REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Mémoire de fin d'études de Master

Thème : TRAITEMENT ET CONFORTEMENT D'UN GLISSEMENT DE TERRAIN SUR CW 88 AU Pk 07+700 (Bouaichoune – Médéa)

Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de 2eme master en géotechnique génie civil
système Lmd

Présenté par :

SELMANE IMAD

Proposé et Dirigé par :

2018/2019



En premier lieu, on tient à remercier dieu de me donner le courage et la force pour faire ce travail et je prie toujours qu'il soit à mes cotés

J'envoie mes sincères et respectueux remerciements à toute personne ayant contribué à la réalisation de travail particulièrement à :

Mr. ELHADI MAHMOUDI,

POUR MA ENCADRE ET DIRIGE et travailleurs des travaux publics

MR. MENAA POUR MA ENCADRE dans ce travail

Je vous présente de tout cœur, je remerciements les plus distingués pour votre gentillesse, pour votre aide durant notre travail et d'avoir mis à notre disposition tous les documents nécessaires à la réalisation de ce projet

Enfin, je vaux remercier tous les enseignants ayant contribué à notre formation.

Dédicace

Au nom du dieu le clément le miséricordieux
Je dédiée ce travail :

✓ *A celle qui m'a donnée la vie et que ma vie n'est rien sans elle,*
À ma tendre mère, qui m'a soutenu d'amour et de bonheur ;
Tout ce que je suis, je le doit à elle.

✓ *A mon père l'homme le plus affectueux celui qui a tout donné*
Pour que je puisse arrivée à mon but qu'il ; trouve ici mes
Remerciements les plus sincères.

Que dieu me les protège.

✓ *Et à mes frères et mon sœur :*

✓ *À toute ma famille :*

✓ *A tous mes autres amis*

Résumé

Le phénomène de glissement de terrain est considéré comme dangers naturel permanents rencontrés dans tous les pays du monde car l'importance des effets de glissement pouvant engendrer des dégâts humains et matériels pouvant se chiffrer en plusieurs millions de Dollars dont les gouvernements doivent prêter beaucoup d'attention. Pour cela, il faut compte tenu de ces phénomènes et de leurs dangers, et de prendre les précautions convenables pour détecter les zones instables afin de trouver les meilleures solutions de protections ou de traitements. Au l'Algérie, les glissements de terrain comptent parmi les risques naturels les plus fréquents favorisés par la nature sensible de la couche pédologique et les travaux de construction de route modifiant le réseau de ruissellement et d'infiltration. Plus grave, il a été constaté un phénomène reçu. Des routes traversent des versants des formations géologiques réputées pour leurs versants fréquemment instables. Il s'agit de mouvement de terrains causant des glissements, des éboulements ou stabilité précaire. Le présent sujet, après identification et classification des glissements inventoriés vise d'une part à identifier les facteurs favorisants les mouvements de terrain et d'autre part le choix des approches adéquates de vérification de la stabilité. Rirent et dérangeant en matière de circulation sur les routes

Abstract

The phenomenon of landslides is considered permanent natural hazards encountered in every country of the world because Significant slip can cause human and material damages may cost millions of dollars so, that governments must pay attention to them. Much car be given to these phenomena and their dangers; the reform, it needs to take proper precautions to detect unstable areas to find out the best solutions for protection or treatment. In Algeria, landslides are among the most frequent natural hazards caused by the sensitive nature of the soil layer and the construction of road network amending runoff and infiltration. More importantly, it is found that there is a recurring and disturbing phenomenon concerning the traffic. Roads across the slopes of the geological formations known for their unstable slopes. These slopes land movement causing landslides, landslides or precarious stability. This subject, after identification and classification of landslides inventoried aims firstly to identify predisposing factors of landslides and secondly the choice of appropriate approaches for checking stability.

ملخص

تعتبر ضاهرة انهيار الاراضي بمثابه اخطار طبيعيه دائمه تواجهها جميع بلدان العالم بسبب اهميتها و خطورتها حيث يمكن ان تولد اضرار تصل الى ملايير دولارات سواءا ماديه او بشريه . و تحتاج الحكومات الي ابلاء اهتمام و تسليط الضوء علي هده الضاهره و مخاطرها . و اتخاذ الاحطياطات الازمه للكشف عن المناطق الغير مستقره من اجل اتخاذ افضل الحلول او صيانه العطب الموجود في لارض .

الانهيارات الارضيه هي واحده من الاخطار الطبيعيه الاكثر شيوعا و من اكثرها خطورتا تعتبر المنحدرات غير مستقرة في حركتها لأرضية تسببت فيها انزلاق التربة بعد تحديد وتصنيف الانزلاق تمكنا من جهة التعرف على عوامل حركة التربة ومن جهة أخرى اختيار الطريقة الملائمة لتحقيق الاستقرار


Sommaire



SOMMAIRE

Introduction.....15

CHAPITRE1: Généralités sur les mouvements de terrain

I.1.Introduction..... 19

I. 2. Les mouvements des terrains : I. 2. 1. Définition des mouvements des terrains :..... 19

I. 2. 2. Les différents types de mouvements de terrain..... 19

I. 3. Les types des mouvements des terrains :..... 20

I. 3. 1. Les mouvements lents et continus : 20

A - Les affaissements : 20

B- Les tassements : 20

C - Le retrait-gonflement : 21

D - Le fluage : 22

E – Solifluxion : 22

F-Érosion : 23

I. 3. 2. Les mouvements rapides et discontinus :..... 24

A -Les effondrements de cavités souterraines : 24

B - Les coulées boueuses : 24

C - L'éboulement, chutes de blocs et de pierres : 25

II.1-Les glissements de terrain: 29

➢Introduction :..... 29

➢Définition :..... 29

II. 2-Type de glissement de terrain :..... 30

➢Les glissements plans (translatifs) :..... 30

➢Les glissements circulaires ou rotationnels :..... 30

- ✓ Glissement rotationnel simple: 31
- ✓ Glissement rotationnel complexe. 31

➢Le glissement quelconque (aléatoire)..... 32

II.3- Classifications des glissements de terrain : 32

➢Glissement superficiel :..... 32

➢Glissement profond :..... 33

II.3-Principaux facteurs qui provocants les glissements de terrain :..... 34

➢Facteurs géologiques et géomorphologiques..... 34

SOMMAIRE

➢Facteurs hydrogéologiques et pluviométriques 34

➢Géotechniques ✓ Résistance des sols et des roches au cisaillement.
✓ Angle de frottement interne. ✓ Cohésion des sols et des roches. 35

➢Géographiques et climatiques 35

➢Les facteurs géométriques 35

➢Activités humaines : 35

II.4-Phases des glissements : 36

➢Glissements de terrain actif : 36

➢Glissements de terrain réactivés : 36

➢Glissements de terrain inactifs : 37

III-Méthodologie de l'étude de glissement: 39

III.1-Introduction: 39

III.1.1-Reconnaissance Du Site : 39

III.1.2-L'étude cinématique : 39

III.1.3-Reconnaissance géotechnique : 39

IV. Introduction : 47

IV.1 Méthodes de calcul de stabilité des talus 47

a) les méthodes de calcul à la rupture : 47

b) Les méthodes volumiques ou méthodes sans hypothèse sur la surface de rupture : 47

c) Les méthodes énergétiques : 48

IV.2 Méthodes de calcul à la rupture : ➢Méthodes des blocs : 48

➢Méthodes des tranches. 49

IV.3. Les différentes techniques : 50

IV.3.1- La modification géométrique : 50

IV.3.2- La substitution : 52

IV.3.4-Le drainage : 53

IV.3.5-Collecte et canalisation des eaux de surface : 54

IV.3.6-La végétalisation : 57

IV.3.7-Les éléments résistants : 57

IV.3.8-Les ouvrages de soutènement : 58

V. Introduction : 67

V.1 PRESENTATION DU SITE 67

SOMMAIRE

I.2 Situation et état du site : 67
V.3 Géologie et géomorphologie du site : 68
V.4 CAUSES PROBABLES DU GLISSEMENT : 70
V.5 PROGRAMME D'INVESTIGATION : 70
V.5.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE 72
V.5.3 Essais de laboratoire : 72
❖ Essais d'identification : 72
✓ Granulométries et se diment métrie ❖ Essais mécaniques : 72
V.5.4 RESULTATS DES ESSAIS : 73
❖ Résultats des essais pénétrométriques : 73
❖ Essais d'identification : 73
❖ Essais mécaniques : 73
❖ Résultats des essais de laboratoire : 74
❖ Essais Sondage carotté : 75
❖ La densité : 76
Conclusion : 76
VI.1 INRODUCTION : 78
VI.2 Présentation de logiciel TALREN : 78
VI.3 Les principales caractéristiques de TALREN 5 : 79
VI.4 Analyse de la stabilité de talus : 80
VI.4.1 Données géotechniques : 80
VI.4.2 Caractéristiques mécaniques du site : 81
❖ Méthode d'analyse de calcul : 82
❖ Coefficient de sécurité : 82
VI.4.2 Vérification de la stabilité avant confortement : 82
VI.4.2.1 Calcul a la stabilité avant confortement : 82
IV.5. Vérification de la stabilité après le confortement : 83
IV.5.1. Proposition des solutions des confortements : 83
❖ Butée de pied : 83
❖ Dispositif de drainage : 84
➢ Eaux souterraines : 84

SOMMAIRE

➢ **Eaux superficielles :** 84

➢ **Renforcement de la route :** 84

IV.5.2. Calculer la stabilité après le confortement : 85

IV.6. Concluions après le confortement : 85

CONCLUSION GENERAL 85

Sommaire du FIGURE

Figure I.1 *Schéma de l'Affaissement* dû à Une exploitation minière …….. 19

Figure I.2 : Schéma de Possibilité Dépassement du sol ……20

Figure I.3 : *Schéma de principe de l'effet* de retrait de gonflement……20

Figure I.4: *Schéma du phénomène* de fluage……..21

Figure I.5: Schéma de Phénomène …… …22

Figure I.6 : *Schéma de l'Erosion* Littorale. ……. ……...22

Figure I.7 : *Schéma* ***de*** Progression d'un effondrement**…….....23**

Figure I.8: *Schéma de* Les coulées boueuses**……24**

Figure I.9: *Schéma de* Chutes de pierres et de blocs……25

Figure I.10: *Schéma de* phénomène D'éboulement… ……25

Figure II.1 Glissement de terrain**……...**28

Figure II.2 : Glissements plan**……..…..**29

Figure II.3: Glissement rotationnel **……..……30**

Figure II.4: Glissement quelconque **……31**

Figure II.5 Glissement superficiel**……**……...32

Figure II.6: *Différent phases de l'activité d'un glissement de terrain***……35**

Figure III.1 : Sondeur pressiométrique**……**……..**39**

Figure III.2 : Appareillages Pour mesure Teneur en eau naturelle**……...40**

Figure III.3: le Poids volumique**……**……..41

Figure III.4: Essai de limites d'Atterberg**……**……..42

Figure III.5 : -*Appareillages d'Analyse granulométrique par tamisage***……..42**

Sommaire du FIGURE

Figure III.6 : *L'œdomètre pour essai de compressibilité*……42

Figure III.7: *Cisaillement à la boîte*……43

Figure IV.1: Les inconnues d'une méthode des tranches ……47

Figure IV.2 : *Allégement en tête*……48

Figure IV.3: *chargement au pied d'un talus*……49

Figure IV.4: *Modification géométrique (risberme)*……49

Figure IV.5 : *Substitution totale des matériaux glissés*……50

Figure IV.6 : *Réalisation tranchée drainante / EBS Ormoy TP 91*……52

Figure IV.7 : *Éperons drainantes*…… 53

Figure IV.8: *Les drains subhorizontaux*……54.

Figure IV.9: Les drains verticaux……54

Figure IV.10 : L'implantation des plantes dans un talus……55

Figure IV.11 : Mur de soutènement……57

Figure IV.12: Illustration d'un mur de soutènement en BA avec chaise interné diaire…… **……57**

Figure IV.13: *Les palplanches*……58

Figure IV.14: *Mur de soutènement en gabion*……59

Figure IV.15 : *Principe de la technique terre armée*……60

Figure IV.16 : Les tirants d'encrage……61

Figure IV.17 : Un versant stabilisé par clouage……62

Figure V. 1 : Carte géologique de la région……67

Figure V.2: Légende de la Carte géologique de la région d'étude……67

Figure V.3: Carte sismique de l'Algérie……68

Figure V.4: Plan d'implantation des sondages ……69

Sommaire du FIGURE

Figure.VI.1 : PRESENTATION DU TALREN 5V ……**78**

Figure.VI.2. *Choix d'un jeu de coefficients partiels de pondération/sécurité*....*82*

Figure.VI.3 : *Volet des propriétés "Géométrie du projet", onglets "Points" et "Segments"*……*83*

Figure.VI.4 : CARACTRISTIQUE DE SOLS …….. ……86

Figure.VI.6. *Géométrie des surcharges réparties*… ……*85*

Figure.VI.7 : géométrie du modèle…… ……...……87

Figure.VI.8: Modélisation du talus avec rabattement de la nappe et stabilisation par une butée de pied ……**91**

Figure. VI.9:Localisation des surfaces de rupture potentielle après confortement par gabion ……..…. ……..…92

Sommaire du PHOTO

Photo I.1 : affaissement d'une route……**19**

Photo I.2 tassement de route national……...20

Photo I.3 Phénomène de solifluxion……22

Photo I.4 l'Érosion Littorale……22

Photo I.5 Éboulement a chefa……...25

Photo I.6 Les palplanches……...59

Photo I.7 Les tirants d'encrage……62

Photo I. 8 : La zone de glissement (BOUAICHOUNE)……...67

Sommaire du TABLEAU

Tableau I.1. Classification selon la profondeur de la surface de glissement…..**32**

Tableau I.2 Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement**)**……..**33**

Tableau III 1. Les résultats essais pénétrométriques……..……**72**

Tableau III 2. Caractéristiques physiques et mécaniques……...**73**

Tableau III 3. Les résultats des essais physiques……..……74

Tableau III 4. Essais Sondage carotté.

Tableau III 5. Lieu : PK 7+700 …. Sondage : 02… Profondeur : 3.00-3.50 m…….**77**

Tableau IV.1 : LES POINTS GIOMETRIE DU SITE……...**87**

Tableau IV. 2. Les caractéristiques su sols……...**88**

Introduction générale :

Les glissements de terrain sont parmi les mouvements de masse les plus spectaculaires et les plus fréquents, dont l'apparition provoque des déformations de la croute terrestre. Ils se développent dans un massif de sols meubles ou de roches tendres et se produisent dans des circonstances très variées, affectant les ouvrages construits par l'homme (déblais et remblais) ou tout simplement, des pentes naturelles.

Face à une telle situation, l'entreprise des études adéquates et les moyennes de confortements efficaces devient indispensable.

La région de Médéa appartient à la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien et à l'extrémité nord des hauts plateaux. Les formations du crétacé sont généralement développées dans sa partie nord et les dépôts du cénozoïque dans sa partie sud. Les roches les plus anciennes de la région sont celles du Trias. Le réseau hydrographique est constitué principalement de l'Oued Cheliff et Oued El Mellah et leurs affluents respectifs. Le climat de la région est méditerranéen avec un été sec et chaud et un hiver doux et pluvieux.

La pluviométrie dans cette wilaya est en moyenne de 800 mm/an, 200 mm/an au sud. Le tracé du CW88 traverse des terrains d'âge variable ancien à actuel ; Les terrains du Néogène sont représentés par : Miocène inférieur marin : Burdigalien : série compacte et monotone de marnes argileuses grises et argiles marneuses avec des couches de grès durs, conglomérats rouges. Miocène supérieur marin : Helvétien : argiles marneuses, marnes, conglomérats.

mon travail a été articulé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre on a illustré les généralités sur mouvements de terrain, et sont type.

Dans le deuxième chapitre on a exposé généralement les glissements de terrain.et sont type et classification et……ECT

Dans le troisième chapitre on a exposé les méthodes d'analyse de site

Dans le quatrième chapitre on a exposé principalement les méthodes de calcul de stabilité et technique de confortement

Dans le cinquième chapitre présentation de site et sont caractéristique et des essais qu'on a faire pour réalise

Dans le sixième chapitre présentation talren et propose solution de confortent et analyse le site avec méthode bi-chope avant confortement et après confortement

Chapitre 1

Généralités sur
les mouvements des terrains

Chapitre 1

Généralités sur les mouvements de terrain

I.1.Introduction

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels d'origine très diverses, résultant delà déformation, de la rupture et du déplacement du sol. Ils provoquent mondialement la morde 800à 1000 personnes/an et causent des préjudices économiques et des dommages considérables. De nombreux paramètres, naturels ou anthropiques, conditionnent l'apparition et le développement des mouvements de terrain (géologie, hydrogéologie, urbanisation...etc.). En 1979, la commission sur les mouvements de terrain de l'association internationale de géologie de l'ingénieur, estimait que 14% des pertes de vie humaines lors des catastrophes naturelles pouvaient être attribuées aux mouvements de terrain.

I. 2. Les mouvements des terrains :

I. 2. 1. Définition des mouvements des terrains :

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet d'influences naturelles (agent d'érosion, pesanteur, séisme, etc.) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement, etc.). Ce phénomène comprend diverses manifestations, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.[1]

I. 2. 2. Les différents types de mouvements de terrain

Un mouvement de terrain peut être lent ou rapide, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.

- ✓ Les mouvements lents: Les mouvements lents entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Ils regroupent les affaissements, les tassements, les glissements, la solifluxion, le fluage, le retrait-gonflement et le fauchage. [2]

- ✓ Les mouvements rapides : Les mouvements rapides se propagent de manière brutale et soudaine. Ils regroupent les effondrements, les chutes de pierre et de blocs, les éboulements et les coulées boueuses.[2]

Chapitre 1

Généralités sur les mouvements de terrain

I. 3. Les types des mouvements des terrains :

I. 3. 1. Les mouvements lents et continus :

A - Les affaissements :

❖ Ils sont généralement consécutifs à l'effondrement de vides naturels (dissolution des roches solubles, sel gemme, gypse, calcaires en pays karstiques, etc.), à celui des mines ou à celui des carrières souterraines ; mais ces effondrements sont amortis par le comportement des couches superficielles dont la souplesse leur permet de se déformer lentement. [3]

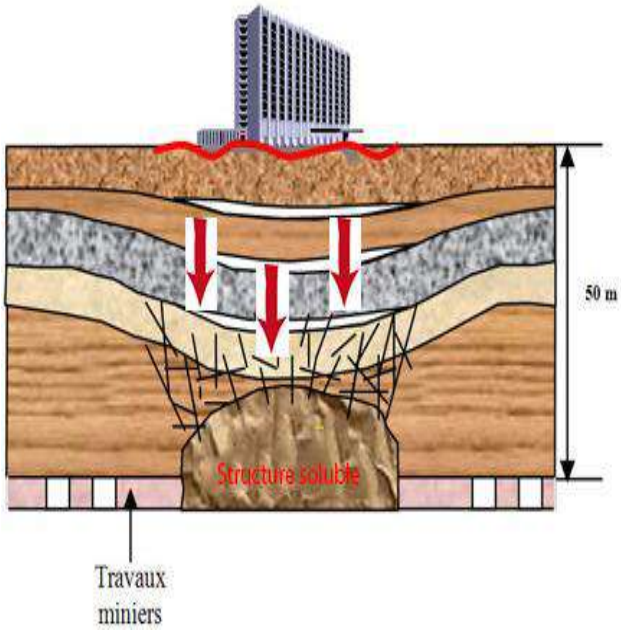


Figure I.1 *Schéma de l'Affaissement* dû à Une exploitation minière



Photo I.1 : affaissement d'une route

B- Les tassements :

❖ Ils sont généralement dus à la diminution du volume du sous-sol sous l'effet de charges appliquées au niveau du sol. Le plus souvent, la diminution de volume est liée à l'abaissement du niveau des aquifères (surexploitation). Ces tassements affectent surtout des terrains vaseux, argileux ou tourbeux, s'appuyant sur des couches aquifères (sables, graviers, alluvions, colluvions, etc.).

Chapitre 1

Généralités sur les mouvements de terrain

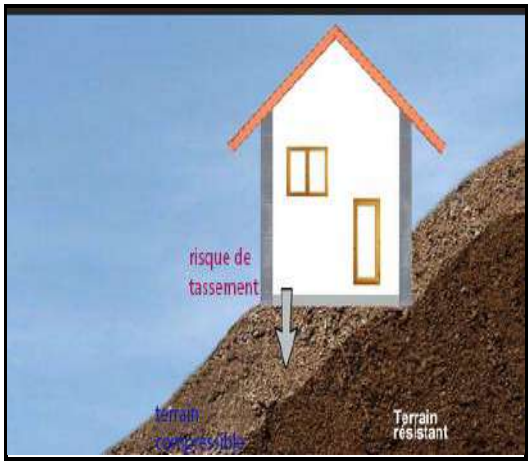


Figure I.2 : Schéma de Possibilité Dépassement du sol



Photo I.2 tassement de route national

C - Le retrait-gonflement :

❖ Ils affectent surtout les argiles et les marnes soumises à des alternances d'humidification / sécheresse. Ces phénomènes provoquent énormément de dégâts sur les constructions (fissures).[3]

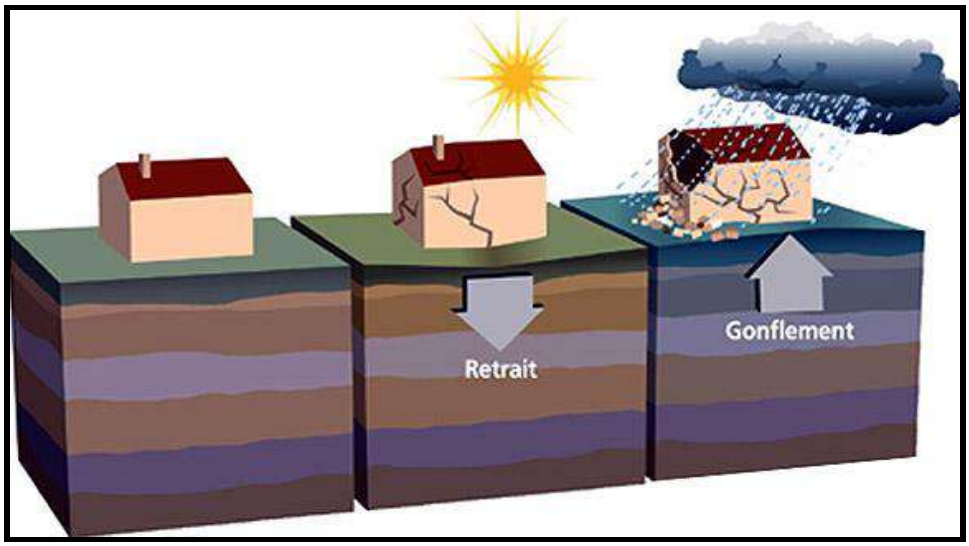


Figure I.3 : *Schéma de principe de l'effet* de retrait de gonflement.

D - Le fluage :

❖complexe à prédire, ce type de mouvement apparait lorsqu'un sol malléable est soumis à une charge importante en amont, souvent un massif rocheux. Il subit de la part de celle-ci une pression importante, qui va le pousser à fluer, et donc à gonfler

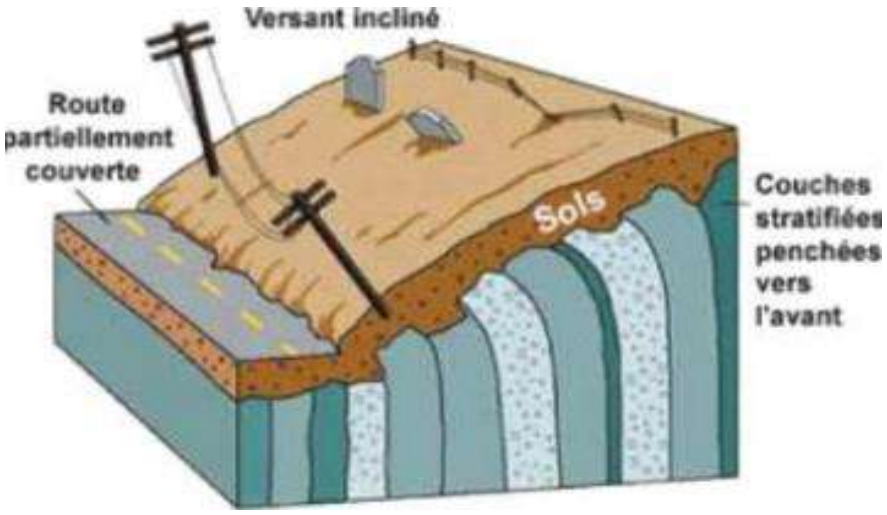


Figure I.4: *Schéma du phénomène* de fluage

Le fluage est souvent très visible, les troncs des arbres sont distordus et les poteaux électriques Penchés. Installer des drains limite ce phénomène, souvent dévastateur pour les installations Souterraines amenées à rupture. Une zone susceptible au fluage à long terme est souvent difficile à identifier, les vitesses d'évolutions sont en effet très lentes et la simple incorporation d'eau dans la terre meuble, diminuant sa résistance mécanique, peut entraîner une situation de fluage [4]

E – Solifluxion :

❖ La solifluxion désigne originellement un type de reptation du sol que l'on rencontre dans les régions où la terre gèle à une très grande profondeur.

Lors de la saison chaude, la partie superficielle du sol, en fondant, chemine vers le bas des pentes sur les matériaux toujours gelés. Ce sol, en état de liquide visqueux, peut descendre une pente aussi faible que de 2 ou 3 degrés et transporter des roches d'une taille considérable, qu'il tient en suspension.

L'observation de grands mouvements de solifluxion se fait aisément en constatant des nappes de charriage superficielles à la surface des sols. [3]

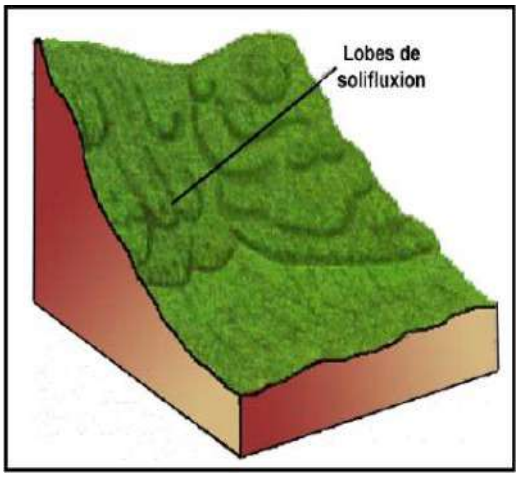


Figure I.5: Schéma de Phénomène D'Érosion



Photo I.3 Phénomène de solifluxion

F-Érosion :

❖ Ce phénomène naturel affecte aussi bien les côtes rocheuses par glissement et effondrement de falaise que les côtes sableuses soumises à l'érosion par les vagues et les courants marins. [5]

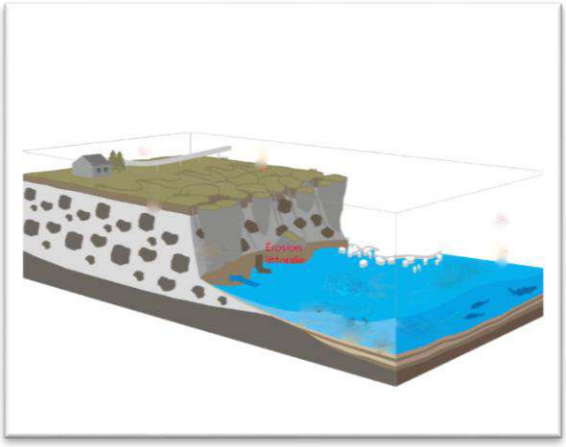


Figure I.6 : *Schéma de l'Erosion* Littorale.

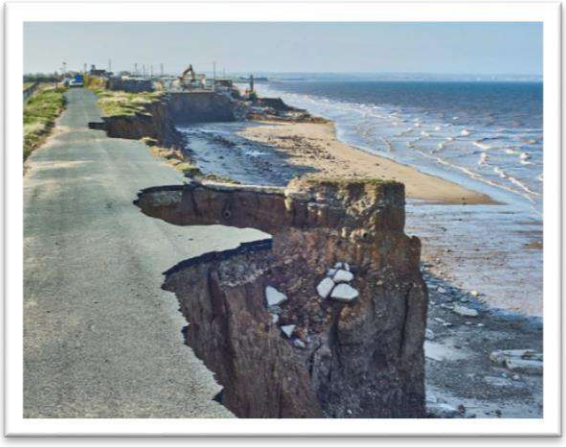


Photo I.4 l'Érosion Littorale.

I. 3. 2. Les mouvements rapides et discontinus :

A -Les effondrements de cavités souterraines :

❖ Ils résultent de la rupture brutale du toit des cavités souterraines naturelles ou artificielles. Le plus souvent, en surface, ils présentent une ouverture plus ou moins cylindrique, appelée fontis. [3]

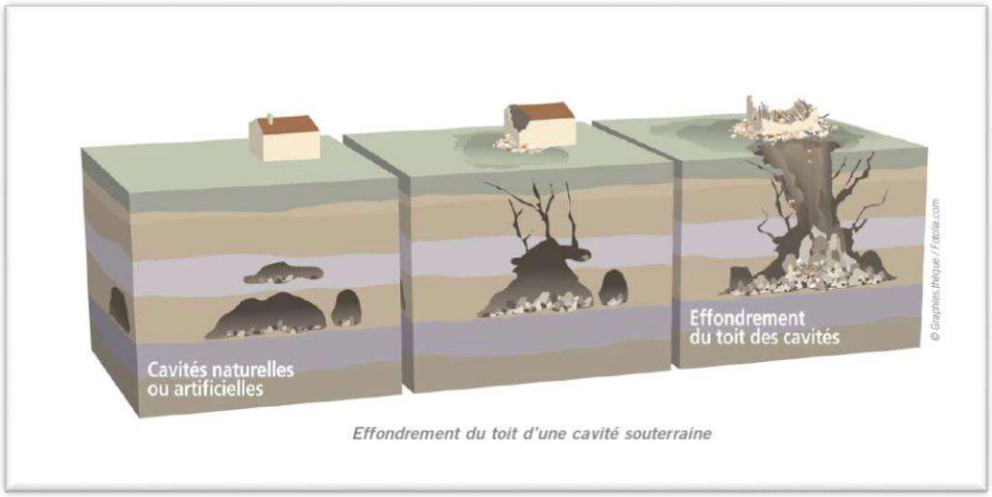


Figure I.7 : *Schéma de* Progression d'un effondrement

B - Les coulées boueuses :

❖ Les coulées de boues à caractère torrentiel se distinguent des crues torrentielles par le fait que les eaux se chargent fortement de matières en suspension, au point que la densité relative du mélange devient si élevée que la coulée peut sustenter et transporter divers matériaux denses et volumineux, y compris d'énormes blocs de rochers. [3]

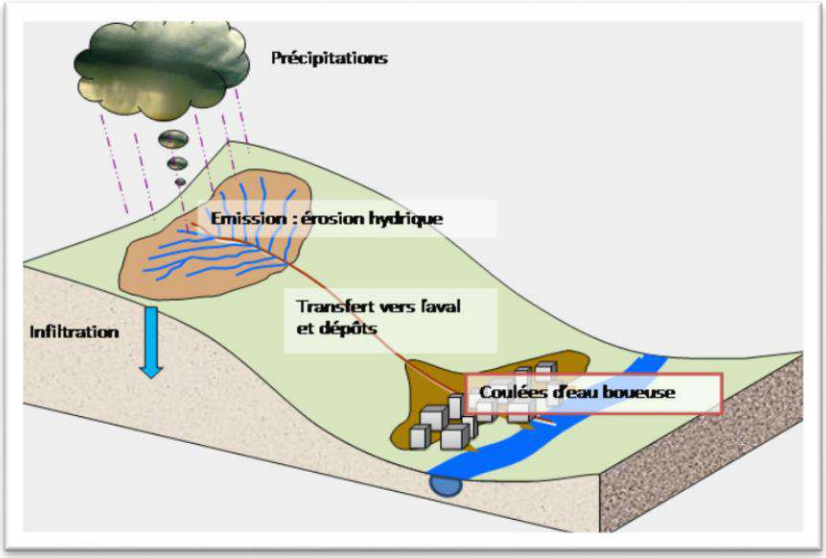


Figure I.8: *Schéma de* Les coulées boueuses

Les coulées de boue sont particulièrement dévastatrices. Outre le fait qu'elles entraînent des quantités phénoménales de matériaux, elles se produisent le plus souvent sur des reliefs accentués. Vitesse et énergie accumulée conjuguent leurs effets dévastateurs. C'est ainsi que le quartier de Bâb el Oued, à Alger, fut dévasté et qu'il y eut au moins mille victimes à déplorer. [3]

C - L'éboulement, chutes de blocs et de pierres :

✓ ***Chutes de pierres et de blocs*** **:**

❖ Ils affectent les fronts des carrières ou des falaises et vont de la simple chute de pierre à l'éboulement catastrophique. Dans ce cas, les volumes mis en jeu sont énormes et se comptent en millions de mètre cube. Leur vitesse de déplacement peut être supérieure à cent kilomètres à l'heure et les matériaux peuvent s'étaler sur d'importantes surfaces. [3]

Chapitre 1

Généralités sur les mouvements de terrain



Figure I.9: *Schéma de* Chutes de pierres et de blocs

✓***Éboulement* :**

❖ Dans ce type de mouvement (Figure I.10), un massif rocheux généralement en surplomb s'écroule sous son propre poids ou sous les effets d'une charge à son sommet. De tels éboulements génèrent une chute de gros rochers, qui peuvent par la suite emporter avec eux d'autres gravats, ce qui amène à une avalanche de débris. [4]

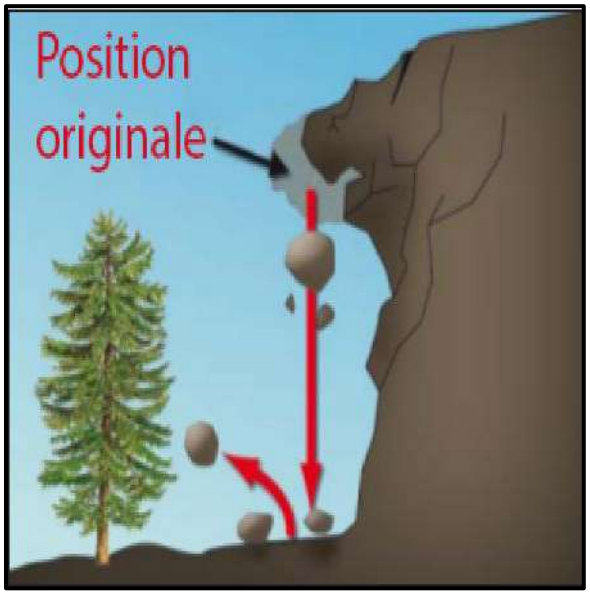


Figure I.10: *Schéma de* phénomène D'éboulement

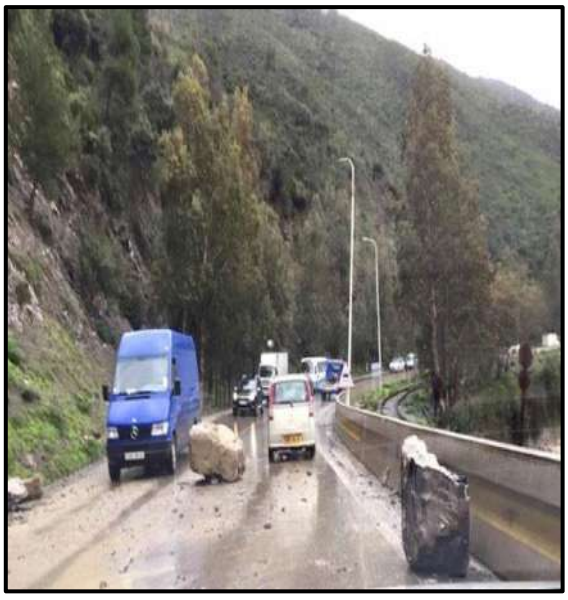


Photo I.5 Éboulement a chefa

Chapitre 1

Généralités sur les mouvements de terrain

Généralement avant l'éboulement, des fractures et des variations géométriques faibles apparaissaient dans la roche. Si reconnaitre les zones à risque est aisé, être capable de prédire le moment exact de l'éboulement est très complexe, souvent impossible. Peu de mesures existent pour prévenir contre des chutes d'ampleur. Des filets installés peuvent bloquer les petits gravats, les plus gros rochers ne peuvent être arrêtés. Le positionnement de zones à risque rend souvent impossible le renforcement de l'aplomb [4]

E- Les glissements de terrain :

C'est une sort Les mouvements des terrains rapides que nous étudierons en profondeur dans les chapitres suivant

Chapitre 2

les glissements des terrains

Chapitre 2

Les glissements des terrains

II.1-Les glissements de terrain:

➢Introduction :

Les glissements de terrain sont des mouvements qui affectent les talus et les versants naturels. Ils peuvent provoquer des dommages importants aux ouvrages et aux constructions, avec un impact économique sensible, et parfois causer des victimes.

➢Définition :

Les glissements de terrain apparaissent lorsque les sols ou des roches se déplacent, fragilisés par les activités humaines ou par des phénomènes naturels qu'ils soient climatiques, géologiques ou encore géomorphologiques. En général plutôt lents, quelques millimètres ou mètres annuels, les déplacements des matériaux rocheux peuvent atteindre la vitesse de quelques mètres par seconde au moment du déclenchement du glissement. Leur composition influe sur leur gravité, ils sont destructeurs lorsque composés d'eau (à au moins 30 %), ils forment alors des coulées torrentielles. Certains matériaux réagissent particulièrement aux glissements de terrain, comme les argiles, les marnes, les gypses ou les formations superficielles d'altérites. [6]

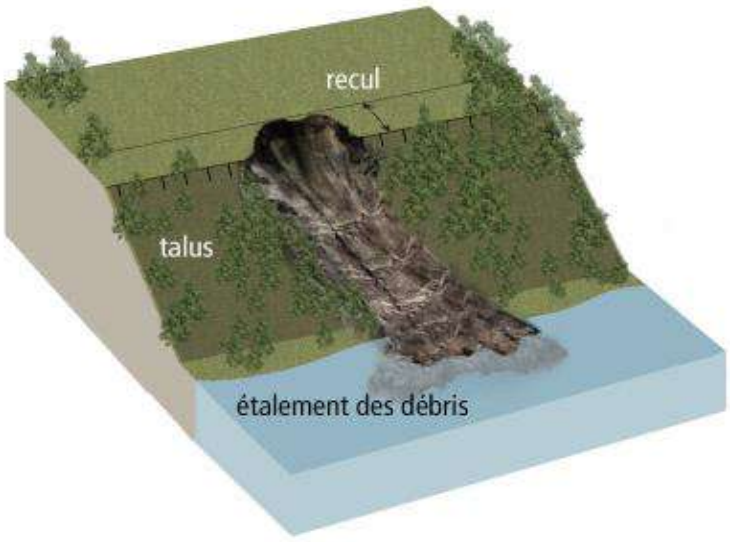


Figure II.1 Glissement de terrain

II. 2-Type de glissement de terrain :

Trois types de glissement sont distingués en fonction de la géométrie de la surface derupture

➢Les glissements plans (translatifs) :

❖ Lors d'un glissement plan, les couches de l'ensemble de terrain se déplacent selon une surface plus ou moins plane. Il s'étend sur une surface très vaste allant jusqu'à 30 km² L'épaisseur des masses glissées peut atteindre plusieurs dizaines de met

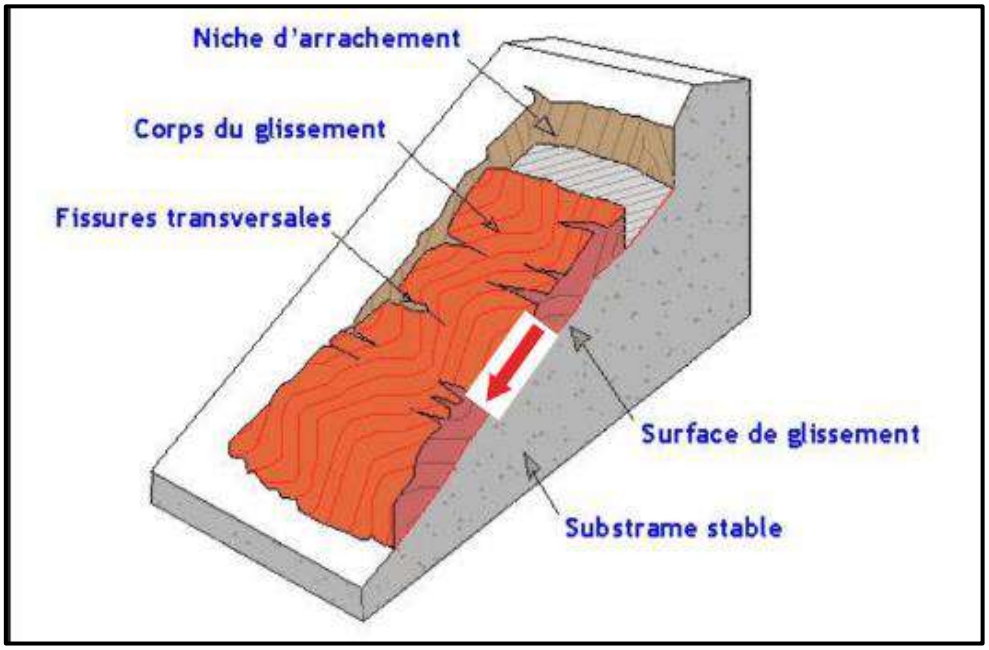


Figure II.2 : Glissements plan

➢Les glissements circulaires ou rotationnels :

❖Le glissement rotationnel est caractérisé par une surface de rupture de forme circulaire qui peut se propager à quelques mètres de profondeur. Il est très souvent causé par l'érosion naturel d'un cours d'eau à la base d'un talus. L'action de l'eau à la base des talus a ainsi pour effet d'entraîner de façon graduelle du matériel qui agit comme contrepoids naturel. Petit à petit, cette érosion modifie les conditions d'équilibre de la pente. Ce type de glissement peut affecter

une bande de terrain située au sommet du talus, dont le recul est généralement inférieur à une distance équivalant à une fois la hauteur du talus. Lors d'un glissement rotationnel, les éléments situés dans la bande de terrain en sommet de talus (routes, bâtiments, infrastructures, etc.) peuvent subir des dommages dont l'importance peut varier selon les situations.[7]

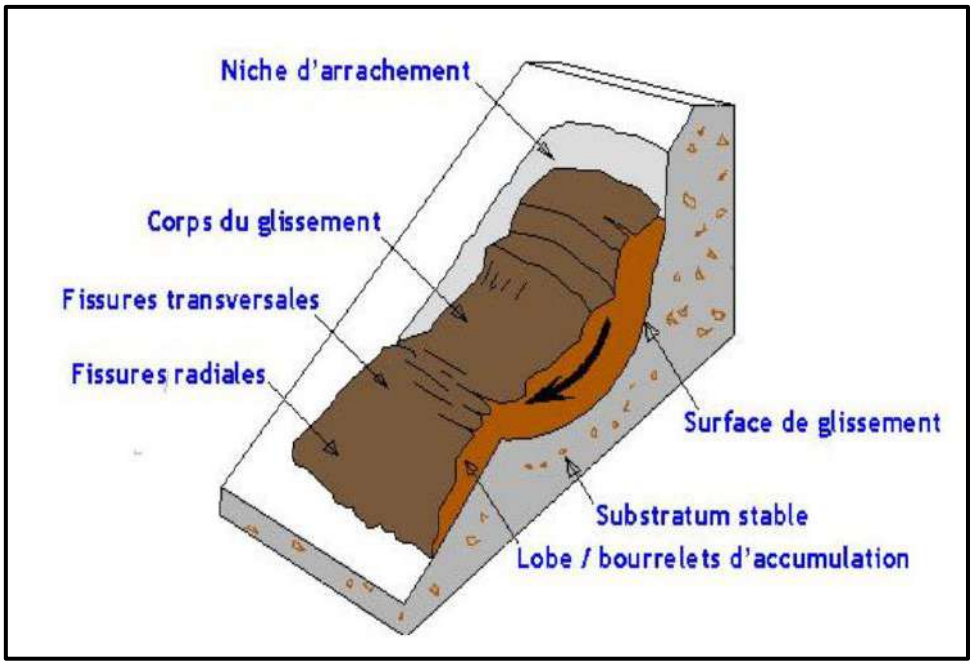


Figure II.3: Glissement rotationnel

On distingue deux types de glissement rotationnel :

- ✓ Glissement rotationnel simple**:** C'est le type de glissement le plus fréquent. La surface de rupture a une forme simple et être assimilée à une portion de cylindre. L'analyse de risque de rupture par le calcul est alors abordable parades méthodes classiques

- ✓ Glissement rotationnel complexe **:** Il s'agit de glissement multiple les unes dans les autres. L'apparition du premier glissement, en base de la pente, conduit à une perte de la butée pour les terres situées au-dessus, et ainsi provoque des glissements successifs remontant vers l'amont.

➢Le glissement quelconque (aléatoire)

❖ Le mouvement est très semblable au précédent dans son allure externe, mais la section verticale de la surface de glissement est de forme irrégulière. Il s'agit souvent d'une combinaison des deux cas précédents.

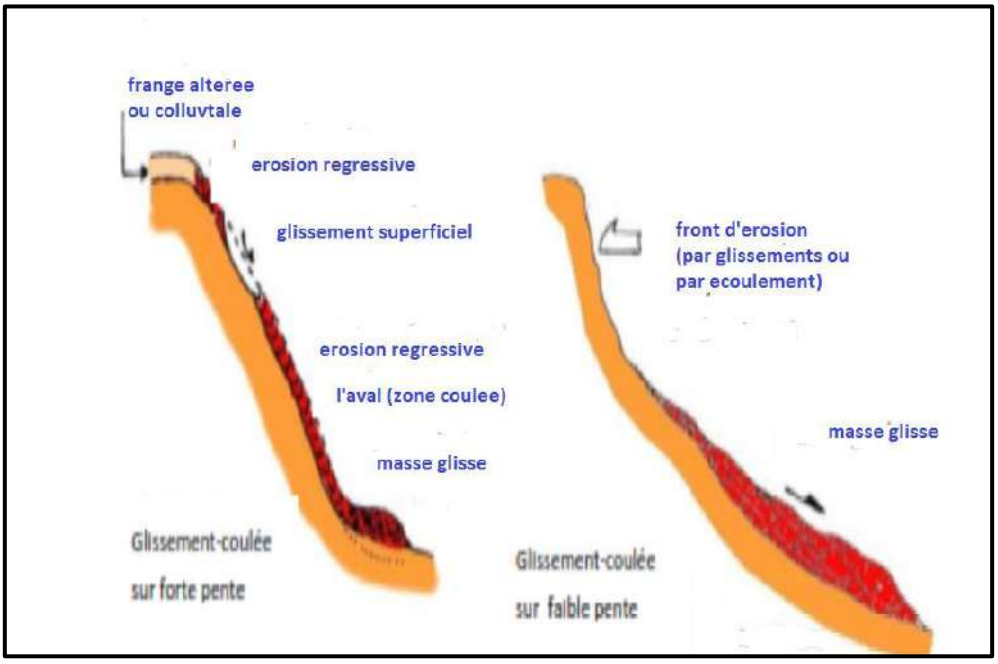


Figure II.4: Glissement quelconque

II.3- Classifications des glissements de terrain :

➢Glissement superficiel :

❖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, il 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. 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 menacera sécurité des occupants [7]

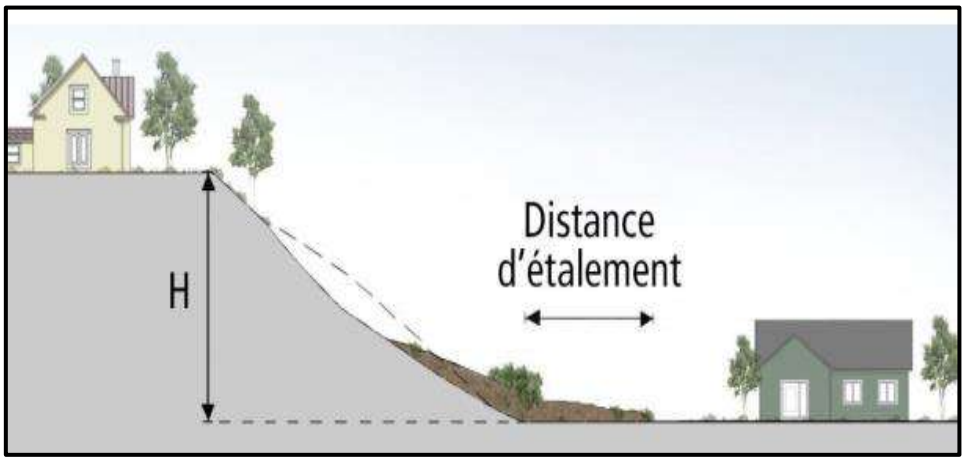


Figure II.5 Glissement superficiel

➢Glissement profond :

❖ Le glissement profond est caractérisé par la présence de niches d'arrachement, généralement multiples, bien marquées, avec un déplacement d'une masse de matériaux meubles ou rocheux le long d'une ou de plusieurs surfaces de glissement situées en profondeur et de moindre résistance.

Le tableau suivant présente les classifications selon l'activité de glissement :

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

Tableau I.1. Classification selon la profondeur de la surface de glissement

Chapitre 2
Les glissements des terrains

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

Tableau I.2 Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement)

II.3-Principaux facteurs qui provocants les glissements de terrain :

Un glissement de terrain a rarement une cause unique, c'est le plus souvent l'action jointe de plusieurs facteurs négatifs qui déclenche un glissement.

On peut subdiviser les facteurs naturels en groupes :

➢Facteurs géologiques et géomorphologiques

- ✓ Propriétés mécaniques des terrains.
  - ✓ Spécificités structurales et texturales des terrains
- ✓ Situation tectonique.

➢Facteurs hydrogéologiques et pluviométriques

- ✓ Présence d'eau dans les contacts entre les roches ou dans les discontinuités
- ✓ Eaux superficielles qui traversent le terrain ou se situent à proximité.
- ✓ Eaux souterraines dans les terrains.

Chapitre 2
Les glissements des terrains

➢Géotechniques

- ✓ Résistance des sols et des roches au cisaillement.
- ✓ Angle de frottement interne.
- ✓ Cohésion des sols et des roches.

➢Géographiques et climatiques

- ✓ Relief du site.
- ✓ Régime des précipitations.
- ✓ Régime des températures.
- ✓ Conditions spécifiques du gel-dégel.

➢Les facteurs géométriques

Ces facteurs, soit ils augmentent ou ils diminuent le risque de glissement, Parmi ces facteurs :

- ✓ La pente
- ✓ L'inclinaison et dénivèlerions.

➢Activités humaines :

Celles-ci peuvent avoir une forte influence sur la stabilité d'une pente.

- ✓ la présence d'arbres ou de champs agricole peut venir stabiliser la pente, la déforestation peut perturber l'équilibre
- ✓ Les ébranlements provoqués par les tirs à l'explosif, qui sont susceptibles de déclencher des chutes de pierres et de blocs ou vibrations dues au trafic routier ou ferroviaire qui peuvent déstabiliser à la longue des versants.
- ✓ Construction d'infrastructures ou bâtiments : augmenté le poids qui repose sur la pente et, partant, la force de la stabilité peut également être frottement réduit si des constructions sont érigées au bas du versant avec une excavation dans le pied du glissement (suppression de butée).
- ✓ Arrosage et irrigation : modifie la teneur en eau du sol.

II.4-Phases des glissements :

Les glissements de terrain se caractérisent par des phases d'activité variables : des périodes de vitesse de glissement plus élevée avec des phases de calme apparent.

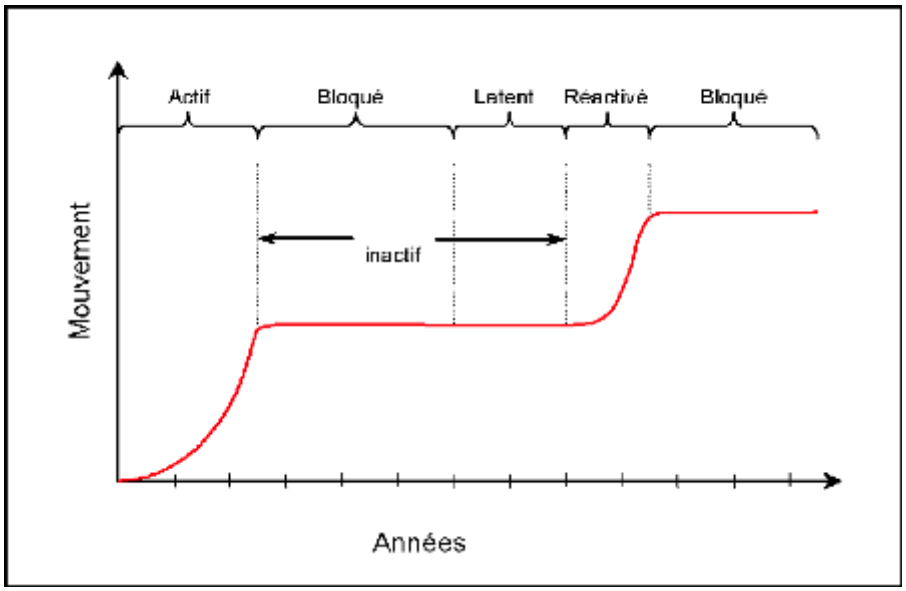


Figure II.6: *Différent phases de l'activité d'un glissement de terrain*

➢Glissements de terrain actif :

❖ Un glissement de terrain est considéré comme actif si un mouvement peut être constaté. Le déplacement peut être minime, les déformations de moins d'un millimètre étant toutefois difficilement détectables. Les glissements actifs comprennent les glissements présentant des vitesses plus ou moins constantes à long terme tout comme les glissements avec des phases successives d'accélérations. [6]

➢Glissements de terrain réactivés :

❖ Désigne les glissements de terrain qui quittent une phase inactive pour entrer dans une phase active. Habituellement, les glissements de terrain réactivés se déplacent le long d'une surface de glissement existante.[6]

Chapitre 2
Les glissements des terrains

➢Glissements de terrain inactifs :

❖ Désigne les glissements de terrain restés immobiles pendant plusieurs années. Ceux-ci sa subdivision en quatre catégories :

- ✓ Glissements bloqués
- ✓ Glissements latents
- ✓ Glissements abandonnés
- ✓ Glissements stabilisés.[6]

Chapitre 3

analyse
Des glissements de terrain

Chapitre 3

Analyse des glissements de terrain

III-Méthodologie de l'étude de glissement:

III.1-Introduction:

Les différentes étapes qui permettant de déterminer les paramètres nécessaires à l'analyse de stabilité (paramètres géométriques, hydrauliques et mécaniques) constituent la première phase de l'étude d'un glissement ; c'est la phase de la reconnaissance préliminaire et des études géotechniques.

Cette première étape se traduit par la modélisation du versant. On peut alors passer à la deuxième phase de l'étude qui est l'analyse de stabilité et qui permet d'expliquer les causes des glissements ou de quantifier un degré de stabilité. La dernière phase de l'étude consiste alors à définir le principe d'un confortement et d'analyser et suivre son efficacité sur le terrain.

III.1.1-Reconnaissance Du Site :

Vue à l'insuffisance des cartes topographique à petite échelle, il est indispensable d'entreprendre un levé topographique à grande échelle, afin de repérer la zone glisse.

Les éléments de la reconnaissance d'un site dans le cadre d'une étude de stabilité comportent, l'étude géologique et géomorphologique, l'analyse de l'hydrogéologie, la reconnaissance géotechnique et la cinématique du mouvement de terrain en pente.

III.1.2-L'étude cinématique :

Cette étude consiste en un suivi expérimental du mouvement de terrain en pente par le biais d'inclinomètre et des mesures topographiques en différentes périodes. Afin d'évaluer l'amplitude du mouvement et son évolution dans le temps (la vitesse du mouvement), et délimiter le volume en mouvement ainsi de contrôler l'efficacité d'une stabilisation.

III.1.3-Reconnaissance géotechnique :

La reconnaissance géotechnique a pour objectif de déterminer expérimentalement, par le biaises essais de laboratoire ou in-situ, les caractéristiques physiques et mécaniques des sols, et plus

précisément celles de la résistance au cisaillement, à savoir l'angle de frottement et la cohésion. Actuellement les méthodes d'équilibre limite qu'on utilise dans le calcul du facteur de sécurité au glissement requièrent des paramètres mécaniques et physiques tel que ; C, φ, γ et E, mesurables au laboratoire.

➢**Essai in-situ :**

a) Sondages

❖ Le sondage carotté (**Figure II.7**) permet d'extraire des échantillons du sol en profondeur. Ces échantillons, remaniés ou intacts, permettent d'une part de reconnaître de visu la nature géologique des terrains, et donc de compléter les informations géologiques locales recueillies dans l'étude préliminaire, et d'autre part de mener la campagne d'essais de laboratoire pour aboutir aux caractéristiques d'identification physique et mécanique du sol. Celles-ci sont utilisées, entre autres, pour étudier la résistance au cisaillement du sol ainsi que sa prédisposition à tasser.

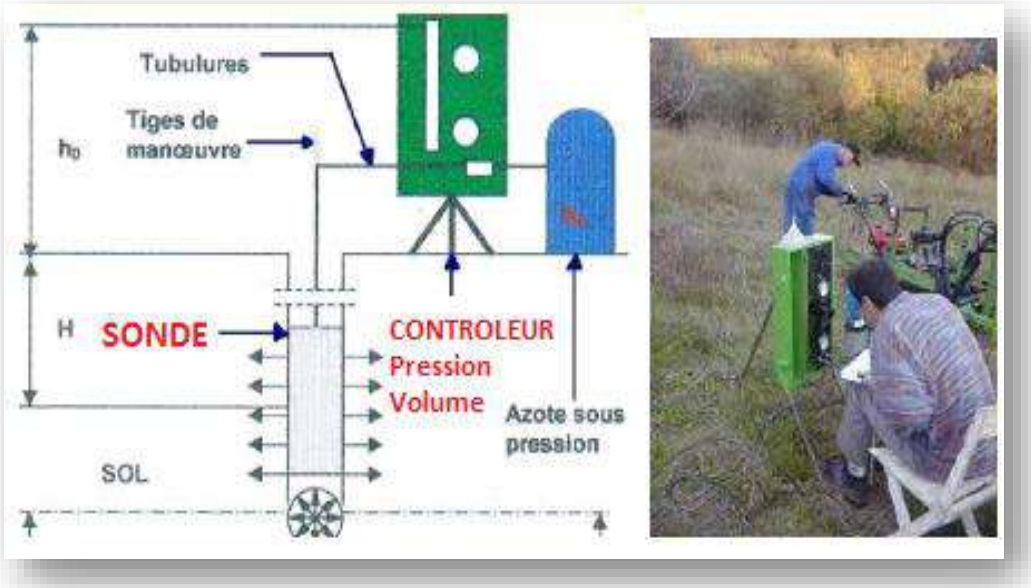


Figure III.1 : Sondeur pressiométrique

b) Essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire peuvent être subdivisés en deux (02) grandes catégories :

✓ les essais d'identification et classification de sol

✓ les essais de détermination des caractéristiques mécaniques des sols.

➢Les essais d'identification et classification de sol

a) Teneur en eau naturelle (W) :

❖La teneur en eau naturelle d'un matériau correspond au rapport d'eau en pourcentage par rapport à la masse sèche. L'obtention de la masse sèche et du rapport d'eau en pourcentage se fait par évaporation, généralement par séchage à l'étuve de laboratoire à une température d'environ 100°C.



Figure III.2 : Appareillages Pour mesure Teneur en eau naturelle

b) Poids volumique :

❖ Le poids volumique d'un sol est le rapport du poids total d'une certaine quantité de sol, au volume de cette même quantité. On le not $\gamma = P/V$ et on, l'exprime généralement en kN /m3.

Chapitre 3

Analyse des glissements de terrain



Figure III.2: le Poids volumique.

c) Le degré de saturation Sr :

❖ C'est le rapport du volume d'eau à celui des vides

$$Sr = Vw / Vv$$

Sr =0 correspond à un sol sec

Sr = 100% correspond à un sol saturer Sr et en pratique exprimée en pourcentage.

d) Limites d'Atterberg :

❖Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre :

- Le passage d'un sol de l'état liquide a l'état plastique (limite de liquidité : WL).
- Le passage d'un sol de l'état plastique a l'état solide (limite de plasticité : WP).

Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage du poids du matériau sec.

Chapitre 3

Analyse des glissements de terrain



Figure III.3: Essai de limites d'Atterberg

e) Analyse granulométrique :

❖L'analyse de la granulométrie est la recherche de la distribution en poids des particules solides d'un sol suivant leurs dimensions. L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

- Par tamisage (tamis à maille carrée) pour les grains de diamètre inférieur à 80µm ;
- Par sédiment métrie pour les grains plus fins.



Figure III.4 : -*Appareillages d'Analyse granulométrique par tamisage*

Chapitre 3

Analyse des glissements de terrain

➢Les essais de détermination des caractéristiques mécaniques des sols :

a) Essais de compressibilité :

❖Un les essais les plus importants réalisés en mécanique des sols est l'essai de compressibilité à l'odomètre. Il permet d'étudier la compressibilité du sol et d'en déduire certaines caractéristiques pour évaluer l'amplitude des tassements des ouvrages construits sur ce sol.

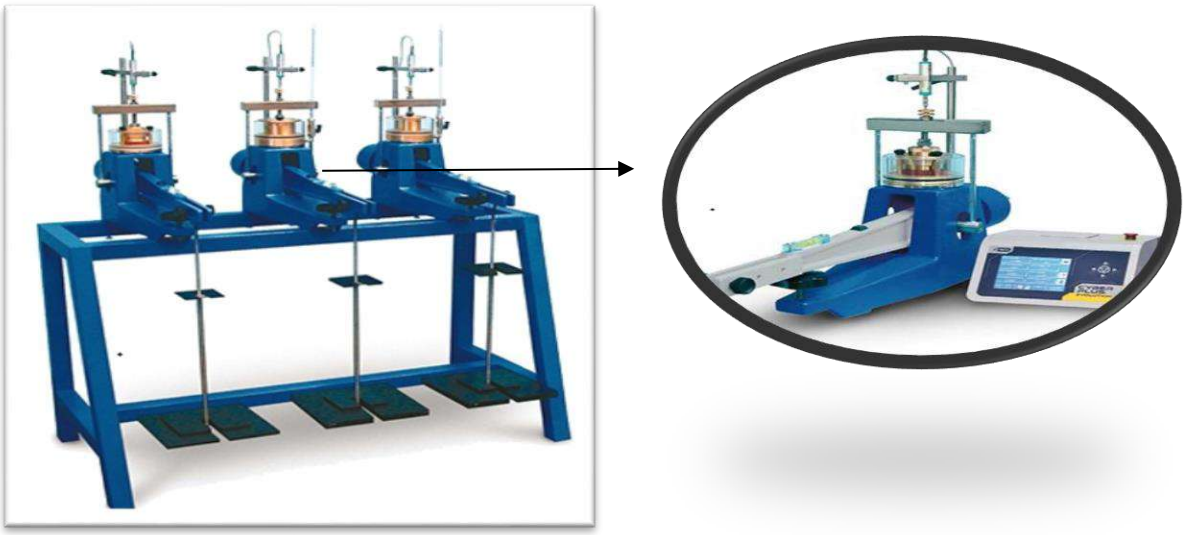


Figure III.5 : *L'œdomètre pour essai de compressibilité*

b) Essais de résistance au cisaillement :

❖Ces essais permettent de déterminer la résistance au cisaillement des sols caractérisée par la cohésion (**C)** et l'angle de frottement (φ). Parmi les essais nous distinguons :

✓Essai de cisaillement à la boîte :

❖L'essai de cisaillement direct permet à la détermination des paramètres de résistance du sol : L'angle de frottement interne (φ) et la cohésion(**C**).La boîte de Cassagnarde est constituée de deux demi-coquilles sur lesquelles on exerce perpendiculairement au plan de jonction des deux demi-coquilles, une pression. L'échantillon, comprimé subit une compaction, c'est à dire qu'il

perd une certaine proportion d'eau. L'une des deux coquilles étant fixe, on exerce alors une pression latérale, tendant à faire glisser l'autre parallèlement à leur séparation. En augmentant progressivement cette contrainte, on constate que la résistance de l'échantillon croît, passe par un maximum, puis décroît jusqu'au moment où se produit la rupture. L'usage de cet essai est notamment approprié pour l'étude des glissements de terrain

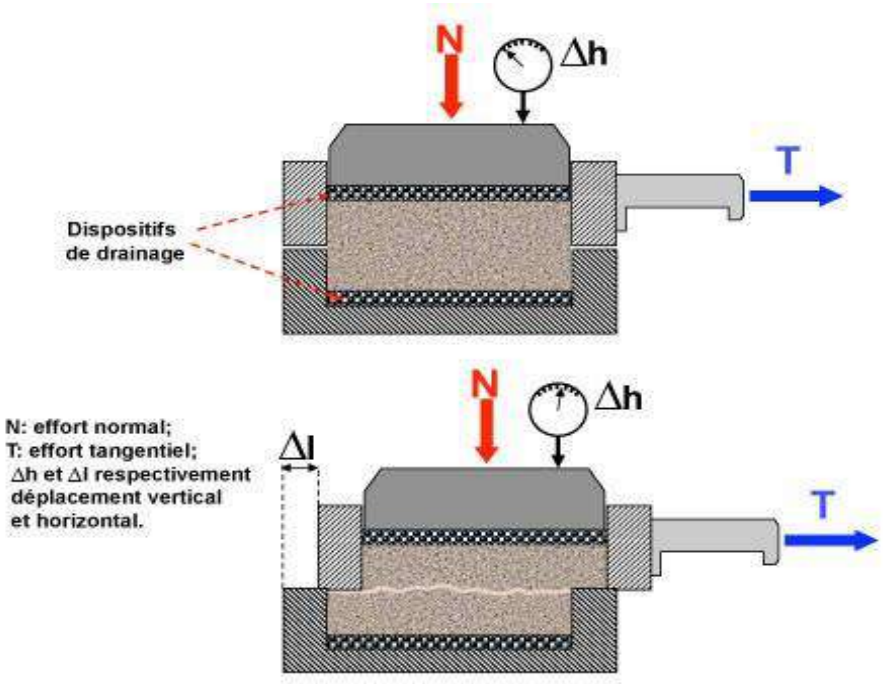


Figure III.6 : *Cisaillement à la boîte*

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV. Introduction :

❖ Le calcul et le confortement des talus est défini comme l'ensemble des méthodes qui servent a stabilisés la masse de terrain instable.

IV.1 Méthodes de calcul de stabilité des talus

❖ Les chercheurs géotechniciens proposent plusieurs méthodes d'évaluation et de prédiction des catastrophes naturelles engendrés par les glissements de terrain. Parmi ces méthodes on trouve essentiellement.

a) les méthodes de calcul à la rupture :

❖ Lorsqu'une masse rigide peut se déplacer le long d'une surface de géométrie bien définie, le comportement est contrôlé par la loi de Mohr- Coulomb, qui donne la résistance au cisaillement τf. Les méthodes dites d'équilibre limite sont très appropriées car on peut écrire facilement les équations qui relient les variables mais, sauf pour les cas les plus simples, le nombre des variables est bien supérieur au nombre d'équations. Pour pouvoir résoudre les équations, il faut alors introduire des hypothèses supplémentaires et simplificatrices, de manière à égaliser le nombre d'inconnues et le nombre d'équations.

b) Les méthodes volumiques ou méthodes sans hypothèse sur la surface de rupture :

❖ Avant la rupture, au stade de la pré-rupture, le massif de sol ou de roche est continu et son comportement ne peut être analysé par des méthodes d'équilibre limite, car on ne peut pas mettre en évidence une surface de rupture. Les phénomènes à décrire sont nombreux et complexes (éslasto-plasticité, fluage, rupture progressive). Il est alors nécessaire de considérer des méthodes volumiques prenant en compte l'ensemble du volume pour analyser les mouvements ainsi que leur évolution dans le temps.

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

c) Les méthodes énergétiques :

❖ L'amplitude et la vitesse des mouvements dépendent essentiellement de la redistribution de l'énergie potentielle devenant disponible au moment de la rupture. Pour les grandes vitesses et les grands déplacements, il faut alors considérer des approches énergétiques. Les méthodes d'équilibre limite sont largement utilisées pour leurs formes simples et leurs résultats qui se rapprochent aux méthodes rigoureuses.

IV.2 Méthodes de calcul à la rupture :

➢Méthodes des blocs :

❖ Les méthodes de calcul à la rupture sont des méthodes ou l'analyse et le calcul sont locaux, limités sur une ligne ou une surface de rupture, réelle ou potentielle, et s'opposent donc aux méthodes volumiques. Du fait de cette restriction, les hypothèses sont très fortes, mais les paramètres sont moins nombreux et plus faciles à déterminer. Ces techniques sont basées sur les hypothèses suivantes : le massif en mouvement peut être décomposé en un ensemble de blocs rigides indéformables qui frottent les uns sur les autres. Le comportement de l'interface est presque toujours défini par la loi de Coulomb.

Dans ce cas

- ✓ Le calcul d'équilibre est fait à la rupture.
- ✓ les équations résolvantes sont les équations de la statique.
- ✓ le coefficient de sécurité F est spatialement bien déterminé (on peut considérer par exemple F constant partout).
- ✓ le calcul d'équilibre est fait à la rupture.
- ✓ les équations résolvantes sont les équations de la statique.
- ✓ le coefficient de sécurité F est spatialement bien déterminé (on peut considérer par exemple F constant partout).

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

➢Méthodes des tranches :

Le découpage de la masse en mouvement en tranches verticales permis le développement d'un très grand nombre de méthodes. Trois hypothèses sont ajoutées par rapport à la méthode des blocs :

✓ les bords des blocs sont devenus verticaux.

✓ le point de passage de la force à la base de la tranche est situé au centre de cette base.

✓ le coefficient de sécurité est unique et ne s'applique qu'à la base des tranches.

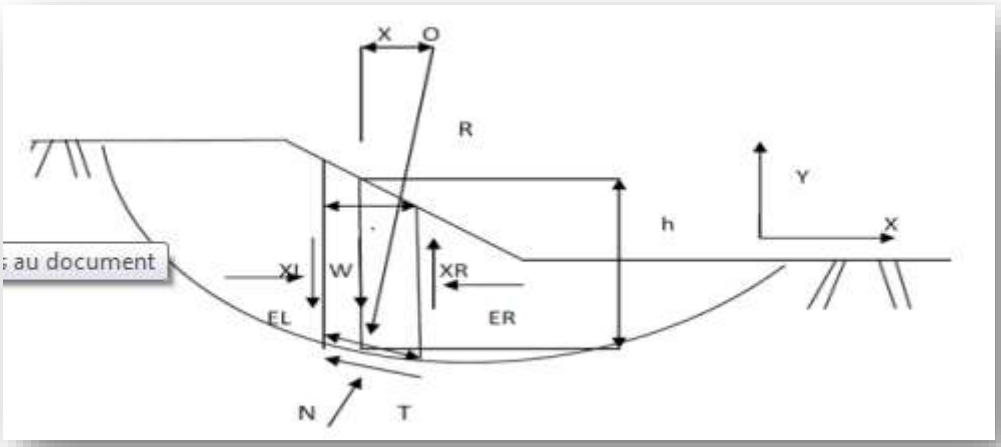


Figure IV.1: Les inconnues d'une méthode des tranches

La méthode de confortement choisie doit répondre aux exigences suivantes :

✓ **Coté résistance :** la méthode doit assurer la stabilité du talus, ainsi le mode de renforcement ne génère aucun risque d'augmenter les efforts moteur de notre talus.

✓ **Coté économique :** le mode de renforcement doit être le moins coûteux et le plus disponible dans le marché, car il y a des modes de renforcement qui nécessitent Une importation, en règle générale on utilise ce qui est disponible **(**locale**)** et moins coûteux.

✓ **Coté technologique (ouvrabilité et maniabilité):** la méthode de renforcement doit être simple et ne demande qu'un minimum d'effort ainsi qu'on peut la réaliser facilement

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3. Les différentes techniques :

D'une manière générale, les méthodes de confortement peuvent être regroupées en cinq catégories :

IV.3.1- La modification géométrique :

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, pour cela la modification géométrique et morphologique s'impose en premier lieu, elle peut être envisagée par plusieurs méthodes selon la nature du problème.

On peut citer :

✓***Le déchargement en tête :*** Le déchargement en tête de glissement consiste à venir terrasser dans la partie supérieure. Il en résulte une diminution du poids moteur et, par conséquent, une augmentation du coefficient de sécurité.

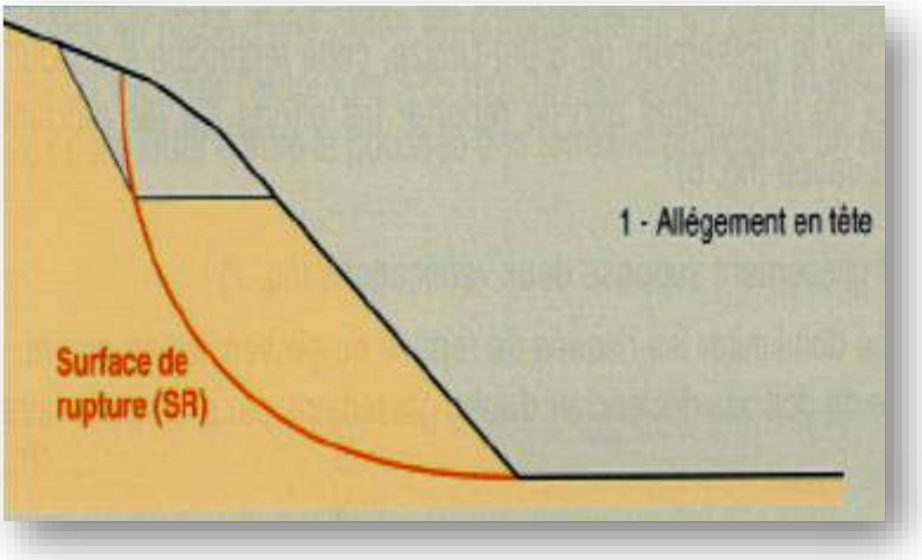


Figure IV.2 : *Allégement en tête*

✓***Le chargement en pied :*** Le chargement en pied d'un glissement est une technique souvent utilisée, généralement efficace. L'ouvrage, également appelé banquette, berme ou butée, agit par contre balancement des forces motrices. Pour qu'il soit fiable, il faut réaliser un ancrage dans les formations sous-jacentes en place.

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

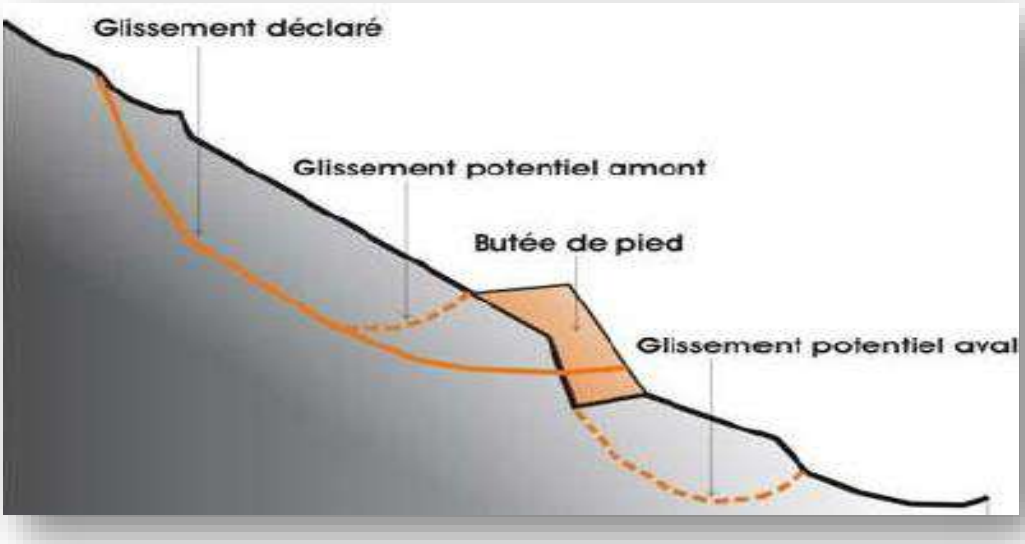


Figure IV.3: *chargement au pied d'un talus.*

Comme dans le cas d'un ouvrage de soutènement, le dimensionnement doit justifier de la stabilité au renversement et la stabilité au glissement sur la base.

✓***Le reprofilage :*** Ce procédé s'apparente au déchargement en tête : il consiste à un adoucissement de la pente moyenne. Ce type de traitement est spécifiquement bien adapté aux talus de déblais, et il est de pratique courante. Notons que l'exécution de risbermes a l'avantage d'améliorer la stabilité par rapport à une pente unique et de créer des voies d'accès pour l'entretien ou des travaux complémentaires. L'adoucissement de la pente est généralement maladapté aux versants naturels instables car il met en jeu des volumes de sol très importants.

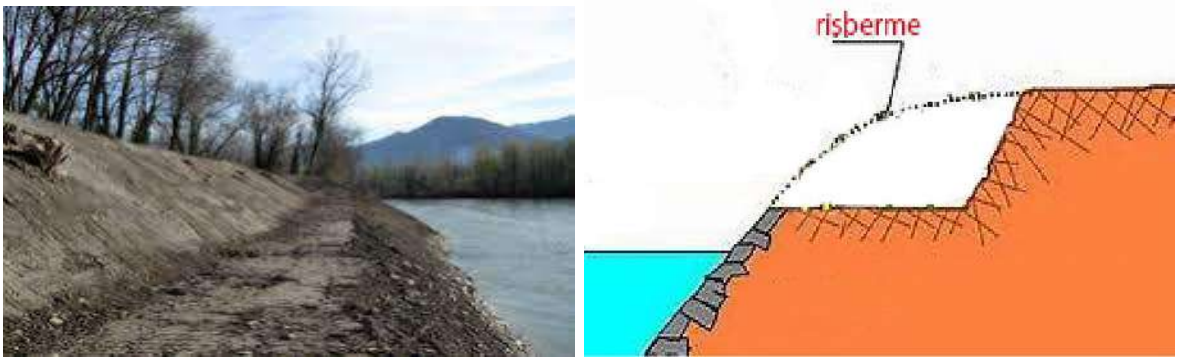


Figure IV.4: *Modification géométrique (risberme)*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.2- La substitution :

❖La substitution totale consiste à venir purger l'ensemble des matériaux glissant ou susceptibles de glisser et les remplacer par un matériau de meilleure qualité. Cela permet de reconstituer le profil du talus initial. Il importe de vérifier la stabilité au cours des phases de travaux et celle du talus définitif dans lequel on prend en compte les caractéristiques de martiaux de substitution et du matériau en place.

La substitution de matériaux glissant suppose que l'on connaisse le volume de matériaux concerné, que l'on excave plus profondément que la surface de rupture, et que l'on réalisées redans afin d'assurer un bon accrochage entre le substratum et le sol d'apport. La tenue des talus provisoires de purge dépend des conditions de terrassement de la météorologie des hétérogénéités locales. Des substitutions partielles sont souvent employées, sous forme de bêches ou de contreforts discontinus. Le coefficient de sécurité de la pente ainsi traitée peut-être estimé en prenant la moyenne pondérée des coefficients de sécurité de la pente avec et sans substitution[6]

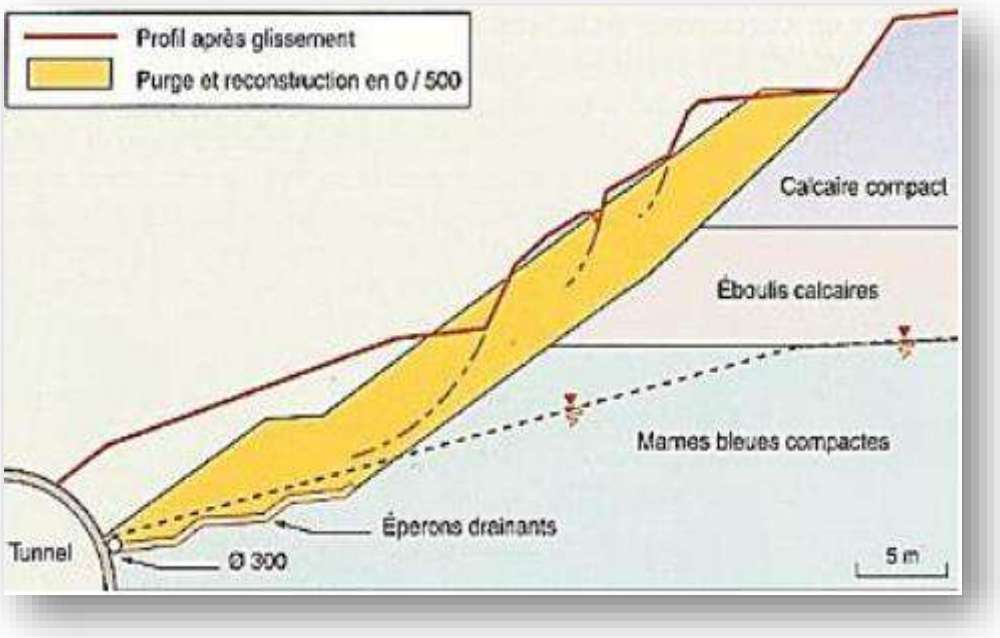


Figure IV.5 : *Substitution totale des matériaux glissés.*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.3-Terrassement :

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste un moyen d'action naturel. On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement

- ✓ Les actions sur l'équilibre des masses (allègement en tête, remblai en pied) ;
- ✓ Les actions sur la géométrie de la pente (purge et reprofilage) ;
- ✓ Les substitutions partielles ou totales de la masse instable.

IV.3.4-Le drainage :

❖Généralement, l'eau joue un rôle déstabilisateur déterminant. A cet effet les techniques de drainage sont couramment utilisées dans le but de réduire les pressions interstitielles, au niveau de la surface de rupture. Les différentes techniques mises ouvrent dans cet objectif relèvent de deux options fondamentales :

- ✓ Éviter l'alimentation en eau du site.
- ✓ Expulser l'eau présente dans le massif instable.

De nombreux paramètres conditionnent l'efficacité d'un système de drainage, en particulier, la nature et l'hétérogénéité des terrains, la géométrie des couches aquifères, la perméabilité et l'anisotropie des sols, les alimentations et les exutoires. De ce fait, escompte tenu de la complexité au problème, le dimensionnement d'un système de drainages fait en prenant un coefficient de sécurité plus élève que celui pris pour d'autres techniques (terrassements, renforcements). Comme la plupart des ouvrages, les dispositifs de drainage nécessitent un entretien régulier qui, s'il n'est pas réalisé, peut leur enlever toute efficacité. On distingue :les drainages de surface et les ouvrages de collecte des eaux, les tranchées drainantes, les drains subhorizontaux, les masques et éperons drainantes, les drains verticaux, et enfin les galeries et autres ouvrages profonds. Toutes ces techniques peuvent être utilisées seules ou associées, ou en complément d'autres techniques de stabilisation [7]

IV.3.5-Collecte et canalisation des eaux de surface :

❖L'objectif est de limiter les infiltrations dans le massif en mouvement. Les eaux peuvent provenir de sources, d'un défaut d'étanchéité sur un réseau ou un bassin de stockage à l'amont ou plus simplement de pluviométrie et des eaux de ruissellement. En effet, les eaux de surface ont tendance à s'infiltrer dans les fissures, et stagner dans les zones de faible pente, aggravent ainsi une instabilité amorcée préalablement. Aussi, les ouvrages décollecte des eaux (fossés, caniveaux, cunettes) et l'étanchéification des fissures de surface, bien que ne constituant pas à des ouvrages de drainage proprement dites, sont-ils réalisés en première urgence dans de nombreux cas de glissements [6]

✓**Les tranchées drainantes :** Les tranchées drainantes sont des structures allongées, disposées perpendiculairement aux écoulements afin de rabattre le niveau de la nappe. Leur mode de réalisation consiste à creuser à la pelle, des tranchées de plusieurs mètres de profondeur (entre 4 à 6 m) et une largeur d'environ un mètre (0,8 à 1,20m). On met des tubes en P.V.C ; on les remplit avec des matériaux drainant le tout est protégé par un géotextile anti-contaminant.[8]



Figure IV.6 : *Réalisation tranchée drainante / EBS Ormoy TP 91*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

✓***Les éperons drainants :*** Les éperons drainants sont des excavations étroites (environ 1m), mais qui peuvent atteindre une profondeur supérieure à 7m.Leur mode d'exécution consiste à creuser des tranchées de plusieurs mètres, parallèlement à lapente du talus avec engins mécaniques, sans qu'elles soient trop espacées pour assurer un bondrainage, ensuite ces tranchées sont remplies en matériaux granulaires grossiers[8]

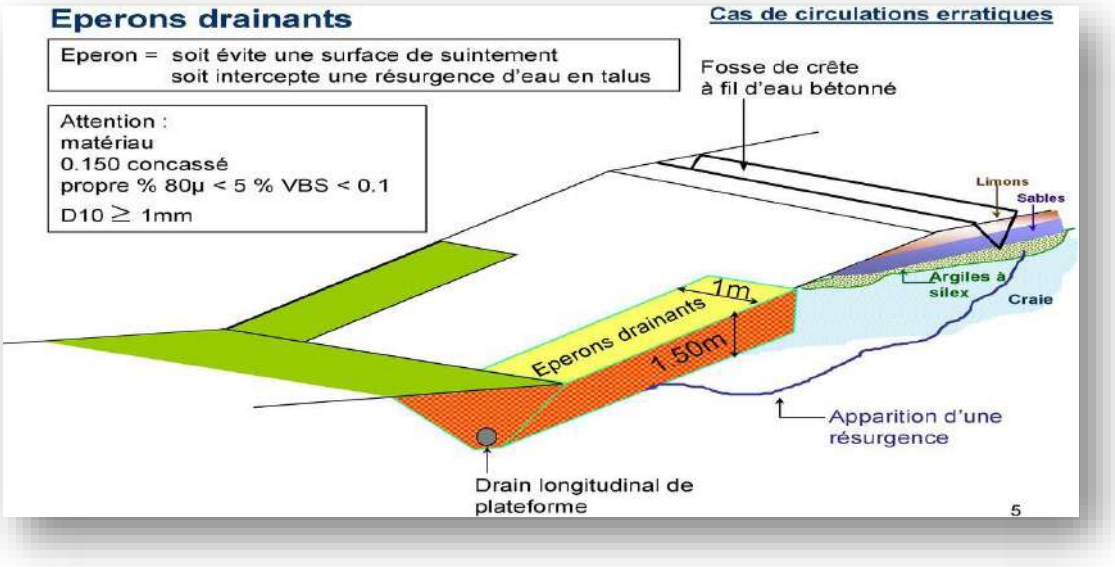


Figure IV.7 : *Éperons drainantes*

✓***Les drains subhorizontaux :*** Cette technique consiste à réaliser des puits ou des tubes de petits diamètres légèrement inclinés (5%) vers l'extérieur pour permettre l'écoulement de l'eau au sein du terrain. Leur exécution présente des difficultés liées par exemple à la longueur du drain réaliser dans le cas de terrains à faible pente. Cette technique est utilisée quand la nappe est trop profonde pour être atteinte par des drains superficiels. La meilleure justification de l'utilisation de drains subhorizontaux est le cas d'un aquifère assez perméable (sable, roche extrêmement fracturée) dont l'émergence est masquée par des terrains moins perméables (éboulis argileux). Le rayon d'action de chaque drain est faible.[8]

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

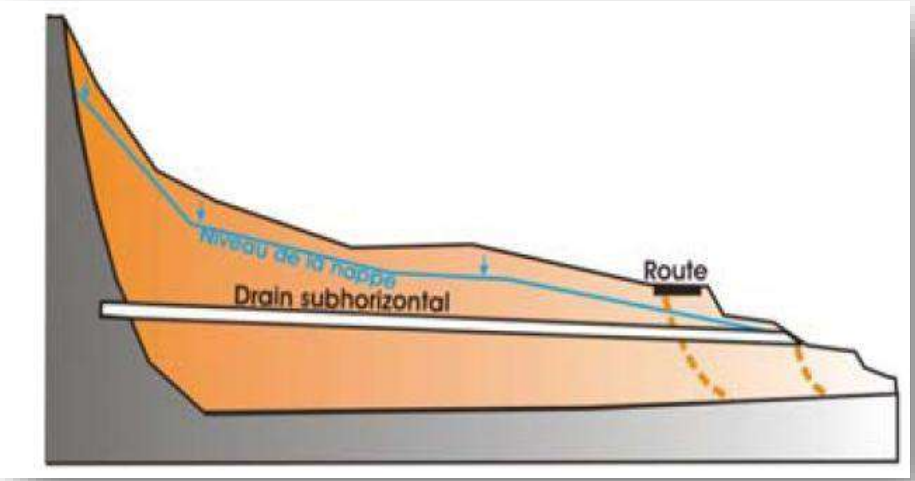


Figure IV.8: *Les drains subhorizontaux*

✓***Les drains verticaux :*** Les drains verticaux sont utilisés pour l'amélioration des sols saturés en eau (ex : terrain silteux ou argileux). La technique consiste à foncer verticalement dans le terrain, suivant un maillage déterminé, un drain préfabriqué. Au moment de sa mise en service, le drain transport l'eau du terrain jusqu'à la surface. La surcharge est apportée en générale par un remblai de pré-chargement [8]

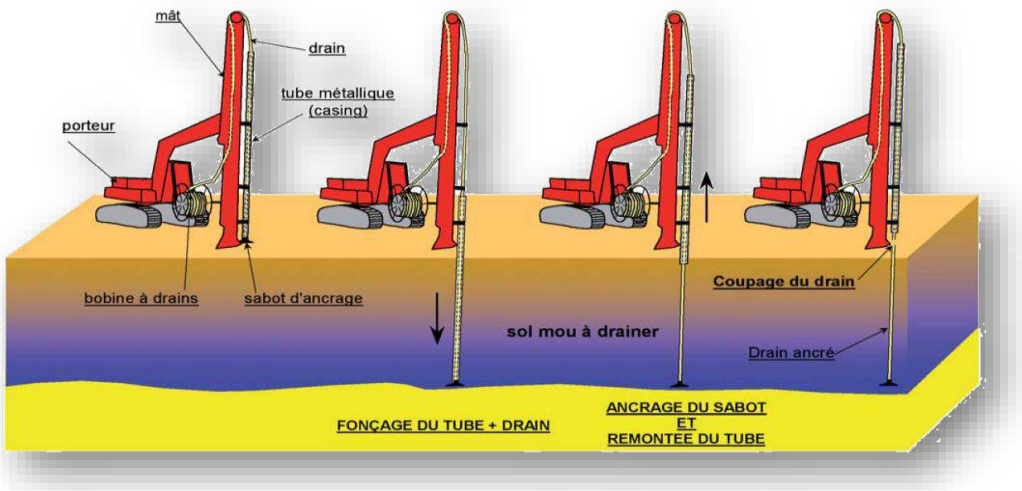


Figure IV.9: Les drains verticaux

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.6-La végétalisation :

❖La végétation (au sens large) signifie, l'utilisation d'arbre ou de plantation pour maintenir la stabilité du talus, cette protection est utilisée pour les talus en sol meuble ou rocheux. La végétalisation peut aussi être utilisée comme protection de la surface des talus, contre l'érosion et l'infiltration des eaux pluviales. Une étude réalisée par Heng Choranche (2005) révèle que le vétiver (une plante avec des racines longues et vigoureuses qui s'enfoncent abondamment dans le sol), peut être utilisé pour la stabilisation des talus. Cette plante a l'avantage de pousser très vite, ce qui lui a permis de prédominer ; étant aussi un élément vivant, sa réussite et l'exploitation de son potentiel, dépendent des techniques de plantation



Figure IV.10 : *L'implantation des plantes dans un talus.*

IV.3.7-Les éléments résistants :

On entend par éléments résistants les structures telles que :

- ✓ murs de soutènement
- ✓ tirants d'ancrage et murs ancrés
- ✓ clouages par des barres, des micros pieux
- ✓ rangées de pieux, de barrettes ou de profilés métalliques.

Ces techniques ne s'attaquent pas à la cause des mouvements mais visent à réduire ou à

arrêter les déformations. Elles sont intéressantes dans les cas où les solutions curatives (terrassements et drainages) ne peuvent pas être techniquement ou économiquement mises en œuvre.

On peut également introduire des éléments résistants à titre préventif, de façon à éviter les déplacements, dont une conséquence serait de diminuer la résistance au cisaillement des sols. La compatibilité des déplacements du sol et des structures doit être prise en compte lors du choix de ce type de technique. En effet, dans le cadre de travaux de stabilisation de glissements de terrain très actifs, l'exécution d'ouvrages rigides tels que des tirants précontraints n'est pas envisageable les déplacements du sol conduiraient à la rupture des tirants. Il est préférable de construire, dans ces cas, Des ouvrages qui supportent mieux les déformations

IV.3.8-Les ouvrages de soutènement :

Il existe plusieurs types d'ouvrages destinées à résistera la poussée des terres on distingue : les ouvrages rigides **(**murs en béton armé, en béton...**)** et les ouvrages flexibles **(**rideau de palplanches**)**

IV.3.8.1- Les murs de soutènements En Béton Armé :

❖Les murs de soutènements en béton armé sont couramment employés en pratique. Sur la figure le mur de soutènement est constitué d'un voile résistant en béton arme encastre dans une semelle de fondation en béton arme également. La semelle peut être pourvue d'une bêche pour améliorer la stabilité de l'ouvrage au glissement en cas d'utilisation de semelles peu large (notamment en cas de problèmes d'emprise)

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

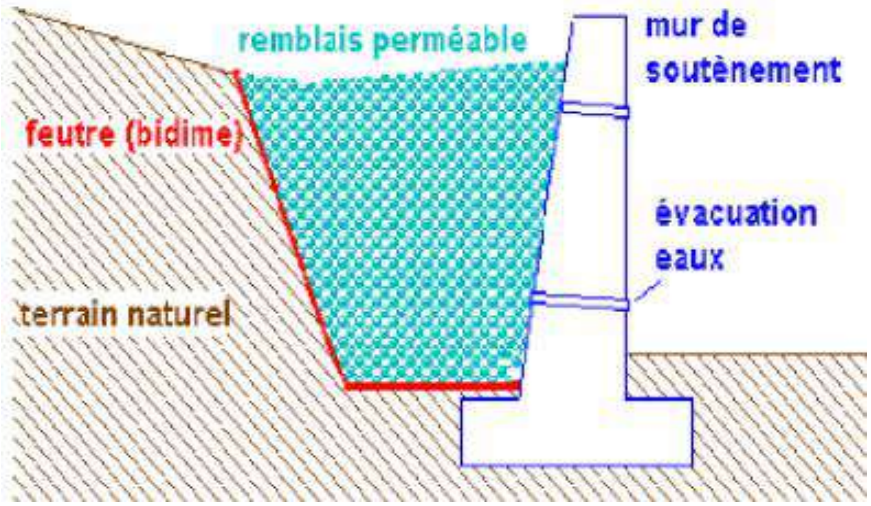


Figure IV.11 : Mur de soutènement.

Les murs de soutènements en béton arme sont équipé d'un dispositif de drainage à l'arrière du voile auquel associé un dispositif d'évaluation des eaux (barbacanes). Ici, des structures de mures plus complexes pourraient être créés pour éviter des terrassements trop importants. On pourrait penser à des chaises intermédiaires comme illustre la figure

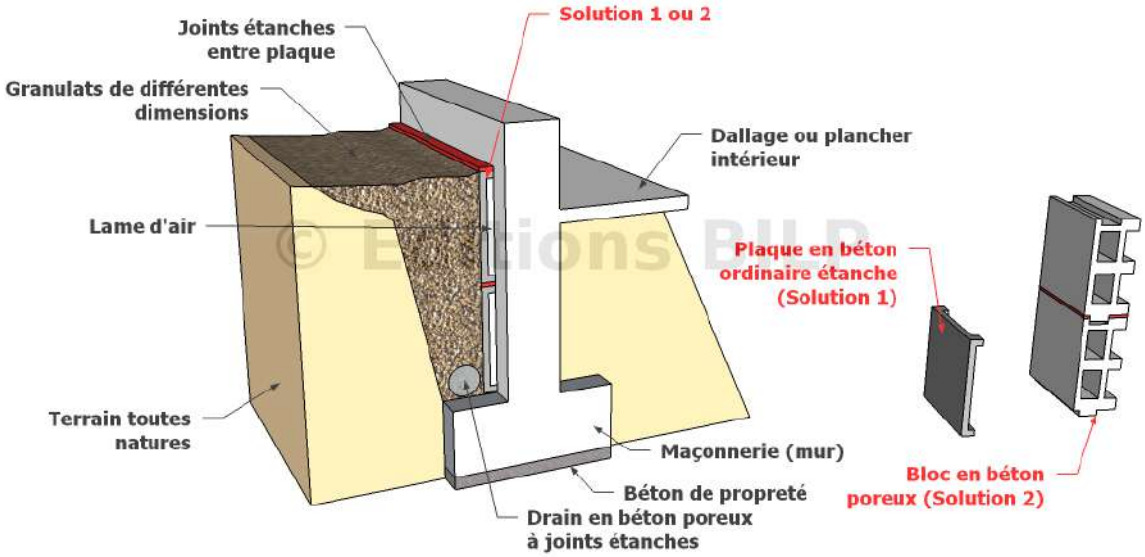


Figure IV.12: *Illustration d'un mur de soutènement en BA avec chaise intermédiaire*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.8.2- Soutènement en TEXSOL

❖Les caractéristiques du matériau TEXSOL permettent de réaliser des talus de soutènement dont les pentes peuvent dépasser 75 degrés. Ces ouvrages très raides exécutés en déblai ou en remblai simultanément aux terrassements apportent une solution simple pour contenir les glissements de terrain ou stabiliser les talus en conservant des emprises limitées.

IV.3.8.3- Les rideaux de palplanches :

❖Les palplanches sont de grandes plaques, qui s'emboîtent l'une à l'autre différemment selon leurs types En général, elles sont en métal (acier), celles en béton étant trop lourdes et trop fragiles pour les ouvrages imposants comme les parkings souterrains. Le profil d'une palplanche peut être de forme diverse. Les palplanches sont en principe utilisées en complément d'un autre type de paroi et forme rarement l'enceinte proprement dite. Elles assurent surtout un rôle d'étanchéité additionnelle en formant un écran tout autour de l'enceinte côté terrain.



Photo I.6 *Les palplanches*

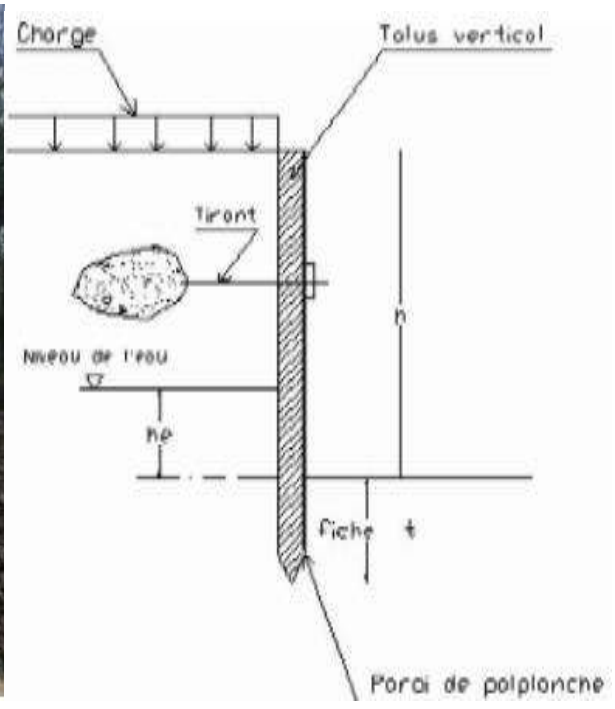


Figure IV.14: *SHIMA DE Les palplanches*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.8.4- Gabion :

A l'époque, les gabions étaient produits de l'entrelacs de pâturage, étaient remplis des pierres, la terre et d'autres matériels, au renforcement de ses dispositifs. Après des siècles, les gabions étaient aussi mis à la protection de la chute de pierres ou au renforcement par dépeintes. Les Gabions sont utilisés pour la protection des pentes (le long des autoroutes, lignes ferroviaires ou des routes de montagne). Un gabion est une caisse parallélépipédique en treillis métallique remplis de pierres l'empilement de ces gabions comme il est présenté dans la figure peut constituer une solution de soutènement des remblais hétérogènes et des éboulis [20]. Ce mode de soutènement de type « poids » est pratiquement l'un des modes les plus anciens. Il présente l'avantage d'une mise en place aisée et rapide. En générale la végétation permet de bien les intégrer dans le paysage, La durabilité est celle des fils de fer galvanisés constituant les cages. Elle dépasse la cinquantaine d'année même dans les zones côtières. Présentant un comportement relativement souple, les murs en gabion sont généralement utilisés dans le cas d'ouvrages en déblais (après terrassement) hors nappe sur des terrains assez résistants ou même rocheux (sites montagneux notamment). Ils nécessitent ainsi un terrain de fondations de qualité moyenne.



Figure IV.15: *Mur de soutènement en gabion.*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.8.5- La terre armée :

La terre armée fut mise au point par H. VIDAL en 1963. Cette technique de renforcement de remblais consiste en association de trois éléments principaux à savoir :

- ✓ **Un sol :** plus ou moins frottant constituant la majeure partie du remblai et devant posséder un certain nombre de caractéristiques mécaniques.
- ✓ **Des inclusions :** horizontales et linéaires appelées "armatures" qui jouent le rôle d'éléments de renforcement.
- ✓ **Un parement :** anciennement métallique, aujourd'hui plutôt constitué d'éléments béton préfabriqués (écailles), dont la fonction mécanique est très limitée.[9]

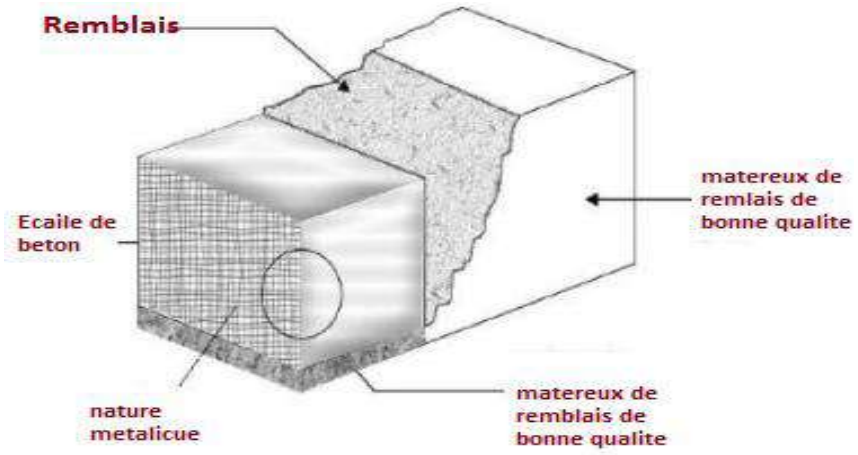


Figure IV.16 :*Principe de la technique terre armée.*

IV.3.8.6- Les tirants d'encrage :

❖Le principe de base consiste à mobiliser un certain volume de terrain ou de rocher encaissant, afin de rétablir ou de renforcer la stabilité d'une fondation, au glissement ou au soulèvement. Un tirant est constitué par une armature continue au diamètre d'une trentaine ou quarantaine de millimètres (barre unique ou faisceau de barres, tube, fils ou torons parallèles, câble,) scellée dans un forage sur une partie de sa longueur, par injection de coulis ou de mortier de scellement, ou ancrée mécaniquement dans un terrain

Chapitre 4

METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT



Photo I.7 Les tirants d'encrage

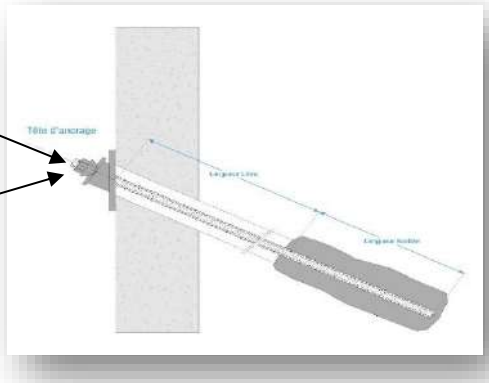


Figure I. 16. SHIMA DE Les tirants D'encrage.

IV.3.8.7- Le clouage :

❖Désignée aussi par le terme cloutage. Les armatures, généralement métalliques, sont déposées perpendiculairement aux lignes de glissements éventuelles. La technique repose sur un transfert des efforts du sol vers les barres par mise en butée du terrain. Il en résulte une cohésion apparente du sol clouté, ce qui explique le succès du procédé



Figure IV.17 : *Un versant stabilisé par clouage.*

Chapitre 4
METHODE DE CALCULS ET TECHNIQUES CONFORTEMENT

IV.3.8.8- Renforcements Par Micropieux :

❖ Dont l'élément de renforcement est constitué par une barre ou un tube d'acier de petit diamètre (20 à 40 mm) et qui, par suite de leur faible inertie, sont mis en place obliquement ou verticalement, avec une forte densité (environ un clou pour 4 m_2).La stabilisation d'un talus par des **clous** et **micropieux** repose sur le principe suivant : la partie supérieure du massif en mouvement engendre une déformation des clous et les efforts qui en résultent sont transmis par les clous au substratum qui s'oppose alors au mouvement. L'efficacité du clouage réside dans la mobilisation d'efforts de traction et de cisaillement dans le clou. Pour que ces efforts stabilisateurs soient mobilisés, il est nécessaire qu'il se produise des déplacements relatifs sol/clou. Le clouage a donc un effet progressif et des mouvements résiduels se produisent encore après le clouage. Par ailleurs, on ne peut pas stabiliser par cette technique des glissements de grande ampleur, qui nécessiteraient l'introduction d'efforts considérables, générés par les pieux et barrettes.

IV.3.8.9-Renforcement Par Pieux Et Barrettes :

❖ Ce sont des éléments de grande rigidité (section allant de 0.5 à II.0 m), placés verticalement, sur une ou plusieurs files en quinconce, pouvant être retenus en tête dans certains cas par une poutre de liaison et des tirants. Le clouage de glissement par des pieux ou des barrettes procède du même principe. Toutefois compte tenu de leurs inerties importantes, les pieux travaillent principalement en flexion /cisaillement alors que les clous de faible inertie travaillent en traction/flexion. Généralement, on dispose deux ou trois rangées de pieux dans le tiers central de la pente instable

Pieux-Voile (Paroi Composite)

Ce procède, communément connu sous le nom « paroi composite », consiste à mettre en place une succession de pieux isolés, disposes verticalement avec un entre axe variable (1 à 4 m d'entre axe suivant le projet). Ce peut peuvent être :

- ✓ Des pieux en béton armé de diamètre compris entre 0,5et 1,0m.
- ✓ Des pieuses forces de diamètre 0,3 à 0,40m équipés de profiles.
- ✓ Des micros pieux de 0,15 à 0,20 m s'apparentant à des clous verticaux.
- ✓ Être les pieux, on met en place des éléments résistants être de diverses natures

✓ Voiles en béton arme ; réalise entre les pieux au fur et à mesure de l'excavation des terres devant ces derniers.

✓ Voile en béton projeté (avec des micros pieux ou pour des ouvrages lourds à pieux fort diamètre, peut écarter).

✓ Dalle préfabriquées (avec pieux HEB ou dispositifs spéciaux)

La paroi composite comporterait donc un ou plusieurs niveaux d'ancrages ; ces ancrages seront soit des ancrages passifs analogues à ceux utilisés dans la solution paroi cloués, soit des ancrages actifs précontraints [10]

IV.3.8.10- Les géotextiles :

❖ Les géotextiles sont des produits textiles à bases de fibres polymères utilisées au contact du sol dans le cadre d'application dans le domaine de la géotechnique et du génie civil. Leurs domaines d'utilisation sont très vastes et concernent aussi bien la géotechnique routière, les centres de stockage des déchets, les aménagements hydrauliques, la stabilisation des sols et le renforcement des fondations…etc.

Les principales fonctions des géotextiles sont :

✓ **La séparation :** éviter l'interpénétration des sols de nature et de granulométrie différente (en vue de maintenir leurs performances initiales).

✓ **La filtration :** assurer le passage de l'eau perpendiculairement au plan de la nappe entretenant les particules de sol.

✓ **Le drainage :** assurer le passage de l'eau dans le plan de la nappe.

✓ **Le renforcement :** améliorer la résistance d'un massif de sol dans lequel il est inclus.

✓ **La protection :** protéger une structure fragile (géo membrane) contre des éléments poinçonnant.

✓ **La lutte contre l'érosion :** limiter les mouvements des particules de sol en surface causés par l'eau ou le vent

Chapitre 5

présentation du projet et synthèse géotechnique

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

V. Introduction :

❖ notre étude consiste à analyser un glissement de terrain, pour cela, différentes données ont été collecté auprès de la direction des ressources en eau, en plus d'une synthèse des travaux géologique et Hydrogéologique sur le site.

Dans ce chapitre on va connaisse les caractéristiques mécaniques et physiques du site, et les facteurs qui provoque le glissement et les essais qu'on a fait sur ce site pour étudier la stabilisation du terrain.

V.1 PRESENTATION DU SITE

❖La liaison entre la commune de' Médéa ' et ' BOUAICHOUNE ' s'effectue par le CW88, La route franchit un versant boisé, à pente naturelle moyenne (5 à 10%). Le tracé est essentiellement en profil mixte, en déblais et en remblai. La présente étude concerne un tronçon du CW88 (lot 03) entre droit des PK 7+700 ;

I.2 Situation et état du site :

❖Le siège du glissement est localisé au droit d'un tronçon du CW 88 situé entre la ville de Médéa (chef-lieu de la wilaya) et la localité dite Bouaichoune au Pk 07+700 sur une route à tracé très peu sinueux. La topographie du site présente une pente moyenne de 5%. Le tronçon de la route à cet endroit est réalisé en remblai/déblai. Les principales constatations relevées sur la zone dégradée sont les suivantes :

- ✓ Des affaissements importants en surface de la chaussée rendant la route difficilement praticable.
- ✓ L'impact du glissement est visible sur un linéaire d'environ 80 m.
- ✓ Le glissement est marqué par un affaissement de la demie chaussée avale.
- ✓ Une dégradation très accentuée de la route telles les déformations et les fissures.
- ✓ Absence de système de drainage soigné

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique



Photo I. 8 : La zone de glissement (BOUAICHOUNE)

V.3 Géologie et géomorphologie du site :

❖ La région de Médéa est connue pour son riche réseau hydraulique, qui est due à son relief varié Montagneux, et due à son climat méditerranéen semi continental, avec une moyenne de pluviométrie élevée jusqu'à 800mm par an. Le terrain, objet du glissement, est situé sur un versant de déclivité comprise entre 5 et 15% et géologiquement d'âge miocène moyen (selon les cartes) caractérisé par des dépôts d'argiles marneuses et marnes argileuses qui surmontent une importante formation de marnes compactes. Le site présente des pentes suffisantes aux écoulements superficiels des eaux de ruissèlement de pluies et des réseaux de diaclases et fissurations dans les couches altérés de marnes et d'argile qui constituent également un moyen d'évacuation des eaux anthropiques. On note, aussi, la présence de talweg, anciens lits de ruisseaux qui constituent des exutoires permanents des eaux d'écoulement. La section affectée par le glissement est caractérisée par une forte instabilité de ses sols à cause d'une part de la géologie et de la morphologie particulière des terrains et d'autre part des précipitations qui les affectent.

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

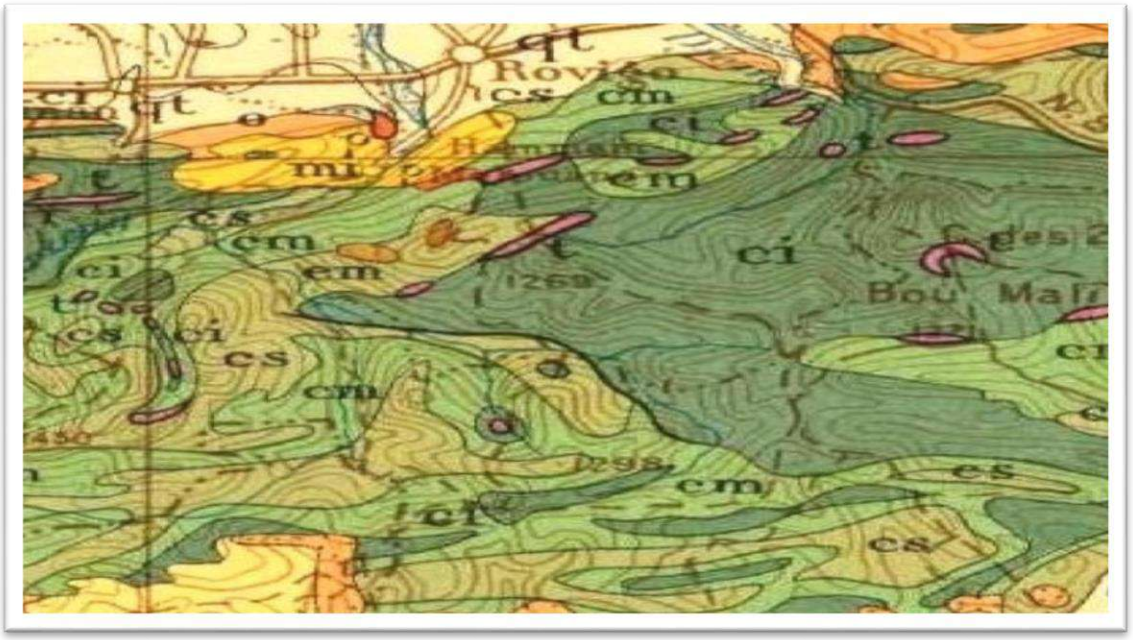


Figure V. 1 : Carte géologique de la région

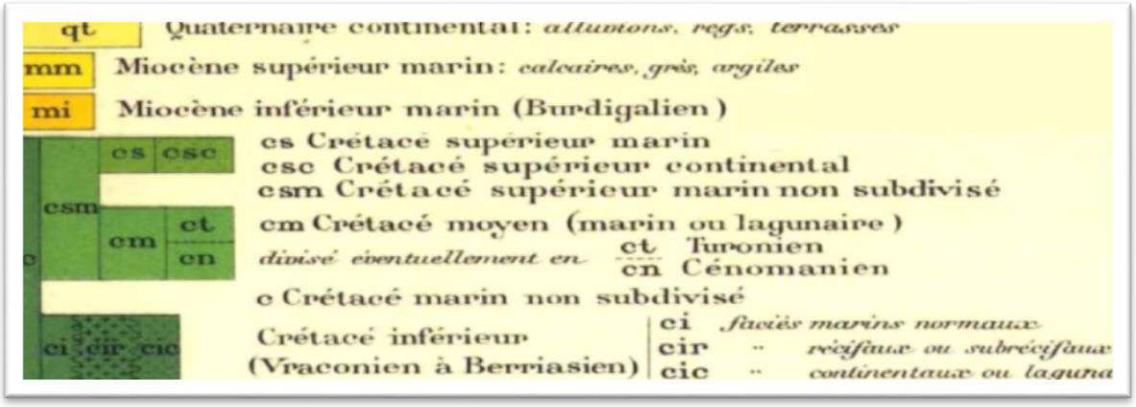


Figure V.2: Légende de la Carte géologique de la région d'étude.

Selon la classification RPA99 des zones sismiques du territoire Algérien, 4 zones de séismicité croissante sont définies :

Zone O : sismicité négligeable.

Zone I : sismicité faible.

Zone IIa IIb : sismicité moyenne.

Zone III : sismicité élevée.

Le site étudié se trouve dans la **zone IIB de séismicité moyenne**.

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

Le site étudié se trouve dans la zone IIb de : sismicité moyenne selon classification RPA2003 des zones sismiques du territoire algérien

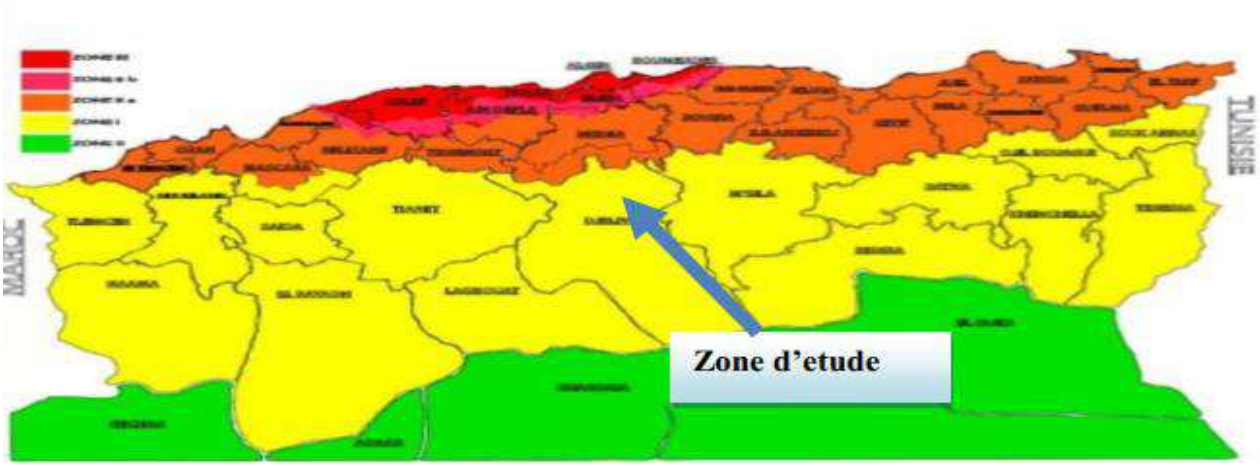


Figure V.3: Carte sismique de l'Algérie.

V.4 CAUSES PROBABLES DU GLISSEMENT :

Les causes probables de ce glissement de terrain peuvent revenir à trois facteurs principaux :

- ✓ Nature argileuse du sol.
- ✓ Contexte hydrologique de la région et la topographie du site.
- ✓ Faute d'un soutènement efficace du talus aval
- ✓ Absence d'un système soigné de drainage des eaux superficielles et souterraines,

V.5 PROGRAMME D'INVESTIGATION :

❖ En plus des différentes visites effectuées sur site, un programme de reconnaissance géotechnique a été établi, comprenant des sondages carottés, des sondages au pénétromètre dynamique (PDL) et des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés sur site. Les résultats de ces essais et le plan d'implantation des sondages sont représentés ci-dessous

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

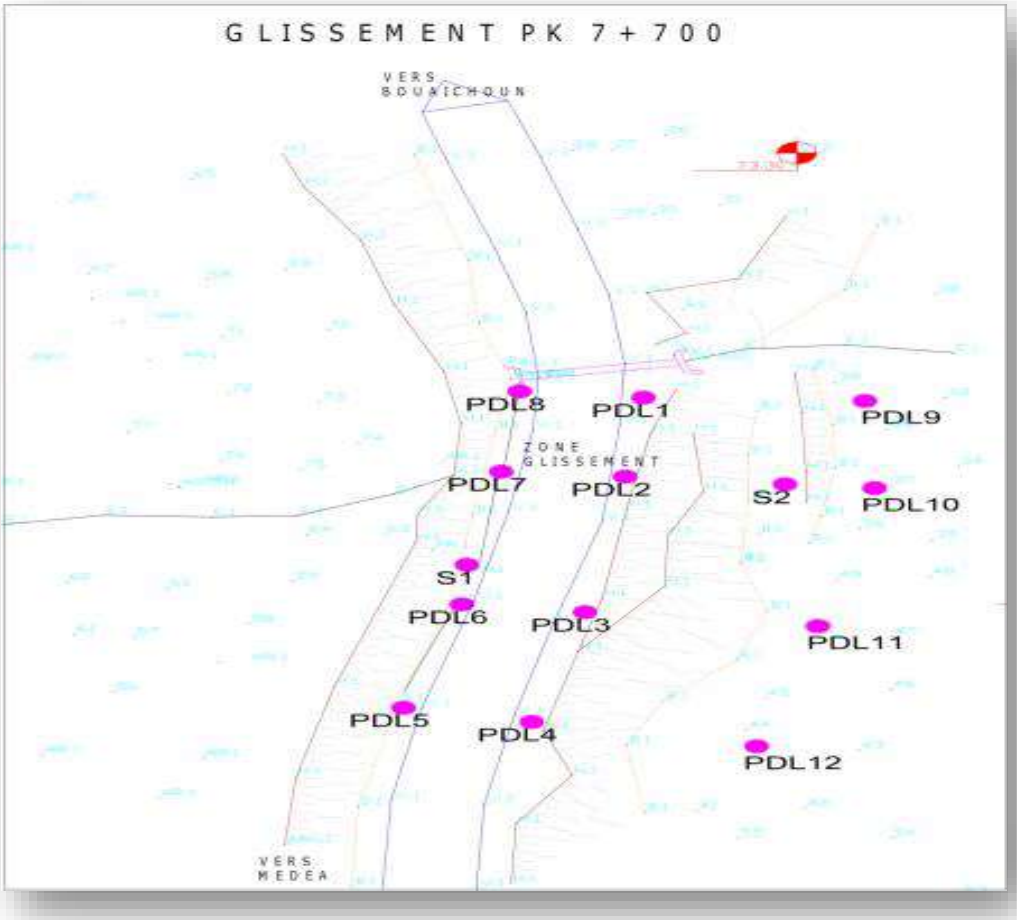


Figure V.4: Plan d'implantation des sondages

V.5.1 Essai in- situ :

- ✓ L'exécution de (03) sondages carottés, dont la profondeur est de15 m chacun
- ✓ Pénétromètres dynamiques Une sériede24 essais de PDL aux droits des glissement sont été réalisés jusqu'au refus
- ✓ Afin de mettre en évidence les terrains traversés par le tracé de la route, des observations de surface détaillées et une investigation par sondages carottés ont été réalisés
- ✓ Dessoudages carottés de 15m chacun ont été réalisés. Les logs des sondages sont joints en annexes du présent rapport. L'implantation de ces essais est donnée sur la carte de synthèse jointe en annexes.

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique



Figure V.5: Pénétromètres dynamiques (bouachoune)

V.5.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

L'analyse des résultats des sondages carottés, a permis de confirmer les observations faites sur terrain, en effet, le tracé de la route traverse sur les quatre premiers mètre la formation des argiles limoneuses peu sableuse à graveleuse beiges, surmonté sur une couche d'argile marneuse, cette formation évolue en profondeur vers un substratum marneux induré grisâtre. L'analyse des résultats des sondages carottés, a permis de confirmer les observations faites sur terrain : **Glissement N° 01 :pk7+700**

V.5.3 Essais de laboratoire :

Sur les échantillons intacts et remanias récupérés des différents sondages carottés, des essais en laboratoire seront réalisés, ces essais sont les suivants :

❖ **Essais d'identification :**

✓ Densité sèche (d), teneur en eau naturelle (W_{nat}) en place, Limites d'Atterberg (WL, IP).

✓ Granulométries et se diment métrie

❖ **Essais mécaniques :**

✓ Essais UU_{sat} à la boite de cisaillement. Les essais permettent de déterminer les caractéristiques mécaniques (Cuu, uu) à court terme

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

V.5.4 RESULTATS DES ESSAIS :

❖ Résultats des essais pénétrométriques :

Les essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés dans le but de reconnaître l'état des sols en place, par l'enregistrement des résistances de pointe et d'établir une corrélation avec la lithologie du terrain.

Les résultats sont présentés sous forme de pénétrogrammes qui montrent la variation de la résistance du sol en fonction de la profondeur

	Nombre PDL	PDL	RC (bar)	Prof(m)
Glissement	12	**2.5.8**	**2**	**0.50**
		1.4.6.11.12	**2**	**3.80**
		3.7.9.10	**2**	**4.48**

Tableau III 1. Les résultats **essais pénétrométriques**

❖ Essais d'identification :

- ✓ Mesurées teneurs en eau naturelles.
- ✓ Mesure des densités.

❖ Essais mécaniques :

Les essais mécaniques sur les échantillons carottés ont donnés les valeurs des caractéristiques physiques et mécaniques (essais non drainés) suivantes :

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

Glissement	**01**
Sondage	**02**
Profondeur	**03.00 – 03.50**
Teneur en eau (%)	**17.96**
Densité humide (t/m3)	**2.16**
Densité sèche (t/m3)	**1.83**
Degré de saturation Sr (%)	**102.40**
Cohésion (bars)	**0.36**
Angle de frottement (°)	**33.14**

Tableau III 2. Caractéristiques physiques et mécaniques

❖ **Résultats des essais de laboratoire :**

Les résultats des essais de laboratoire sont présentés dans les tableaux suivants :

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

Glissement		
Sondage		02
Profondeur (m)		3.00–3.50
Teneur en eau naturelle (%)		17.96
Densité humide : γ_h (t/m3)		*2.16*
Densité sèche : γ_d (t/m3)		*1.83*
Degré de saturation : Sr (%)		*102.40*
Essai de cisaillement rectiligne	Cohésion (bars)	0.36
	Frottement (°)	33.14

Tableau III 3. Les résultats des essais physiques.

❖ **Essais Sondage carotté :**

Sondage N°01 :	Sondage N°02 :
00.00-02.00m : argile brunâtre **02.00- 09.00m**: argile marneuse à graveleuse centimétrique, **09.00- 15.00m**: alluvions rocheux	**00.00-00.40m** : terre végétale ; **00.40-06.00m** : Argile limoneuse brunâtre ; **06.00-12.00m :** argile marneuse peu graveleuse **12.00-15.00** : marne grise

Tableau III 4. Essais Sondage carotté.

Chapitre 5

Présentation du projet et synthèse géotechnique

❖ **La densité :**

Tableau III 5. Lieu : PK 7+700

Sondage : 02

Profondeur : 3.00-3.50 m

Désignation	01	02	03	MOY
Densité humide(t/m3)	2.17	2.12	2.20	**2.16**
Densité sèche(t/m3)	*1.83*	*1.79*	*1.88*	1.83
Teneur en eau (%)	*18.56*	*17.95*	*17.37*	17.96
SR (%)	*104.99*	*95.80*	*106.43*	102.406

Conclusion :

Ce glissement de terrain caractérise par des fissures, une pente et un escarpement importants Plusieurs causes ont contribué au déclanchement de ce glissement, à savoir les différentes déformations du sol et en plus des facteurs naturels.

Des solutions de traitement appropriées seront fournies pour le site de l'étude au chapitre suivant qui prend en compte les conditions défavorables qui ont été la cause potentielle du glissement de terrain.

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

VI.1 INRODUCTION :

Le développement des méthodes de calcul numérique sur ordinateur a permis de chercher des solutions beaucoup plus réalistes et générales, fondées sur un certain nombre de modèles rhéologiques et d'algorithmes de résolution des divers aspects du comportement des sols. Ces modèles, reposant sur des approches élastiques non-linéaires ou sur des approches élastoplastiques, permettent de décrire assez correctement le comportement des sols. Quant aux algorithmes de résolution, leur fiabilité et leur performance dépendent surtout de la méthode de calcul utilisée et des critères de convergence fixés. Logiciels de calcul utilisé dans cette étude et présentés ci-après est fondé sur ces principes et sont connus pour avoir donné par ailleurs des résultats satisfaisants. Leur choix a été motivé par leur disponibilité et leur souplesse, ainsi que par leur performance du fait qu'ils se prêtent bien aux objectifs fixés pour l'analyse de la stabilité des pentes.

VI.2 Présentation de logiciel TALREN :

❖ Définition *:* TALREN est un logiciel permettant la vérification de la stabilité d'ouvrages géotechniques, avec ou sans renforcements. Ce logiciel est utilisé pour obtenir les résultats de stabilité avant la réalisation et pour découvrir les techniques de renforcement les moins chers et plus stable

❖ **TALREN permet d'étudier**

- ✓ Les pentes naturelles,
- ✓ Les pentes de déblais/remblais
- ✓ Les ouvrages en terre

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

VI.3 Les principales caractéristiques de TALREN 5 :

- ✓ Etape 1 : propriétés du projet
- ✓ Etape 2 : définition de la géométrie
- ✓ Etape 3 : caractéristiques des sols
- ✓ Etape 4 : surcharges
- ✓ Etape 5 : peux être donner les renforcements avec ou sons napes et sismique ou non et plusieurs condition choisie.



Figure.VI.1 : PRESENTATION DU TALREN 5V

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

VI.4 Analyse de la stabilité de talus :

VI.4.1 Données géotechniques :

❖ Afin de comprendre le problème du glissement situé à la route entre la ville de Médéa (chef-lieu de la wilaya) et la localité dite Bouaichoune au CW N°18/ Pk 07+700sur une route à tracé très peu sinueux. Nous analyserons la quantification de la zone à l'aide de **TALREN 5v** (la méthode utilisée est de (Bishop), nous essaierons de trouver une solution pour renforcer la zone.

Tableau IV.1 : LES POINTS GIOMETRIE DU SITE

N°Point	X*(m)*	*Y(m)*
1	0.00	17.00
2	4.00	16.20
3	6.00	16.00
4	8.00	15.00
5	12.00	14.00
6	14.00	14.00
7	16.00	14.00
8	18.00	14.00
9	20.00	13.75
10	21.50	13.00
11	25.50	12.00
12	*28.00*	*11.00*

N°Point	X*(m)*	*Y(m)*
13	32.50	10.00
14	34.00	10.00
15	40.00	9.50
16	0.00	15.50
17	11.25	12.00
18	28.00	4.80
19	40.00	4.00
20	0.00	7.00
21	12.00	5.50
22	22.00	1.00
23	40.00	00.00
24	00.00	00.00

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

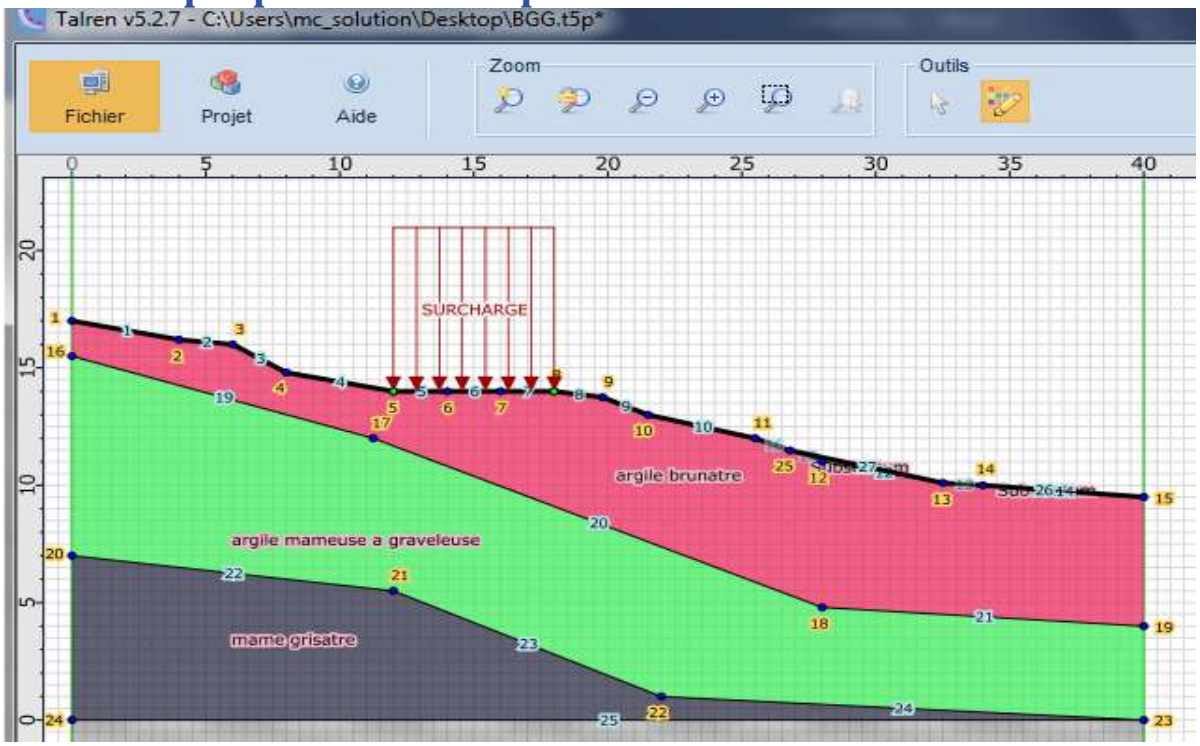


Figure.VI.7 : géométrie du modèle

- Argile brunâtre épaisseur =00.00-02.00m
- Argileuse marneuse épaisseur = 02.00- 09.00m.
- Mame grisâtre épaisseur = 09.00- 15.00m

VI.4.2 Caractéristiques mécaniques du site :

Tableau IV. 2. Les caractéristiques su sols

	C (Kpa)	φ (°)	γ (kg/m3)
Argile brunâtre	**0.36**	**33.14**	***2.16***
Argileuse marneuse	**0.83**	**12.27**	**2.07**
Mame grisâtre	**0.93**	**19.21**	***2.01***

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

❖ **Méthode d'analyse de calcul :**

Bishop : Quand la surface de rupture est en forme d'arc, on adopte la méthode de Bishop

❖ **Coefficient de sécurité :**

Pour les glissements, dans le cas normal (stable à long terme durant le service), le coefficient de sécurité doit prendre F ≥ 1.50 ; dans le cas anormal (sous l'effet sismique), on demande un coefficient de sécurité F ≥ 1.30.

VI.4.2 Vérification de la stabilité avant confortement :

VI.4.2.1 Calcul a la stabilité avant confortement :

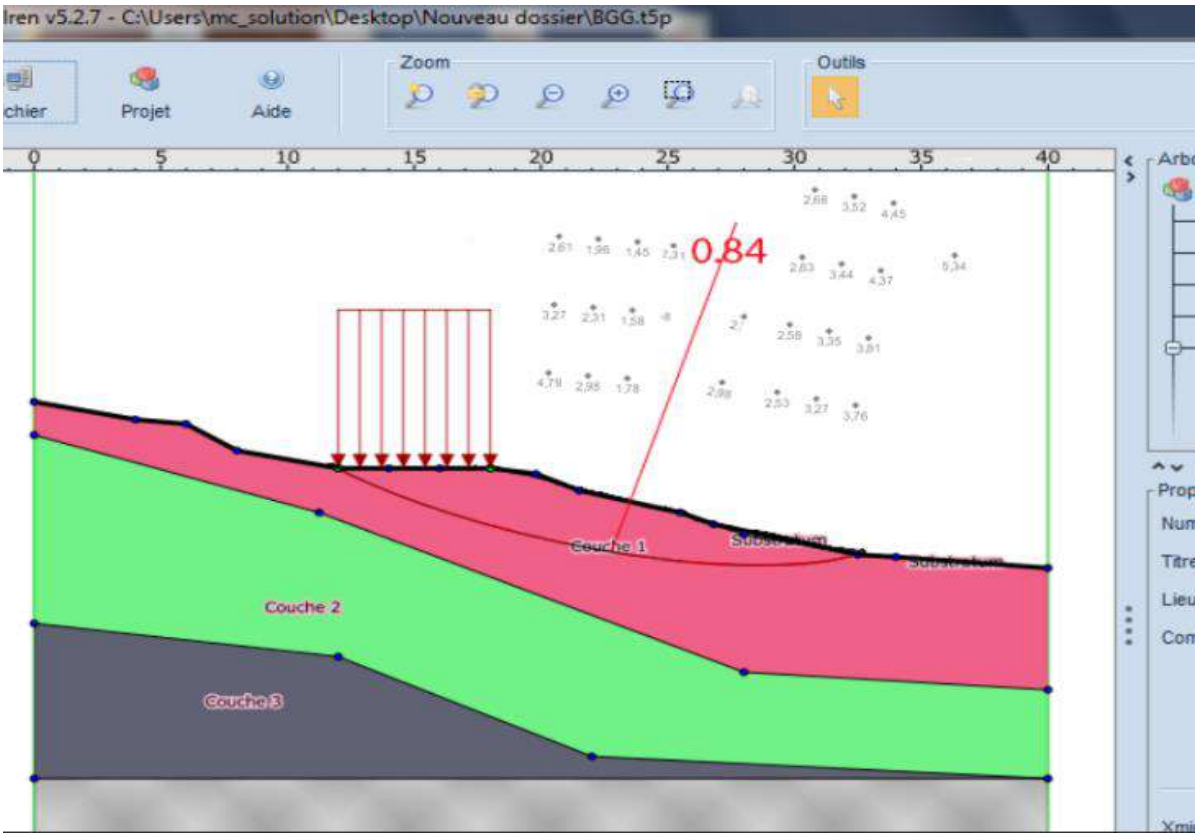


Figure.VI.8 : Le résultat Avec la méthode de Bishop.

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

- ✓ Le coefficient de sécurité (Fs) du glissement avant confortement, obtenir aprè calcul est Dans le cas on remarque que le coefficient de sécurité est inférieur à 1.5, ce qui montre que le

- ✓ Glissement est instable. Par conséquent, nous allons proposer une solution de confortement pour stabiliser ce glissement et résoudre le problème du glissement rencontré. de :Fs = 0.84

❖ **L'analyse de la stabilité de la zone en glissement et logiciel a mis en évidence les points suivants :**

- ✓ Les surfaces de rupture potentielles sont localisées au milieu du talus aval de la chaussée.
- ✓ La profondeur de la ligne de rupture la plus critique ne dépasse pas 3.00 m à partir du terrain naturel.
- ✓ Le glissement concerne particulièrement la couche d'argile brunâtre.
- ✓ Les coefficients de sécurité ont des valeurs qui avoisinent 1.15 : ces valeurs démontrent que le talus est en équilibre critique.

IV.5. Vérification de la stabilité après le confortement :

IV.5.1. Proposition des solutions des confortements :

La solution de confortement proposée consiste à réaliser un soutènement du talus en gabions et un dispositif de drainage tout en renforçant la structure routière existante.

❖Butée de pied :

La butée de pied est constituée par un mur en gabions de quatre (04.00 m) mètres de hauteur ancré au-delà de la ligne de rupture. Le coté amont du mur est remblayé par un matériau drainant du type TVC ou TVO, l'ensemble (mur + remblai) constitue une

butée au mouvement du terrain. L'implantation du mur est précisée sur le plan topographique

❖ Dispositif de drainage :

➢ Eaux souterraines :

Le dispositif de drainage prévoit une tranchée drainante d'une profondeur moyenne de 2.50m en amont de la route. Cette tranchée permet le rabattement de la nappe souterraine et la réduction des pressions interstitielles dans la masse des terres en remblai. Elle est constituée d'un matériau drainant enveloppé dans un géotextile filtrant et d'un tube collecteur.

➢ Eaux superficielles :

Pour le drainage des eaux superficielles provenant du versant amont, l'étude prévoit la réfection du fossé bétonné de la zone en mouvement.

➢ Renforcement de la route :

Afin de limiter les déformations localisées qui affectent la route, il est projeté d'incorporer une nappe de géotextile de renforcement entre la couche de fondation et la couche de base de la chaussée. La longueur de la nappe couvrira tout le linéaire de la zone endommagée.

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

IV.5.2. Calculer la stabilité après le confortement :

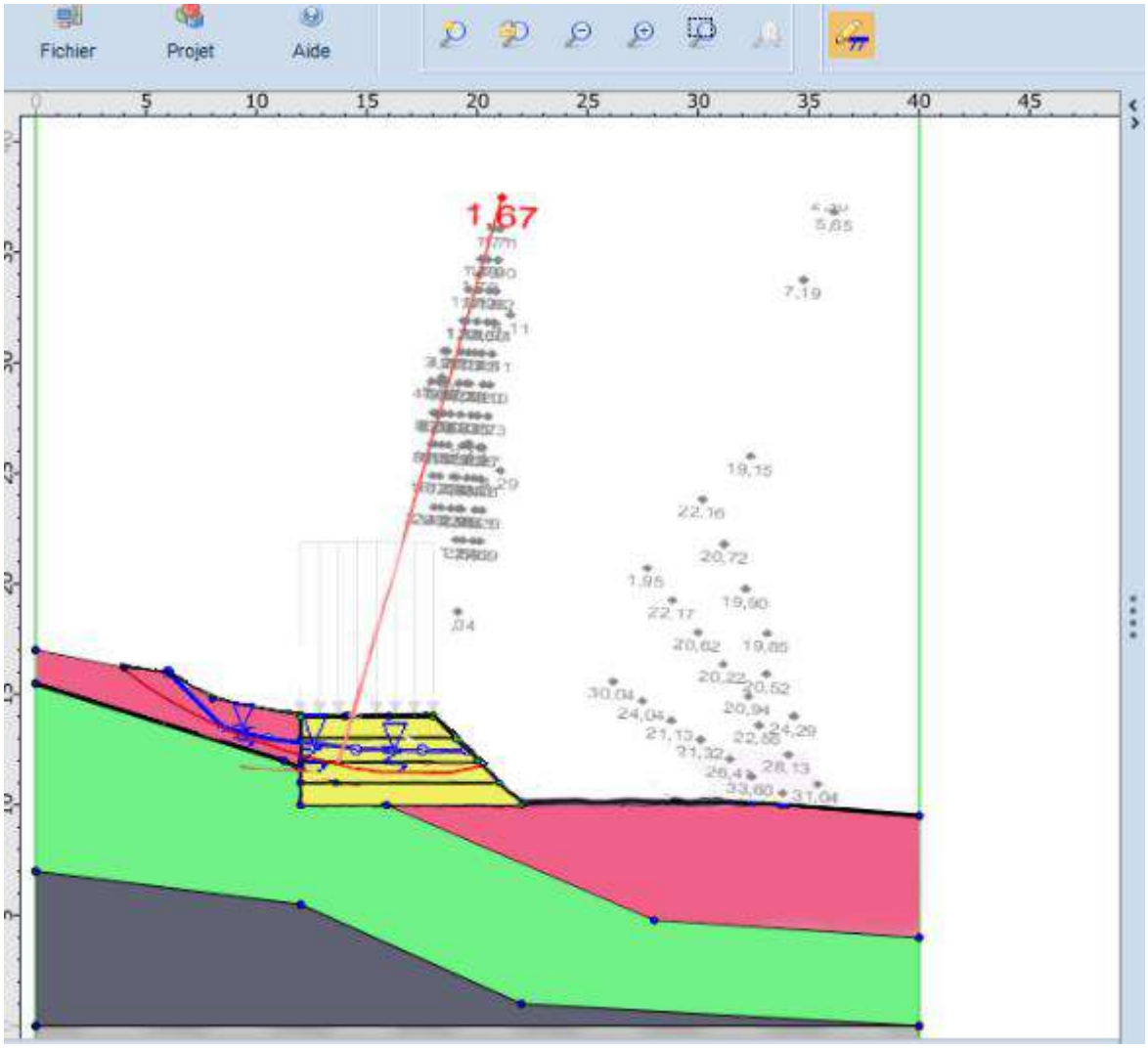


Figure.VI.8 : Calcul la stabilité du remblai renforce par géotextile.

Apre la modélisation on a obtenez une valeur de coefficient de sécurité Fs =1.67, donc ce qui traduire la réussite de la solution.

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

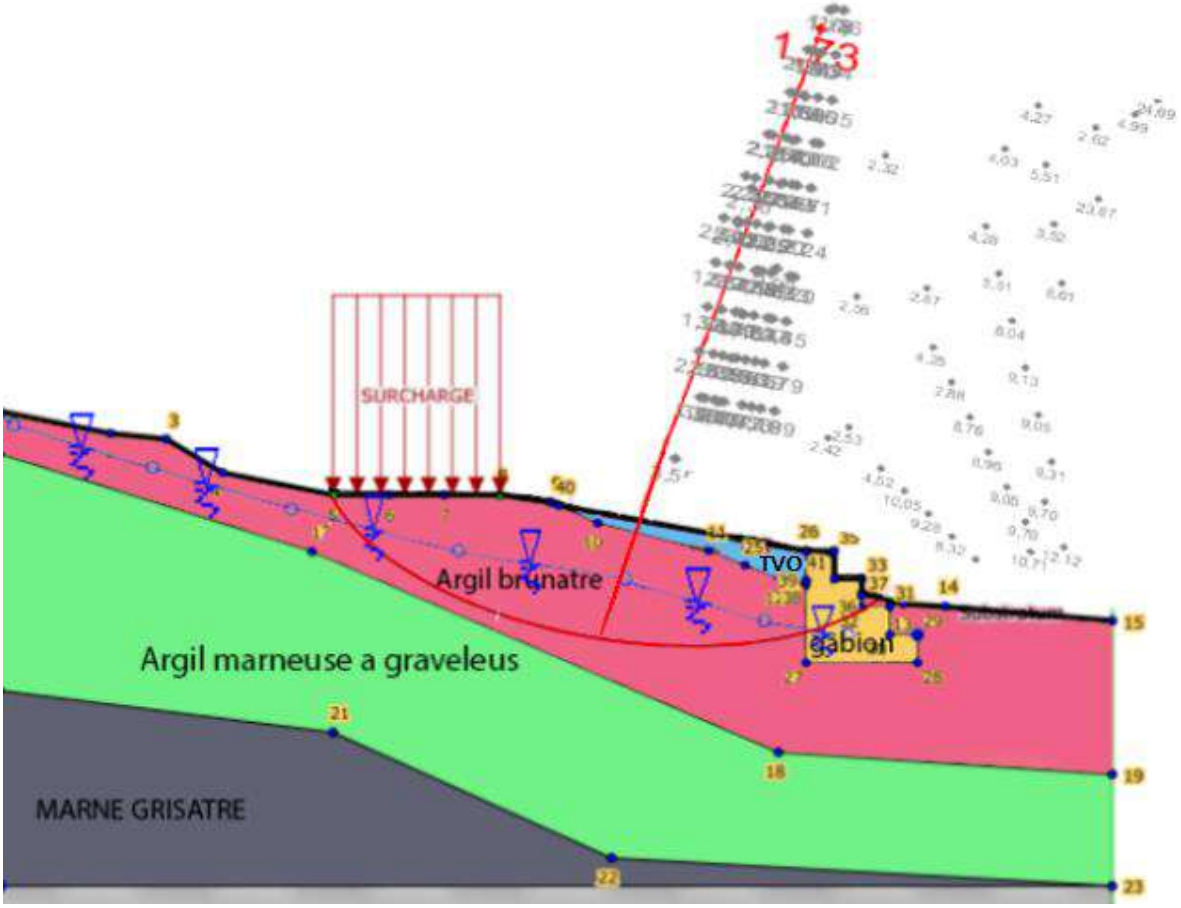


Figure.VI.8 : Modélisation du talus avec rabattement de la nappe et stabilisation par gabion

Apre la modélisation on a obtenez une valeur de coefficient de sécurité Fs =1.73, donc ce qui traduire la réussite de la solution

IV.6. Concluions après le confortement :

Les résultats de calculs montrent clairement que la solution de confortement proposée pour le glissement situé dans la section de chemin wilaya BOUACHOUNE (medea) au PK 07+700 donne un gain de sécurité appréciable, compare avec l'état de l'ouvrage avant confortement. (0.84)

Chapitre 6

Vérification de la stabilité du site et proposition d'un procédé de confortement

Apre exploitation et analyse des résultats, obtenir par la différente simulation et pour les deux techniques propose pour le confortement de ce glissement objet de notre étude on résume qui le confortement a l'étude de gabion est une solution innovante par rapport aux autres techniques de renforcement, elle est fréquemment choisie pour plusieurs raisons telles que le coût et la flexibilité et la rapidité de réalisation.

Conclusion Générale



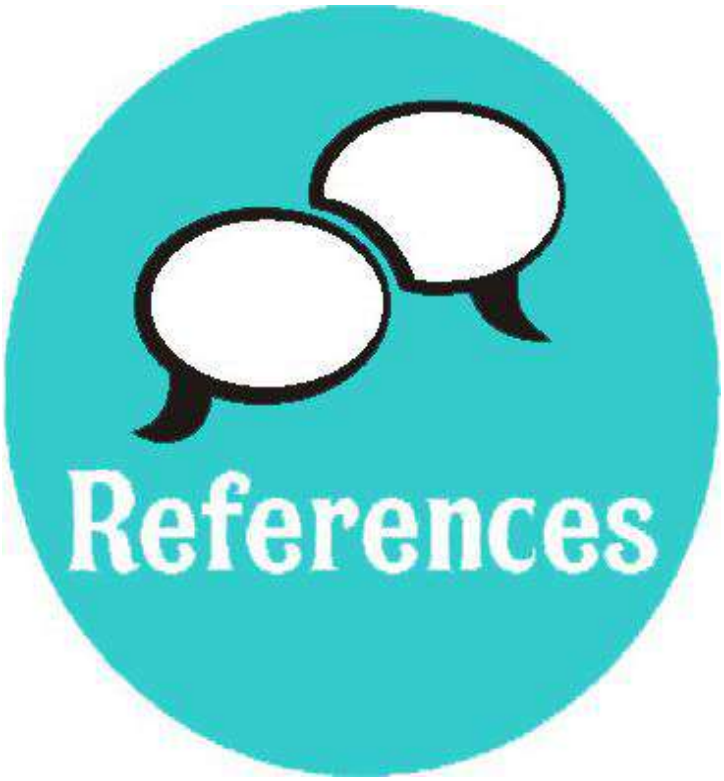
Afin de mieux positionner le contexte de notre travail, nous avons commencé par réaliser une synthèse des différents modes d'instabilités des pentes ainsi que des différentes méthodes classiques et courantes utilisées pour analyser ces instabilités qui jouent un rôle primordial pour le choix de la méthode la plus adéquate a la zone d'étude.

Le site qu'on a étudié en CW 88 situé entre la ville de Médéa (chef-lieu de la wilaya) et la localité dite Bouaichoune au Pk 07+700, la zone est riche de l'eau avec des caractéristiques qui provoquent les glissements, on doit trouver des solutions pour éviter ce phénomène. Il y a plusieurs techniques pour renforcer le sol par exemple le drainage, les murs de soutènement, les géo synthétiques …etc.

D'après les résultats obtenus lors de la modélisation numérique par la méthode des éléments finis avec le code TALREN 5V on peut dire que le coefficient de sécurité trouvé coïncide plus ou moins avec celui trouvé par la méthode analytique, qui montre l'efficacité du modèle proposé pour l'étude des glissements de terrain

Enfin, on peut conclure que, lors de l'étude d'un glissement, ce qui compte le plus c'est d'en cerner ses causes puis d'y remédier en développant la solution après optimisation.

La maitrise de la géologie du site, le comportement du terrain, les variations des niveaux des eaux, ainsi que les éventuelles surfaces de rupture contribue bien à orienter les idées, avec certaines hypothèses, et aboutir, à l'aide d'un modèle de calcul approprié, à la solution optimale recherchée.


References

[1]**Alp 'Géorisques**; ''Les mouvements de terrain'' ; ministère de l'écologie et du développement durable ; Page (5);Septembre 2004 ; France.

[2]**Chloelarre** notre-planete.info

https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/mouvements-de-terrain.php#

[3]**JEAN-LUC MÉLENCHON** La France insoumise http://www.ecosociosystemes.fr

[4]**Julien LAUNAY Hélène HORSIN MOLINARO** Les glissements de terrain, modélisation et prévision Clément DESCOTT - Julien LAUNAY Hélène HORSIN MOLINARO Les glissements de terrainmodélisation et prévision , page 5,Edité le 02/05/2017

[5]:http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/21_5_risq_mouvement.html

[6].***(Guide technique LCPC, 1998)***

[7]***Guide technique LCPC, 1998 et CAMBERFORT, 1970***

[8]**BENTAIBA.F,HENDI.F. Z,** Mémoire d'ingéniorat « Étude de la stabilité au glissementd'un terrain devant recevoir le projet de 47 logements à Cheraga-Alger », Université SaadDahlab : Blida 2009-2010.

[9]François Schlosser « mur expérimental en terre armée », Bulletin de liaison des laboratoiresroutiers des ponts et chaussées : Aout-Septembre : 1979.

[10]*(PHILIPPONNAT, 1979 et SANGLERAT, 1983 et CAMBER-ORT, 1970)*

[7]***Guide technique LCPC, 1998 et CAMBERFORT, 1970***

[8]**BENTAIBA.F,HENDI.F. Z,** Mémoire d'ingéniorat « Étude de la stabilité au glissementd'un terrain devant recevoir le projet de 47 logements à Cheraga-Alger », Université SaadDahlab : Blida 2009-2010.

[9]François Schlosser « mur expérimental en terre armée », Bulletin de liaison des laboratoiresroutiers des ponts et chaussées : Aout-Septembre : 1979.

[10]*(PHILIPPONNAT, 1979 et SANGLERAT, 1983 et CAMBER-ORT, 1970)*


ANNEX

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

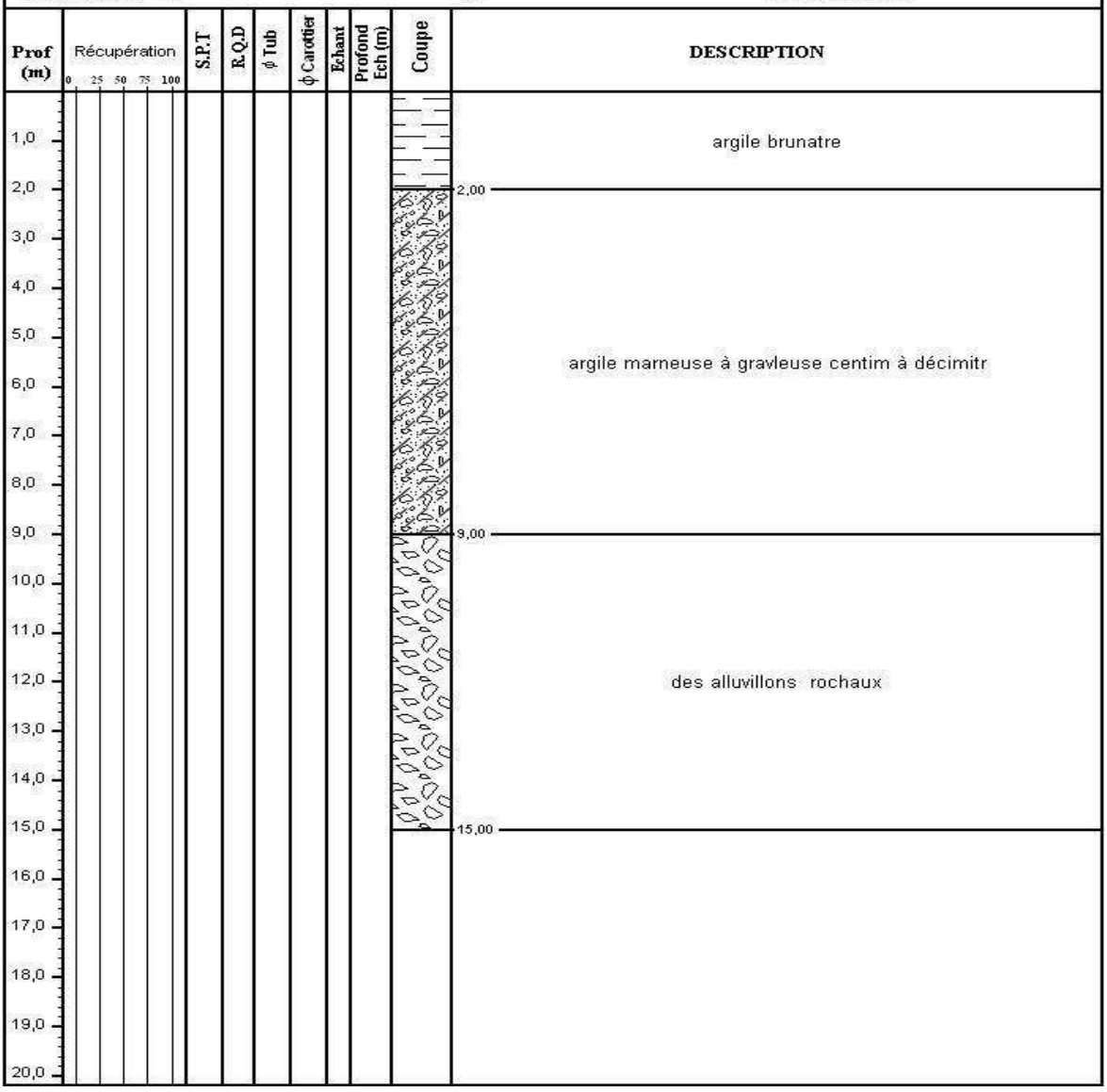
RAPPORT DE FORAGE — Sondage N°: GLISS 7+700 SC 01

ETUDE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW88
LIEU : BOUAICHOUNE
CLIENT :

DATE DEBUT :
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 15 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE :
TYPE FORAGE :
TYPE DE MACHINE :




L'Annexe

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

RAPPORT DE FORAGE — Sondage N°: gliss 7+700 sc02

ETUDE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW88
LIEU : BOUAICHOUNE
CLIENT :

DATE DEBUT :
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 15 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE :
TYPE FORAGE :
TYPE DE MACHINE :

Prof (m)	Récupération (0 25 50 75 100)	S.P.T	R.Q.D	ø Tub	ϕ Carottier	Echant	Profond Ech (m)	Coupe	DESCRIPTION
1,0									terre végetale
2,0									0,40
3,0									argile limoneuse brunatre
4,0									
5,0									
6,0									6,00
7,0									
8,0									argile marneuse peu gravleuse
9,0									
10,0									
11,0									
12,0									12,00
13,0									marne grisatre
14,0									
15,0									15,00
16,0									
17,0									
18,0									
19,0									
20,0									

L'Annexe

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

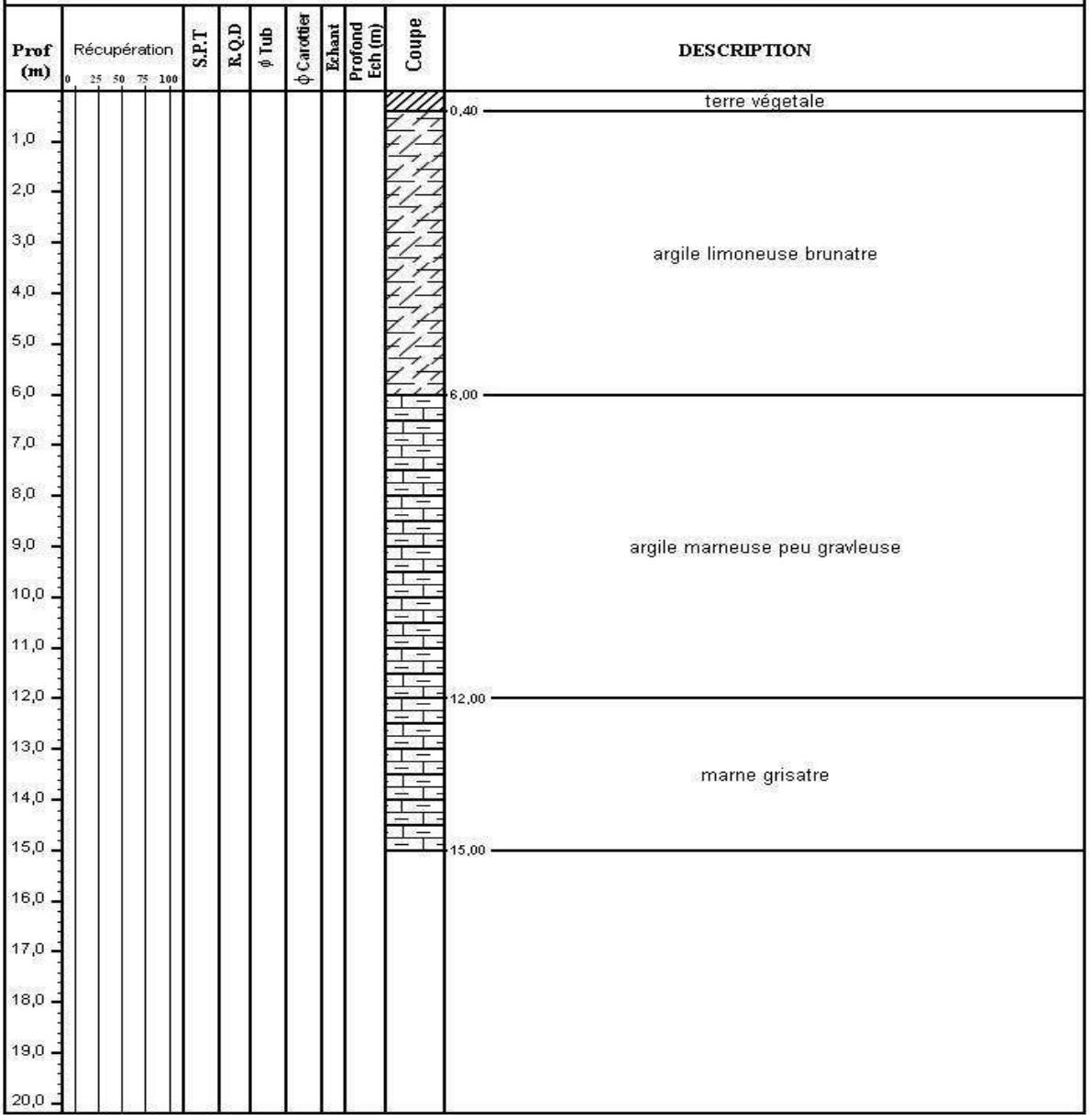
RAPPORT DE FORAGE — Sondage N°: gliss 7+700 sc02

ETUDE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW88
LIEU : BOUAICHOUNE
CLIENT :

DATE DEBUT :
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 15 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE :
TYPE FORAGE :
TYPE DE MACHINE :



LABORATOIRE MEZAAD ROAD

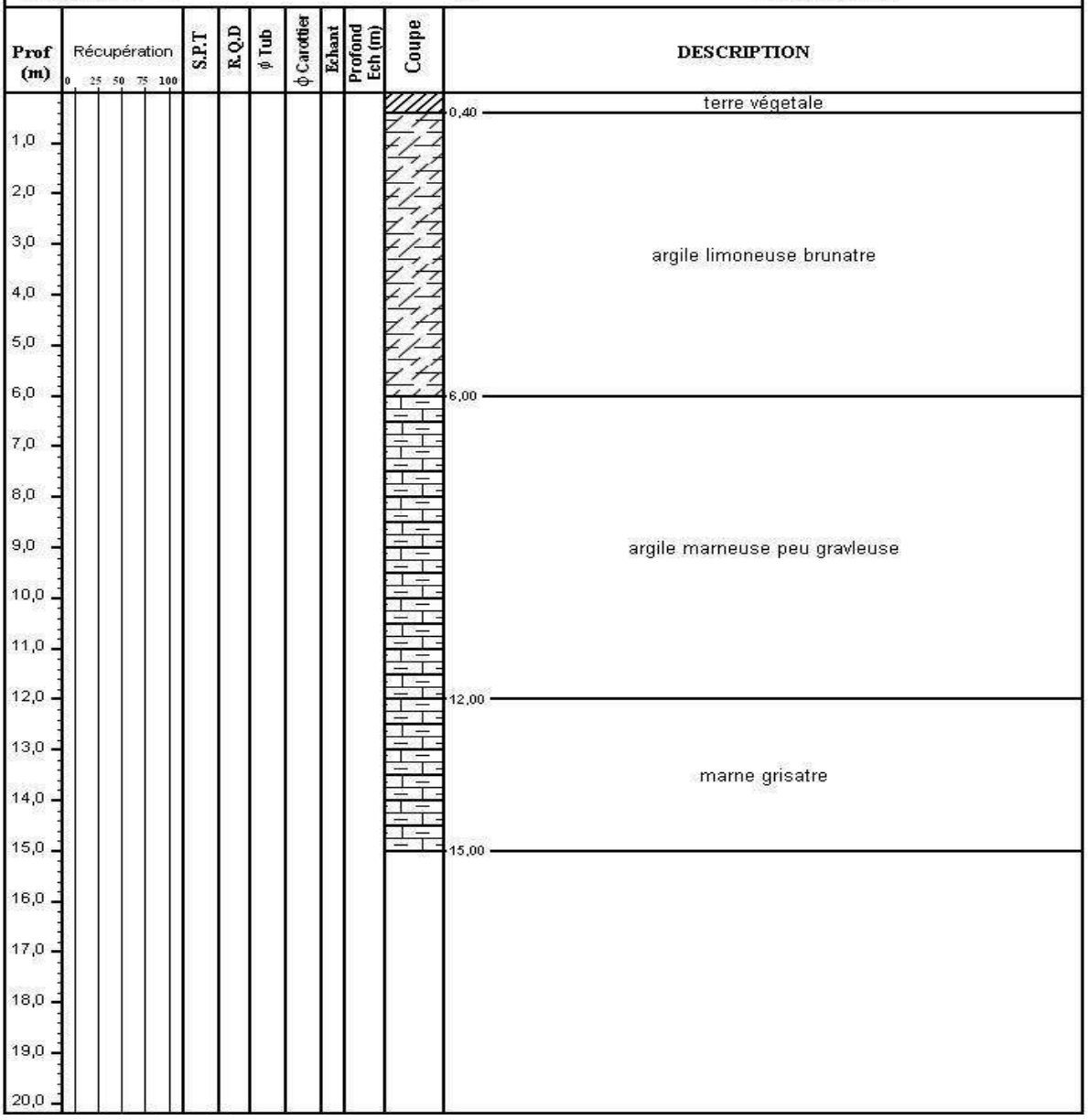
RAPPORT DE FORAGE — Sondage N°: gliss 7+700 sc02

ETUDE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW88
LIEU : BOUAICHOUNE
CLIENT :

DATE DEBUT :
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 15 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE :
TYPE FORAGE :
TYPE DE MACHINE :



LABORATOIRE MEZAAD ROAD

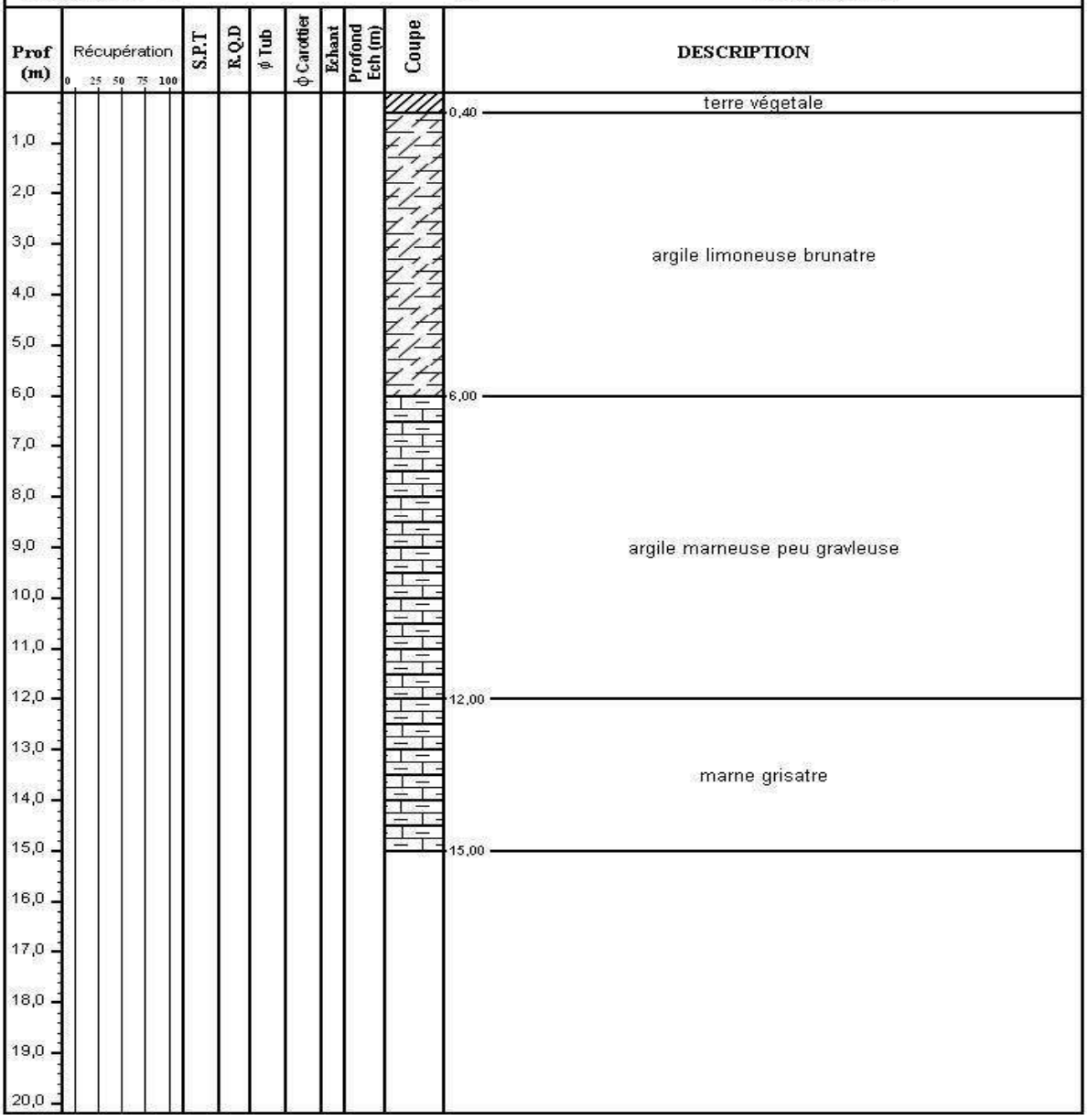
RAPPORT DE FORAGE — Sondage N°: gliss 7+700 sc02

ETUDE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW88
LIEU : BOUAICHOUNE
CLIENT :

DATE DEBUT :
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

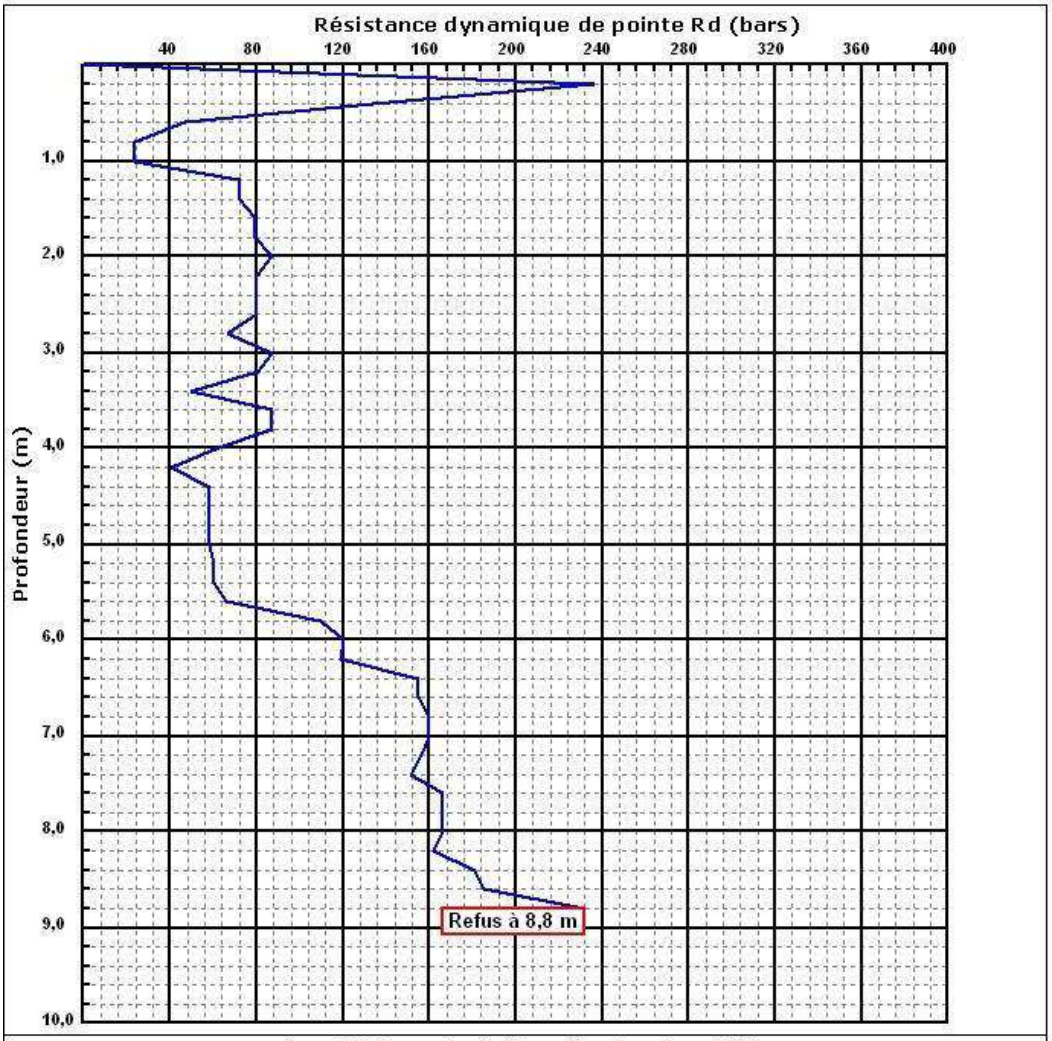
PROFONDEUR TOTALE : 15 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE :
TYPE FORAGE :
TYPE DE MACHINE :



LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 01



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

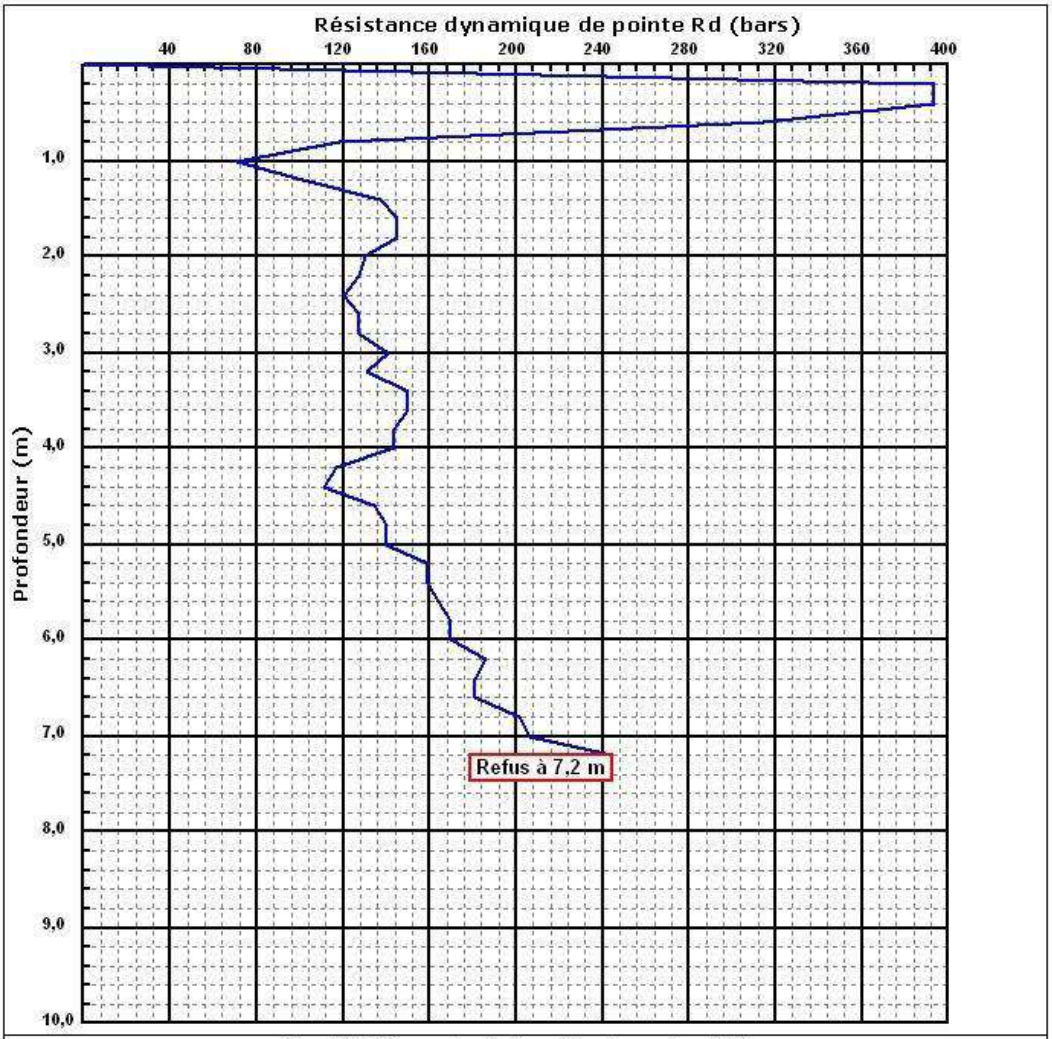
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 02



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

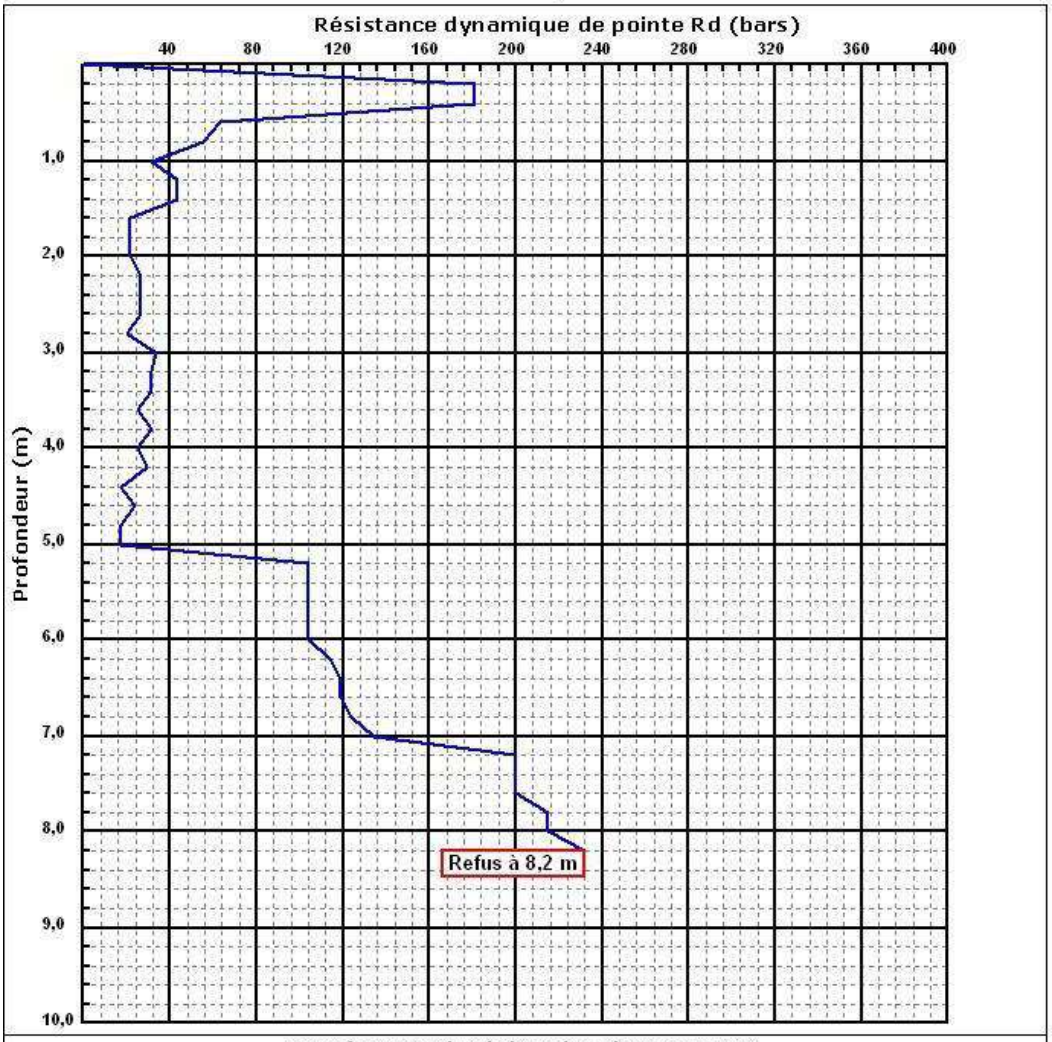
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 03



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

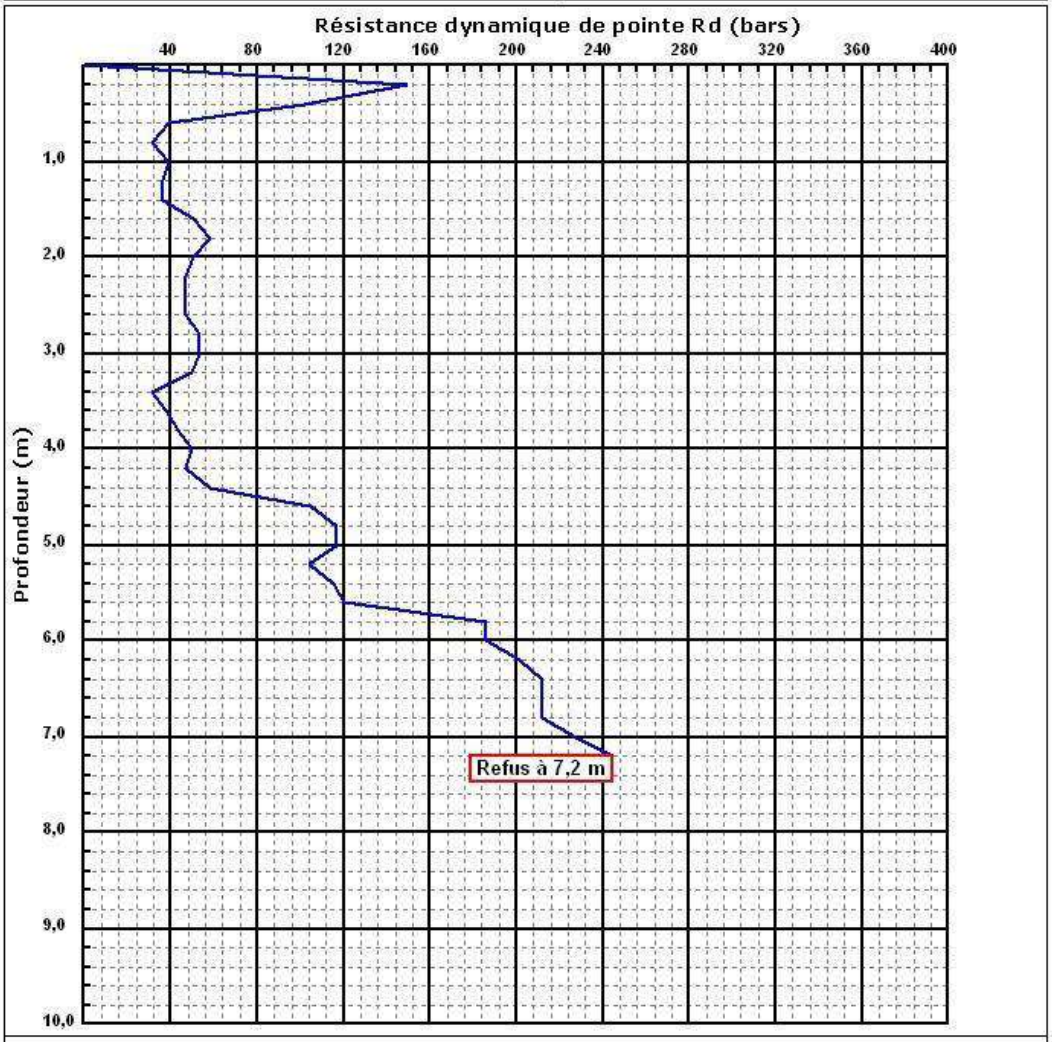
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 04



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

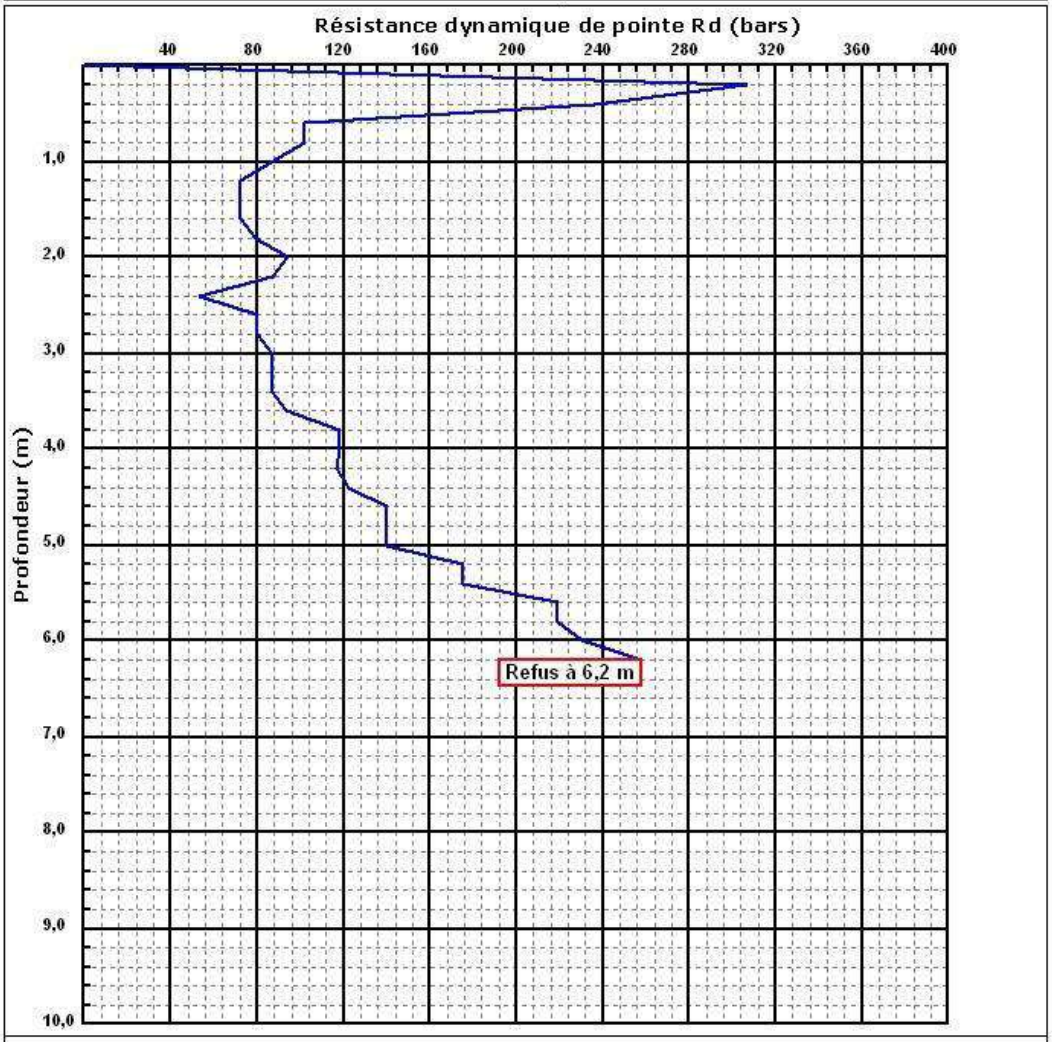
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 05



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

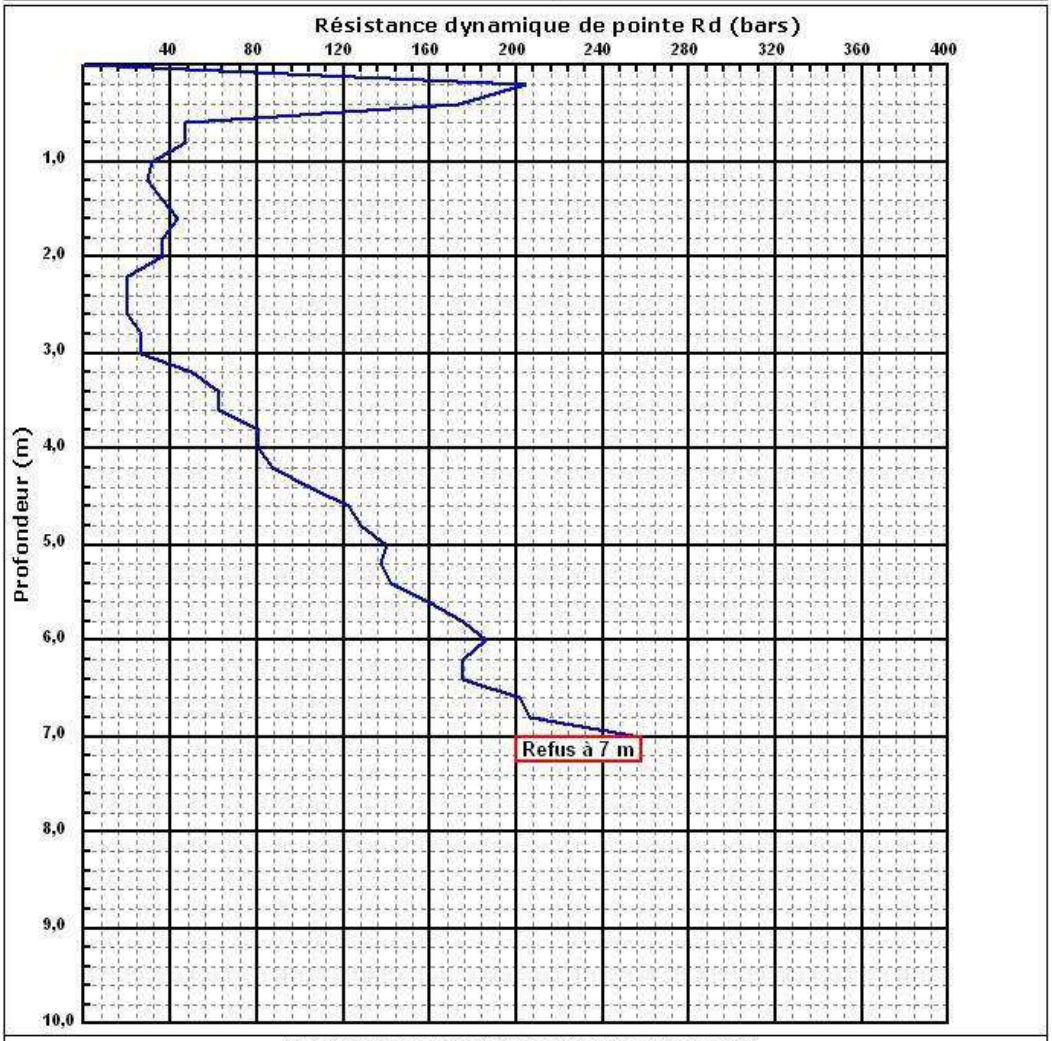
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 06



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

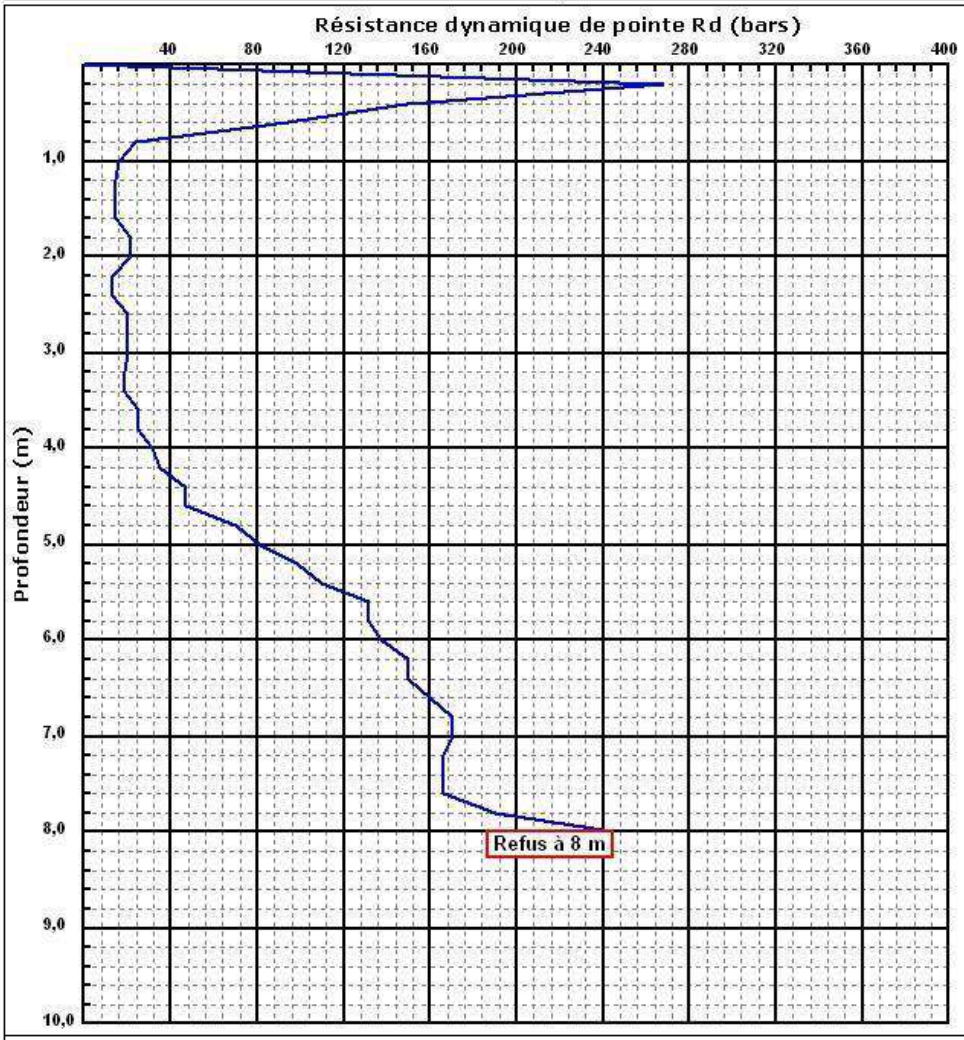
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 07



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

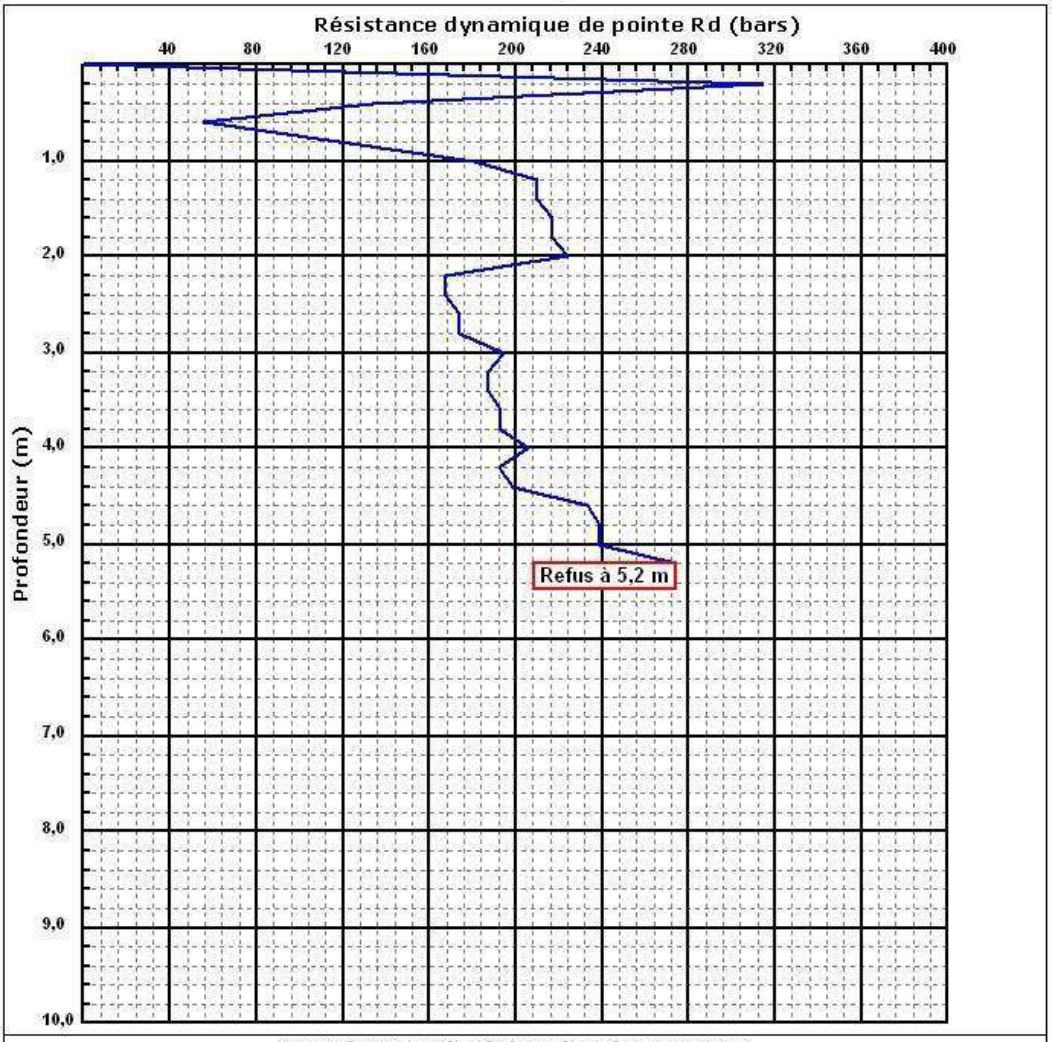
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : traitement des glissement sur CW88 N°DOSSIER : LIEU : pk 7+700 CLIENT : Best Boutamine DATE ESSAIS :	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: glissement 01 pdl 08



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

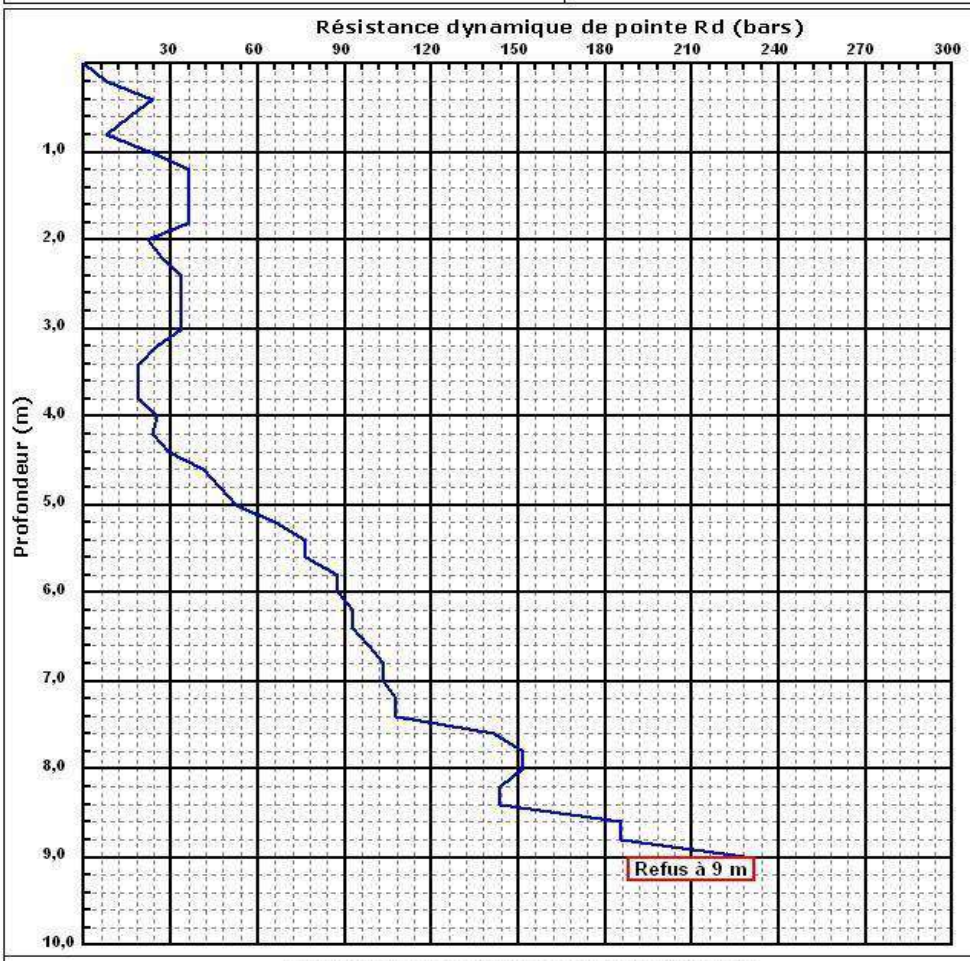
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW 88 N°DOSSIER : LIEU : PK 7+700 CLIENT : BEST BOUTAMINE DATE ESSAIS : 2013 au 2013	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: PDL ESSAI 09



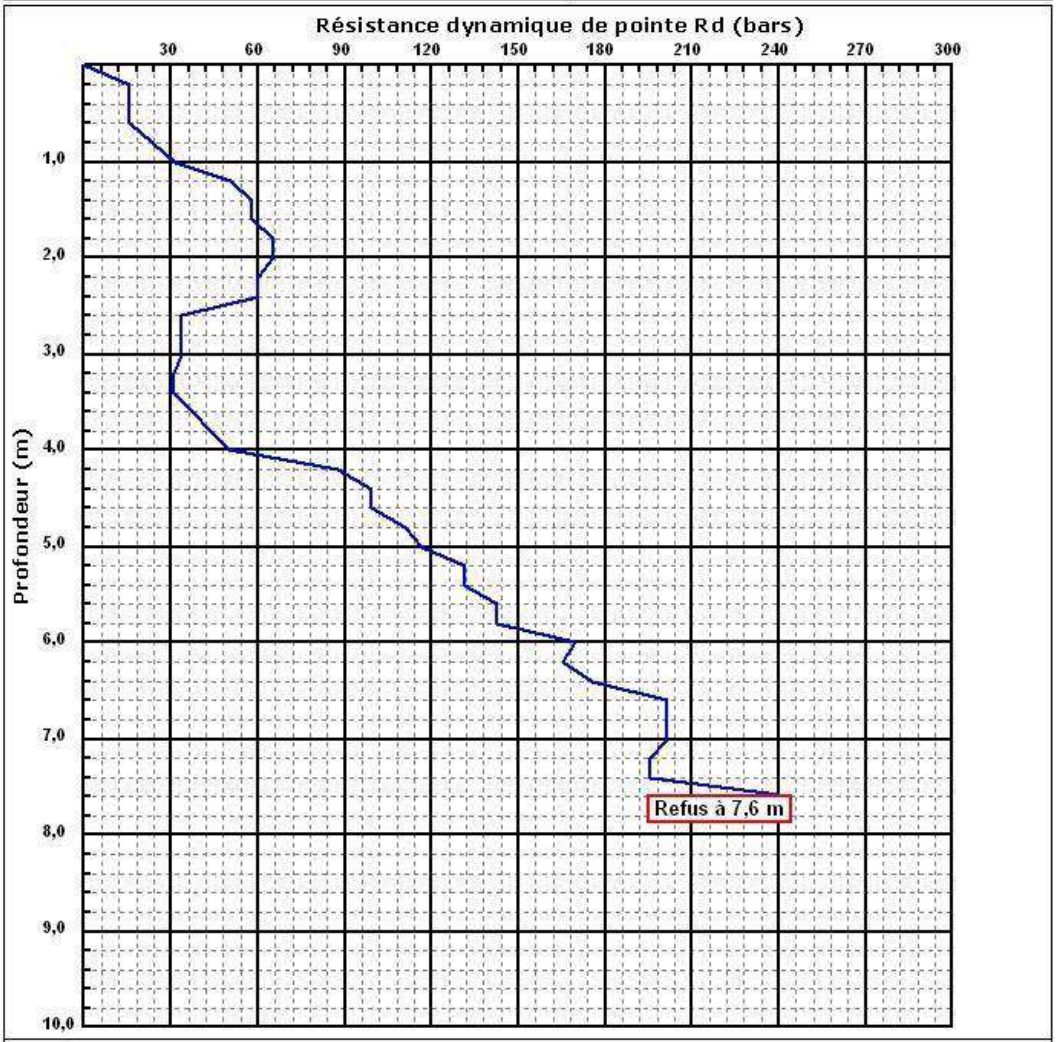
Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg Masse du Mouton (m) : 64 kg Hauteur de chute (H) : 0.75 m Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²	Longueur des tiges : 1 m Masse d'une tige (m') : 8,5 kg Enfoncement (e) : 20 cm	*Formule de Battage :* $R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$

Programme : Sol e s lo 2007 ©

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW 88 N°DOSSIER : LIEU : PK 7+700 CLIENT : BEST BOUTAMINE DATE ESSAIS : 2013 au 2013	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: PDL ESSAI 10



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

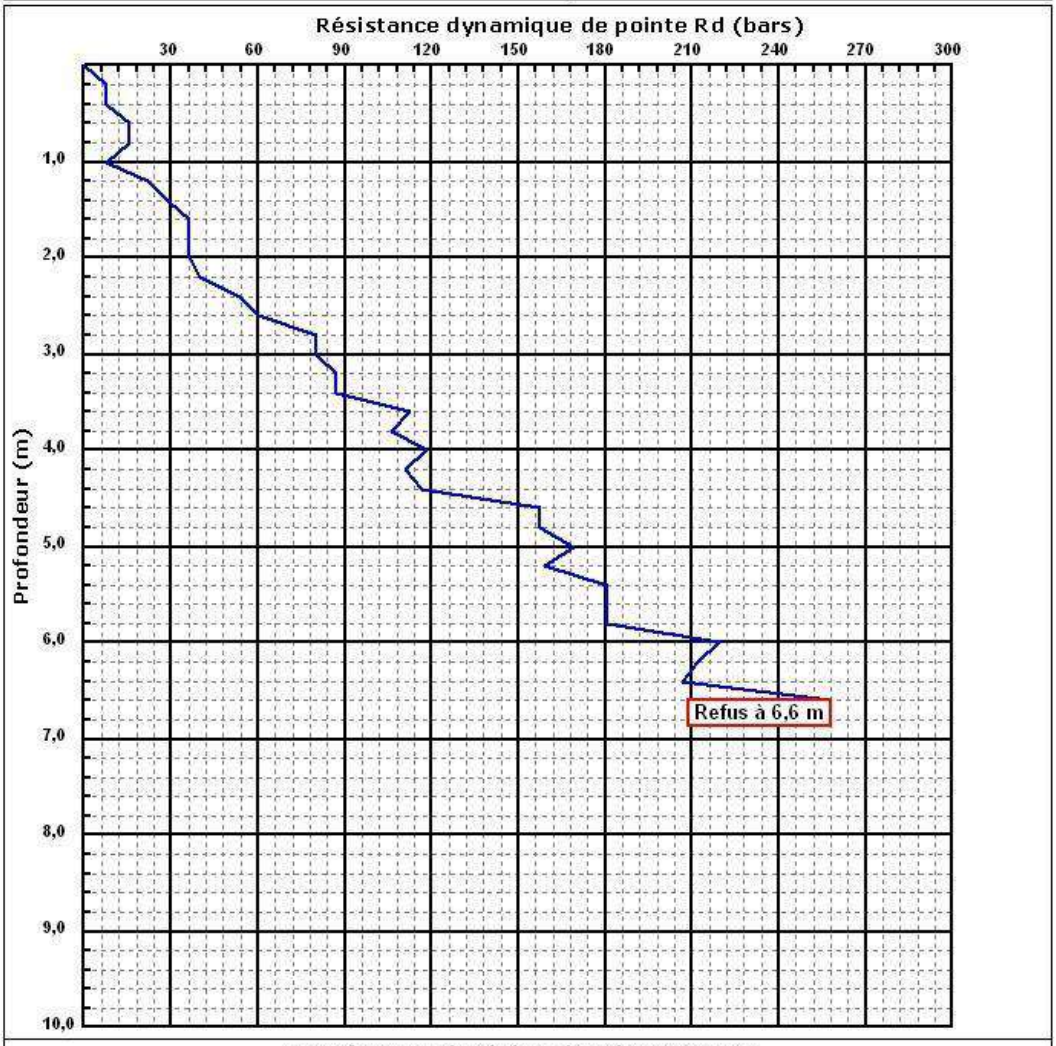
Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

Programme : Sol les fr 2007 ©

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW 88 N°DOSSIER : LIEU : PK 7+700 CLIENT : BEST BOUTAMINE DATE ESSAIS : 2013 au 2013	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: PDL ESSAI 12



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 0.75 m
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

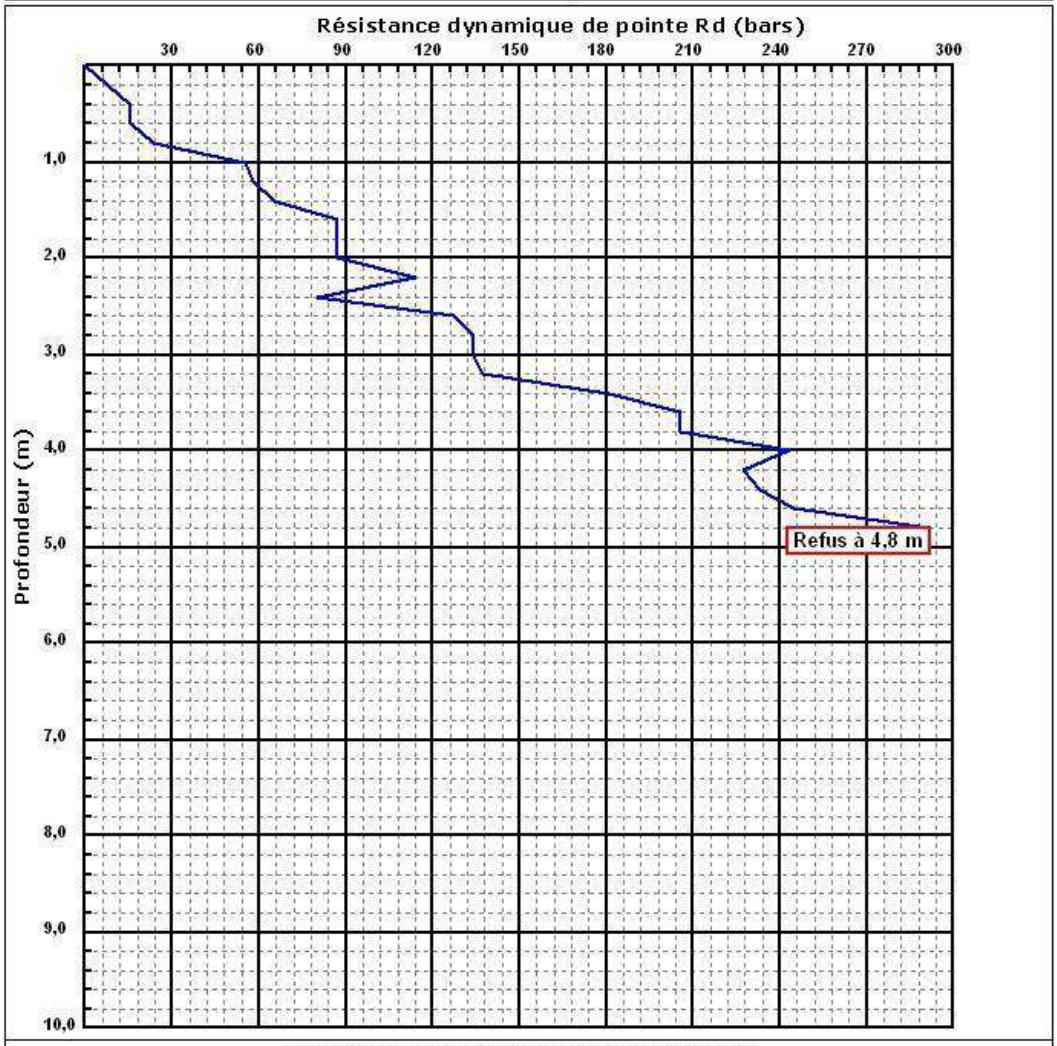
Formule de Battage :

$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

Programme : Sol Essais 2007 ©

LABORATOIRE MEZAAD ROAD

INTITULE : ETUDE DE GLISSEMENT SUR CW 88 N°DOSSIER : LIEU : PK 7+700 CLIENT : BEST BOUTAMINE DATE ESSAIS : 2013 au 2013	**PENETROMETRE DYNAMIQUE PDB** Norme : NF P94 - 114 Essai N°: PDL ESSAI 11



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg Masse du Mouton (m) : 64 kg Hauteur de chute (H) : 0.75 m Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²	Longueur des tiges : 1 m Masse d'une tige (m') : 8,5 kg Enfoncement (e) : 20 cm	*Formule de Battage :* $Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$

Programme : Sol les Is 2007 ©


L'Annexe


CWBB
PK
S2

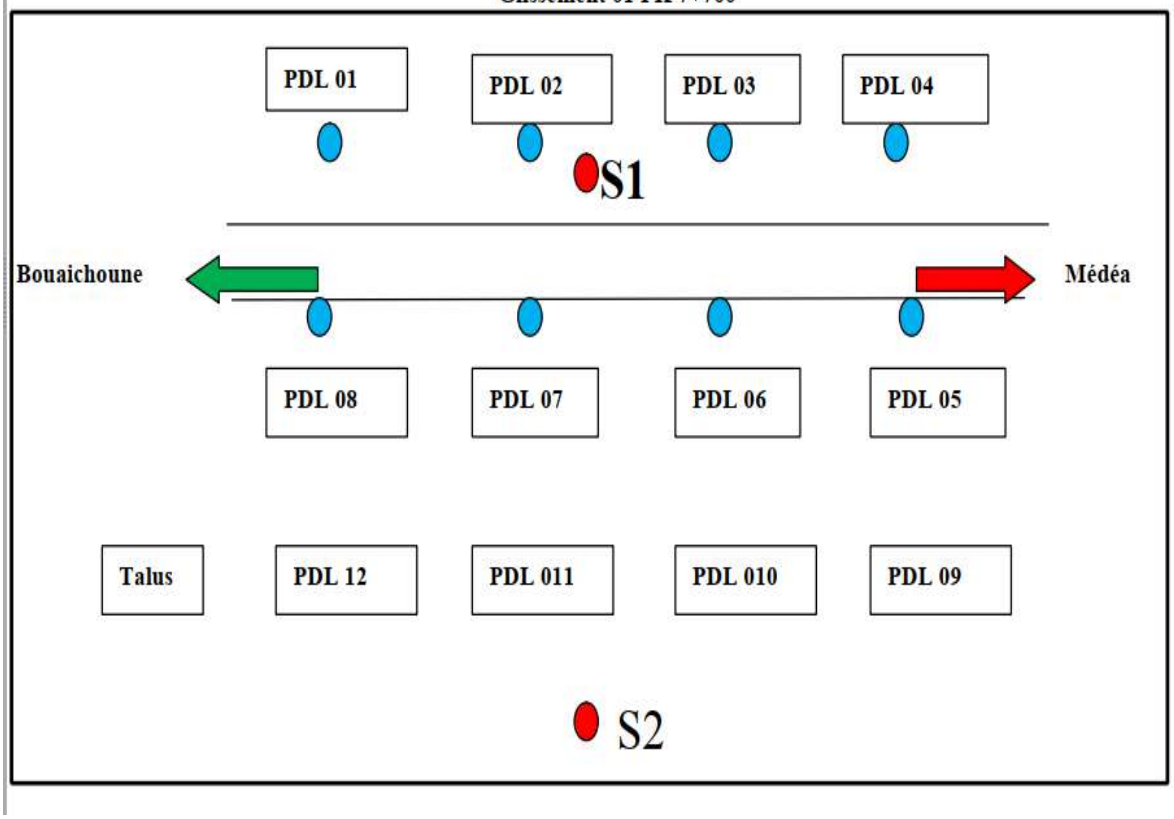

CWBB
PK
S2





Projet : Traitement des glissements sur CW 88- **Client :** /

Glissement 01 PK 7+700




L'Annexe


Fin.