le territoire de Wilaya.

III.4 Géologie du site :

Ce terrain est occupé par des terrains miocènes, recouvert par des alluvions, et dans cet ensemble on y trouve des affleurements crétacés en boutonnières en sommet de collines.



Figure 16 Prise générale sur le glissement

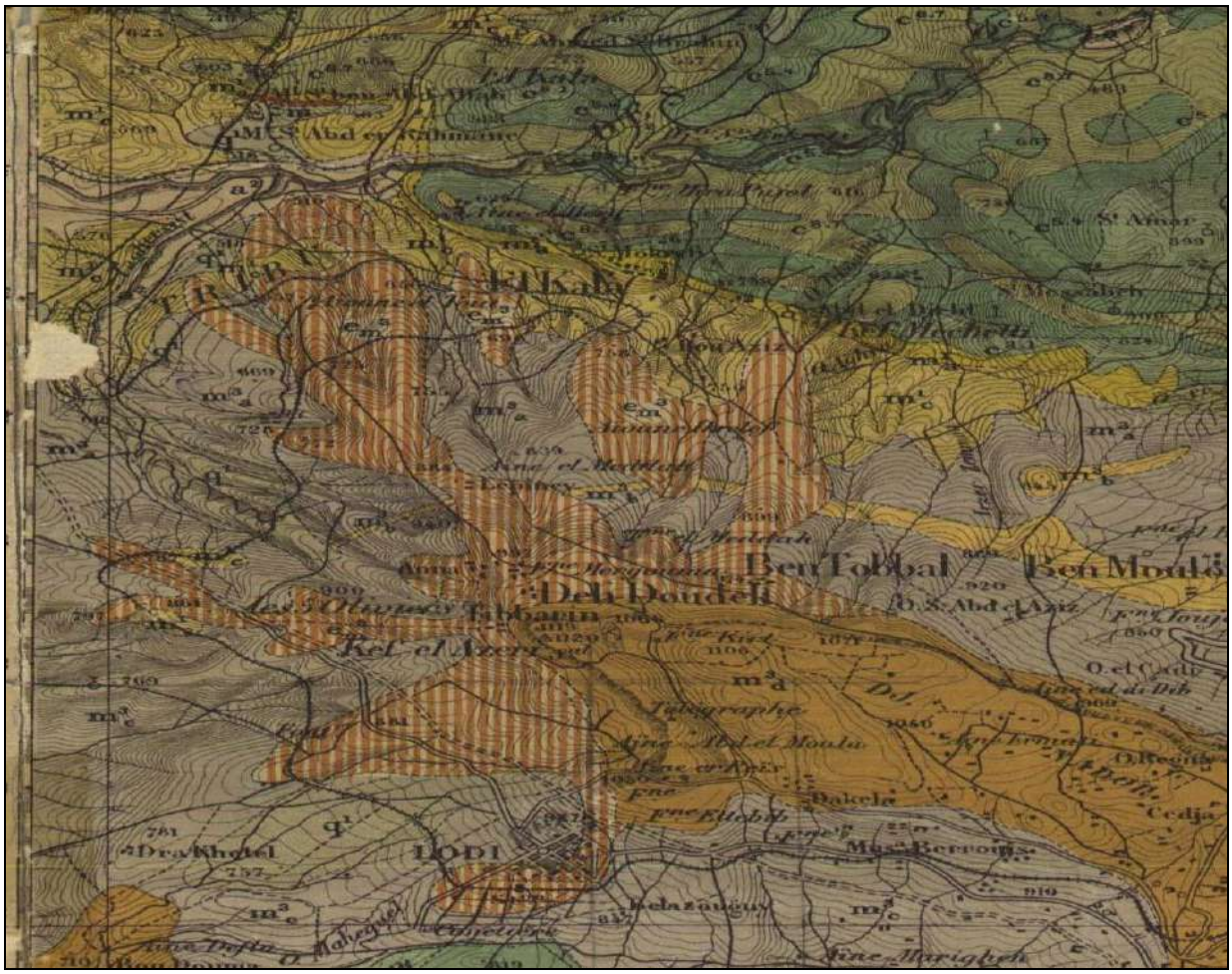


Figure 17 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 ème « MEDEA »

III.5 Cadre sismique de la région

Le Nord de l'Algérie borde la Méditerranée. Dans cette région, les plaques africaine et eurasienne poussent l'une contre l'autre et engendrent des activités sismiques croissantes. Ces séismes ont résulté des activités des deux plaques susmentionnées. Il est estimé que, dans le futur, de similaires ou de plus grands séismes auront lieu dans cette région.

Selon la RPA (règles parasismiques algériennes) qui a pour objectif d'assurer une protection acceptable des vies et constructions humaines vis-à-vis des effets des actions sismiques par une conception et un dimensionnement appropriées.

Le territoire national est divisé en quatre zones de séismicité croissante, définies sur la carte des zones des séismicités comme suit :

Zone O : sismicité négligeable

Zone I : sismicité faible

Zone II : sismicité moyenne

Zone III : sismicité élevée

La Wilaya de Médéa est classifie dans la zone 2 (Zone II : sismicité moyenne)

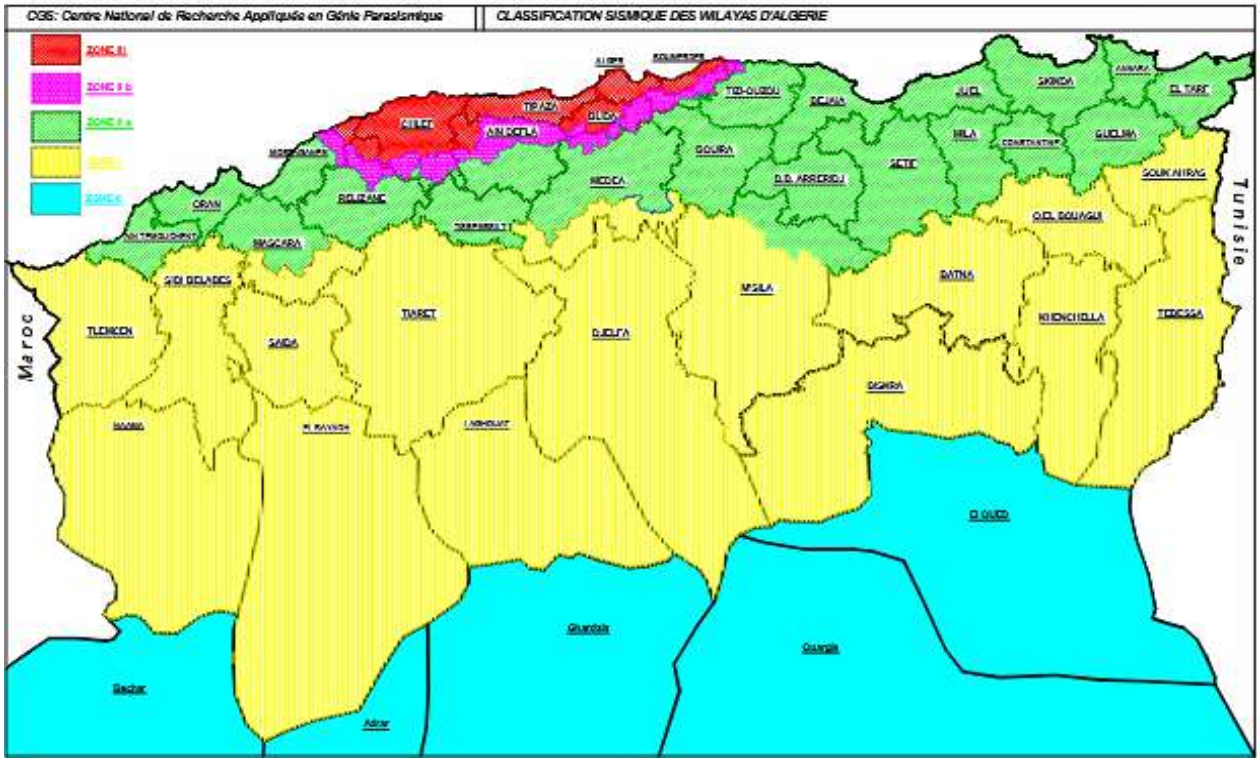


Figure 18 Carte de zonages sismiques du territoire national algériens

III.6 Observations des désordres :

Suite aux plusieurs sorties sur le lieu du projet en question de glissement, Il a été enregistré la présence des dégradations persistantes au niveau des corps de chaussée, dégradation d'une partie de l'ouvrage busée : ceci dénote que le glissement est actif, ces observations sont :

- Fissures et soulèvement au niveau de la plateforme du corps de chaussée
- Hétérogénéité du sol constituant les couches supérieures

- Erosion interne des couches supérieures.
- Présence des fissures important au niveau de la route

III.7 Investigation géotechniques :

Suite au déclenchement de ce glissement, un programme d'investigation géotechnique est établi après une analyse minutieuse des données récoltées sur le terrain, et après expertise menée sur site ; Ce programme a été établi afin de déterminer tous les ingrédients causants le glissement et visant à avoir le maximum de détail pour proposer une solution fiable,

Ce programme composé de :

Des essais in situ : des sondages carottiers

Des essais au laboratoire : teneur en eau, essai a la bite, essai triaxial, la masse volumique

Les paramètres du sol sont mentionnés dans le tableau suivant ;

Nom de la couche	**γsat (kN/m3)**	**φ(°)**	**C (kPa)**
Remblai	19	20	05
Argile	16	10	05
Marne altérée	18	14	10
Marne grise	19	12	20

Tableau 3 paramètre de sol

III.8 CALCUL DE STABILITE DU GLISSEMENT PAR TALREN5 :

III.8.1 Introduction

L'évolution de la technologie amène l'ingénieur à réaliser des projets géotechniques de plus en plus complexes, coûteux et soumis à des contraintes de sécurité de plus en plus sévères .Pour réaliser ces projets et vu la complexité des méthodes analytiques, l'ingénieur a recours aux méthodes qui lui permettent de simuler le comportement des systèmes physiques complexes. Conditionnée par les progrès effectués dans le domaine informatique et les acquis des mathématiques.

L'objectif de cette note de calcul est de justifier la stabilité générale de la zone affectée par le glissement après l'incorporation de la solution arrêtée dans la phase APS. Cette étude est menée à l'aide du logiciel TALREN 5.

III.8.2 Présentation du logiciel TALREN 5 :

Talren est un logiciel permettant la vérification de la stabilité d'ouvrages géotechniques, avec ou sans renforcements. Talus naturels, remblais, barrages et digues ; ouvrages renforcés par tirants précontraints, clous, pieux et micropieux, géotextiles, géo grilles, terre armée et bandes de renforcement.

III.9 Données de base

Pour établir notre calcul de stabilité il faut avoir les données suivant :

La géologie et la nature de notre terrain ; la géométrie de notre terrain ; hydrodynamique du site (la nappe phréatique et les phénomènes hydrauliques) ; entourage du site (ouvrage d'habitations ou les mines à ciel ouvert …)

III.10 Hypothèse de calcule :

Parmi les profils extraits le long de la zone du glissement, on a choisi le profil le plus critique pour vérifier sa stabilité. La coupe lithologique du profil traité avec le logiciel de calcul est effectuée sur la base des sondages carottés et les essais pénétromètriques (PDL) exécutés pendant l'étude géotechnique.

Le sol a été considéré danse son état à court terme (en contraintes totales) ; avec un niveau de nappe en surface du sol support.

Les caractéristiques géotechniques prises comme paramètres initiaux dans les calculs sont extraites des essais de laboratoire et qui sont les suivants :

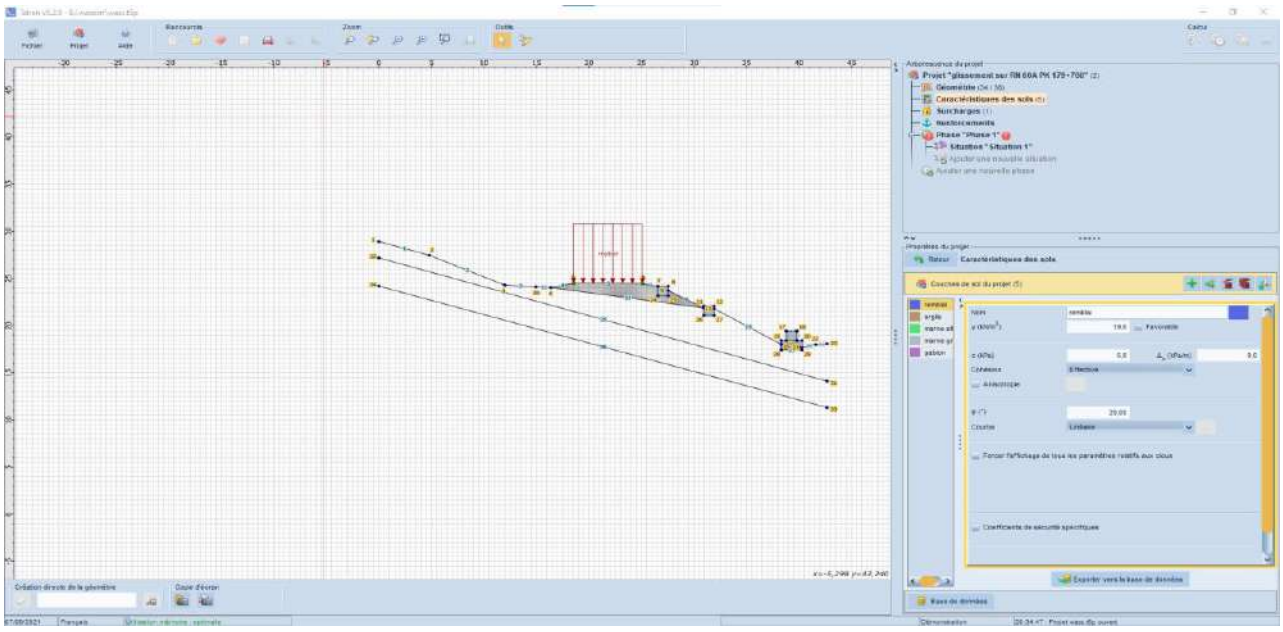


Figure 19 Insertion des couches d sur TALREN5CHARGES ET SURCHARGES

On a considéré une surcharge roulante de 20 Kpa, pour simuler le trafic routier. D'après le règlement parasismique algérien (RPA 99 / version 2003), la wilaya de Médéa est classées zone « II a» c'est-à-dire zone à sismicité moyenne. L'effet sismique a été pris en compte en introduisant des coefficients d'accélérations sismiques qui sont ah /g= ± 0,125 pour la composante horizontale et av /g= ±0,0375 pour la composante verticale.

III.12 ETUDE DE STABILITE

III.12.1 Etude de stabilité à l'état initial

Titre du calcul : Glissement sur RN 60A PK 179+700

Lieu : Berouaghia.MEDEA

Commentaires : Etude de stabilité à l'etat initial

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	Remblai	19.00	20.00	5.00	0.00	-	-	-
2	Argile	16.00	10.00	5.00	0.00	-	-	-
3	Marne alteré	18.00	14.00	10.00	0.00	-	-	-
4	Marne grise	19.00	12.00	20.00	0.00	-	-	-
5	Gabion	25.00	25.00	50.00	0.00	-	-	-

Tableau 4 couches de sols et ces caractéristiques

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	28.93	2	4.80	27.48	3	11.97	24.31	4	16.38	24.05	5	18.52	24.50	6	25.08	24.47	7	26.55	24.19
8	27.55	24.19	9	27.55	23.74	10	30.93	21.89	11	30.93	22.10	12	31.93	22.10	13	31.93	21.81	14	38.30	18.03
15	38.30	18.44	16	38.80	18.44	17	38.80	19.44	18	39.80	19.44	19	39.80	18.44	20	40.30	18.44	21	40.30	17.70
22	41.59	18.01	23	42.66	18.09	24	26.55	23.19	25	27.55	23.19	26	30.93	21.10	27	31.93	21.10	28	38.30	17.44
29	40.30	17.44	30	14.96	24.13	31	42.66	14.13	32	0.00	27.20	33	42.66	11.13	34	0.00	24.20			

Tableau 5 point

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	2	2	3	3	3	30	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15
15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	21	22
22	22	23	23	10	26	24	26	27	25	27	13	26	21	29	27	29	28	28	28	14
29	7	24	30	24	25	31	25	9	32	30	4	33	4	10	34	16	19	35	31	32
36	33	34																		

Tableau 6 segment

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	Routier	18.52	24.50	20.00	25.08	24.47	20.00	90.00	0.00	0.00

Tableau 7 surcharges reparties

Données de la phase : Phase (1)
Enveloppe du talus

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	2	3	3
4	32	5	4	6	5
7	6	8	7	9	8
10	9	11	10	12	11
13	12	14	13	15	14
16	15	17	16	18	17
19	18	20	19	21	20
22	21	23	22		

Tableau 8 enveloppe du talus

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	2	2	2	3	2	3	3	30	2
4	4	5	1	5	5	6	1	6	6	7	1
7	7	8	5	8	8	9	5	9	9	10	1
10	11	12	5	11	12	13	5	12	13	14	2
13	15	16	5	14	17	18	5	15	18	19	5
16	19	20	5	17	20	21	5	18	21	22	2
19	22	23	2	20	10	26	2	21	26	27	2
22	27	13	5	23	21	29	5	24	29	28	2
25	28	14	2	26	7	24	1	27	24	25	1
28	25	9	5	29	30	4	2	30	4	10	2
31	16	19	5	32	31	32	3	33	33	34	4

Tableau 9 segments de la phase

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Routier

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	28.93	2	4.50	27.50	3	12.00	24.00	4	17.00	24.00	5	32.50	21.50	6	38.00	17.50
7	42.50	17.00															

Tableau 10 toit de la nappe

Données de la situation : Situation (1)

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : Eurocode 7-Approche 3

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	Γmin	1.00		Γsl	1.00		Γ'sl	1.00		Γphi	1.25		Γc'	1.25
	Γcu	1.40		ΓQ	1.35		Γqscl ab	1.10		Γqscl es	1.10		Γqsti ab	1.10
	Γqsti es	1.10		Γqsba	1.10		Γpl	1.40		Γaclo	1.25		Γatir	1.25
	Γaban	1.25		Γbu	1.25		Γs3	1.12						

Tableau 11 données de la situation initial

Détail des coefficients partiels

Prise en compte du séisme : Coefficient ah/g (accélération horizontale)= 0.13

Coefficient av/g (accélération verticale)= 0.04

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0.50 m

Abscisse émergence limite : 0.00

Type de recherche : Cercles tangents à une couche

Cercles tangents à la couche : Argile

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage
dans certains sols</HTML> : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : Fmin= 0.86

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 30.51 Y= 32.24 R= 10.18 m

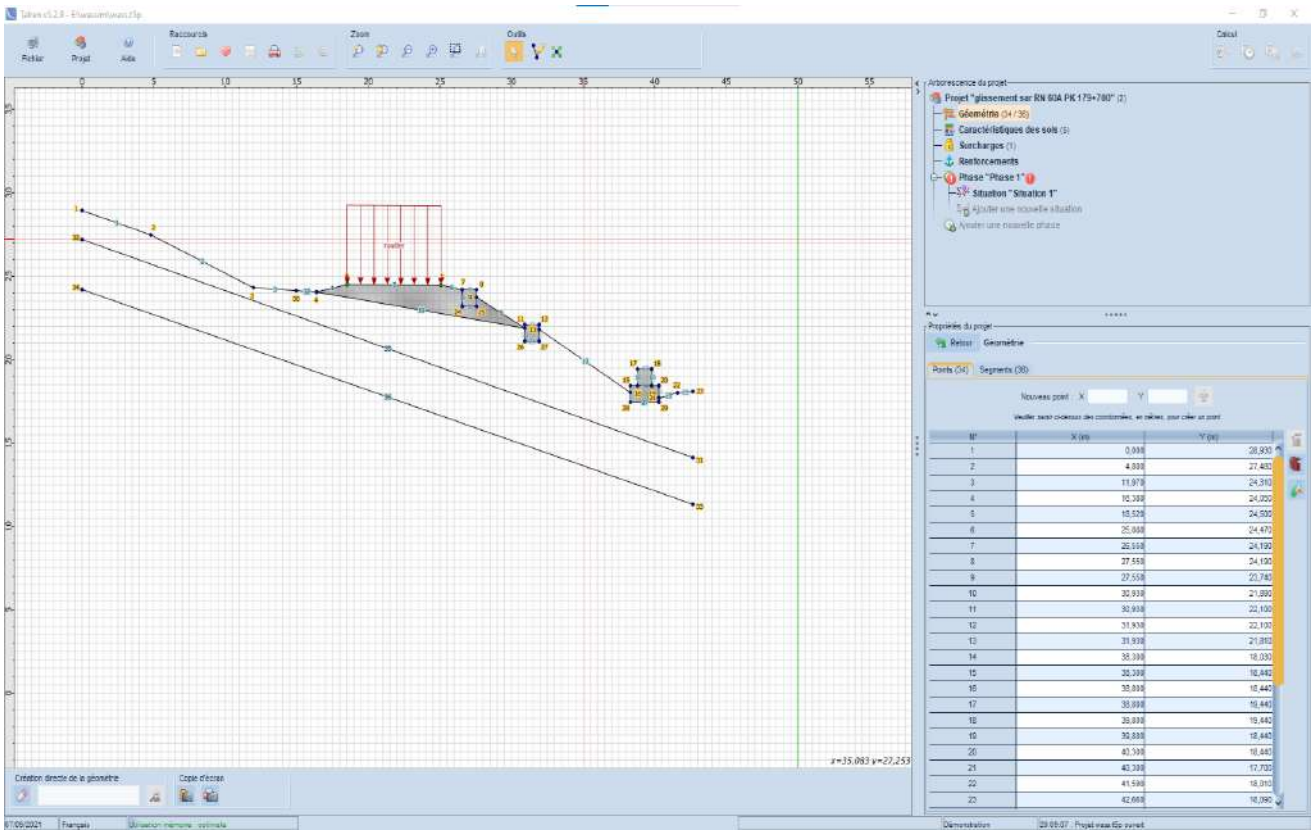


Figure 20 Talren5 insertion des points

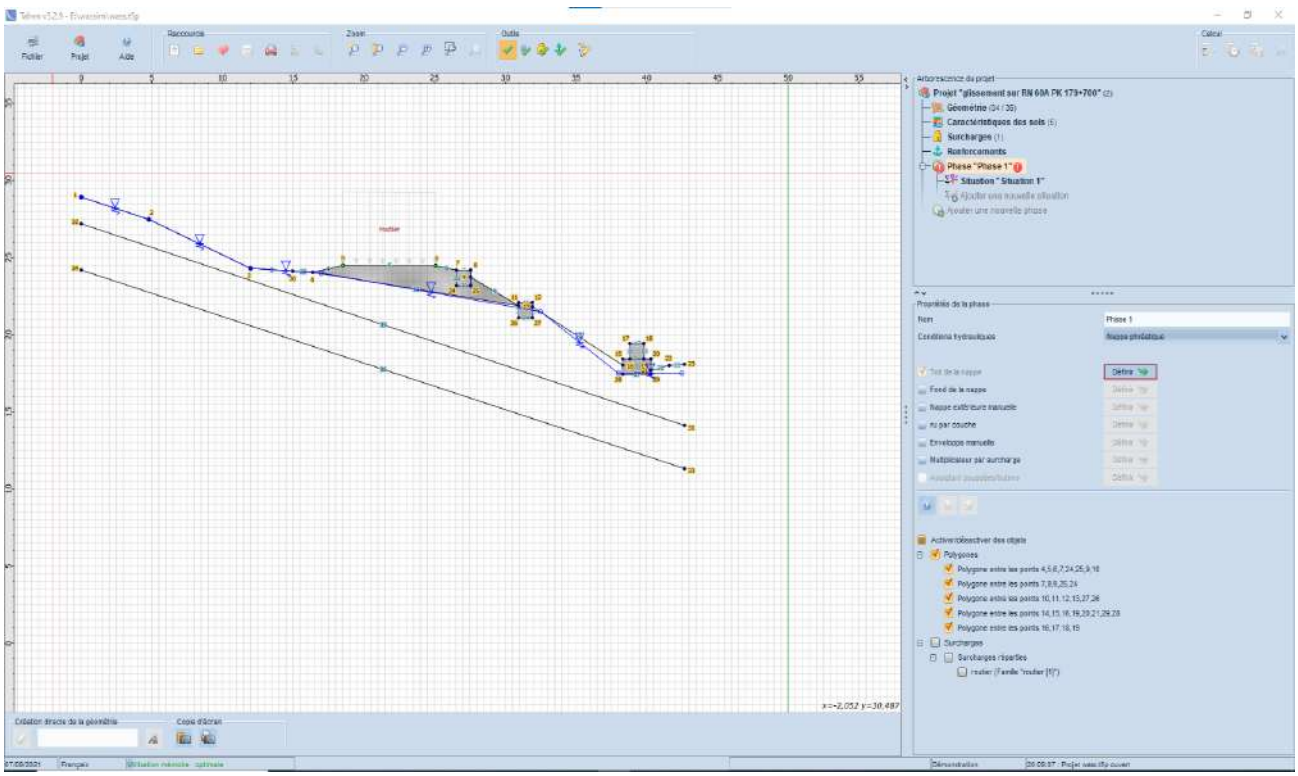


Figure 21 Talren5 données de la phase (nappe et segments)

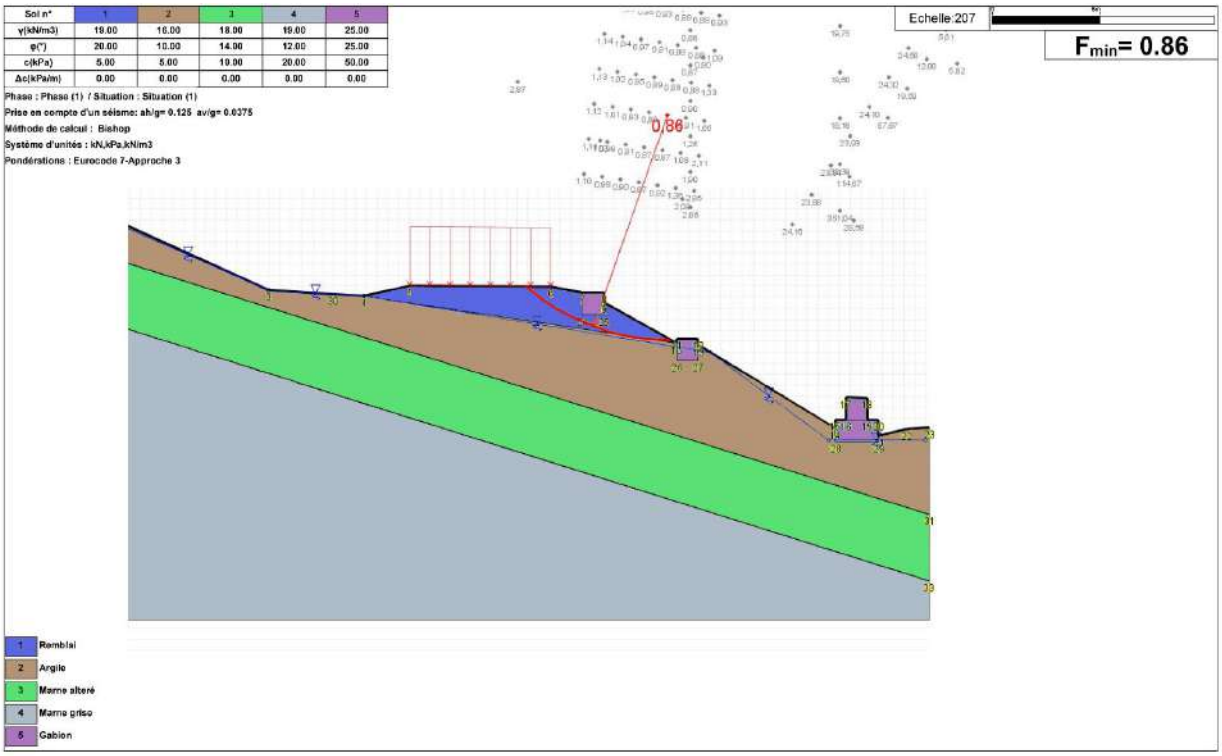


Figure 22 Talren5 Etude de stabilité à l'état initial

On remarque Vu que le résultat obtenu **Fmin= 0.86 inferieure a la stabilité** ce qui conduit à chercher une solution de confortement pour stopper le glissement à savoir :

III.12.2 SOLUTION DE CONFORTEMENT :

Les causes probables des désordres enregistrés dans ce site est la nature du sol (argile plastique très sensible à l'eau), l'absence d'un système de drainage adéquat pour les eaux superficielles et d'infiltrations et la faible extension de la première rangée du gabion. De ce fait, la conception d'un système de drainage adéquat est plus qu'une nécessité, avec un confortement au côté aval de la route.

En s'appuyant sur l'observation visuelle du glissement (géométrie, hauteur, envergure, escarpement) et sur l'analyse numérique avant le confortement, nous recommandons ce qui suit :

- La substitution de la première rangée de gabion (près de la chaussée) avec une rangée bien ancrée dans le bon sol, et qui longe la zone à risque, il sera composé de deux files, de 2.0m de hauteur totale et de 2.0m de largeur à la base, dont les caractéristiques géotechniques prises dans le calcul sont les suivantes :

- Cohésion : C = 50 kPa
- Angle de frottement : φ = 25°
- Densité : γ = 25 kN/m3

¬ Capter les eaux d'infiltration par la réalisation d'une tranchée drainante qui longe la route du côté amont.

¬ Canaliser les eaux de ruissellement de surface par la réalisation d'un fossé bétonné longitudinal parallèle à l'axe de la chaussée.

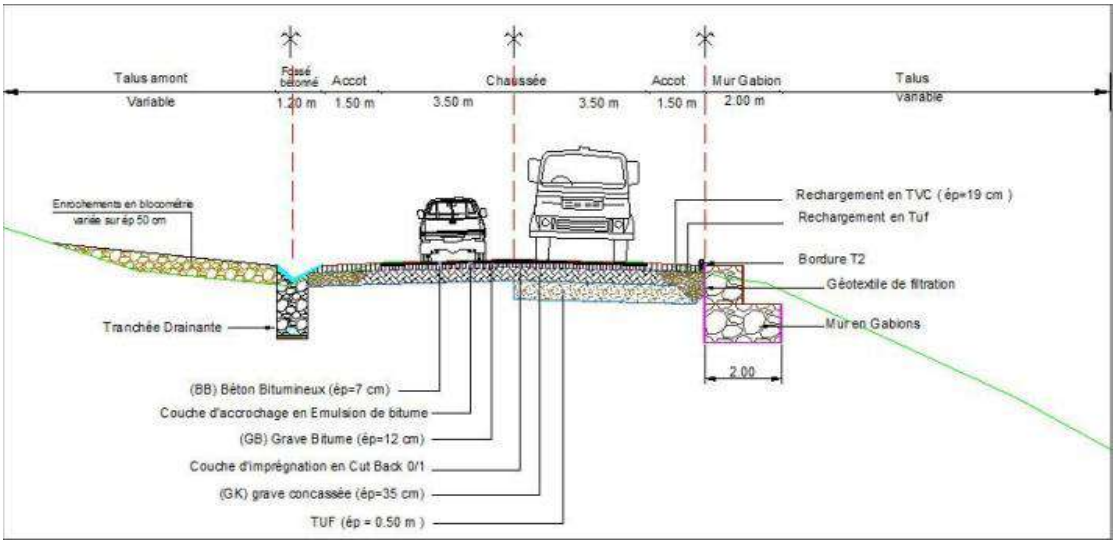


Figure 23 schémas technique de drainage

III.12.3 NORME DE CALCUL UTILISEE :

- La méthode utilisée est celle du calcul à la rupture circulaire de Bishop, le coefficient de sécurité s'exprime : Fbish=moment résistant/moment moteur
- les calculs se font selon la norme Eurocode 7-approche 3, qui utilise des facteurs de sécurité partiels (Γ) pour les états limites ultimes sur les actions, les paramètres du sol, les éléments de renforcements et les résistances géotechniques.
- le coefficient de sécurité minimum (Γmin) pour cette norme est égale à 1 donc Γmin calculé par TALREN et devra être ≥ 1 pour l'équilibre. L'approche de calcul 3 est utilisée pour la vérification des états limites de stabilité générale la combinaison des ensembles de facteurs partiels suivants : (A1 ou A2) + M2 + R3, Illustrés par les tableaux ci-dessous :
  - Tableau 1 - Facteurs partiels pour les actions :

Action		Symbole	Ensemble	
			A1	A2
Permanente	Défavorable	γ_{Gsup}	1,35	1,0
	Favorable	γ_{Ginf}	1,0	1,0
Variable	Défavorable	γ_{Qsup}	1,5	1,3
	Favorable	γ_{Qinf}	0	0

Tableau 12 • Tableau 1 - Facteurs partiels pour les actions

• Tableau 2 - Facteurs partiels pour les paramètres du sol :

Paramètres du sol	Symbole	Ensemble	
		M1	M2
Angle de frottement interne [a]	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Cohésion non drainée	γ_{cu}	1,0	1,4
Poids volumique	γ_{γ}	1,0	1,0

Tableau 13 Facteurs partiels pour les paramètres du sol

III.12.4 RESULTATS ET INTERPRETATION DES CALCULS :

Le phasage du calcul se fait comme suit :

a- Vérification de la stabilité du profil le plus critique favorisant le glissement à l'état initial.

b -Vérification de la stabilité du profil après l'intégration de la solution de confortement proposée (agir contre les eaux de surface et d'infiltration et soutènement par un mur en gabion).

c-Vérification de la phase transitoire pendant l'exécution des travaux de terrassement sans prendre en compte de l'action sismique.

Les résultats du calcul sont présentés en ci-dessous comme suit :

III.12.5 Etude de stabilité avec confortement

Titre du calcul : Glissement sur RN 60A PK 179+700

Lieu : Berouaghia.MEDEA

Commentaires : Etude de stabilité avec confortement

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γw : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	Remblai	19.00	20.00	5.00	0.00	-	-	-
2	Argile	16.00	10.00	5.00	0.00	-	-	-
3	Marne alteré	18.00	14.00	10.00	0.00	-	-	-
4	Marne grise	19.00	12.00	20.00	0.00	-	-	-
5	Gabion	25.00	40.00	5.00	0.00	-	-	-

Tableau 14 couches de sols (confortement)

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	28.93	2	4.80	27.48	3	11.97	24.31	4	16.38	24.05	5	18.52	24.50	6	25.08	24.47	7	26.55	24.19
8	27.55	24.19	9	30.93	21.89	10	30.93	22.10	11	31.93	22.10	12	31.93	21.81	13	38.30	18.03	14	38.30	18.44
15	38.80	18.44	16	38.80	19.44	17	39.80	19.44	18	39.80	18.44	19	40.30	18.44	20	40.30	17.70	21	41.59	18.01
22	42.66	18.09	23	26.55	23.19	24	27.55	23.19	25	30.93	21.10	26	31.93	21.10	27	38.30	17.44	28	40.30	17.44
29	14.96	24.13	30	26.55	22.19	31	27.55	22.19	32	28.55	22.19	33	28.55	23.19	34	26.55	22.69	35	28.05	23.19
36	0.00	27.20	37	42.66	14.13	38	42.66	11.13	39	0.00	24.20									

Tableau 15 points (confortement)

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	2	2	3	3	3	29	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8
8	9	10	9	10	11	10	11	12	11	12	13	12	13	14	13	14	15	14	15	16
15	16	17	16	17	18	17	18	19	18	19	20	19	20	21	20	21	22	21	9	25
22	25	26	23	26	12	24	20	28	25	28	27	26	27	13	27	7	23	28	23	24
29	29	4	30	15	18	31	33	9	32	4	34	33	23	34	34	30	31	35	32	33
36	33	35	37	24	31	38	34	30	39	31	32	40	35	24	41	8	24	42	36	37
43	38	39																		

Tableau 16 segments (confortement)

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	Routier	18.52	24.50	20.00	25.08	24.47	20.00	90.00	0.00	0.00

Tableau 17 surcharges reparties (confortement)

Données de la phase : Phase (1)

Enveloppe du talus

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	2	3	3
4	29	5	4	6	5
7	6	8	7	9	41
10	40	11	36	12	31
13	8	14	9	15	10
16	11	17	12	18	13
19	14	20	15	21	16
22	17	23	18	24	19
25	20				

Tableau 18 enveloppe du talus (confortement)

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	2	2	2	3	2	3	3	29	2
4	4	5	1	5	5	6	1	6	6	7	1
7	7	8	5	8	10	11	5	9	11	12	5
10	12	13	2	11	14	15	5	12	16	17	5
13	17	18	5	14	18	19	5	15	19	20	5
16	20	21	2	17	21	22	2	18	9	25	2
19	25	26	2	20	26	12	5	21	20	28	5
22	28	27	2	23	27	13	2	24	7	23	1
25	23	24	5	26	29	4	2	27	15	18	5
28	33	9	2	29	4	34	2	30	23	34	5
31	30	31	2	32	32	33	5	33	33	35	5
34	24	31	5	35	34	30	2	36	31	32	2
37	35	24	5	38	8	24	5	39	36	37	3
40	38	39	4								

Tableau 19 segments de la phase (confortement)

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Routier

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	28.93	2	4.50	27.50	3	12.00	24.00	4	16.00	22.50	5	30.00	22.00	6	38.50	17.50
7	42.50	17.00															

Tableau 20 toit de la nappe (confortement)

Données de la situation : Situation (1)

Méthode de calcul pour cette situation :

Pondérations pour cette situation : Eurocode 7-Approche 3

Détail des coefficients partiels

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	Γmin	1.00		Γsl	1.00		Γ'sl	1.00		Γphi	1.25		Γc'	1.25
	Γcu	1.40		ΓQ	1.35		Γqscl ab	1.10		Γqscl es	1.10		Γqsti ab	1.10
	Γqsti es	1.10		Γqsba	1.10		Γpl	1.40		Γaclo	1.25		Γatir	1.25
	Γaban	1.25		Γbu	1.25		Γs3	1.12						

Tableau 21 Détail des coefficients partiels

Prise en compte du séisme : Coefficient ah/g (accélérations horizontales)= 0.13 Coefficient av/g (accélération verticale)=0.04

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Automatique

Nombre de découpages : 10 Incrément sur le rayon : 0.50 m Abscisse émergence limite : 0.00

Type de recherche : Cercles tangents à une couche Cercles tangents à la couche : Argile

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage
dans certains sols</HTML> : Non

Résultat

Coefficient de sécurité minimal : Fmin= 1.2

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 28.16 Y= 31.04 R= 7.86 m

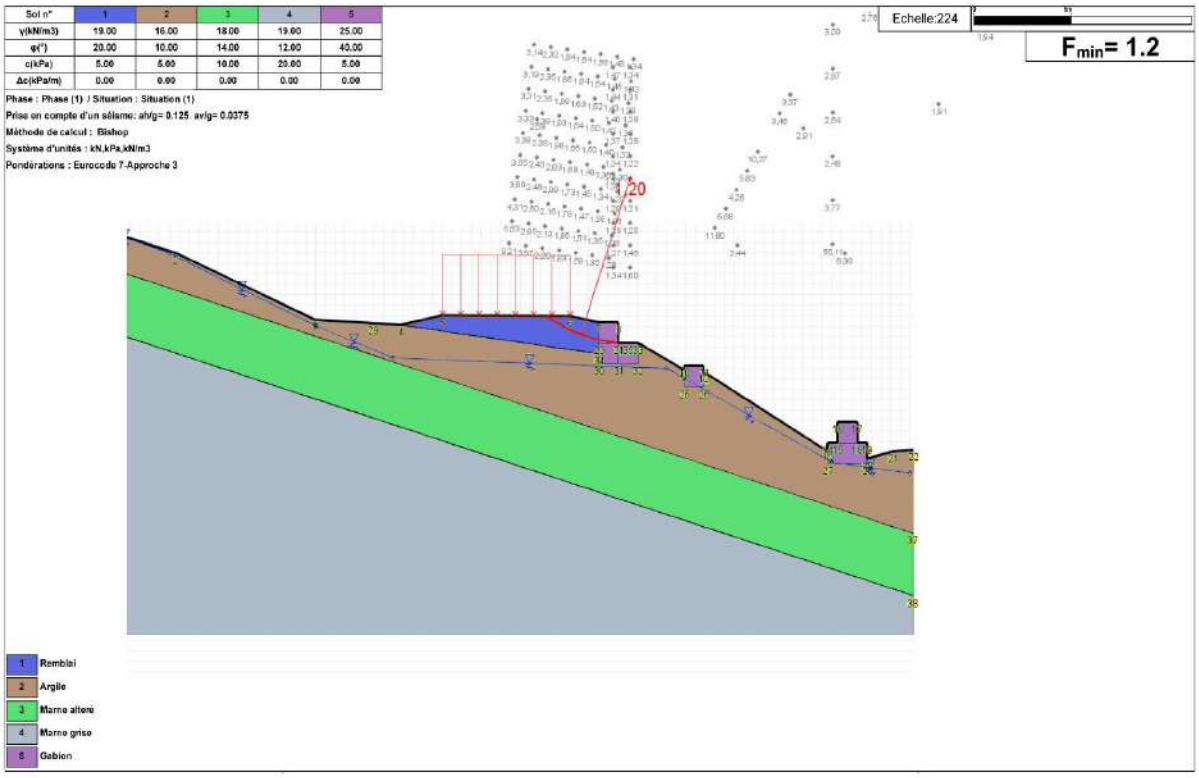


Figure 24 Talren5 Etude de stabilité avec confortement

Vu que le résultat obtenu **Fmin= 1.20 favorable à la stabilité** d'où l'abaissement du niveau de la nappe et le positionnement du mur en gabion sur le côté aval, on obtient un facteur de sécurité favorable et ce avec la prise en compte de l'action sismique.

III.12.6 Vérification de la stabilité lors des travaux des terrassements

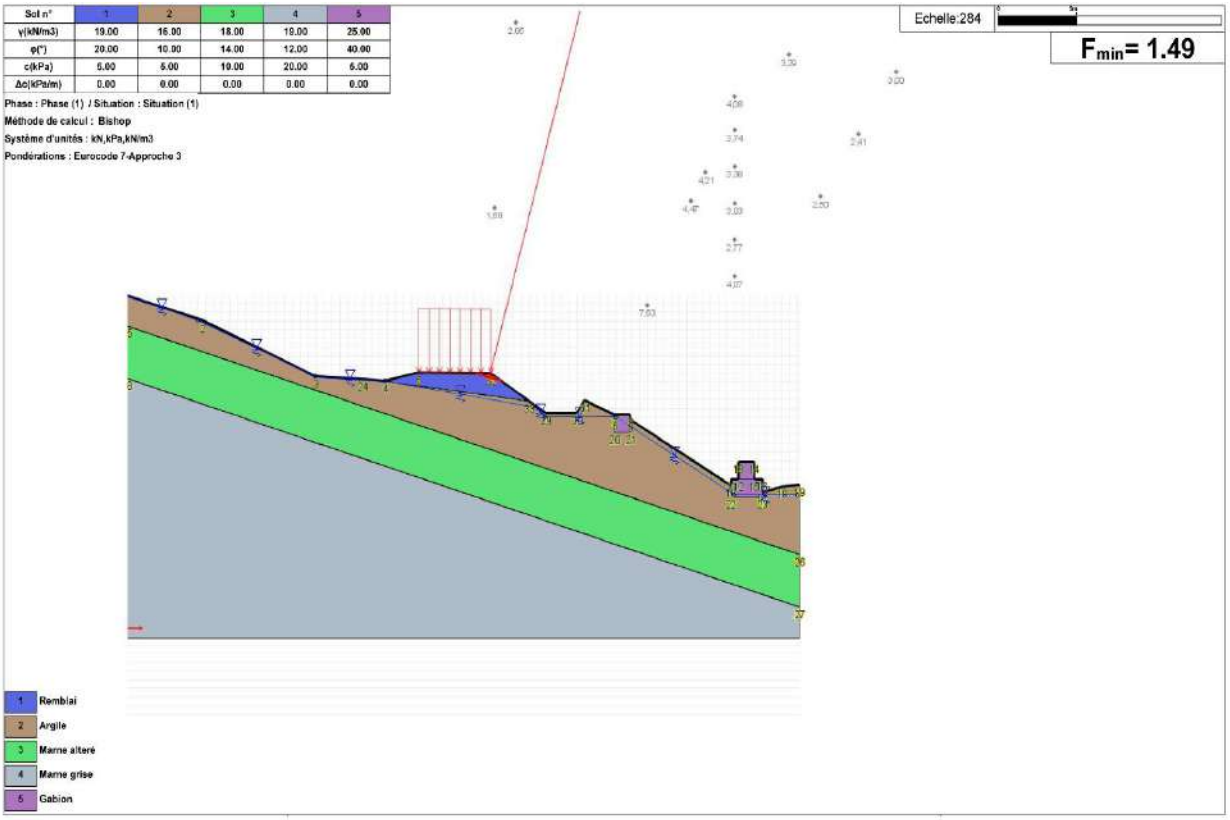


Figure 25 Talren5 Profil critique. Vérification de stabilité lors des terrassements

Vu que le résultat obtenu **Fmin= 1.49 satisfaisant à la stabilité**

III.12.7 Interprétation des résultats

- L'analyse du profil critique à l'état initial donne un facteur de sécurité FS=0,86 avec la prise en compte de l'action sismique, ce qui conduit à chercher une solution de confortement pour stopper le glissement.
- Après l'abaissement du niveau de la nappe et le positionnement du mur en gabion sur le coté aval, on obtient un facteur de sécurité FS=1,20 avec la prise en compte de l'action sismique.
- L'analyse du profil critique lors des travaux de terrassements donne un facteur de sécurité FS=1,49

III.13 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

Les résultats de calcul montrent clairement que la solution de confortement proposée pour le glissement sur RN 60A PK 179+700 donne un gain de sécurité appréciable, la solution se résume comme suit :

Ouvrage de confortement :

Réaliser un mur en gabion sur le côté aval de la route, il sera composé de deux files, de 2.0m de hauteur totale et de 2.0m de largeur à la base.

Ouvrage de drainage :

Sur le côté amont, la réalisation d'une tranchée drainante qui longe la route afin de capter les eaux d'infiltration et les eaux de surface seront captées par un fossé bétonné longitudinal parallèlement à l'axe de la chaussée

III.14 CALCUL DE STABILITE DU GABION :

III.14.1 INTRODUCTION :

L'objet de cette note de calcul est de justifier la stabilité du mur en gabion implanté au pied de talus. Cette étude est menée à l'aide du logiciel Gawacwin, un logiciel destiné pour la modélisation des murs en gabions. Il permet d'évaluer les poussées actives et passives sur le mur, sa capacité portante et sa résistance au glissement et au renversement.

III.14.2 HYPOTHESES DE CALCUL :

- Les gabions sont des paniers métalliques remplis de pierres, ils se comportent comme un bloc tout en conservant un certain caractère de flexibilité, les pierres et Le grillage constitutif du gabion seront conformes aux exigences de la norme NF P 94-325-1.
- Le mur en gabions au bas du talus aval sera composé de trois files de 3.0 m de hauteur et de 3.0 m de largeur à la base.
- L'effet sismique a été pris en compte en introduisant des coefficients d'accélérations sismiques qui sont ah /g= ± 0,125 pour la composante horizontale et av /g= ±0,0375 pour la composante verticale.

On a considéré une surcharge roulante de 20 Kpa, pour simuler le trafic routier.

III.14.3 CRITERES DE STABILITE

Pour assurer la stabilité du mur en gabion il faut passer par les vérifications suivantes :

- **Renversement :**

$$m = \frac{M_r}{M_0} \geq 1.5$$

M_r Moment stabilisateur.

M_0 Moment de renversement.

- **Glissement :**

$$m' = \frac{N}{T}.f \geq 1.5$$

f Coefficient de frottement entre la fondation et le sol.

N Composante normale de la résultante.

T Composante tangentielle de la résultante.

- **Pression au sol :**

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

e Excentricité de la résultante.

B Largeur de la fondation.

III.14.4 RESULTATS ET INTERPRETATION DES CALCULS :

La stabilité du mur en gabion se vérifier vis-à-vis le renversement, glissement interne et le glissement générale.

- Le coefficient de sécurité au glissement est égale à 2,02 d'où le mur en gabion ne subit pas un glissement horizontal.
- Le coefficient de sécurité au renversement est égale à 3,35 d'où le problème de basculement de gabion est évitable.
- Le coefficient de la stabilité générale au glissement est égale à 1,54 d'où la stabilité externe est vérifiée.

  Les détails des calculs sont présentés en ci-dessous :

DONNEES D'ENTREE

Données concernant le mur

Fruit du mur	:	0,00 deg
Poids volumique des cailloux	:	25,00 kN/m³
Porosité des gabions	:	30,00 %
Géotextile en arrière	:	Oui
Réduction du frottement	:	%
Géotextile sous la fondation	:	Oui
Réduction du frottement	:	%
Maille/diam. du fil		8x10, ø 3.0 mm CD

Niveau	Longueur m	Hauteur m	Décalage m
1	2,00	1,00	-
2	1,00	1,00	1,00

Tableau 22 données d'entrée (gabion)

Caractéristiques du terrain arrière

Inclinaison du premier tronçon	:	2,00 deg
Longueur du premier tronçon	:	1,50 m
Inclinaison du deuxième tronçon	:	0,00 deg
Poids volumique du sol	:	19,00 kN/m³
Angle de frottement interne du sol	:	20,00 deg
Cohésion du sol	:	5,00 kN/m²

Couches supplémentaires

Couche	Hauteur initiale m	Inclinaison deg	Poids volumique kN/m³	Cohésion kN/m²	Angle de frottement deg
1	1,00	0,00	16,00	5,00	10,00

Tableau 23 caractéristique du terrain arrière

Caractéristiques du terrain de fondation

Niveau de la surface	:	1,00 m
Longueur de la surface	:	1,00 m
Inclinaison de la surface	:	29,00 deg
Poids volumique du sol	:	18,00 kN/m³
Angle de frottement interne du sol	:	14,00 deg
Cohésion du sol	:	10,00 kN/m²
Contrainte admissible en fondation	:	kN/m²
Niveau de la nappe	:	m

Couches supplémentaires

Couche	Profondeur m	Poids volumique kN/m³	Cohésion kN/m²	Angle de frottement deg

Tableau 24 caractéristique du terrain de fondation

Données hydrauliques

Hauteur initiale	:	m
Inclinaison du premier tronçon	:	deg
Longueur du premier tronçon	:	m
Inclinaison du second tronçon	:	deg
Longueur du second tronçon	:	m

Charges prises en compte

Charges surfaciques sur le terrain arrière			Premier tronçon	:	kN/m²
			Second tronçon	:	20,00 kN/m²
Charges surfaciques sur le mur			Charge	:	kN/m²
Charges linéaires sur le terrain arrière					
Charge 1	:	kN/m	Distance au sommet du mur	:	m
Charge 2	:	kN/m	Distance au sommet du mur	:	m
Charge 3	:	kN/m	Distance au sommet du mur	:	m
Charges linéaires sur le mur					
Charge	:	kN/m	Distance au sommet du mur	:	m

Actions sismiques

Coefficient horizontal	:	0,13	Coefficient vertical	:	0,04

Tableau 25 données hydrauliques de terrain

RESULTATS DE L'ANALYSE DE STABILITE

Poussées Active et Passive

Tableau 26 poussées active et passive

Poussée Active	:	25,54 kN/m
Point d'application (abscisse)	:	2,00 m
Point d'application (ordonnée)	:	0,90 m
Inclinaison de la poussée / X	:	20,00 deg
Poussée Passive	:	37,70 kN/m
Point d'application (abscisse)	:	0,00 m
Point d'application (ordonnée)	:	0,36 m
Inclinaison de la poussée / X	:	-6,34 deg
GLISSEMENT		
Effort normal sous la fondation	:	55,10 kN/m
Point d'application (abscisse)	:	1,14 m
Point d'application (ordonnée)	:	0,00 m
Effort de cisaillement sous la fondation	:	-7,15 kN/m
Effort tangentiel résistant	:	61,21 kN/m
Coefficient de Sécurité au Glissement	**:**	**2,02**

RENVERSEMENT

Moment déstabilisant	:	26,77 kN/m x m
Moment stabilisateur	:	89,78 kN/m x m
Coefficient de Sécurité au Renversement	**:**	**3,35**

Efforts agissant sur la Fondation

Excentricité	:	-0,14 m
Contrainte normale aval	:	15,69 kN/m²
Contrainte normale amont	:	39,42 kN/m²
Contrainte admissible du sol de fondation	:	62,60 kN/m²

Tableau 27 renversement

Stabilité générale

Distance initiale au pivot gauche	:	0,00 m
Distance initiale au pivot droit	:	5,00 m
Profondeur initiale sous la fondation	:	0,00 m
Profondeur maxi. Autorisée dans les calculs	:	m
Abscisse du centre de l'arc	:	-14,15 m
Ordonnée du centre de l'arc	:	13,26 m
Rayon de l'arc	:	23,33 m
Nombre de surfaces recherchées	:	73
Coefficient de Stabilité Générale	**:**	**1,54**

Tableau 28 stabilité général

Stabilité Interne

Niveau	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	□ Max kN/m²	□ Adm kN/m²	□ Max kN/m²	□ Adm kN/m²
1	1,00	17,92	5,07	7,26	5,07	38,36	22,13	

Tableau 29 stabilité interne

Sol	□ kN/m³	c kN/m²	□ deg	Sol	□ kN/m³	c kN/m²	□ deg
B_s	19,00	5,00	20,00	F_s	18,00	10,00	14,00
B_1	16,00	5,00	10,00				

CHARGES

Charges	Valeur kN/m²	Charges	Valeur kN/m
q_2	20,00		

Tableau 30 sol et charges

VERIFICATION DE LA STABILITE

Coeff. Sécurité au Glissement	2,02	Contrainte normale aval	15,69kN/m²
Coeff. Sécurité au Renversement	3,35	Contrainte normale amont	39,42kN/m²
Coeff. Sécurité Stab. Générale	1,54	Contrainte admissible du sol	62,60kN/m²

Tableau 31 vérification de la stabilité

III.15 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La stabilité du mur en gabion vis-à-vis le renversement et le glissement est vérifiée.
Les pierres et le grillage constitutifs du gabion devront être conformes aux exigences de la norme NF P 94-325-1.
Pour éviter le problème des tassements différentiels à la base du mur gabion, nous recommandons de réaliser le premier lit de gabion perpendiculaire à l'axe de la route, de plus pour diminuer la pression interstitielle derrière le mur nous recommandons d'utiliser un géotextile de filtration derrière le mur gabion afin d'éviter la contamination de mur par les fines emportées par les eaux souterraines

Conclusion générale

Comme tout autre projet, la recherche sur les glissements de terrain commence toujours par une recherche géotechnique, basée sur des observations et tests sur terrains et des analyses en laboratoires ce qui donnent une vue d'ensemble de la formation.

La formation du sol et ses caractéristiques, notamment la cohésion et l'angle de frottement, nous permettent enfin d'apprécier la surface de glisse sur laquelle nous nous basons afin de proposer des solutions de renforcement adaptées.

Le facteur de sécurité, en utilisant le même ensemble de données, ne dépasse pas 10 % des méthodes utilisées dans cette étude.

La route national 60A‘PK 179+700’ présente plusieurs cas de glissements. Les mouvements des talus sont les causes principales du désordre qui ont affecté la route.

L’analyse qualitative de ce glissement a été faite en se basant sur des rapports techniques, et des témoignages recueillis auprès de corps techniques de la DTP, nous a permis de poser comme hypothèse qu’une couche de remblai glisse sur une formation de sol plus compacte et imperméable. L’eau présente sur site génère des pressions
hydrauliques au niveau de la première couche, favorisant ainsi le glissement.

En se basant sur les paramètres géotechniques et topographiques de la zone de glissement, une analyse du mouvement de terrain a été menée par le logiciel « Talren5 ».

De cette analyse, nous avons retenu un système stable qui inclut la mise en place en premier lieu la construction des murs en gabions et d'un fossé de drainage.

La méthode de confortement qu’on a choisi est la solution optimale.

Références Bibliographique.

[01] : AMAROUCHE TASSADIT et BADOUD ABADERRAHIM, (2014 – 2015) ; « étude
géotechnique de la stabilité des talus cas de la carrière de Meftah - w Blida», mémoire de
master, université Abderrahmane mira de Bejaia.
[02] : BALI O, ET BOUKERAS A(2018) ; « Etude géotechnique de glissement de terrain a
mascara. Mémoire de master en géotechnique » Université Djilali Bolinaama de khemis
Miliana
[03] : BELALOUI M, ET ZIANE K (2012) ; « Analyse et confortement du glissement de
terrain de la RN9 sis à Kherrata wilaya de Bejaia», Mémoire de master, université Abderrahmane mira de Bejaia
[04] : BELALOUI MOHAMED SAID et ZIANE KAMEL, (2012 – 2013); « analyse et confortement de glissement de terrain de la RN 9 sis à kharrata wilaya de Bejaia», mémoire
de fin de cycle, université Abderrahmane mira de Bejaia.
[05] : BENDJEDDO AZZEDDINE, (2015) ; « étude des glissements routiers au nord-est de
l'Algérie », mémoire de magister, université de Beskra.
[06] : Bureau d'étude Aqua engeneing souk ahras (2007) ; « étude diagnostic du réseau
d'assainissement de la ville de mechrouha »
[07] : CHERBOUL FATIMA, (2015 – 2016) ; « analyse de la stabilité et modélisation numérique d'un glissement de terrain », mémoire de master, université de Larbi Tebssi
Tébessa.
[08] : DIB SOUHIR, (2015) ; « contribution à la simulation au glissement de terrain cas de
talus de la CW02 entre baghlia et naciria wilaya Boumerdes», mémoire de master, école
nationale supérieur d'hydraulique Arbaoui Abdellah.
[09] : DJAHMI KHROFA, (2012) ; modélisation par code de calcul gastem des glissements
de terrain : cas du glissement de Ain senour», mémoire de master, université de Guelma.
[10] : DJLTI MOHAMED et HADBI EAKARIA, (2019) ; «analyse et confortement d'un glissement de talus », mémoire de master, université de Tlemcen
[11] : GUERAIDIA N(2018) ; « Caractérisation géomorpologique et structurale de quelques
glissements de terrain dans la région de souk ahras, », apport des outils d'imegerie

et de la
télédétection
[12] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Mechroha#G%C3%A9ographie
[13] in site web
Références Bibliographique.
76
[14] : LAFIFI BRAHIM, (2009) ; « modélisation numérique des glissements de terrain par la
méthode des éléments finis en prenant en compte d'un critère d'instabilité matérielle », thèse
doctorat, université de Guelma.
[15] : MERAOUNA RYM, MEDAR NARIMEN, BOUZAHER FADIA, (2018) ; « modélisation numérique et renforcement de la route RN 16 Ain Synour souk ahras du PK02+050», mémoire de master, université BADJI MOKHTAR ANNNABA.
[16] : OUEDFEL S, ET KHOCHMANE K(2013) ; « Etude de traitement de glissement sur le
cw 132 au pk14+100 (commune de zitouna Skikda) » Mémoire de master e géologie de
l'ingénieur, université Elhadj Lakhdar -Batna
[17] : OUSSAMA DRAREMI et ELMERERBI ABDELBARY, (2019) ; « l'étude de confortement des glissements de terrain dans le cadre de la réalisation d'un centre de repos
hammam Ridha Ain Dafla », mémoire de master,
[18] : YAHIAOUI AHMED et ZIBANI KHELIFA, (2012 – 2013) ; « étude de confortement
d'un glissement de terrain profond -RN 24- boulinât, Bejaia», projet de fin d'étude, université
Abderrahmane mira de Bejaia.