

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique

Université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et
des Sciences de la Terre

Département Sciences de la Terre

Spécialité : Géotechnique



Mémoire présenté pour l'obtention d'un diplôme de Master en
Géotechnique

Thème

Analyse et caractérisation des instabilités dans les talus routiers:
cas du pk7 de la quatrième rocade
Khemis -Hannacha.

Présenté par :

Melle. Hanachi Imane

Mr Rahali Ishak

Devant le jury composé de :

| | | | |
|--------------------------|-----|-----------------------------|--------------|
| Mr Bougara M. | MCB | Université Djilali Bounaama | Président |
| Mr. Gadouri Hamid | MAB | Université Djilali Bounaama | Examineur |
| Mme. Kellouche | MAB | Université Djilali Bounaama | Examinatrice |
| Mme. Filali Mira | MAA | Université Djilali Bounaama | Promotrice |
| Mr Benamar Brahim | IG | Entreprise du MAPA | Co-encadreur |

Promotion : 2018-2019

Remerciements

En premier lieu, nous exploitons cette occasion qui nous est offerte pour adresser nos plus vifs remerciements et exprimer nos profondes gratitude à notre promoteur de mémoire **Mme Filali**, Enseignante chercheur à l'Université de Khemis-Miliana, d'avoir nous proposé un sujet ambitieux et motivant, leur appui constant, leurs encouragements et leurs conseils d'or depuis notre stage, pour leur patience, leur générosité et disponibilité au cours de notre formation, pour nous avoir fait confiance tout au long de ce projet, pour leur encadrement bien veillant et pour leurs critiques constructives et leur intérêt qu'ils ont porté tout au long de l'élaboration de ce projet de mémoire.

Il nous est agréable de remercier sincèrement **Mr Bougara**, Enseignant chercheur à l'Université de Khemis Miliana d'avoir accepté de présider le jury.

Nous adressons également nos vifs remerciements et les expressions de toute notre gratitude, à **Mr Gadouri Hamid**, Enseignant chercheur à l'Université de Khemis-Miliana, d'avoir accepté d'examiner avec toute l'attention voulue le présent travail.

Nos vifs remerciement sont également adressés à **Mm Kellouche**, Enseignante chercheur à l'Université de Khemis-Miliana d'avoir accepté d'examiner avec toute l'attention voulue le présent travail.

Nous tenons à remercier vivement **Mr Benamar Brahime**, Ingénieur Géotechnicien au sien de l'entrepris du MAPA pour sa collaboration et son aide à la réalisation du programme expérimental entrepris.

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à toutes les personnes qui ont par leurs compétences, leur présence et leurs commentaires, contribué à l'élaboration et à la bonne conduite de ce travail de mémoire.

Dédicace :

Je remercie avant tout Allah tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné de la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire Mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, à toi Mon chère père que dieu ait lui âmes ;

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur : Maman que j'adore.

A mes adorables sœurs : Basma, Ahlem ; Dounia.

A mes amies: Bouchra, Chaima, Dallal, Hassiba, Lilia, Maria, Nadjwa, Rania, Hichem, Oussama, Islam

A mon binôme Rahali Ishak

Et a toute ma promo de Département géologie (2019) sans exception.

Et à toute personne que j'ai connue et que j'ai aimée.

إن الذين نحبهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر والصفحات، لأن مقامهم أجل وأعلى في القلب سكتاهم والذكرى نكرهم، والقلب لن ينساهم

Hanachi Imane

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui ont su planter en moi, tout ce qui est de plus beau en ce monde, et qui se sont consacrés à m'inculquer la bonne éducation pour avoir la plus grande des satisfactions et me voir muni des plus grandes distinctions.

A ma très chère mère que je ne saurai remercier assez pour les sacrifices qu'elle a consentis pour moi.

A mon très cher père qu'il a su se faire sentir dans les moments difficiles ainsi que chaque instant de bonheur qu'il m'a procuré

A mes frères : Farid, Mohamed, Sofiane

A mes sœurs : Samia, Ahlem, Yassmina

A mes amies

A mon binôme Imane Hanachi

Rahali Ishak

Résumé

Les glissements de terrain sont des phénomènes naturels qui affectent plusieurs régions dans le monde et sont très fréquent au nord algérien, dont le site de notre étude. Ce dernier correspond à un méga projet de l'autoroute Est-Ouest, où plusieurs désordres ont été observés dans un tronçon de la quatrième rocade (Pk7).

L'analyse des données géotechnique a montré que les terrains traversés par la zone de glissement au niveau du pk7 sont principalement constitués par des formations conglomératiques alternés par des sols argileux faiblement à moyennement plastique et dont cohésion faible.

L'analyse de stabilité a donné des facteurs de sécurité inférieure à 1.5 dans les premières phases de construction. Une augmentation de la stabilité a été observé après adoucissement de la pente des banquettes.

Mots clés

Glissement de terrain – PK7 – Pente – Stabilité – facteur de sécurité.

Summary

Landslides are natural phenomena that affect several regions in the world and are very frequent in north of Algeria, including the site of our study. The latter corresponds to a mega project on the East-West highway, where several sliding were observed in es pecaly of the fourth by pors (Pk7).

The analysis of geotechnical data showed that the lands crossed by the sliding zone at pk7 level are mainly composed of conglomeratic formations alternated by clay soils with low to medium plasticity and low cohesion.

The stability analysis gave safety factors less than 1.5 in the first phases of construction. An increase in stability was observed after the slope of the slopes were softened.

Key words

Landslide - PK7 - Slope - Stability - Safety factor.

ملخص

الانزلاقات الأرضية هي ظاهرة طبيعية تؤثر على العديد من مناطق العالم وتتكرر بشكل كبير في شمال الجزائر، بما في ذلك موقع دراستنا. هذا الأخير يتوافق مع مشروع ضخم على الطريق السريع بين الشرق والغرب، حيث لوحظت العديد من الاضطرابات في مقطع من الطريق الدائري الرابع (ن ك 7). أظهر تحليل البيانات الجيوتقنية أن الأراضي التي تعبرها المنطقة المنزلق عند مستوى ن ك 7 تتألف بشكل أساسي من التكوينات التكتالية التي تناوبها التربة الطينية ذات اللدونة المنخفضة إلى المتوسطة والتماسك المنخفض. أعطى تحليل الاستقرار عوامل السلامة أقل من 1.5 في المراحل الأولى من البناء. لوحظت زيادة في الاستقرار بعد تليين المنحدر.

الكلمات المفتاحية

انزلاق التربة، ن ك 7، منحدر، استقرار، عامل الأمان.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure. 1-1: images montrant différents mouvement de masses | 4 |
| Figure .1-2 : l'affaissement | 6 |
| Figure. 1-3: Schéma de la solifluxion | 6 |
| Figure.1-4 : Schéma général du mécanisme de fluage | 7 |
| Figure.1-5: schéma du fauchage..... | 7 |
| Figure.1-6: glissement plan | 8 |
| Figure.1-7: glissement rotationnel complexe | 9 |
| Figure.1-8: Les types de glissements de terrain | 10 |
| Figure.1-9 : l'écroulement du mont..... | 10 |
| Figure.1-10 : coulée de boue | 11 |
| Figure.1-11 : l'effondrement | 12 |
| Figure.1-12 : Lave torrentielle | 12 |
| Figure.1-13 : Impact des glissements des terrains sur l'environnement. | 14 |
| Figure.1-14: La représentation des forces sur une tranche. | 16 |
| Figure.1- 15: Représentation des forces sur une tranche. | 17 |
| Figure.1-16. Forces appliquées sur une tranche de sol | 18 |
| Figure.1-17: Schématisation des divisions en tranche de la méthode de Fellenius | 19 |
| Figure.1-18: Isolation des appuis d'un viaduc : fondation sur pieux protégés par des viroles métalliques. | 21 |
| Figure.1-19: Différentes méthodes de stabilisation par terrassement. | 22 |
| Figure.1-20: Différentes surfaces de rupture à prendre en compte | 23 |
| Figure.1-21: Allègement en tête | 23 |
| Figure.1-22: Substitution partielle..... | 24 |
| Figure.1-23 : Purge..... | 25 |
| Figure.1-24: Mur de soutènement. | 25 |
| Figure.1-25 : Renforcement par géotextiles | 26 |
| Figure.2-1 : Situation géographique de la zone d'étude..... | 28 |
| Figure.2-2 : Zone de glissement | 29 |
| Figure.2-3 : matrice de sable, d'argile et de sable fin | 29 |
| Figure.2-4 : Couches transportant de l'eau sur le talus gauche du PK 7 + 450 | 30 |
| Figure.2-5 : Vue du glissement de terrain dans la pente gauche | 30 |
| Figure.2-6 : Évolution du glissement de la pente gauche et de l'unité d'argile située en dessous | 31 |

| | |
|---|----|
| Figure.2-7 : litho-stratigraphique du bassin Chelif Néogène et de son substrat..... | 32 |
| Figure.2-8 : PK:7+900 - Dépôts Alluviaux | 34 |
| Figure.2-9 : PK: 7+340 - Gravieres de Miocène / Pliocène cimentés de CaCO ₃ | 35 |
| Figure.2-10 : Carte des aquifères de la zone centre ouest Algérie. | 36 |
| Figure.2-11 : Diagramme de précipitations et température de Khemis Miliana | 38 |
| Figure. 2-12 : Carte de zonage sismique du territoire national | 39 |
| Figure. 3-1 : localisation du glissement étudié..... | 42 |
| Figure.3-2 : glissement dans PK7..... | 42 |
| Figure.3-3 : section AA' 7+600 | 46 |
| Figure.3-4 : section BB' 7+660 | 46 |
| Figure.3-5 : section CC' 7+693 | 46 |
| Figure.3-6 : la variation des valeurs de teneur en eau par rapport à la profondeur | 47 |
| Figure.3-7 : l'analyse granulométriques..... | 48 |
| Figure.3-8 : Abaque de plasticité de Casagrande | 52 |
| Figure.3-9 : courbes de compressibilité e-log σ | 53 |
| Figure.3-10 : Variation des Valeurs SPT N60 en Profondeur (PK : 6+900 -9+600) | 54 |
| Figure.3-11 : Résultats des Essais de Pressiomètre..... | 55 |
| Figure.4-1 : interface présente les méthodes a utilisé..... | 58 |
| Figure.4-2 :introduction des paramètres géotechnique pour chaque couche | 59 |
| Figure.4-3 : profil en travers type courant au niveau du glissement | 60 |
| Figure.4-4 : vérification de FS pour la phase 02(statique dynamique..... | 61 |
| Figure.4-5 : profil en travers type pour la phase 01 | 62 |
| Figure.4-6 : vérification du FS pour la phase 01(statique et dynamique) | 64 |
| Figure.4-7 : profil en travers type pour la phase 02 | 65 |
| Figure.4-8 : vérification du FS pour la phase 02(statique et dynamique) | 66 |
| Figure.4-9 : profil en traves type pour la phase 03..... | 67 |
| Figure.4-10 : vérification du FS pour la phase 03 (statique et dynamique) | 69 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau.1-1 : Classification d'après la profondeur..... | 13 |
| Tableau.1-2 : classification selon la vitesse | 13 |
| Tableau.2-1 : récapitulatif des unités géologiques observées dans le site d'étude..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Tableau.2-2 : variation moyenne mensuelle du climat | 37 |
| Tableau .2-3 : les cinq zones de sismicité croissante | 38 |
| Tableau.2-4 : coefficient d'accélération..... | 39 |
| Tableau.3-1 : résumé les différents essais réalisés par laboratoire..... | 44 |
| Tableau.3-2 : lithologie des sondages carottés..... | 45 |
| Tableau.3-3 : différentes fractions. | 49 |
| Tableau.3-4 : Classification GTR | 50 |
| Tableau.3-5 : les résultats des limites d'atterbergue. | 51 |
| Tableau.3-6 : résultats d'essais de la Pression à l'axe unique..... | 53 |
| Tableau .3-7 : résultats des essais de cisaillement | 53 |
| Tableau.3-8 : résultats des caractéristiques de tassement | 53 |
| Tableau.3-9 : résultats d'essai triaxial | 53 |
| Tableau.3-10 : les résultats de compression uniaxial..... | 54 |
| Tableau.3-11 : résultats d'essais pressiométrique (E_p ; Pl ; E_p/Pl) | 56 |
| Tableau.4-1 :les paramètres géotechniques..... | 60 |
| Tableau.4-2 : récapitulatif de coefficient de sécurité | 69 |

Symboles et notations

| | |
|--------------|--|
| α | Angle entre la direction de la contrainte tangentielle avec l'horizontale [°] |
| γ | Poids volumique [KN/m ³] |
| σ | Contrainte totale [KN/m ²] |
| σ' | Contrainte effective [KN/m ²] |
| τ | Résistance ultime de cisaillement [KN/m ²] |
| \emptyset | Angle de frottement [°] |
| \emptyset' | Angle de frottement effective [°] |
| τ_{pic} | La résistance de pic |
| $\tau_{rés}$ | La résistance résiduelle |
| b | Largeurs de la base de chaque tranche [m] |
| c | Cohésion [KN/m ²] |
| c' | Cohésion effective [KN/m ²] |
| c_m | La cohésion mobilisée |
| F_s | Coefficient de sécurité |
| E | module de YOUNG ou module d'élasticité longitudinal [KN/m ²] |
| N | forces normales à la base de la tranche [KN] |
| m_α | Coefficient de stabilité (méthode de BISHOP simplifiée - soutirée d'un abaque) |
| P | la taille de l'expansion du PCE |
| PCE | expansion en Chaos polynomiale |
| W | poids propre de la masse susceptible au glissement ou d'une tranche [KN] |
| U | pressions interstitielle [KN/m ²] |
| V | Forces inter-tranchent [KN] |
| T | force de cisaillement mobilisée sur la base de chaque tranche [KN] |
| R | rayon pour une surface de glissement circulaire ou le bras de levier du moment [m] |
| L | longueur du talus |
| BH | Borehole =Sondage Carottier |

RN Route Nationale

DTR Document Technique Réglementaire

ENE Est Nord Est

PK Point Kilométrique

RPOA règles parasismiques algériennes

S Sondage

WSW West South West = Ouest-Sud-Ouest

h humide

m moyen

th très humide

Table des matières

| | |
|--|----|
| Résumé | |
| Remerciement | |
| Dédicaces | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Symbole | |
| Introduction générale | 2 |
| Chapitre I : Généralités sur les mouvements de terrain et méthode de confortement | |
| I.1 Introduction | 4 |
| I.2 Définition des mouvements de terrain | 4 |
| I.3 Les différents types des mouvements de terrain | 4 |
| I.3.1 Les mouvements lents et continus | 5 |
| I.3.2 Les mouvements rapides, quasi instantanés et discontinus | 10 |
| I.4 La classification du glissement de terrain | 13 |
| I.5 Principales causes des glissements de terrain | 13 |
| I.6 Impact des glissements des terrains sur l'environnement | 14 |
| I.7 Les méthodes d'analyse de stabilité des pentes | 15 |
| I.7.1 Notions de coefficient de sécurité | 15 |
| I.7.2 Les méthodes de l'équilibre limite | 15 |
| I.7.3 les méthodes aux éléments finis | 20 |
| I.8 Les méthodes de confortement..... | 20 |
| I.8.1 Terrassements | 21 |
| I.8.1.1 Remblais du pied | 22 |
| I.8.1.2 Allègement en tête | 23 |
| I.8.1.3 Reprofilage | 23 |
| I.8.1.4 Substitution totale ou partielle | 24 |
| I.8.1.5 Purge | 24 |

| | | |
|--------------|---------------------------------------|----|
| I.8.2 | Les soutènements | 25 |
| I.8.3 | Le renforcement par géotextiles | 25 |

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

| | | |
|-------------|-------------------------------------|----|
| II.1 | Situation géographique | 28 |
| II.2 | Les Signes d'instabilités | 29 |
| II.3 | Cadre géologique regional | 31 |
| II.4 | Géomorphologie de l'itinéraire..... | 33 |
| II.5 | Cadre hydrogéologique | 36 |
| II.6 | Climat | 37 |
| II.7 | Sismicité | 38 |

Chapitre III : Méthodes et résultats

| | | |
|------------------|---|----|
| III.1 | Introduction | 42 |
| III.2 | Methodologie de travaille | 43 |
| III.2.1 | Présentation des données collectées | 43 |
| III.3 | Résultats..... | 44 |
| III.3.1 | Stratigraphie..... | 44 |
| III.3.2 | Les essais d'identification..... | 47 |
| III.3.2.1 | Les essais au laboratoire | 44 |
| III.3.2.2 | Les essais in-situ | 54 |

Chapitre IV : Analyse de modélisation

| | | |
|-------------|---|----|
| IV.1 | Synthèse et interpretation | 58 |
| IV.2 | La géométrie des talus | 60 |
| IV.3 | Principe de calcul et paramètres géotechnique | 60 |
| VI.4 | phases étudiées pour la stabilité de pente | 61 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Conclusions générales | 71 |
|------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| Référence Bibliographique | 72 |
|--|----|

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les glissements de terrain sont des phénomènes naturels très dangereux dépendent de plusieurs paramètres. Assez fréquent dans la wilaya d'Ain Defla, ce phénomène peut engendrer beaucoup de dommages dans le PK7 qui appartient au Lot 1 de la 4ème rocade commençant dans le Nord du village d'Ain Soltane, au niveau de l'autoroute et continue jusqu'à 67 kilomètres environ, au niveau de Berrouaghia. Dans un lieu-dit Hannacha, à la frontière des wilayas d'Ain Defla et Medea.

Dans le cadre de l'étude du glissement de terrain de notre thème aborde le glissement qui a survécu dans les talus d'un déblai au (PK7+600), localisé entre Khemis Miliana et l'échangeur Hanacha. La zone de glissement est formée principalement par des argiles et graviers avec matrice de sable, d'argile et de sable fin.

De manière générale, les glissements de terrain s'expliquent par la conjonction de facteurs permanents ou de prédispositions (nature et structure des formations géologiques, pente, etc.) ainsi de facteurs déclenchant comme la pluie, une fuite de canalisation, une secousse sismique ou des travaux de terrassement non planifiés ou mal exécutés.

Dans ce mémoire, on a fait une analyse numérique du glissement du PK7+600 ; un cas parmi des nombreux cas d'analyse de la stabilité des pentes où le modèle de référence a été établis par le logiciel Slide.

Afin de bien présenter les informations sur la stabilité de ce talus et éclairé les axes de notre étude, le mémoire a été articulée sur les chapitres suivants :

Chapitre 1 : Une généralité sur les mouvements du terrain: où on a essayé de donner une idée sur le phénomène de glissement de terrain, ses types et ses causes, Les méthodes d'analyse de la stabilité des pentes et les Méthodes de confortement.

Chapitre 2 : Reconnaissance du site : s'intéresse à l'étude de la zone du glissement et leur contexte géologique, contexte hydrogéologie, contexte climatologie, sismicité de la zone d'étude.

Chapitre 3 : Méthodes et résultats : collecte de donnée, visite de zone de glissement, une analyse de la stabilité de la pente.

Chapitre 4 : Présentation de logiciel : On a donné les caractéristiques générales du logiciel utilisé pour les calculs des talus (Slide), Ce chapitre peut être considéré comme un manuel simple pour analyser les talus utilisant des logiciels informatiques.

Chapitre I

I.1 Introduction

Les glissements de terrain sont des mouvements gravitaires qui résultent d'un changement de l'équilibre des forces dans un versant, à la suite de différents facteurs.

I.2 Définition des mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol. D'origine naturelle (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séisme...) ou anthropique (terrassement, vibration, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères...). (Flageollet J.-C, 1989), (fig.1-1)

Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes.

Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour).



Figure. 1-1: images montrant différents mouvement de masses

I.3 Les différents types des mouvements de terrain

La classification des mouvements de terrain a préoccupé les spécialistes depuis plus d'une centaine d'années (Colas pilot 1976 ; Antoine et Fabre, 1980 ; Flageollet, 1989). Plusieurs classification ont été proposé en se basant sur différents critères tels que :

- La nature de la roche ;
- La cinématique du mouvement ;
- La vitesse du mouvement ;
- La morphologie et le type de surface de rupture ;

- La cause de la rupture ;
- L'âge de la rupture.

Deux ensembles de mouvements de terrain peuvent être distingués selon leur processus (Flageollet, 1989) :

- ❖ **Les mouvements lents et continus:** dans ce cas la déformation des terrains n'est pas accompagnée de rupture et aucune accélération brutale ne doit être redoutée. Leurs effets sont plus ou moins contrôlables, ils n'induisent généralement aucun risque humain mais peuvent occasionner des pertes économiques importantes.

Cette famille regroupe : glissements, affaissements, tassements et phénomènes de gonflement.

- ❖ **Les mouvements rapides, quasi instantanés et discontinus :** ils sont particulièrement meurtriers en raison de leur soudaineté. Il s'agit d'effondrements, de chutes de pierres et de blocs, des écroulements (ou éboulements) des coulées boueuses et laves torrentielles.

La distinction n'est pas toujours nette entre ces deux types de mouvements. Un mouvement lent et continu peut, sous certaines conditions, s'accélérer et aboutir à une rupture brutale. C'est fréquemment le cas des glissements.

I.3.1 Les mouvements lents et continus

❖ Les affaissements

Les affaissements, sont des dépressions topographiques en forme de cuvette plus ou moins profonde dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture, avec ou sans fractures ouvertes, consécutif à l'évolution d'une cavité souterraine (fig.1-2). Il n'y a pas de rupture en surface. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement, et des tassements différentiels peuvent se manifester dans les zones de bordure. Dans certains cas, les affaissements peuvent être le signe annonciateur d'effondrements.

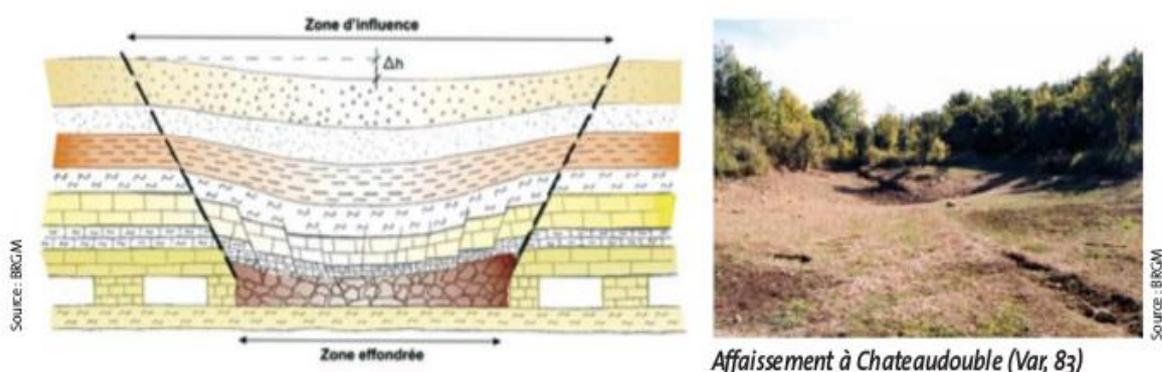


Figure .1-2 :l'affaissement. (RRM ; O.R.R.M)

Une couverture épaisse formée de terrains souples et déformables ou meubles en surface sera favorable à des phénomènes de type fontis et affaissements (philiponat et al, 2008)

❖ **Les solifluxions :**

C'est un cas particulier de fluage. C'est un phénomène superficiel provoqué par les variations de volumes au cours des saisons. La solifluxion se repère par la présence d'ondulation dans le sol et inclinaison des arbres. (fig.1-3)

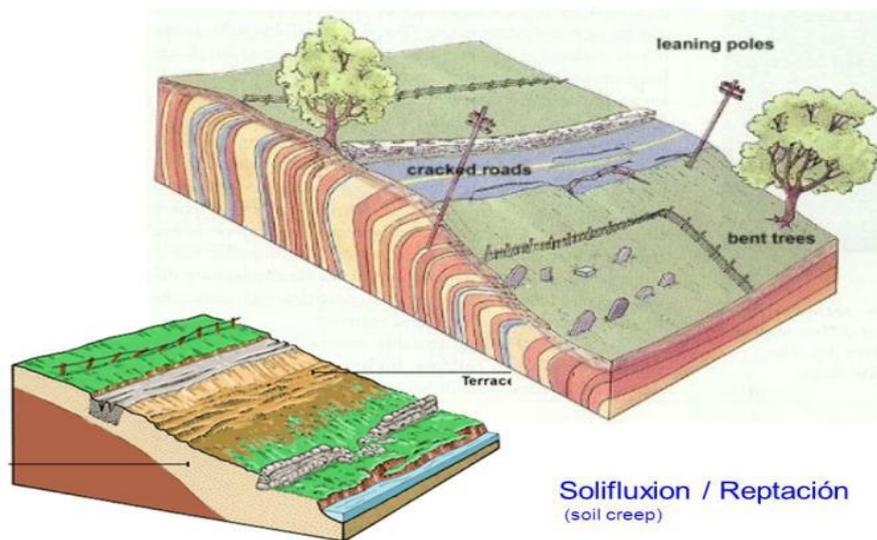


Figure. 1-3: Schéma de la solifluxion

❖ **Le fluage:**

Ce sont des mouvements lents, de faible amplitude, qui se développent dans une zone dont les contours sont généralement difficiles à définir, tant en extension qu'en profondeur. (fig.1-4)

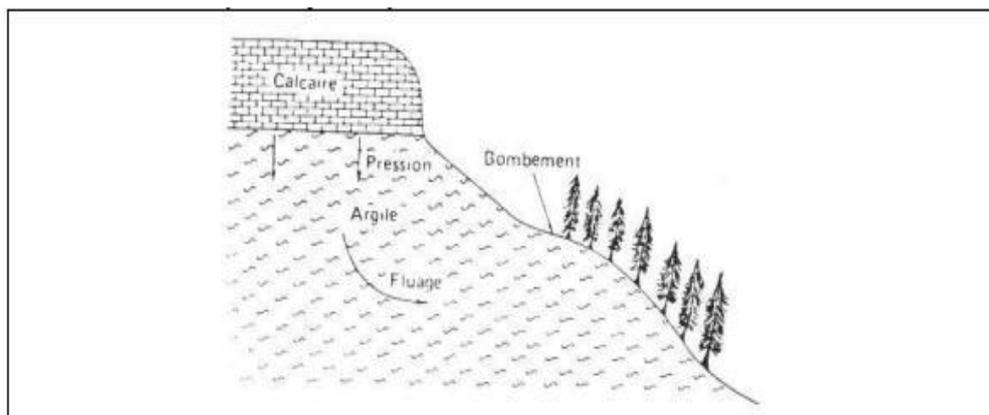


Figure.1-4 : Schéma général du mécanisme de fluage (Colas et Pachou, 1976)

❖ **Le fauchage**

C'est un mouvement lent qui affecte des roches stratifiées redressées à la verticale, et entraîne un basculement vers l'aval des têtes de couches sur une épaisseur très variable (quelques mètres à quelques centaines de mètres). Les matériaux se désagrègent et passent à l'état de rocher disloqué puis d'éboulis. Des ruptures brutales peuvent se produire. (fig.1-5)

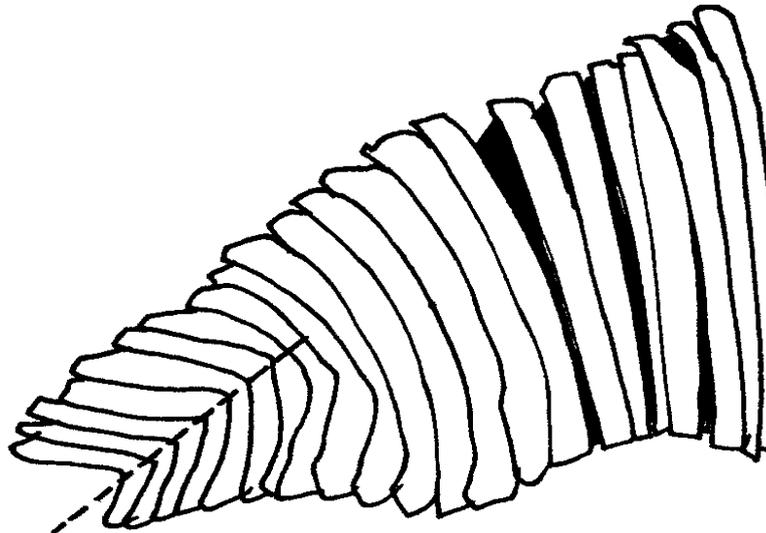


Figure.1-5: schéma du fauchage

❖ **Les glissements de terrain**

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 croûte 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. En se basant sur la surface de rupture (Robitaille et Tremblay, 1997), on distingue trois principaux types de glissements :

1 Glissements plans

Il s'agit de mouvements gravitaires se traduisant par la translation d'un volume de sol ou de roche d'un versant, sur une surface de rupture approximativement plane, généralement selon la ligne de plus grande pente (fig.1-6).

La particularité de ce glissement tient dans la géométrie de sa surface de rupture qui est plus ou moins rectiligne. Généralement, elle est héritée d'une discontinuité naturelle préexistante dans le terrain : joints ou limites stratigraphique, plans de taille ou diaclases, plans de schistosité. Elle peut également correspondre soit à une couche mince de mauvaises caractéristiques mécaniques (on parlera de « couche-savon ») sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau.

Les glissements plans sont le plus souvent associés à des fissures en tête et des bourrelets en pied. Ils peuvent se développer sur des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres et peuvent affecter des versants de faible pente (<20%) pour autant que les facteurs de prédisposition soient réunis.

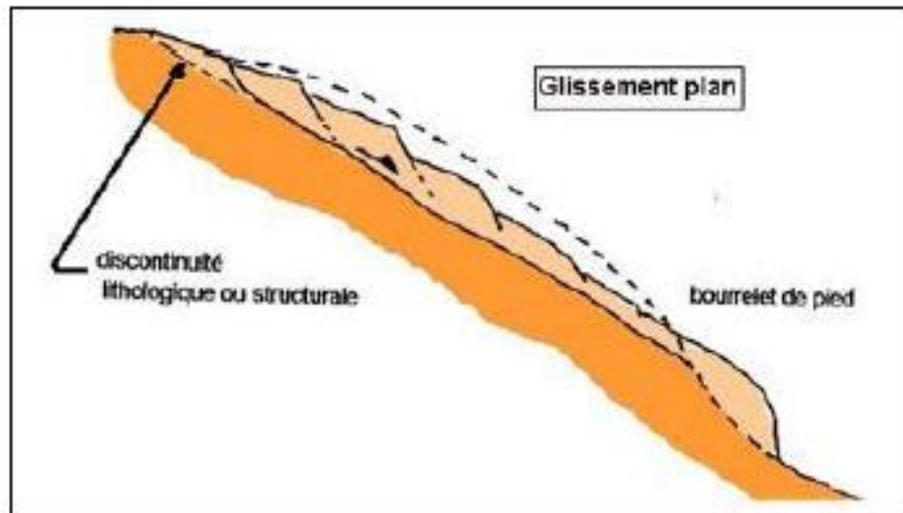


Figure.1-6: glissement plan (BRGM/RP ,2017)

2 Glissement rotationnels ou circulaires

Ils correspondent à des mouvements gravitaires et peuvent présenter une brusque rupture de pente ainsi que des fissures en tête et des bourrelets en pied (fig.1-7). Leur surface de rupture de forme circulaire et concave les différencie des glissements plans (flogéollet, 1989 et cruden et varnes, 1996)

On peut noter la présence de contre-pentes au sein de la masse glissée. De plus, ils se développent généralement au sein d'un milieu homogène et meuble (sables, silts, voire argiles) en l'absence de discontinuité marquée. Par ailleurs, plusieurs glissements rotationnels peuvent s'emboîter et former un glissement circulaire complexe, voire plan. L'apparition d'un premier glissement en bas de pente entraîne une perte de butée pour les terres situées au-dessus et provoque des glissements successifs remontant vers l'amont : on parle d'évolution régressive (philipponat et al ; 2008).

Les glissements circulaires peuvent avoir des volumes en mouvement très variables

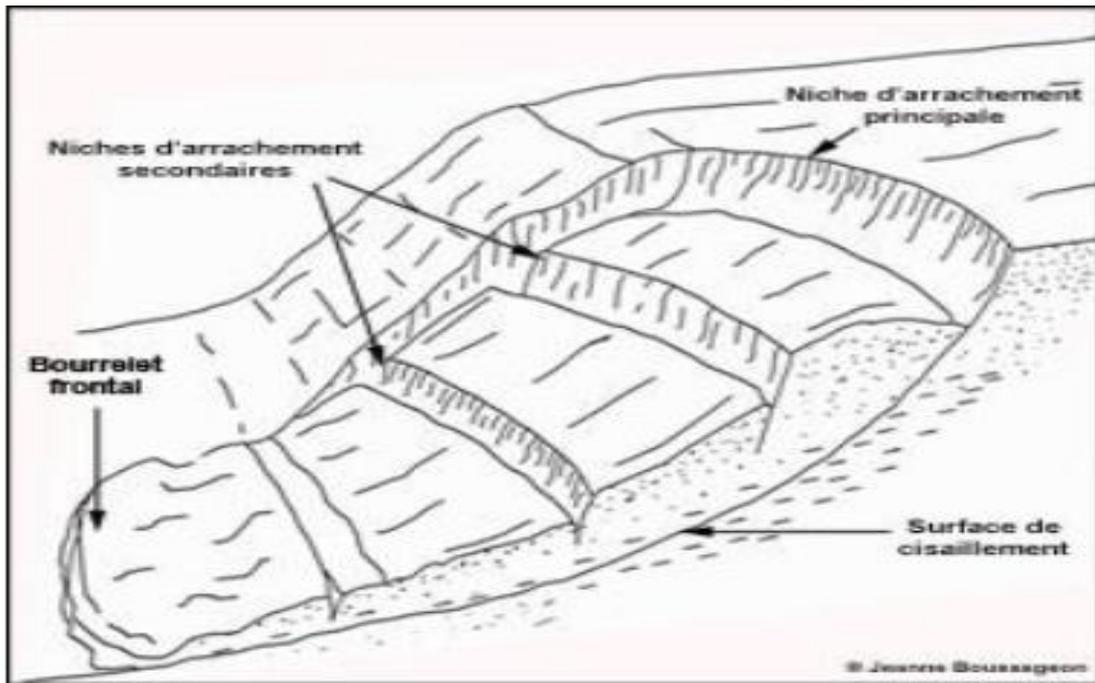


Figure.1-7: glissement rotationnel complexe (flogollet, 1989 et cruden et varnes, 1996)

3 Glissement quelconque

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.

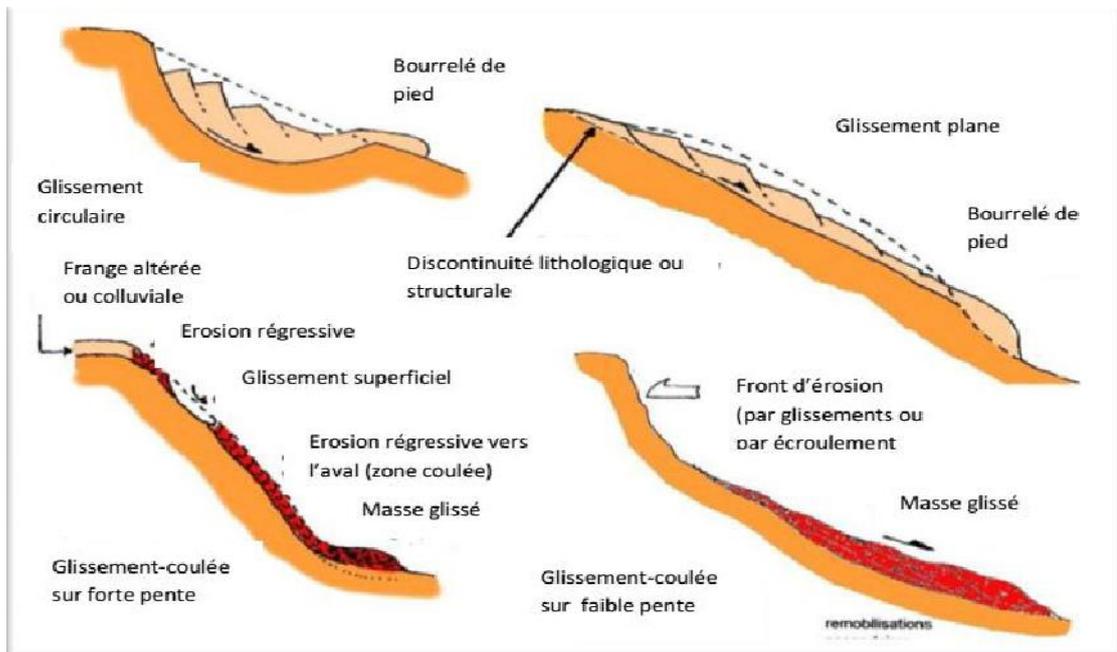


Figure.1-8: Les types de glissements de terrain

I.3.2 Les mouvements rapides, quasi instantanés et discontinus

❖ Les chutes de blocs et écroulements de masses rocheuses

Les mouvements, à partir d'une falaise ou d'un escarpement rocheux, sont brutaux et rapides. Ils peuvent développer leurs effets sur de grandes distances.

On sait, aujourd'hui, modéliser par le calcul la trajectoire des chutes de blocs rocheux, en tenant compte de leur forme, de leurs rebonds, de leur nature et de celle du terrain de la zone supposée d'arrêt : ce qui permet de dimensionner les ouvrages de protection avec une bonne fiabilité.

Dans le cas des éboulements en grande masse, l'interaction des blocs entre eux augmente la distance parcourue.

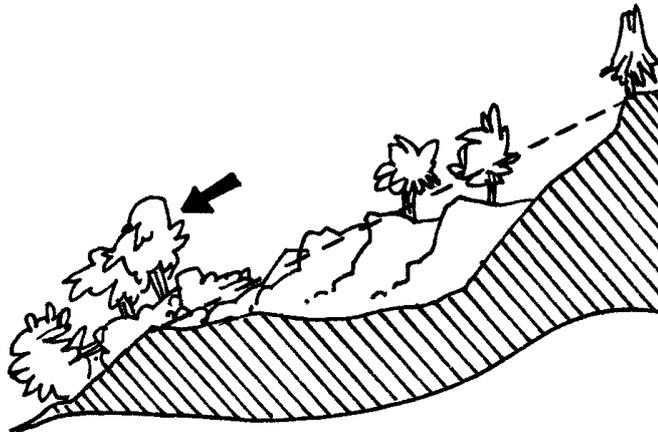


Figure.1-9 : l'écroulement du mont

❖ Les coulées de boue

Lorsque les matériaux meubles d'un versant sont détrempés par des pluies abondantes ou la fonte des neiges, le matériau n'adhère plus à la pente et glisse en masse. L'eau peut aussi provenir du terrain (poches d'eau non drainées) ou être apportée par un ruisseau (fig.1-10).

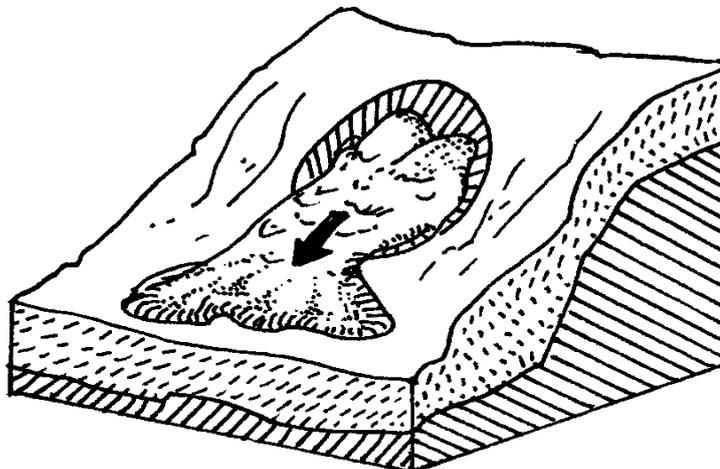


Figure.1-10 : coulée de boue

❖ Les effondrements

Les effondrements, se produisent de façon brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus ou moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique. Les dimensions de cette excavation dépendent des conditions géologiques, de la taille et de la profondeur de la cavité ainsi que du mode de rupture. Le phénomène peut être ponctuel (fontis, diamètre inférieur à 50 m, occasionnellement 100 m) ou généralisé (plusieurs hectares).

La présence d'un banc raide dans les terrains recouvrant la cavité favorise les effondrements généralisés. Selon la profondeur de l'effondrement, un glissement de ses flancs peut se produire après l'événement.

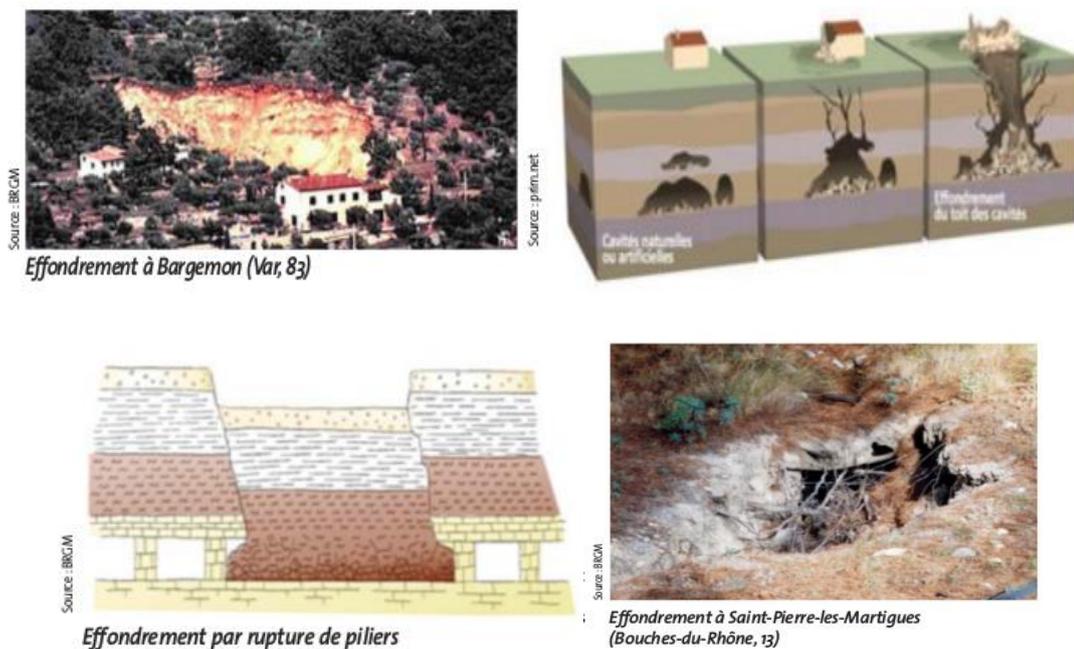


Figure.1-11 : l'effondrement

❖ Les laves torrentielles

Une lave torrentielle est un mélange d'eau et de matériaux solides (sable, gravier, pierres, blocs, bois) à l'allure de bouillie qui comprend une proportion élevée de matériaux solides (30 à 60 %) et s'écoule souvent à grande vitesse.



Figure.1-12 : Lave torrentielle à Ergisch, (Bernhard Kruppenacher 1993)

I.4 La classification du glissement de terrain

Il existe différents type de classification. Certaine sont basé sur:

- la profondeur de la surface de glissement (tableau.1-1) et qui permet de classer les glissements de terrain de superficiel à très profond.

Tableau.1-1: Classification d'après la profondeur

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

- sur la vitesse de déplacement de la masse en mouvement ou vitesse de glissement, qui permet de les classer d'un glissement lent à rapides (tableau.1-2)

Tableau.1-2: classification selon la vitesse

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

I.5 Principales causes des glissements de terrain❖ **La nature du terrain**

- Géométrie de terrain
- Résistance au cisaillement des sols ou des roches

❖ **Les actions extérieures qui agissent sur le sol**

- Actions hydrauliques
- Les actions climatiques et anthropiques
- Pluie, neige, évapotranspiration
- Séismes

❖ **Changement des sollicitations**

- surcharge en tête de talus (construction)
- travaux en pied de talus (tranchée)
- séismes ou vibrations intenses (battage de palplanches)

❖ **Modification des conditions hydrauliques**

- pluies intenses (mise en charge de la nappe)
- problèmes de drainage (colmatage)
- variation rapide des conditions aux limites (vidange rapide d'un barrage)

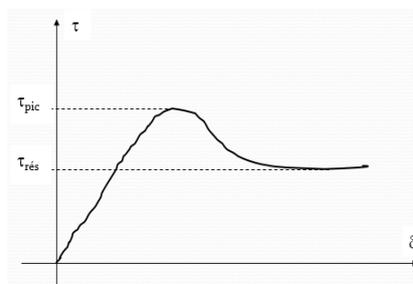
❖ **Diminution des caractéristiques mécaniques**

La résistance au cisaillement peut diminuer avec les déformations.

C'est la cohésion qui est le paramètre le plus sensible aux déformations.

On distingue ainsi deux résistances au cisaillement.

- La résistance de pic τ_{pic}
- La résistance résiduelle $\tau_{rés}$



I.6 Impact des glissements des terrains sur l'environnement

Indices caractéristiques d'activité d'un glissement : niche d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, zone de rétention d'eau, fissuration des bâtiments, déformation des routes, etc.



Figure.1-13 : Impact des glissements des terrains sur l'environnement.

I.7 Les méthodes d'analyse de stabilité des pentes**I.7.1 Notions de coefficient de sécurité**

Pour connaître le coefficient de sécurité réel d'un talus, il faut définir le cercle donnant la valeur minimale de **F**. C'est en effet le long de cette surface de glissement que la rupture se produira.

$$F_s = \frac{\text{Forces résistantes}}{\text{Forces motrice}}$$

Ce rapport peut avoir l'une des valeurs suivantes :

- $FS = 1$: les terrains sont en équilibre critique ;
- $FS > 1$: les terrains sont stables (il n'y a pas de glissement) ;
- $FS < 1$: les terrains sont instables (il y a un glissement).

Dans la réalité, et l'expérience dans le domaine de stabilité des pentes le montre :

- Si $FS > 1,5$: le talus est stable ;
- Si $FS < 1$: il y a un glissement ;

- $1 \leq FS \leq 1,5$: le risque est réel, surtout si FS se rapproche de 1.

FS est défini comme coefficient par lequel les paramètres de résistance au cisaillement du sol devraient être répartis (divisés) pour donner l'état de glissement qui va apparaître. (Karal, Donald et Chen 1997) ont admis l'équation $Fs = \frac{C}{c_m}$ (C la cohésion et C_m la cohésion mobilisés) comme la définition du coefficient de sécurité pour le matériau en frottement, les surfaces de glissement sont des surfaces de rendement potentiel, les déplacements et le mécanisme de rupture dépend du coefficient de sécurité.

I.7.2 Les méthodes de l'équilibre limite

Les méthodes d'équilibre-limite sont largement employées dans l'évaluation de la stabilité des pentes, et remarquablement bien validées en rupture circulaire (Durville et Bertehelon, 2004).

I.7.2.1 Les méthodes de l'équilibre des forces et des moments

Jusqu'à présent, toutes les méthodes qui ont été présentées sont basées sur des formes relativement simples à la surface de rupture: un plan ou un cercle.

Mais dans la plupart des temps la surface de rupture est plus complexe, souvent à la suite des zones ou des couches de sol relativement faible. Dans de tels cas, il est nécessaire de calculer la stabilité en utilisant des formes plus complexes de la surface de glissement.

Plusieurs procédures ont été mises au point pour les analyses des surfaces de rupture plus complexes. (Mr SEKKAK Mostefa 2014)

I.7.2.1.1 Méthode de Janbu généralisée

La méthode généralisée de Janbu (Janbu 1973) considère les deux forces inter tranches et suppose une ligne de poussée afin de déterminer une relation des forces inter- tranches. Par conséquent, le coefficient de sécurité devient une fonction complexe à la fois avec les forces inter-tranches (Fig.14) :

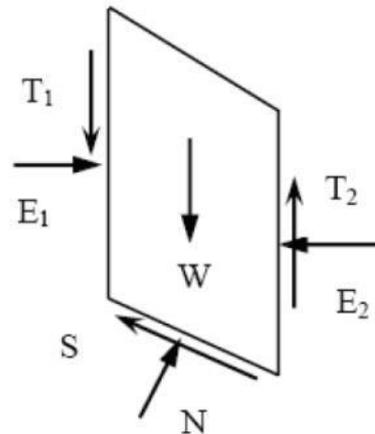


Figure.1-14: La représentation des forces sur une tranche

$$F = \frac{\sum[C' \cdot l + (N - u \cdot l \tan \phi')] \sec \alpha}{\sum[W - (T_2 - T_1)] \tan \alpha + \sum(E_2 - E_1)}$$

De même, la force totale normale à la base (N) devient une fonction de la force inter tranche de cisaillement (T) comme:

$$N = \frac{1}{m_\alpha} [W - (T_2 - T_1)] - \frac{1}{F} (C' \cdot l + (-u \cdot l) \tan \phi') \sin \alpha$$

I.7.2.1.2 Méthode de Janbu simplifiée

La méthode simplifiée de Janbu est un indice composite basé sur des surfaces de cisaillement (c'est-à-dire non circulaire) et le coefficient de sécurité est déterminé par l'équilibre des forces horizontales. Comme dans la méthode de Bishop, la méthode considère les forces inter-tranches normales, mais néglige les forces de cisaillement (T) (voir fig.15). La base de la force normale (N) est déterminé de la même manière que dans la méthode de Bishop et le coefficient de sécurité est calculé par:

$$F = \frac{\sum[C' \cdot l + (N - u \cdot l) \tan \phi'] \sec \alpha}{\sum W \cdot \tan \alpha + \sum \Delta E} \quad \text{Ou} \quad \sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$$

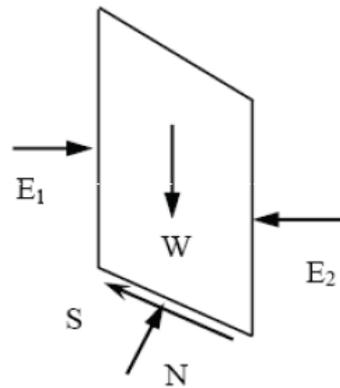


Figure.1- 15: Représentation des forces sur une tranche.

$\sum \Delta E = E_1 - E_2$ (Égale à Zéro s'il n'y a pas de force horizontale).

Janbu introduit un facteur de correction (f_0), dans le coefficient de sécurité F_0 , pour compte des effets des forces inter-tranches de cisaillement. Avec cette modification, la méthode de Janbu corrigé donne un coefficient de sécurité supérieur, comme:

$$F_f = f_0 \cdot F_0$$

$$\text{Où : } F_0 = \frac{\sum [\frac{b(C' + (P-u \cdot b) \tan \phi')}{n_\alpha}]}{\sum P \cdot b \cdot \tan \alpha} \quad \text{et} \quad n_\alpha = \cos^2 \alpha \left(1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F} \right)$$

C' est un facteur de correction qui varie en fonction de la profondeur à la longueur de la masse de la terre glissante et du type de sol.

$P = \frac{W}{b}$: C' est la contrainte totale verticale;

b : C' est largeur d'une tranche.

I.7.2.2 la méthode des tranches

Elle consiste à diviser la masse du sol comprise entre le cercle de glissement et le parement du talus en tranches verticales. En faisant une hypothèse sur les forces exercées sur la tranche "n"

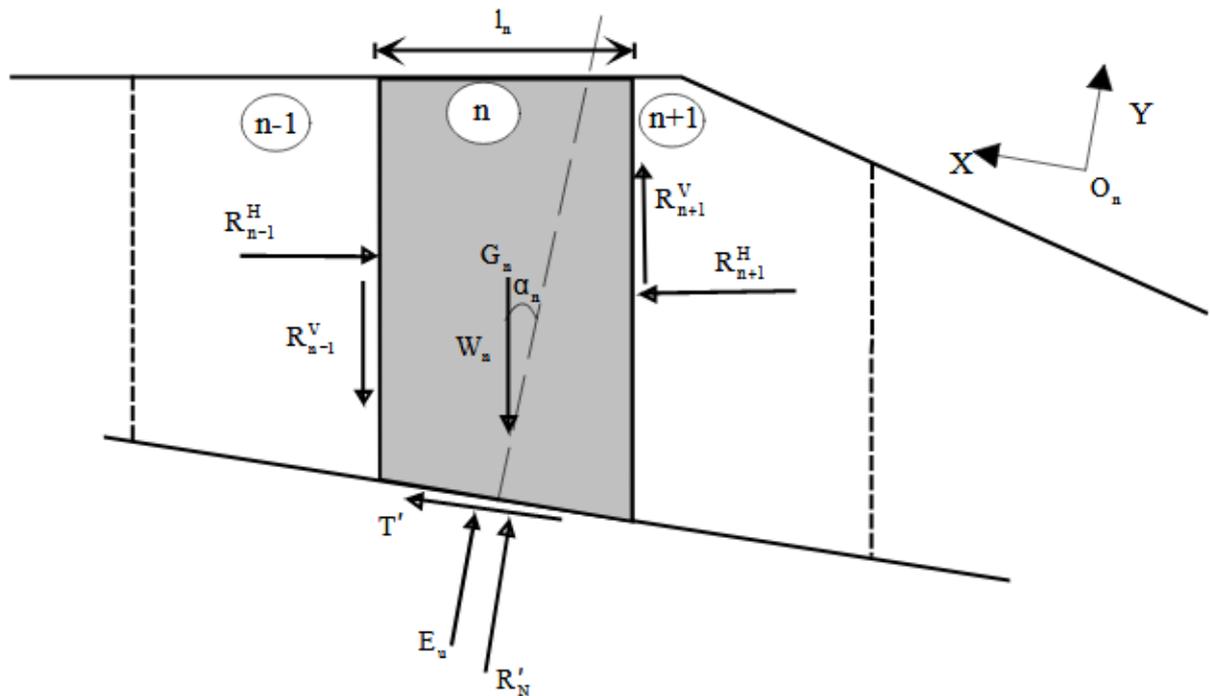


Figure.1-16. Forces appliquées sur une tranche de sol

Les forces agissant sur la tranche « n » sont:

- Le poids W ;
- La réaction de la tranche « n-1 » de composantes: $H_{n-1}R_{-}$, $V_{n-1}R_{-}$;
- La réaction de la tranche « n+1 » de composantes: $H_{n+1}R_{+}$, $V_{n+1}R_{+}$;
- La réaction inter granulaire de composantes $N R'$ et T' ;
- La force due à la pression de l'eau

1.7.2.3.1 la méthode de Fellenius

Fellenius (1936), propose de faire l'hypothèse que les efforts internes s'annulent entre eux de tranche à tranche, le système étant globalement à l'équilibre (efforts horizontal H et vertical V des tranches avant et après Celle étudiée s'annulent). La contribution du poids propre détermine l'équilibre du système. Sa composante projetée suivant le rayon du cercle de rupture participe à déstabiliser le massif. L'angle impliqué est donc variable d'une tranche à l'autre. Par ailleurs, on fait l'hypothèse, souvent raisonnable, que les arcs de cercle sont assimilables à des segments droits. Pour une tranche n la loi de Coulomb est: $R_n = c \cdot BC + N_n \tan \phi$

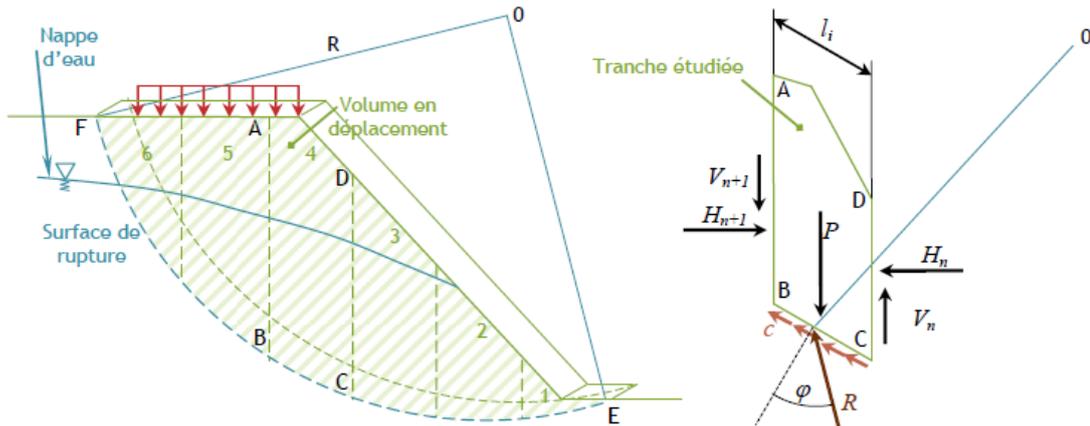


Figure.1-17: Schématisation des divisions en tranche de la méthode de Fellenius. (Julien Launay Hélène Horsin Molinard 2017)

$$F_s = \frac{\sum((C' \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha - U \Delta l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi')}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

α : L'angle entre une ligne prolongée à partir du centre du cercle au centre de la base de la tranche et une ligne verticale.

C' : La cohésion

ϕ : L'angle de frottement

W : Poids total des tranches

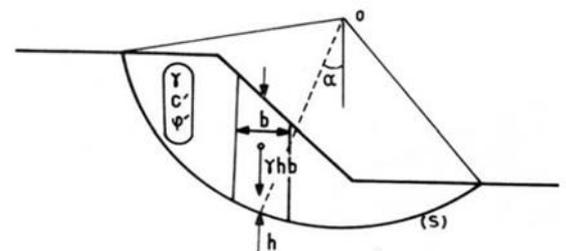
U : La pression interstitielle

1.7.2.3.2 la méthode de Bishop

Cette méthode repose sur deux hypothèses particulières (Bishop, 1955)

- la surface de rupture est circulaire
- les efforts intertranches sont horizontaux $V_n - V_{n+1} = 0$

Les composantes, H_n et H_{n+1} des réactions sur les tranches verticales interviennent dans les efforts appliqués sur AB et influence la réaction R_n



Méthode des tranches de BISHOP.

$$F = \frac{\sum(c' \cdot b + (W - u \cdot b) \cdot \tan \phi') \cdot \frac{1}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \cdot \frac{\tan \phi'}{F})}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

I.7.3 les méthodes aux éléments finis

La méthode des éléments finis consiste à remplacer la structure physique à étudier par un nombre fini de composants discrets ou d'éléments, lié entre eux par des nœuds, qui représente un maillage. On considère d'abord le comportement de chaque partie indépendante, puis en tant qu'objet de telle sorte qu'on assure l'équilibre et la compatibilité des déplacements réel de la structure.

La méthode des éléments finis nécessite un grand nombre de calculs, cause de leur nature répétitive, s'adaptent parfaitement à la programmation numérique.

Il est par ailleurs possible d'utiliser des modèles couplés, mais leur mise en œuvre demeure complexe.

De nombreux logiciels existent sur le marché. Les plus récents nécessitent une licence. On constate depuis quelques années un rapide élargissement du champ d'application des logiciels qui permettent maintenant de tenir compte d'un grand nombre de paramètres et qui intègrent les conditions hydrauliques et les sollicitations sismiques selon la méthode pseudo-statique ou la méthode dynamique directe.

Nous citons ci-dessous quelques logiciels de calcul de stabilité des pentes.

Talren – Plaxis – Geostudio – Geoslope – Slide – Clara – Flac – Petal ...

I.8 Les méthodes de confortement

Quand on veut consolider un glissement, il est plus important de connaître ses dimensions et d'avoir une idée sur son origine: surcharge, écoulement d'eau, altération des sols ou simplement ruissellement exceptionnel. Face à un problème de stabilité, une première solution consiste à s'affranchir des mouvements de la pente instable sans les empêcher. Deux types de solutions sont possibles :

— implanter ou déplacer le bâtiment, l'ouvrage d'art ou la route en dehors de la zone en mouvement, dans un secteur reconnu comme stable.

— concevoir l'ouvrage de telle sorte qu'il ne soit pas endommagé par le mouvement de terrain : soit en résistant aux efforts apportés par le mouvement de terrain (solution réservée aux petits glissements), soit en adaptant le mode de construction de sorte que les fondations soient dissociées du sol en mouvement.

La figure suivante présente le principe d'un dispositif de fondation sur pieux dans un glissement.

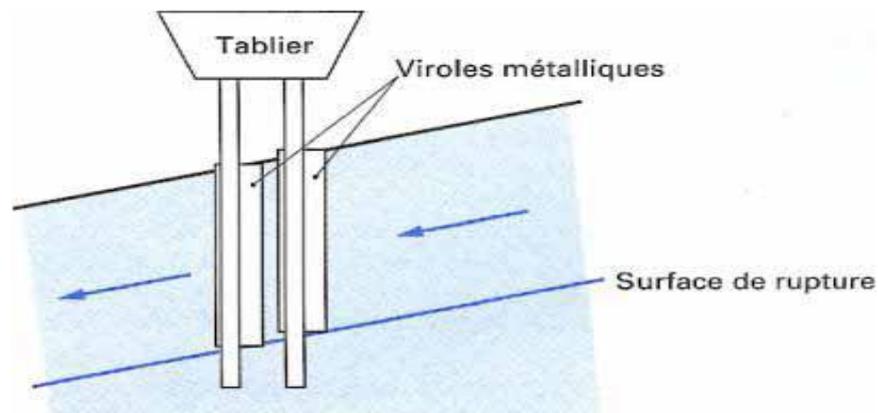


Figure.1-18: Isolation des appuis d'un viaduc : fondation sur pieux protégés par des viroles métalliques.

Si ce type de solution n'est pas retenu, on est amené à conforter la pente avec l'une des techniques présentées dans les paragraphes ci-après. Lorsqu'il s'agit de dimensionner un dispositif de confortement préventif, on recommande de prendre un coefficient de sécurité $FS = 1,5$ pour l'ouvrage en service. Dans une intervention de réparation après glissement, si le calage des caractéristiques mécaniques paraît de bonne qualité, le coefficient de sécurité demandé peut se limiter à 1,3. Si toutefois certaines caractéristiques du site sont mal connues, ou si les techniques employées sont susceptibles de perdre de leur efficacité avec le temps (colmatage de drains par exemple), ou encore si l'on ne peut tolérer de déformations, on choisit plutôt $FS = 1,5$.

I.8.1 Terrassements

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus 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.

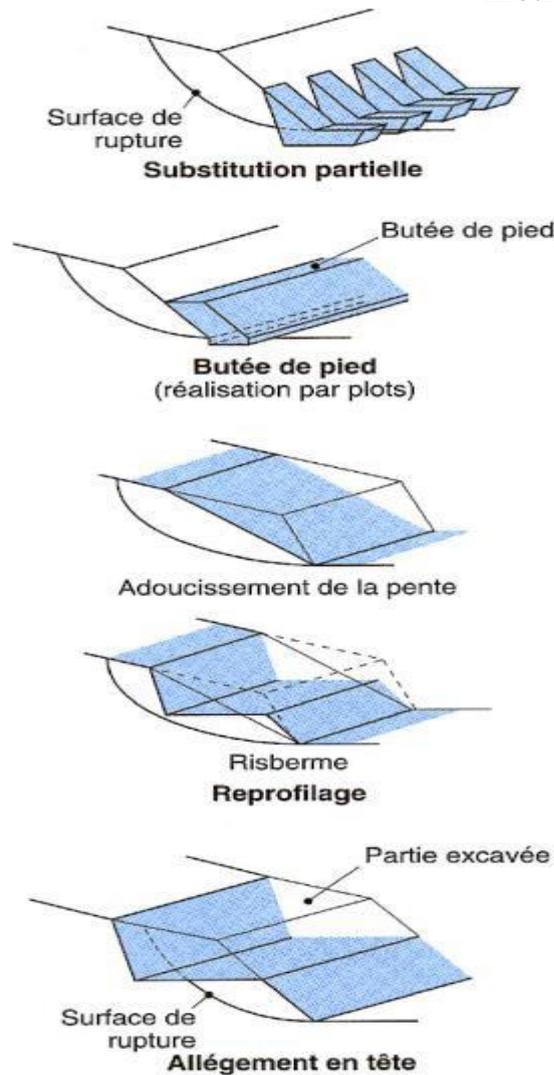


Figure.1-19: Différentes méthodes de stabilisation par terrassement.

I.1 Remblai de 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 contrebalancement des forces motrices.

Pour qu'il soit efficace, il faut réaliser un ancrage dans les formations sous-jacentes en place.

Comme dans le cas d'un ouvrage de soutènement, le dimensionnement doit justifier De la stabilité au renversement, de la stabilité au glissement sur la base et de la stabilité au grand glissement. Mais en pratique, c'est la stabilité le long de la surface de rupture du glissement Déclaré qui est dimensionnant. (bentafat_rachid 2008)

La stabilité au grand glissement suppose que :

— l'ouvrage limite les risques de reprise du glissement en amont ;

— l'ouvrage ne déclenche pas d'autre glissement, par exemple à l'aval.

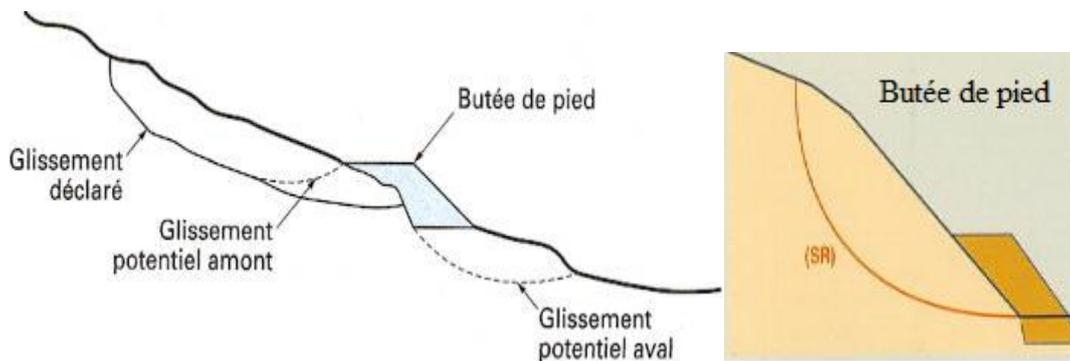


Figure.1-20: Différentes surfaces de rupture à prendre en compte

I.8.1.2 Allègement en tête

L'allègement 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. La méthode de dimensionnement consiste en un calcul de stabilité le long de la surface de rupture déclarée en prenant en compte la modification de géométrie en tête. On peut également substituer le matériau terrassé par un matériau léger. (Bentafat_rachid 2008)

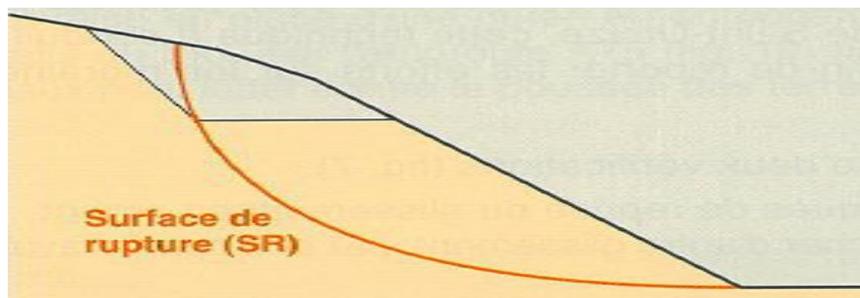


Figure.1-21: Allègement en tête

I.8.1.3 Reprofilage

Les conditions de stabilité d'un talus étant directement liées à sa pente, on peut assez simplement augmenter la sécurité par retalutage du terrain naturel. Dans ce sens, le procédé s'apparente à l'allègement en tête : il consiste en un adoucissement de la pente moyenne.

Ce type de traitement est particulièrement 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 mal adapté aux versants naturels instables car il met en jeu des volumes de sol très importants. (Bentafat_rachid 2008)

I.8.1.4 Substitution totale ou partielle

La substitution totale consiste à venir purger l'ensemble des matériaux glissés ou susceptibles de glisser, et à 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 du matériau de substitution et du matériau en place.

La substitution de matériaux glissés 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 réalise des redans afin d'assurer un bon accrochage entre le substratum et le sol d'apport.

La tenue des talus provisoires de la purge dépend des conditions de terrassement, de la météorologie, des hétérogénéités locales.

En cas de risque, il est préférable de travailler par plots de faible largeur et de ne pas maintenir de fouilles ouvertes pendant une longue période.

Des substitutions partielles sont souvent employées, sous forme de bèches 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. (Bentafat_rachid 2008)

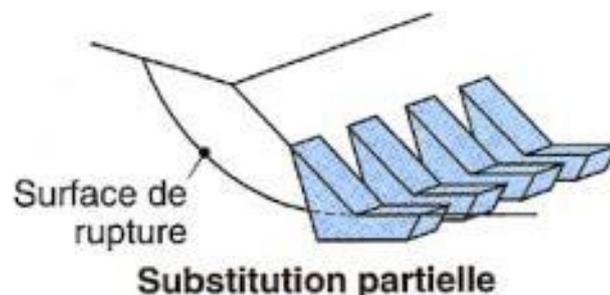


Figure.1-22: Substitution partielle

I.8.1.5 Purge

Les techniques de terrassement s'accompagnent fréquemment de purges du matériau déplacé par le glissement. Cette solution est généralement limitée aux glissements de taille modeste. On

peut, dans certains cas, purger l'ensemble du matériau glissé, à condition que la surface mise à nu soit stable. (Bentafat_rachid 2008)

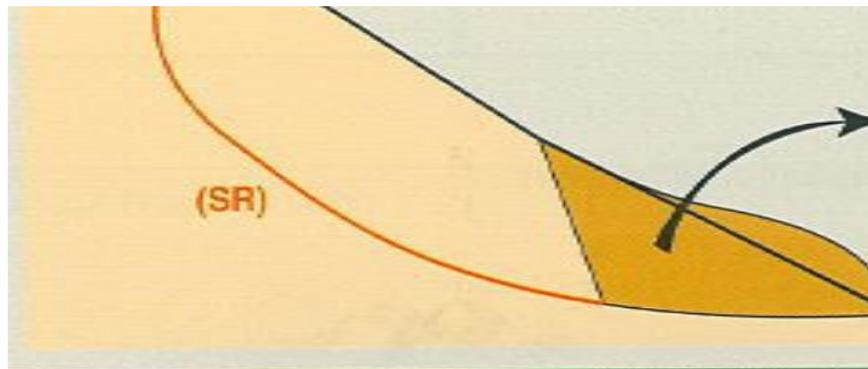


Figure.1-23 : Purge

- _ Partielle : avant traitement complémentaire
- _ Total: avant reconstitution éventuelle

I.8.2 Les soutènements

C'est un écran rigide ou souple qui bloque le volume en mouvement. Rigide, les efforts mis en jeu sont importants et peuvent amener à la rupture (julien Launay Hélène Horsin Molinard 2017)

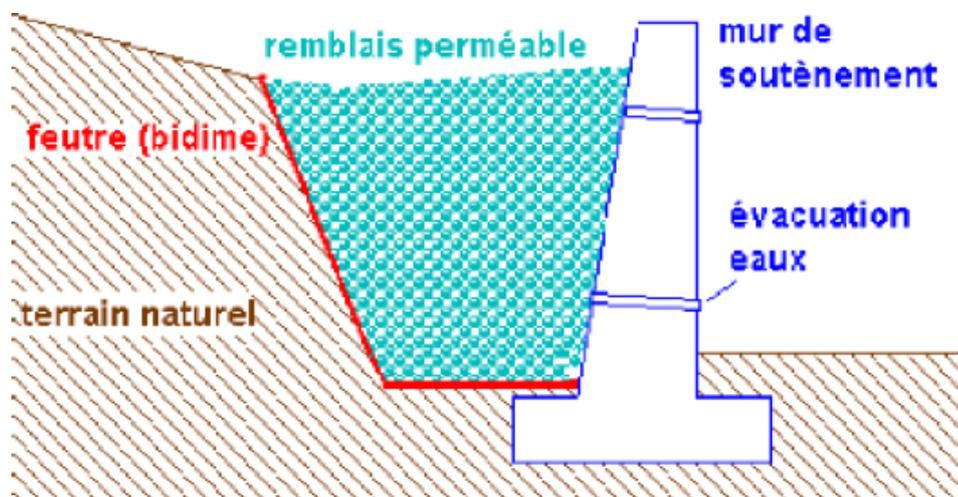


Figure.1-24 : Mur de soutènement.

I.8.3 Le renforcement par géotextiles

Les géotextiles sont des produits textiles à bases de fibres polymères utilisés au contact du sol dans le cadre d'applications 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 de déchets, les aménagements hydrauliques, la stabilisation des sols et le renforcement des fondations.



Figure.1-25 : Renforcement par géotextiles

Conclusion

La stabilisation d'un glissement de terrain est une opération complexe et délicate, et pour cela, il existe plusieurs méthodes précieuses qui ont été proposées par différents auteurs pour le calcul de la stabilité et du coefficient de sécurité d'un glissement, et qui restent encore des approches.

Dans ce chapitre nous avons montré les différents types des mouvements de terrains qui existent dans la nature. Et les différentes méthodes de calcul, et les différentes méthodes de confortements.

Chapitre II

II.1 Situation géographique

Le PK7 appartient au Lot 1 du 4ème Anneau commençant dans le Nord du village d'Ain Soltane, au niveau de l'autoroute et continue jusqu'à 67 kilomètres environ, à l'endroit de la jonction entre le Lot 1 et le Lot 2 au sud de Berrouaghia (Fig.2-1).

Il est situé au lieu-dit Hannacha, à la frontière des wilayas d'Ain Defla et Medea.



Figure.2-1 : Situation géographique de la zone d'étude (photo google earth, 2018)

II.2 Les Signes d'instabilités

La zone de glissement se situe dans le tronçon PK 7, localisé entre Khemis Miliana et l'échangeur Hanacha (Fig.2-2)



Figure.2-2 : Zone de glissement

La zone de glissement est formée principalement par des argiles et graviers avec matrice de sable, d'argile et de sable fin (Fig.2-3)

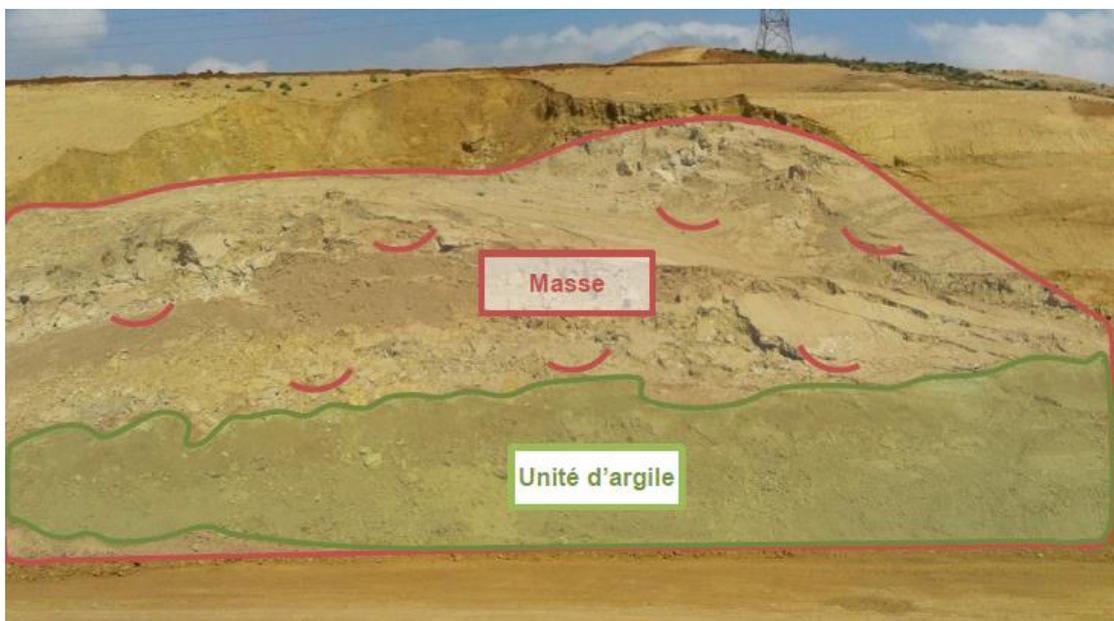


Figure.2-3 : matrice de sable, d'argile et de sable fin

Le lavage avec le temps de la matrice formant ces unités suites aux précipitations combinées aux mauvais drainages des eaux de surface dans les talus sont probablement les facteurs principaux du déclenchement de ce glissement (Fig.2-4).



Figure.2-4 : Couches transportant de l'eau sur le talus gauche du PK 7 + 450

Effectivement, le glissement de terrain a eu lieu près de forte intempéries en 2015, ce qui a provoqué le déplacement d'un volume important de sol (Fig.2-5)



Figure.2-5 : Vue du glissement de terrain dans la pente gauche (septembre 2016)

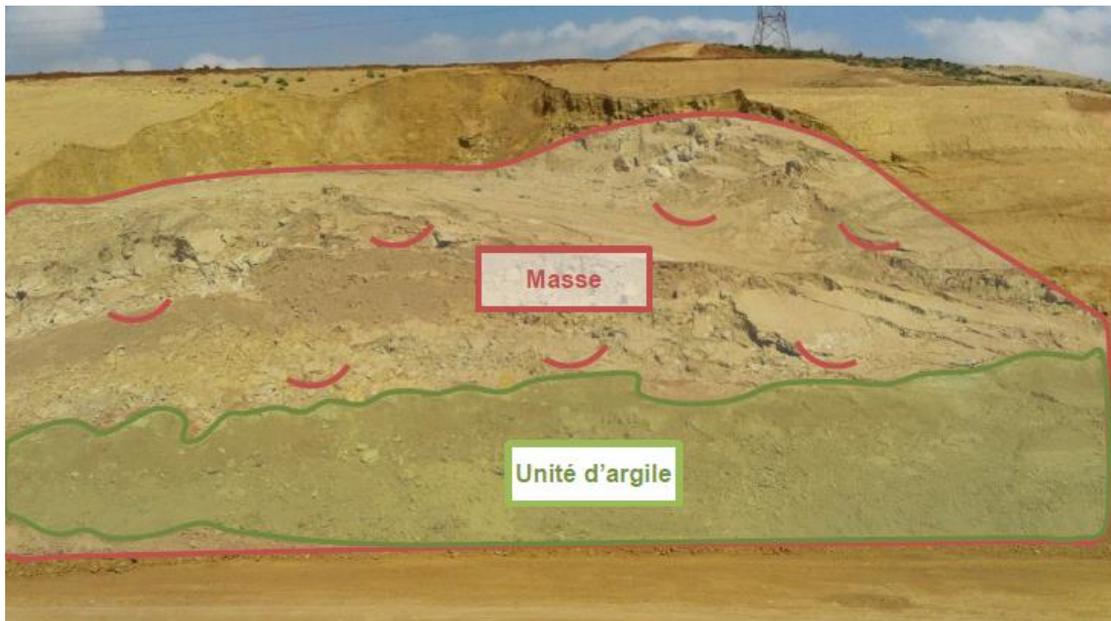


Figure.2-6 : Évolution du glissement de la pente gauche et de l'unité d'argile située en dessous (Mars 2017)

II.3 Cadre géologique régionale

Le Bassin Chelif est situé dans la partie ouest de l'Atlas Tellien. Il s'agit d'un bassin allongé couvrant 350 km en direction ENE-WSW rempli par des séries de Miocène à Pliocène sur le substrat Mésozoïque et Paléogène. Les sédiments Jurassiques sont caractérisés par des dépôts calcaires, tandis que les sédiments du Crétacé sont principalement composés de grès à sa base qui sont classés vers le haut dans un assemblage de calcaires, de schistes et de marnes. L'épaisseur des deux formations varie de quelques centaines à des milliers de mètres (max. 6000 m). Les faciès Oligocène se composent de dépôts de grès changeant latéralement en schiste gris foncé dont l'épaisseur atteint 500 m dans le bassin profond. Le remplissage sédimentaire Néogène peut être subdivisé en 3 méga-séquences distinctes MSI, MSII et MSIII (Neurdin-Trescartes, 1992, 1995): A la base, la marine méga-séquence du Miocène inférieur (MS) a été déposée lors d'un épisode de compression dans une position de transport sur le dessus de l'allochtone Tellien toujours en mouvement. Au cours du Miocène moyen dans le sous-bassin occidental de Chélif enregistrent l'influence du volcanisme alcaline liée à l'arc et calco-alcaline. L'Aquitain est représenté par des conglomérats et les grès. Ceux-ci changent latéralement en marnes grises contenant des traces de plâtre. A la frontière nord, le Burdigalien est composé de conglomérats et des grès rouges continentaux. Le Langhien.

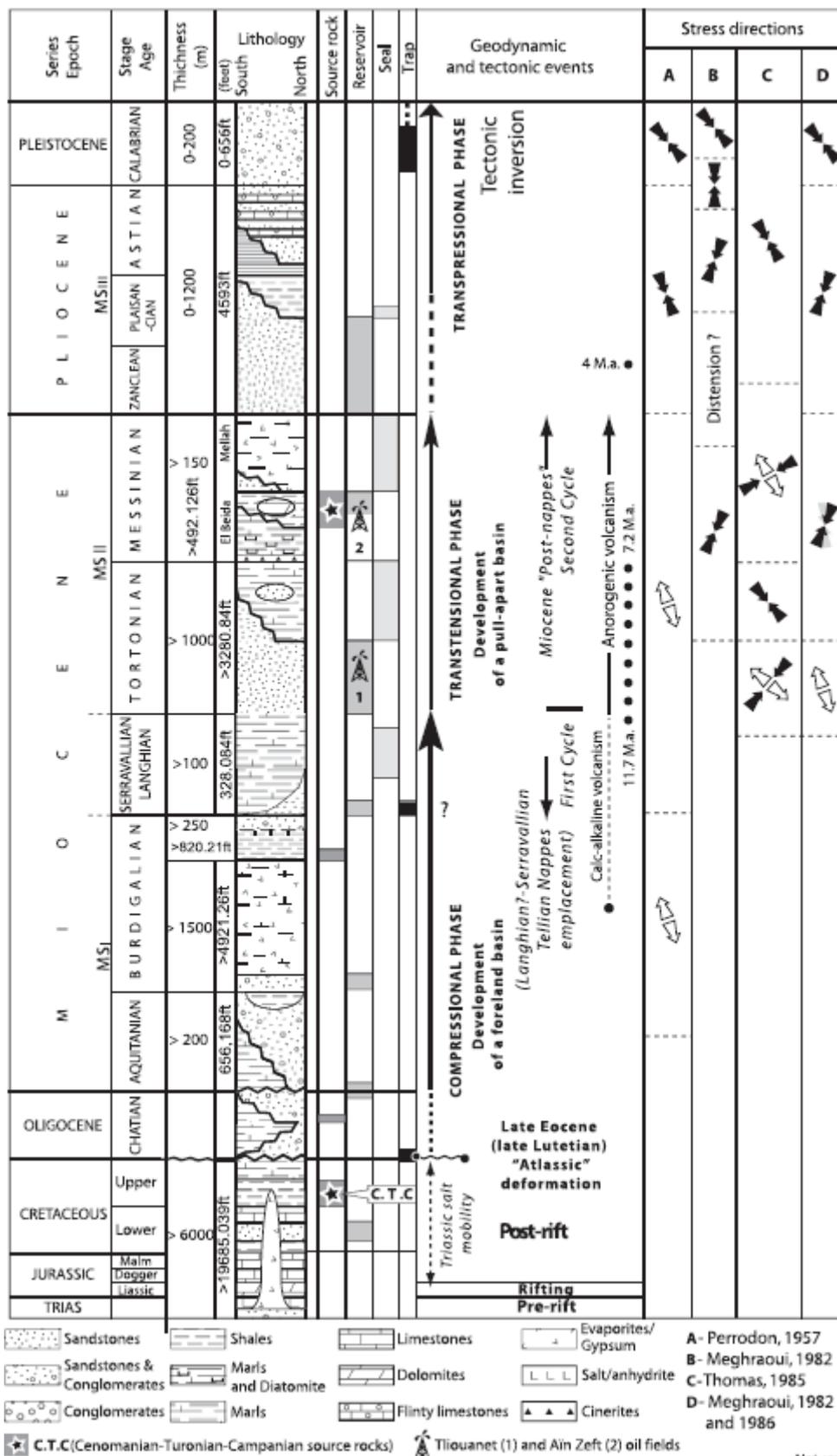


Figure.2-7 : litho-stratigraphique du bassin Chelif Néogène et de son substrat (De Arabe et al. 2015)

II.4 Géomorphologie de l'itinéraire

Une topographie paléo de glissement de terrain orienté vers le sud-ouest à partir des pentes droites de déblai de l'axe de l'autoroute est observée entre PK:3+340-3+500. L'axe de l'autoroute pas avec une pente de déblai sur le sommet du glissement de terrain entre ces kilomètres. Une partie de la charge étant enlevée du sommet du glissement de terrain avec l'excavation effectuée pour les pentes de déblai, ainsi la masse de glissement de terrain qui est superficielle sera largement nettoyée. Aucun effet négatif sur le trajet de l'autoroute n'est attendu du fait de son emplacement et son orientation.

✓ Unités Crétacées

Au long de l'itinéraire, après PK 30+500, il a été constaté des unités appartenant à des faciès de flysch, avec une structure géologique localement sous forme de niveaux intermédiaires et de l'altération des unités de "Quartzite" de résistance solide, de couleur gris – gris clair, avec les "Pyélite" de couleur gris – gris foncé observées dans la zone d'étude, avec une structure de schistosité localement, présentant une métamorphisme légère de Crétacé âgé. Ces unités de Crétacé âgé sont couvertes localement par le grès, la marne -l'argile de Miocène âgé, dans la zone d'étude de manière discordante.

✓ Unités de Miocène

Au long de l'itinéraire de l'autoroute, les unités de Miocène ont été constaté principalement sous forme légèrement – solidement cimentée localement avec du carbonate de calcium, avec la matrice de sable et d'argile de contenu de gravier avec les niveaux contenant du grès, d'argile-de marne, et des marnes massives. Ces unités constatées principalement avec la matrice de limon de sable, et localement d'argile, cimenté de carbonate, jusqu'au PK 14+000, sont indiquées dans les plans et les profils sous forme des unités âgées de Miocène/Pliocène.

✓ Dépôts de Terrasse de Pliocène

Des dépôts de terrasse fluviale de Pliocène âgé, ont été constaté au long de l'itinéraire dans l'intervalle des points kilométriques PK:11+140 – PK:11+715, dans le cadre de ce rapport, sous forme des unités avec la matrice de limon de sable - d'argile, contenant principalement du gravier de l'épaisseur supérieure à 30,00 mètres, sur les unités de Miocène âgé.

Les dépôts de terrasse ; sont constitués du sable, du gravier, de bloc polygénique (d'origine multiple), bien arrondis, lié avec la matrice de boue maigre avec du carbonate. Dans les zones où la matrice de boue est en petite quantité, les graviers sont avec des supports de grains. Dans les dépôts de terrasse, la stratigraphie ou la gradation n'ont pas été observé.

Les dépôts de terrasse sont relâchés et maigres en particulier dans les zones proches de la surface.

✓ **Dépôts alluvionnaires d'âge Quaternaire**

Il a été constaté que les dépôts alluvionnaires dans les dimensions de gravier, de sable, d'argile observées dans le fonds de la vallée et des passages de vallée au long de l'itinéraire; se trouvent surtout sur une topographie relativement droite et plate, dans la zone de l'intervalle PK 8+000 – PK 10+600 qui reste entre les zones résidentielles d'Ain Soltane et Djendel, dans l'itinéraire de l'autoroute.

✓ **Unités Géologiques Constatées dans le PK7**

Dans les études de site effectué, il a été constaté dans l'intervalle des points kilométriques PK:1+000 – PK:7+900, des unités de sable, de gravier et d'argile du Miocène, traversé par des dépôts alluvionnaires constitués principalement de limon, de sable et de gravier avec des intercalations d'Argile (Fig.2-8) (rapport de conception géotechnique 2015)



Figure.2-8 : PK:7+900 - Dépôts Alluviaux



Figure.2-9 : PK: 7+340 - Gravier de Miocène / Pliocène cimentés de CaCO₃

Les unités constatées dans l'intervalle PK 6+030 – PK 9+815 au long de l'itinéraire, ont été étudié en détails, pour chaque fente et remblai, et ont été résumé dans les tableaux ci-dessous.

Tableau.2-1 : récapitulatif des unités géologiques observées dans le site d'étude

| N° | PK | | Lithologie | L'angle de la pente | H max (m) |
|------|-------|-------|---|---------------------|-----------|
| | Début | Fin | | | |
| Y-12 | 6+945 | 7+300 | Unités Pliocène / Miocène (Gravier-sable-argile intercalé, Parfois sablonneux - Argile dure limoneuse) | 2/1 | 20 |
| Y-13 | 7+375 | 7+875 | Unités Pliocène / Miocène (Gravier-sable-argile intercalé, Parfois sablonneux - Argile dure limoneuse, Marne / Argile dure) | 2/1 | 50 |
| Y-14 | 7+915 | 7+990 | Unités Pliocène / Miocène – Quaternaire (Marne / Argile dure, Parfois sablonneux - Argile dure limoneuse, Argile très rigide) | 2/1 | 5 |

II.5 Cadre hydrogéologique

L'hydrogéologie autant superficielle que souterraine, suppose un chapitre important dans l'étude de n'importe quel projet de routes. La présence de ruissellements superficiels et d'eaux en sous surface peut engendrer des problèmes.

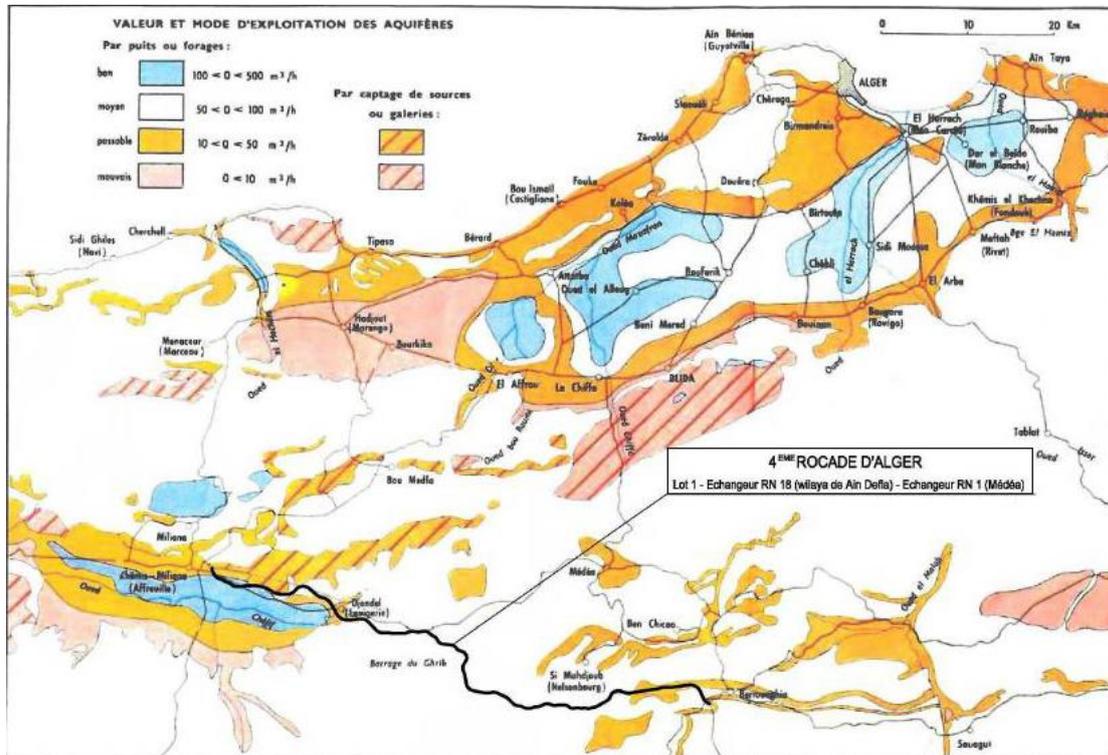


Figure.2-10 : Carte des aquifères de la zone centre ouest Algérie.

Dans le Lot-1 il existe deux zones différenciées du point de vue hydrogéologique.

- La première d'entre elles va depuis le début du Lot jusqu'au P.K. 30+500. Ce sont des matériaux d'âge Miocène-Quaternaire.
- La deuxième des zones va du P.K. 30+500 jusqu'à la fin du Lot. Ce sont des matériaux d'âge Crétacé.

✚ **Eaux superficielles :**

L'hydrologie reflète les deux zones antérieurement citées.

- 1 La première des zones:** ce sont des matériaux d'âge Miocène-Quaternaire. Elle se caractérise par des matériaux peu cimentés ou dans une disposition alternante de leur degré de cimentation. Cette caractéristique engendre une géomorphologie de collines douces puis fait qu'une partie de l'eau de pluie s'infiltré dans le terrain.
- 2 La deuxième des zones:** elle va du P.K. 30+500 jusqu'à la fin du Lot. Ce sont des matériaux d'âge Crétacé, avec un degré élevé de cimentation qui fait que le coefficient

CHAPITRE II

présentation de la zone d'étude

d'infiltration est très petit. Ce genre de lithologie engendre des zones montagneuses avec des vallées très étroites et profondes.

Ces deux zones sont propices à la formation d'oueds. Ces oueds maintiennent les caractéristiques typiques, c'est à dire que ce sont des oueds qui sont secs en été, ou presque secs, et en période de fortes pluies leur débit provoque des charriages et des inondations en très peu de temps.

Du point de vue de la stabilité de la structure de l'autoroute, il est important que les zones basses avec peu de pente et susceptibles d'être inondées, aient un drainage correct.

✚ Eaux souterraines :

Dans la carte des ressources en eaux souterraines, on observe que le Lot-1 traverse trois grands aquifères.

- Le plus important est le réservoir alluvial de la plaine du Chélif qui est un bon aquifère.
- En second lieu, il y a l'aquifère tertiaire localisé sur les 30.5 premiers kilomètres. IL s'agit D'un aquifère moyen.
- Le troisième de ces aquifères est passable et arrive jusqu'à la fin du Lot-1.

II.6 Climat

Le climat est chaud et sec en été et froid en hiver.

Tableau.2-2 : variation moyenne mensuelle du climat. (Wikipédia)

| Mois | jan | fé | mars | avri | ma | jui | jui | aoû | sep | oct | nov | déc | Anné |
|--------------------------|-----|-----|------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | . | v. | | l | i | n | n. | t | . | . | . | . | e |
| Température moyenne (°C) | 8 | 9 | 11 | 13 | 17 | 22 | 26 | 26 | 22 | 17 | 12 | 9 | 16 |
| Précipitations (mm) | 134 | 110 | 95 | 76 | 48 | 16 | 3 | 6 | 28 | 63 | 89 | 109 | 64.75 |

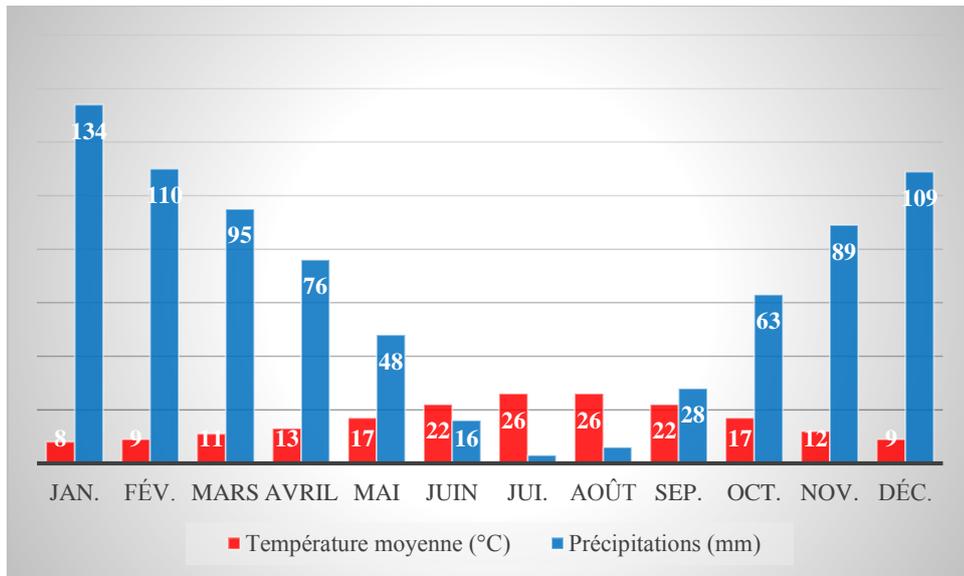


Figure.2-11 : Diagramme de précipitations et température de Khemis Miliana

II.1 Sismicité

Le Nord de l’Algérie est associé à une forte activité sismique, liée aux mouvements de collision aux frontières de deux plaques lithosphériques, africaine et eurasiatique.

On a classé le bassin de Chélif comme zone d’intensité maximale IX (séisme de 1980)1 donc à haut risque.

Le document technique réglementaire DTR, concernant les règles parasismiques algériennes applicable au domaine des ouvrages d’arts RPOA 2008”, élaboré par le CTTTP et le CGS (centre national de recherche appliquée en génie parasismique), divise le territoire algérien en quatre (05) zones de sismicité croissante, soit:

Tableau .2-3 : les cinq zones de sismicité croissante.

| Zone | 0 | I | IIa | IIb | III |
|-----------|-------------|--------|---------|--------|-------------|
| Sismicité | Négligeable | Faible | Moyenne | Elevée | Très élevée |

Tout ouvrage qui relève du domaine d’application des règles parasismiques algériennes RPOA 2008 doit être classé dans l’un des trois groupes définis ci-après :

- Groupe 1 Ouvrages d’importance stratégique;
- Groupe 2 Ouvrages de grande importance;
- Groupe 3 Ouvrages d’importance moyenne.

Les sites ont également fait l’objet d’une classification en fonction de leur nature géologique et des propriétés mécaniques de sols qui les constituent ; ainsi on distingue les catégories suivantes :

- **Catégorie S 1:** (site rocheux), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, $VS > 800$ m/s ;
- **Catégorie S 2:** (site ferme), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, $VS > 400$ m/s à partir de 10 m de profondeur ;
- **Catégorie S 3:** (site meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, $VS > 200$ m/s à partir de 20 m de profondeur ;
- **Catégorie S 4:** (site très meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, $VS < 200$ m/s dans les 20 premiers mètres ;

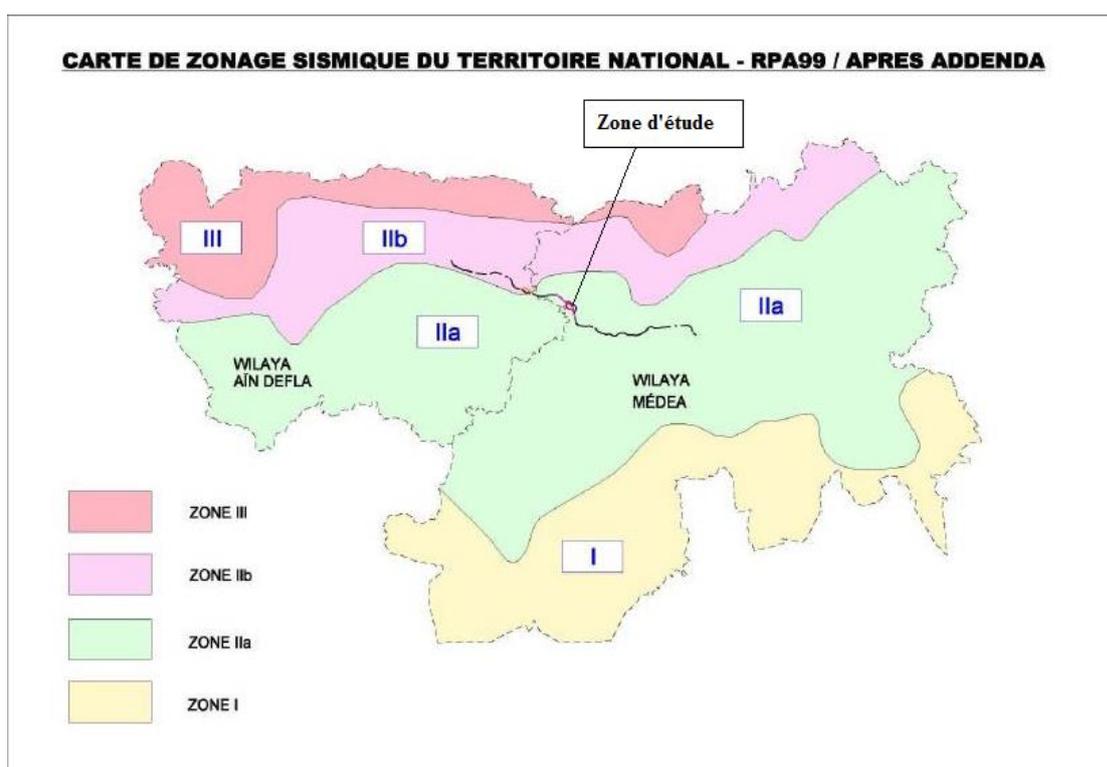


Figure. 2-12 : Carte de zonage sismique du territoire national

Tableau.2-4: coefficient d'accélération

| Groupe | Zone | | | |
|--------|------|------|------|------|
| | I | IIA | IIB | III |
| 1 | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.40 |
| 2 | 0.12 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| 3 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |

Sur la base de ce qui précède, le site étudié se situe dans la zone IIb/IIa qui correspond à une zone de sismicité moyenne, la section autoroutière Khemis Miliana-Berrouaghia est considérée comme un ouvrage de grande importance (groupe 2). L'infrastructure est occupée par un faciès ferme, donc classé catégorie S2.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait les analyses régionales et locales de la zone d'étude dans tous les documents a permis de définir les caractéristiques de la zone d'étude, (climatologie, hydrogéologie, géologie, morphologie, sismicité...etc.).

Le site est caractérisé par une pente importante ou bien exposée au glissement de terrain. Avec des terrains défavorables et une géomorphologie montagneuse (pente de déblai) et une sismicité moyenne et élevée.

Donc à partir de ces caractéristiques on peut étudier le phénomène de glissement au niveau de notre site dans le but de cerner les causes précises de l'instabilité de versant (PK7)

Chapitre III

III.1 Introduction

Dans le cadre de l'étude du glissement de terrain qui a survenu dans les talus d'un déblai routier (PK7) (fig.3-1) de la quatrième rocade, l'Echangeur RN18 (Wilaya de Ain Defla)-Echangeur RN1 (Médéa), une étude du glissement a été réalisé suivant la méthodologie décrite ci-dessous.

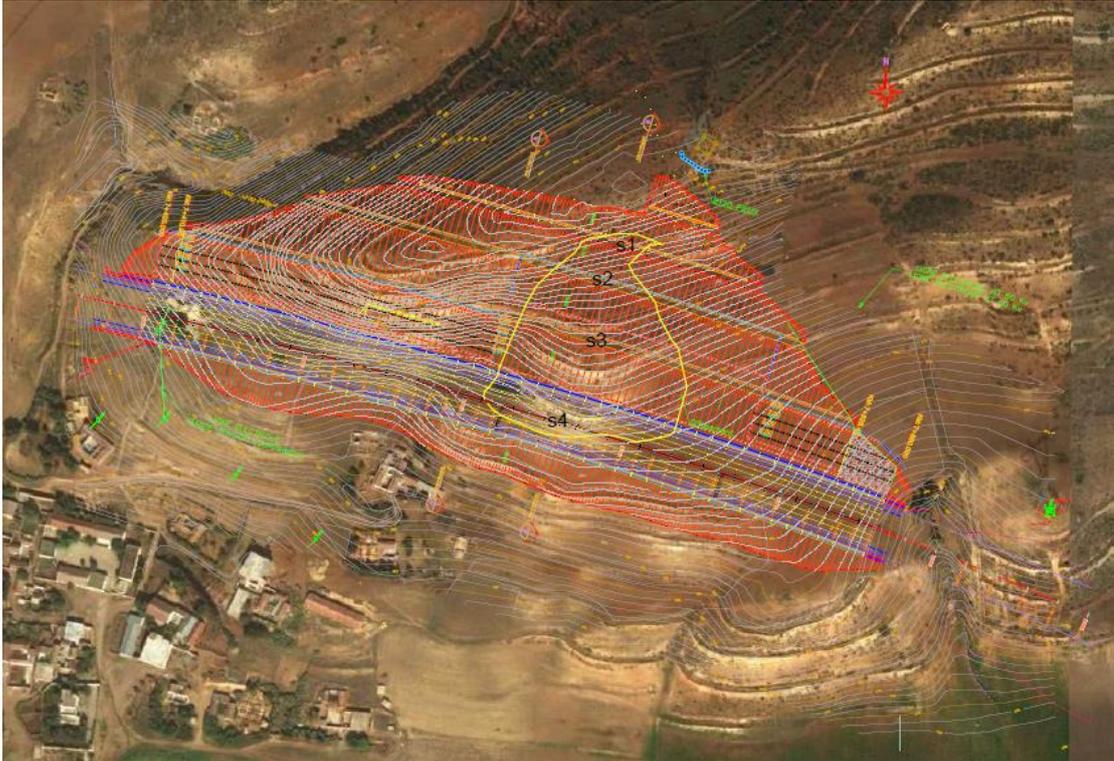


Figure. 3-1: localisation du glissement étudié

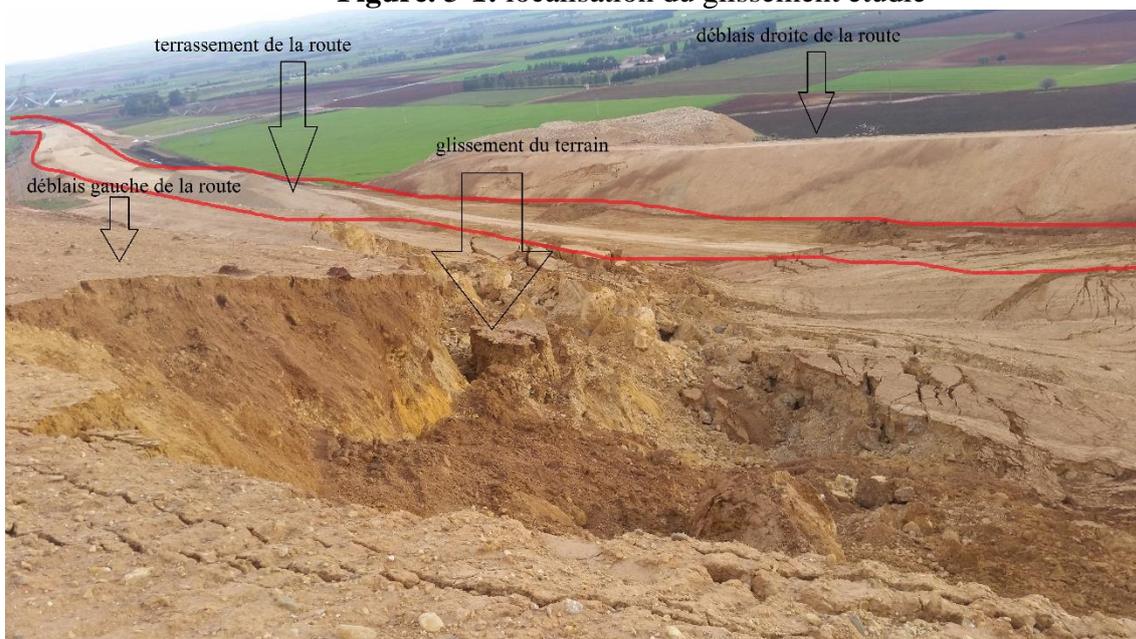


Figure.3-2: glissement dans PK7

III.2 Méthodologie de travaille

L'approche méthodologique utilisée dans le cadre de cette étude, comprend phases, résumées comme suit:

- Au cours de la première phase, des rapports techniques ont été recueillis auprès de l'agence nationale des autoroutes et des laboratoires des sols afin d'obtenir des données physiques et mécaniques sur les sols constituant le tronçon PK7+600. Ces rapports ont fourni 62 essais au laboratoire et 138 essais in situ.
- Dans la deuxième phase, une visite de la zone de glissement de terrain a été effectuée pour établir un état des lieux.
- Dans la troisième phase, une analyse de la stabilité de la pente a été réalisée afin d'évaluer l'effet de certains paramètres sur le facteur de sécurité.

III.2.1 Présentation des données collectées

Les données utilisées dans cette étude ont été collectées au niveau de l'entreprises « MAPA » et l'agence nationale des autoroutes (tab.3-1), il s'agit :

Des essais au laboratoire

- ✓ (27) essais d'analyse granulométrique selon la norme ASTM D 422.
- ✓ (27) essais Limittes d'Atterberg selon la norme ASTM D 4318.
- ✓ (27) essais teneur en eau selon la norme ASTM D2216.
- ✓ (1) Compression triaxiale sur les matériaux (UU) selon la norme ASTM D2850.
- ✓ (6) essais de consolidation selon la norme ASTM D 2435
- ✓ (2) essais cisaillement rectiligne (UU) selon la norme ASTM D3080
- ✓ (8) essais Pression à l'axe unique selon la norme ASTM D2166
- ✓ (1) Essais sédimentomètre selon la norme ASTM D 422.
- ✓ (1) Essais de compression uniaxiale selon la norme NF P 94-077

Des essais in situ :

- ✓ (124) forage
- ✓ On a sélectionnés dans la zone d'étude (12) sondages chacun sa profondeur.
- ✓ (10) essais pénétromètre dynamique poussés jusqu'au refus.
- ✓ (4) essais pressiomètre selon la Norme NF P94-110-1.

Tableau.3-1 : Récapitulatif différents essais réalisés par le laboratoire

| | Type d'essai | Nom d'essai | La norme d'essai | Nombre d'essai |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|----------------|
| Les essais in situ | Essais mécaniques | Sondages carottés | | 12 |
| | | Pénétromètre | | 10 |
| | | pressiomètre | NF P94-110-1 | 4 |
| Les essais au laboratoire | Essais physiques | Teneur en eau | ASTM D2216 | 27 |
| | | Analyses Granulométrique | ASTM D 422 | 27 |
| | | sédimentomètre | ASTM D 422 | 1 |
| | | Limites d'Atterberg | ASTM D 4318 | 27 |
| | Essais mécaniques | Pression à l'axe unique | ASTM D2166 | 8 |
| | | Cisaillement Rectiligne (UU) | ASTM D3080 | 2 |
| | | Consolidation | ASTM D 2435 | 6 |
| | | triaxiale | ASTM D2850 | 1 |
| | | Essais de compression uniaxiale | NF P 94-077 | 1 |
| | | | | |

III.3 Résultats

III.3.1 Stratigraphie

Les forages ont été réalisés dans le but de décrire la nature du sol en place et de récupérer les échantillons pour des essais en laboratoire.

Six sondages ont été réalisés au droit de l'axe de la chaussée gauche de l'autoroute (vers Khemis Miliana), noté BH40; BH41; BH42; BH43;BH44; BH45de profondeur allant respectivement à 22m; 15.10m;43m; 35.50m ;22.90m et 22m de profondeurs et les sondages implantés le long de l'accotement de la chaussée droite sont stable .

La description visuelle les logs de sondages réalisés et des sections lithologiques effectuées (AA'), (BB') et (CC') (fig.3-3 jusqu'à fig.3-5) en corrélation avec plusieurs sondages carottés, mettent en évidence un terrain hétérogène.

Les formations suivantes ont été identifiées:

Tableau.3-2: lithologie des sondages carottés

| N° | Profondeurs | Description du sol |
|-------------|----------------|---|
| BH40 | 0 à 4.50m | Gravier |
| | 4.50 à 6m | Argile sableuse |
| | 6 à 10.70m | Gravier |
| | 10.70 à 11.10m | Argile sableuse |
| | 11.10 à 16.20m | Gravier localement interlité de grés (entre 12,00-12,70) |
| | 16.20 à 22m | Argile sableuse |
| BH41 | 0 à 6.40m | Gravier sableux argileux |
| | 6.40 à 15.10m | Argile |
| BH42 | 0 à 1.50m | Argile |
| | 1.50 à 17.50m | Gravier |
| | 17.50 à 24m | Argile graveleuse |
| | 24 à 43m | Argilite-grés-marne alternation |
| BH43 | 0 à 15m | Gravier |
| | 15m à 24m | Argile sableuse avec des couches de grés |
| | 24 à 31.50m | Argile dure |
| | 31.50 à 35.50m | Argile dure / Marne |
| BH44 | 0 à 1.50m | Argile hautement plastique, Argile limoneuse |
| | 1.50 à 4m | Argile très rigide, Argile sableuse |
| | 4 à 5.25m | Argile très rigide à dure, hautement plastique, sableuse localement |
| | 5.25 à 8m | Gravier sableux |
| | 8 à 22.90m | Argile très rigide à dure, hautement plastique, sableuse et localement graveleuse |
| BH45 | 0 à 2.50m | Argile |
| | 2.50 à 8m | Argile graveleuse et sableuse |
| | 8 à 13m | Gravier argileux sableux |
| | 13 à 22m | Argile |

L'analyse de ces sondages ont permis d'établir des sections montrées dans les figures 3-3, 3-4 et 3-5

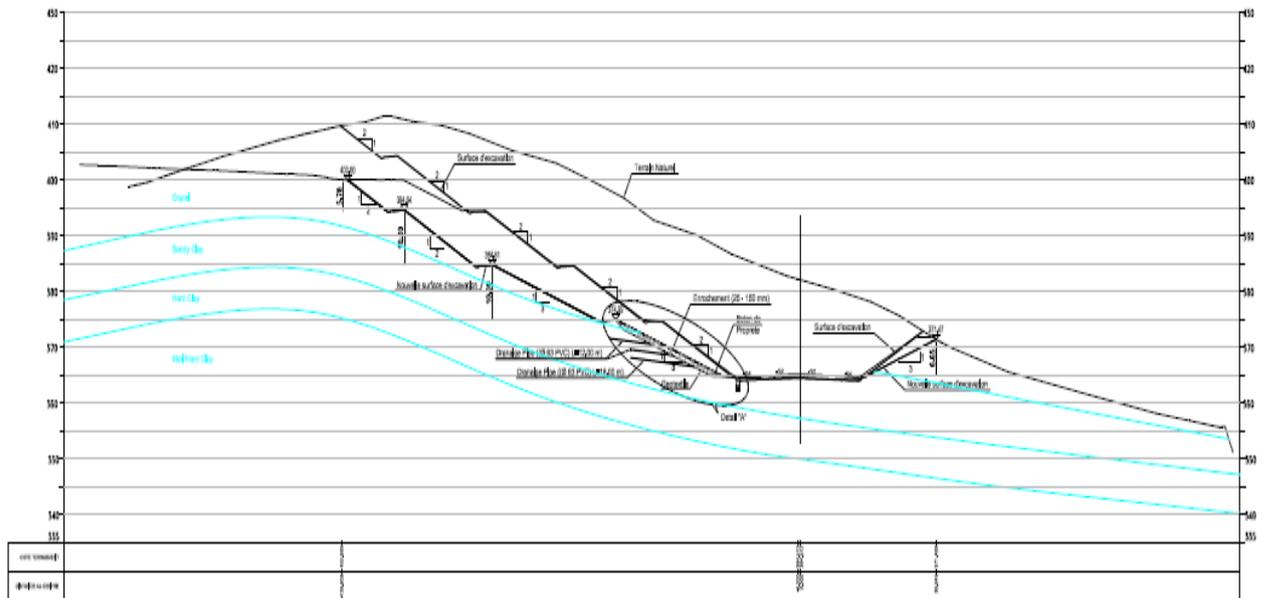


Figure.3-3 : section AA' 7+600

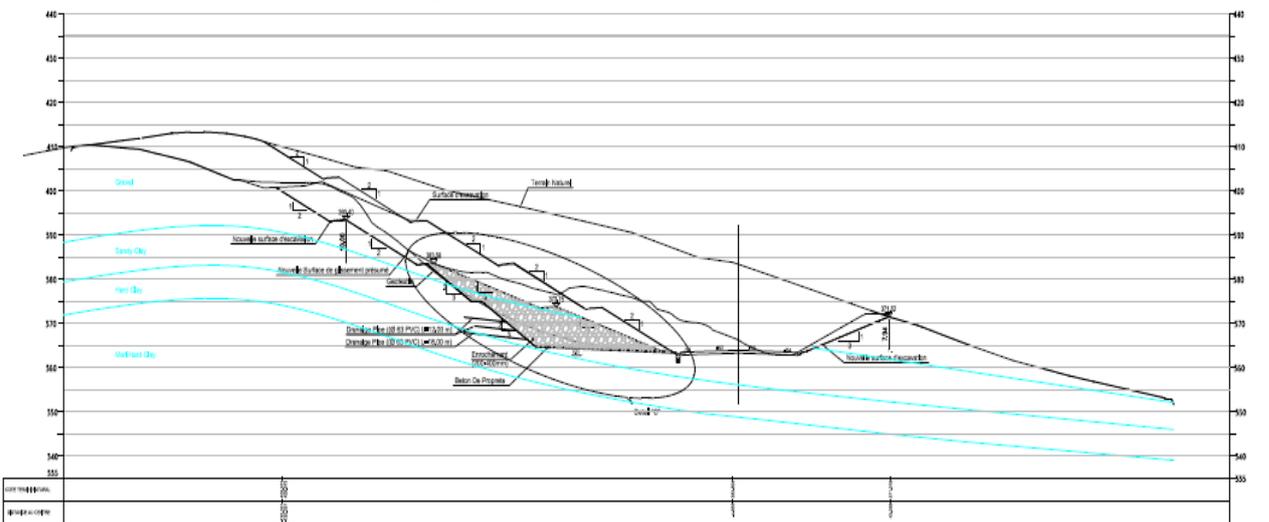


Figure.3-4 : section BB' 7+660

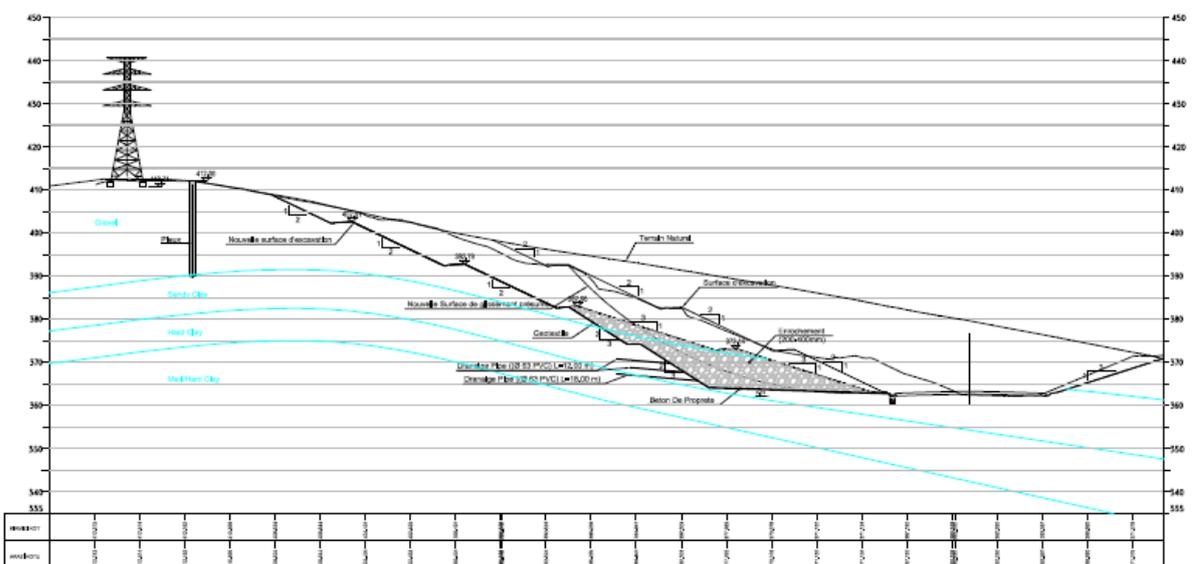


Figure.3-5 : section CC' 7+693

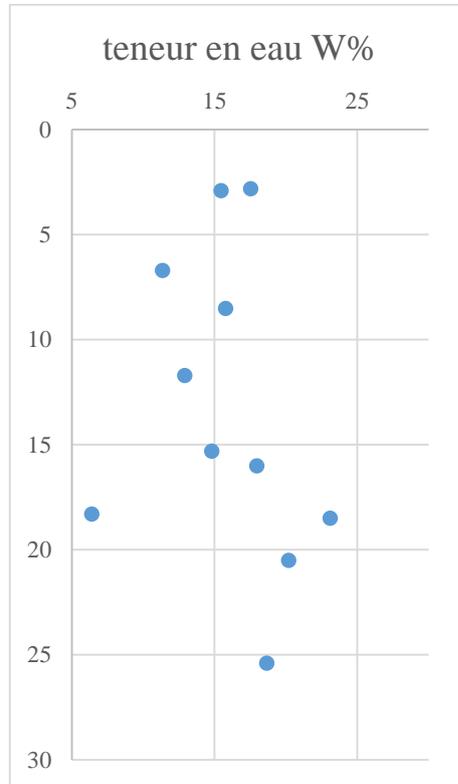
III.3.2 Les essais d'identification**III.3.2.1 Essais au laboratoire****✚ Essais physique****❖ Teneur en eau**

Figure.3-6 : la variation des valeurs de teneur en eau par rapport à la profondeur

D'après la variation des valeurs de teneur en eau les couches superficielles sont constantes au cours de la profondeur et une présence d'une poche d'eau à une capacité portante.

❖ Analyse Granulométriques

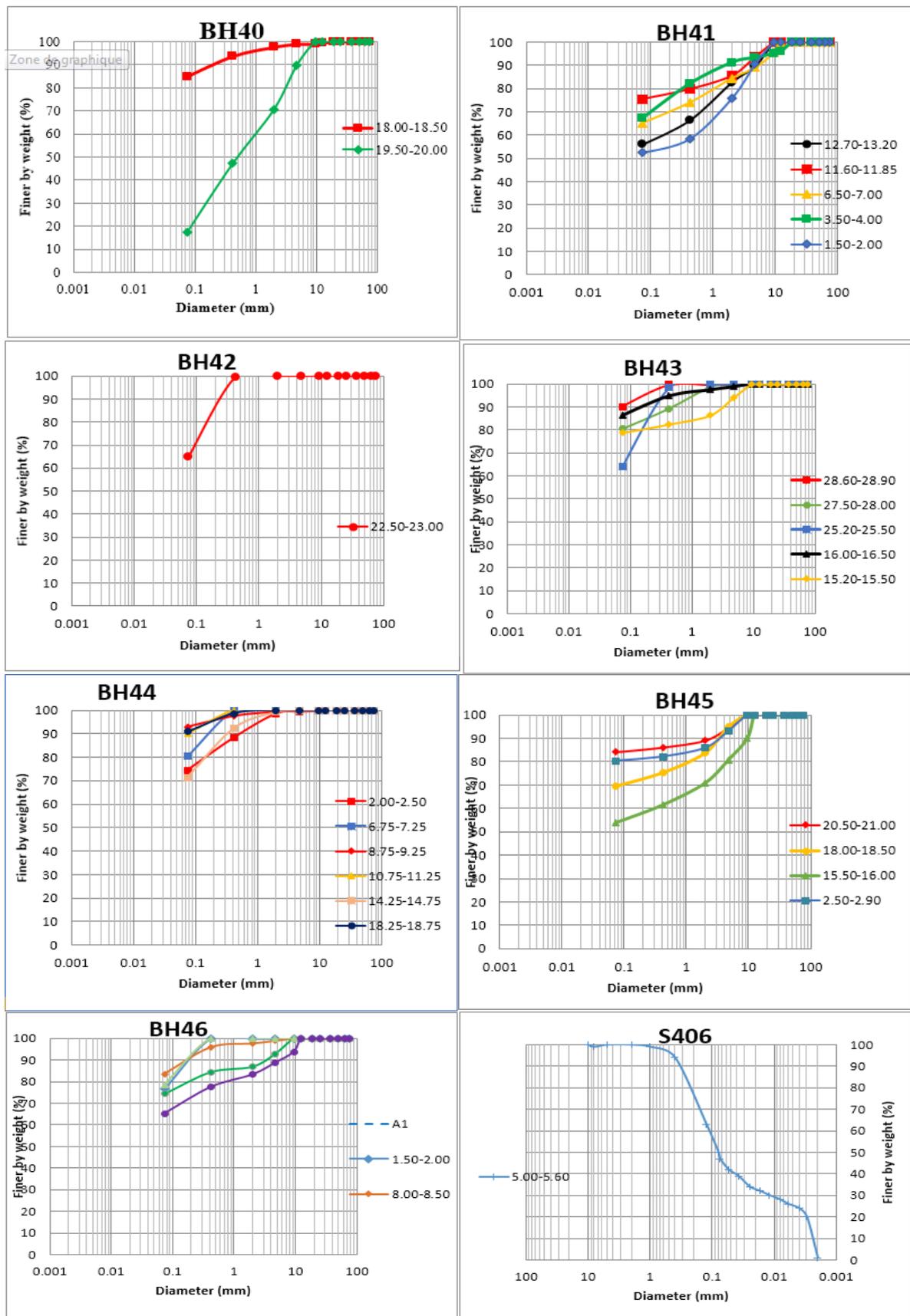


Figure.3-7: l'analyse granulométriques

Les pourcentages des différentes fractions sont résumés dans le (tableau 3-3)

Tableau.3-3 : différentes fractions.

| | Profondeur | GRAVIER % | SABLE % | ARGILE% |
|------|-------------|-----------|---------|---------|
| BH40 | 18.00-18.50 | 10.07 | 72.49 | 17.44 |
| | 19.50-20.00 | 1.11 | 14.04 | 84.86 |
| BH41 | 1.50-2.00 | 9.49 | 38.2 | 52.31 |
| | 3.50-4.00 | 6.71 | 26.06 | 67.22 |
| | 6.50-7.00 | 10.98 | 23.78 | 65.24 |
| | 11.60-11.85 | 6.23 | 18.33 | 75.44 |
| | 12.70-13.20 | 10.34 | 33.72 | 55.95 |
| BH42 | 22.50-23.00 | 0 | 35.02 | 64.98 |
| BH43 | 15.20-15.50 | 5.99 | 15.34 | 78.67 |
| | 16.00-16.50 | 1.23 | 12.31 | 86.47 |
| | 25.20-25.50 | 0 | 36.04 | 63.96 |
| | 27.50-28.00 | 0 | 19.44 | 80.56 |
| | 28.60-28.90 | 0 | 9.95 | 90.05 |
| BH44 | 2.00-2.50 | 0.71 | 24.94 | 74.36 |
| | 6.75-7.25 | 0 | 19.56 | 80.44 |
| | 8.75-9.25 | 0.16 | 7 | 92.84 |
| | 10.75-11.25 | 0 | 9.93 | 90.07 |
| | 14.25-14.75 | 0.15 | 28.59 | 71.25 |
| | 18.25-18.75 | 0 | 9.17 | 90.83 |
| BH45 | 2.50-2.90 | 6.93 | 12.77 | 80.3 |
| | 15.50-16.00 | 19.13 | 26.98 | 53.89 |
| | 18.00-18.50 | 5.09 | 25.24 | 69.67 |
| | 20.50-21.00 | 5.43 | 10.35 | 84.22 |
| BH46 | 1.50-2.00 | 0 | 23.47 | 76.53 |
| | 6.00-6.50 | 11.13 | 23.55 | 65.32 |
| | 8.00-8.50 | 1.12 | 15.27 | 83.61 |
| | 10.50-11.00 | 7.2 | 18.42 | 74.39 |
| | 12.50-13.00 | 0 | 21.38 | 78.627 |

Tableau.3-4 : Classification GTR

| Sondages | Classification GTR | Interprétation et recommandation |
|----------------|--------------------|--|
| S1 (1-15m) | C2 B5 m | Matériau peut être réutilisé en remblai |
| S1 (15-24m) | C2 A1 m | Réutilisable selon les recommandations GTR |
| S1 (24-30m) | C2 A1 h | Réutilisable selon les recommandations GTR |
| S1 (30-35m) | A1 th | Non utilisable |
| S2 (0-5.25m) | A1 h | Réutilisable selon les conditions GTR |
| S2 (5.25-8m) | C2 B5 m | Réutilisable selon la GTR |
| S2(8.00-22.9m) | A1 m | Réutilisable selon la GTR |
| S3 (0-15m) | C2 B5 m | Matériau réutilisable |
| S3 (15-22m) | B2 h | La sensibilité à l'eau, matériau peut être réutilisable selon les recommandations de GTR |

S1=BH43=35 m

S2=BH44=23 m; BH45=22 m; BH46=20 m

S3=BH40=22 m ; BH41=15 m ; BH42=43 m

C2 %élément refus<60 %

h : humide

m : moyen

th : très humide

C2 B5 argile à silex

C2A1 argile à silex

A1 limon peut plastique

C2 B5 m argile à silex moyen

B2 h sable argileux humide

❖ Les limites d'Atterberg

Tableau.3-5 : les résultats des limites d'atterbergue.

| | Profondeur | WL | IP |
|-------------|-------------------|-----------|-----------|
| BH40 | 19.50-20.00 | 38.8 | 16.2 |
| BH41 | 1.50-2.00 | 55.7 | 25.4 |
| | 3.50-4.00 | 33.7 | 11.2 |
| | 3.50-4.00 | 38.4 | 18 |
| | 11.60-11.85 | 37.4 | 18.3 |
| | 12.70-13.20 | 37.9 | 19 |
| BH42 | 22.50-23.00 | 31.5 | 8.2 |
| BH43 | 15.20-15.50 | 53.6 | 21.2 |
| | 16.00-16.50 | 53.1 | 17.3 |
| | 25.00-25.50 | 48.1 | 33.1 |
| | 27.50-28.00 | 65.7 | 27.5 |
| | 28.60-29.00 | 44.6 | 28.4 |
| BH44 | 2.00-2.50 | 29.1 | 17 |
| | 6.75-7.25 | 49.2 | 27.7 |
| | 8.75-9.25 | 34.1 | 19.7 |
| | 10.75-11.25 | 43.6 | 29.6 |
| | 14.25-14.75 | 44.9 | 22.7 |
| | 18.25-18.75 | 48.6 | 29.5 |
| BH45 | 2.50-2.90 | 43.9 | 22.9 |
| | 15.50-16.00 | 39.9 | 22.7 |
| | 18.00-18.50 | 42.1 | 20.9 |
| | 20.50-21.00 | 55.6 | 29.2 |
| BH46 | 1.50-2.00 | 31.9 | 17.2 |
| | 6.00-6.50 | 32.4 | 17.6 |
| | 8.00-8.50 | 35.2 | 18.8 |
| | 10.50-11.00 | 32.9 | 19.3 |
| | 12.50-13.00 | 33 | 16.3 |

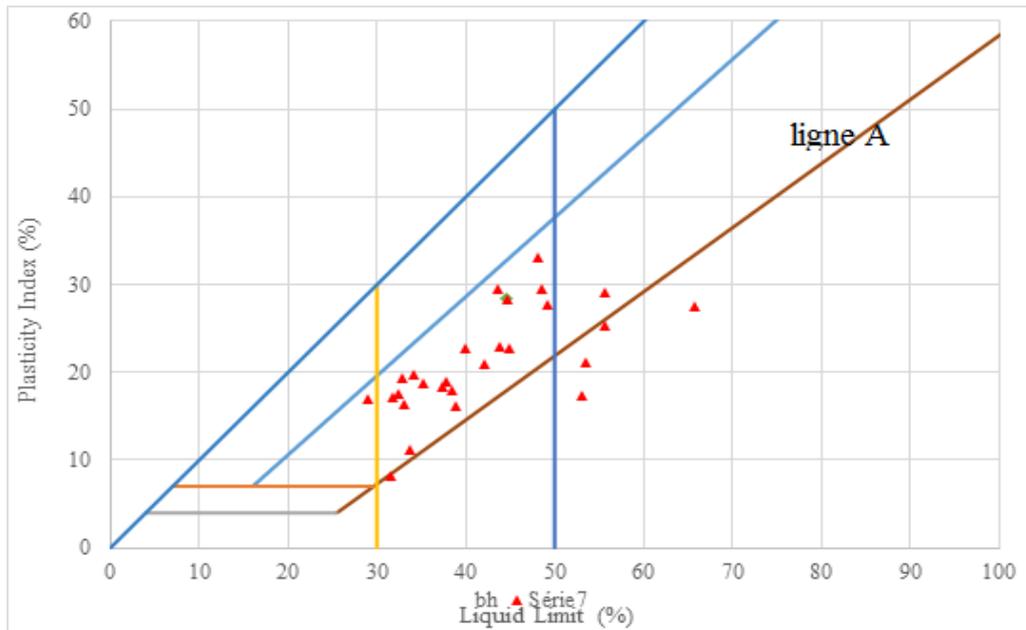


Figure.3-8: Abaque de plasticité de Casagrande

Les paramètres sur l’abaque de Casagrande se situent en grande majorité au-dessus de la droite marron; ressort que le sol en place s’intègre dans le domaine des sols Argile peu plastique « AP » à moyen plastique et quelque paramètre situent au-dessous de la ligne A dans le domaine limon très plastique « LP ».

Les valeurs d’IP et WL varient comme suit : $33.1 < IP < 8.2$

$$65.7 < WL < 29.1$$

Les essais mécaniques

❖ Pression à l’axe unique

Tableau.3- 6: résultats d’essais de la Pression à l’axe unique

| sondage | profondeur | P (kg) | A (cm ²) | qu (kg/cm ²) | qu (N/m ²) |
|---------|-------------|--------|----------------------|--------------------------|------------------------|
| BH40 | 18.50-19.00 | 216 | 59.17 | 3.65 | 0.37 |
| BH41 | 6.50-7.00 | 443 | 61.4 | 7.21 | 0.72 |
| | 11.60-11.85 | 262 | 60.99 | 4.30 | 0.43 |
| BH43 | 15.20-15.50 | 199 | 59.77 | 3.33 | 0.33 |
| | 28.60-28.90 | 233 | 57.95 | 4.02 | 0.40 |
| BH45 | 15.50-16.00 | 125.5 | 64.2 | 1.95 | 0.20 |
| | 18.00-18.50 | 210.5 | 64.25 | 3.28 | 0.33 |
| BH46 | 8.00-8.50 | 261 | 60.56 | 4.31 | 0.43 |

P: poids de rupture

A: champ ajusté

qu: uniaxial puissance compressive

D'après les résultats du « qu » la classification du sol selon le tableau du (Hoek and Brown 1997) (ISRM 1978) notre sol est classé dans de grade S5 et S6 qui signifier un sol d'argile très rigide et argile dure.

❖ **Essais de cisaillement rectiligne**

Les résultats des deux essais de cisaillement de type UU réalisé sur la carotte du sondage BH45 sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau .3-7: résultats des essais de cisaillement

| Profondeur | La cohésion (C) (kPa) | Angle de frottement ϕ (°) |
|-------------|-----------------------|--------------------------------|
| 2.50-2.90 | 79.6 | 15.5 |
| 20.50-21.00 | 142.6 | 12.5 |

❖ **Les caractéristiques de tassement**

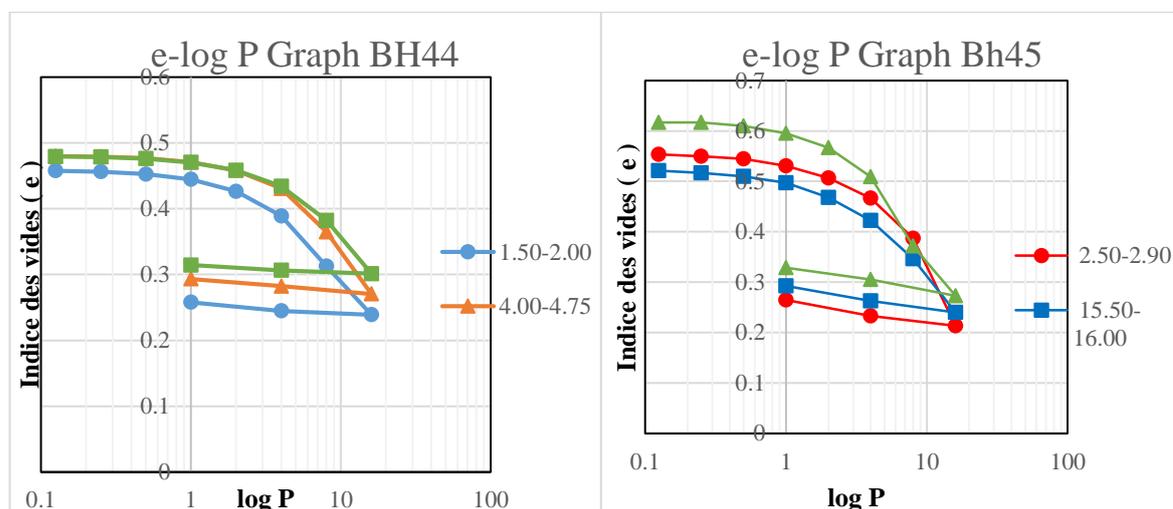


Figure.3-9: courbes de compressibilité e-log σ

Tableau.3-8: résultats des caractéristiques de tassement

| sondage | profondeur | Cc | Cg | σ_c |
|---------|-------------|-------|--------|------------|
| BH 44 | 1.50-200 | 0.018 | 0.0066 | 3.5 |
| | 4.00-4.75 | 0.017 | 0.0033 | 3.5 |
| | 9.85-10.35 | 0.01 | 0.0033 | 3 |
| BH 45 | 2.50-2.90 | 0.02 | 0.0116 | 4.5 |
| | 15.50-16.00 | 0.017 | 0.01 | 3 |
| | 20.50-21.00 | 0.035 | 0.011 | 3.5 |

❖ **Triaxial**

Les caractéristiques mécaniques obtenues sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau.3-9 : résultats d'essai triaxial

| | |
|---|------|
| Angle de frottement interne ϕ (derece) | 5.7 |
| Cohésion C (kgf/cm ²) | 1.30 |

❖ **Essais de compression uniaxiale**

Les résultats d’Essais de compression uniaxiale réalisée sur la carotte du sondage BH43 sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau.3-10 : les résultats de compression uniaxiale

| N° sondage | Profondeur | Charge de rupture (kgf) | Résistance en compression uniaxiale (kg/cm ²) | Résistance en compression uniaxiale (MPa) |
|------------|------------|-------------------------|---|---|
| BH-43 | 6.50-7.00 | 17066.5 | 311.7 | 30.77 |

Apartir de ces résultats on peut apprécier que la valeur est moyenne (I.S.R.M).

III.3.2.2 les essais in-situ

❖ **Standard penetration test**

Les résultats des essais de pénétrations standards effectuées au cours des forages sont présentés dans le graphique ci-dessous.

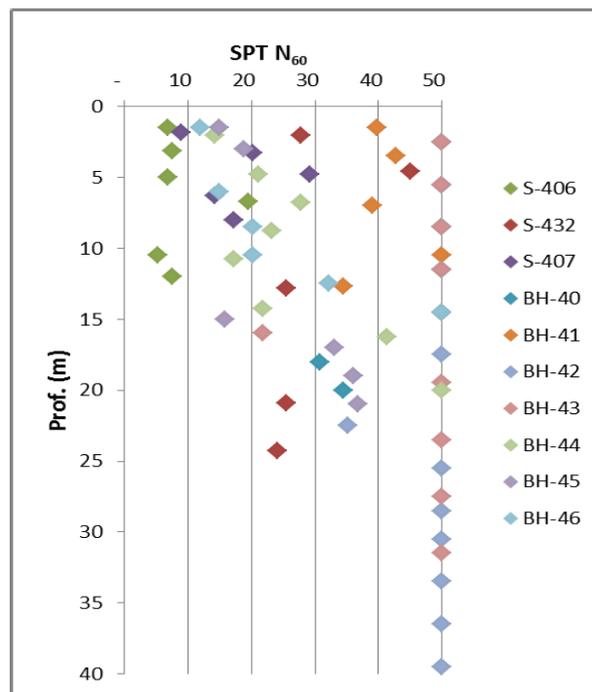


Figure.3-10 : Variation des Valeurs SPT N60 en Profondeur (PK: 6+900 -9+600)

0-15 enfoncement d'amorçage jusqu'à 15 cm ; 15-30 enfoncement jusqu'à 30 cm ; 0-45 cm enfoncement jusqu'à 45 cm ; N le nombre de coups Pour battage 45cm sans compter les nombre de battage pour les premiers 15 cm.

Donc le SPT est un essai pour évaluer la résistance des couches en fonction de l'enfoncement et le nombre de battage On l'utilise pour deux buts :

1-calcul de l'equifaction de sable.

2-pour estimer la capacité portante comme dans notre cas.

Le graphe c'est juste pour avoir une idée sur l'enfoncement de la tige en fonction de nombre de coups de battage Norme NF 94-116.

Pour notre cas on constate ce que suit :

Pour BH40 on voit que la resistance de la couche la plus importante est celle qui correspond a N 30 un peu prêt au ni eau de 5 m de profondeur, BH41 au niveau de 1p m de profondeur N=50, BH42 au niveau de 17m N=50

S-432 Dans les tests de SPT effectués dans l'unité d'argile, les valeurs de N varient entre 32 et 34; l'unité est de consistance dure.

BH40 Dans les tests de SPT effectués dans l'unité d'argile, les valeurs N varient entre 41-46, et l'unité est de contenance dure.

BH41 Dans les tests de SPT effectués dans cette unité, les valeurs de N varient entre 46-refus (>50).

Les valeurs N ont été révisées pour un niveau d'énergie de 60%, à l'égard d'un niveau d'énergie de terrain de 45%.

❖ **Préssiomètre :**

Trois essais pressiométriques ont été réalisés dans la zone d'étude. La variation des valeurs du Module pressiométriques (EP) et de la Pression de Limite (PL) sont présentées dans la figure.3-

11

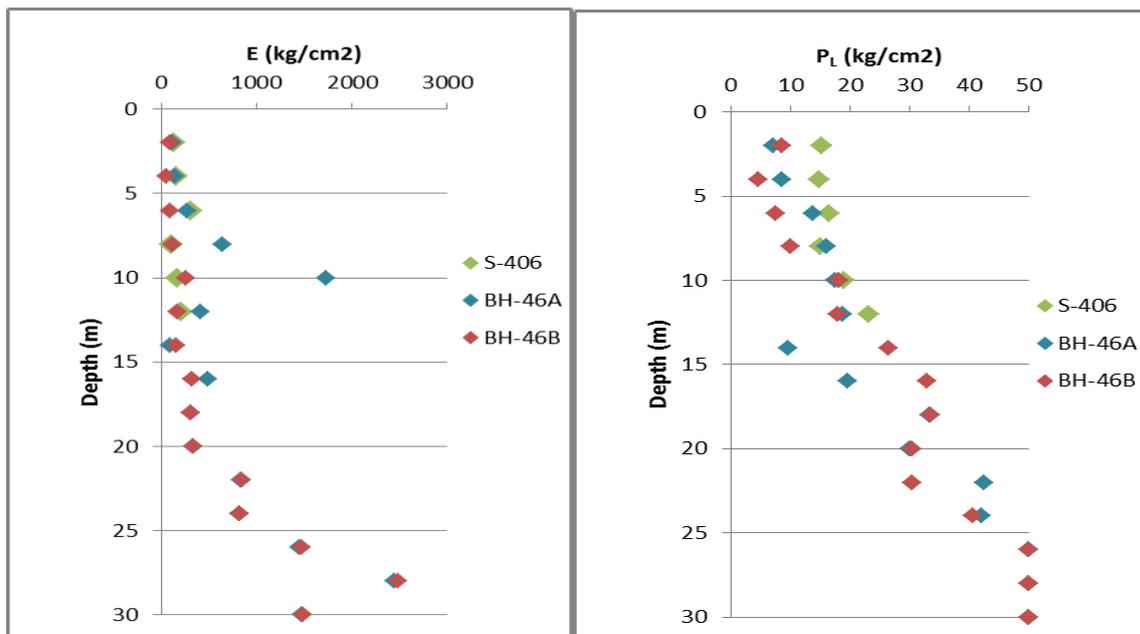


Figure.3-11 : Résultats des Essais de Pressiomètre

Les résultats du l'essai pressiométrique sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau.3-11 : résultats d'essais pressiométrique (Ep ; Pl ; Ep/Pl)

| S-406 | | | | BH-46A | | | | BH-46B | | | |
|-------|--------|-------|----------|--------|------|------|----------|--------|------|------|----------|
| Prof. | Ep | Pl | EP/Pl | Prof. | Ep | Pl | EP/Pl | Z | Ep | Pl | EP/Pl |
| 2 | 125.11 | 15.14 | 8.26354 | 2 | 116 | 7.1 | 16.33803 | 2 | 90 | 8.6 | 10.46512 |
| 4 | 153.31 | 14.76 | 10.38686 | 4 | 141 | 8.6 | 16.39535 | 4 | 54 | 4.6 | 11.73913 |
| 6 | 306.15 | 16.51 | 18.54331 | 6 | 271 | 13.8 | 19.63768 | 6 | 90 | 7.6 | 11.84211 |
| 8 | 110.82 | 15.01 | 7.383078 | 8 | 642 | 16.1 | 39.87578 | 8 | 113 | 10 | 11.3 |
| 10 | 173.81 | 18.9 | 9.196296 | 10 | 1720 | 17.5 | 98.28571 | 10 | 256 | 18.2 | 14.06593 |
| 12 | 201.78 | 23.12 | 8.727509 | 12 | 417 | 18.8 | 22.18085 | 12 | 175 | 17.9 | 9.776536 |
| | | | | 14 | 94 | 9.6 | 9.791667 | 14 | 157 | 26.5 | 5.924528 |
| | | | | 16 | 488 | 19.5 | 25.02564 | 16 | 320 | 32.9 | 9.726444 |
| | | | | 18 | 308 | 33.2 | 9.277108 | 18 | 305 | 33.5 | 9.104478 |
| | | | | 20 | 336 | 30 | 11.2 | 20 | 332 | 30.3 | 10.9571 |
| | | | | 22 | 839 | 42.5 | 19.74118 | 22 | 849 | 30.3 | 28.0198 |
| | | | | 24 | 817 | 42 | 19.45238 | 24 | 826 | 40.5 | 20.39506 |
| | | | | 26 | 1448 | ≥50 | | 26 | 1467 | ≥50 | |
| | | | | 28 | 2445 | ≥50 | | 28 | 2478 | ≥50 | |
| | | | | 30 | 1467 | ≥50 | | 30 | 1486 | ≥50 | |

Pressiomètre est un appareil découvert par ING. Menard pour mesurer la pression limite dans le sondage Et ça pour mesurer la capacité portante qui nous aide à dimensionner les fondations. Pour pressiomètre La même chose Les graphes présente la variation des pressions limite en fonction de profondeur Ainsi que la variation de module d'élasticité en fonction de profondeur Pour Pl :

S406 pour 12 m on a 23.12 kg/cm² BH46 pour 22 m on a 42.5 kg/cm² BH 46B profondeur de 28 m on a 2478 kg/cm² Pour E ; S406 pour prof de 6m on a 306 kg/cm³; Bh46A pour 10m on a 1720 kg/cm².

Norme pressiomètre menard NF 94-110.

Conclusion

Les reconnaissances géotechniques nous a permet d'avoir une description approchée des terrains et d'estimer leurs propriétés physiques et mécaniques nécessaires dans les calculs Vu la nature lithologique qu'on a rencontré (gravier et argile, marne) qui ne se prête pas aux essais mécaniques ; excepté les essais d'identification physiques, on a proposé les valeurs des paramètres usuels pour ce genre de formation.

Chapitre IV

IV.1 Synthèse et interpretation

Logiciel

Les vérifications de stabilité ont été faites par logiciel Slide version 6.009 développé au canada par Rocscience.

Ce logiciel se base sur la méthode d'équilibre limite (BISHOP, SPENCER, JANBU.....)

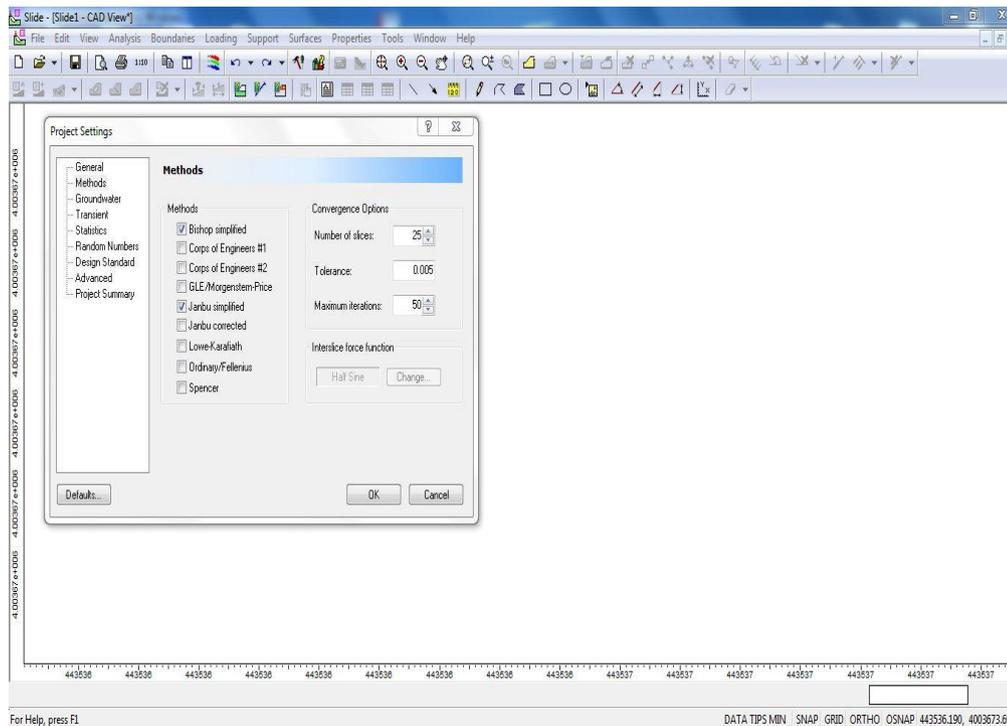
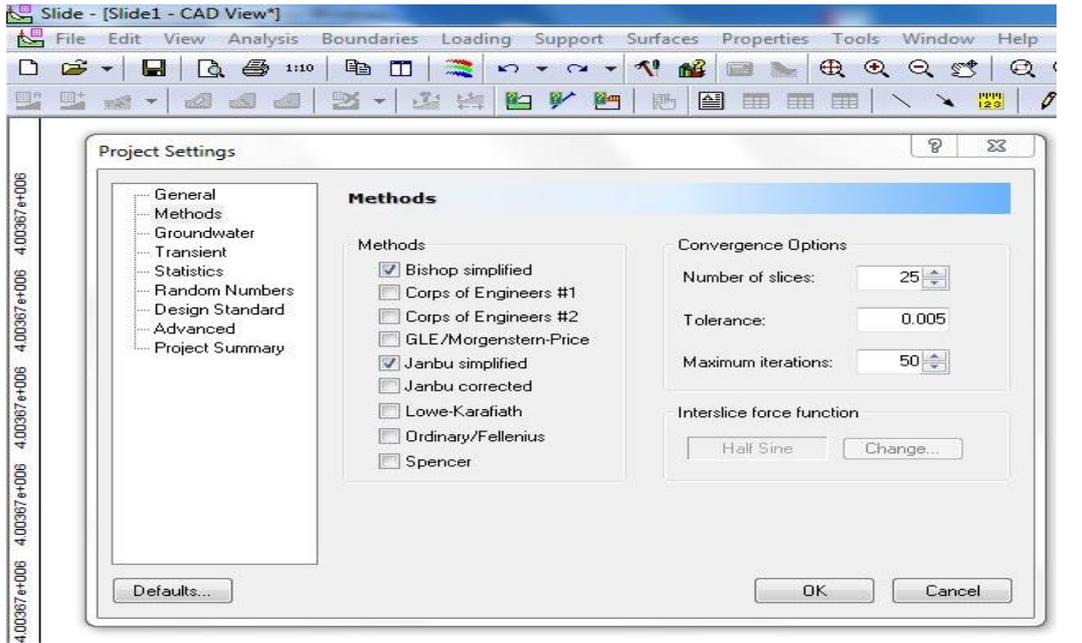


Figure.4-1 : interface présente les méthodes a utilisé

Ce logiciel fonction graduellement selon les trois grandes lignes

- **Input**

englobe la modélisation géométrique ,introduction des paramètres géotechniques tel que densité , cohésion , angle de frottement pour chaque couche ainsi que un éventuel Confortement , loading , nappe

- **Analysis**

Recherche de stabilité de pente qui se résume en coefficient de sécurité FS en cas statique et dynamique (selon le cas)

- **Output**

Le coefficient de sécurité qui correspond au cercle de glissement le plus défavorable

Ci-après un model géométrique avec l'introduction de caractéristiques géotechniques, nappe , charge

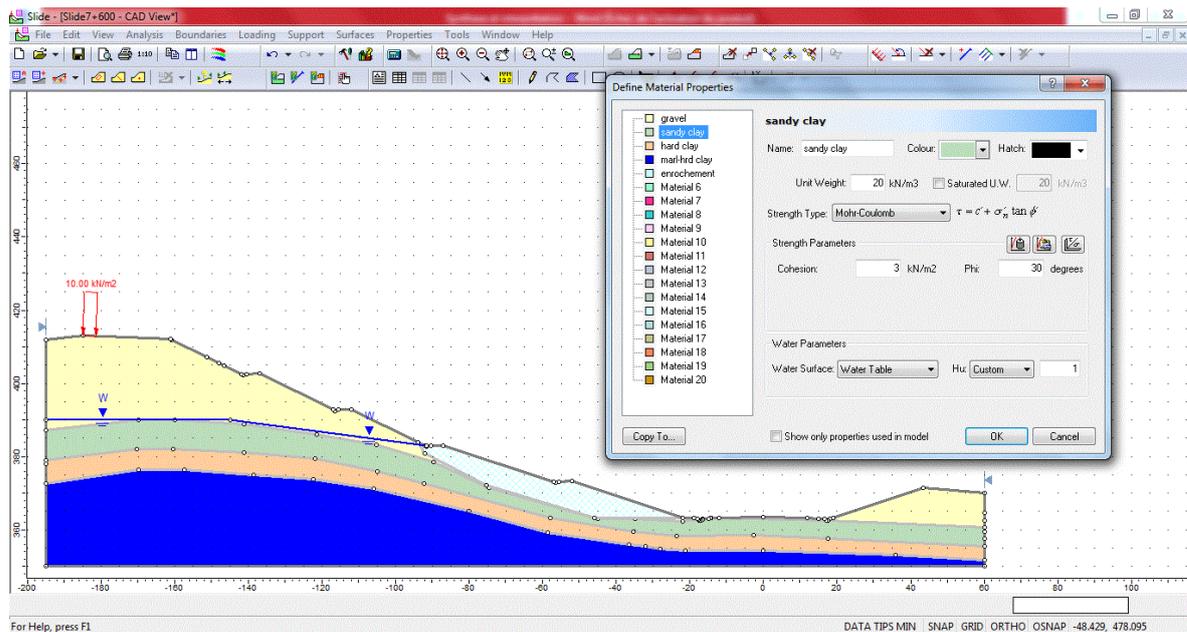


Figure.4-2:introduction des paramètres géotechnique pour chaque couche

Dans notre cas :

On n'a pas de nappe au niveau de couche ; On a un poteau d'électricité à haute tension mais il a été étudié séparément avec la zone de glissement de talus.

IV.2 La géométrie des talus

La géométrie du modèle a été déduite du profil en travers qui correspond au pk 7+680, sujet au problème de glissement. La coupe a été prise parallèlement à l'axe de glissement, La hauteur du talus est de 10 m où un déblai de 43 m a été réalisé. La largeur des banquettes est de 05 m.

Ci-après un profil en travers courant à l'axe du glissement

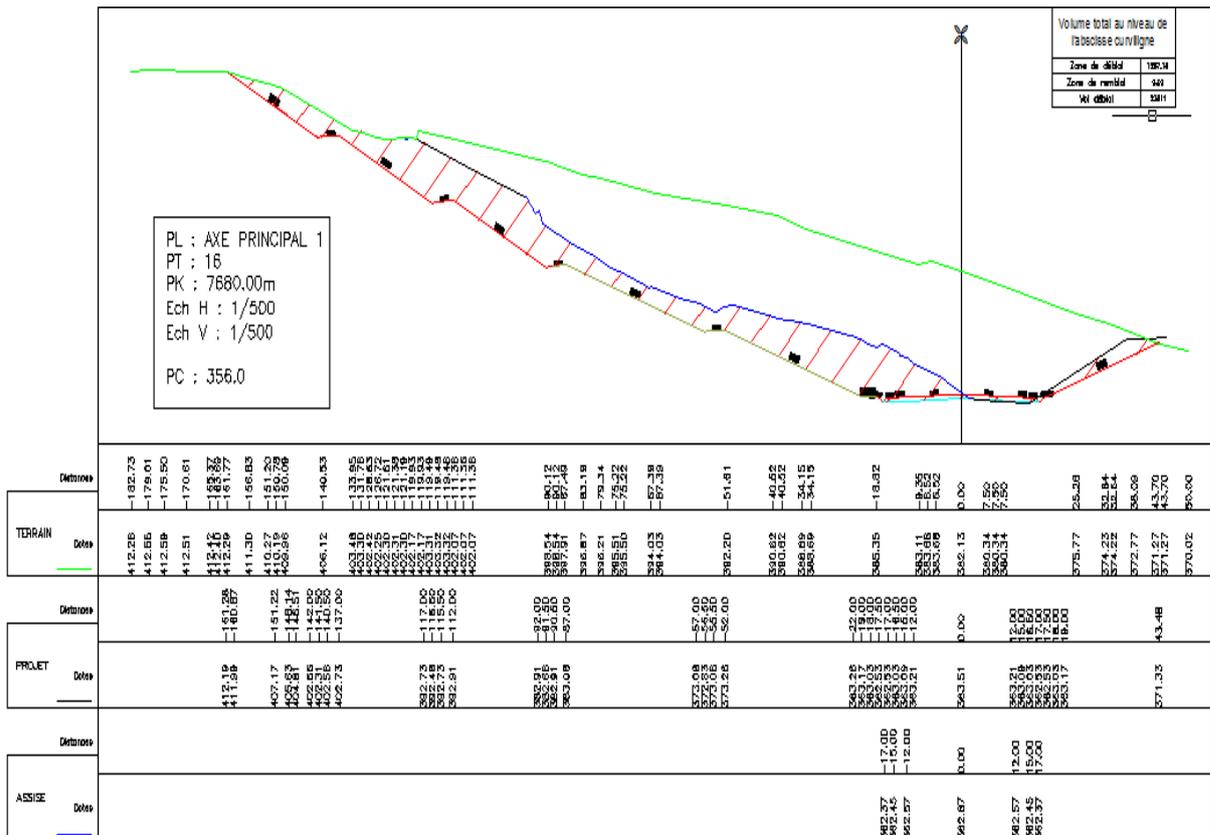


Figure.4-3 : profil en travers type courant au niveau du glissement

IV.3 Principe de calcul et paramètres géotechnique

Les paramètres géotechniques utilisés dans ce model ont été recueillis des résultats des essais géotechniques

Tableau.4-1:les paramètres géotechniques

| couches | Densité sèche (kN/m3) | Cohésion (Kpa) | Angle de frottement (°) | r _u |
|--------------------|-----------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| Gravier | 20 | 5 | 33 | - |
| Argile sableux | 20 | 3 | 30 | 0.4 |
| Argile dure | 19 | 20 | 26 | 0.4 |
| Marne /Argile dure | 20 | 20 | 30 | 0.1 |
| Enrochement | 24 | 5 | 38 | - |

Le coefficient de sécurité a été calculé en utilisant la méthode de Bishop simplifiée, dans des conditions drainées et non drainés. Nappe phréatique basse.

L'analyse de stabilité a été effectuée dans des conditions statique et dynamique. L'infiltration des eaux de pluies et des poches d'eau ont simulé par le coefficient de pression interstitielle " r_u ".

Le coefficient de sécurité recherché est de 1

On a utilisé les Coefficient partiels pour les effets des actions

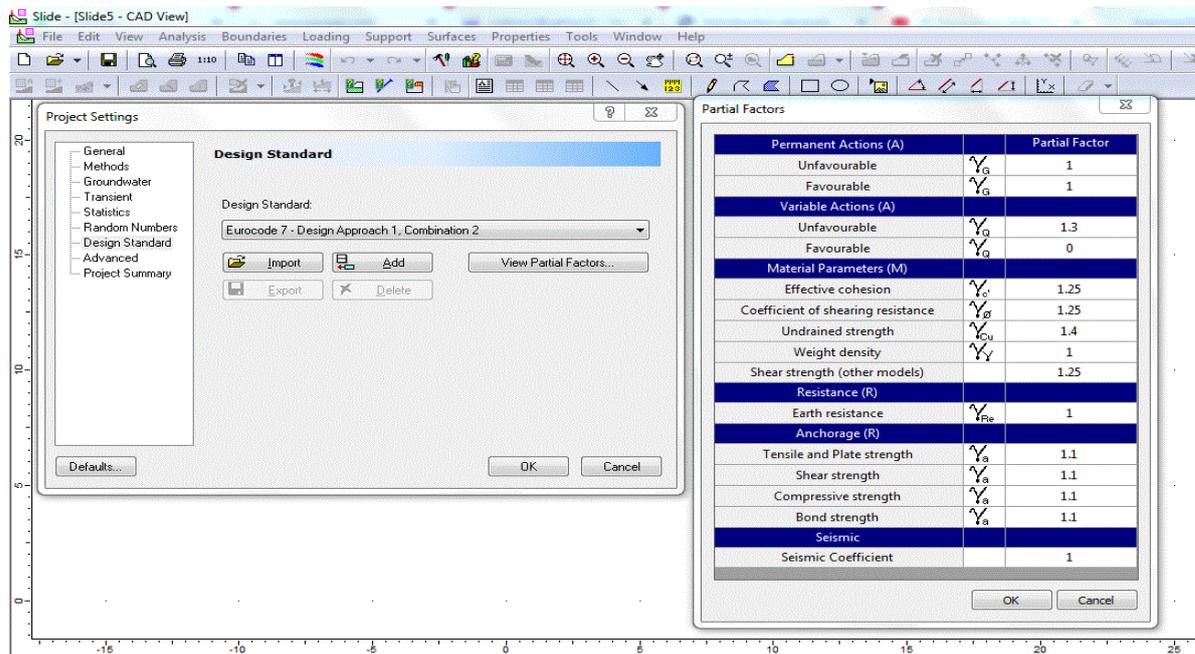


Figure.4-4 : vérification de FS pour la phase 02(statique dynamique)

L'analyse de stabilité a été effectuée en trois phases et pour trois solutions adoptées entre adoucissement de pente et confortement

IV.4 phases étudiées pour la stabilité de pente

Phase 01

Dans la première phase on a opté pour le système de talutage

H=1, V=2

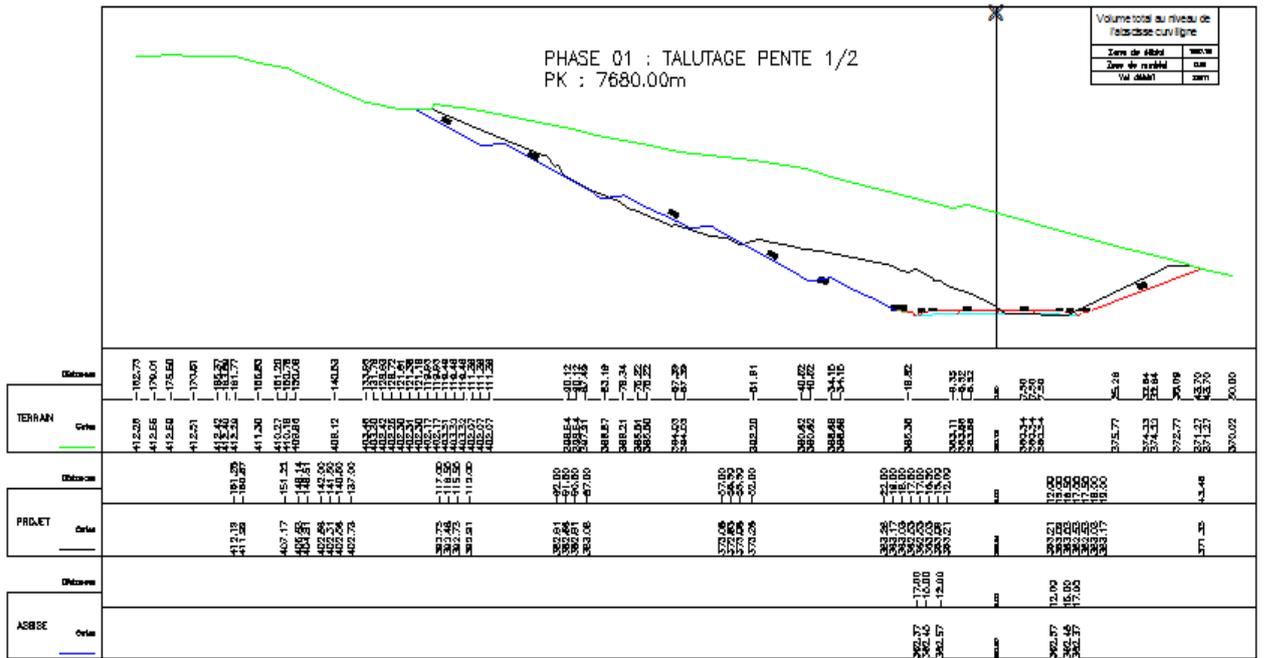
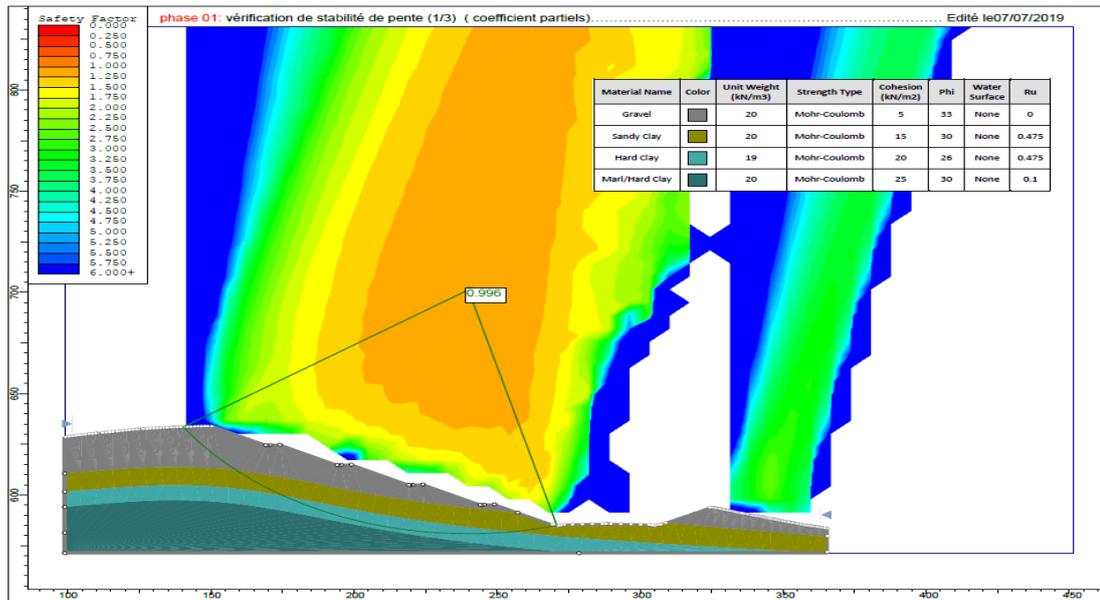
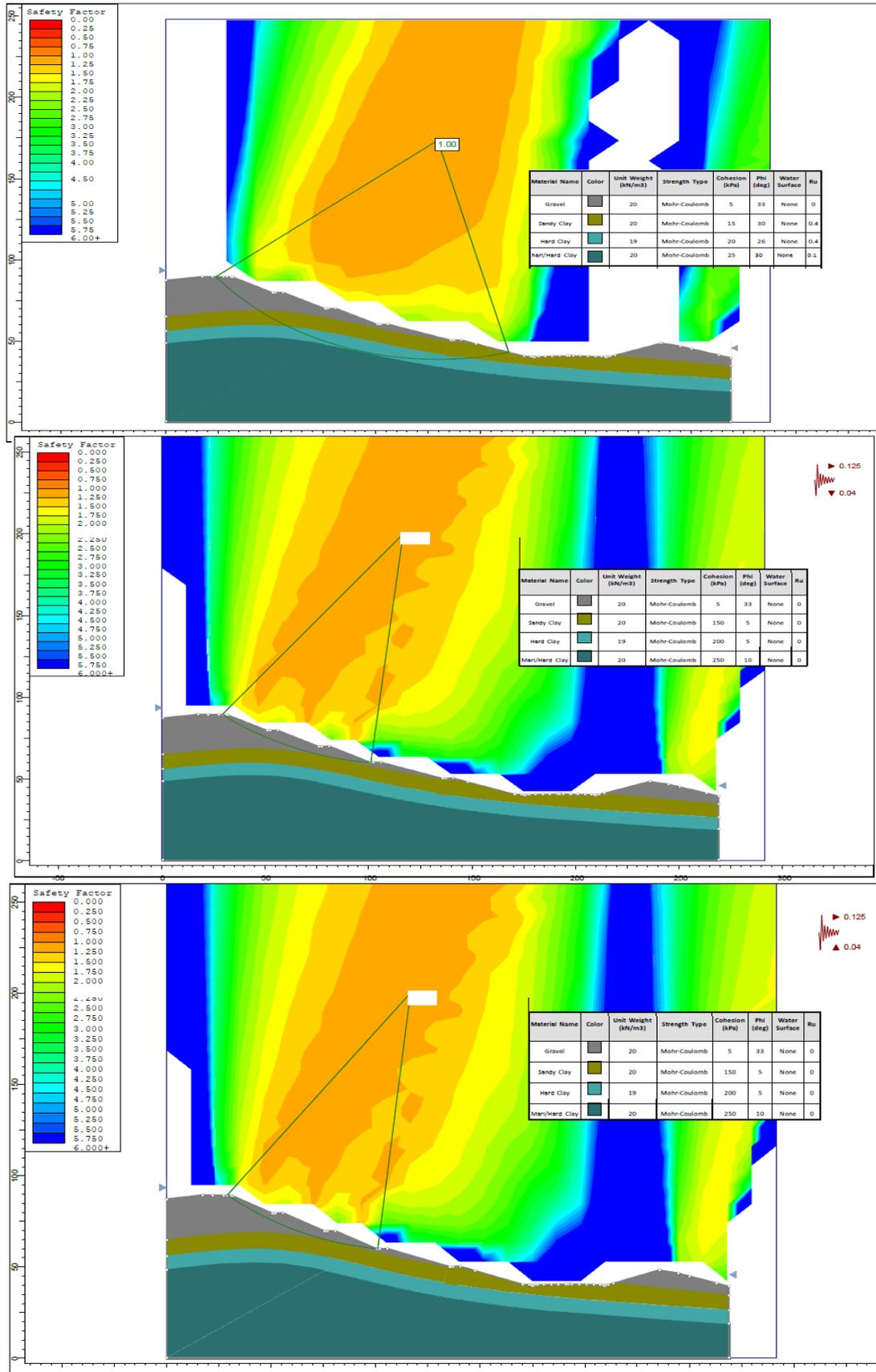


Figure.4-5 : profil en travers type pour la phase 01

On avait trois banquettes, le coefficient de sécurité était supérieur à 1.00, FS=1





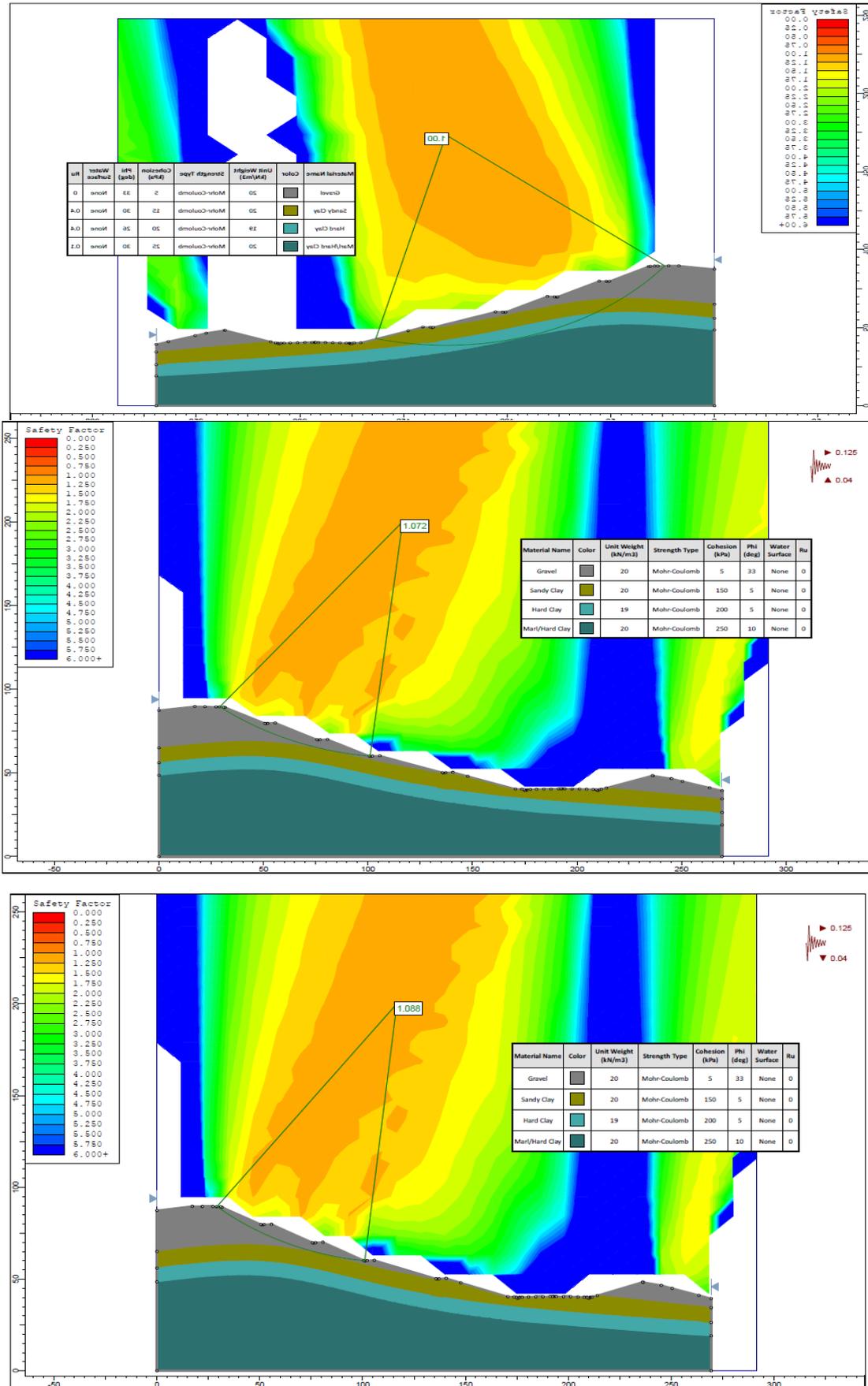


Figure.4-6 : vérification du FS pour la phase 01 (statique et dynamique)

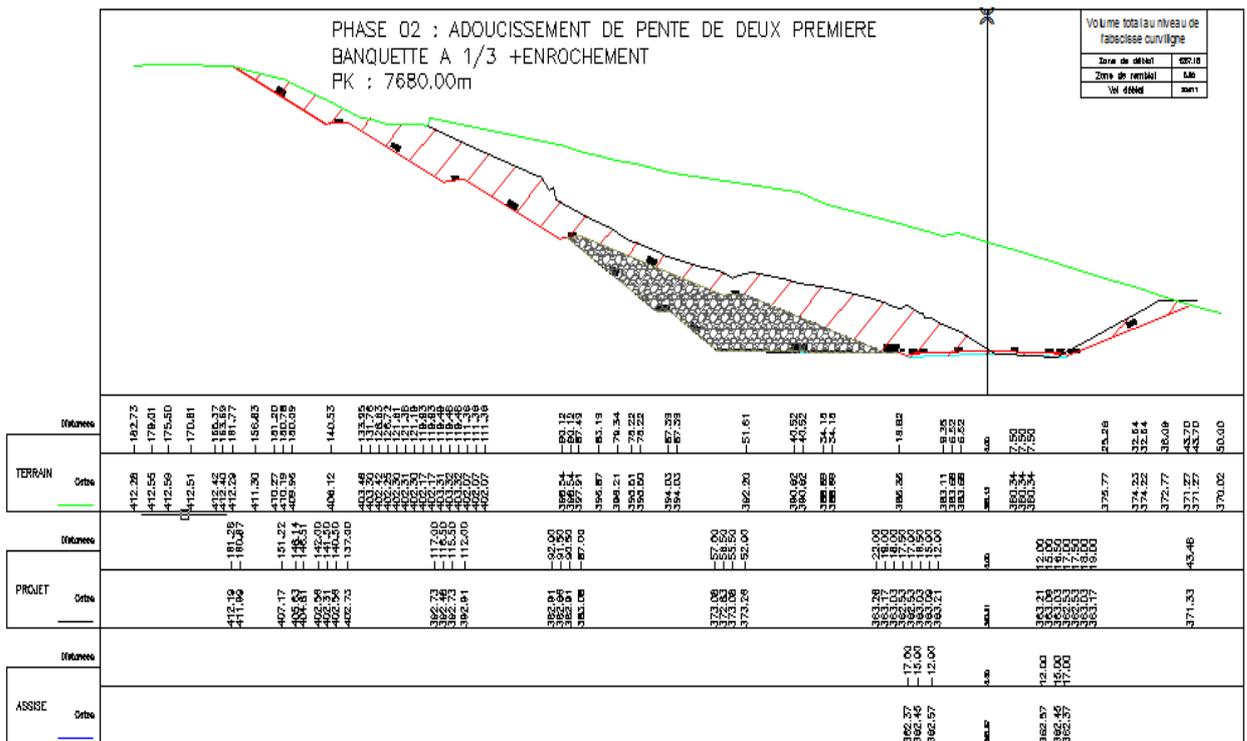
Mais après une saison hivernale il y a eu des infiltrations d'eau qui ont créé une pression interstitielle au niveau des couches argileuses et vu que le sol est hétérogène, il a été engendré un éboulement assez important ou on a décidé d'adoucir la pente comme sera détaillé dans la deuxième phase.

Pour avoir les caractéristiques de sol pour la stabilité on les a tirés par la méthode inverse (back analysis)

Phase 02

Adoucissement de la pente des deux premières banquettes

H=1,V=3 avec introduction de l'enrochement



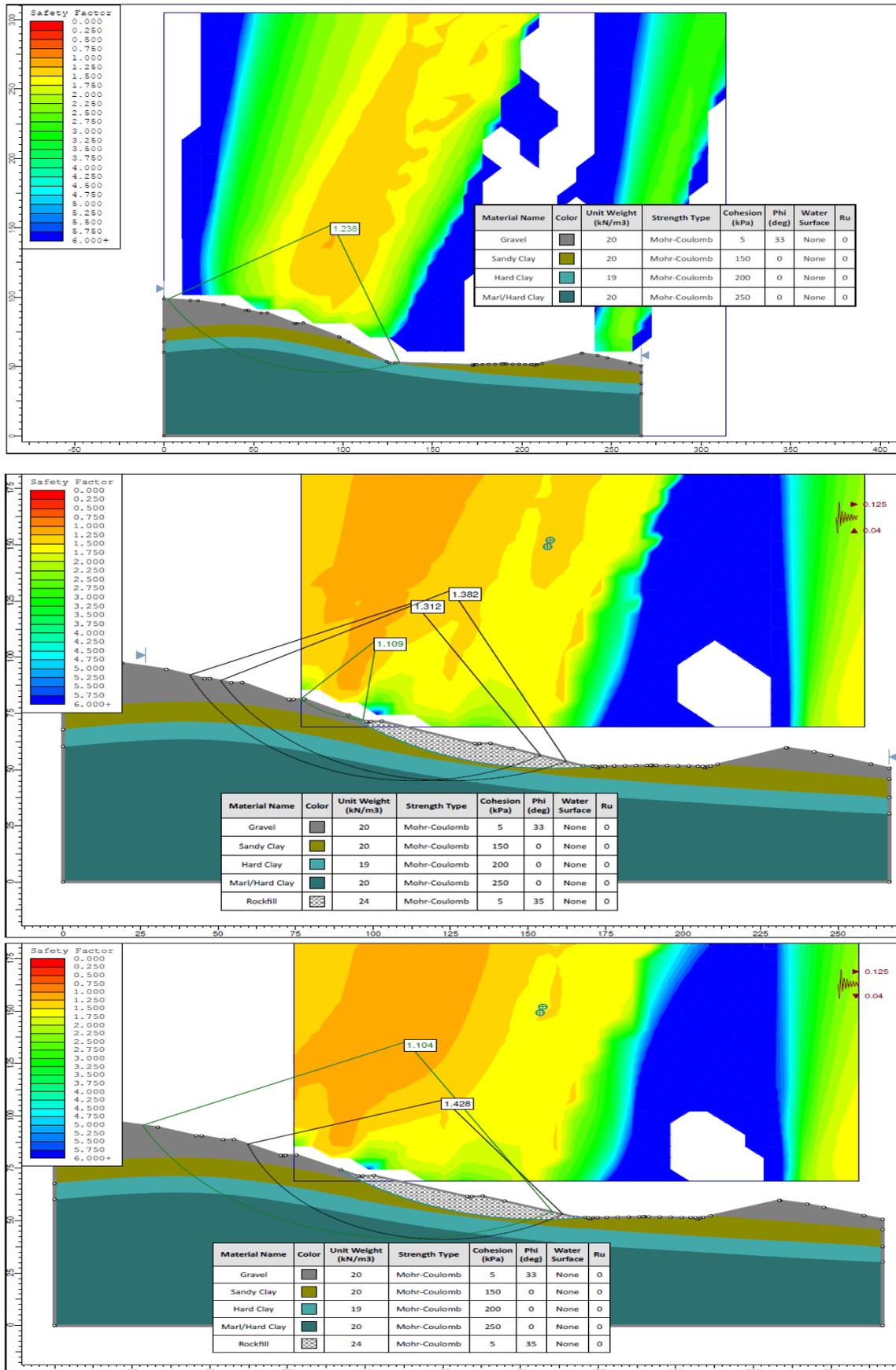
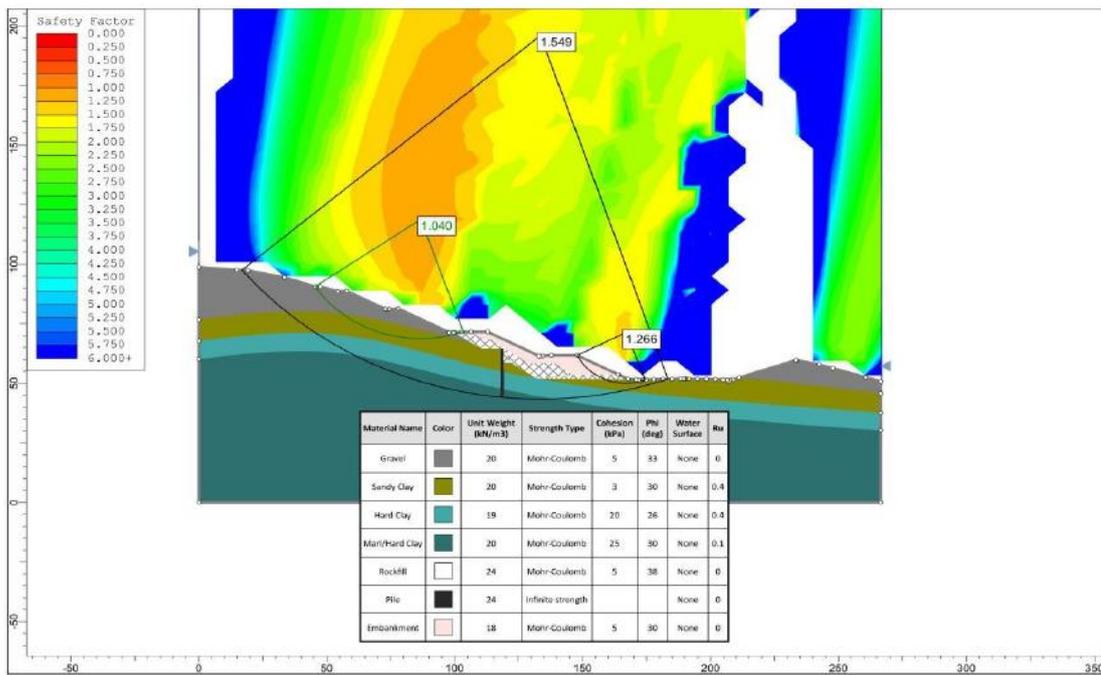


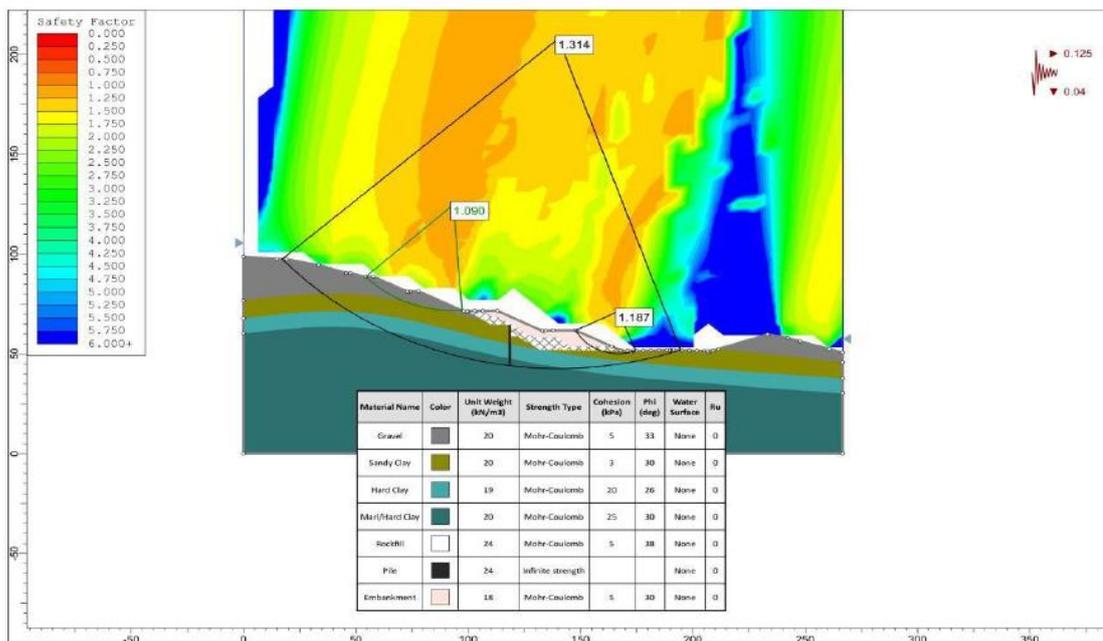
Figure.4-8 : vérification du FS pour la phase 02 (statique et dynamique)

Comme on peut observer les résultats obtenus dans les figures.4-10 , le cercle de glissement le plus critique survient en situation statique (ru=0.40) et le facteur obtenu est (FS) = 1.016. Des facteurs de sécurité suffisants étant obtenus à l'issue des analyses, la stabilité des excavations de déblai est assurée avec le taux de pente 2H:1V recommandé. En outre il est recommandé de réaliser des drains horizontaux afin d'assurer le drainage dans les unités d'argile dans le palier le plus bas.

Phase 03: Analyse de Stabilité en Situation Statique (2H:1V, Enrochement+Remblai, Pieux) (ODF=1.040)Edité le 07/07/2019



Phase 03: Analyse de Stabilité en Situation Sismique (kv-) (2H:1V, Enrochement+Remblai, Pieux ODF=1,090).....Edité le 07/07/2019



Phase 03:Analyse de Stabilité en Situation Sismique (kv-) (2H:1V, Enrochement+Remblai, Pieux ODF=1,073).....Edité le 07/07/2019

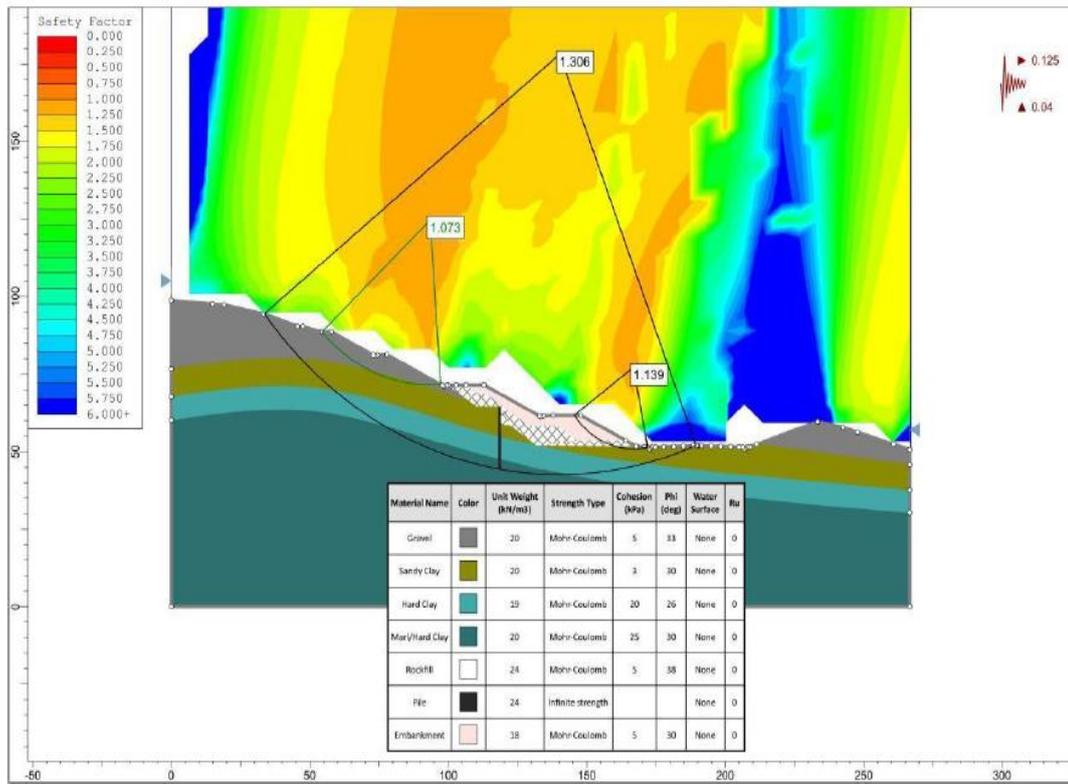


Figure.4-10 : vérification du FS pour la phase 03 (statique et dynamique)

Tableau.4-2 : récapitulatif de coefficient de sécurité

| phases | FS | |
|--|------------------------|-------------------------|
| Phase 01 Talutage H1-V2 | 1.00 | |
| Phase 02 Talutage de deux premières banquettes H1-V3 + Enrochement | 1.04 | |
| Phase 03 Phase 02 + mûr en pieux L=20m, d=1m | FS= 1.54 (statique) | FS= 1.30 (dynamique) |

Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait une modélisation numérique d'un cas réel de glissement de terrain, La modélisation de talus actuel a montré que ce dernier est en état instable vue que les coefficients de sécurité obtenus pour les trois phases utilisées sont ≤ 1.5 .

Conclusion générale

Conclusion générale

L'analyse de la stabilité d'un terrain exposé au glissement est une opération complexe dans la mesure où une multitude d'aspect s'interfèrent, notamment à l'incertitude sur les paramètres géotechniques.

L'étude des glissements de terrain commence toujours par une étude géotechnique comme tout autre projet, elle se base sur les observations concernant le site, les essais réalisés in – situ et les essais au laboratoire qui permettent d'avoir un aperçu globale sur les couches constituant le terrain et leurs caractéristiques en particulier la cohésion et l'angle de frottement, ces dernières nous permettent d'apprécier la surface de glissement sur laquelle on se base pour proposer des solutions de confortement convenables .

Dans le calcul de stabilité, les écarts de calcul du facteur de sécurité, avec un même jeu de données (la géométrie, des propriétés du sol), n'excèdent pas de plus de 10% pour les méthodes que nous avons utilisés dans cette étude (la méthode des tranches de Fellenius, Bishop, Janbu simplifiée, et la méthode généralisé).

Dans ce mémoire, on a fait une modélisation numérique d'un cas réel de glissement de terrain, celui du site entre Khemis Miliana-Hannacha.

Cette modélisation a été faite en utilisant la méthode bishop simplifié, exploitée par le logiciel SLIDE version 6.009.

La modélisation de talus actuel a montré que ce dernier est en état instable vue que les coefficients de sécurité obtenus pour les trois phases utilisées sont ≤ 1.5 . Par conséquent cette instabilité de talus de la route nécessite un renforcement, les solutions suggérer ont montré une amélioration de la valeur de F_s , reste à faire une étude détaillé sur l'aspect économique et technique de ces types de confortement.

Pour finir, on espère que ce travail sera une base et un point de départ pour notre vie professionnelle ainsi que le prolongement des futurs étudiants travaillant dans ce domaine.

Référence Bibliographique

- ❖ Antoine, P. and D. Fabre (1980). Géologie appliquée au génie civil.
- ❖ Bentafat Rachid 29février 2008, cite de Perle dalgerie dans sols & fondation
- ❖ BISHOP, A. W. "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes" Géotechnique, London, v.5, n.1, p.7-17, 1955.BISHOP, A. W.;
- ❖ BRGM/RP-66265-FR-Rapport final ; juin 2017
- ❖ Chapeau Ch. Durville J.L. (1998).-L'eau et risque de glissement de terrain. Centre d'étude technique de l'équipement de Lyon
- ❖ Clément desodt Julien Launay Hélène Horsin Molinard 02.05.2017. Les glissements de terrain, modélisation et prévision
- ❖ Colas, G. and G. Pilot (1976). "Description et classification des glissements de terrain." Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, Numéro spécial 2: 21
Landslide types and processes." Transportation research board special report(247).
- ❖ Des rapports techniques ont été recueillis auprès de l'agence nationale des autoroutes et des laboratoires des sols.
- ❖ Donald IB, Chen Z, Slope stability -30.
- ❖ Cruden, D. M. and D. J. Varnes (1996). "Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-
Analysis by the upper bound approach: fundamentals and methods, Canadian Geotechnical Journal 1997.
- ❖ FELLENIUS, W. Calculation of stability of earth dams. In: TRANS.2nd CONGRESSO ON LARGE DAMS, 4; 1936, Washington, v.4, 445p.
- ❖ Flageollet J.-C, 1989. Les mouvements de terrain et leur prévention. Edition Masson, Paris.
- ❖ Hoek, E. and Brown, E.T., Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr, 34, 1165, 1997.
- ❖ ISRM, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr, 15, 319, 1978.
- ❖ JANBU, N. Slope stability computations. Embankment dam -engineering. In: HIRSCH FIELD, E.; POULOS, S. (Ed.) Casa grande memorial, New York: Wiley, 1973. v.E, p.47–86.
- ❖ J.-L DURVILLE J.R BERTHELONQ.V. TRINH REVUE FRANÇAISE DE GÉOTECHNIQUE N°1043e trimestre 200.
- ❖ Karal K. « Energy méthode for eoil stability analyses », Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE 1977.
- ❖ Mr SEKKAK Mostefa 2014 memoir de magistère du theme Stabilité des mouvements de terrain en pentes (traitement de cas au niveau d'autoroute ESTOUEST)

-
- ❖ Philipponnat, O. (2009). Les «ambiguïtés» d'Irène Némirovsky, La Vie des idées.
 - ❖ Robitaille, V. and D. Tremblay (1997). Mécanique des sols: théorie et pratique, Modulo.
 - ❖ Société internationale de mécanique des roches Faculté polytechnique du Mons -service de géomineur-
 - ❖ https://fr.wikipedia.org/wiki/Khemis_Miliana
 - ❖ <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/article/effondrements-affaisements>
 - ❖ <http://www.planat.ch/fr/bon-a-savoir/crue/lave-torrentielle/>

ANNEXE

|  | | COUPE DE SONDAGE | | | | Référence du dossier | | | | |
|---|------------------------|---|---|------|---------|---|-------|--------------|------------------------|-------------|
| | | | | | | Page N° 01 / 01 | | | | |
| CLIENT: Eurostudios PROJET: 4ème rocade d'Alger | | DATE DE REALISATION : 20/12/2010 SONDAGE N° : S-406 | | | | | | | | |
| PROFOND. (m) | SIGNAL PROFONDITEUR | DESCRIPTION DE LA COUCHE | ESSAI | | | ECHANTILLONS | | | NIVEAU D'EAU (m) | |
| | | | D (mm) | ETAT | R.C.L.D | RECUP % | ECHAN | COTE (mm) | | S.P.T N° |
| | | 0,02 à 0,2 m | | | | | | | | |
| | | 0,2 Terre Végétale. | | C | | 100 | | | | |
| 1 | | 0,2 à 0,5 m | | C | | 100 | | | | |
| | | 0,3 Argile graveleuse peu sableuse avec quelques inclusions des débris végétaux. La couleur est noire. | | | | | SPT | 1,5 2,1 | 1 | 9+12 |
| 2 | | 0,5 à 0,80 m | | | | | EP | 2,1 2,4 | | |
| | | 1,1 Limon sablonneux ferme marron sombre, intercalé par des passages graveleux de couleur gris-rouge et siliceux avec des concrétions calcaires. La couleur est marron clair. | | | | | SPT | 3,1 3,7 | 2 | 10+7 |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | MI | 5 5,6 | 1 | 9+12 |
| 7 | | | | C/D | | 90 | SPT | 6,7 7,05 | 3 | 26+15 |
| 8 | | | 101 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | EP | 9,9 10,22 | | |
| 11 | | | | | | | SPT | 10,5 11,1 | 4 | 7+9 |
| 12 | | | | | | | SPT | 12 12,6 | 5 | 10+13 |
| 13 | | Fin de sondage à 12,60 m de profondeur. | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| Page n° : Coordonnées : Echelle : Etablie par : | | | ETAT DE L'ESSAI C: Compact D: Désintégré F: Fragmenté T: Décanté | | | ECHANTILLONS P.C: Prélèvement en Continu E.P: Echantillon paraffiné E.I: Echantillon Intact | | | | |

|  | | COUPE DE SONDAGE | | | | Référence du dossier | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|------|--------|----------------------|--------------|--------------|-------|-------|-----------------------|--|--|--|-----|------------|-------------|-------|--|--|
| CLIENT: Eurores Indics | | DATE DE REALISATION : 27/12/2010 | | | | Page N° 01/01 | | | | | | | | | | | | | | |
| PROJET: 4ème rocade d'Alger | | SONDAGE N° : 5407 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFOND. (m) | niveau stratigraphique | DESCRIPTION DE LA COUCHE | ESSAI | | | | ECHANTILLONS | | | | NIVEAU PLAN (m) | | | | | | | | | |
| | | | D (mm) | ETAT | R.C.D. | RECOMP S | ECHIN | COTE (mm) | S.P.1 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | BT | BT+15 | | | | | | | | | | | |
| 1 |  | 0.00 à 0,4 m 2.4 Terre végétale. | | C | | 100 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.4 à 1.80 m 2.2 Limon sableux, terre de couleur noire. | | C | | 100 | SPT | 1,5 2,1 | 1 | 5+7 | | | | | | | | | | |
| 2 |  | 1.80 à 1,40 m 2.6 Argile quelques fois graveleuse, avec abondance de concrétions calcaires à la partie supérieure, et moins graveleuse, et plus rigide à la partie inférieure. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | SPT | 3 3,6 | 2 | 11+14 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | EP | 3,8 3,9 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | MI | 4,5 5,1 | 1 | 23+18 | | | | | | | | | | |
| 7 |  | | 100 | C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | SPT | 6 6,6 | 3 | 0+11 | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | EP | 7,16 7,7 | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | SPT | 7,7 8,3 | 4 | 11+12 | | |
| 11 |  | 0.40 à 12,00 m 2.7 Limon sableux, à très sableux, quelques fois compacts, avec des rares concrétions calcaires. La couleur est jaunâtre. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | MI | 10 10,6 | 2 | 11+18 | | |
| 13 | | fin de sondage à 12,10 m de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Page n° :
 Coordonnées :
 Echelle :
 Établi par :

ETAT DE L'ESSAI

C : Compact
 D : Désintégré
 F : Fragmenté
 T : Décanté

ECHANTILLONS

P.C : Prélèvement en Continu
 E.P : Echantillon paraffiné
 E.I : Echantillon Intact

|  | | COUPE DE SONDAGE | | | | Référence du dossier GIS/110007/AG-AG Page N° 01 / 01 | | | | | |
|---|----------------------|---|--------|------|-----------------------------|---|-------|--------------|------------------------|------------------|-------|
| CLIENT: EUROSTUDIOS ALGERIE | | DATE DE REALISATION : 16-26/05/2011 | | | | | | | | | |
| PROJET: 4 ^{ème} Récade | | SONDAGE N°: S-432 | | | | | | | | | |
| PROFOND- TEUR (m) | COUCHE GEOLOGIQUE | DESCRIPTION DE LA COUCHE | ESSAI | | | ECHANTILLONS | | | NIVEAU D'EAU (m) | | |
| | | | Q (mm) | ETAT | R.Q.D. % | RECUP % | ECHAN | COTE (mm) | | S.P.T/M.J N° | 25+15 |
| 1 | MOUCHELLI m. | Argile sablo-graveleuse, marron à rougeâtre | | C/D | | 95 | | | | | |
| 2 | MOUCHELLI m. | Argile sablo-graveleuse, beige à blanchâtre, riche en précipitations carbonatées. | | C/D | | 95 | | | 2,00 2,80 | 16+19+ 18+14 | |
| 3 | | | | | | | EP | 3,10 | | | |
| 4 | | | | | | | | 3,60 | | | |
| 5 | MOUCHELLI m. | Niveau de gravier dans une matrice probable sable-argileuse | | C/D | | 70 | | | | | |
| 6 | MOUCHELLI m. | Sable argileux, légèrement graveleux, brunâtre. | | T | | 90 | | | 5,60 5,10 | 24+06+ 33+27 | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | Alternance de niveau de sable, graviers et argile sableuse avec quelques blocs. | | T | | 80 | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | MOUCHELLI m. | Niveau de grès dur, fragmenté | | F | O | 90 | | | | | |
| 13 | MOUCHELLI m. | | | | | | | | 12,00 13,11 | 11+7+ 27+ 8.9 | |
| 14 | | Alternance de niveau d'argile, sable et gravier. | | C/T | | 90 | | | | | |
| 15 | MOUCHELLI m. | Argile limoneuse rougeâtre | | C | | 100 | | EP | 15,10 15,48 | | |
| 16 | MOUCHELLI m. | | | | | | | | | | |
| 17 | | Graviers dans une matrice sable-argileuse | | T | | 80 | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | MOUCHELLI m. | Argile sableuse marron à rougeâtre | | C | | 50 | | | | | |
| 20 | MOUCHELLI m. | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | EP | 20,50 20,90 | 13+14+ 20+24 | |
| 22 | | | | | | | | | 20,80 21,50 | | |
| 23 | | Argile limoneuse, marron à rougeâtre, ferme avec un passage d'argile molle entre 22,30 et 22,70m. | | C | | 100 | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | Fin de sondage à 25,27 m | | | | | | EP | 24,30 24,67 | 8+15+ 12+27 | |
| Page n°: | | ETAT DE L'ESSAI | | | ECHANTILLONS | | | | | | |
| Coordonnées: X = , Y = | | C: Compact | | | P.C: Prélèvement en Coctiva | | | | | | |
| Echelle: | | D: Désintégré | | | E.P: Echantillon paraffiné | | | | | | |
| Établi par: M. BENMEZIANE | | F: Fragmenté | | | E.I: Echantillon intact | | | | | | |
| | | T: Décanté | | | | | | | | | |

| PROFONDEUR (m) | | SONDAGE N : BH 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|---|---------------------------|--|---------------------|------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-----|---------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|----|----|----|----|--|
| SONDAGE N : BH 41 | | FICHE N : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COUPE DE SONDAGE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nom du Projet | | Loi 1.1 Khemic Millana-Et L'eohanngeur Hanaoha Sur 34Km | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coordonner | | Km: 7+936 Debiat | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elevation (m) | | Y: 4009333,65 X: 443033,57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profondeur du Sondage (m) | | 15,10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Forage | | Atalay 78-300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conducteur de travaux | | Doğan Türk | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date de début | | 03.08.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date de la fin | | 04.08.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Enveloppe | | Diamètre Extérieur (mm) = 132 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Diamètre Intérieur (mm) = 122 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Longueur(m) : 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFONDEUR (m) | SONDAGE N | R.Q.D. % | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | FORCE | ARTROSAGE | FRACTURES/30 cm | ANGLE DE FRACTURE | EAU | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | No. de coups | | | | GRAPH | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | 30-45 | N ₃₀ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 1 | 93% | | | Gravier cailloux argileux Marron à gris, angulaire à subarrondi de taille moyenne à grossière, légèrement à modérément cimenté par de l'argile et du sable. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | SPT | | SPT-1 1,50-2,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 76% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | SPT | | SPT-2 3,50-4,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 91% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | SPT | | SPT-3 7,00-7,50 | Argile Marron foncé, hautement plastique, dure, légèrement à fortement cimentée, localement graveleuse, gluante. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 99% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | SPT | | SPT-4 10,50-11,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 88% | | UD-1 11,60-11,85 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | SPT | | SPT-5 12,70-13,20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | Profondeur finale 15,10 m | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESISTANCE | | DENSITE | | DOSAGE | | FRACTURES / 30 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| N = 0 - 2 | V.MOU | N = 0 - 4 | Triélecte | 0 - 10 % | Trace | > 1 | Large (W) | | | | | | | | | | | | | |
| N = 3 - 4 | MOU | N = 5 - 10 | Legere | 10 - 20 % | Faible | 1 - 2 | Moyenne (M) | | | | | | | | | | | | | |
| N = 5 - 8 | M.REGIDE | N = 11 - 30 | Moyennement Dense | 20 - 35 % | Adaptative (ou une) | 2 - 10 | Norme (C) | | | | | | | | | | | | | |
| N = 9 - 15 | REGIDE | N = 31 - 50 | Dense | 35 - 50 % | et | 10 - 20 | Intense (I) | | | | | | | | | | | | | |
| N = 16 - 30 | V.REGIDE | N > 50 | Très Dense | | | > 20 | excessif (Cr) | | | | | | | | | | | | | |
| N > 30 | DURE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESISTANCE | | INTERPRETE | | R.Q.D. | | UD : Echantillon pebble | | | | | | | | | | | | | | |
| I | TRES FORE | I | Frais | 0 - 25 % | Très faible | D : Echantillon perturbé | | | | | | | | | | | | | | |
| II | FORE | II | légèrement altérés | 25 - 50 % | Faible | SPT : Norme Pen. essais | | | | | | | | | | | | | | |
| III | MOYEN | III | Mod. néstés | 50 - 75 % | Fair | VST : Essais de cisaillement | | | | | | | | | | | | | | |
| IV | FAIBLE | IV | hautement néstés | 75 - 90 % | Bon | P : Essai de pressiométrie | | | | | | | | | | | | | | |
| V | TRES FAIBLE | V | Comp. néstés | 90 - 100 % | Excellent | K : Echantillon de noyau | | | | | | | | | | | | | | |

| PROFONDEUR (m) | | SINGULIER % RECLUTATION | | REG. D. N° | | ÉCHANTILLON NO | | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | | DESCRIPTION DU SOL | | PROFIL DU SOL | | FORCE | | ARRÔSAGE | | FRACTURES/30 cm | | ANGLE DE FRACTURE | | EAU | | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|--|--------------|--|-----------------|--|---------------------------|--|---|--|---------------|--|--------------|--|--------------|--|-----------------|--|-----------------------------|--|--------------|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | No. de coups | | GRAPHY | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-15 | | 15-30 | | 30-45 | | N ₆₀ | | 10 | | 20 | | 30 | | 40 | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | | 50% | | | | | | | | Gravier | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _1 | | 50% | | | | | | | | Gris-beige, subangulaire à subarrondi, de taille moyenne à grossière, matériaux légèrement cimenté par de l'argile et du sable. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _2 | | 50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _3 | | | | SPT-1 | | 2,50-3,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | SD14 R | | | | | | | | | | | | | | | |
| _4 | | 50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _5 | | 58% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _6 | | | | SPT-2 | | 5,50-6,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | SD15 R | | | | | | | | | | | | | | | |
| _7 | | 58% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _8 | | 41% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _9 | | | | SPT-3 | | 8,50-9,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | SD18 R | | | | | | | | | | | | | | | |
| _10 | | 80% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _11 | | 43% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _12 | | | | SPT-4 | | 11,50-12,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | SD16 R | | | | | | | | | | | | | | | |
| _13 | | 28% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _14 | | 29% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _15 | | | | SPT-5 | | 14,50-15,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | SD17 R | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGIÖNE | | | | | | | | | | DENSITE | | | | | | | | | | DOSAGE | | | | | | | | | | FRACTURES / 30 cm | | | | | | | | | |
| N = 0 - 2 V.MOU | | | | | | | | | | N = 0 - 4 Très lâche | | | | | | | | | | 0 - 10 % Trace | | | | | | | | | | > 1 large (W) | | | | | | | | | |
| N = 3 - 4 MOU | | | | | | | | | | N = 5 - 10 Lâche | | | | | | | | | | 10 - 20 % Petit | | | | | | | | | | 1 - 2 Modéré (M) | | | | | | | | | |
| N = 5 - 8 M.REGIÖNE | | | | | | | | | | N = 11 - 30 Moyennement Dense | | | | | | | | | | 20 - 35 % Adjectif (ou une) | | | | | | | | | | 2 - 10 Intense (C) | | | | | | | | | |
| N = 9 - 15 REGIÖNE | | | | | | | | | | N = 31 - 50 Dense | | | | | | | | | | 35 - 50 % et | | | | | | | | | | 10 - 20 Intense (I) | | | | | | | | | |
| N = 16 - 30 V.REGIÖNE | | | | | | | | | | N > 50 Très Dense | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | > 20 Intense (Cr) | | | | | | | | | |
| N > 30 DURE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESISTANCE | | | | | | | | | | INTERMEDIÖNE | | | | | | | | | | BQD | | | | | | | | | | UD - Echantillon possible | | | | | | | | | |
| I TRÈS FORTE | | | | | | | | | | I Frais | | | | | | | | | | 0 - 25 % Très faible | | | | | | | | | | D - Echantillon perturbé | | | | | | | | | |
| II FORTE | | | | | | | | | | II légèrement altéré | | | | | | | | | | 26 - 50 % Faible | | | | | | | | | | SPT - Norme Pen. essais | | | | | | | | | |
| III MOYEN | | | | | | | | | | III Mod. résisté | | | | | | | | | | 50 - 75 % Foir | | | | | | | | | | VST : Essais de cisaillement | | | | | | | | | |
| IV FAIBLE | | | | | | | | | | IV hautement résisté | | | | | | | | | | 75 - 90 % Bon | | | | | | | | | | P : Essai de pressiomètre | | | | | | | | | |
| V TRÈS FAIBLE | | | | | | | | | | V Comp. résisté | | | | | | | | | | 90 - 100 % Excellent | | | | | | | | | | K : Echantillon de noyau | | | | | | | | | |

| MAPA | | INSAAT AŞ. | | | | | | | | | | | | | | SONDAGE N° : BH 43 | | | | | |
|----------------|--------------------------|------------|-----------------|---------------------------|--|---------------|------------|------------|--------------|-------------------|--------------|---------------------------------|------|------|-----------------|--------------------|-------|-------|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | FICHE N° : 2 | | | | | |
| PROFONDEUR (m) | SYMBOLE / % RECUPERATION | R.O.D. % | ÉCHANTILLON NO. | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | RESISTANCE | AVISOIR DE | FRACTUREMENT | ANGLE DE FRACTURE | EAU PRODUITE | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | No. de coupe | | | N ₆₀ | C/S/M/PT | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | 30-45 | | | |
| 16 | 100% | | LID-1 | 15,20-15,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SPT | | SPT-6 | 16,00-16,50 | Argile sableuse avec des couches de grès Marron foncé-beige, très rigide à dure, argile fine à grossière avec des couches fines de grès, localement graveleuse. | | | | | | | | | 9 | 13 | 16 | 29 | | | | |
| 17 | 73% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 46% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 63% | | SPT-7 | 19,50-20,00 | | | | | | | | | | 50/7 | | | R | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 43% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 40% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | SPT-8 | 23,50-24,00 | 24,00 m | | | | | | | | | 50/8 | | | R | | | | |
| 25 | 80% | | | | Argile dure Marron foncé, hautement plastique, dure, localement graveleuse avec des concentrations de CaCO ₃ . | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | SPT | | LID-2 | 25,20-25,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | SPT-9 | 27,50-28,00 | | | | | | | | | | 20 | 27 | 50/9 | R | | | | |
| 29 | 100% | | LID-3 | 28,60-28,90 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 100% | | | | 31,50 m | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | Argile dure / Marnes Marron verdâtre, hautement plastique, dure. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 66% | | SPT-10 | 31,50-32,00 | | | | | | | | | 50/9 | | | R | | | | | |
| 33 | 90% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | Profondeur finale 35,50 m | | | | | | | | | | | | | | | | |

| MAPA İNŞAAT A.Ş. | | | | | | | | | | SONDAGE N : BH 44 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|----------|------------------|---------------------------|---|---------------|---------------------------|-----------|---------------|-------------------|----------|---------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|----|----|----|----|--|--|
| | | | | | | | | | | FICHE N : 2 | | | | | | | | | | | | |
| PROFONDEUR (m) | SONDAGE & RECUPERATION | P.O.D. % | ÉCHANTILLON (kg) | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | RESISTANCE | ARRÔGEAGE | FRACTURE (cm) | ANGLE DE FRACTURE | EAU (mm) | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | No. de coups | | | N ₆₀ | GRAPH | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | 30-45 | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| 16 | 92% | | | | Argile Marron à marron jaunâtre, très rigide à dure, hautement plastique, sableuse et localement graveleuse. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | SPT | | SPT-7 | 16,25-18,75 | | | | | | | | | | 18 | 24 | 31 | 66 | | | | | |
| 18 | 86% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | SPT | | SPT-6 | 18,25-18,75 | | | | | | | | | | 22 | 36 | 55 | 91 | | | | | |
| 20 | 87% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | SPT | | SPT-10 | 20,00-20,55 | | | | | | | | | | 24 | 36 | 50/5 | R | | | | | |
| 22 | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 100% | | | | | | Profondeur finale 22,90 m | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| PROFONDEUR (m) | | SANDRAU % RECUPERATION | | R.O.D. % | | ÉCHANTILLON NO | | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | | DESCRIPTION DU SOL | | PROFIL DU SOL | | FORCE | | ARROUAGE | | FRACTURES/30 cm | | ANGLE DE FRACTURE | | EAU | | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | |
|----------------|--|------------------------|--|----------|--|----------------|--|---------------------------|--|--------------------|--|---------------|--|-------|--|----------|--|-----------------|--|-------------------|--|-----|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| MAPA INŞAAT A.Ş. | | | | | | | | | | SONDAGE N : BH 45 | | FICHE N : 2 | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------|--|---------------|------------|----------|---------------|-------------------|------------|---------------------------------|-------|-------|--|-----------------|-------|----|----|----|
| PROFONDEUR (m) | SIGNAL % RECOUPÉMENT | P.O.D. % | ÉCHANTILLON (m) | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | RÉSISTANCE | ARRÔSAGE | FRACTURE (cm) | ANGLE DE FRACTURE | EAU PERDUE | NORME DES ESSAIS DE PÉNÉTRATION | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | No. de coups | | | | N ₆₀ | GRAPH | | | |
| | | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | 30-45 | | | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 16 | SPT | | SPT-3 | 15,00-15,50 | Argile Marron claire, hautement plastique, très rigide à dure, localement graveleuse et sableuse. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 88% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | SPT | | SPT-4 | 17,00-17,50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 88% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | SPT | | SPT-5 | 19,00-19,50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 88% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | SPT | | SPT-6 | 21,00-21,50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 57% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | Profondeur finale 22 m | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| PROFONDEUR (m) | | SIGNAL % RECUPERATION | | R.O.D. % | | ÉCHANTILLON NO | | DESCRIPTION DU SOL | | PROFIL DU SOL | | FORCE | | ARROUAGE | | FRACTURES/30 cm | | ANGLE DE FRACTURE | | EAU | | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | |
|--|--|-----------------------|--|--|--|-----------------|--|--|--|------------------|--|---|--|----------|--|---|--|-------------------|--|---|--|---------------------------------|--|---|--|--|--|
| 0-15 | | 15-30 | | 30-45 | | N ₃₀ | | 10 | | 20 | | 30 | | 40 | | 50 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 100% | | | | | | Argile (Alluvium) Marron foncé, très rigide hautement plastique, sableuse et localement graveleuse. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | SPT | | SPT-1 | | 1,50-2,00 | | | | | | | | | | | | | | 6 7 9 16 | | | | | | | |
| 3 | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 65% | | | | | | Gravier (Alluvium) Gris-marron, moyen à grossier, subangulaire à subarrondi gravier légèrement cimenté par une argile sableuse. | | 3,50 m 4,50 m | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | 100% | | | | | | Argile Bordeaux - Marron claire, très rigide à dure, hautement plastique, sableuse et localement graveleuse. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | SPT | | SPT-2 | | 6,00-6,50 | | Entre 13-13,10 m Interité de grès | | | | | | | | | | | | 8 9 11 20 | | | | | | | |
| 7 | | 95% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | UD | | UD-1 | | 8,00-8,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | SPT | | SPT-3 | | 8,50-9,00 | | | | | | | | | | | | | | 9 11 16 27 | | | | | | | |
| 10 | | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | SPT | | SPT-4 | | 10,50-11,00 | | | | | | | | | | | | | | 12 12 15 27 | | | | | | | |
| 12 | | 95% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | SPT | | SPT-5 | | 12,50-13,00 | | | | | | | | | | | | | | 13 19 24 43 | | | | | | | |
| 14 | | 100% | | | | | | 14,00 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | SPT | | SPT-6 | | 14,50-14,50 | | Gravier | | | | | | | | | | | | 50/10 R | | | | | | | |
| 15 | | 23% | | | | | | Gris-beige, moyen à grossier, subangulaire à subarrondi, légèrement cimenté. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGIDE | | | | DENSITE | | | | DOSAGE | | | | FRACTURES / 30 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| N = 0 - 2 N = 3 - 4 N = 5 - 8 N = 9 - 15 N = 16 - 30 N = 30 | | | | V.MOU MOU M.REGIDE REGIDE V.REGIDE DURE | | | | N = 0 - 4 N = 5 - 10 N = 11 - 30 N = 31 - 50 N = 50 | | | | Trés lâche Lâche Moyennement Dense Dense Trés Dense | | | | 0 - 10 % 10 - 20 % 20 - 35 % 35 - 50 % | | | | Trace Petit Adjectif (ou une) et | | | | > 1 1 - 2 2 - 10 10 - 20 > 20 | | | |
| RESISTANCE | | | | INTERMEDI | | | | BDD | | | | UD : Echantillon perturbé D : Echantillon perturbé SPT : Norme Pen. essais VST : Essais de cisaillement P : Essai de pressiométrie K : Echantillon de royeau | | | | | | | | | | | | | | | |
| I II III IV V | | | | TRES FORE FORE MOYEN FAIBLE TRES FAIBLE | | | | I II III IV V | | | | Frais égèrement altérés Mod. altérés hautement altérés Comp. altérés | | | | 0 - 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 % | | | | Trés faible Faible Foir Bon Excellent | | | | | | | |

| MAPA İNŞAAT A.Ş. | | | | | | | | | | SONDAGE N : BH 46 | | FICHE N : 2 | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|----------|-----------------|---------------------------|--|---|------------|----------|----------------|-------------------|-------------|---------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|----|----|----|----|--|
| PROFONDEUR (m) | NIVEAU % RECAPITATION | R.O.D. % | ÉCHANTILLON NO. | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | RESISTANCE | ARRÔSAGE | FRACTURE/JOINT | ANGLE DE FRACTURE | EAU PERDUES | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | No. de coups | | | N ₆₀ | GRAPH | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | 30-45 | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 16 | 23% | | | | Gris-beige, moyen à grossier, subangulaire à subarrondi, légèrement cimenté. |  | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SPT | | SPT-7 | 15,00-16,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 35% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 35% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | Profondeur finale 20 m | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| PROFONDEUR (m) | | SANDYAU % REGRASSATION | | R.O.D. % | | ÉCHANTILLON MD | | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | | DESCRIPTION DU SOL | | PRIOR. DU SOL | | FORCE | | ARROSAGE | | FRACTURE/30 cm | | ANGLE DE FRACTURE | | EAU | | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | |
|----------------|--|------------------------|--|----------|--|----------------|--|---------------------------|--|--------------------|--|---------------|--|-------|--|----------|--|----------------|--|-------------------|--|-----|--|---------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| MAPA İNŞAAT AŞ. | | | | | | | | | | SONDAGE N : BH 46 B | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|----------|-----------------|---------------------------|---|---------------|------------|---------|----------------|---------------------|------------|---------------------------------|-------|-----------------|-------|----|----|----|----|----|--|--|
| | | | | | | | | | | FICHE N : 2 | | | | | | | | | | | | |
| PROFONDEUR (m) | STADYAU % RECOVERY | R.O.D. % | ÉCHANTILLON (m) | ÉCHANTILLON DE PROFONDEUR | DESCRIPTION DU SOL | PROFIL DU SOL | RESISTANCE | ARRIAGE | FRACTURE/CRACK | ANGLE DE FRACTURE | EAU PERDUE | NORME DES ESSAIS DE PENETRATION | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | No. de coups | | N ₆₀ | GRAPH | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 0-15 | 15-30 | | 30-45 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| 16 | 40% | | | | Gravier Gris à marron clair, légèrement cimenté, sableux de taille fine à grossière, gravier de taille moyenne à grossière, subangulaire à subarrondi, de source de différentes roches. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 24% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 24% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 24% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 24% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 45% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 55% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | Profondeur finale 30 m | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Figure : log BH40



Figure: log BH41



Figure: log BH42



Figure: log BH43



Figure: log BH44



Figure: log BH40

Vue en plan après confortement

