

## Mémoire

### Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : Génie Civil

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : Génie Civil

Spécialité : Géotechnique

### Thème:

## Étude d'un Blindage de l'excavation d'un bâtiment R+16+02 sous-sols

Présenté par:

- Basli Riyane
- Tebib Ilhem

Encadrant : *Dr Kebaili Bachir* Grade: MCA Université Badji Mokhtar ANNABA

### Jury de Soutenance :

Dr Chaouche abdemadjid	Pr	UBMANNABA	Président
Dr Kebaili Bachir	M.C.A	UBMANNABA	Encadrant
Dr Zemouli Samira	M.C.B	UBMANNABA	Examineur
Mr Kefaf Tarek	M.A.A	UBMANNABA	Examineur

Année Universitaire: 2022/2023

# **Remerciement**

*La réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible sans le secours de certaines personnes à qui je voudrais adresser des remerciements particuliers. Dans un premier temps; Nos sincères remerciements à mon directeur de mémoire, **M. KBAILI BACHIR**, professeur de génie civil à l'université Badji Mokhtar. Son orientation, son aide, ses conseils et son encadrement ont permis la réalisation de ce mémoire. Nous vous remercions beaucoup parce que vous étiez un ami pour nous avant d'être notre professeur. Merci pour vos conseils qui nous ont beaucoup aidés à changer notre regard sur la vie, même si le parcours de ce travail a été fatigant et ardu, mais grâce à vous, c'était agréable malgré la fatigue. Vos relations avec nous en tant que père pour nous et en tant qu'ami nous ont fait aimer le travail et faire plus d'efforts. Nous sommes fiers. Étant vos étudiants, vous êtes un exemple que chaque enseignant devrait suivre.*

*Ensuite, Nous vous remercions **Mme ZEMOULI** de nous aider à tout moment et de votre compréhension.*

*Vous nous avez fait l'honneur de présider le jury. Nous remercions aussi sincèrement **Monsieur KEFAF TAREK** et **Monsieur HACEN CHAUCHE** accepté l'étude de cet ouvrage*

## Dédicace

*Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie.*

*À ma super maman, à mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma source de vie, d'amour et d'affection, ma l'une et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié MAMAN.*

*A celui qui m'a fait une femme, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, PAPA.*

*A ma adorable petite sœur **AMEL AYA**, à mon idole à celle qui a été ma source de soutien, toujours présente à mes côtés, éclairant avec constance le chemin qui se déploie devant moi.*

*A mon petit frère **MOATEZ SAIF EDDINE** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

# *Dédicace*

*Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie.*

*À ma super maman, à mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma source de vie, d'amour et d'affection, ma l'une et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié MAMAN.*

*A celui qui m'a fait une femme, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, PAPA.*

*A ma adorable grande sœur **nada** à mon idole à celle qui a été ma source de soutien, toujours présente à mes côtés, éclairant avec constance le chemin qui se déploie devant moi.*

*A mon petit sœur **rayen** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

## **Résumé :**

Le stage axé sur l'étude de blindage d'excavation, a été une opportunité d'approfondir les connaissances et compétences acquise à l'université dans le domaine de la construction et de l'ingénierie civile. L'objectif principal du stage était de se familiariser avec les techniques de blindage utilisées pour assurer la sécurité lors des travaux d'excavation.

Au début du stage, on a consacré du temps à comprendre les concepts fondamentaux liés à l'excavation et au blindage. On a étudié les facteurs clés à prendre en compte lors de la conception d'un blindage efficace, tels que les caractéristiques du sol, la profondeur de l'excavation et les charges exercées sur les parois. On a également appris à utiliser des logiciels de modélisation surtout le software GEO.5 pour simuler les conditions d'excavation et évaluer la performance des structures de blindage.

Au laboratoire national de l'habitat et de la construction (LNHC), on a participé activement dans des tests de laboratoire visant à évaluer quelques caractéristiques physiques et mécaniques des sols, même in situ.

Une part importante du stage a été consacrée à l'analyse des résultats obtenus et à la rédaction de rapports techniques. On a travaillé en étroite collaboration avec une équipe pour interpréter les données recueillies lors des tests de laboratoire et sur le terrain.

Ce stage m'a permis d'acquérir une expérience pratique et précieuse dans le domaine de la géotechnique particulièrement le blindage d'excavation. Nos compréhensions des normes de sécurité et des réglementations en vigueur dans la géotechnique ont également été approfondi.

En résumé, ce stage en laboratoire et mon étude sur le blindage d'excavation nous ont offert une opportunité unique d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques dans le domaine de la géotechnique. On a acquis des compétences essentielles pour concevoir, évaluer et mettre en œuvre des systèmes de blindage efficaces, tout en tenant compte des aspects de sécurité.

Cette expérience a renforcé ma passion pour la géotechnique et a préparé le terrain pour de nouveaux défis passionnants dans ma future carrière.

## **Abstract:**

The internship focused on the study of excavation shoring, provided an opportunity to develop the knowledge and skills acquired at university in the field of construction and civil engineering. The main objective of the internship was to become familiar with shoring techniques used to ensure safety during excavation work.

At the beginning of the internship, time was dedicated to understanding the fundamental concepts related to excavation and shoring. Key factors to consider when designing effective shoring, such as soil characteristics, excavation depth, and applied loads on the walls, were studied. Additionally, I learned to use modeling software, particularly GEO.5, to simulate excavation conditions and evaluate the performance of shoring structures.

At the National Housing and Construction Laboratory (NHCL), I actively participated in laboratory tests aimed at evaluating various physical and mechanical properties of soils, including in situ testing.

A significant portion of the internship was devoted to analyzing the obtained results and writing technical reports. I worked closely with a team to interpret the data collected during laboratory and field tests.

This internship provided me with practical and valuable experience in the field of geotechnical engineering, particularly in excavation shoring. My understanding of safety standards and regulations in geotechnical engineering was also deepened.

In summary, this laboratory internship and study on excavation shoring offered a unique opportunity to improve theoretical and practical knowledge in the field of geotechnical engineering. I acquired essential skills to design, evaluate, and implement effective shoring systems while considering safety aspects.

This experience strengthened my passion for geotechnical engineering and prepared me for exciting new challenges in my future career

## ملخص

التدريب التخصصي المركز على دراسة حماية الحفر، كان فرصة لتعميق المعرفة والمهارات المكتسبة في الجامعة ومجال كان الهدف الرئيسي للتدريب هو التعرف على تقنيات حماية الحفر التي تستخدم لضمان البناء والهندسة المدنية. في بداية التدريب، تم التركيز على فهم المفاهيم الأساسية المتعلقة بالحفر وحمايته. تمت دراسة العوامل الرئيسية التي يجب مراعاتها عند تصميم حماية فعالة، مثل خصائص التربة وعمق الحفر والأحمال المطبقة على الجدران. تعلمت المتعددة. محاكاة ظروف الحفر وتقييم أداء هياكل الحماية، وبشكل خاص برامج ، GEO.5

شاركت بنشاط في الاختبارات المخبرية التي تهدف إلى تقييم مختلف الخصائص لفيزيائية والميكانيكية للتربة، بما في ذلك اختبارات في الموقع في مختبر الإسكان والبناء الوطني.

كان جزءاً هاماً من التدريب مخصصاً لتحليل النتائج المحصلة وكتابة التقارير الفنية. عملت بشكل وثيق مع فريق لتفسير البيانات التي تم جمعها خلال الاختبارات المخبرية وعلى الأرض.

هذا التدريب قدم لي خبرة عملية وقيمة في مجال الهندسة الجيوتقنية، وبخاصة في حماية الحفر. تعمقت أيضاً فهمي لمعايير السلامة واللوائح في الهندسة الجيوتقنية.

هذه التجربة قوت شغفي بالهندسة الجيوتقنية وأعدتني لمواجهة تحديات جديدة ومثيرة في مستقبل المهني



## Liste de figures :

**Figure 1** : Accident mortel dans une tranchée.

### Chapitre I : Généralité Sur Les Fouilles

**Figure I.1** : fouilles en tranché

**Figure I.2** : fouilles isolées

**Figure I.3**: fouilles en rigole ou en tranchée

**Figure I.4** : fouilles en plein masse

**Figure I.5** : fouilles en puits

**Figure I.6** : fouilles en pieux

**Figure I.7** : fouilles en galerie

**Figure I.8** : glissement de terrain

### Chapitre II : Etude De Stabilité

**Figure II.1** : éboulement et blindage provisoire

**Figure II.2** : Terrassement et protection

**Figure II.3** : stabilité par talutage

**Figure II-4** : profilée métallique

**Figure II-5** : les palplanches

**Figure II-6** : palplanche métallique

**Figure II-7** : schéma de principes des palplanches

**Figure II-8** : Paroi berlinoise

**Figure II-9** : réalisation d'une paroi berlinoise

**Figure II-10**: les parois lutéciennes à mur extérieurs

**Figure II-11** : schéma d'une paroi lutécienne

*Figure II-12*: les parois lutéciennes à mur intermédiaire

*Figure II-13*: les parois parisiennes

*Figure II-14* : les parois tangentés

**Figure II-15:** réalisation d'une paroi tangente

**Figure II-16:** les parois tangentes

**Figure II-17:** Les parois sécantes

**Figure II-18 :** Les parois sécante

**Figure II-19 :** mode d'excusions d'une paroi sécante

**Figure II-20 :** réalisation d'une paroi moulée

**Figure II-21 :** Dimension extrêmes

**Figure II-22:** schéma représente la paroi moulée

**Figure II-23 :** mode d'excusions d'une paroi moulée

### **Chapitre III : dimensionnement et calcul**

**Figure III.1 :** Photo plan de situation

**Figure III.2:** Schéma de situation de projet

**Figure III.3 :** logiciel GEO5

**Figure III.4 :** les programmes de GEO5

**Figure III.5 :** profile de terrain

**Figure III.6 :** les différent types de couche de sol

**Figure III.7 :** interface des paramètres de sol

**Figure III.8 :** représentation de la nappe

**Figure III.9 :** nouvelle interface de l'excavation

**Figure III.10 :** ligne de glissement et vérification de stabilité

**Figure III.11 :** nouvelle interface de paramètres

**Figure III.12 :** matériaux utiliser et situation de pieux

**Figure III.13** forces et déplacement

**Figure III.14 :** disposition

**Figure III.15 :** pausé+déplacement

**Figure III.16 :** profile et disposition du pieux

**Figure III.17:** déplacement du pieu

**Figure III.18 :** vérification de la stabilité

**Figure III.19 :** moment et force

**Figure III.20 :** note calcul

## **Chapitre IV : Stage Pratique**

**Figure IV.1 :** travaux dans labo

**Figure IV.2 :** Essai pression

**Figure IV.3 :** Essai sondage

**Figure IV.4 :** Preparation des échantillon

**Figure IV.5 :** prise d'essai

**Figure IV.6 :** lavage à 80 um

**Figure IV.7 :** materiau lavé séchage (105°C-24h)

**Figure IV.8 :** Tamisage par des colones de tamis

**Figure IV.9 :** présentation de resultats

**Figure IV.10 :** préparation des échantillon

**Figure IV.11 :** Remplissage de la coupelle et realisation de la rainure

**Figure IV.12 :** Messure la Masse

**Figure IV.13 :** Rouleau 3mm diametre

**Figure IV.14 :** préparation des échantillon

**Figure IV.15 :** Placer l'échantillon dans létuve dans 24h

**Figure IV.16 :** tamisage de l'échantillon

**Figure IV.17 :** Mélanger l'échantillon de sol sec aves defferent quantite d'eau

**Figure IV.18 :** mise en place l'échantillon dans moule

**Figure IV.19 :** démoulage

**Figure IV.20 :** aparaille odometre

**Figure IV.21 :** chargement

**Figure IV.22** :dechargement

**Figure IV.23** : Présentation des résultants

**Liste de tableau :**

**Tableau III.1** : Caractéristique de sol

**Tableau III.2** : Propriete de pieu

# Sommaire :

<i>INTRODUCTION GÉNÉRALE</i> : .....	1
--------------------------------------	---

## **Chapitre I : généralité sur les fouilles**

<i>I.1 - TRAVAUX DE TERASSEMENT</i> : .....	3
---	---

<i>I.2 – TYPES DES FOUILLES</i> : .....	3
---	---

I.2.1 - Fouilles isolée : .....	3
---------------------------------	---

I.2.2 - Fouille en rigole ou en tranchée : .....	4
--	---

I.2.3 - Fouilles en pleine masse : .....	4
--	---

I.2.4 - FOUILLES EN Puits ET PIEU : .....	5
---	---

I.2.4.1 - Fouilles en Puits : .....	5
-------------------------------------	---

I.2.4.2 - Fouilles en pieux : .....	6
-------------------------------------	---

I.2.4.3 - La fouille en galerie : .....	6
---	---

## **Chapitre II : étude de stabilité**

<i>II.1 - DÉFINITION</i> : .....	9
----------------------------------	---

<i>II.2 - LA STABILITÉ D'UNE EXCAVATION</i> : .....	9
---	---

<i>II.3 - SYSTÈMES DE RENFORCEMENT DES EXCAVATIONS</i> : .....	11
--	----

II .3.1 - Talutage : .....	11
----------------------------	----

II.3.2 – blindage : .....	11
---------------------------	----

<i>II.4 - TYPES DE BLINDAGE</i> : .....	12
---	----

II.4.1 - Les palplanches : .....	12
----------------------------------	----

II.4.1.1 - Domaine d'application : .....	14
--	----

II.4.1.2 - Avantages :	14
II.4.1.3 - Inconvénient :	14
<i>II.4.2 - LES PAROIS BERLINOISES :</i>	<i>15</i>
II.4.2.1 - Domaine d'application :	15
II.4.2.3 - Procédé d'exécution :	16
<i>II.4.3 - LES PAROIS LUTÉCIENNES :</i>	<i>16</i>
II.4.3.1 - Mise en œuvre :	17
II.4.3.2 - Les avantage :	18
II.4.3.3 – Inconvénients :	18
<i>II.4.4 - LES PAROIS PARISIENNES :</i>	<i>18</i>
<i>II.4.4.1 - Domaines d'application :</i>	<i>18</i>
II.4.4.2 - Les avantages:	18
II.4.4.3 - Désavantage	19
<i>II 4.5 - PAROI RÉALISÉE PAR DES PIEUX:</i>	<i>19</i>
II 4.5.1 - Les Parois à Pieux Disjoints :	19
II 4.5.2 - Les Parois à Pieux Tangents :	19
II.4.5.2.1 - Domaine d’application :	20
II.4.5.2.2 - Avantage :	20
<i>II.4.6- LES PAROIS EN PIEUX SECANTS :</i>	<i>21</i>
II.4.6.1 - Domaine d’application :	22
II.4.6.2 - Avantages :	23
II.4.6.3 - Désavantage :	23
<i>II 4.7 - PAROI MOULÉE :</i>	<i>23</i>
II.4.7.1- Domaine d’application :	24

II.4.7.2 - Mise en œuvre : .....	24
II.4.7.3 - Avantages : .....	25
II.4.7.4 - Inconvénient : .....	25

### **Chapitre III : dimensionnement et calcul**

<i>III.1 Présentation de projet</i> : .....	27
III.1.1 - Choix du type de blindage : .....	27
III.1.2 - Pré-dimensionnement : .....	28
<i>III.2 - PRÉSENTATION DE LOGICIEL GÉO 5</i> : .....	29
III.2.1 - Interface utilisateur : .....	30
III.2.2 - Personnalisation pour votre pays : .....	31
III.2.3 - Aide intégrée : .....	31
III.2.3 - Normes géotechniques : .....	31
III.2.4 - Normes béton et acier : .....	31
III.2.5 - Calculs à partir des essais sur le terrain : .....	31
III.2.6 - Calculs analytiques et MEF : .....	32
III.2.7 - Modélisation 3D du sous-sol : .....	32
<i>III.3 - CONCEPTION ET VERIFICATION</i> : .....	33
III.3.1 - Géométrie : .....	33
III.3.2 - Analyse et résultats : .....	38
III.3.3 - Analyses et résultats : .....	41
III.3.4 - Analyses et résultats : .....	44
III.3.5 - Analyse stabilité : .....	45
III.3.6 - Dimensionnement et ferrailage : .....	46

## **Chapitre IV : Stage Pratique**

IV.1 - présentation du laboratoire national de l'habitat et de la construction.....	49
IV.2 - les essais de laboratoire.....	50



### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Pour construire un ouvrage, il est nécessaire de modifier le terrain naturel. L'ensemble de ces opérations s'appelle "le terrassement". Terrassement est un travail qui peut consister en de l'extraction de matériaux. Il n'existe pas un seul matériau à terrasser mais plusieurs sortes possibles : tel que les terrains rochers de la terre végétale des terrains graveleux sableux ou des terrains limoneux ou argileux ou carrément des terrains composites.

Dans le domaine du génie civil presque tous les réseaux sont enfouis dans le sol surtout les fondations des ouvrages de génie civil, nécessitant des excavations provisoires ou permanentes.

Une excavation est une fouille dans le sol causé par l'enlèvement de matériaux. Lors de réalisation d'excavation pour différents types d'utilisation les éboulements de terre constituent un risque majeur pour les travailleurs du bâtiment, mais aussi pour les ouvrages avoisinant routes, bâtiments, et autres.

Mais si descendre dans une tranchée est dangereux, rester en surface l'est tout autant si celle-ci n'est pas protégée. Les facteurs de risques et les risques associés sont multiples.



**Figure 1 : Accident mortel dans une tranchée.**

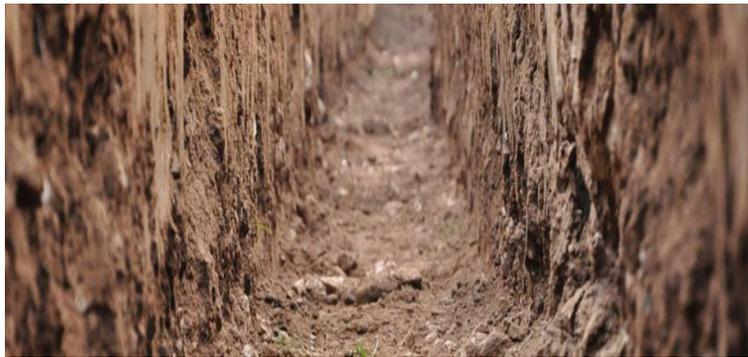
**CHAPITRE I :**  
**GENERALITE SUR LES**  
**FOUILLES**

## **I.1 - TRAVAUX DE TERASSEMENT**

Les terrassements sont des travaux qui se rapportent à la modification du relief du terrain. Ils sont réalisés par l'exécution de déblais ou de remblais.

Les déblais consistent à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres appelés aussi fouilles ou extraction.

Les remblais consistent à rapporter des terres afin de relever le niveau appelé aussi remblaiement.



**Figure I.1 :** fouille en tranchée

## **I.2 – TYPES DES FOUILLES**

Il existe différents types de fouilles en fonction de leur objectif et de leur configuration.

On pourra citer notamment :

1. Fouille isolée
2. Fouille en rigole ou en tranchée
3. Fouille en grande masse ou en pleine masse
4. Fouille en puits et pieu
5. Fouille en galerie

### **I.2.1 - Fouilles isolée**

Une fouille isolée est une excavation réalisée de manière indépendante, généralement dans le but de créer un espace souterrain distinct. Contrairement à d'autres types de fouilles qui peuvent être

réalisées dans le cadre d'un projet de construction plus vaste, une fouille isolée est souvent effectuée de manière autonome.

Les fouilles isolées peuvent servir à diverses fins, telles que pour les fondations isolées, la construction de caves, de citernes, de fosses septiques, de réservoirs d'eau. Elles sont souvent réalisées pour répondre à des besoins spécifiques d'un particulier ou d'une entreprise.



**Figure I.2 :** fouille isolée

### **I.2.2 - Fouille en rigole ou en tranchée**

C'est une rigole destinée à recevoir des fondations telles que les semelles filantes dans ce cas elle peut être aussi définie par le terme tranchée, dans le cas de différentes canalisations, tel que les réseaux assainissement câblage etc., elle est définie par le terme tranchée. La largeur de cette fouille est fonction de la nature du réseau et de la profondeur exigée.



**Figure I.3 :** fouilles en rigole et en tranchée

### **I.2.3 - Fouilles en pleine masse**

Dans le domaine de la construction, une fouille grande de masse peut désigner une excavation réalisée pour des travaux de terrassement à grande échelle, par exemple pour la construction d'un

radier de bâtiment, d'une autoroute ou d'un projet d'infrastructure majeur. Cela peut impliquer le creusement de fouille importante en profondeur, largeur et longueur pour permettre la mise en place des fondations ou des installations souterraines.



**Figure I.4 :** fouilles en plein masse

## **I.2.4 - FOUILLES EN PUITTS ET PIEU**

### **I.2.4.1 - Fouilles en Puits**

C'est un terrassement de petite section mais de grande profondeur destinée à recevoir : fondations semis profondes, également pour la réalisation de forage pour des puits d'alimentation en eau.



**Figure I.5 :** fouilles en puits

**I.2.4.2 - Fouilles en pieux**

Elle est utilisée lorsqu'un bon sol est très profond, et afin de récupérer des charges ponctuelles importante, leur profondeur dépasse 6 fois leurs dimension minimale et sont exécutées par forage ou enfoncement.



**Figure I.6:** fouilles en pieux

**I.2.4.3 - fouille en galerie**

Elle est exécutée sous terre généralement horizontale dans le cas de métro de tunnels ou de mines.



**Figure I.7:** fouilles en galerie

Le scénario le plus catastrophique c'est l'instabilité des talus. Plusieurs cas d'instabilité ont été la cause de dégâts humains et matériels.



**Figure I.8 :** glissement de terrain

L'étude de la stabilité des parois de fouilles devient une nécessité afin de prévenir ce type de problèmes. Les directives du ministère de l'habitat sont clairement explicites et sont entrées en application pour des études de génie civil. L'étude de stabilité est exigée par les différents intervenants dès que l'excavation dépasse les 2.00m de profondeur, exigence du CTC lors des études d'ouvrages.

***CHAPITRE II :***  
***ETUDE DE STABILITE***

## **II.1 - DÉFINITION**

La stabilité est un concept qui fait référence à la capacité d'un système, d'un objet ou d'une entité à maintenir son équilibre, son intégrité ou son fonctionnement sans subir de perturbations majeures. Cela implique une résistance aux forces extérieures ou internes susceptibles de causer des changements indésirables ou de provoquer un effondrement ou une désintégration.

La stabilité des pentes d'un terrain c'est l'étude de l'équilibre mécanique des masses de sol ou de roches, ces dernières mises en mouvement par des phénomènes de terrassements de déblais, peuvent générer des mouvements d'ensemble appelés glissement de terrain. Le domaine de la stabilité des pentes est vaste et difficile à traiter. Ce travail expose les différents aspects de l'analyse de stabilité, des excavations faites lors de la réalisation de fouille en grande masse.

## **II.2 - LA STABILITÉ D'UNE EXCAVATION**

La stabilité des excavations fait référence à la capacité d'une excavation ou d'une tranchée à maintenir sa forme et à éviter les effondrements ou les glissements de terrain. La stabilité est un aspect crucial lors de l'exécution de travaux d'excavation, que ce soit pour la construction de fondations, la pose de canalisations souterraines ou d'autres projets similaires.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la stabilité des excavations, notamment :

### Les caractéristiques du sol :

La nature du sol, sa cohésion, son angle de frottement interne et sa perméabilité qui sont des facteurs importants à prendre en compte. Certains sols, tels que l'argile, sont plus sujets à l'affaissement et nécessitent des mesures spéciales pour garantir la stabilité.

### La profondeur de l'excavation :

Plus l'excavation n'est profonde, plus la pression exercée par le sol environnant est grande, ce qui augmente le risque d'effondrement. Des méthodes de stabilisation appropriées, peuvent être nécessaires pour maintenir la stabilité.

### Les charges externes :

Les excavations peuvent être soumises à des charges externes, telles que la circulation des véhicules, les charges de bâtiments adjacents ou la présence de l'eau souterraine. Ces

charges doivent être prises en compte lors de la conception de l'excavation et de ses systèmes de stabilisation.

✚ Les conditions météorologiques :

Les précipitations abondantes, le gel-dégel ou les périodes de sécheresse peuvent affecter les caractéristiques physiques et mécaniques et conduisent à l'augmentation des risques d'instabilité de ces excavations. Des mesures adaptées doivent être prises pour faire face à ces conditions climatiques.



**Figure II.1 :** éboulement et blindage provisoire



**Figure II.2 :** Terrassement et protection

Pour garantir la stabilité des excavations, diverses mesures peuvent être prises, telles que l'utilisation de systèmes de soutènement, tels que les soutènements, les étanchements, les pieux ou les tirants d'ancrage. L'ingénieur en charge du projet évalue les conditions du sol et les exigences spécifiques du site pour choisir les méthodes de soutènement appropriées.

Il est également essentiel de mettre en œuvre des pratiques de sécurité appropriées sur le chantier, notamment la mise en place de dispositifs de protection des tranchées, tels que des parois en terre stabilisée, des étais ou des bennes en acier, ainsi que de respecter les normes et réglementations en vigueur.

Une évaluation appropriée du site et la mise en œuvre de mesures de soutènement adéquates sont essentielles pour garantir la sécurité et la stabilité des travaux d'excavation.

## II.3 - SYSTÈMES DE RENFORCEMENT DES EXCAVATIONS

### II .3.1 - Talutage

Le talutage reste la solution la plus simple et la plus économique qui empêche l'éboulement d'une tranchée en éliminant la poussée des terres. Le talutage, et spécialement caractérisés par des excavations ayant un angle d'inclinaison (pentes de talus) qui sont fonction de la nature du sol. Elles peuvent être en gradins, exigeant une importante emprise au sol qui n'est pas dans plusieurs cas de figures disponibles.

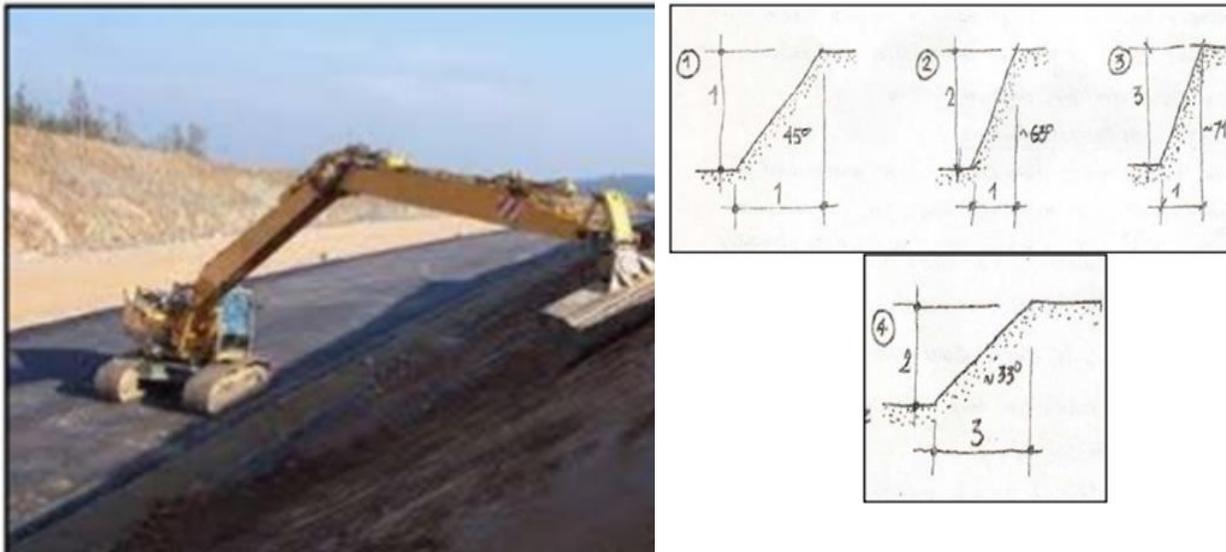


Figure II.3 : stabilité par talutage

### II.3.2 – blindage

L'objectif principal du blindage des excavations est de garantir la sécurité des travailleurs en évitant les accidents liés aux chutes de terre ou aux effondrements soudains. En renforçant les parois de l'excavation, on réduit considérablement les risques d'accidents graves, voire mortels, qui peuvent survenir sur les chantiers de construction.

Le blindage reste dans la majorité des cas obligatoires quand les parois sont maintenues verticales par nécessité de présence de condition serrées de non talutage.

La nature du terrain, des surcharges de toutes nature (constructions, matériaux, circulation), les conditions hydrologiques, les vibrations diverses ou encore la nature des travaux interviennent dans la stabilité globale de la fouille.

Le blindage des excavations est une technique utilisée dans la construction et les travaux de génie civil pour assurer la stabilité des parois des fouilles, surtout maintenir les alentours stables à savoir les ouvrages mitoyens les routes etc.

Le processus de blindage consiste à installer des systèmes de soutènement temporaires ou permanent le long des parois de l'excavation afin de les maintenir en place et de réduire les risques de glissement, de chute de terre ou d'éboulement.

Ces systèmes peuvent être composés de différents éléments, tels que des panneaux métalliques, des poutres, des tirants d'ancrage ou des palplanches.

En outre, le blindage des excavations permet également de protéger les structures environnantes, comme les bâtiments adjacents, les conduites souterraines ou les infrastructures existantes.

Il prévient les mouvements de terrain indésirables et les dommages potentiels qui pourraient en résulter.

Dans l'ensemble, le blindage des excavations est une pratique essentielle pour assurer la sécurité et la stabilité des travaux de construction.

## **II.4 - TYPES DE BLINDAGE**

Différents types de blindages sont utilisées pour prévenir les risques majeurs au niveau des sites à terrasser. Parmi les plus utilisés on peut rencontrer par ordre de complexité les blindages suivant :

### **II.4.1 - Les palplanches :**



**Figure II-4 : profilée métallique**

Les palplanches sont des sections de matériaux en feuilles avec des bords imbriqués qui sont enfoncés dans le sol pour assurer la rétention de la terre et le support d'excavation. Les palplanches sont le plus souvent en acier, mais peuvent également être en bois ou en béton armé. Ils sont installés dans l'ordre pour concevoir la profondeur le long du périmètre d'excavation prévu ou de l'alignement de l'excavation. Les palplanches emboîtées forment un mur pour un soutènement latéral permanent ou temporaire avec un afflux réduit d'eau souterraine. Des ancrages peuvent être inclus pour fournir un support latéral supplémentaire si nécessaire.



**Figure II-5 :** les palplanches

Les palplanches sont couramment utilisées pour les murs de soutènement, la remise en état des terres, les structures souterraines telles que les parkings et les sous-sols, dans les emplacements marins pour la protection des berges, les digues, les batardeaux, etc. Les palplanches permanentes en acier sont conçues pour offrir une longue durée de vie.

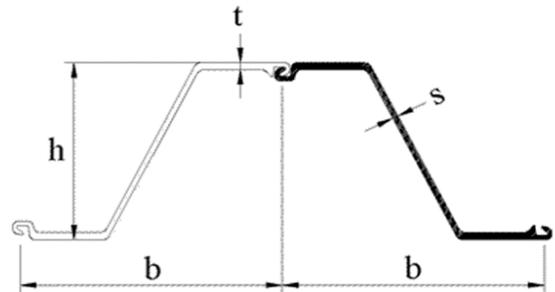
Le vibrofonçage est la technique la plus rapide et ménageant au maximum la palplanche. C'est donc une technique qui consiste à vibrer la palplanche afin de faciliter sa pénétration. Elle fait appel à une masselotte excentrée tournante. Elle permet de diminuer considérablement le frottement latéral. Le poids du vibrofonçeur contribue à l'enfoncement. Elle est très fréquemment employée mais ne permet pas de traverser des sols résistants qu'avec la technique du battage.

Le vibrofonçage convient bien aux sols pulvérulents tels que sables, graves, voire même, limons, surtout s'ils sont saturés d'eau. Pour des sables lâches, on peut même atteindre un enfoncement de 5 m par minute.

Des engins utilisant la vibro-compression sont généralement utilisés pour installer ou enlever des palplanches. Si les sols sont trop durs ou trop denses, un marteau à percussion peut être utilisé pour compléter l'installation.



**Figure II-6 :** palplanche métallique



**Figure.II.7 :** schéma de principe des palplanches.

#### II.4.1.1 - Domaine d'application

- a. Utilisé dans la construction de digues
- b. Utilisé dans la construction d'excavation pour la stabilisation temporaire.

#### II.4.1.2 - Avantages

- Recyclable et réutilisable.
- Disponible dans une large gamme de longueurs, de tailles et d'options d'acier.
- Peut être utilisé pour des structures temporaires ou permanentes.

#### II.4.1.3 - Inconvénient

- L'installation de palplanches est difficile dans les sols rocheux. Dans de tels cas, les profondeurs de mur souhaitées peuvent ne pas être atteintes.

**II.4.2 - LES PAROIS BERLINOISES**

La paroi berlinoise est une technique de soutènement utilisée dans la construction pour stabiliser les excavations du sol. Elle est généralement mise en place lors de travaux d'excavation peu profonde ou de construction de sous-sols.

La paroi berlinoise est constituée de profilés métalliques verticaux, qui sont enfoncés dans le sol. Ces profilés sont souvent en acier et sont disposés à une certaine distance les uns des autres. Elles sont reliées horizontalement par des traverses, formant ainsi une structure solide.

Une fois les profilés en place, un blindage est ajouté pour renforcer la paroi et empêcher le sol de s'effondrer. Ce blindage peut être réalisé en différentes matières, telles que des planches en bois, des prédalles (éléments préfabriqués en béton) ou des plaques d'acier.

L'ensemble de la paroi berlinoise forme une barrière solide qui retient le sol en place, permettant ainsi de réaliser des excavations en toute sécurité. Cette technique est utilisée dans de nombreux projets de construction, tels que la construction de tunnels, de parkings souterrains.

Il convient de noter que la paroi berlinoise peut être utilisée comme soutènement provisoire, souvent utilisé lors de travaux de courte durée, ou comme soutènement définitif, lorsque la paroi doit être maintenue en place de façon permanente.



**Figure II-8:** Paroi berlinoise

**II.4.2.1 - Domaine d'application :**

- Blindage très économique pour fouilles

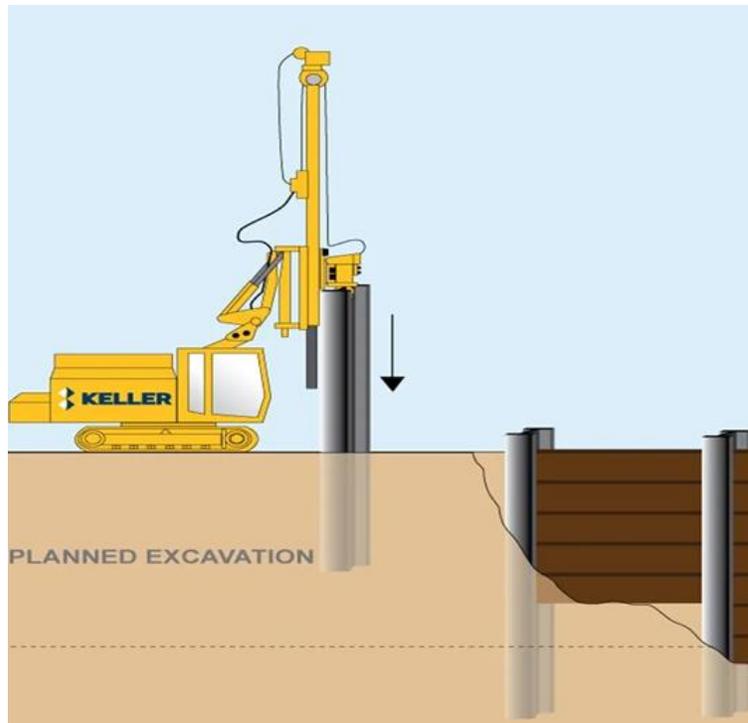


Figure II-9 : réalisation d'une paroi berlinoise

#### II.4.2.3 - Procédé d'exécution

1. Positionnement et fonçage par battage ou vibration de profilés métalliques en H ou I.
2. Après avoir atteint la profondeur d'assise du profilé, début de la première étape de terrassement et mise en place du blindage constitué de planches de bois (madriers horizontaux entre les profilés et planches verticales), de prédalles ou de plaques en acier.
3. Ancrage éventuel de la paroi
4. Phase finale de terrassement, finition de la mise en place du blindage

#### II.4.3 - LES PAROIS LUTÉCIENNES

Le principe de réalisation des parois lutéciennes est quasiment identique à celui de la paroi berlinoise. La seule différence réside dans la conception des raidisseurs verticaux, réalisés ici à la tarière creuse. Les parois lutéciennes sont entièrement en béton armé, y compris le blindage en béton projeté armé qui assure le confinement des sols entre les pieux forés.



Figure II-10: les parois lutéciennes à mur extérieurs

### II.4.3.1 - Mise en œuvre

Le principe paroisial lutécienne est presque identique au principe parois berlinoise. La distinction réside dans la conception des raidisseurs verticaux réalisés ici à la creuse tarière.

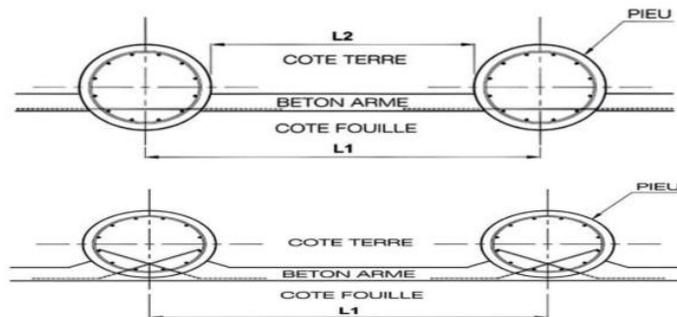


Figure II-11: schéma d'une paroi lutécienne

On peut aussi avoir des murs de soutènements rattachés au niveau intermédiaire.



Figure II-12: les parois lutéciennes à mur intermédiaire

**II.4.3.2 - Les avantages**

- Adaptable à toutes les géométries
- absence de nuisance.

**II.4.3.3 – Inconvénients**

- Pour faible profondeur sans maintien latéral.
- Inadapté aux sols instables sur le long terme

**II.4.4 - LES PAROIS PARISIENNES**

C'est une autre variante de la paroi berlinoise, composée de raidisseurs verticaux en béton armé ancrés en pied et maintenus en tête par des tirants et/ou des butons, et de voiles en béton armé, coffré ou projeté, réalisés au fur et à mesure du terrassement.



*Figure II-13:* les parois parisiennes

**II.4.4.1 - Domaines d'application**

- Paroi de Rétention des Terres, Sans Nappe d'Eau sur Hauteur d'Excavation
- Non Étanche (Paroi Perméable)

**II.4.4.2 - Les avantages**

- Adaptabilité à toutes les géométries,

**II.4.4. 3- Inconvenient**

- Impraticable en présence de nappe
- Nécessité d'ancrages pour grande hauteur.
- Profondeur limitée.

**II 4.5 - PAROI RÉALISÉE PAR DES PIEUX**

Ce procédé permet de réaliser des soutènements avec des pieux forés ou tubés, continus et discontinus, y compris en présence d'une nappe. Ces types de soutènements peuvent également être utilisés pour la reprise de charges.

Ils existent trois types de paroi en pieux.

**II 4.5.1 - Les Parois à Pieux Disjoints**

Elles sont constituées de pieux disposés de manière à laisser un espace entre eux. Selon les conditions, le sol entre les pieux peut être stabilisé pendant l'excavation. Pour cela, on peut construire une paroi en bois (parois berlinoise) ou un mur en béton projeté renforcé (parois parisiennes ou lutétiennes).

Elle est généralement mise en œuvre dans les sols cohérents ou dans des formations rocheuses peu fracturées

**II 4.5.2 - Les Parois à Pieux Tangents**

Les parois de pieux tangents sont exécutées dans un ordre bien déterminé. Les pieux tangents retiennent uniquement les terres, dans ces pieux tangents tous les pieux sont armés.



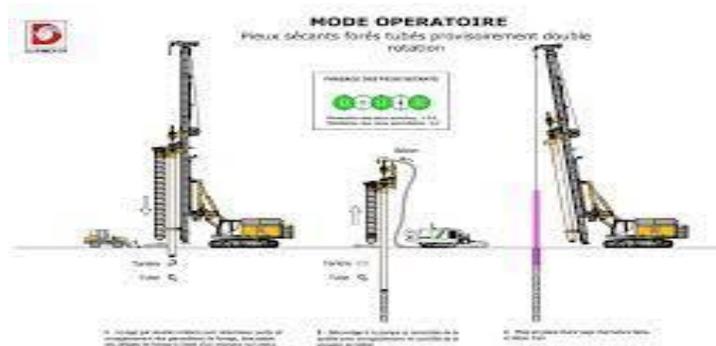
**Figure II-14 :** les parois à pieux tangents

Les pieux peuvent être insérés avec des espaces entre eux généralement d'environ 50 à 150 mm.

#### II.4.5.2.1 - Domaine d'application

L'utilisation la plus courante des pieux tangents est la construction de sous-sols ou de caves, où les pieux peuvent être insérés puis utilisés comme mur de soutènement déjà en place lors de l'excavation du sous-sol.

Les autres utilisations principales incluent l'insertion de sous-structures à proximité d'une structure existante, où une excavation extensive pourrait ne pas être pratique, ou pour stabiliser des pentes.



**Figure II-15:** réalisation d'une paroi tangente

#### II.4.5.2.2 - Avantage

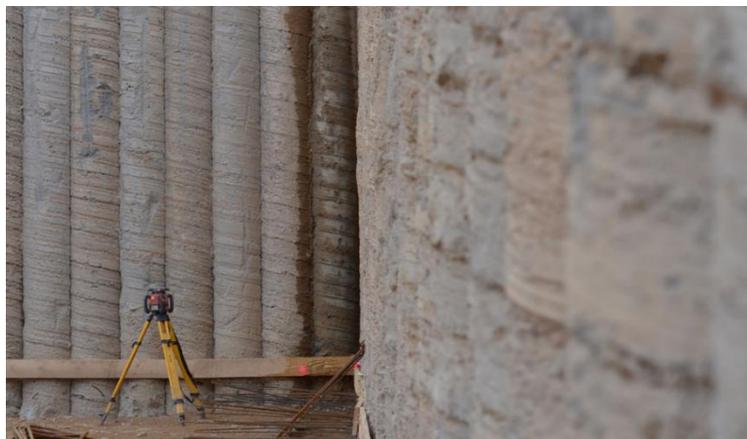
- Plus facile à intégrer aux variations de charge, sans nécessiter de mur de guidage
- Ils peuvent être utilisés pour une géométrie plus flexible qu'une paroi moulée
- Peut être installé dans des conditions de sol difficiles



*Figure II-16: les parois tangentées*

#### **II.4.6- LES PAROIS EN PIEUX SECANTS**

Une paroi sécante est un type de soutènement utilisé dans les excavations profondes pour stabiliser les parois de l'excavation et prévenir les effondrements du sol. De plus, elles peuvent également servir de barrière étanche pour empêcher les infiltrations d'eau dans l'excavation



*Figure II-17: Les parois sécantes*

La construction d'une paroi sécante implique l'alternance d'éléments de paroi principale (ou paroi mère) et d'éléments de paroi auxiliaire. Les éléments de paroi principale sont généralement constitués de béton armé et sont coulés en premier. Ils sont ensuite suivis par les éléments de paroi auxiliaire, qui sont également en béton, mais comportent généralement des zones vides qui permettent le chevauchement avec les éléments de paroi principale.

La construction de parois sécantes se fait généralement par des techniques de forage et de coulage du béton. Des machines spéciales, telles que des foreuses à paroi moulée ou des pieux à paroi moulée, sont utilisées pour créer les trous nécessaires dans le sol. Le béton est ensuite injecté dans

les trous à travers des tubes ou des tuyaux en acier, formant ainsi les éléments de paroi principale et auxiliaire.



**Figure II-18:** Les parois sécantes

Les parois sécantes offrent une résistance structurelle et une stabilité aux excavations profondes. Elles permettent de maintenir les parois de l'excavation en place, même en présence de charges latérales importantes ou de contraintes hydrostatiques.

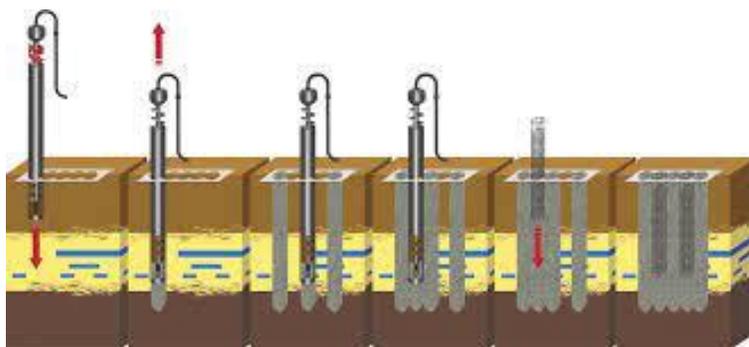
#### **II.4.6.1 - Domaine d'application**

L'utilisation de parois sécantes est courante dans des projets de construction tels que les sous-sols, les parkings souterrains, les tunnels, les stations de métro et les barrages. Elle permet de créer des excavations profondes sûres et stables, offrant une protection essentielle aux travailleurs et aux infrastructures environnantes.

Activer et soutenir les excavations.

Soutenir les murs.

Stabilisation de pente.



**Figure II-19:** mode d'excavations d'une paroi sécante

**II.4.6.2 - Avantages**

- Peut être construit et former des excavations dans les zones de nappe phréatique élevée
- Peut être conçu avec un minimum de déformation et de tassement à l'extérieur
- Peut supporter des charges élevées des structures environnantes

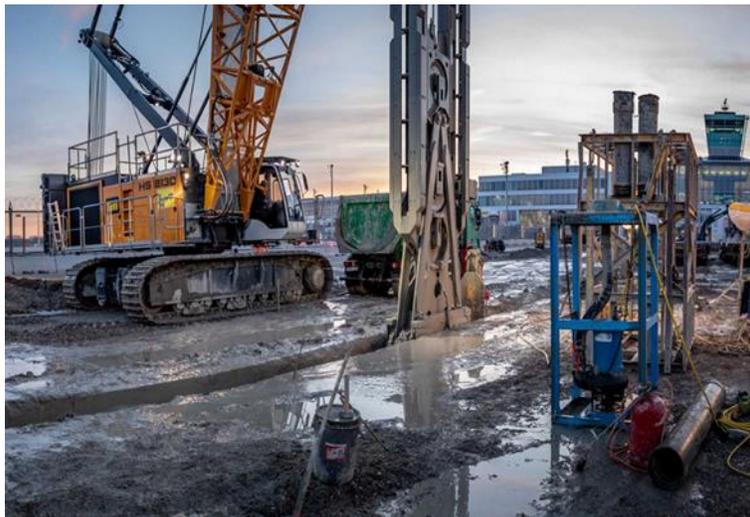
**II.4.6.3 - Inconvénient**

- Les tolérances de verticalité peuvent être difficiles à atteindre pour les pieux profonds.
- L'étanchéité totale est très difficile à obtenir dans les joints.

Coût accru par rapport aux murs de palplanches

**II 4.7 - PAROI MOULÉE**

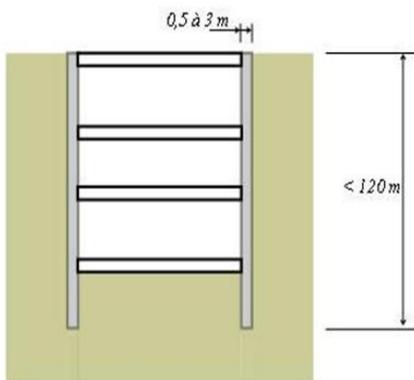
La paroi moulée est le blindage le plus important, c'est des murs continus en béton armé encastré dans le sol pour soutenir les principales activités de construction telles que la construction de barrages, d'approches de tunnels, de sous-sols profonds. Ils jouent le rôle de mur de soutènement, de support de l'ouvrage souterrain, de fondation et facilitent la mise à disposition de coupures pour supporter des excavations profondes



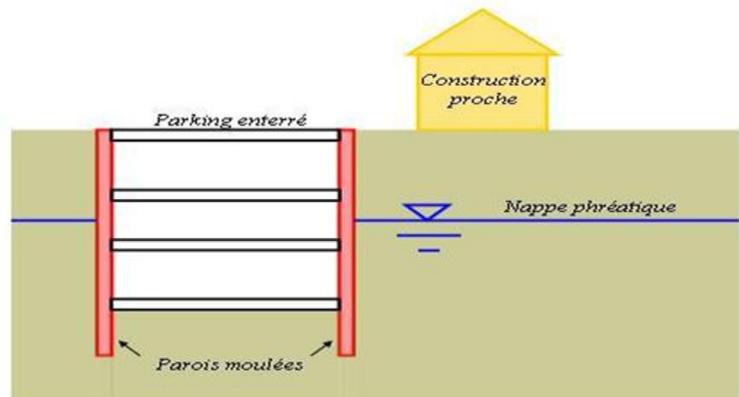
*Figure II-20:* réalisation d'une paroi moulée

Une paroi moulée forme une section rectangulaire construite in situ sous le sol. Il s'agit donc d'un mur de béton armé souterrain. Ces murs sont construits panneau par panneau, chacun emboîté pour assurer la stabilité structurelle et l'étanchéité à l'eau.

Les parois moulées peuvent avoir une épaisseur allant de 50 cm à 300 cm avec une largeur de 2,0 à 3,5 m. Les parois moulées peuvent être construites jusqu'à une profondeur de 120 m.



**Figure II-21:** Dimensions extrêmes



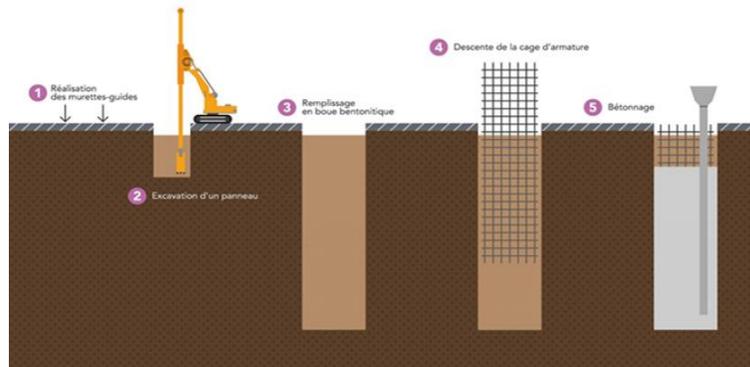
**Figure II-22:** schéma représente la paroi moulée avec buttant

#### II.4.7.1- Domaine d'application

- • Dans les endroits dotés d'infrastructures urbaines importantes et plus anciennes.
- • Où le besoin d'un système de rétention de terre très rigide existe.

#### II.4.7.2 - Mise en œuvre

La mise en œuvre de parois moulées fait référence à la procédure de construction de murs ou de parois en utilisant une technique de moulage. Cette méthode est souvent utilisée dans la construction de structures en béton, en particulier pour les murs de soutènement, les murs de cave, les murs de réservoirs ou les parois de tunnels.



**Figure II-23** : mode d'excursions d'une paroi moulée

Voici les principales étapes de la mise en œuvre des parois moulées :

1. Forage par tranché de 2 à 3.5 m décalés.
2. Installation de la cage d'armature.
3. Coulage du béton.

#### II.4.7.3 - Avantages

- Puisqu'elles peuvent être construites pour résister à des charges structurales extrêmement élevées, les parois moulées sont fréquemment utilisées pour retenir des excavations extrêmement profondes.
- Divers types de roches et de sols peuvent être utilisés pour construire la paroi moulée.

#### II.4.7.4 - Inconvénient

- Par rapport à d'autres types de systèmes de soutènement d'excavation, la construction de parois moulées est relativement coûteuse en raison de la nécessité d'équipements d'excavation et de pompage.
- Des conditions de sol défavorable avec une pénétration lente et difficile ne conviennent pas à la construction de parois moulées.

***CHAPITRE III :***

**Dimensionnement et calcul**

### III.1 Présentation de projet

Le projet se compose de trois tours en R+16 + 2 sous-sols situés au niveau de la route de l'avant-port Annaba sur un terrain plat et un niveau d'eau élevé avec la présence des charges dues à un carrefour et sa proximité du port.

Mitoyen a une ancienne bâtisse.

Hauteur sous-sol 2x3m et fondation de 2m. totale 8m d'excavation.



**Figure III.1** Photo plan de situation

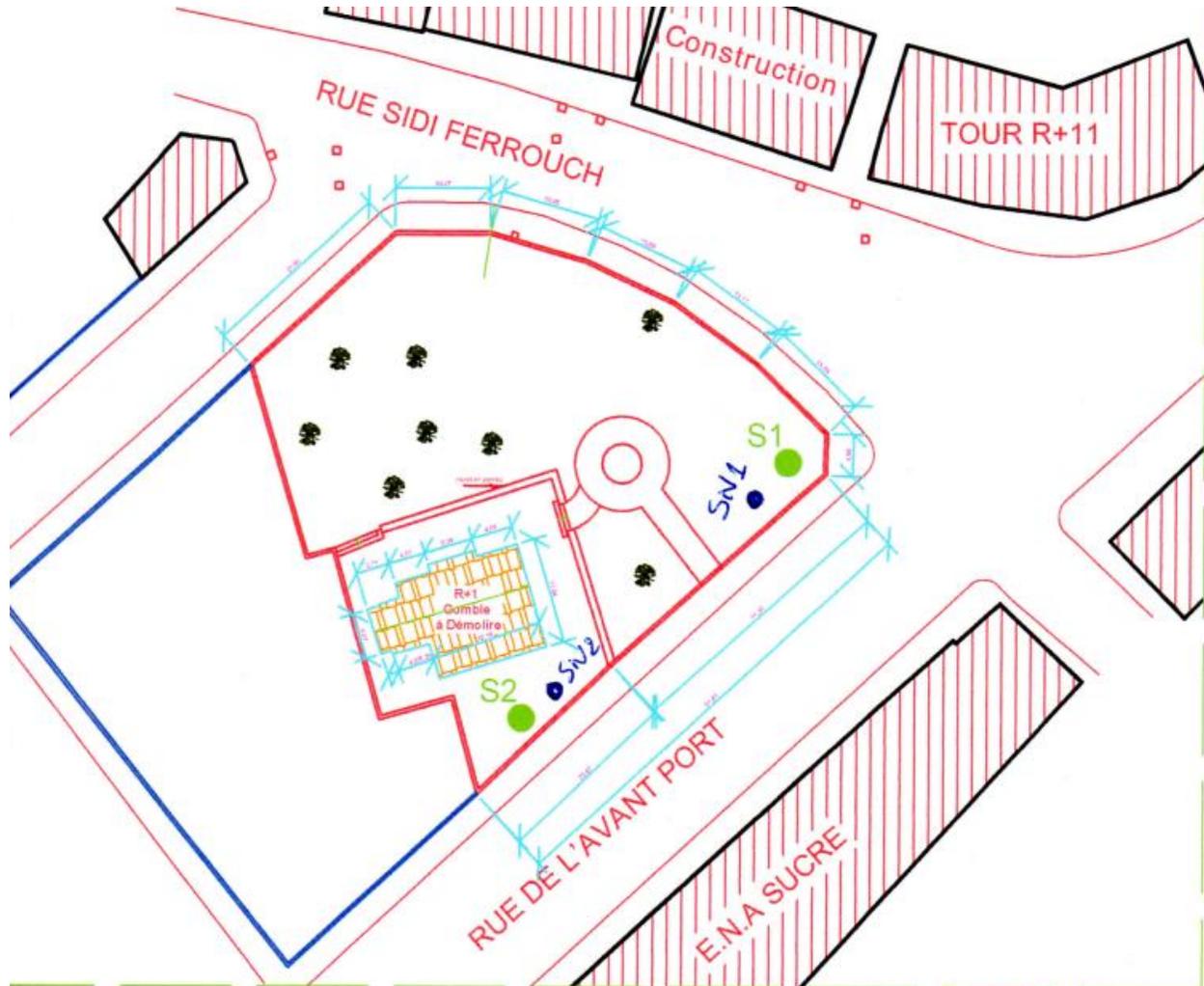
#### III.1.1 - Choix du type de blindage

Dans ce projet la présence de la mer représente un grand risque d'infiltration d'eau de mer.

Des facteurs tels que des niveaux élevés d'eau souterraine combinés à des profils de sol et de roche inadéquats nécessiteront généralement un mur de pieux sécants afin de rendre l'excavation imperméable et de créer un système de support d'excavation profond et stable.

Les pieux sécants permettent d'obtenir une étanchéité de surface de haute qualité, offrant une protection complète contre la pénétration de l'eau de mer nocive.

La ligne de pieux de stabilité de la première excavation est montrée en ligne rouge épaisse.



**Figure III.2 : Schéma de situation de projet**

**III.1.2 - Prédimensionnement**

Le diamètre des pieux  $D$  sera déterminé en fonction de la profondeur  $H$  de la fouille en général  $1/10$ .

$$D=H/10$$

$$D=8m/10 \rightarrow D=0.8m$$

Le diamètre choisi au départ est de 80 cm, avec des pieux sécants étanches.

Un encrage au niveau sol de 9m en première a été adopté

### III.2 - PRÉSENTATION DE LOGICIEL GÉO 5



**Figure III.3 : logiciel GEO5**

GEO5 est une série de logiciel puissante, très professionnel pour résoudre des tâches géotechniques basées sur des méthodes analytiques traditionnelles et la méthode des éléments finis, d'une grande utilité pour le géotechnicien.

Les programmes de géo.5 sont divers, il traite de presque tous les aspects de la géotechnique, il traite des excavations, des stabilités des talus, des murs de soutènement, des fondations superficielles et profondes.

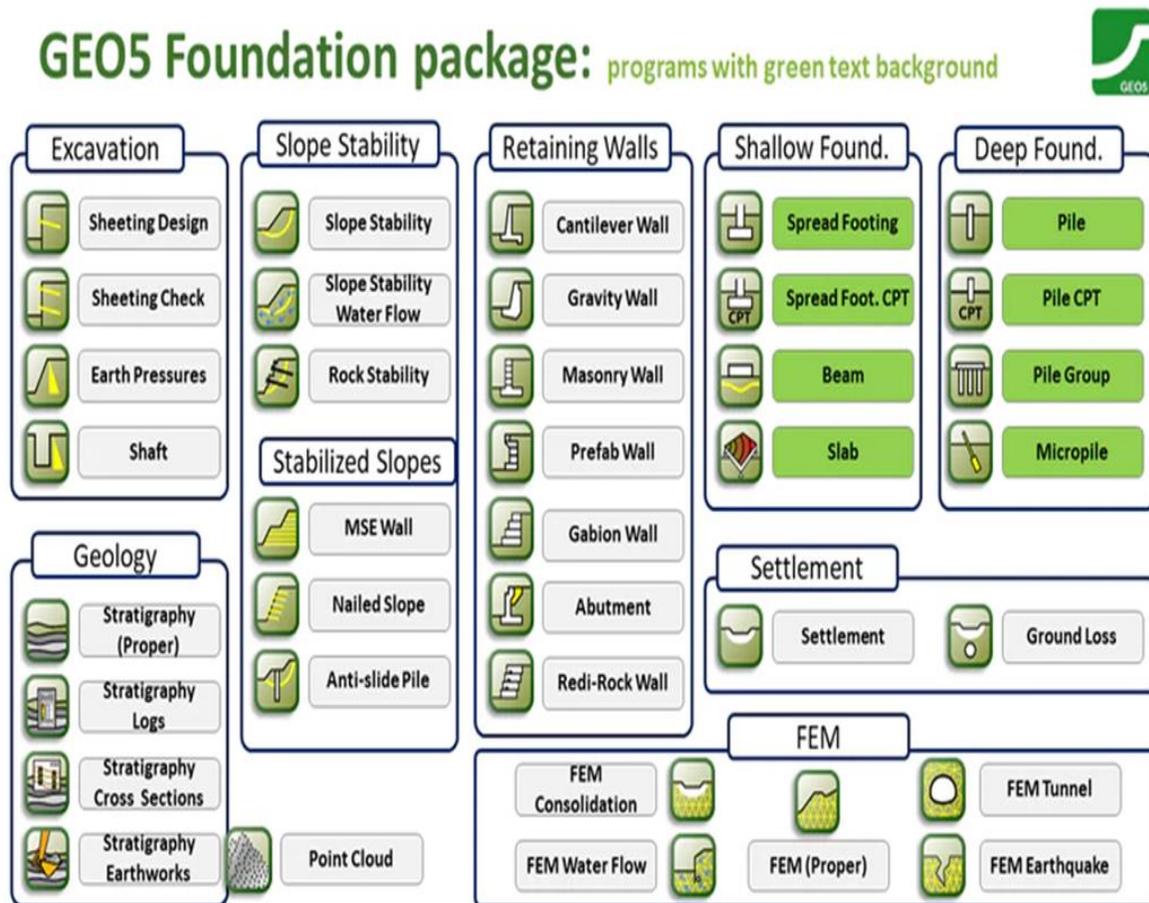


Figure III.4 : Les programmes de GEO5

**III.2.1 - Interface utilisateur**

Tous les programmes utilisent la même interface utilisateur de base. Le principe fondamental est très simple ainsi que l'introduction des données de base qui sont saisies progressivement afin d'analyse et effectuer les différentes conceptions et vérifications.

La majorité des données sont saisies textuellement et/ou graphiquement. Le modèle est immédiatement redessiné graphiquement, tous les programmes sont simples et direct.

**III.2.2 - Personnalisation pour votre pays**

Les programmes GEO5 sont disponibles dans plus de 20 langues. Les notes de calcul peuvent également être dans différentes langues. Bien entendu, la personnalisation locale s'applique également aux standards et aux normes.

**III.2.3 - Aide intégrée**

Tous les programmes contiennent une aide intégrée, qui contient plus de 1600 pages décrivant, entre autres fonctionnalités, l'interface utilisateur, les entrées, et surtout toutes les théories et méthodes utilisées dans les programmes.

**III.2.3 - Normes géotechniques**

Les programmes sont conçus conformément aux codes de pratique suivants

Euro codes EN 1997, incluant certaines annexes nationales

Conception américaine des facteurs de charge et de résistance (LRFD)

Normes chinoises GB

Théorie des facteurs de sécurité (ASD)

Théorie des États Limites (LSD)

**III.2.4 - Normes béton et acier**

Les normes de matériaux font partie intégrante des programmes, dans la vérification de la capacité portante de la structure conçue. Plus de 15 normes de matériaux sont mises en œuvre ; l'euro-péenne norme EN, l'ACI américaine, la CSA canadienne, l'AS australienne, la GB chinoise, l'IS indien et de nombreuses autres normes.

Outre les structures en béton et en acier, les structures constituées d'autres matériaux peuvent également être vérifiées, tel que les bois, maçonnerie, composite.

**III.2.5 - Calculs à partir des essais sur le terrain**

Les logiciels conçoivent les types de fondations (Semelles CPT, Pieux CPT, Micropieux) sur la base de données d'essais sur le terrain (CPT, SPT, PMT, DMT, etc.) Ces calculs suivent des normes géotechniques spécifiques, par exemple NEN néerlandaise, NBN belge, CTE

Espagnole ou NF-P française, ou des méthodes généralement acceptées tel que Meyerhof, Skempton, Schmertmann, etc...

**III.2.6 - Calculs analytiques et MEF**

L'avantage du logiciel GEO5 est la possibilité de combiner des méthodes analytiques et numériques. Les deux méthodes sont indépendantes, ce qui permet de comparer et de recouper les résultats. L'avantage de l'approche analytique est la simplicité de l'entrée et le plus petit nombre de paramètres d'entrée requis. Les calculs MEF qui sont généralement plus complexes permettent d'effectuer des analyses plus fines.

**III.2.7 - Modélisation 3D du sous-sol**

La base d'une bonne conception géotechnique est une parfaite connaissance du sous-sol. Le moyen idéal pour l'obtenir est de créer un modèle 3D. Le modèle peut également être utilisé pour copier des données d'entrée vers d'autres programmes, par exemple des profils géologiques ou des coupes géologiques entières.

### III.3 - CONCEPTION ET VERIFICATION

Dans la première approche l'étude de la stabilité de l'excavation sans blindage est faite pour pouvoir analyser la faisabilité de la fouille.

✚ **Phase 01** : introduction des profils de sols et des caractéristiques du sondage.

#### III.3.1 - Géométrie

Le modèle introduit fait 60 m de longueur et un substratum à 30 m de profondeur avec une nappe d'eau salée située à 3m de profondeur et une route à proximité.



Figure III.5 : profile de terrain

✚ Les différentes couches du sol

A partir des essais de laboratoire LTP-Est les caractéristiques des différentes couches du sol sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 01 : caractéristique des sols

SC01				
Profondeur (m)	0.3-2.0	2.0-4.0	4.0 -7.5	7.50-30
<b>IDENTIFICATION</b>				
W(%)	13.2	13.5	18.4	12.3
$\delta_d$ t/m <sup>3</sup>	1.81	1.88	1.86	1.90
$\delta_h$ t/m <sup>3</sup>	2.05	2.14	2.20	2.12
Sr (%)	72	83	100	79
<b>LIMITES D'ATTERBERG</b>				
WI%	32	28	30	25
WP%	19	18	18	17
Ip	13	10	12	8
<b>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</b>				
2.00 mm	97.44	96.11	98.56	99.6
0.08 mm	66.06	52.4	52.84	47.12
<b>CISAILLEMENT RECTILIGNE</b>				
C (bars)	0.157	0.157	0.255	0.363
$\Phi$ (°)	13	14	13	14
<b>CARACTERISTIQUES OEDOMETRIQUES</b>				
P <sub>c</sub>	0.885	0.253	0.995	0.235
C <sub>c</sub>	0.154	0.078	0.126	0.087
C <sub>g</sub>	0.041	0.020	0.026	0.031
<b>ANALYSES CHIMIQUES SOL</b>				

INSOLUBLES %	18.00	08.40	72.80	07.20
CARBONATES %	78.91	90.59	27.32	92.49
GYPSE %	TRACES	TRACES	TRACES	TRACES
CHLORURE %	0.17	0.11	0.23	0.00

A partir de ce tableau, les données sont introduites dans les paramètres correspondants aux 05 couches de sol ainsi définies.

Soil name	
1	T.V
2	Argile gris
3	Argile brun
4	argile jeuntre
5	gneiss

**Figure III.6 : les différents types de couches de sol**

Modification of soil parameters

Identification  
Name : Argile gris

Basic data  
Unit weight :  $\gamma = 18.10$  [kN/m<sup>3</sup>]  
Stress-state : effective  
Angle of internal friction :  $\phi_{ef} = 13.00$  [°]  
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 15.70$  [kPa]  
Uplift pressure  
Calc. mode of uplift : standard  
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 21.41$  [kN/m<sup>3</sup>]

Foliation  
Soil foliation : not considered

Draw  
Color  
Pattern category : GINT  
Pattern : BEDROCK

Classification  
Classify  
Delete  
OK +   
OK +   
 OK  
 Cancel

Figure III.7 : interface des paramètres de sol

Notre nappe se situe à 3m de profondeur, est aussi introduite. Le schéma indique les différentes couches en plus de la position de la nappe.

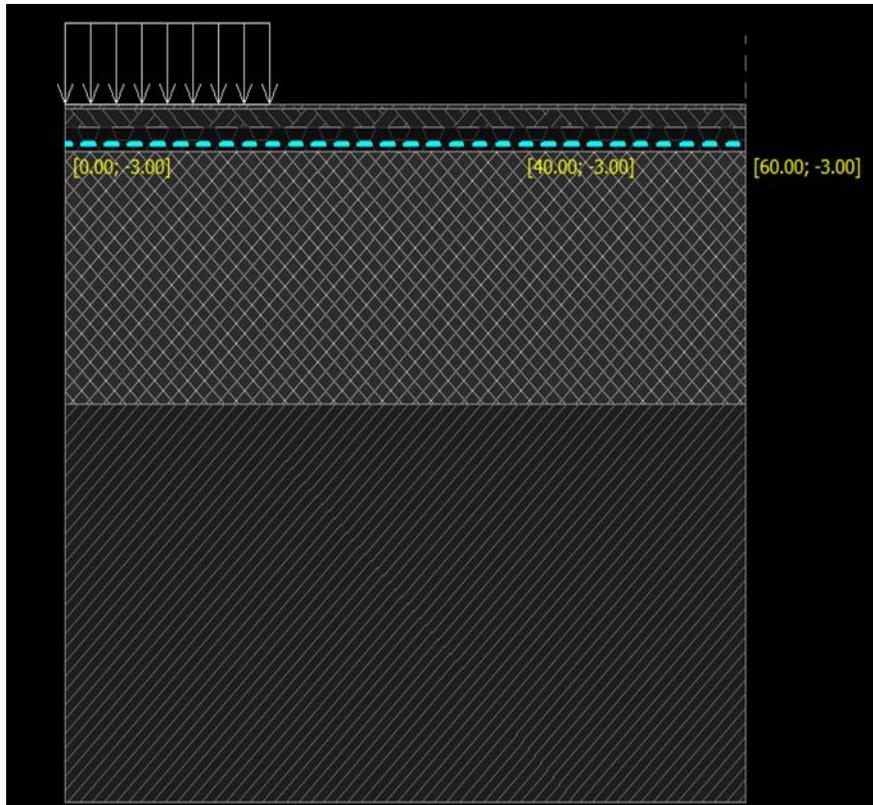


Figure III.8: représentation de la nappe

✚ **Phase 2** : introduction de l'excavation dans le sol

Une nouvelle interface de modélisation de l'excavation de  $h=8\text{m}$  est introduite pour analyser la stabilité sans blindage et déterminer l'angle de glissement permettant un talutage dans le cas de faisabilité.

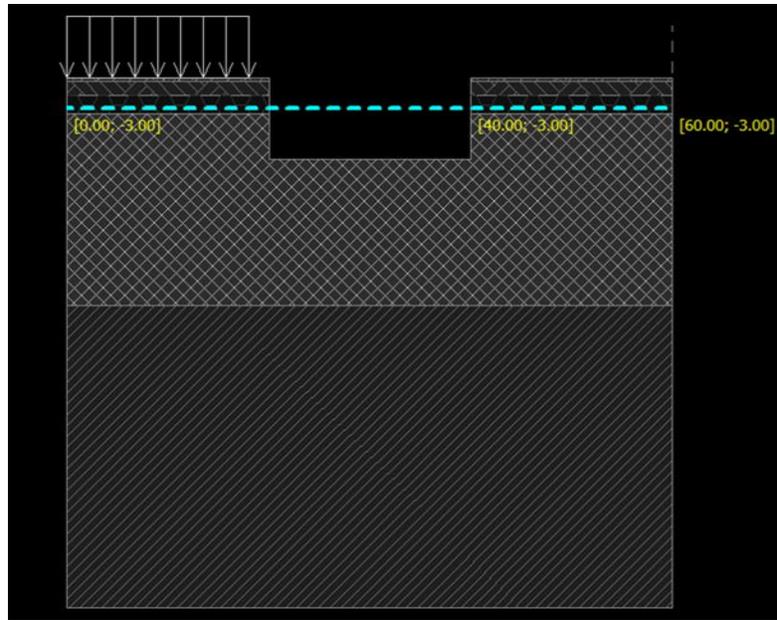
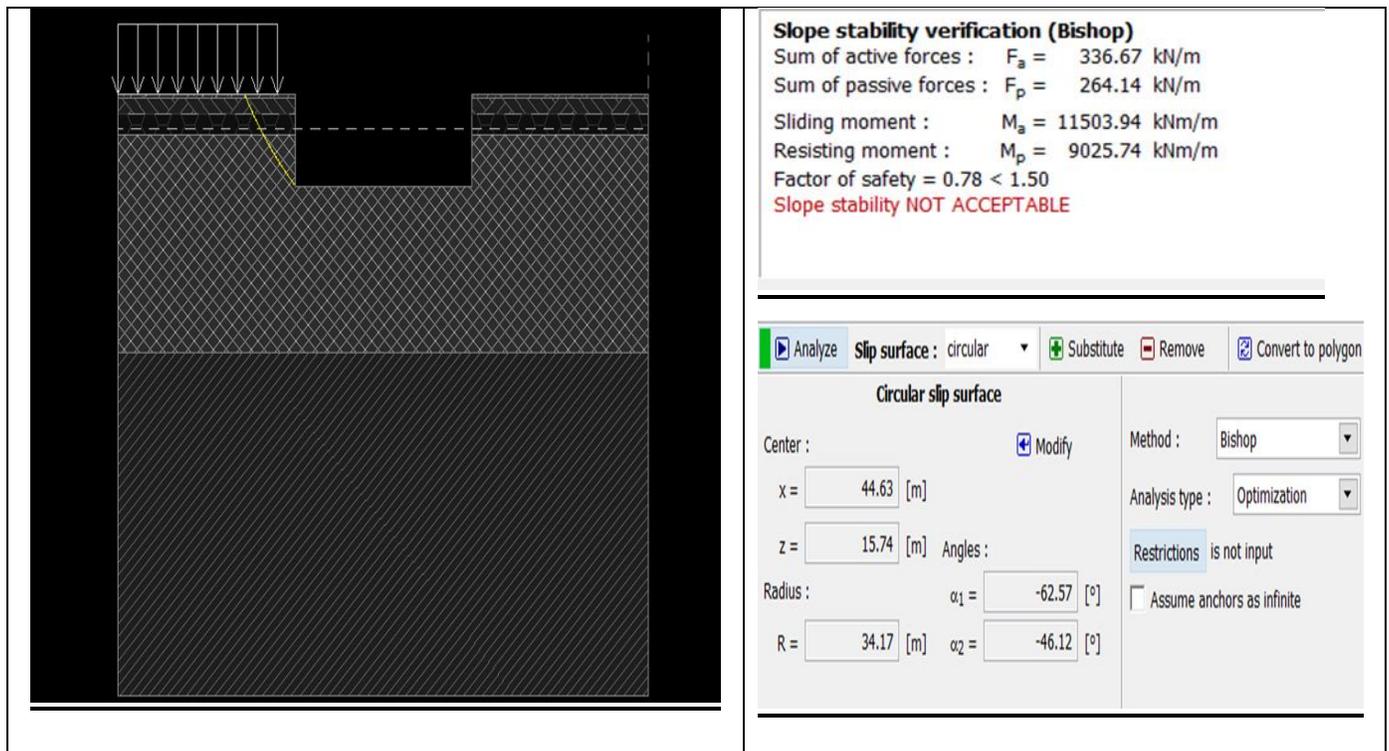


Figure III.9 : nouvelle interface de l'excavation

### III.3.2 - analyse et résultats

L'analyse de la stabilité sans blindage est lancée afin de déterminer le facteur de risque du glissement



**Figure III.10 : ligne de glissement et vérification de stabilité**

Le résultat obtenu confirme l'instabilité de la fouille avec un facteur de sécurité de  $0.78 < 1.5$  très instable, donc la fouille nécessite un blindage pour exécuter notre ouvrage.

Introduction des nouveaux éléments de blindage, qui sont constitué de pieux de 80cm, sécant pour éviter l'infiltration des eaux de mer au niveau de la fouille.

Une fiche préalable a été introduite de l'ordre de la hauteur de la fouille de 9m, de hauteur totale 17 m.

Pour le calcul des déplacements du blindage en tête des pieux, le paramètre de réaction du sol devient une nécessité pour le calcul des déplacements et doit être introduit.

### Module de réaction du sol $kh$

On peut le déterminer de plusieurs façons, nous avons considéré un module de réaction en fonction du tassement donné sous une contrainte de 2bars fourni par le labo.

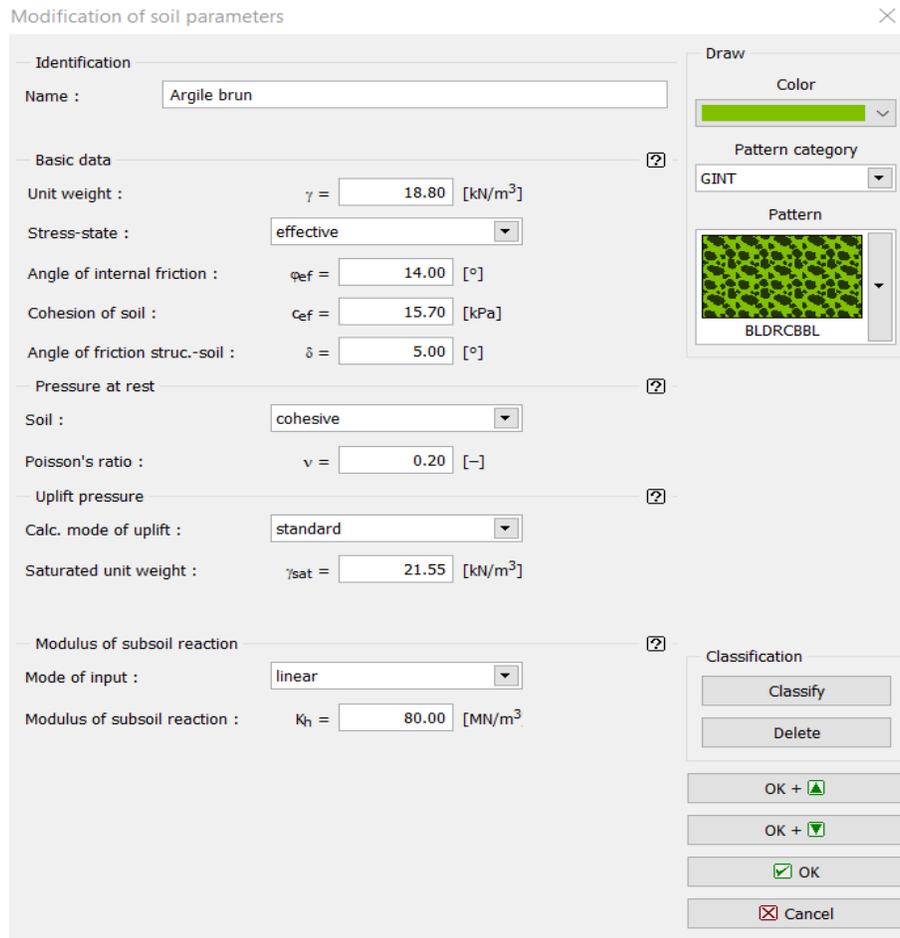
**Le frottement pieux sol**

Est aussi on introduit pour tenir compte de l'effort de compression dans les pieux ce qui est favorable, un angle de 5 degrés a été adopte ce qui est très acceptable.

Kh déterminé à partir de la relation tassement contrainte selon la formule suivante :

$$K_h = \frac{\sigma_0}{\Delta}$$

Introduction des nouvelles données en plus des données du sol.



**Figure III.11** : nouvelle interface des paramètres

Le blindage est donc assuré par une paroi de pieux sécants de 17 m de profondeur et 0,8 m de diamètre, travaillant comme console encastrée dans le sol de 9m.

<u>Paramètre</u>		<u>Valeur</u>	<u>Unite</u>
La largeur	<u>H</u>	<u>17</u>	<u>M</u>
<u>Diameter</u>	<u>D</u>	<u>0,8</u>	<u>M</u>
<u>Espacement du centre des pieux</u>	<u>A</u>	<u>0.7</u>	<u>M</u>

Tableau 2: propreté de pieu

Les données concernant les sections et matériaux utilisés sont introduites.

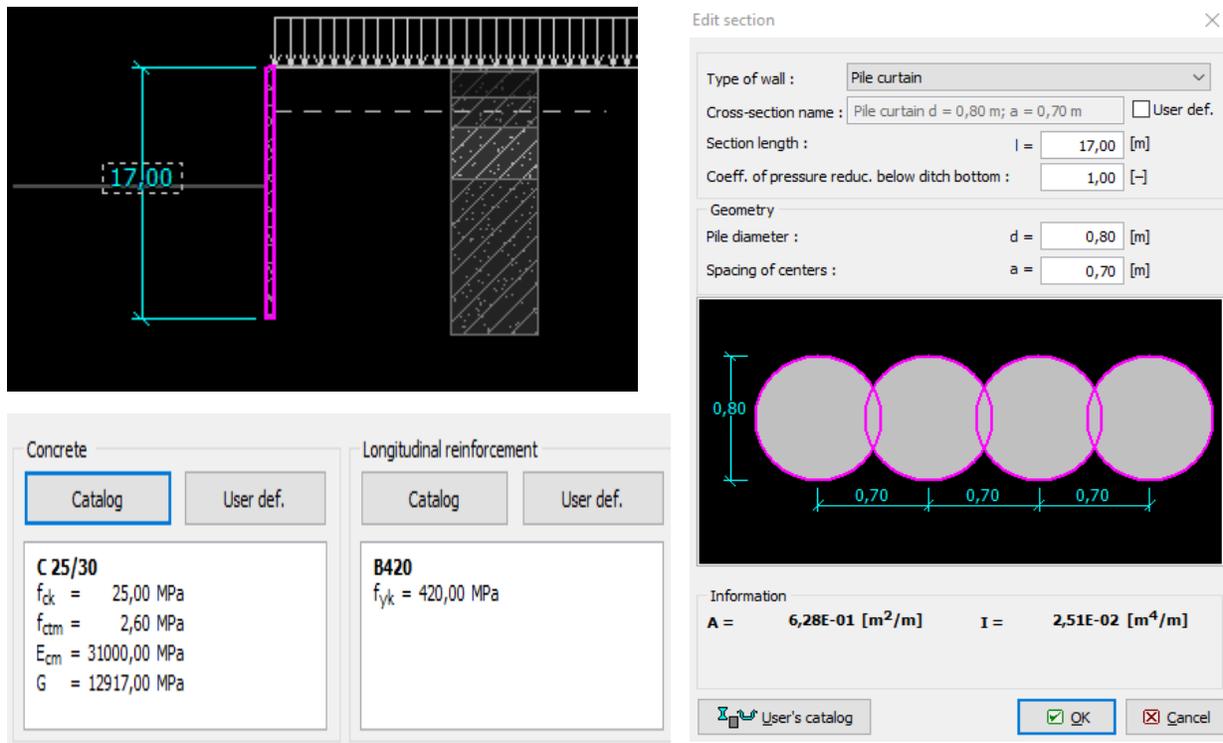


Figure III.12 : matériaux utiliser et situation de pieux

### III.3.3 - Analyses et résultats :

Après lancement de l'analyse, les résultats de la tenue du blindage et de ces déplacements sont donnés pour être analysés.

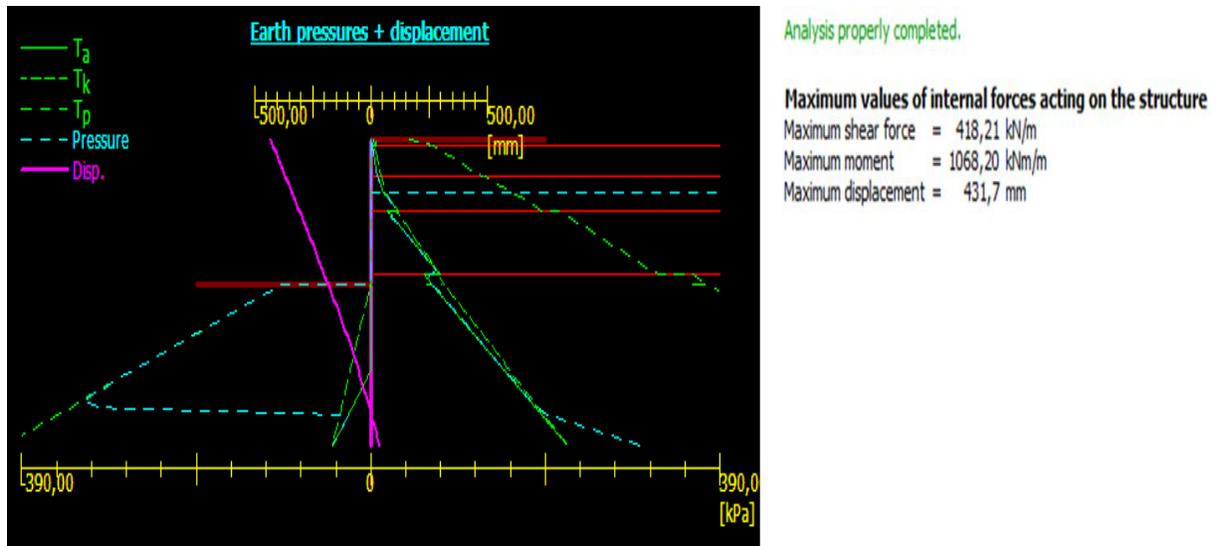


Figure III.13 : force et déplacement

Malgres que la stabilite est satisfaisante au vue des caracteristiques des sols en place, mais avec des deplacement tres important de l ordre de 0,43m, ce qui est inadmissible. De ce fait un nouveau pieu de 1,00m de diametre est adopte.

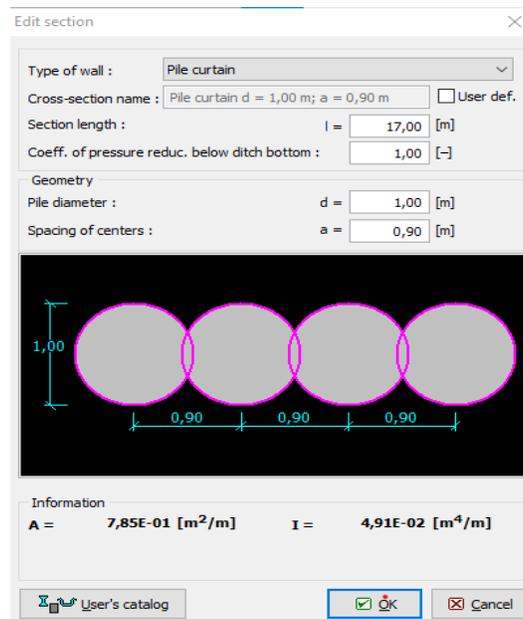
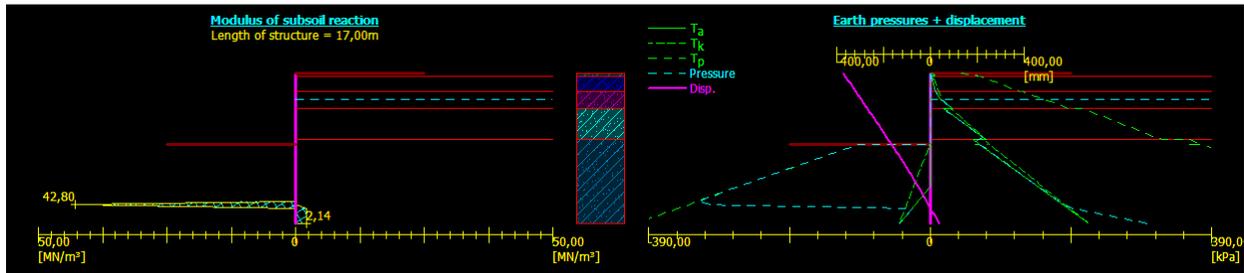


Figure III.14: disposition

III.3.4 Analyse et résultats

Malgres l'augmentation du diamètre des pieux les déplacement restent trop important de l ordre de 0,37m, aussi inadmissible.



Analysis properly completed.

Maximum values of internal forces acting on the structure

Maximum shear force = 417,93 kN/m  
 Maximum moment = 1068,20 kNm/m  
 Maximum displacement = 369,7 mm

Figure III.15 : forces déplacement

Dans ce cas de non vérification du déplacement le pieu de 1,00m sera maintenu en augmentant la fiche des pieux à 18m pour réduire ces déplacements.

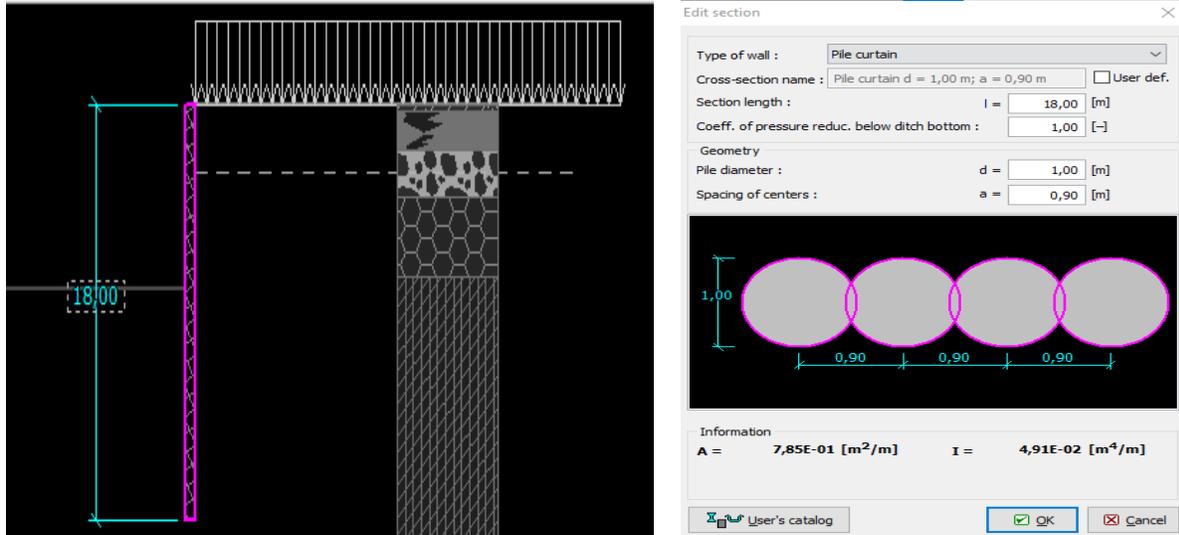


Figure III.16 : profile et disposition du pieux

III.3.5 - Analyses et résultats :

Les pieux de 1m de diamètres avec une fiche de 10m soient une hauteur totale de 18 m est très satisfaisante pour les déplacements en tête de pieux.

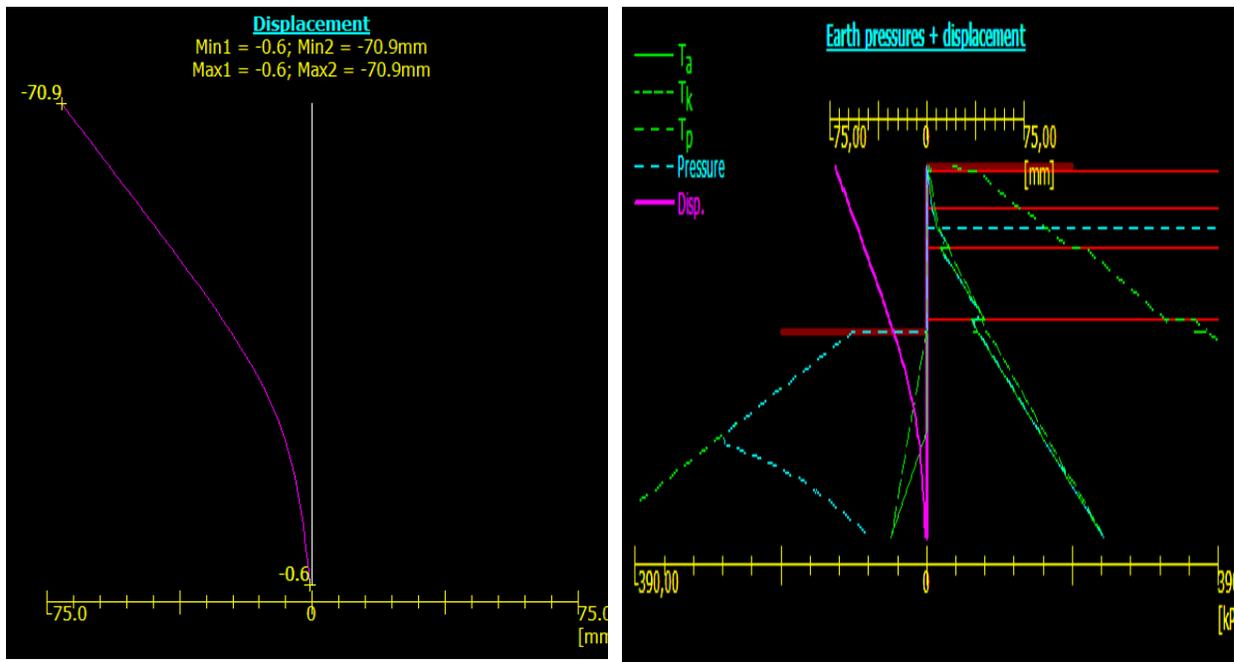
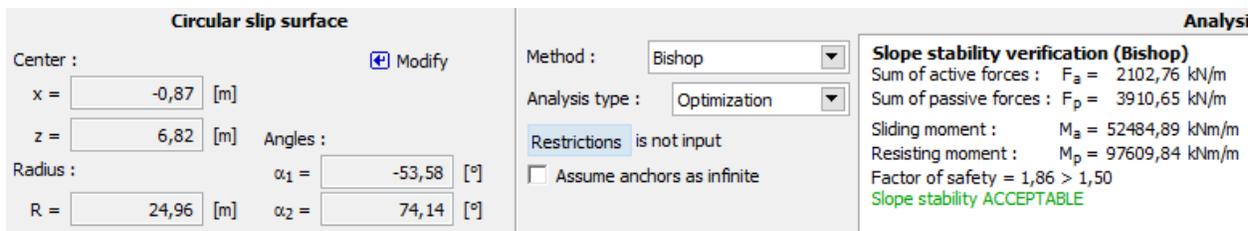
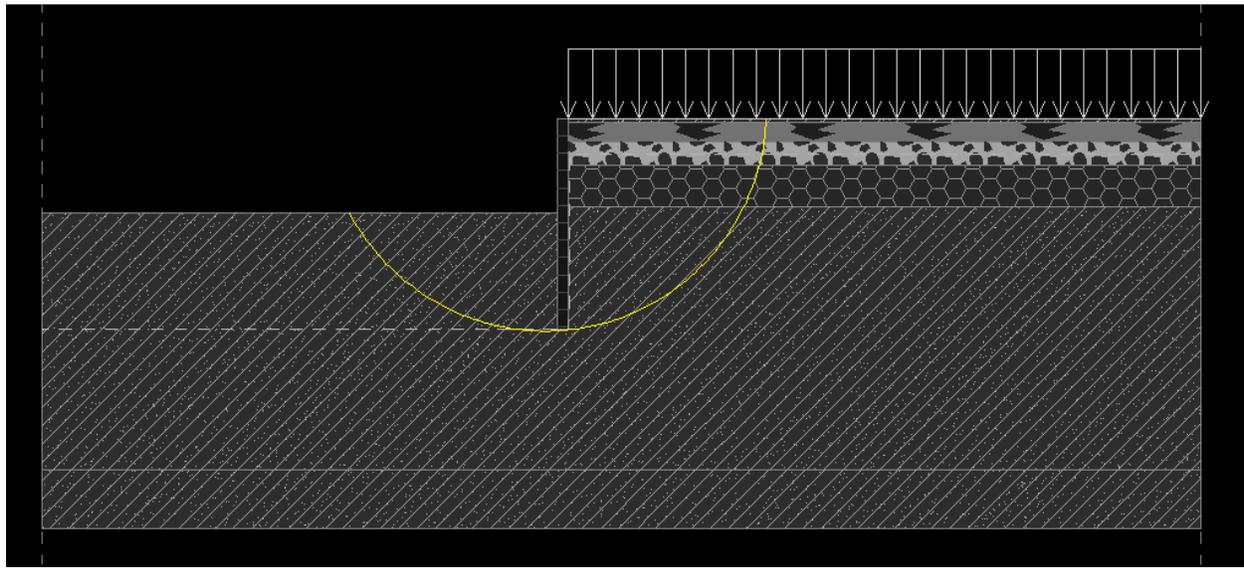


Figure III.17 : déplacement du pieu

Après analyse du blindage de la fouille et la satisfaction des exigences de déplacements obtenus de 71mm qui est inférieur à  $H/100$ , 80mm une analyse de la stabilité de l'ensemble est impérative.

L'analyse de stabilité globale est lancée afin de déterminer la stabilité de la paroi et du site.

**III.3.5 - Calcul stabilité d'ensemble :**



**Figure III.18 : vérification de la stabilité**

Ainsi tel que donnée, la stabilité est assurée pleinement.

Les sollicitations au niveau des pieux sont ainsi calculées et présentées dans la figure suivante

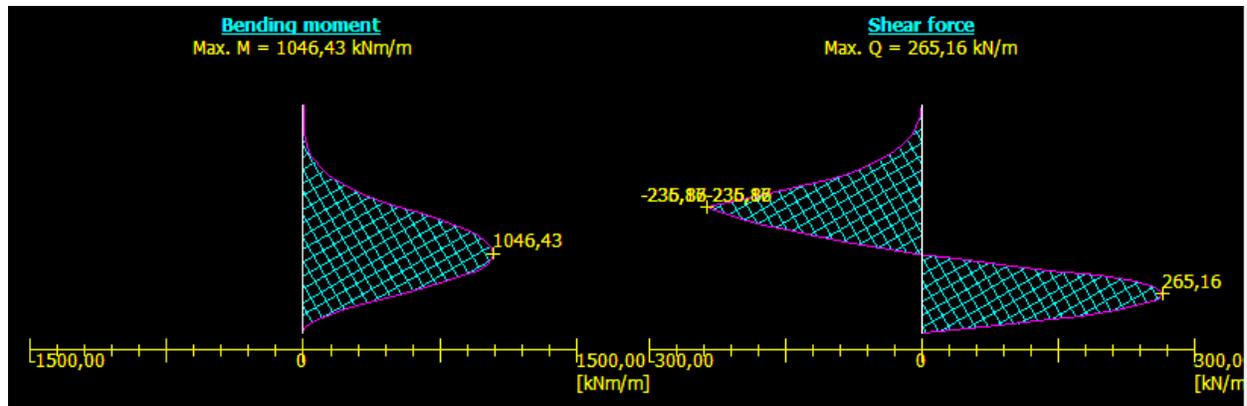


Figure III.19 : moment et force

Les pieux sont sollicités à un moment de flexion et un effort tranchant respectivement de

**Moment fléchissant de 1046KN.m**

**Effort tranchant de 236KN**

### III.3.6 - Dimensionnement et ferrailage :

Les paramètres du ferrailage ont été introduits pour la vérification :

Diamètre des barres de 32mm en acier FeE400  $f_e=400\text{MPa}$  nombre de barres 10.

Cadre HA10 espacement 200mm.

## Dimensioning

**Verification of RC cross section (Pile curtain  $d = 1.00$  m;  $a = 0.90$  m)**

All construction stages are taken into the analysis.

Reduct. coefficient of bearing capacity = 1.00

**Dimensioning of reinforcement:**

Reinforcement - 10 pc bars 32.0 mm; covering 100.0 mm

Type of structure (reinforcement ratio) : beam

Reinforcement ratio  $\rho = 0.512 \% > 0.161 \% = \rho_{min}$

Load :  $N_{Ed} = 0.00$  kN (tension) ;  $M_{Ed} = 941.78$  kNm

Bearing capacity :  $N_{Rd} = 0.00$  kN;  $M_{Rd} = 1101.40$  kNm

Designed pile reinforcement is SATISFACTORY

**Verification of shear reinforcement:**

Shear reinf. - profile 14.0 mm; spacing 200.0 mm

Ultimate shear force:  $V_{Rd} = 258.09$  kN  $> 5.10$  kN =  $V_{Ed}$

Cross-section is SATISFACTORY.

only minimal shear reinforcement

Cross-section is SATISFACTORY

Figure III.20 : vérification des armatures choisies

Le ferrailage adopté vérifie bien toutes les exigences réglementaires.

# Chapitre IV :

# Stage Pratique

## IV- STAGE PRATIQUE

### IV.1 Présentation du laboratoire national de l'habitat et de la construction

Le laboratoire national de l'habitat et de la construction LNHC est un organisme d'appui technique créé en 1978 par décret présidentiel n° 78/2004, par le ministère de l'habitat et de la construction, pour répondre à un besoin croissant des constructeurs et aménageurs en études géotechniques et d'analyse de la qualité des matériaux de construction.



**Figure IV.1 :** Travaux dans labo



**Figure IV.2 :** essai compression



**Figure IV.3 :**Essai de sondage

Le LNHC effectue l'ensemble des études géotechnique (étude de sol ) nécessaires à la réalisation des différents types d'ouvrage du bâtiment, des travaux publics, de l'hydraulique et le transport.

Les études varient en fonction de la complexité des problèmes rencontrés : étude géotechnique pour dimensionnement des fondation étude de liquéfaction des sols compressible étude de stabilité (glissement de terrain) avec solution de confortement étude des risques naturel.

## IV.2 les essais de laboratoire

Lors de notre séjour dans le laboratoire nous avons assistés aux ensembles des essais suivants.

### ✚ **ESSAI GRANULOMETRIE :**

L'analyse granulométrique permet de définir la répartition spatiale des différentes classes granulométriques d'un sol

#### **Principe de l'essai :**



**Figure IV.4 :** Préparation des échantillons



**Figure IV.5 :** Prise de l'échantillon



**Figure IV.6 :** Lavage à 80 µm



**Figure IV.9 :** Présentation des résultats**✚ Détermination des LIMITES D'ATTERBERG**

Les limites d'Atterberg sont déterminées selon les processus suivants:

Préparation des échantillons

Détermination de la limite de liquidité à la Coupelle de Cassagnarde

Détermination de la limite de plasticité par la méthode du « boudin »

**Limite de Liquidité :**

**Figure IV.10 :** Préparation des échantillons

La rainure doit se refermer sur 1cm après 25 coups avec 2 Coups par seconde



Figure IV.11 : Remplissage de la coupelle et réalisation de la rainure

On a aussi déterminer la Limite de Plasticité et l'indice de plasticité: WP et Ip



Figure IV.12 : Mesure la masse



Figure IV.13 : Rouleau 3mm diamètre

A partir des limites d'Atterberg on peut calculer les indices suivants qui expriment la sensibilité à l'eau du sol (IP) et sa consistance (IC) par rapport à sa teneur en eau ( $W_n$ )

### Essai Proctor

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore ça



**Figure IV.14 :** moule et dame



**Figure IV.15 :** placer lechantillent  
dans létuve 24h



**Figure IV.16 :** tamisage de lechantillent



Figure IV.17 : Mélangez l'échantillon de sol sec avec différentes quantités d'eau



Figure IV.18 Mise en place dans moule



Figure IV.19 démoules

#### ✚ Essai odométrique

L'essai œdométrique reproduit les conditions de déformation des sols dans le cas d'un massif à surface horizontale chargé par une pression uniforme et où le sol ne peut se déplacer que verticalement. Le principe de l'œdomètre a été inventé au début du XXe siècle et cet appareil fait partie de l'équipement de tous les laboratoires de mécanique des sols

La manipulation a pour but de déterminer les caractéristiques de compressibilité d'un sol qui permettent d'estimer le tassement d'un massif de sol, par exemple sous une fondation superficielle



**Figure: IV.20 :** appareil odométrique

### Principe de l'essai



**Figure IV.21 :**chargement



**Figure IV.22 :**dechargement

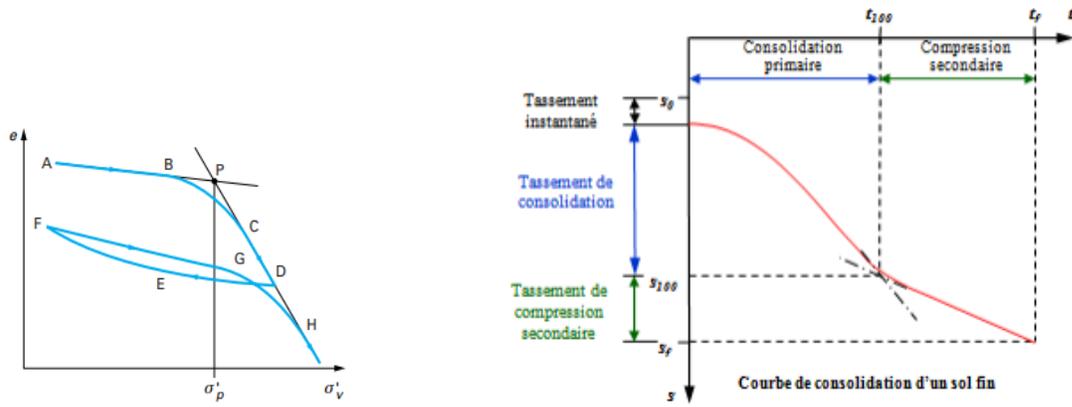


Figure IV.23 : Présentation des résultants

### ✚ Essai de cisaillement

L'essai de cisaillement géotechnique est une méthode utilisée pour déterminer les propriétés mécaniques des sols en termes de résistance au cisaillement. Il existe plusieurs modes opératoires pour effectuer cet essai, dont les deux principaux sont l'essai de cisaillement direct (ou essai triaxial) et l'essai de cisaillement simple (ou essai en boîte de cisaillement).

**Conclusion**

L'étude de blindage pratique et le stage en laboratoire dans le cadre d'un Master constituent une expérience extrêmement enrichissante et valorisante pour les étudiants.

Cette opportunité leur permet d'acquérir des compétences pratiques, de consolider leurs connaissances théoriques et de se familiariser avec les réalités du monde professionnel.

L'étude de blindage offre aux étudiants une immersion concrète dans le domaine du blindage des excavations, en leur permettant d'explorer les différentes techniques et méthodes utilisées pour protéger les sites contre les risques de glissement. Cela leur donne l'occasion d'appliquer leurs connaissances théoriques à des problèmes réels et de développer leur capacité à résoudre des défis techniques.

Le stage en bureau d'étude technique et laboratoire complète cette expérience en offrant l'occasion de travailler au sein d'un environnement spécialisée dans le domaine de la géotechnique. Cela leur permet de collaborer avec des professionnels expérimentés, d'observer et de participer à des projets réels, et d'approfondir leurs compétences.

En conclusion, l'étude de blindage et le stage en laboratoire offrent aux étudiants une opportunité unique de se former dans un domaine spécialisé, d'appliquer leurs connaissances théoriques à des problèmes concrets, et de développer des compétences essentielles pour leur future carrière. C'est une étape cruciale dans leur parcours académique qui les prépare de manière optimale à relever les défis du monde professionnel.