

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire Abd Elhafide Boussofde Mila

Institut des Sciences et de la Technologie Département de sciences et Techniques

**Projet de fin d'étude préparé en vue de l'obtention du diplôme
Licence Académique**

en Hydraulique

Spécialité : Sciences Hydrauliques

Thème

**L'instabilité de Terrain dans la
région de Mila**

Préparé par :

**GUESSOUM RAYANE
CHAHLAT ABD ELMOUMIN
BOUCHELOUKH FOUAD**

Dirigé par :

Mr. Guettiche Abdelheq

Année universitaire : 2014/2015

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qui nous avons
Guidé tout au long de notre vie, qui nous avons donné courage
Et patience pour passer tous les moments difficiles, qui nous avons
Permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre
Entre vos mains aujourd'hui.
Nous remercions mon encadreur*

Mr. Guettiche Abdelheq

*Pour avoir dirigé nos travaux, pour leurs Précieux conseils,
Et surtout leurs remarques.*

*Nous remercions également tous les enseignants
Qui ont contribué efficacement à notre formation.*

*Nous remercions notre famille
qui n'a jamais cessé de nous aider et de nous encourager
Et surtout deux chers parents qui grâce à eux*

*Nous avons réussi à atteindre
Ce niveau de formation*

Dédicace

Avant tous Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste Travail, tout puissant qui m'éclairé le bon chemin et qui m'a donné la force Et la concentration. A mon prophète MOUHAMED le clair de cœur, pupille d'œil. A mes très chers parents qui sont la lumière de ma vie qui m'ont appris le respect et l'amour du

*Travail **SALAH** et **DJAMILA** .A mes chers sœurs : **BESMA**, **IBTISSEM** et **MANEL** A mon frère **BOUBAKR** tout l'amour tout fidèle. A ma belle petite sœur **NOR EL HOUDA**, aussi à mes oncles et mes tentes qui donne mois l'espoir pour finir mon projet de fin d'étude.*

*Je dédie ce travail (le fruit de 3 ans d'études universitaire) A mon amis sohib et badis. A mon encadreur **MR. GUETHICHE ABDELHAK** tout respect tout estime. A toute les amies. A tous **L'HYDRAULICIENS ALGERIENNES**.*

*A tous ceux qui m'aiment. Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire.
Un grand merci assez particulier à Monsieur **Boucheloukh Ahmed** de **DTP**
Enfin, je dédie ce mémoire à tous mes collègues du **groupes 01.02.03.***

FOUAD

Dédicace

Avant tous Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste Travail, tout puissant qui m'éclairé le bon chemin et qui m'a donné la force Et la concentration. A mon prophète MOUHAMED le clair de cœur, pupille d'œil. A mes très chers parents qui sont la lumière de ma vie qui m'ont appris le respect et l'amour du

Travail

A mes chers sœurs : SARA ET AICHA , aussi à mes oncles et mes tentes.à mes amis FOUAD ET SOHIB

A mon encadreur MR. GUETHICHE ABDELHAK tout respect tout estime. A toute les amies. A tous L'HYDRAULICIENS ALGERIENNES.

RAYEN

Dédicace

*Première mont et avant tout je remercie **le dieu** de
m'avoir donné le courage et la force pour accomplir
ce modeste*

Travail, fruits de trois ans d'études.

*Je voudrais dédie ce modeste travail à la lumière de
mes jours, mes parant de mon Cœur et de ma vie
maman **Hadda** que j'aime, à l'homme de ma vie **ALI**,
mon exemple éternel, source de joie
Et de bonheur mon père.*

*A Mes chère frères: Imam, Anis Et Habib. Ma
seule sœur: Abir.*

A le couronne de famille mes grands-parents.

A Tout mes oncles et mes tentes.

*A Tout les petits enfants des mes oncles : Ayad,
Ahlam, Khalad, Asma, Amina,...*

A tout la famille CHAHLAT.

A tout mes amis sur tous : Farouk, Badis,

*Fouad Et Imad. A mon encadreur MR.
GUETHICHE ABDELHAK*

A tout les hommes que un relation avec moi.

*Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie
scolaire.*

Enfin, je dédie ce mémoire à tous mes collègues

*du **groupes 01-02-03.***

MERCI.

ABD ELMOUMIN .SOHIB

Table des matières	I
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DE SYMBOLES.....	VI
Sommaire:	
Introduction générale :.....	1
Chapitre I : Les types principaux de glissement :	2
I.1 Introduction :.....	3
I.2 Définition glissement de terrain :.....	3
I.3 Différents types de glissement :.....	4
-Vitesse et durée des mouvements :.....	4
I.3.1 Les glissements de type rotationnel :.....	5
I.3.2 Les glissements translationnels :.....	5
I.3.3 Le glissement quelconque (aléatoire) :.....	6
I.4. Les éboulements et les écroulements :.....	6
I.4.1 Chutes de pierres et de blocs :.....	7
I.4.2 Eboulement :.....	7
I.4.3 Ecroulement :.....	8
- Classification des glissements :.....	9
- Classification selon la vitesse moyenne des glissements :.....	9
- Classification selon la Surface de glissement :.....	9
I.5 Causes de glissement :.....	10
a- La concentration d'eau vers la pente :.....	10
b- Les causes dues à l'intervention humaine :.....	10

c- Les surcharges au sommet du talus :.....	11
d- Les causes naturelles :.....	11
e- Les propriétés géologiques et géotechniques des sols (résistance au cisaillement)	11
I.6 Identification de danger de glissement :.....	11
Chapitre II : Méthodes de confortements :	12
II.1 Introduction :.....	13
II.2 Les choix de la méthode de confortement :.....	14
II.3 Drainage :.....	14
II.3.1 Définition :.....	14
II.3.2 Les types de drainage :.....	14
a . Gestion des eaux internes :.....	14
b . Gestion des eaux du surface :.....	15
c . Murs de soutènement et drainage amont :.....	16
II.4 Modifications géométriques :.....	16
II.4.1 Utilisation des effets géométriques :.....	16
II.4.2 Substitution de sols:.....	17
- Substitutiondénamique :.....	17
II.5 Renforcement :.....	17
II.5.1 Les méthodes de renforcement :.....	18
II.5.2 Les différents types de renforcement :.....	18
a. Murs en gabion :.....	18
b. Murs du poids :.....	19
c. Les murs en ails :.....	20
d. Redoux de palplanche métallique :.....	21

e. Renforcement par inclusion géo synthétique :.....	21
f. Mur en pieux :.....	22
CHAPITRE III : Présentation du problème :.....	23
III.1 Introduction :.....	24
III.2.Généralité sur la région de Mila :.....	24
III.2.1.Situation géographique de la zone d'étude :.....	24
III.2.2 Cadre géologique générale :.....	25
A. Le domaine interne :.....	25
-Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes :.....	26
-L'Oligo-Miocène Kabyle :.....	26
-Les Olistotromes :.....	26
-Dorsale kabyle :.....	26
-Formationsde types flyschs :.....	26
B.Domaine externe :.....	27
III.3 Propriétés géotechniques :.....	27
SITE 1. 185 logements :.....	27
SITE 2.Site CW52 Mila :.....	29
-Interprétation des essais :.....	32
-Propriétés minéralogiques :.....	32
III.4. Analyse Des Sites proposés:.....	33
III.4.1.Site 1 :185 Logements :.....	33
III.4.2 .Site 2 : Site CW52 Mila :.....	34
III.4.3 .Site 3 : R N 79 Mila :.....	35
Conclusion générale :.....	36

LISTE DES TABLEAUX :

CHAPITRE I :

Tableau 1 : <i>Classification selon la taille des composants, les volumes et les vitesses</i>	8
Tableau 2: <i>Classification selon l'activité en fonction de la vitesse moyenne de glissement à longterme</i> ..	9
Tableau 3 : <i>Classification selon la profondeur de la surface de glissement</i>	10

CHAPITRE III :

Tableau 4: <i>Résultats des essais physiques « Site 185 lonnements »</i>	28
Tableau 5 : <i>Résultats d'analyse des paramètres physiques du site CW-52 :MILA</i>	31
Tableau 6 : <i>Résultats des essais œdométrique au site CW 52 ; MILA</i>	32

LISTE DES FIGURES :

CHAPITRE I :

Figure 1: <i>photos sur les glissements</i>	3
Figure 2: <i>Bloc diagramme d'un glissement de terrain</i>	4
Figure 3: <i>Glissement circulaire à flanc de talus, au pied du talus et en profondeur(circulaire)</i>	5
Figure 1 : <i>les deux types de glissement (plan (a) et rotationnel (b))</i>	6
Figure 5: <i>Glissement quelconque (aléatoire)</i>	6
Figure 6 : <i>Exemple d'éboulement</i>	7
Figure 7: <i>Un écoulement</i>	8

CHAPITRE II :

Figure 8 : <i>Structure et dimension de la tranchée drainante</i>	15
Figure 9 : <i>Mise en œuvre du géocomposite étanche</i>	15
Figure 10 : <i>Mise en œuvre du géocomposite de drainage équipé de mini-drains</i>	16
Figure11 : <i>Sudstitution dynamique</i>	17
Figure 12 : <i>Murs en gabion</i>	19
Figure 13 : <i>Murs poids</i>	19

Figure14 : <i>Les murs en ails</i>	20
Figure15 : <i>mur de palplanche</i>	21
Figure16 : <i>Renforcement par inclusion géo synthétique</i>	22
Figure17 : <i>mur en pieux</i>	22
CHAPITRE III :	
Figure 18 : <i>Carte de découpage administratif (Est Algérien)</i>	24
Figure 19 : <i>Situation Géographique de la zone d'étude « image satellite »</i>	24
Figure20 : <i>Carte et coupe structurale schématique de la chaîne</i>	25
Figure 21 : <i>Aspect extérieur des formations traversées par les sondages</i>	28
Figure 22 : <i>Abaque de Casagrande et classification du sol</i>	29
Figure 23 : <i>Logs des sondages réalisés sur le CW52 de la wilaya de Mila</i>	30
Figure 24 : <i>Analyse de l'argile totale « SC1 » aux rayons X d'une argile marneuse</i>	33
Figure 25 : <i>Le site de 185 logement Mila</i>	33
Figure 26 : <i>présentation de glissement de 185 logement Mila</i>	33
Figure 27 : <i>Le Tassement de terrain de C W 52 Mila</i>	34
Figure 28 : <i>Le chut des murs</i>	34
Figure 29 : <i>photos représentes le glissement de la R N 79 Mila</i>	35
Figure 30 : <i>Renforcement par les murs proposés et les pieux</i>	36

Liste des Symboles :

τ : Contraintes de cisaillement s'exerçant le long de la surface.

c : la cohésion du sol

ϕ : l'angle de frottement du sol

σ : La contrainte totale normale sur le plan de cisaillement

c' : La cohésion effective du sol

ϕ' : L'angle de frottement effective du sol

u : La pression de l'eau interstitielle

γ_d : Le poids volumique sec en (KN/m³)

γ_h : Le poids volumique humide en (KN/m³)

S_r : Degré de saturation en (%)

w : Teneur en eau naturelle en (%)

WL : Limite de liquidité

IP : Indice de plasticité

Cc : Indice de compression en (%)

Cg : Indice de gonflement en (%)

Introduction

Les glissements de terrain sont des déplacements lents (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture généralement courbe ou plane.

L'extension des glissements de terrain est variable, allant du simple glissement de talus très localisé au mouvement de grande ampleur pouvant concerner l'ensemble d'un versant.

Les profondeurs des surfaces de glissement varient ainsi de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. On parle de glissements superficiels dont les signes visibles en surface sont souvent spectaculaires (fissures dans les murs des habitations, bourrelets dans les champs, poteaux penchés...) et de glissements profonds qui présentent moins d'indices observables et qui sont donc plus difficilement détectables.

La nature géologique des terrains de Mila est un des principaux facteurs d'apparition de ces phénomènes à cette région tout comme l'eau et la pente. Les matériaux affectés sont très variés (roches marneuses ou schisteuses, formations tertiaires altérées, colluvions fines, moraines argileuses, Etc.)

Mais globalement la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement de ces phénomènes.

Pour cela, il faut compte tenu de ces phénomènes et de leurs dangers, et de prendre les précautions convenable pour détecter les zones instables afin de trouver les meilleurs solutions de protections ou de traitements.



Chapitre I :
exemples de glissements

I.1.Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de définir en premier lieu les différents types de glissements de terrain selon leur vitesse (les écoulements, les coulées, le fluage et les glissements) et selon la morphologie de leur surface de rupture et d'envisager en second lieu les principales causes qui peuvent mobiliser ces glissements et de citer en dernier lieu les différentes informations nécessaires pour identifier le type de glissement de terrain probable et son degré de danger vis-à-vis à son intensité.

La détermination du type de glissement de terrain (glissement plan, circulaire ou quelconque) selon les informations disponibles tel que la géométrie, les caractéristiques mécanique et élastique, et surtout la présence des eaux souterraines et des nappes phréatiques, permet de proposer des analyses et méthodes de calculs pour les différentes modes de rupture.

I.2 Définition de glissement de terrain :

Un *glissement de terrain* est un phénomène géologique où une masse de terre descend sur une pente, autrement dit un plan de glissement plus ou moins continu, plus ou moins plan ou incurvé.

Les glissements de terrain sont donc des mouvements de masses compactes et/ou de terrain meuble glissant vers l'aval. Ils résultent d'une rupture par cisaillement et se produisent en général sur des talus ou des versants de pente modérée à raide. Les instabilités naturelles de ce genre sont extrêmement courantes et apparaissent sous de nombreuses formes, étonnamment diversifiées.



Figure 1:photos sur les glissements.

Les glissements de terrain des formations marneuses et argileuses (cas de Mila) se caractérisent par des loupes superficielles de glissement (appelées aussi loupes de solifluxion ou d'arrachement), sortes de demi-sphère biconvexes avec des structures d'arrachement et de rupture en tête (partie haute de la loupe dégageant parfois une couronne et une niche d'arrachement comme dans les falaises des vaches noires) et de grosses déformation de la surface en pied et en front de glissement (partie basse de la loupe).

Selon Sève et Durville (1996), les glissements se produisent lorsque les contraintes de cisaillement, dues aux forces motrices telles que le poids, excèdent la résistance du sol le long de la surface de rupture.

I.3 Différents types de glissements :

Il existe de nombreuses classifications des glissements de terrain basées sur différents critères (nature de terrain, cinématique du mouvement, vitesse du mouvement, morphologie de la surface de rupture, cause de la rupture...). Nous ne décrivons dans ce paragraphe que celles basées sur la cinématique du mouvement et la morphologie de la surface de rupture.

Nous rappelons dans la figure 2) le schéma en bloc diagramme d'un glissement de terrain avec sa terminologie détaillée.

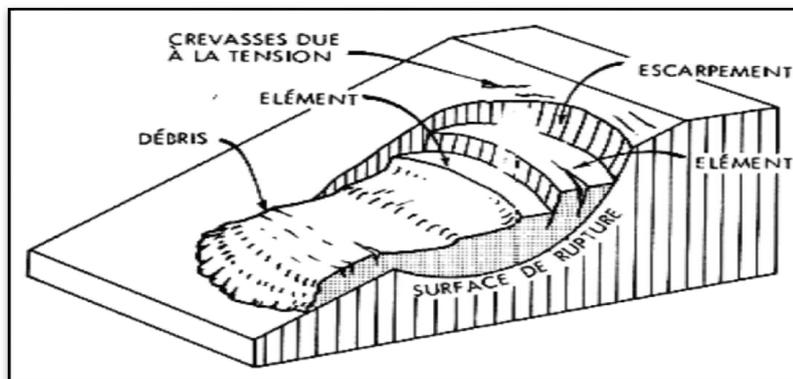


Figure 2: Bloc diagramme d'un glissement de terrain.

-Vitesse et durée des mouvements :

L'évolution dans le temps d'un glissement de terrain peut conduire à distinguer 4 familles qui se différencient par la brutalité du phénomène :

- Les écroulements.
- Les glissements.
- Les fluages.
- Les coulées.

I.3.1 Les glissements de type rotationnel :

Dans ce cas de mouvement, la surface de glissement est plus ou moins circulaire. Le mouvement est caractérisé en général par l'existence d'une zone de départ nette et par un bourrelet frontal plus ou moins marqué ; le remaniement interne dépend de la nature des terrains et de l'importance du déplacement. Ils se produisent principalement dans des terrains meubles (surtout argileux et silteux) ,et dans les roches homogènes à faible cohésion ou très divisées. Des dépressions avec crevasses ouvertes et des fissures de traction sont souvent visibles dans la moitié supérieure du glissement, alors que la masse glissée tend à s'étaler et à se désagréger au front du glissement, où peuvent se former des écoulements de boue (coulées de terre) en cas de saturation en eau de la masse.

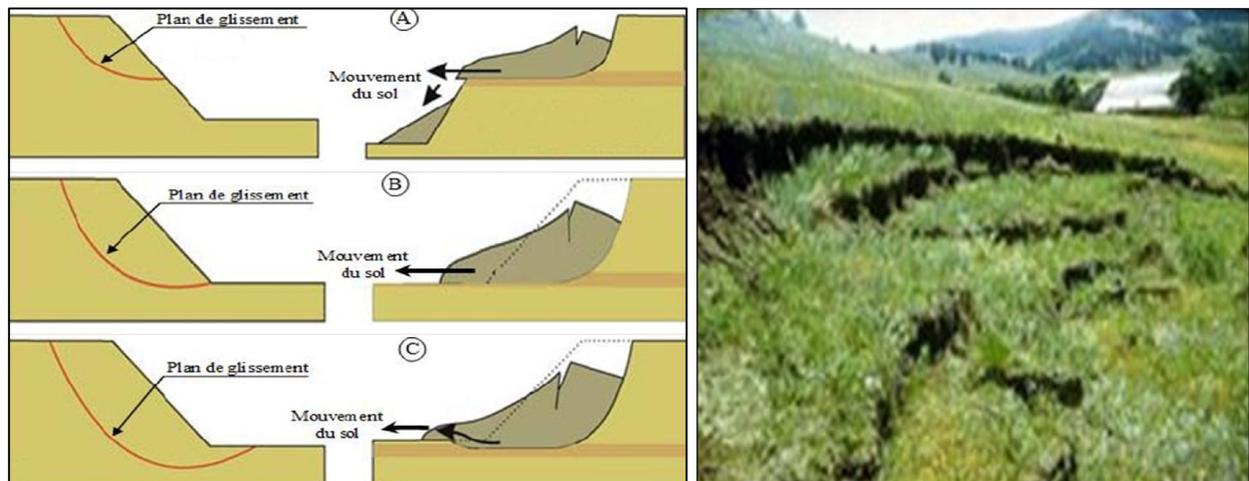


Figure 3: *Glissement circulaire à flanc de talus, au pied du talus et en profondeur(circulaire).*

I.3.2 Les glissements translationnels :

Lors de glissements translationnels, les couches de terrain ou les ensembles de couches stratifiées glissent sur une zone de faiblesse existante (souvent pendage stratigraphique, discontinuité stratigraphique, schistosité, plan de fissure ou de rupture).

Les glissements translationnels s'étendent sur des surfaces de taille très variable, allant jusqu'à 30 km². L'épaisseur des masses glissées peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Les zones de flysch, les schistes marno-calcaires ou les schistes

métamorphiques sont les formations les plus sujettes à ce genre de glissement. La figure ci-dessous schématise les deux types de glissement.

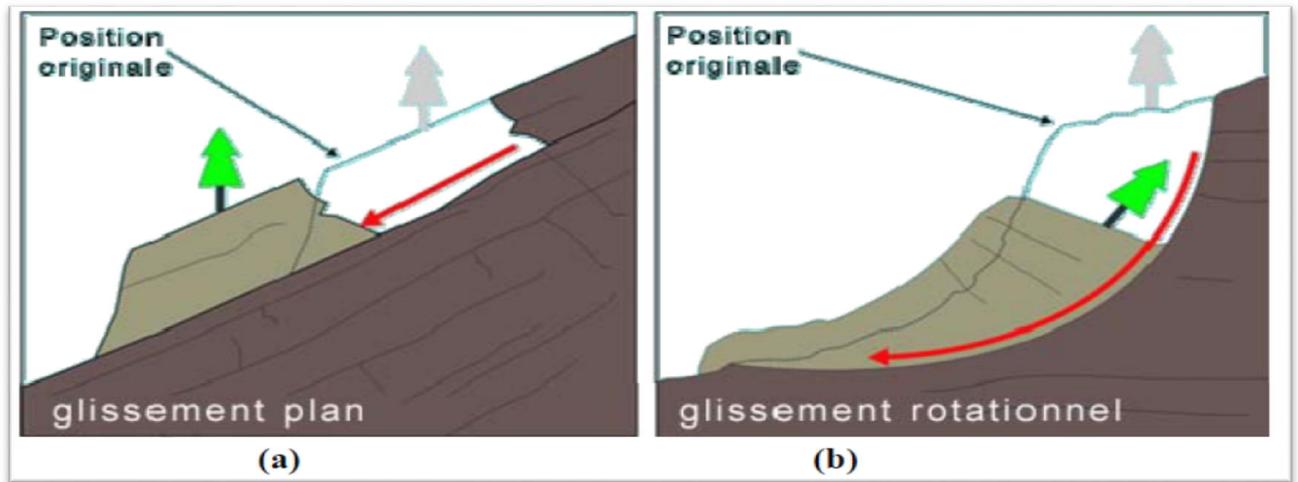


Figure 1 : les deux types de glissement (plan (a) et rotationnel (b)).

I.3.3 Le glissement quelconque (aléatoire) :

Dans ce cas (voir figure 5), 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, (BRGM, 2004).

Les ruptures selon un plan de cisaillement aléatoire sont généralement causées par un mouvement de translation et se développent dans les dépôts hétérogènes. Le plus souvent, le plan de cisaillement rejoint une couche de faible résistance.



Figure 5: Glissement quelconque (aléatoire).

I.3.4 Les écroulements et les éboulements :

Les éboulements au sens large (phénomènes de chute) sont des mouvements rapides de masses. Le matériel éboulé, qui s'est détaché du massif rocheux selon des surfaces de discontinuité (pendage, schistosité, fissures ou fractures), parcourt la plus grande partie de son déplacement dans l'air. Ces phénomènes peuvent être classés en trois catégories: chutes de pierres et de blocs, éboulements (au sens strict) et écroulements. En général, on peut les subdiviser en trois domaines: la zone d'arrachement, la zone de transit et la zone de dépôt.

I.4.1 Chutes de pierres et de blocs :

Les chutes de pierres et de blocs sont caractérisées par la chute sporadique de blocs plus ou moins isolés (pierre: $\emptyset < 50\text{cm}$; bloc: $\emptyset > 50\text{cm}$).

Ce processus, répété ou soumis à des pointes saisonnières, caractérise la désagrégation continue d'une falaise rocheuse, déterminée par ses conditions géologiques, son exposition et son altération. L'estimation du volume des matériaux rocheux qui présente un danger potentiel de chute n'est possible qu'au moyen d'études détaillées de la roche.

Les vitesses de chute vont généralement de 5 à 30 m/s, dans les pentes dont l'inclinaison est inférieure à 30° environ, les pierres et les blocs en mouvement tendent en général à s'arrêter. La forêt joue un rôle très important, par le fait que l'énergie cinétique de la plupart des blocs est fortement réduite par leurs chocs contre les arbres.

I.4.2 Eboulement :

Lors d'un éboulement (au sens strict), un volume de roche important, se fragmentant plus ou moins intensément, se détache en bloc du massif rocheux et s'éboule. Le volume de matériaux concernés est en général compris entre 100 et 100000m^3 par événement. Dans des cas exceptionnels, des volumes sensiblement plus grands peuvent s'ébouler.

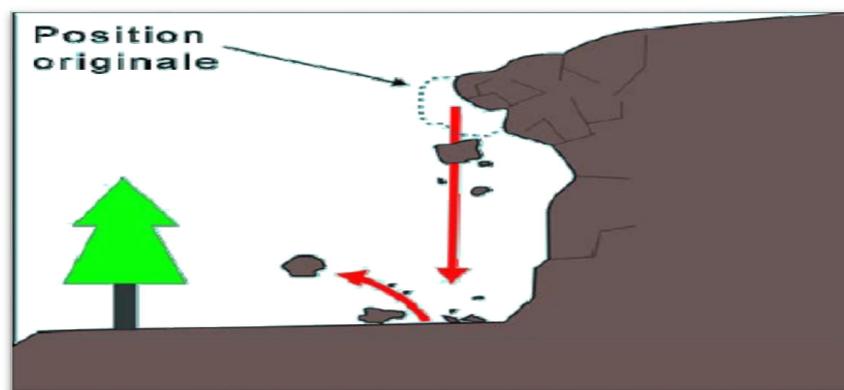


Figure 6: Exemple d'éboulement.

Dans la pratique, l'estimation d'un volume de roche qui présente un danger potentiel d'éboulement exige des études détaillées du massif rocheux, comprenant une analyse approfondie de l'orientation spatiale des surfaces de discontinuité.

En comparaison avec le phénomène d'éroulement, les interactions entre les éléments de roche formant l'éboulement et l'énergie mise en œuvre sont relativement limitées. Les vitesses de transport se situent principalement entre 10 et 40m/s.

I.4.3 Eroulement :

Un éroulement consiste dans l'effondrement simultané de très gros volumes de roche, d'un ou plusieurs millions de mètres cubes, atteignant des vitesses supérieures à 40 m/s (145 km/h). Les fortes interactions entre les composants peuvent transformer le matériau en fine poudre de roche, voire même l'amener à la fusion. La portée d'un éroulement peut atteindre plusieurs kilomètres même avec une faible pente. Dans les vallées de montagne, les masses éroulées forment souvent barrage sur les torrents et les rivières, entraînant le risque d'une vague catastrophique et de l'inondation des régions situées en aval.



Figure 7 : *Un éroulement.*

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques qui nous permettent de différencier entre ces phénomènes.

Chute de pierres	$\varnothing < 50\text{cm}$
Chute de blocs	$\varnothing > 50\text{cm}$
Eboulement Volume Vitesse	100 – 100000m ³ 10 – 40m/s
Eroulement Volume Vitesse	> 1 M.m ³ > 40m/s

Tableau 1 : *Classification selon la taille des composants, les volumes et les vitesses.*

- Classification des glissements :

Les glissements peuvent être classés selon la profondeur estimée de la surface de glissement et selon la vitesse moyenne à long terme des mouvements (comme mesure de leur activité). Lors de l'évaluation du danger potentiel que représente un glissement, on ne doit pas seulement considérer le volume ou la vitesse du glissement, il faut aussi tenir compte des mouvements différentiels qui se manifestent et qui peuvent conduire au basculement des bâtiments ou à la formation de fissures.

-Classification selon la Vitesse moyenne des glissements :

La vitesse moyenne de mouvement des glissements atteint le plus souvent quelques millimètres par an pour un glissement sub-stabilisé, très lent, et quelques centimètres à quelques décimètres par an pour un glissement actif.

Il existe quelques cas exceptionnels où le glissement peut être bien plus rapide et où la masse en mouvement, sans perdre sa compacité, peut atteindre plusieurs décimètres par jour. Exceptionnellement, des mouvements très rapides peuvent se produire.

Glissement	Vitesse de glissement
substabilisé, très lent	0 – 2 cm /an
peu actif, lent	2 – 10 cm /an
actif (ou lent avec phases rapides)	> 10 cm /an

Tableau 2: Classification selon l'activité en fonction de la vitesse moyenne de glissement à long terme.

- Classification selon la Surface de glissement

Les glissements peuvent aussi se transformer en glissements coulée (coulées de terre) et atteindre des zones très étendues. Il faut enfin prendre garde aux interactions entre glissements de terrain et cours d'eau, par lesquelles de grandes masses de matériaux alluvionnaires peuvent être mobilisées.

Ce phénomène peut conduire à la formation d'une retenue sur un cours d'eau, puis entraîner des débâcles (laves torrentielles) qui mettent en danger les zones situées en aval.

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

Tableau 3 : *Classification selon la profondeur de la surface de glissement*

I.5 Causes de glissement terrain:

Les instabilités des pentes peuvent se produire suite à l'influence de plusieurs facteurs, tels que la topographie, la géologie, les caractéristiques du sol ou leurs changements provoqués par le développement géologique, ou de facteurs plus complexes, à la fois naturels (précipitation, séismes, érosion) et artificiels (changements dans la forme de la pente en raison des terrassements, changements dans la nappe phréatique en raison d'un réservoir d'eau...).

a-La concentration d'eau vers la pente :

Le fait de concentrer et de diriger l'eau de drainage, de ruissellement et les eaux usées au sommet ou dans le talus occasionne du ravinement, de l'érosion verticale ou de l'infiltration dans le sol. Une telle concentration d'eau peut agir comme facteur aggravant ou comme facteur déclenchant en modifiant la géométrie du talus (augmentation de l'inclinaison et de la hauteur) et les conditions d'eau souterraine.

En général, l'eau joue un rôle déterminant pour les mouvements de terrain, elle produit des pressions hydrostatiques dans les pores (pressions interstitielles), les fissures et les failles, de même que des forces de percolation.

A l'état de glace, elle a en plus la capacité d'induire des mécanismes de rupture notables. Par ailleurs, elle peut provoquer le gonflement des minéraux argileux (pression de gonflement). La stabilité des pentes en équilibre critique peut être sensiblement réduite par ces divers effets.

b -Les causes dues à l'intervention humaine :

L'homme en rapport avec ses différentes activités est souvent le principal agent de désordres et déstabilisation des sols en particulier et de la nature en général.

c -Les surcharges au sommet du talus :

L'action de surcharger un talus au sommet par la construction d'un remblais et l'entreposage temporaire ou permanent de matériaux divers tels que terre d'excavation, rebuts, neige, bois, ..., peut nuire à sa stabilité .

Le poids supplémentaire modifie l'état d'équilibre du talus et peut ainsi déclencher un glissement pendant ou après l'intervention. De plus, un remblai augmente généralement la pente du talus, ce qui diminue le coefficient de sécurité. Lorsque le remblai est composé d'argile, l'eau qui s'infiltré exerce une surcharge supplémentaire, en plus il agit sur la structure interne pour modifier les conditions d'eau souterraine et par le fait même, la stabilité du talus.

d -Les causes naturelles :

Certaines pentes sont ou peuvent devenir instables même s'il n'y a aucune intervention de l'homme. La nature présente également plusieurs causes d'instabilités, voire géologiques, minéralogiques, hydrologiques,...

e -Les propriétés géologiques et géotechniques des sols (résistance au cisaillement) :

Le mécanisme de rupture mis en œuvre dans les phénomènes d'instabilité fait intervenir la résistance au cisaillement, cette résistance, en un point donnée, dépend de la nature du matériau (cohésion et frottement), de son histoire et de l'état de contraintes qui règne au point considéré qui dépend également des diverses sollicitations appliquées au massif.

I.6 Identification de danger de glissement :

L'identification des dangers dus aux mouvements de terrain repose sur une documentation objective de diverses observations et mesures impliquant un danger donné. Il faut s'assurer de prendre en compte les différentes observations sur le site ainsi que les relevés inclinométriques en essayant de bien les interpréter.



Chapitre II :

Méthodes de confortement

II.1. Introduction :

Les eaux souterraines et de surface jouent un rôle déstabilisant sur les sols et les massifs rocheux avec des manifestations qui peuvent être extrêmes comme les glissements de terrain ou les éboulements de roches.

Pour prévenir ces risques, la modélisation hydromécanique et hydrogéologique doit aller de pair avec des opérations de drainage des eaux et une surveillance.

Les nappes souterraines, et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions humaines, sont très souvent à l'origine de déclenchements des mouvements de versants: glissements, éboulements, coulées ou laves torrentielles.

Sur les pentes, l'action déstabilisatrice de l'eau infiltrée dans le sol est triple :

- Accroissement du poids volumique des sols par augmentation de la teneur en eau: cet effet est le plus souvent mineur;
- Changement de comportement rhéologique: le sol passe de l'état solide à l'état de fluide visqueux; certaines coulées de boue ou laves torrentielles sont ainsi engendrées par l'imbibition d'une masse de sol. On peut aussi évoquer, lors d'un séisme, la liquéfaction des sables sous nappe qui est à l'origine de nombreux glissements sur très faible pente. Par ailleurs, des circulations d'eau souterraine peuvent engendrer sur le long terme une altération progressive des terrains encaissants, avec dégradation de leurs caractéristiques mécaniques ;
- Action mécanique défavorable des pressions d'eau souterraine.

La lutte contre l'eau est une des actions les plus efficaces pour prévenir, stabiliser ou ralentir un glissement de terrain. La connaissance du mode d'alimentation de la nappe est indispensable pour intervenir efficacement.

Cela démontre toute l'importance de l'étude hydrogéologique pour la compréhension de l'évolution des glissements de terrain, mais aussi pour la maîtrise du risque correspondant.

Reposant sur les observations de terrain ou la pose de piézomètres, cette étude doit être menée sur une durée suffisante pour apprécier les fluctuations saisonnières ou annuelles des nappes.

L'introduction d'un modèle hydrogéologique dans l'étude de stabilité permet d'évaluer l'influence des eaux souterraines sur la stabilité et de tester l'efficacité d'un traitement par drainage. Il apparaît cependant que le couplage hydraulique/mécanique est parfois complexe.

Pour de grands versants rocheux, la compréhension du rôle de l'eau dans la déformation et le mouvement est donc encore très imparfaite.

II.2.Le choix de la méthode de confortement :

Les confortements des talus au glissement sont l'ensemble des méthodes qui servent à stabiliser la masse de terrain instable.

Le choix de la méthode de confortement varie d'une part avec les caractéristiques et l'état de chaque site comme le type des sols, les conditions de drainage et les surcharges, et d'autre part avec le coût économique (quand il existe plusieurs solutions de confortement), l'accessibilité du site, La période de l'année choisie pour l'exécution des travaux, la cinématique du glissement, Les conditions de sécurité vis-à-vis de l'environnement et notamment les risques de désordre en phase de travaux, les délais impartis à la réalisation du confortement, qui dépendent de la gravité du phénomène et de l'urgence des travaux, La pérennité du système retenu et les possibilités d'entretien et de réparation et les moyens en matériel et la technicité des entreprises locales.

D'une manière générale, les méthodes de confortement peuvent être groupées en trois groupes:

- Drainage.
- Modifications géométriques (Déchargement, Reprofilage et Substitution).
- Renforcement.

II.3.Drainage :

II.3.1.Définition :

Le drainage est une technique du bâtiment consistant à empêcher la stagnation de l'eau au pied des constructions. Afin de les protéger de l'humidité, il est important de poser un drain (un tuyau de plastique perforé) au fond des fondations, puis de recouvrir celui-ci ainsi que l'ensemble de la base de gravier et d'une membrane protectrice. Le concassé doit constituer une couche d'au moins 30 centimètres afin de limiter l'écoulement de l'eau dans les fondations. La membrane protectrice (généralement un feutre), quant à elle, doit permettre d'empêcher tout sédiment de s'infiltrer dans le drain. Le drainage est souvent relié au réseau d'eau pluviale ou un fossé afin d'éviter la stagnation de l'eau au sein du tuyau. L'humidité est l'un des premiers risques encourus par les bâtiments, et l'une des premières causes de dégradation prématurée. C'est pourquoi le drainage est indispensable sur les terrains sensibles.

II.3.2. Les types de drainage :

a. Gestion des eaux internes :

La gestion des eaux internes est prise en compte par la réalisation d'un réseau de tranchées drainantes. La réalisation des travaux de drainage et d'assainissement a précédé toutes les autres opérations, afin de sécuriser le chantier pendant les opérations de terrassements ultérieures. Les dimensions et la structure de la tranchée drainante ainsi que le fossé étanche

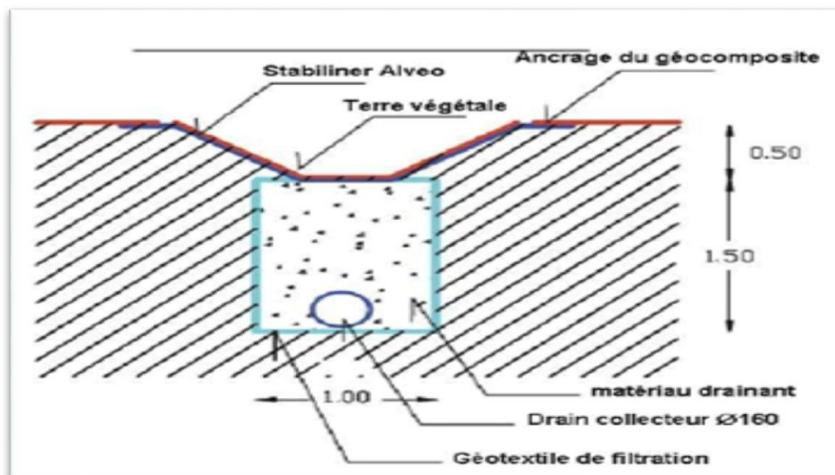


Figure. 8 : Structure et dimension de la tranchée drainante.

b- Gestion des eaux de surface :

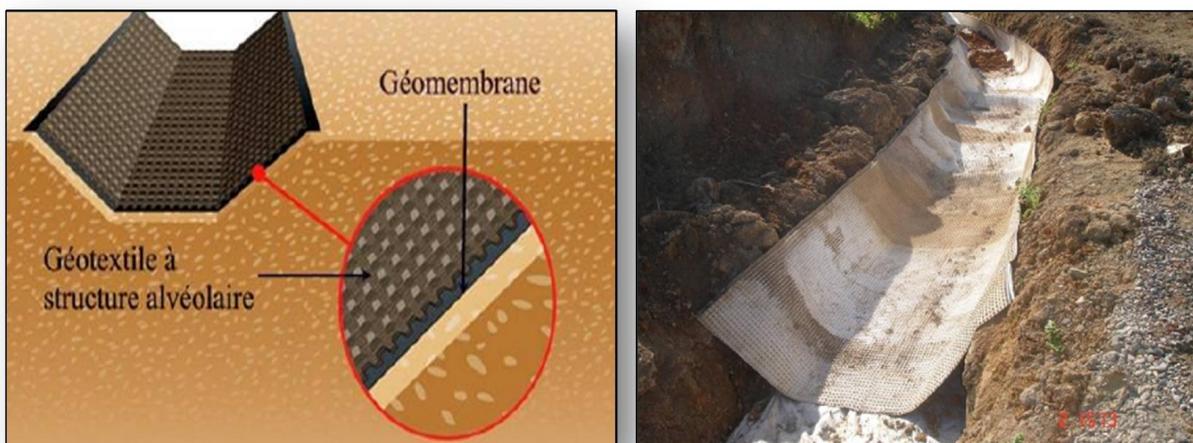


Figure. 9 : Mise en œuvre du géocomposite étanche.

Les eaux de surface sont gérées par la réalisation d'un fossé imperméable en mettant en œuvre un géocomposite étanche au dessus de la tranchée drainante . La structure du géocomposite est représentée sur(voir figure 8 en dessus).

Le géocomposite est déroulé directement sur la tranchée drainante. Le recouvrement longitudinal est réalisé selon le principe des tuiles (voir figure 9 en dessus).

c - Murs de soutènement.et drainage amont :

Après les travaux de drainage et d'assainissement, trois ouvrages de soutènement renforcés par géotextiles à parement Atalus sont construits . Pour éviter toute pression hydrostatique derrière les

ouvrages, ces derniers sont drainés en amont à l'aide d'un géocomposite de drainage de type SOMTUBE FTF. Les eaux drainées par le géocomposite sont collectées dans une tranchée drainante et évacuées en dehors de l'emprise de l'ouvrage (voir figure 10).



Figure. 10. *Mise en œuvre du géocomposite de drainage équipé de mini-drains.*

II.4. Modification géométriques :

II.4.1. -Utilisation des effets géométriques :

Les effets géométriques sont des composants de règles de représentation qui modifient dynamiquement la géométrie des entités qui sont symbolisées afin de personnaliser leur affichage pour la cartographie.

Plusieurs effets géométriques peuvent être ajoutés à une même règle de représentation. Ils sont appliqués en chaîne afin que la géométrie en sortie du premier effet géométrique soit directement répercutée sur le deuxième effet géométrique pour constituer sa géométrie en entrée, et ainsi de suite. Les effets géométriques peuvent modifier simplement la géométrie d'affichage d'entités, ou opérer des modifications plus complexes en modifiant le type de géométrie. Les effets géométriques sont catégorisés par les géométries en entrée et en sortie. L'enchaînement d'effets géométriques peut se traduire par des symboles de représentation très sophistiqués.

II.4.2.Substitution de sols :

- Substitution dynamique :

Le renforcement de sol par Plots Ballastés Pilonnés (appelé également Substitution Dynamique) est une extrapolation du Compactage Dynamique dans laquelle l'énergie de pilonnage sert à constituer par "Substitution Dynamique" des colonnes de matériaux granulaires compactés de gros diamètre qui renforcent les sols compressibles.

L'énergie du compactage est également transmise au sol sous-jacent, dont les caractéristiques mécaniques peuvent, le cas échéant, être améliorées.

Les Plots Ballastés pénètrent dans le sol par pilonnage, à l'aide d'une masse de 10 à 20 tonnes environ, en quasi chute libre de 10 à 30 mètres de hauteur. Cette technique permet un taux d'incorporation de matériaux nettement supérieur à celui obtenu pour les Colonnes Ballastées (jusqu'à 20 à 25%). Chaque Plot Ballasté peut supporter des charges importantes allant jusqu'à 150 tonnes environ.

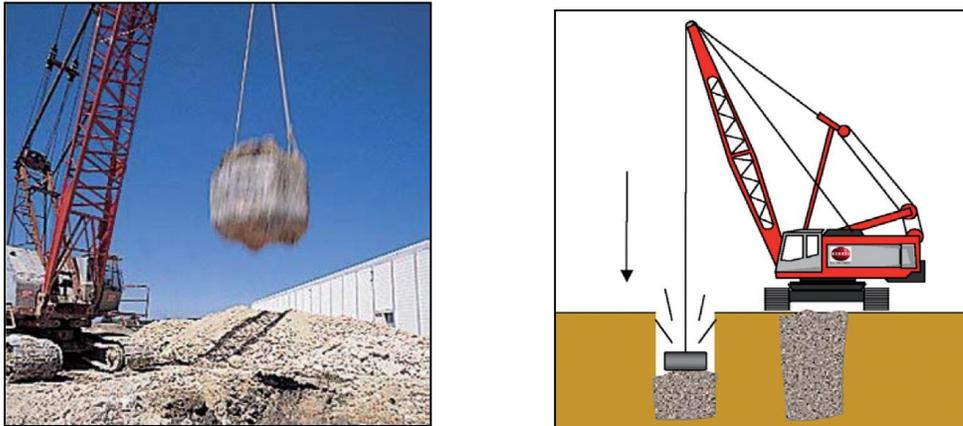


Figure.11 : *Sudstitution dynamique* .

II.5.Renforcement :

Les sols et produits similaires sont généralement travaillés bien en compression et faible en traction. Cette faiblesse du sol peut être compensée par un géo synthétique de renforcement qui renforcera et stabilisera le sol. De ce fait la résistance de tout le système sera renforcée. Les approches types pour le dimensionnement du renforcement du sol.

II.5.1. Les méthodes de renforcement :

Les méthodes de dimensionnement pour le renforcement des sols utilisent les principes fondamentaux de la mécanique des sols tels que les cercles de glissement de Bishop, ...Les réglementations nationales telles que la *BS8006/1995* , prennent en considération les états limites (état limite ultime et état limite de service), bien connus des méthodes de dimensionnement des structures en métal ou en béton armé. Des facteurs de réduction partiels sont en général appliqués aux produits de renforcement afin de prendre en considération les effets de longue durée tels que les endommagements lors de l'installation, le fluage et les influences chimiques et environnementales. Des programmes d'ordinateurs spécialisés sont disponibles pour assister l'ingénieur dans le calcul des applications de sols renforcés tels que les remblais sur sols compressibles, les talus raides et les murs de soutènement.

II.5.2. Les différents types de renforcement :

a-Murs en gabion :

Le mot gabion provient de l'italien « gabbione » qui signifie « grosse cage ». A l'origine, le gabion est un système défensif utilisé pour protéger une position des tirs d'artillerie ou des balles, au XVIIème siècle. Aujourd'hui, un gabion désigne une carcasse métallique (ou casier) contenant du sable ou des cailloux. Ce casier est fait de solides fils de fer

tressés, de forme parallélépipédique. Le gabion est un produit qui a permis d'améliorer les techniques de construction. En effet, il permet de fabriquer très rapidement des renforcements de berge, des murs.

Le procédé du gabion consiste en l'enfermement de pierres compactées dans un casier métallique disposé en épi ou parallèlement aux rives pour lutter contre l'érosion (fluviale ou territoriale).

Cependant, le gabion est essentiellement utilisé pour la construction de murs de soutènements, pour consolider une berge ou des massifs de terre.

Il présente en effet de nombreux avantages :

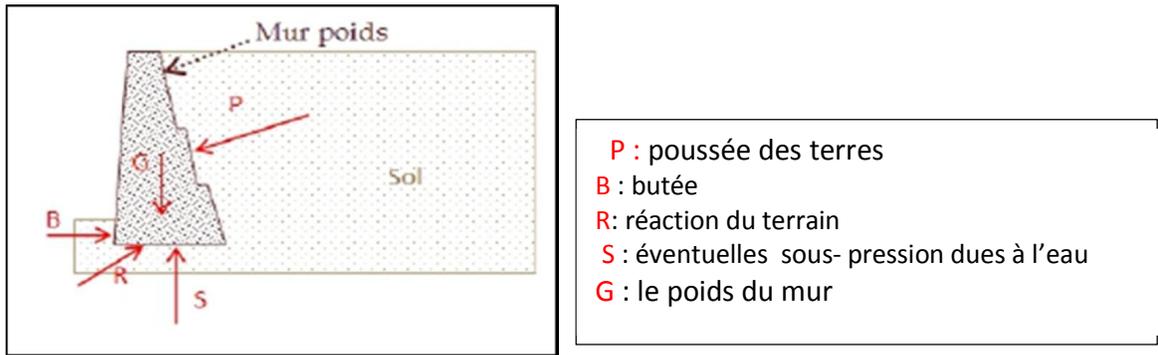
Il est robuste, durable, modulable, simple à installer, esthétique (peut être végétalisé ou rempli de galets homogènes), résistant et s'adapte à son lieu d'implantation et aux variations du sol ; il a donc une bonne intégration paysagère. Il assure de plus le drainage, indispensable à l'élaboration de tout ouvrage.



Figure .12 : *Murs en gabion.*

b-Murs du poids :

le principe du mur poids est d'opposer le poids de la maçonnerie du soutènement à la poussée des terres qui tendent à le renverser. La poussée des terres est minimale au sommet du mur et croît avec la profondeur à l'arrière du mur, d'où le fait qu'ils s'épaississent avec à la base. Ils peuvent être constitués d'un assemblage de pierres sèches, de gabions, en béton armé, en moellons ou en brique.



P : poussée des terres
B : butée
R : réaction du terrain
S : éventuelles sous- pression dues à l'eau
G : le poids du mur

Figure .13 : Murs poids.

Par son poids, le mur poids a pour but de compenser les différentes forces s'exerçant sur lui :

- Celle exercée par la terre avec laquelle il est en contact.
- La réaction du terrain, à savoir l'interaction entre le mur et le sol.
- Force horizontale qui s'oppose à la poussée.
- Pression exercée par l'eau en sous-sol.

Le mur poids est un des premiers murs de soutènement, mais, car il occupe un espace important, il a été progressivement abandonné pour d'autres murs plus performants.

c-Les murs en ails :

Ce type de mur est fait d'un seul matériau, généralement du béton.

Un mur à semelle est composé d'une paroi verticale perpendiculaire à une semelle. A la différence du mur poids, il ne s'agit pas ici de compenser les forces exercées par les terres mais plutôt de s'opposer au renversement du mur par le poids terrain. Ainsi, les terres du texercent une force à la fois sur la paroi et sur la semelle par leur poids permettant de s'opposer au renversement du mur.

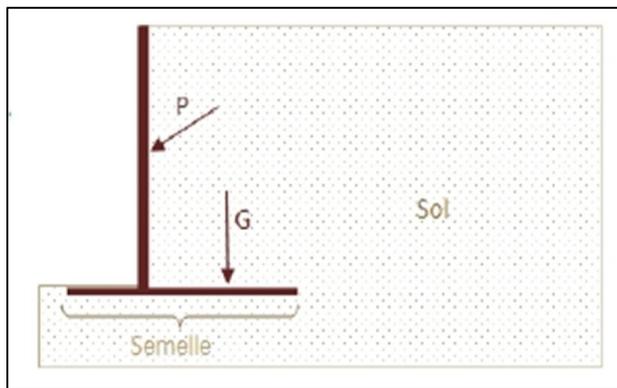


Figure.14 : Les murs en ails.

d-Redeux de palplanche métallique :

Les rideaux de palplanches sont en métal. A l'origine, une palplanche était une planche servant à consolider

une galerie de mine afin d'éviter les éboulements. Aujourd'hui, une palplanche correspondrait plutôt à un pieu* profilé*, relié aux pieux voisins par l'intermédiaire de nervures latérales (en métal) appelées serrures. Ainsi, l'enclenchement de ces différentes palplanches permet de constituer un mur de soutènement qui a pour but de retenir toute construction.

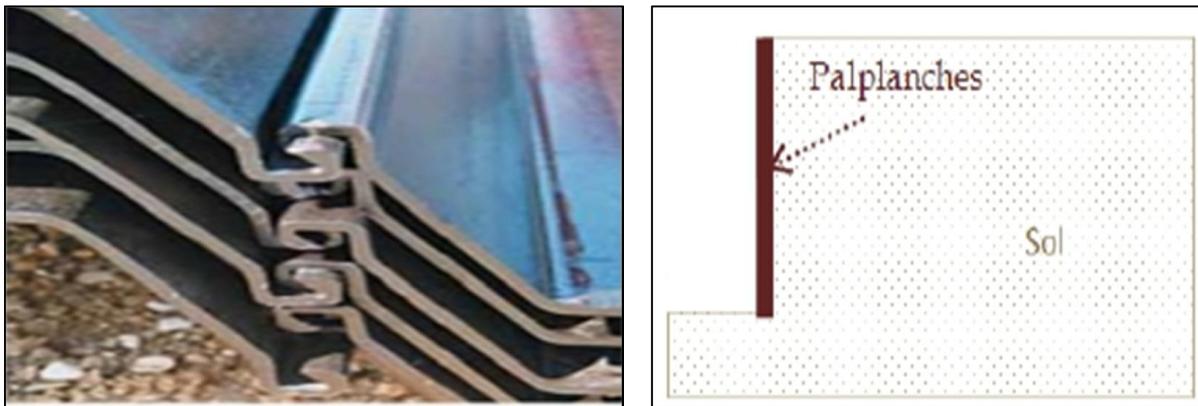


Figure15 : *Renforcement par mur en palplanche.*

e- Renforcement par inclusion géo synthétique :

Le renforcement par inclusions géosynthétiques est un procédé utilisé pour améliorer les caractéristiques mécaniques des sols.

Lorsqu'il s'agit de constructions de talus, de berges ou de soutènements dont la pente doit être supérieure au talus naturel c'est-à-dire supérieure à l'angle de frottement interne ϕ , l'inclusion de nappes géosynthétiques permet de raidir les pentes pour obtenir l'angle voulu. Le géosynthétique peut également servir d'armatures horizontale.



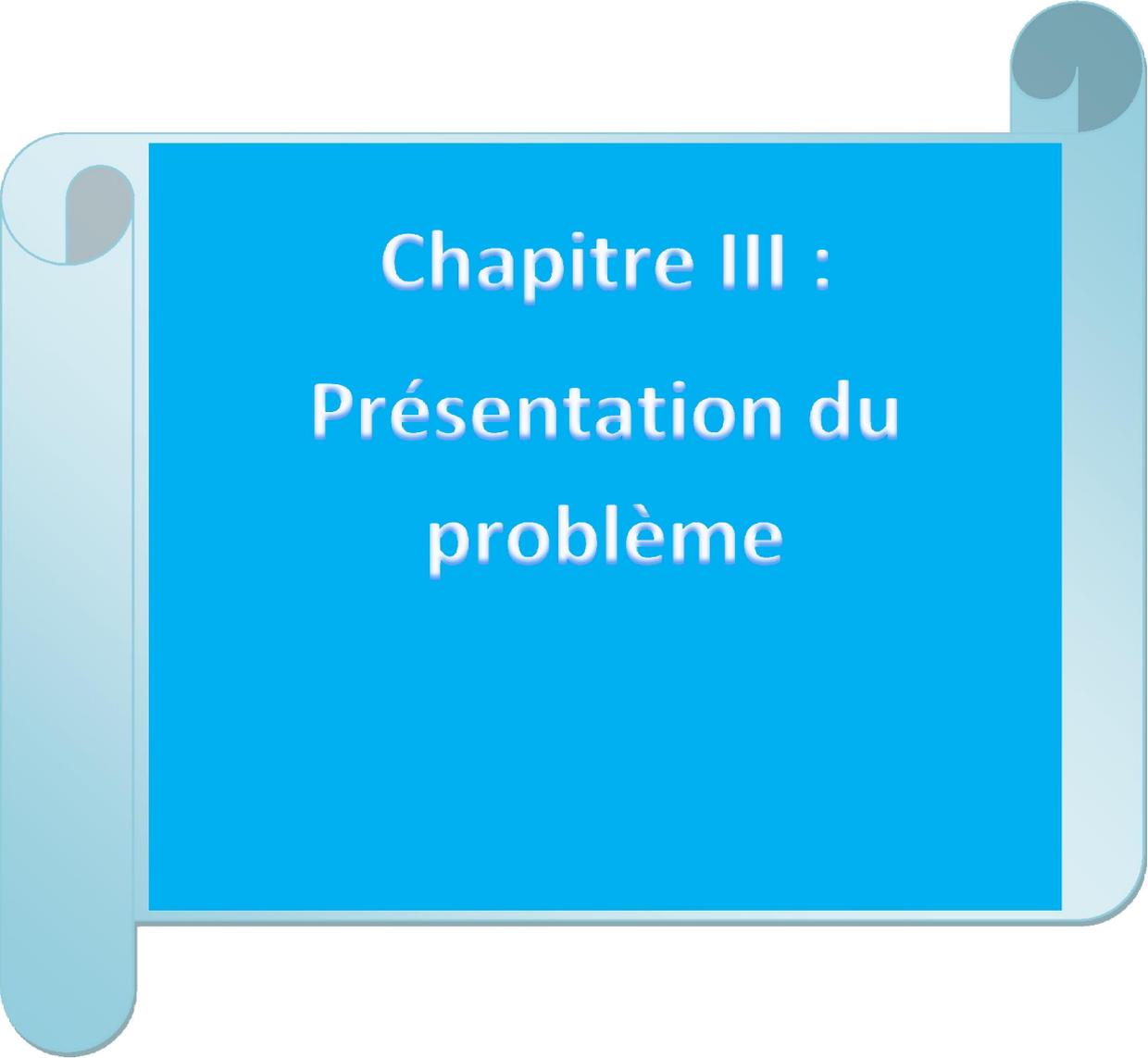
Figure16 : *Renforcement par inclusion géo synthétique.*

g-Mur en pieux :

Les pieux, ou aussi appelés inclusions verticales, sont des éléments de fondation apparentés à des colonnes. Les pieux sont partiellement ou totalement enfouis dans le sol, et servent à transmettre les efforts appliqués sur les fondations.



Figure18 : *mur en pieux.*



Chapitre III : Présentation du problème

III.1.Introduction :

Dans ce chapitre, on se propose de présenter une synthèse de l'ensemble des éléments géotechniques disponibles pour le site a étudié.

L'examen détaillé de la carte géologique aux alentours de la ville de Mila (Algérie) permet de délimiter la répartition des formations argilo-marneuses susceptibles de provoquer des retraits et gonflement des sols et, en conséquence, peuvent donner lieu à des tassements différentiels qui se manifestent en désordres affectant le réseau routier et les constructions. Durant la dernière décennie, la ville de Mila a bénéficié de plusieurs projets d'infrastructures, d'hydraulique, d'aménagement et d'ouvrages d'arts. Des études géotechniques ont été menées, elles ont fait l'objet de plusieurs études d'ingénierie ce qui a permis l'identification physico-mécanique du sol.

Le présent travail traite des problèmes de glissement ayant apparus au niveau des sites au cours de la réalisation des projets d'aménagement. Notre attention s'est particulièrement portée sur trois sites de la ville de Mila, pour lesquels nous avons pu disposer d'échantillons de sol intacts sur lesquels des analyses ont été faites.

En premier lieu le cadre géologique de la ville de Mila est présenté. Ensuite la campagne des essais physiques et mécaniques sur les échantillons prélevés est exposée. L'identification minéralogique sur des lamelles est alors détaillée. Enfin une présentation des problèmes de glissement terrain observés sur les trois sites, et les méthodes de confortements proposé par le bureau d'étude et le maitre d'ouvrage

III.2.Généralité sur la région de Mila :

III.2.1-Situation géographique de la zone d'étude :

La Wilaya de Mila est limitée au Nord par la Wilaya de Jijel, de l'Ouest par la Wilaya de Sétif, à l'Est par la Wilaya de Constantine et Oum Bouaghi et du Sud par la Wilaya de Batna .



Figure 18: Carte de découpage administratif

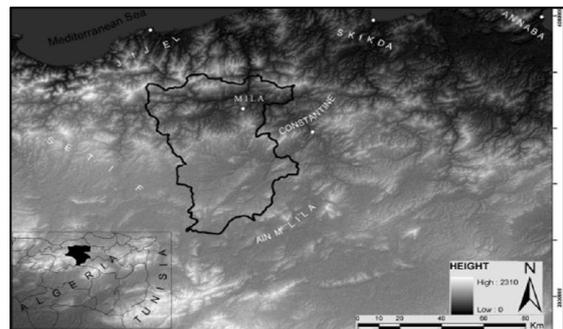


Figure 19 : Situation Géographique de la zone

III.2.2 Cadre géologique générale :

Le bassin de Mila appartient au domaine externe de la chaîne Alpine d'Algérie Nord Orientale. Cette branche de la chaîne Alpine est rattachée à la branche Sud des maghrébides entre le détroit de Gibraltar à l'Ouest et la Sicile et la Calabre à l'Est.

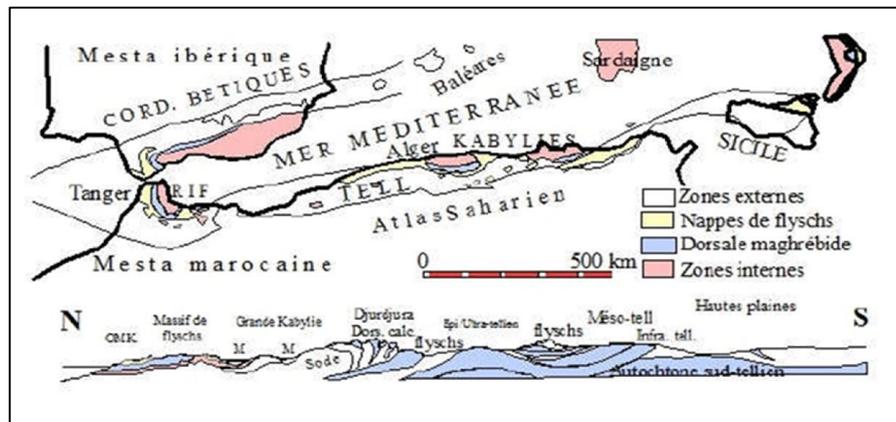


Figure 20: Carte et coupe structurale schématique de la chaîne maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes (M. Durand Delga et Fontboté ; 1980).

La partie Nord Orientale de cette branche est généralement subdivisée en deux grands domaines (Wildi, 1983 ; Durand Delga, 1969 ; Bouillin, 1977), qui sont :

- Un domaine interne, regroupant le socle kabyle et les formations des flyschs.
- Un domaine externe, correspondant aux formations telliennes et de l'avant pays.

A. LE DOMAINE INTERNE :

Le Domaine interne Correspond au socle cristallophyllien et sa couverture sédimentaire carbonatée (dorsale kabyle) ; Le socle est constitué de formations cristallophylliennes d'âge Paléozoïque (Durand Delga, 1969 ; Raoult, 1974) ; subdivisé en deux grands ensembles :

- Un ensemble Gneissique, à intercalation de marbre, ayant cristallisé dans les conditions du faciès granulites (Kornprost et al, 1977).
- Un complexe Phylladique au sommet qui montre de bas en haut :
 - a) Schistes noirâtres, montrant à leur base un conglomérat dissocié remaniant les phyllades sous-jacents.
 - b) Psammites rouges et vertes à Graptolite.
 - c) Grès calcaires à Tentaculites.
 - d) Calcaires à Orthocères.

Cet ensemble supérieur est surmonté en discordance par des formations Siluriennes

(Durand Delga, 1969). Par endroits, le socle kabyle forme un ensemble charrié sur les terrains Mézozoïques et tertiaires (Bouillin, 1977).

-Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes :

-L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K) : qui constitue la couverture sédimentaire transgressive du socle kabyle (Raoult, 1975). Il s'agit de formations détritiques comportant trois termes :

- Conglomérat à la base, reposant en discordance sur les formations du socle kabyle.
- Grès micacés à débris provenant du socle kabyle associés à des pélites micacés.
- Pélites et Silexites à radiolaires et diatomées.

-Les Olistostromes : qui sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch intercalées avec des passées grés-micacées. Ces formations d'âge probable Aquitanien-Burdigalien inférieur (Bouillin, 1977), reposant sur les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle.

-Dorsale kabyle : Elle forme la couverture méridionale du socle kabyle, cette chaîne calcaire marque la limite entre le socle kabyle au Nord et les Zones telliennes au Sud. L'âge de ces formations carbonatées s'étale du Permo-Trias à l'Oligocène (Raoult, 1974). Raoult prétend que la dorsale kabyle est subdivisée en unités qui sont du Nord au Sud :

- Dorsale interne : comportant des séries allant de Permo-Trias au Néocomien, représentées par des calcaires néritiques massifs riches en microfaune benthique qui atteignent le sommet du Lutétien.
- Dorsale externe : constituée essentiellement de calcaire dolomitique du Jurassique inférieur et par un Crétacé supérieur et Eocène inférieur détritique.

-Formations de types flyschs : se sont des formations sédimentaires allochtones d'âge Crétacé à Eocène et qui sont subdivisées en :

a) Le Flysch Maurétanien : qui sont épaisses et datées du Néocomien jusqu'au Lutétien au Néocomien, elles sont périto-calcaro-gréseuses à périto-gréseuses. Le sommet de ces formations se termine par des Turbidites calcareuses. (Gelard, 1969). Dans le Nord Constantinois, le flysch de type Maurétanien d'âge Lutétien comporte un substratum Triasico Jurassique, riche en calcaire à radiolarites, des microbrèches à ciment spathique riche en quartz détritique et parfois des microconglomérats du Sénonien et se termine par une couverture grés-micacée d'âge Priabonien Oligocène ,(Bouillin,1977).

b) Le flysch Massylien : les formations du flysch massylien sont essentiellement pélito-quartziques, (Raoult, 1969 1972). Ces flyschs comportent une série qui va du Crétacé inférieur à l'Eocène, montrant au Cénomaniens des niveaux de phanites et des bancs calcaires à microfaune pélagique du Turonien-Cénomaniens. Par-dessus ces formations s'observe un Campanien supérieur argileux, à blocs variés et à intercalations gréseuses.

Enfin, le Campanien supérieur et le Maestrichtien correspondent à un flysch à microbrèches calcaires en lits centimétriques à décimétriques, (Bouillin, 1977).

c) Le flysch Numidien : il forme une entité à part. il occupe une position structurale allochtone, la plus haute de l'édifice alpin. Il est représenté par une série argilo-gréseuse d'âge Oligocène à Burdigalien basal (Bouillin, Raoult, 1971 et Lahondère, 1979). Il est caractérisé à la base par des argiles sous numidiennes à Tubotomaculum surmontées par des grès numidiens à grain de quartz hétérométrique et le sommet se termine par des marnes qui correspondent aux formations supra-numidiennes.

B .DOMAINE EXTERNE :

Il correspond aux formations telliennes situées sur la paléomarge Africaine (Bouillin, 1986). Ce sont des séries épaisses à faciès marno-calcaire d'âge Eocène, issues du sillon tellien (Vila, 1980). Certains auteurs notamment Durand Delga a subdivisé les formations du domaine tellien en trois grandes unités .

III.3. Propriétés géotechniques :

► SITE 1. 185 logements :

185 logements Le premier site d'étude se situe dans la feuille de Radjas el Ferada au 1/50.000. Il occupe la partie: Nord-Est de la carte. Il est limité par les coordonnées Lambert suivantes: X1: 817,35 Km, Y1: 355,00 Km ; X2 :819,00 Km, Y2 : 356,45 Km. Ce site est limité au Nord par la route nationale R.N.79, reliant la ville de Mila à celle de Ferdjioua, au Sud par les logements évolutifs et les 334 lots de terrain, à l'Est par le centre-ville de Mila, et à l'Ouest par les 140 logements semi-collectifs. La coupe géologique du site 185 logements (Figures 3 et 4), établie à la base des successions lithologiques, remarquées à partir des échantillons extraits à l'aide des sondages carottés, effectués au site d'étude, confirme la présence des argiles, de différentes couleurs (brune, jaune, sombre, verdâtre et rougeâtre), avec les fissures sub-verticales qui sont remplies par du gypse.

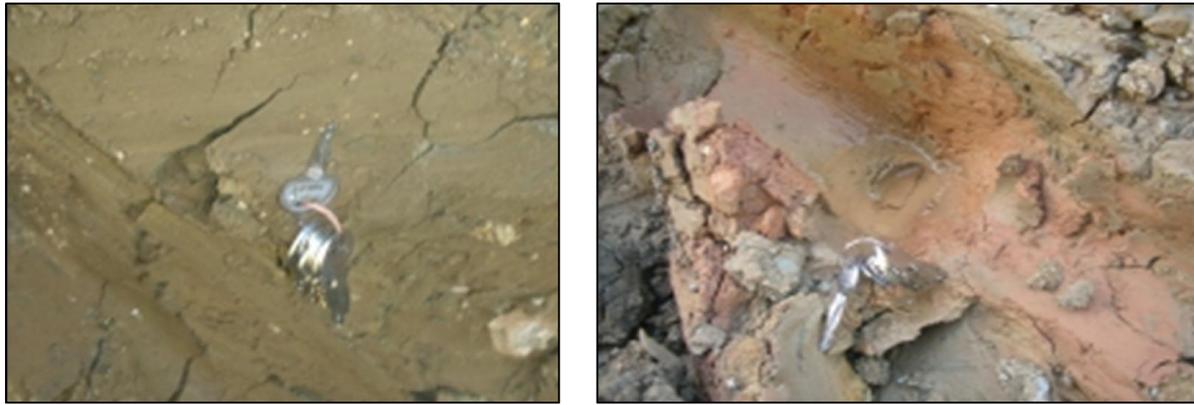


Figure 21 : Aspect extérieur des formations traversées par les sondages.

Pour évaluer les niveaux d'eau par rapport à la surface du sol, trois sondages équipés par des piézomètres (S1, S2, S3), sont effectués au sein du site, alors que sept puis sont localisés autour du site de 185 logements.

La mesure des paramètres physiques permet une approche sur l'identification de la nature du sol en place (Tableau 4).

Sondages	Profondeur (m)	ω (%)	γ_d (kN/m ³)	γ_h (kN/m ³)	S_r (%)
S1	3.00-350	22.54	1.71	2.07	98.1
	7.00-7.50	16.30	1.8	2.16	89.5
	12.4-12.8	19.20	1.75	2.12	94.8
S2	6.70-7.00	18.16	1.76	2.12	91.8
	13.2-13.90	15.62	1.82	2.17	87.8
	14.3-14.9	16.7	1.78	2.15	87.2
S3	4.10-4.60	19.96	1.76	2.11	100
	7.80-8.00	20.79	1.74	2.10	100
	8.30-8.60	18.7	1.8	2.15	100
	9.10-9.60	23.94	1.66	2.06	100
	14.2-14.6	15.18	1.93	2.22	100

Tableau 4 : Résultats des essais physiques « Site 185 logements » : Sandage profondeur(m).

La densité sèche(γ_d) caractérise le poids d'un volume apparent et permet d'avoir une idée sur le degré de densification des éléments solides de la matrice. Le poids volumique du sol sec varie entre 16,6 et 19,3 kN/m³, révèle un sol dense à compacité assez élevée.

Les valeurs obtenues pour la teneur en eau naturelle(ω %) se situent autour de 15,2 et 24,5 %.

Le degré de saturation(S_r %), exprimant la potentialité d'un sol à la saturation par un fluide.

Les valeurs obtenues varient de 87 à 100 %, caractérisant un sol quasi saturé.

Analyses granulométriques La granulométrie des sols en question est caractérisée par une fraction fine prédominante, dont les passants à 0,08 mm représentent près de 65 %. La fraction des argiles est assez importante, avec un taux supérieur à 50%. Ainsi, il s'agit de sols fins. Les limites d'Atterberg: La limite de liquidité WL, oscille autour de 48 et 67 %, l'indice de plasticité IP, situé varie entre 21 et 42 %. Le couple de valeurs (WL et IP) localise le sol dans la zone des argiles plastiques à très plastiques, d'après le diagramme de Casagrande (WL=67 % et IP 42 %). L'indice de consistance varie entre 1,13 et 1,7, caractérise un sol très consistant. Enfin, on peut résumer la nomenclature de notre sol considéré comme : CH.

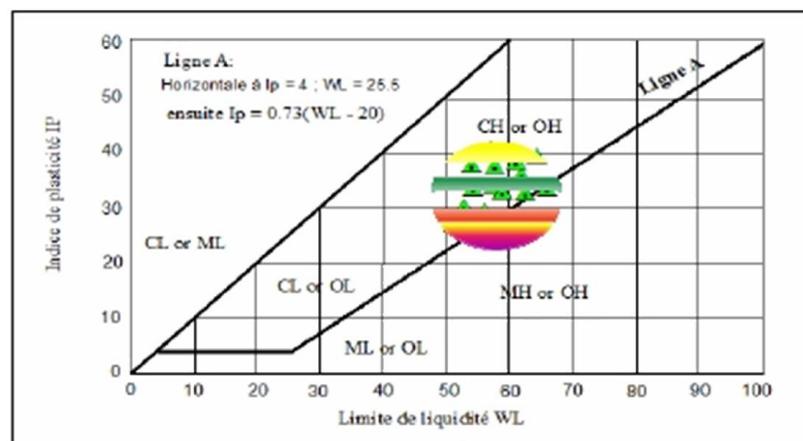


Figure 22: Abaque de Casa grande et classification du sol.

SITE 2.site CW52 Mila :

Les essais mécaniques sur les échantillons intacts permettent de caractériser le comportement du sol vis-à-vis d'un chargement donné.

Les résultats des essais triaxiaux non consolidés -non drainés (type UU) :

Angle de frottement interne ϕ : $3^\circ < \phi < 22$; Cohésion C (kN/m²) : $20 < C < 65$

Les résultats des essais : consolidés-drainés (type CD); Angle de frottement interne ϕ : $5 < \phi < 18$; Cohésion C'(kN/m²) : $20 < C' < 26$. Le sol en question est surconsolidé. Essais de compressibilité à la cellule œdométrique : Pour l'évaluation des déformations sous les contraintes appliquées, des essais de compressibilité à l'œdomètre ont été réalisés. Ils montrent : La pression de préconsolidation: possède des valeurs décroissantes progressivement avec la profondeur (500 kN/m² à 4,60m et 300 kN/m² à 9,60m de profondeur), caractérisant un sol d'un état de surconsolidation en surface. L'indice de compression (C) : présente à son tour des variations avec la profondeur, à 4,60 m il est de 0,28 et 0,16 pour une 14,60 m de

profondeur, traduisant un sol moyen à très compressible. L'indice de gonflement est élevé (C_g est de l'ordre de 0,121), et il diminue avec la profondeur.

Les résultats des essais mécaniques (cisaillement et œdomètre), montrent un sol consistant, sur consolidé, très compressible et gonflant.

Deuxième site: Un autre site non loin du précédent est aussi concerné par un glissement de terrain remarquable situé sur le chemin de la wilaya CW52. Les argiles sombres et bariolées ont une plasticité élevée et occupent des volumes importants dans l'espace; le laboratoire des travaux publics de l'Est, représentation de Mila, a procédé à une campagne de reconnaissance géotechnique en Mai 2008, réalisée à l'aide des sondages carottés au niveau de trois sections touchées par les glissements sur le CW 52 .

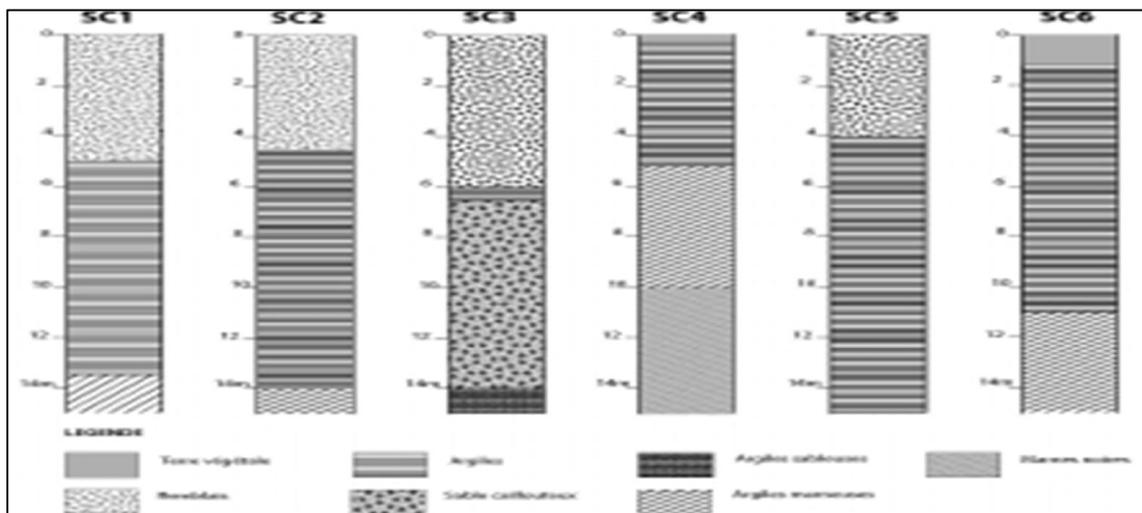


Figure 23: Logs des sondages réalisés sur le CW52 de la wilaya de Mila.

Entre le premier sondage et le dernier sondage, la différence d'altitude est de 51 mètres pour une distance à vol d'oiseau de 680 mètres. Ce qui traduit une pente de 7.5 %, à la fois dangereuse et inaccessible. Tous ces sondages sont carottés et atteignent une profondeur finale de 15 mètres par rapport à la côte du terrain naturel. Les sondages confirment la présence des niveaux argileux et marneux entre deux à six mètres de couverture de terre végétale ou remblais. On constate aisément l'hétérogénéité de terrain en espace et en profondeur, ce qui nécessite une précaution d'interprétation des résultats physico-mécaniques. Les échantillons prélevés des différents sondages ont été soumis à des essais d'identification physiques, mécaniques, chimiques et minéralogiques. Les résultats d'essais d'identification sont récapitulés dans les Tableaux 5 et 6.

SC N°	Profondeur (m)	γ_d (kN/m ³)	γ_h (kN/m ³)	Ω (%)	S_r (%)	Limites d'Atterberg		
						W_l %	W_p %	I_p %
01	8.80-9.20	1.58	1.97	25.0	97.5	/	/	/
	10.80-11.20	1.53	1.94	26.9	97.2	68.6	27.5	41.0
	14.00-14.45	1.70	2.04	20.1	95.3	60.1	31.6	28.5
02	6.60-7.0	1.47	1.90	30.0	97.5	62.0	32.3	29.7
	10.50-10.80	1.63	2.00	22.5	95.2	61.5	30.6	30.9
	13.65-13.85	1.59	1.95	22.5	89.6	63.7	30.1	33.7
04	3.00-3.40	1.57	1.92	22.5	86.8	/	/	/
	7.50-8.00	1.71	2.01	18.2	87.4	52.8	30.7	22.2
	10.00-10.50	1.68	2.02	20.6	94.2	54.6	31.7	22.8
05	4.75-5.35	1.63	1.97	20.9	88.3	49.8	31.3	18.6
	8.65-9.00	1.58	1.93	22.1	86.5	58.2	27.7	30.4
06	2.70-3.00	1.62	1.96	20.7	86.6	54.1	32.8	21.3
	7.80-8.20	1.60	1.98	23.4	95.2	/	/	/

Tableau 5 : Résultats d'analyse des paramètres physiques du site CW 52 ; MILA.

Avec :

- . γ_d : Poids volumique sec en (kN/m³)
- . γ_h : Poids volumique humide en (kN/m³)
- . ω : Teneur en eau naturelle en (%)
- . S_r : Degré de saturation en (%).

SC N°	Profondeur (m)	σ'_c (kN/m ²)	C_c	C_g
01	8.80-9.20	2.38	0.196	0.040
	14.00-14.45	4.88	0.244	0.069
04	10.00-10.50	1.89	0.180	0.042
05	8.65-9.00	2.06	0.270	0.041
06	7.80-8.20	1.37	0.267	0.064

Tableau 6 : Résultats des essais œnométrique au site CW 52 ; MILA.

Avec : σ'_c : Pression de pré consolidation (bars) ;

C_c : indice de compression et C_g : indice de gonflement en (%).

-Interprétation des essais :

Les essais d'identification physiques, (comme la granulométrie et les limites d'Atterberg), montrent un aspect d'argile plus ou moins gonflante. Le comportement

mécanique basé sur l'essai œdométrique et celui de cisaillement rectiligne UU (non consolidé non drainé), à l'aide de la boîte de Casagrande ont donné un sol surconsolidé, saturé d'eau, compressible et présentant un caractère gonflant, (indice de gonflement C_g). Ce matériau peut être classé d'après l'abaque de Casagrande avec les argiles peu à très plastiques : ($49,88 < W_Y < 68,6\%$; $18,6 < I_p < 41$) ; mais cette classification reste incomplète car à notre avis, la détermination des minéraux gonflants est leur pourcentage donne plus de renseignements à l'ingénieur

pour mieux adapter les fondations aux sols, ou pour mieux proposer un remède de stabilisation d'un glissement de terrain.

-Propriétés minéralogiques :

Les minéraux argileux ont été étudiés à différentes échelles :

L'observation des lames minces permet une approche micro-morphologique qui consiste à étudier la distribution des argiles dans la roche sédimentaire ou les sols. L'agencement des particules argileuses a été étudié grâce à la microscopie électronique à balayage (MEB). La composition minéralogique des assemblages argileux est déduite par la diffraction des rayons X (DRX, XRD).

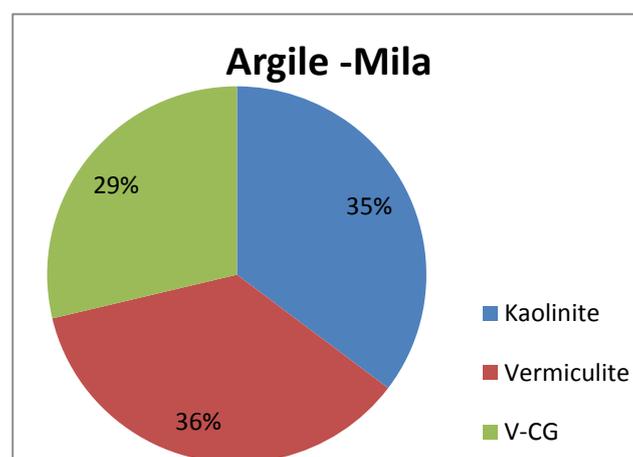


Figure 24 : Analyse de l'argile totale « S C1 » aux rayons X d'une argile marneuse, profondeur [8.80-9.20 m].

III.4. Analyse Des Sites proposés:

Dans cette partie on a analysé les problèmes de glissement de terrain sur trois sites de la ville de Mila, donc des enquêtes et des visites sur site ont été réalisées.

III.4.1.Site 1 :185 Logements :

Ce site est un siège sociale secondaire contient plusieurs bâtiments, il retrouve dans le site de Pou marca-Mila, il est exposé à des problèmes de glissement de terrain, à causes des gonflements d' argiles, les causes de cet glissement sont :



Figure25: *Le site de 185 logement Mila.*



Figure 26 : *présentation de glissement de 185 logement Mila.*

-Les Solution Proposées : parmi les solutions proposées par le bureau d'étude et le maitre d'ouvrage, et l'OPIGI :

- Etudier les caractéristiques de terrain (la géologie, la géotechnique).
- Vérifier les cause principales de glissement : la présence de l'eau, la pente...etc
- Défende la construction dans les points de glissement.

III.4.2 .Site 2 : Site CW52 Mila :

ce site a été exposé au cours des dernières années à des glissements de terrain, qui a conduit à la chute des bâtiments en raison de la qualité du sol, il est adapté à la construction. La Direction des Travaux publics à étudié des échantillons du sol et ses caractéristiques pour trouver des solutions efficaces pour réduire les effet de ce risque .



Figure.27 : *Le Tassement de terrain de C W 52 Mila.*



Figure28 : *Le chut des murs.*

-Les Solution Proposés : Dans ce cas nous proposons les solution suivant :

- L'étude des propriétés du sol et de l'eau de la partie des analyses de laboratoire
- Un système de drainage plus efficace pour évacuer les eaux pluviales.
- La réalisation des murs de soutènement en partie avale de ces constructions pour assurer la stabilité des blocs

III.4.3 .Site 3 : R N 79 Mila :

La Route Nationale reliant la région de Mila et la wilaya de Constantine exposée à de nombreux glissements de terrain et la raison principale est due à la qualité du sol ainsi que la fragilité et la perméabilité à permettre à l'eau à elle.

La lame en forme de couches au niveau de la route qui mène à la variation de la forme de la terre. Pour cela, nous étudions ce site pour voir les solutions proposé par le bureau d'étude et le maitre ouvrage pour régler ce problème.



Figure29 : photos représentes le glissement de la R N 79 Mila.

-Les Solution Proposé : Parmi les solutions proposé et réalisé par l'entreprise de réalisation pour remédier les problèmes de glissement dans la R N 79 Mila présenté en photo ci –dessous les :

- Renforcement des talus de la route par les murs de gabionnage.

- Renforcement les points de glissement par le Sandage (pieux en béton).



Figure 30 : *Renforcement par les murs proposés et les pieux.*

Conclusion

Ce projet de fin d'études s'inscrit dans le cadre général de traitement des zones siège de glissements de terrain dans le cas des projets en milieu urbain dans la zone du Mila, problème dont souffre la région. Plus particulièrement, l'objectif de ce travail a été de mener une étude permettant le traitement de la zone instable de Site 185 logements, la route CW 52, et la route nationale RN79.

La première et la deuxième partie entame des généralités sur la stabilité des pentes qui décrivent les différents types de glissements de terrain, et de confortement des talus instables qu'elles soient classiques ou particulières.

La troisième partie est consacrée à l'étude du glissement de terrain au niveau de la route CW 52, le Site 185 logements, et la RN79.

A travers ce travail, on est arrivé à la conclusion que le traitement des glissements de terrain sur la région de Mila besoin à des études approfondie et élargie pour mieux connaitre les caractéristique géologique et géotechnique de ce site .

Référence :

CHAPITRE I :

- [1] Boudlal .O , *Etude expérimentale du comportement mécanique des fines des talus dans la stabilité et des fondations* Thèse De Doctorats université Mouloud Mammeri de tizi ousou ,2013 p46...p51
- [2] D. Benouis - *Etude d'un glissement de terrain par différentes méthodes* .PFE U.Saida . 2010

CHAPITRE II :

- [1] Rabah arab, Messaoud zerman et al..., *Treatment of a landslide by geosynthetics* afitex france, bordj el kiffan, algérie. 2009

CHAPITRE III :

- [1] Atmania Djamel- *Minéralogie de argiles et phénomène de retrait –gonflement dans le bassin de Mila* Thèse De Doctorat université de constantine 2010 . (4-5-8-9-10)
- [2] D. Athmania, a. benaïssa, et al «Clay and marl formation susceptibility in Mila province-Algeria», *geotechnical and geological engineering*. doi 10.1007/s10706-010-9341-5 (2010).
- [3] S Caillere, S Henin et M Rautureau. *Minéralogie des argiles structure et propriétés physicochimiques*, masson paris, p 184 classification et nomenclature. masson paris.
- [4] Ph.-e. Coiffait. *Un bassin post-nappes dans son cadre structural: l'exemple du bassin de constantine*. thèse ès sciences, université h. poincaré, nancy, france, (1992)
- [5] H. e. Cook, p. d. Johnson, j. c. matti and i. zemmels. *Methods of sample preparation and x-ray diffraction analysis in x-ray mineralogy laboratory*, in: kaneps a.g. et al. (eds.), *init. repts dsdp xxviii*, print. office, washington dc, (1975) 997-1007.
- [6] DM Moore, rc. JR Reynolds. *x-ray diffractio and the identification and analysis of clay minerals*. oxford university press, oxford, (1989) p 332
- [7] J. Thorez. *Practical identification of clay minerals*. in: lelotte g (ed) *a handbook for teachers and students in clay mineralogy*. belgium, (1976) p 99.
- [8] M. Tucker *techniques in sedimentology*. blackwell scientific publications, london, (1988) p349
- [9] *Direction des travaux publique ,dossier 100/DRC/RM/43/ES/68/08. Mila 2014*

Sites internet :

www.memoireonline.com
www.doc-etudiant.fr
www.menard-web.com
www.soletanche-bachy.com
fr.wikipedia.org
www.solem.ch
www.ville.quebec.qc.ca
www.geotextiles-geogrilles.fr
Tel.archives-ouvertes.fr
www.franki-geotechnics.be

Annexes 01 : Les Glissements de terrain .

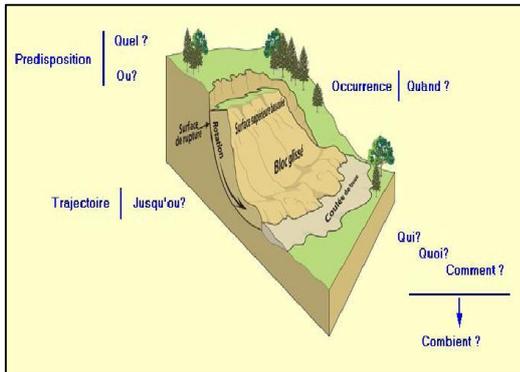


Figure .1: *Mouvement de terrain*

Figure.2. : *Schéma d'écroulement.*

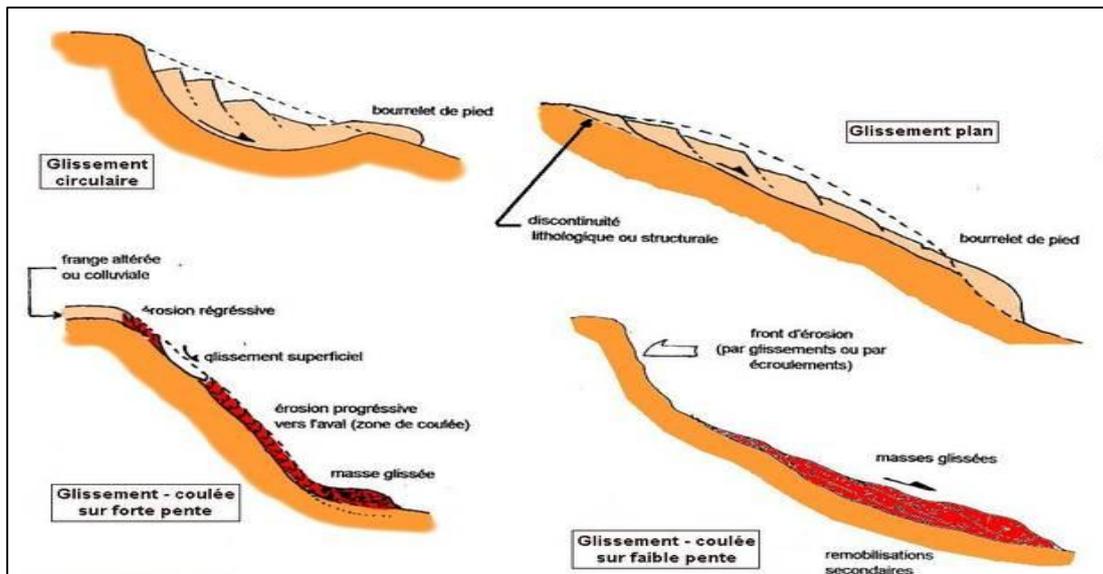


Figure.3. : *Les types de glissement.*

Annexe 02 : Méthode de Confortement.



Figure .4: Renforcement par Mur en plaque.



Figure.5 : Mur en gabion.

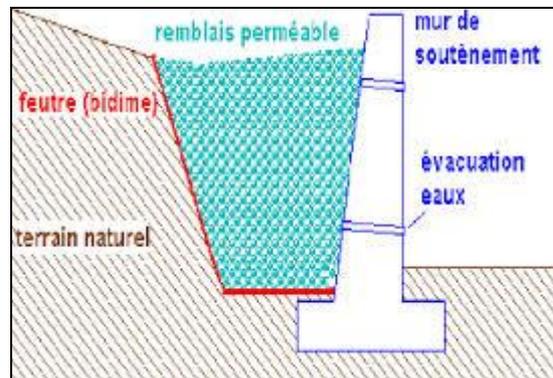


Figure.6 : Mur de soutènement.



Figure.7 : Mur en pieux.



Figure.8 : Mu en pneu sol.



Figure.9 : *Mur en gabion.*



Figure.10 : *Mur en palplanche.*



Figure.11 : *Terre armé*



Figure.12 : *Mur en décoration.*

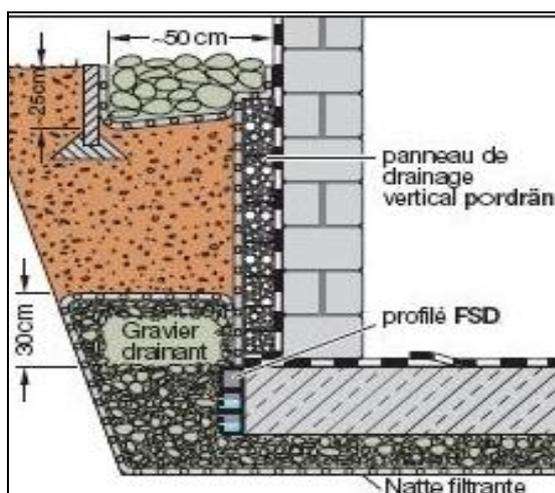


Figure.13 : *Drainage en constriction.*



Figure.14 : *Ouvrage en phase de construction.*



Figure.15 : *Méthode de drainage.*



Figure.16 : *Caniveau en crête de talus,*

Annexe 03 : Les Glissements de terrain sur la région d'étude .



Figure .17 : Photo sur le glissement de Sibari .Grerem Gouga .Mila



Figure.18 : Photo sur le glissement de la RN79. **Figure.19 :** Photo sur le Sandage de la RN79.Mila.

Mila.



Figure.20 : Photo sur les chuts de batiment(185 logement.Mila)