

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou



Faculté de génie civil

Département du génie civil

Laboratoire Géo matériaux Environnement et Aménagement (LGEA)

Mémoire De Mastère.

Spécialité : Génie civil.

Option : Géotechnique et environnement.

Présenté par Mademoiselle KACI KAHINA

Cartographie de glissement de terrain de Tala N'Tgana

Devant le jury, composé de :

Président : Mr Melboussi.B Professeur UMMTO

Examineur :Mr Djemai.M Maitre assistante à UMMTO

Examinatrice :Mme Boubrit.H Maitre assistante à UMMTO

Promotion2016-2017

Remerciements

Je remercie Dieu avant tout

Je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur B.Melboussi pour sa prise en charge pédagogique et sa patience et pour son aide tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements à Madame Boubrit.H professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour ses précieux conseils et son guide.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur Djemai.M professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Aussi je voudrais remercié Melle Djerbal Lynda pour son grand aide à réaliser ce travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce présent travail.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

Introduction	1
I.1) La classification des mouvements de terrain	1
I.2) Les types de mouvements (mécanismes	2
I.3) Les différents types de mouvements de terrains	3
I-3-1) Retrait et gonflement des roches	4
I-3-2) Le fluage et la solifluxion	4
I-3-3) Les affaissements et effondrements de cavités souterraines	6
I-3-4) Le fauchage des couches	8
I-3-5) les tassements	9
I-3-6) Les écroulements et chutes de blocs	10
I-3-7) Les glissements de terrain	12
Définition	12
I-3-7-1) Description des principaux types de glissements de terrain	12
a-1) Glissement faiblement ou non rétrogressif	12
1) Glissement superficiel	13
2) Glissement Rotationnel	13
3) Avalanche de boue	14
a-2) Glissement fortement rétrogressif.....	14
A-2-1) Les coulées boueuses	15
A-2-1-1) Formation des coulées boueuses	15
A-2-1-2) Les morphologies induites par les coulées de boue	15
A-2-1-3) Les facteurs d'instabilité	16
I-3-7-2) Vitesse de déplacement des glissements	17
I-3-7-3) Classification selon la vitesse	18
I-3-7-4) Classification selon la profondeur	19
I-3-7-5) Causes de glissement	20
I-3-7-5-1) L'eau et les risques de glissements de terrain	20
I-3-7-5-2) La présence des fractions fines.....	21
I-3-7-6) Méthodologie de l'étude des glissements de terrains	22

Sommaire

I-3-7-7) Reconnaissance de la surface de glissement	23
I-3-7-8) Identification de danger de glissement	24
I-3-7-9) Notions de base pour étudier la stabilité des pentes	26
I-3-7-9-1)Notion de coefficient de sécurité.....	28
I-3-7-10)Méthodes classiques pour l'étude de la stabilité des pentes	28
I-3-7-11)Méthodes évoluées pour l'étude de la stabilité des pentes.....	31
I-3-7- 12)Les techniques de renforcement	33
I-3-7-13) Un aperçu sur les différents glissements de terrain les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou	34
Conclusion	37

Chapitre II : Présentation du site

Introduction	38
II.1. Situation géographique	38
II.2. Cadre géologique local	40
II.3. Cadre géologique régional.....	40
II.4. Conditions climatique	42
II.4.1 La pluviométrie	42
II.5. Hydrologie	44
II.6. La sismicité	44
II.7. Le glissement de terrain à Tala N'Tgana (Freha) en 2012	45
II.8.Etude antérieure réalisée sur le terrain	46
II.8.1. Constat et observations (rapport du CTC sur le glissement de terrain de Tala N'tgana 22 /02/2012.....	46
II.8.2. Résultats des différents essais effectués sur des échantillons du site.....	47
II.9.Les différents désordres observés au niveau des habitations	48
Conclusion	51

Chapitre III :Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

Introduction	52
III-1)Notion de la carte dans les SIG	54
III-2) Choix du logiciel à utiliser pour la réalisation d'une cartographie.....	54
III-3)Définition d'un système d'information géographique(SIG)	55
III-4)Le Système d'Information Géographique réalisé sous MapInfo	56

Sommaire

4.1) Calage des cartes.....	56
4.1.1) Les commandes nécessaires pour le calage des cartes	57
III.5)Réalisation des courbes de niveaux et des réseaux hydrographiques avec logiciel map info.....	61
a.Digitalisation des courbes de niveau	61
b. Les réseaux hydrographiques	62
III.6)Description de levé topographique	64
1)Localisation des points de Levé topographique sur la carte d'état major 1997 avec logiciel Map info	64
III.7) Elaboration de la carte des pentes pour l'année 1997	65
1) Définition de la pente	65
2) Réalisation de la carte des pentes de l'année 1997 sur map info	65
III.8) Etablissement de la carte topographique avec le logiciel surfer en utilisant le levé topographique.....	68
a) Le surfer	68
b) Méthode d'établissement des cartes	68
III.9) Mesure de l'angle d'inclinaison de la pente en utilisant les points de levé topographique	70
Conclusion	71

Conclusion générale

Liste des figures

Liste des tableaux

Références bibliographiques

Liste des figures

Chapitre I :

FIG-I-1 :Phénomène retrait gonflement des argiles	4
FIG-I-1 :Phénomène retrait gonflement des argiles	5
FIG.I.3 : La solifluxion.....	6
FIG. I.4 : L'affaissement.....	7
FIG.I.5 : Effondrement minier survenu sur la mine d'Elura située à 600 km à l'ouest-nord-ouest de Sydney	8
FIG.I.6 :L'affaissement et L'effondrement	8
FIG.I.7 : Le fauchage des couches.....	9
FIG.I.8 : Tassement	10
FIG.I.9 : Chutes de blocs représentation schématique.....	11
FIG.I.10 :Schéma d'un glissement superficiel.....	13
FIG.I.11 : Schéma représente le cas d'un glissement rotationnel.....	14
FIG.I.12 :Schéma de formation d'une coulée boueuse.....	15
FIG.I.13 :coulée boueuse Tala N'tgana 2012	17
FIG.I.14 :Coupe géologique et géotechnique d'un glissement,(DURVILLE et SEVE, 1996)	27
FIG.I.15 :Surface de rupture supposée circulaire et bilan des efforts pour une méthode conventionnelle.....	30
FIG.I.16 : Les désordres au niveau du glissement de Tigzirt.....	34
FIG.I.17 : Les désordres au niveau du glissement d'Ain El Hammam	35
FIG.I.18 : Les désordres au niveau du glissement d'Azazga.....	36
FIG.I.19 : La coulée boueuse d'Illilten 2012-2013	37

Chapitre II :

Fig. II.1 : Localisation du village Tala N'Tgana.....	39
FIG.II.2 : Localisation du site étudié source Google earth 2015.....	39
Fig. II.3 : Carte géologique AZZEFOUN-AZAZGA N ⁰⁹ /24	41
Fig. II.4 : schéma structurale au niveau de Tala N'Tgana	41
Fig. II.5 : Carte du réseau hydrographique de la région de Freha.....	44
Fig. II.6 : Glissement de terrain à Tala N'Tgana (2016).....	45
Fig.II.7 :Soulèvement et bombement des parterres	48
Fig.II.8 :Fissuration de la dalle au sol.....	49

Liste des figures

Fig. II.9 :Fissuration au niveau des fenêtre	49
Fig. II.10 :Fissuration des murs	49
Fig. II.11 :Fissuration des poteaux.....	50
Fig. II.12 :Inclinaisons et déplacement des arbres.....	50

Chapitre III :

FIG.III.1 : Exemple d'une carte topographique	52
FIG.III.2 : Exemple d'une carte thématique.....	53
Fig.III.3 : Source : http://georezo.net/forum/viewtopic.php?id=53501	55
Fig.III.4 : Relation entre les composants d'un sig	55
Fig.III.5 : Ouverture d'une image raster sous logiciel map info.....	57
Fig.III.6 : Type de projection de notre carte sur map info.....	58
Fig.III.7 : Calage de la carte d'état majeur AZZEFOUN-AZAZGA 1997	59
Fig.III.8 (A ,B,C) : Les commandes nécessaires pour la réalisation d'une couche vectorielle.....	61
Fig.III.9 : Les courbes de niveau des versants de Tala N'tgana et ses alentours	62
FIG.III.10 : Les réseaux hydrographiques des versants de Tala N'tgana. Carte d'état majeur	63
FIG.III.11 : Localisation des points de levé topographique sur la carte d'état major1997.....	64
FIG.III.12 : Schéma représentatif de l'angle d'inclinaison Θ d'une pente	65
FIG.III.13 : Carte des pente de village Tala N'Tgana, carte d'état-major 1997	67
FIG.III. 14 : Carte 2D, interpolée par krigeage, du glissement.....	69

Liste Des Tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 :classification des mouvements de terrain.....	3
Tableau.I.2 :Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne de glissement à long terme	18
Tableau.I.3 : Classification selon la profondeur de la surface du glissement (En m sous la surface du sol)	19
Tableau.I.4 : Méthodologie de l'étude d'un glissement.....	22

Chapitre II :

Tableau II.1 : Précipitations moyennes mensuelles pour les années 1999-2010	42
Tableau II.2:Précipitations annuelles pour les années 1999-2010	42

Chapitre III :

Tableau III.1 : Les résultats obtenus pour le calcul de la pente moyenne pour chaque profil ...	70
--	----

Liste des annexes

Chapitre II :

Annexe. II.1 : Les précipitations moyennes mensuelles pour la durée 1999-2010..... 43

Annexe. II.2 : Les précipitations annuelles pour la durée 1999-2010..... 43

Introduction générale

Introduction Générale :

La cartographie des risques naturels vise à délimiter les zones pouvant être exposées à des risques naturels, puis à édicter des mesures de protection vis-à-vis de ces risques. On a donc une première phase technique, qui permet d'estimer la probabilité de survenance d'un phénomène donné en un endroit donné, probabilité appelée **aléa** ; la deuxième phase, réglementaire, qui se pose plus en termes d'aménagement, détermine quelles sont les meilleures réponses à apporter aux problèmes mis en évidence par la première phase.

La géomorphologie du nord de l'Algérie est caractérisée essentiellement par des pentes raides et abruptes, affectées souvent par des glissements de terrain plus ou moins importants. Le village de Tala N'Tgana situé à la commune de Freha la wilaya de Tizi-ouzou a été affectée par un glissement de terrain durant l'année 2012 ,Dans le but d'étudier et mieux comprendre le phénomène une sortie sur le terrain a été effectuée le 29/05/2016 pour réaliser une prospection électrique et un relevé topographique du site .

Notre tâche en tant que étudiante consiste à participer à la réalisation de cette mission, en suite **cartographier le terrain .**

➤ **Pour réalisé ce travail on a introduit trois chapitres essentiels :**

Chapitre 1 : Des généralités pour décrire la diversité des mouvements de terrain .

Chapitre2 : Représentation de notre site étudié en le localisant, décrire sa (géologie, cadre climatique ,sismicité ,l'hydrologie....).

Chapitre3 : Cartographie du glissement de terrain .

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

Introduction

Les mouvements de terrain sont des phénomènes géologiques qui évoluent dans le temps avec des phases de mouvements lents, des phases catastrophiques ou des périodes de rémission. Ils ont pour origine les processus lents d'érosion ou de dissolution de matériaux naturels, entraînant, sous l'effet de la pesanteur, des ruptures d'équilibre de versants, de parois rocheuses ou de cavités souterraines.

Ces mouvements sont fréquemment provoqués ou accélérés par l'intervention humaine : terrassements, ouverture de voies de communications, exploitation de carrières, réalisation de retenues hydrauliques... Tout changement de la forme d'un massif peut en modifier la stabilité : terrassement au pied d'une pente ou surcharge (remblais) au sommet, lorsque celle-ci est proche de la limite d'équilibre. L'eau joue un rôle important dans le déclenchement des mouvements de terrain car elle diminue la résistance au frottement et modifie les caractéristiques de certains matériaux. La pluie, la fonte des neiges, l'augmentation des infiltrations, la modification des circulations souterraines, liée ou non à des travaux sont donc à l'origine de nombreux glissements. Un séisme, même de faible magnitude peut parfois déclencher le phénomène.

I.1) La classification des mouvements de terrain

Les formes et l'ampleur des mouvements de terrain sont très diverses en raison de la multiplicité des mécanismes d'initiation et d'évolution (érosion, déformation et rupture sous charge statique ou dynamique liés à :

- La topographie (pente du versant, dénivelée, ect)
- La lithologie (caractéristiques physiques et mécaniques et la sensibilité des matériaux solide , plastique ,visqueux et liquide)
- La structure géologique (pendage, fracturation, superposition des couches)
- Aux nappes aquifères.
- La teneur en eau

Les mouvements de terrain sont liés à un mouvement gravitaire de masse de terrain déstabilisés sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte de neige, pluviométrie anormalement forte, secousses sismiques, diminution de butée par érosion de la mer) ou

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

anthropiques(terrassment, vibration, déboisement, exploitation des matériaux ou de nappe aquifères).

Toutes les classifications se basent sur l'association de plusieurs informations :

Les types de mouvements et types de matériel auxquels s'ajoutent des informations sur l'activité et la vitesse des déplacements.

I.2) Les types de mouvements (mécanismes)

Cinq types de mouvements sont distingués (chute, basculement, glissement, extension latérale, écoulement, ces cinq types de mouvements peuvent se combiner ou succéder pour former un 6ème type : les mouvements dis (complexes et composites).

a) Les types d'activité :

L'activité d'un mouvement de terrain peut être regroupée sous trois aspects :

*l'état d'activité, dans lequel se trouve le mouvement de terrain actif, réactivé, inactif, stabilisé, ancien ou fossile.

*la répartition de l'activité qui décrit la direction et le sens du déplacement : progressif, bidirectionnel, régressif, limité, en mouvement, en élargissement latéral.

*la morphologie : simple, complexe, composite, emboité, multiple.

Il est très important de décrire cette activité, pour pouvoir définir les rythmes, les potentialités d'évolution et dans l'objectif d'une prévision spatiale et temporelle de ces phénomènes.

b) Vitesse de déplacement :

La vitesse de déplacement peut être estimées ou mesurées de différentes manières pour chacune de ces sept classes de vitesse, des types de réaction et des impacts significatifs en termes de vies humaines ou de dégâts aux constructions sont proposés.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

Classe	Description	Vitesse
1	extrêmement lente	moins de 16 mm / an
2	Très lente	de 1,6 m / an à 16 mm / an
3	lente	de 13 m / mois à 1,6 m / an
4	Modérée	de 1,8 m / h à 13 m / mois
5	Rapide	de 3 m / mn à 1,8 m / h
6	Très rapide	de 5 m / s à 3 m / min
7	Extrêmement rapide	plus de 5 m / seconde

Tableau I.1 :classification des mouvements de terrain

*classe1 : les mouvements sont imperceptibles sous recours à des instruments de mesures très précis, pas de dommages aux structures construites.

*classe2 : quelques structures permanentes sont sans dommages ou si elles sont fissurées elles peuvent être réparées.

*classe3 : routes et structures insensibles peuvent être conservées avec des fréquents et lourds travaux de maintenance si les mouvements totaux ne sont pas trop grands pendant la phase d'accélération.

*classe4 : les structures résistantes peuvent être maintenues en état si elles sont localisées à une courte distance du pied de la masse déplacée : la structure sur la masse déplacée est extrêmement endommagée.

*classe5 : la fuite et l'évacuation sont possibles, structures construites et aménagements sont détruits par les masses déplacées.

*classe6 : quelques personnes sont tuées en raison des trop grandes vitesses qui ne permettent pas à toutes les personnes de s'échapper, destruction majeure.

*classe7 : catastrophe majeure, les constructions exposées sont totalement détruites et de nombreuses personnes sont tuées par l'impact des matériaux déplacées ou par dislocation des masses déplacées.

I.3) Les différents types de mouvements de terrains

De nombreuses classifications des mouvements de terrain ont été proposées selon les différents critères principaux qui sont :

- Types de terrain affectés.
- Types de mouvements.
- Vitesse des processus.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

- Taux de remaniement des matériaux après le mouvement.

I-3-1) Retrait et gonflement des argiles

En général, le retrait/gonflement des sols se caractérise par des mouvements de terrains différentiels de petite amplitude, provoqués par des variations de volume de certains sols argileux lorsque leur teneur en eau se modifie.

Cet aléa ne concerne que certains sols argileux particulièrement en présence de minéraux gonflants. Les sables et les limons sableux présentent également des cycles de retrait et de gonflement suivant les fluctuations de leur teneur en eau, mais d'une amplitude bien plus petite.

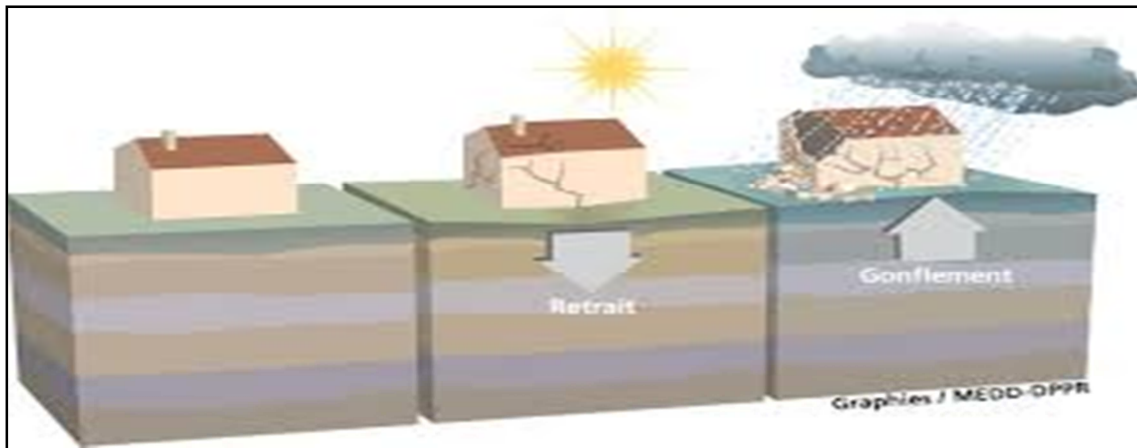


FIG-I-1 :Phénomène retrait gonflement des argiles

I-3-2) Le fluage et la solifluxion

1) Le fluage

Le fluage est une déformation lente et irréversible d'un terrain qui subit des contraintes continues, sans surface de rupture nette (sauf au stade ultime, à la rupture du sol) et sans variation apparente de sollicitation mécanique ou hydraulique. C'est un phénomène qui affecte en général certains pentes naturelles argileuses, les déplacements dans le massif en mouvement sont continus mais les vitesses faibles et qui présente une dépression vers le haut et un bombement vers le pied.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

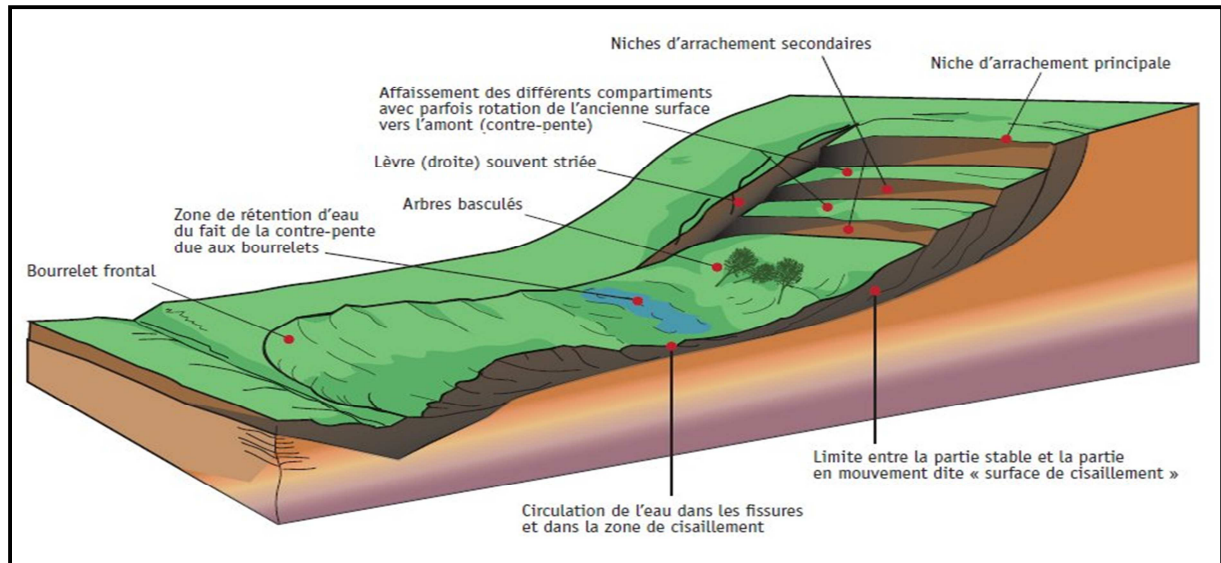


FIG.I.2 : Le fluage (www.risquesetsavoirs.fr)

2) La solifluxion

Il s'agit d'un phénomène superficiel dû aux variations volumétriques d'un sol au cours des saisons (gel-de gel) en montagne.

La solifluxion est un fluage des couches de sol superficielles en relation avec les cycles de gel et de dégel. Lors de mouvements de versants dus au fluage ou au glissement, il est souvent difficile de conclure de façon univoque à la présence d'une surface de glissement continue. Ces processus sont souvent étroitement liés à des véritables glissements de terrain, c'est pourquoi ils peuvent être assimilés à ces derniers.

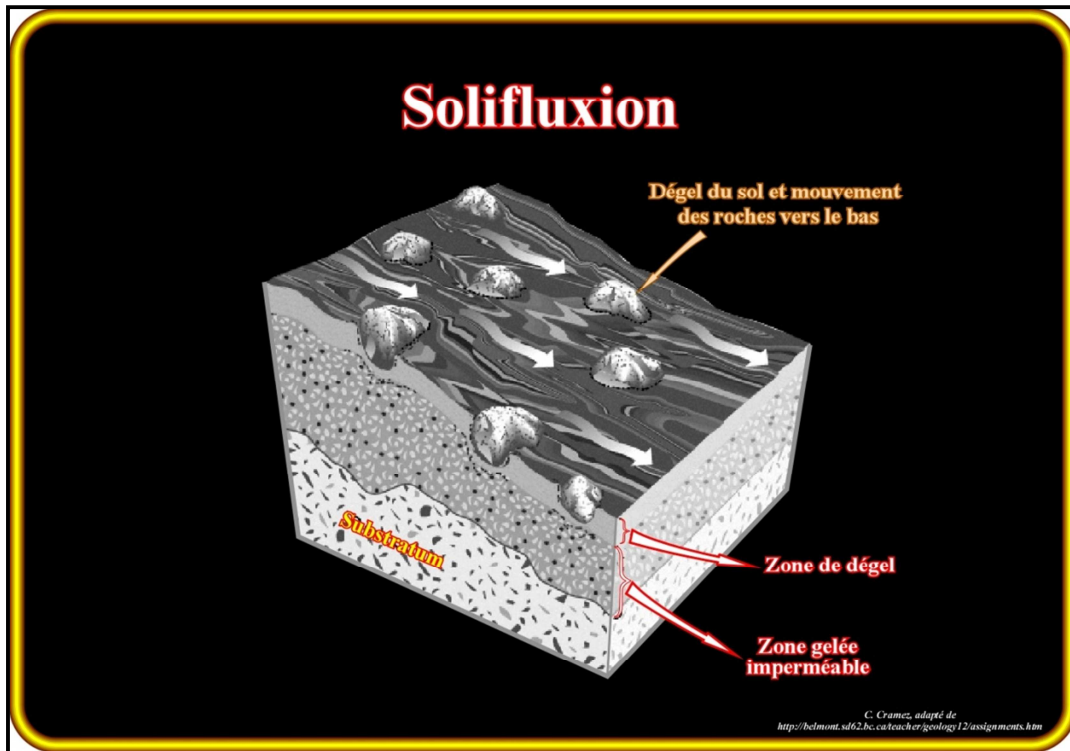


FIG.I.3 : La solifluxion

I-3-3) Les affaissements et effondrements de cavités souterraines

- **L'affaissement**

C'est un phénomène lent et progressif qui se caractérise par l'abaissement d'une surface suite à une perte de soutien. Il se produit sans ouverture de cavité, même si des failles et des fissures peuvent apparaître.

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

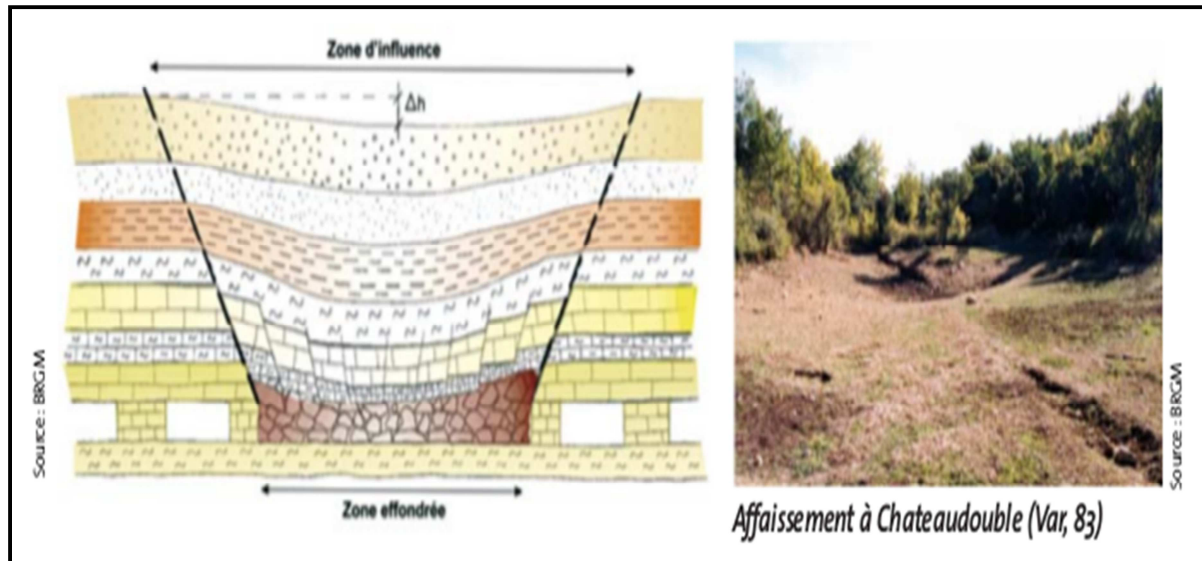


FIG. I.4 : L'affaissement

Une couverture épaisse formée de terrains souples et déformables ou meubles en surface sera favorable à des phénomènes de type fontis et affaissements.

- **L'effondrement**

Effondrement de sol : c'est la déformation avec limite de rupture observable en surface, il est plus rapide que l'affaissement.

Il se traduit en surface par une variation instantanée de la topographie locale (cuvette d'affaissement), voire - lorsque la profondeur de l'excavation est faible relativement à son épaisseur - à un trou béant en surface qualifié de « *fontis* » (à ne pas confondre avec les dolines qui sont dues à un phénomène naturel de dissolution karstique).

Les effondrements sont des mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon brusque. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique, dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol et du mode de rupture.

Les cavités souterraines situés au niveau de la battance du plafond de la nappe pourraient être rendus plus vulnérables dans un futur proche, à cause des dérèglements

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

climatiques qui selon les météorologues induiront des pluies plus fortes et fréquentes en hiver, et des sécheresses plus fréquentes en été.

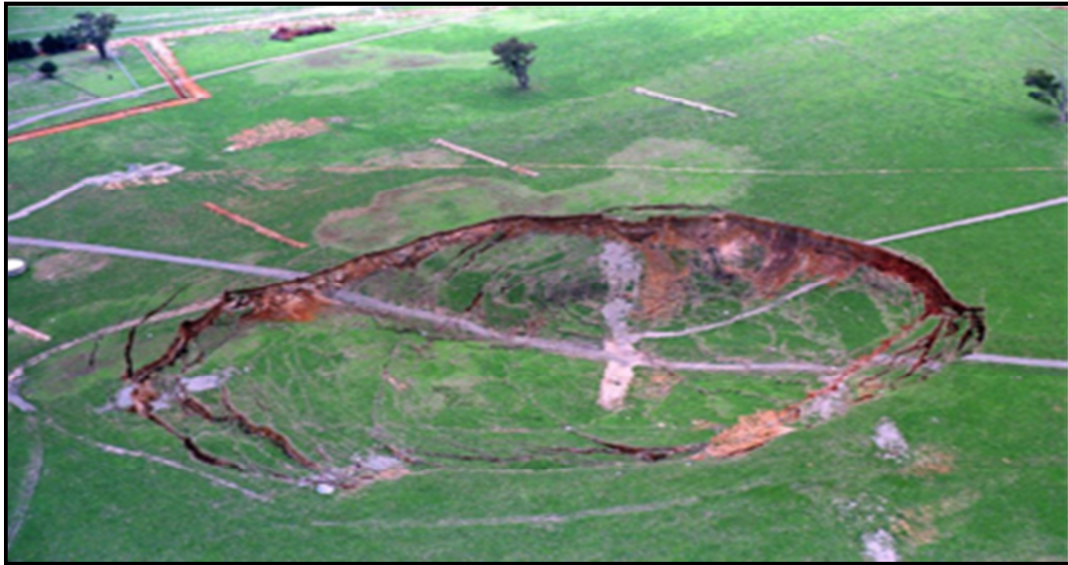


FIG.I.5 : Effondrement minier survenu sur la mine d'Elura située à 600 km à l'ouest-nord-ouest de Sydney

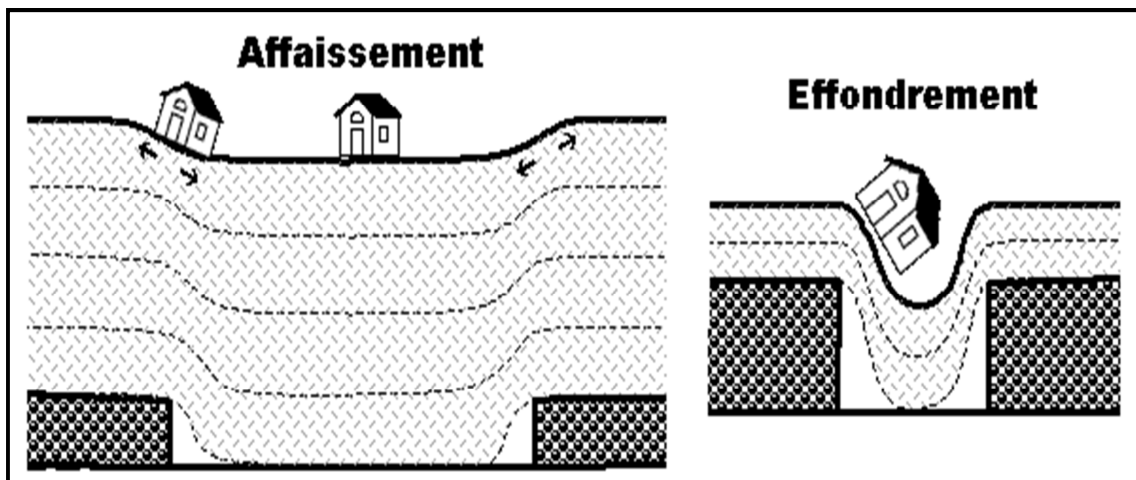


FIG.I.6 : L'affaissement et L'effondrement

I-3-4) Le fauchage des couches

Est un basculement vers l'aval des têtes de couches rocheuses en place, inclinées ou même subverti cales, sous l'effet de la gravité. Ce phénomène affecte surtout des formations litées, schisteuses, ou paquetées, même en gros bancs...Ce phénomène se produit dans les roches traversées de discontinuités en direction quasi parallèle à l'axe de la vallée, et à fort pendage.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

Un fauchage accentué de versant engendre une désorganisation importante du massif, qui peut favoriser la formation ultérieure d'une surface de rupture et l'évolution en glissement ou en éboulement, les volumes affectés peuvent atteindre plusieurs centaines et milliers de mètres cubes, avec des profondeurs observées jusqu'à une centaine de mètres en générale le mouvement est lent et progressif quelques centimètres par an jusqu'à quelques centimètres par mois.



FIG.I.7 : Le fauchage des couches

I-3-5) les tassements

Les tassements latéraux sont très distincts puisqu'ils se produisent habituellement sur des pentes très douces voire même sur des terrains plats. Le mouvement dominant est celui d'une extension régressive latérale accompagnée d'un cisaillement ou de fentes de tension. La rupture est provoquée par la liquéfaction de sédiments à l'état solide (habituellement des sables et des silts).

Le déclenchement du phénomène est souvent dû à un mouvement rapide du sol, comme lors d'un tremblement de terre, mais il peut également être artificiellement induit. Les matériaux évoluent en translation jusqu'à former des reliefs en horsts et grabens avec un fluage en pied. Ces mouvements se déclenchent sans que des indices de surface soient préalablement clairement identifiables.

Les tassements par retrait se produisent sur les versants couverts de certains types d'argiles pouvant donner lieu à d'importantes variations de volume en cas de sécheresse durable ou de la succession de plusieurs années déficitaires en eau. Ce phénomène de

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

retrait/gonflement des sols, aggravé par la présence d'arbres ou d'arbustes au voisinage des habitations, peut être à l'origine de dégâts très importants sur les constructions et infrastructures. Il est cependant sans danger pour l'homme compte tenu de la lenteur et de la faible amplitude des déformations occasionnées. Il s'agit principalement de diminution de volume de certains sols sous l'effet de charges ou d'assèchement.



FIG.I.8 : Tassement différentiel

I-3-6) Les écoulements et chutes de blocs

- **Les écoulements**

Lors d'un écoulement, un grand volume de massif rocheux (un à plusieurs million de m³) se détache soudainement, sans que le mode de rupture correspondant ne soit déterminant le mécanisme initial peut par exemple s'expliquer par le développement d'une surface de glissement inclinée. Le mécanisme de mouvement de l'écroulement est déterminé par la topographie, de même que par l'interaction marquée entre les composantes de la masse écroulée et par leur fragmentation intense.

Les caractéristiques particulières de ce phénomène sont des vitesses de chute élevées (de plus de 40m/s) et de très grandes distances des transports (pouvant souvent atteindre plusieurs kilomètres) compte tenu des grands volumes concernés, les écoulements peuvent modifier le paysage de façon durable. Les énormes masses écroulées forment souvent des barrages naturels dans les vallées de montagne obstruant les cours d'eau et créant des retenues

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

en cas de rupture catastrophique du barrage elles entraînent un danger d'inondation pour les régions en aval.

* Chute 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 $\varnothing < 50\text{cm}$)(blocs $\varnothing > 50\text{cm}$)

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'étude détaillée de la roche.

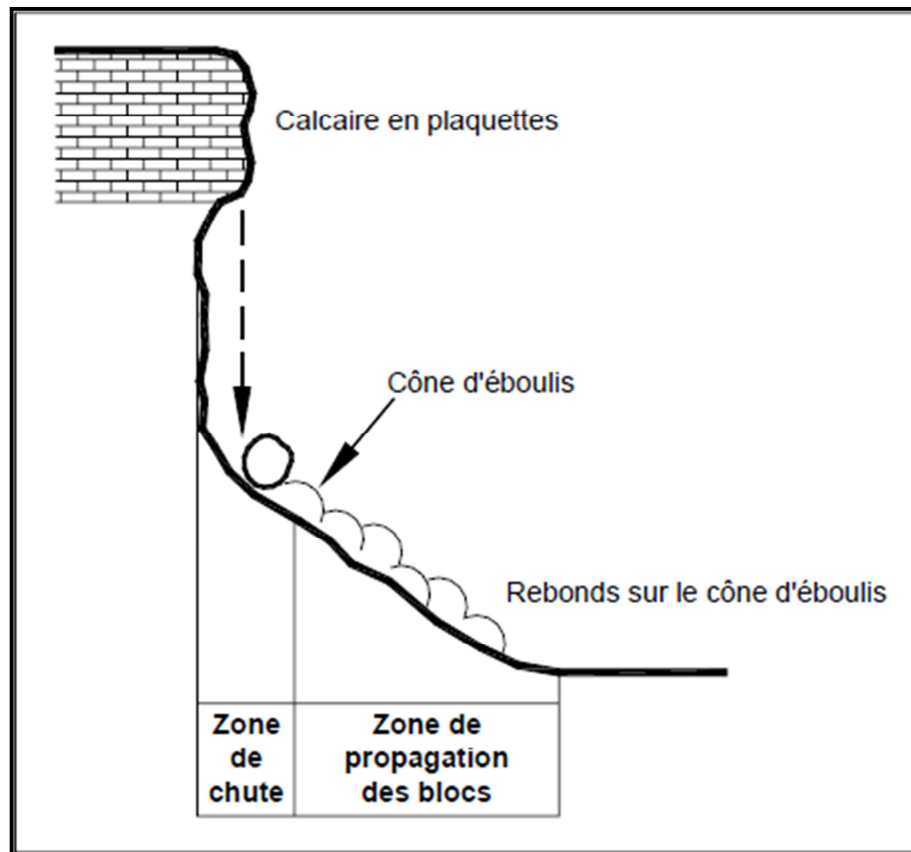


FIG.I.9 : Chutes de blocs .

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

I-3-7) Les glissements de terrain

Définition

Un glissement de terrain peut être défini sommairement comme le mouvement d'une masse de sol ou de roc le long d'une surface de rupture sous l'effet de la gravité, qui s'amorce essentiellement où il y'a un talus. Dans la plupart des cas, le mouvement de la masse est soudain et rapide.

Un glissement de terrain constitue une menace sous deux aspects, premièrement le déplacement de la masse de sol ou de roc provoque le bris ou la destruction des éléments situés sur la portion de terrain en mouvement, deuxièmement, l'étalement de la masse résultant de ce mouvement, qu'on appelle de bris, peut être la source de dommages majeurs, voire meurtriers.

Selon leur type, les glissements de terrain peuvent présenter des caractéristiques très différentes et atteindre des dimensions fortes variables. Ceux survenant dans les sols argileux sont les plus importants, ils sont les plus fréquemment et ils occasionnent les plus grave préjudices.(réf :Saguenay-Lac-Saint-Jean)

I-3-7-1) Description des principaux types de glissements de terrain

En langage courant, on parle indistinctement de glissement, d'éboulis, d'éboulement, d'effondrement etc., Cependant de façon rigoureuse, chaque glissement de terrain porte un nom différent selon ses caractéristiques, pour les besoins de la cartographie, les types de glissements ont été regroupés en deux familles selon les dimensions qu'ils peuvent avoir :

a-1) Glissement faiblement ou non rétrogressifs

Ils affectent le talus et peuvent emporter une bande de terrain située au sommet du talus. Les débris s'étalent généralement à la base de talus sur des distances variables, leur largeur peut atteindre quelques dizaines de mètre.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

1) Glissement superficiel

Ce glissement se produit presque exclusivement dans le talus sans en toucher le sommet, caractérisé par une surface de rupture peu profonde, généralement inférieure à 1.5 mètre, il n'affecte, dans les sols argileux, que la couche de sol superficielle altérée appelée croûte. Cependant, ses débris peuvent s'étaler à la base de talus sur des distances parfois importantes. Les personnes peuvent être blessées ou tuées et les biens endommagés ou détruits lorsqu'ils sont heurtés par ces débris.

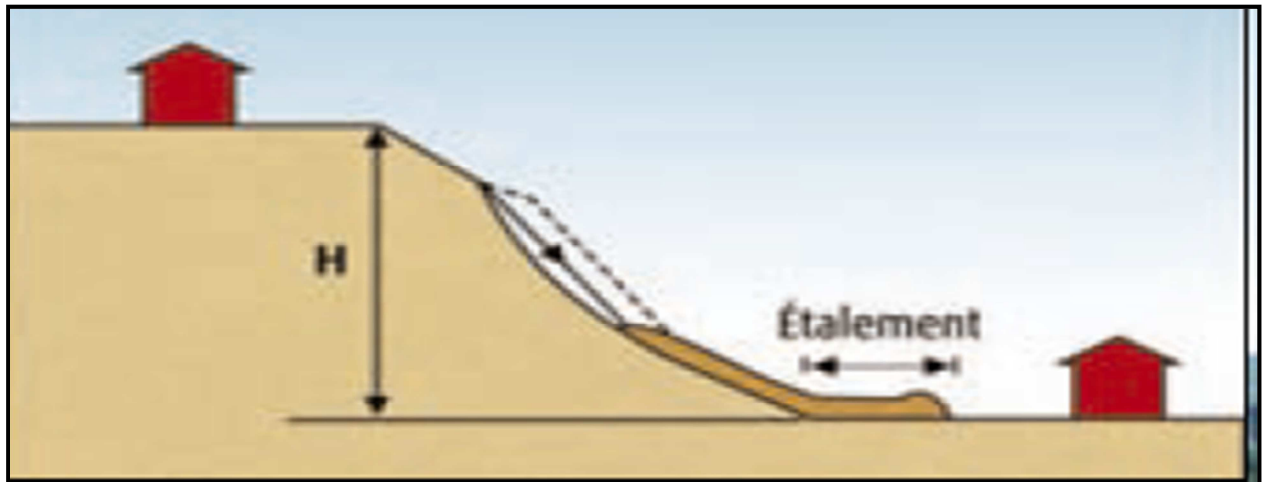


FIG.I.10 : Schéma d'un glissement superficiel

2) Glissement Rotationnel

De façon naturelle, ce glissement se produit la plupart du temps dans un talus en bordure de cours d'eau où l'érosion est active. Sa surface de rupture peut atteindre quelques mètres de profondeur sous la croûte, dans l'argile intacte, et elle adopte une forme approximativement circulaire, la partie de terrain susceptible d'être affectée peut atteindre plus d'une dizaine de mètres en sommet de talus et peut emporter, lors du mouvement, routes, structures et bâtiments. Ce glissement est aussi très fréquent.

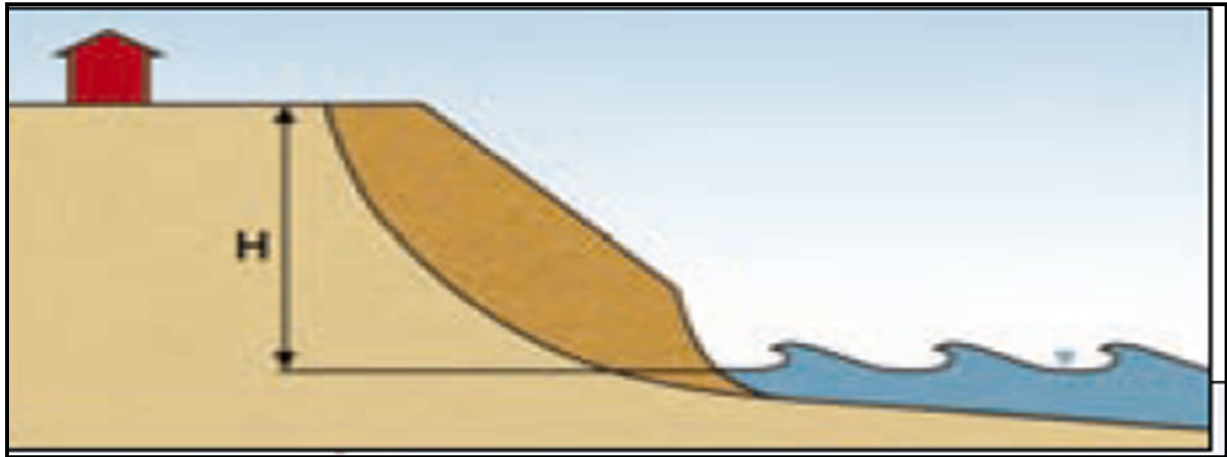


FIG.I.11 : Schéma d'un glissement rotationnel

3) Avalanche de boue

L'avalanche de boue est amorcée par un glissement superficiel ou rotationnel qui se produit généralement dans la partie supérieure du talus. De façon naturelle, l'avalanche de boue se produit lorsque le glissement a lieu dans un talus d'argile ayant une longue pente de forme concave et un sommet abrupt. En dévalant la pente, les débris entraînent sols et autres éléments sur leur passage de sorte que le volume de matériaux augmente pendant la descente. Puisque ce type de glissement de terrain se produit à la suite d'une importante infiltration d'eau, par exemple lors de fortes pluies, les débris s'écoulent sous forme de boue. Comme dans le cas de glissement superficiel, les débris peuvent s'étaler sur une distance horizontale égale à deux fois la hauteur de talus. L'impact des débris peut détruire des bâtiments et causer la mortalité. L'avalanche de boue est toutefois rare, car elle ne se produit qu'en présence de conditions topographiques et météorologiques particulières.

A-2) Glissements fortement rétrogressifs

Ils affectent non seulement le talus, mais aussi d'immenses bandes de terrain à l'arrière du sommet du talus, les débris constituent une masse importante et peuvent s'étaler parfois des distances considérables, leur dimension peut atteindre plusieurs dizaines à centaines de mètres.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

A-2-1) Les coulées boueuses

Les coulées de boues sont constituées d'un mélange fluide, fortement concentré d'eau et de particules solides dont le diamètre s'étend du micron au mètre et la vitesse de l'écoulement est entre 1 à 20 $m \cdot s^{-1}$. Elles se déclenchent dans la plupart des cas après de longues et/ou fortes pluies. Les volumes de matériaux transportés vont de quelques milliers à plusieurs millions de m^3 et les distances de transport s'étendent sur une distance allant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres de plus, elles ont une forte capacité à transporter et à arracher des matériaux du substratum.

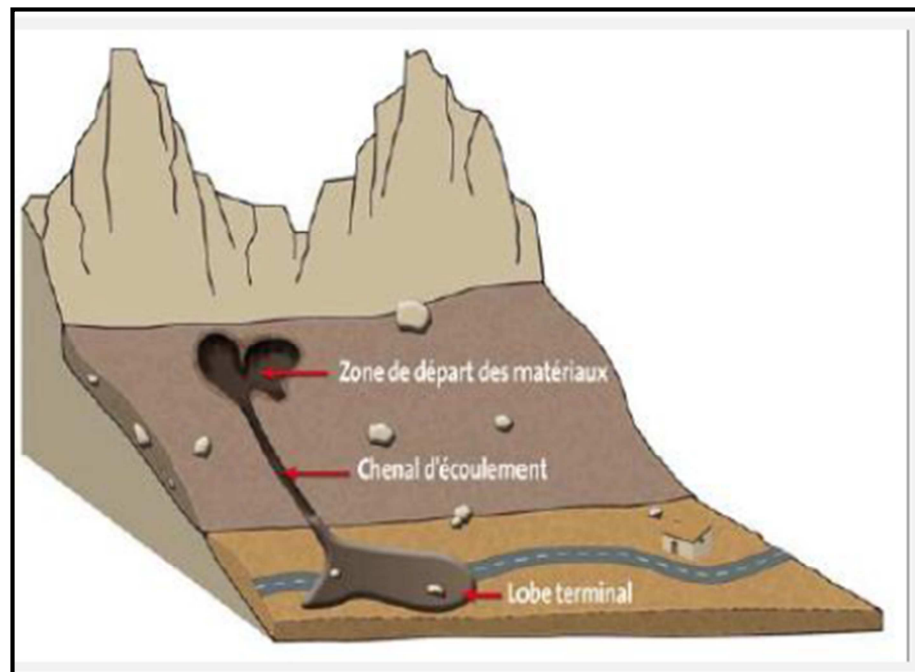


FIG.I.12 :Schéma de formation d'une coulée boueuse.

A-2-1-1) Formation des coulées boueuses : (Mémoire Haddad Sabrina)

Les zones de colluvions (éboulis) de glissements actifs ou anciens et de dépôts anthropiques dans un contexte morphologique favorisant d'importantes concentrations d'eau (talwegs, lit de rivière) constituent les sites potentiels d'apparition des coulées de boue. Il est fréquent que les coulées prennent naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain ou dans des zones de ravinement intense.

A-2-1-2) Les morphologies induites par les coulées de boue

Suite à une coulée de boue, on observe généralement :

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

- Une zone supérieure élargie (zone de départ de la coulée) ;
- Un chenal d'écoulement beaucoup plus étroit et de longueur extrêmement variable (zone de transfert) ;
- Un lobe terminal (zone d'accumulation) élargi en une sorte de cône de déjection mais de profil convexe.

Les coulées boueuses sont caractérisées par un détachement des sols sur les flancs des bassins versants, transport des matériaux et érosion des sols dans les axes d'écoulement, dépôts en pied de versant.

A-2-1-3) Les facteurs d'instabilité

a).Les facteurs permanents

- La pesanteur : est le moteur du mouvement ;
- La pente : régit directement l'équilibre des efforts mécaniques ;
- L'eau : met en charge les terrains, diminue leur cohésion, déstructure les formations (érosion), etc. ;
- La nature et les caractéristiques des terrains : conditionnent l'apparition des coulées.

Les sols meubles sont particulièrement exposés.

b). Les facteurs variables dans le temps (déclenchant, aggravant)

- Les fortes précipitations : sont le principal facteur déclenchant des coulées de boue ;
- La fonte des neiges ;
- Les activités humaines : (fuites d'eau, terrassements).
- La nature du couvert végétal : zones dénudées, incendiées favorisant le ruissellement et l'érosion.



FIG.I.13 :coulée boueuse Tala N'tgana 2012

I-3-7-2) Vitesse de déplacement des glissements

Quatre phases ont été considérés par Vaunat et Al

a)Pré rupture :

Deux situations peuvent se présenter : La première correspond à une absence d'évolution mesurable du massif, la seconde à l'existence de mouvements de faible amplitude, qui induisent une diminution progressive de la résistance moyenne des terrains. Ce phénomène est connu sous le nom de rupture progressive.

b) Rupture :

La rupture est généralement de courte durée, pendant laquelle le massif se déplace de façon importante. Au sens mécanique, une zone du massif de sol ou de roche est à la rupture lorsque l'état de contraintes atteint la résistance de pic.

Les vitesses de glissement atteintes lors de la rupture peuvent être très importantes et, en général, l'intervention pour stabiliser le massif a lieu après cette phase de mouvement très intense.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

c) Poste rupture :

Le cas de la poste rupture correspond au cas le plus couramment rencontré par le géotechnicien. Très souvent, il est amené à intervenir après que les mouvements les plus importants se sont produits. Ces mouvements se produisent en dehors des périodes sèches et les vitesses de déplacements présentent des pointes

d) Réactivation :

La réactivation désigne un mouvement qui se produit le long d'une surface de rupture créée lors de déplacements anciens et après qu'ils se sont arrêtés pendant une période de temps plus ou moins importante.

I-3-7-3) Classification selon la vitesse (Mémoire Haddadi Hayet)

La vitesse moyenne de mouvement des glissements atteint le plus souvent quelques millimètres par an pour un glissement substabilisé, 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	0-2cm/an
Peu actif, lent	2-10cm/an
Actif (ou lent avec phases rapides)	>10cm/an

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

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

* On distingue deux types de glissements :

a-Glisement de terrain permanent :

C'est un mouvement qui s'étend sur une longue période, la masse de terre se déplace régulièrement vers l'aval le long d'une surface de la rupture existante, avec des phases d'accélération et de réactivation (LASHEB M.2013).

b-Glisement de terrain spontané :

C'est un mouvement relativement rapide qui se produit contrairement au glissement permanent le long d'une nouvelle surface de glissement, il se déclenche de manière subite avec des vitesses instantanées élevées, la teneur en eau étant insuffisante pour induire la liquéfaction du matériau (le sol garde une partie de sa cohésion) donc une surface de glissement peut être observée (pas de coulée).

I-3-7-4) Classification selon la profondeur (Mémoire Haddadi Hayet)

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. Les glissements peuvent aussi se transformer en glissements coulée (coulées de terre) et atteindre des zones très étendus.

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

Tableau.I.3 : Classification selon la profondeur de la surface du glissement (En m sous la surface du sol)

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

I-3-7-5) Causes de glissement (http://www.memoireonline.com/09/10/3867/m_Etude-dun-glissement-de-terrain-par-differentes-methodes1.html)

Les processus à l'origine des mouvements de terrain sont très complexes et dépendent rarement d'une seule cause. La géologie, le relief et l'exposition sont des paramètres fondamentaux, plus ou moins constants sur de longues périodes; ils déterminent la prédisposition générale du terrain aux phénomènes d'instabilité. Le processus qui mène à une telle instabilité commence en fait dès la formation de la roche, c'est à dire lorsque les propriétés chimiques et physiques de celle-ci sont bien établies. Ces propriétés déterminent notamment son comportement face à l'altération et à l'érosion.

Les mouvements de terrain résultent d'un changement de l'équilibre des forces dans le versant (rapport entre forces résistantes et forces motrices), à la suite de processus physiques et / ou chimiques qui, à leur tour, dépendent de différents facteurs. Ainsi, les processus d'altération agissant à long terme (conduisant à une diminution des forces résistantes), de même que les fluctuations de la nappe phréatique, influencent la stabilité d'un versant de manière continue. Par ailleurs, une pente peut aussi être déstabilisée rapidement, soit à la suite de l'érosion par une rivière au pied du versant, soit, mais plus rarement, suite à un tremblement de terre.

Dans la majorité des cas, les glissements de terrain dépendent de deux causes principales : l'eau et la présence des fractions fines.

I-3-7-5-1) L'eau et les risques de glissements de terrain

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 :

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

- 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.

I-3-7-5-2) La présence des fractions fines

Deux remarques relatives aux conditions du sol s'imposent. Les problèmes les plus critiques de stabilité des pentes se présentent d'ordinaire, en premier lieu, sur les sols à grains fins et particulièrement sur les argiles. Ceci résulte en partie de ce qu'il est difficile de les drainer et de ce que, sur ce genre de sol, les processus d'érosion par ruissellement et vagues amènent de nombreuses pentes au point de rupture.

Le second point concerne le comportement des sols à grain fin impliqués dans un déplacement des terres. En acquérant par moulage une autre forme, ils peuvent perdre une

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

fraction notable de leur résistance. On désigne l'importance de cette perte sous le nom de sensibilité. Les hautes sensibilités correspondent aux grandes pertes de résistance. Il se peut, que les débris d'un glissement de terrain sur sols à haute sensibilité ne séjournent pas au pied de la pente, mais se dispersent et s'en éloignent. Il ressort de ce qui précède que les sols à grain fin sensibles au changement de forme exigent une attention spéciale sous le rapport de la stabilité des pentes.

I-3-7-6) Méthodologie de l'étude des glissements de terrains

La méthodologie de l'étude d'un glissement s'effectue comme c'est affiché dans le tableau suivant :

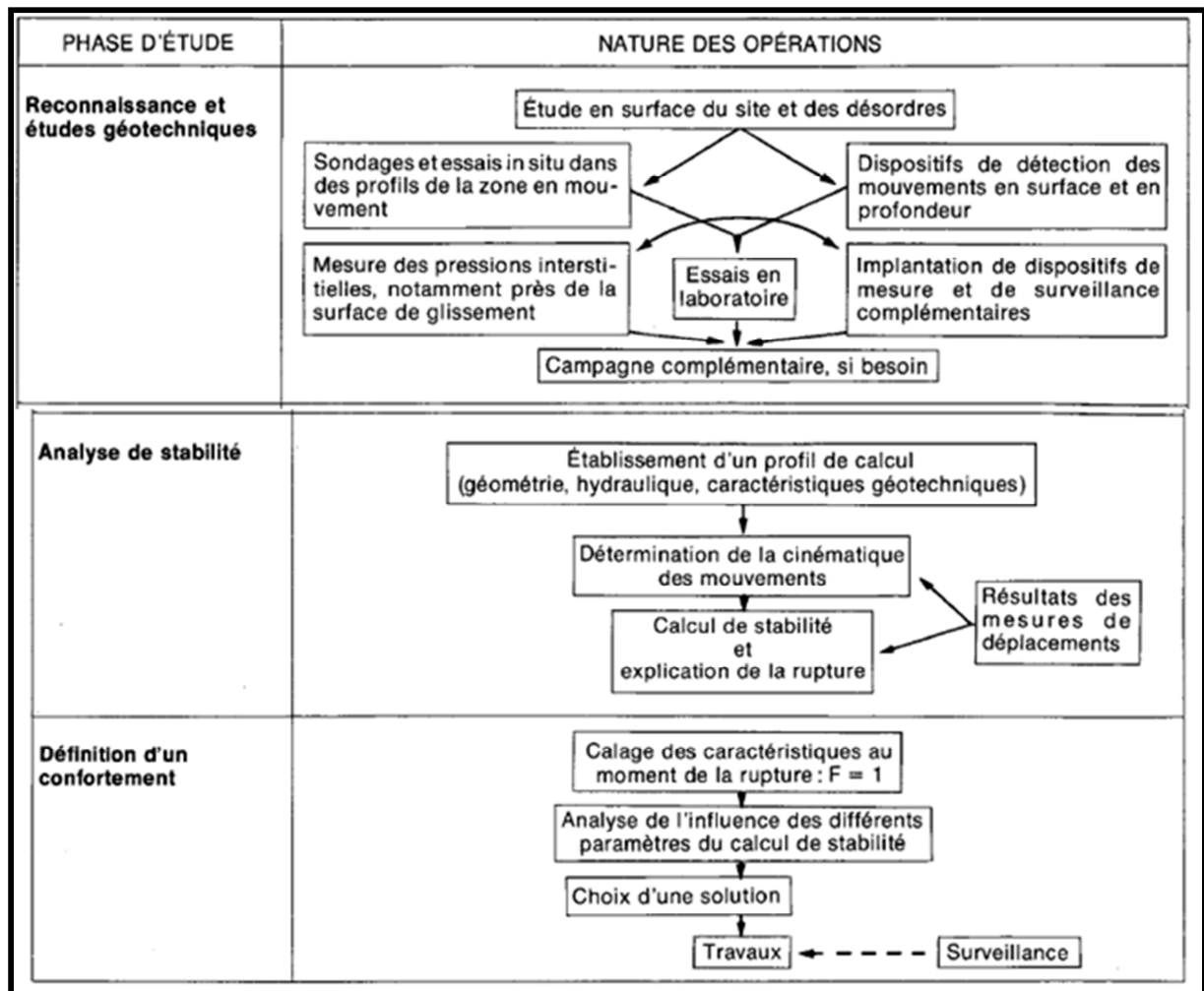


Tableau.I.4 : Méthodologie de l'étude d'un glissement.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

I-3-7-7) Reconnaissance de la surface de glissement (Abdelkader Benaïssa)

L'objectif est de déterminer le volume en mouvement. Les moyens de reconnaissance sont nombreux et il est intéressant d'en associer plusieurs.

a) Etude morphologique du terrain :

Sous le terme de morphologie d'un glissement il faut entendre toutes les formes d'ensemble et de détails susceptibles de révéler l'existence de mouvement et les mécanismes entrés en jeu.

On peut également utiliser d'autres repères que les formes particulières des glissements :

- Les arbres verticaux ou penchés, droits ou tordus.
- Les constructions qui peuvent présenter des ventres ou des fissures.
- Les routes et les chemins qui peuvent montrer des fissures ouvertes ou des dénivellations topographiques brusques.

L'examen des photographies aériennes permet de repérer les formes caractéristiques des mouvements de terrains, qui peuvent ainsi être délimités et décrits de façon sommaire et assez rapidement. Cette technique est largement utilisée actuellement.

L'observation des photos aériennes est souvent effectuée en plusieurs temps. Tout d'abord, elle va permettre de se familiariser avec le terrain, d'y déceler les mouvements et d'en donner déjà une brève description (site, forme...). Ceci se révèle fort utile avant d'entreprendre la campagne de terrain. Durant celle-ci, il est nécessaire d'observer souvent ces photos, afin d'avoir une vision synthétique des phénomènes et de replacer avec précision ou de comprendre certains détails. Ceci est particulièrement vrai pour la cartographie des mouvements généralisés et /ou complexes. Après la collecte de nombreuses observations sur le terrain, de tels mouvements peuvent faire l'objet d'une photo-interprétation globale afin de faciliter la représentation cartographique qui n'est pas toujours aisée sur place.

b) l'observation sur les carottes de sondages :

L'examen des carottes peut permettre de repérer des zones susceptibles d'être des surfaces de glissement. C'est ainsi que les argiles litées horizontalement permettent parfois de distinguer nettement les traces des mouvements.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

c) les inclinomètres :

L'emploi des inclinomètres reste la méthode la plus sûre pour déceler les surfaces de glissement.

d) Vecteurs de déplacements :

Sur une coupe ou on a porté les vecteurs de déplacement en surface, il est possible de reconstituer l'allure de la surface de glissement à partir d'un seul inclinomètre. Dans ce cas on postule, en première approximation, que la surface de glissement est parallèle aux vecteurs de déplacement.

I-3-7-8) 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.

1) Documents de base :

a)- *Cartes topographiques* : La carte topographique est le document de base

Pour toute analyse de stabilité. Elle contient nombre d'informations pertinentes pour l'identification des dangers sous forme de symboles, de signes et d'autres éléments graphiques. Ainsi, par exemple, la morphologie des zones en glissement est souvent visible par le bombement des courbes de niveau; des symboles de blocs éboulés au pied d'une falaise peuvent laisser présager une production notable d'éboulis.

Le levé topographique se fait à l'échelle locale directement sur la zone concernée par le glissement, nous permet de bien tracer le profil en travers du site et de bien décrire les différentes couches des sols ainsi que leurs caractéristiques physico - mécaniques pris en compte pour l'évaluation de la stabilité du site.

b)*Cartes géologiques* : La carte géologique donne des renseignements utiles sur la lithologie, sur l'agencement structural (orientation et pendage des couches et des discontinuités) et sur la couverture quaternaire (moraine, éboulis ou glissement de terrain, par exemple).

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

Elle donne encore des indications sur les circulations d'eau souterraine en milieu poreux et fissuré. Sur la base de ces données cartographiques, on peut reconstituer la structure tridimensionnelle des unités géologiques et évaluer le contexte de formation de possibles mouvements de terrain.

Les différents phénomènes d'instabilité de pente, comme les glissements ou les éboulements généralisés sont représentés en général sur une carte géologique au 1:25000 par leur périmètre. Il n'est pas fait mention de l'intensité ou de la fréquence de ces divers phénomènes.

Ces informations permettent toutefois de localiser les zones sensibles aux mouvements de terrain, qui devront faire l'objet d'études plus poussées.

2) Documentation des événements :

La documentation des événements correspond à une liste d'événements observés. Cette documentation comprend des données descriptives sur les processus déterminants, les dommages constatés, la zone affectée, les facteurs déclenchant (en particulier les conditions météorologiques), de même que d'autres données concernant le déroulement de l'événement.

La description d'un événement peut être faite avec plus ou moins de détails selon son importance et selon les dommages causés. Dans chaque cas, la documentation des événements donne au moins une réponse à la question «Que s'est-il passé, quand, où et avec quelle ampleur?».

La documentation détaillée des événements doit en outre répondre aux questions: «Comment l'événement en cause s'est-il déroulé?» et «Pourquoi y a-t-il eu des dégâts?». Elle joue un grand rôle lors de phénomènes ayant des effets considérables et devrait être bien étayée.

3) Carte des phénomènes :

La carte des phénomènes et le texte qui l'accompagne recensent les signes et indicateurs observés sur le terrain et procède à leur interprétation objective. Elle représente les phénomènes liés à des processus dangereux et décrit les secteurs exposés indépendamment du degré de danger.

L'analyse de terrain contribue à l'établissement de la carte des phénomènes; elle est un complément important de la documentation de l'événement et sert à la reconnaissance et à l'estimation des types de danger possibles (configuration, mécanisme de déclenchement, genre

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

d'effets). Le relevé de terrain s'appuie d'une part sur l'observation et l'interprétation des formes du terrain (p.ex. les endroits critiques), sur les propriétés structurales et géo- mécaniques des surfaces de discontinuité dans la zone de départ des processus d'éboulement, et d'autre part sur des informations relevés sur place , (p.ex. blocs éboulés) résultant des événements dangereux antérieurs et actuels.

Elle permet aussi de tirer au clair les causes, les probabilités d'occurrence et d'autres facteurs importants ou symptômes concomitants relatifs aux événements qui se sont produits.

Afin de cartographier les dangers de manière précise , il est essentiel de connaître à fond l'état passé et actuel du terrain et d'évaluer quelle peut être son évolution possible. Dans le cas des phénomènes de falaise (éboulement et écroulement), la simple représentation des dépôts récents observés au pied des parois rocheuses ne suffit pas.

L'évaluation des aléas (dangers potentiels) et des mécanismes de déclenchement possibles dans la zone de provenance est alors indispensable. Cette étude comprend la détermination de l'agencement structural des couches et des principales discontinuités, du degré d'altération de la falaise, ainsi que du volume probable des compartiments instables et de la taille des blocs. Ces caractéristiques peuvent être synthétisées dans une «carte des aléas».

I-3-7-9) Notions de base pour étudier la stabilité des pentes (Mémoire Ilyes Ouzaid)

L'ensemble des données géologiques, morphologiques et géotechniques recueillies fait l'objet, en général, d'une représentation sur un fond de plan et sur une ou plusieurs coupes longitudinales (figure I.14). Un modèle géotechnique est construit pour les calculs de stabilité, dans lequel la surface topographique, les différentes couches de sol et les hypothèses hydrauliques sont définies. Pour faire un calcul de stabilité nous devons connaître certains éléments dont :

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

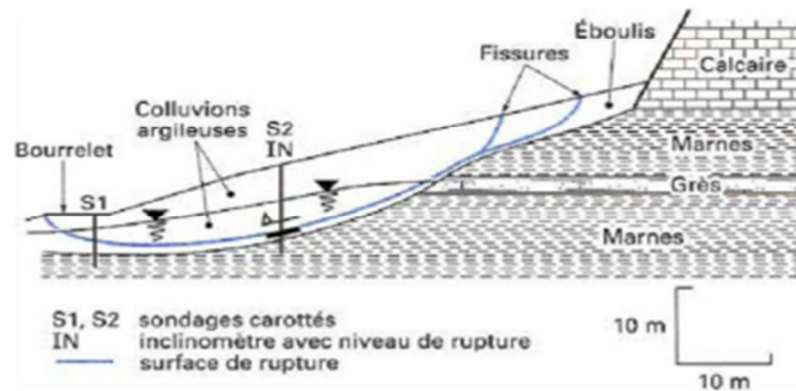


FIG.I.14 : Coupe géologique et géotechnique d'un glissement, (DURVILLE et SEVE, 1996).

- La géométrie de la pente en 2 ou 3 dimensions.
- Les conditions hydrodynamiques (hauteurs d'eau et écoulements).
- Les projets et les risques (mine à ciel ouvert ou abords d'habitation).

Une fois la géométrie et les conditions du sol d'une pente ont été déterminées, la stabilité des pentes peut être évaluée. Les principaux objectifs d'une analyse de stabilité de pentes incluent l'évaluation du risque de rupture à travers le calcul du facteur global de sécurité pour une pente d'une part, et de localiser le long de la surface à potentiel de glissement les zones à fort potentiel rupture d'autre part.

Les méthodes d'analyse de stabilité des pentes divisent en deux grandes parties : (Méthodes d'équilibre limite et méthodes numériques). Ces méthodes de calcul supposent que le terrain se comporte comme un solide qui obéit aux lois classiques de la rupture par cisaillement.

Pour évaluer la stabilité des pentes par les méthodes d'équilibre limite, il existe plusieurs méthodes linéaires et non linéaires. Les méthodes linéaires sont des méthodes directes de calcul de facteur de sécurité et les méthodes non linéaires nécessitent un processus itératif. Le facteur de sécurité est défini comme le rapport entre la résistance au cisaillement et l'effort de cisaillement requis pour l'équilibre de la pente.

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

I-3-7-9-1) Notion de coefficient de sécurité

Théoriquement, la pente est dite stable si $FS > 1$. L'état d'équilibre limite (rupture) est obtenu lorsque $FS = 1$. Mais dans la pratique, le coefficient FS est compris entre 1,15 et 1,30 en tenant compte des facteurs suivants :

- Les erreurs dues à l'exactitude des méthodes de calcul de la stabilité du bord.
- Les incertitudes expérimentales de la détermination des propriétés physico-mécaniques des roches, comme la valeur moyenne du poids volumique des roches composant le massif.
- Les incertitudes de la détermination de l'influence de la fissure.
- L'influence des charges dynamiques provoquées par le tir, par le mouvement des moyens de transport et par les séismes.

Cependant, On distingue deux démarches pour le calcul du facteur de sécurité :

Dans la première, le glissement a déjà eu lieu, il s'agit d'une valeur de FS inférieure ou égale à 1, donc :

- Soit, on connaît la surface exacte et l'on cherche à déterminer, pour $FS = 1$, les caractéristiques correspondantes.
- Soit, on a les caractéristiques et l'on cherche à déterminer la surface de glissement.

La deuxième, la plus fréquente, consiste à déterminer la marge de sécurité disponible et adopter les solutions adéquates pour améliorer la sécurité de l'ouvrage en répondant à des exigences en fonction de l'emploi des pentes.

I-3-7-10) Méthodes classiques pour l'étude de la stabilité des pentes

Les méthodes les plus employées, pour la résolution du calcul de la stabilité des pentes de géométrie quelconque avec des lignes de glissement de forme quelconque, dans des sols homogènes ou hétérogènes, sont des variantes de la méthode des tranches. Celle-ci permet de s'adapter à des conditions de géométrie complexes, tant en ce qui concerne les frontières, que le sol et les conditions hydrauliques. Il existe environ une douzaine de variantes de cette méthode qui diffèrent entre elles par :

- La manière d'utiliser les équations statiques pour définir le coefficient de sécurité,
- Les hypothèses utilisées pour rendre le problème statiquement déterminé.

Parmi les méthodes les plus couramment utilisées nous pouvons citer ici, sans tenter d'en faire une description exhaustive :

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

→ Méthode ordinaire (ou conventionnelle) de (Fellenius, 1936): Qui est la plus utilisée dans la catégorie des méthodes des tranches. Dans sa forme originelle, elle se base sur l'hypothèse d'une ligne de glissement circulaire choisie arbitrairement,

→ Méthode simplifiée de (Bishop, 1955) : Qui néglige les forces tangentielles entre tranches. Les forces normales aux bases des tranches sont obtenues par l'équation d'équilibre vertical,

→ Méthode de (Morgenstern et Price, 1965) : Qui est typiquement une méthode de postanalyse. Elle permet à un expert d'expliquer pourquoi une rupture du talus s'est produite. Elle est basée sur l'hypothèse que la direction des forces inter-tranches peut être décrite par une fonction mathématique arbitraire,

→ Méthode de (Spencer, 1967) : Qui suppose qu'il y a un rapport constant entre les composantes verticales et horizontales des forces intertranches,

→ Méthode complète de (Janbu, 1968) : Qui suppose que le point d'application de chaque force intertranche peut être défini par sa position sur une ligne de poussée.

Toutes ces méthodes sont présentées de façon plus détaillées dans les travaux de (Duncan, 1996) et présentées dans un cadre général par (Espinoza et al., 1992).

La figure I.15 présente une simple surface de rupture supposée circulaire et le bilan des efforts pour une tranche i , concept utilisé dans le cadre de méthodes conventionnelles (i.e. méthode d'équilibre limite).

Nous découpons la masse de sol supposée en mouvement (zone de glissement) en n tranches verticales successives (Fig.I.15 (a)), en veillant à ce que la base de chaque tranche puisse être considérée comme à peu près rectiligne et située dans un seul type de sol ou de régime hydraulique. Le nombre total de variables (inconnues) associées à chaque tranche est de $6n - 2$, (Fig.I.15 (b)).

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

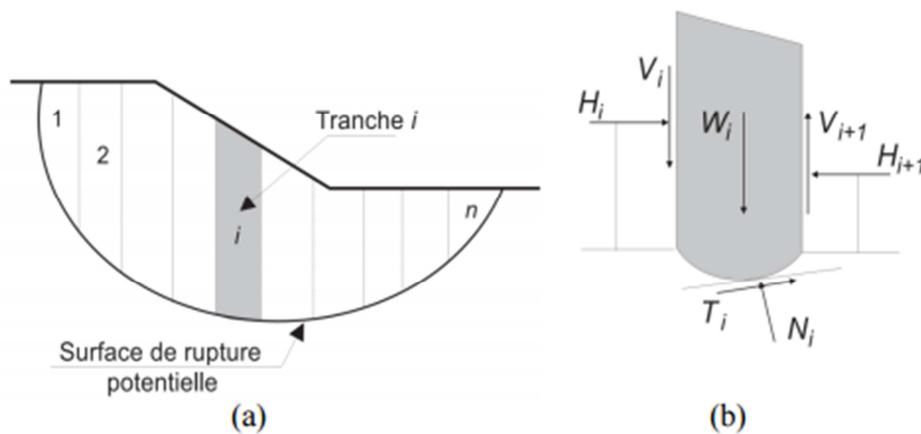


FIG.I.15 : Surface de rupture supposée circulaire et bilan des efforts pour une méthode conventionnelle

L'équilibre des forces, définies ci-dessus, s'exprime par les considérations statiques habituelles, à savoir par $3n$ équations d'équilibre :

- n équations de rotation, s'exprimant ici par la sommation des moments,
- $2n$ équations de translation, à savoir la sommation des forces dans deux directions.

C'est à partir de ces équations que sont définis les coefficients de sécurité.

Les $3n$ équations d'équilibre et n équations données par le critère de rupture (qui est généralement le critère de Mohr-Coulomb) ne suffisent pas à rendre le problème déterminé, aussi est-on obligé de posséder des informations supplémentaires relatives, soit à la répartition des composantes normales à la base, soit à celle des forces entre les tranches. Donc, le nombre d'équations supplémentaires est de $2n - 2$. En un point de la surface de rupture potentielle, le coefficient de sécurité global FS est défini par le quotient de la résistance au cisaillement du sol τ_{max} et de la contrainte de cisaillement τ mobilisée s'exerçant réellement sur la surface :

$$FS = \tau_{max} / \tau$$

(si $FS = 1$, il n'y a pas de rupture ; si $FS < 1$, la rupture se produit).

Bien que cette méthode soit largement utilisée dans la pratique, elle présente certaines difficultés et limites, principalement :

- Le coefficient de sécurité, qui se restreint au niveau local, est supposé constant le long de la surface de rupture,
- Nous ne savons pas évaluer, dans la plupart de problèmes, la répartition des contraintes le long de la surface instable,

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

- Aucune information sur les champs de déplacement et de déformation de sols à la rupture ne peut être fournie,
- Ni la dépendance de l'état de contrainte, ni l'histoire de contrainte-déformation ne sont prises en compte,
- La forme ou la position de la surface de glissement est en général préalablement supposée,
- La stabilité de la pente n'est vérifiée que par la valeur maximale de la contrainte déviatorique, tandis que les autres modes de rupture peuvent se produire avec une plus faible valeur de contrainte.

Une approche cinématique fondée sur l'analyse limite, qui peut s'affranchir de certaines des difficultés précédentes, a été développée dans le cadre de la théorie générale du calcul à la rupture (Coussy et Salençon, 1979; Salençon, 1983). Cette approche repose sur la dualisation des équations d'équilibre obtenue en appliquant le principe des travaux virtuels. Elle a donné lieu à l'élaboration de méthodes numériques efficaces (Pastor, 1983; Sloan, 1988, 1989; Turgeman, 1983). L'intérêt de la méthode issue du calcul à la rupture tient à :

- Son caractère rigoureux qui fournit une appréciation de la sécurité d'un ouvrage sans autre hypothèse que le choix du critère de rupture attaché aux matériaux,
- Sa capacité à prendre en compte des situations où les méthodes traditionnelles sont généralement en défaut : Équilibres de butée, chargements inclinés par rapport à la verticale...

Cependant, du fait que l'on s'appuie sur le comportement associé (élastique parfaitement plastique) donc sur une rhéologie relativement éloignée du comportement réel, les méthodes classiques ne peuvent fournir que des bornes inférieure et supérieure correspondant respectivement aux champs statiquement admissible et cinématiquement admissible. Dès lors, des modèles de comportement élastoplastiques sont nécessaires et la méthode de calculs par éléments finis permet de contourner ces difficultés dans l'étude de la stabilité des pentes. Ceci fait l'objet de la partie suivante.

I-3-7-11) Méthodes évoluées pour l'étude de la stabilité des pentes

Cette partie est consacrée à la présentation de méthodes plus évoluées pour l'analyse de problèmes de stabilité des pentes. Ces méthodes s'appuient essentiellement sur la méthode de calculs par éléments finis incorporant les modèles de comportement plus réalistes des géomatériaux. Pour des descriptions plus détaillées sur le développement de cette méthode

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

numérique dans l'analyse de la stabilité des pentes, nous conseillons de se reporter aux travaux de (Duncan, 1996; Griffiths et Lane, 1999).

D'un point de vue mécanique, l'instabilité des pentes a été également décrite à l'aide de deux approches : La théorie de la plasticité d'une part et la théorie de la localisation (bifurcation par discontinuités cinématiques) d'autre part.

Même si la robustesse de la méthode éléments finis et sa capacité de prévoir la stabilité des pentes sont bien reconnues, la question du critère de rupture globale et sa définition reste encore posée. Il se présente différentes définitions de rupture comme : Analyse de la dilatation ("bulging") du profil de la pente (Snitbhan et Chen, 1978) ; vérification des contraintes de cisaillement sur la surface de rupture potentielle (Duncan et Dunlop, 1968) ou perte de convergence de l'algorithme d'itération (Zienkiewicz and Taylor, 1994). Ces définitions ont été discutées dans le papier de (Abramson, 2002) mais sans qu'aucune solution ne s'impose.

Soulignons qu'il existe une autre approche pour déterminer la rupture globale en analysant les ruptures locales (au niveau des points matériels). Il s'agit d'un calcul de coefficient de sécurité qui est effectué en diminuant progressivement les paramètres de résistance du matériau (présentés par le critère de plasticité) jusqu'à la violation du critère de rupture globale choisi (Brinkgreve et Bakker, 1991; Griffiths et Lane, 1999; T. et K.C, 1992). Notons que dans ce cas, le critère de rupture coïncide avec la limite de plasticité.

Cependant, les milieux granulaires (comme les géomatériaux en général) présentent un comportement fortement non linéaire et irréversible. Les déformations plastiques pour ces matériaux sont manifestement non associées, et n'obéissent pas à la règle de normalité stipulant une déformation plastique normale à la surface de charge ou surface d'écoulement. De ce fait, des instabilités et des bifurcations peuvent se manifester à l'intérieur strict de la condition limite de plasticité (Hill, 1958; Mandel, 1966; Rice, 1976).

En ce qui concerne la deuxième théorie (localisation), de nombreux auteurs tels que : (Ortiz et al., 1987; Regueiro et Borja, 1999) ont mené des réflexions basées sur la localisation de la déformation. Ce phénomène, d'après (Rice, 1976; Rudnicki et Rice, 1975), constitue une instabilité matérielle particulière qui conduit, pour un certain pas de temps (de chargement), à

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

la bifurcation de la solution du problème. Des calculs par la méthode des éléments finis, incorporant un critère de localisation des déformations, permettent probablement de détecter la singularité du phénomène. Cependant, dans les parties précédentes, nous avons montré que les mécanismes de rupture ne sont pas uniques, l'instabilité matérielle peut apparaître non seulement sous un mode localisé mais aussi sous un mode diffus qui se manifeste alors avant le mode localisé. C'est cette seconde classe de rupture qui peut être décrite par le critère de stabilité s'appuyant sur le signe du travail du second ordre (Hill, 1958) que nous présenterons dans la suite. Mais dans un premier temps, nous nous intéressons aux différentes formulations des modèles de comportement, notamment aux modèles incrémentaux non linéaires proposés par (Darve, 1982).

I-3-7- 12) Les techniques de renforcement

L'utilisation des lignes de pieux verticaux pour stabiliser les glissements de terrain ou pour éviter les mouvements excessifs est une pratique d'ingénierie bien développée. Les pieux sont installés à travers la masse potentiellement coulissante à un espacement sensiblement plus grande que leur diamètre et noyées dans la couche stable au-dessous de la surface de glissement. Chaque pieu se comporte comme appartenant à une structure discrète linéaire capable de transférer une partie de la pression latérale du sol de la couche instable à la plus stable, sans causer de défaillance dans le sol environnant, (Kourkoulis et al., 2010).

Les pieux verticaux sont utilisés pour stabiliser les pentes. Ils sont généralement soumis à une force latérale causée par les mouvements horizontaux du sol environnant et d'où ils sont considérés comme des pieux (passive), (Ashour et Ardalan, 2012).

Pieux en bois pilotés ont été utilisés pour renforcer la stabilité des pentes des argiles très doux en Suède, alors que les pieux de béton armé coulé en place plus grand que 1.5 m de diamètre ont été utilisés en Europe et aux États-Unis pour stabiliser les glissements de terrain dans les argiles raides, (Bulley, 1965; Offenberger, 1981). Au Japon, les pieux tubulaires en acier de 300 mm de diamètre ont été utilisés pour stabiliser les zones de glissements de terrain, (Taniguchi, 1967).

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

I-3-7-13) Un aperçu sur les différents glissements de terrain les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Nacera Bouaziz ;Melbouci Bachir L.G.E.A)

1) Le glissement de tizirt

Le glissement de Tizirt est situé à 39 km au nord de la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette ville balnéaire de forte urbanisation est affectée par plusieurs instabilités de terrain sur trois zones, ayant subi ces dernières années, des déformations importantes. Il s'agit de la zone Est, la zone Centrale et la zone Ouest. Le glissement du centre-ville (zone centrale) est le plus ancien et le plus étendu ; il se développe sur une superficie supérieure à 136 ha et s'étend sur une longueur d'environ 1390 m. Ce glissement affecte le versant depuis les sommets des collines Sour-Bouaouine, Agouni Rehal et Tissira Ghoulid à une altitude d'environ 270m jusqu'au large des plages Feraoun et Tassalast au bas de la RN24.



FIG.I.16 : Les désordres au niveau du glissement de Tizirt.

2) Le glissement de Ain El Hammam

Le glissement d'Ain El Hammam est localisé sur une pente collinaire d'une inclinaison de 30 à 40° composée de terrains métamorphiques essentiellement schisteux et micacés. La première apparition de cette instabilité a été recensée en décembre 1969 suite à de fortes précipitations. Les réactivations du mouvement de terrain durant 2009, 2012 et 2013 ont été marquées par une nette évolution en surface et en profondeur de la zone instable. L'étude géotechnique et géophysique du versant, menée en 2009, a montré que ce dernier est composé de schistes satinés altérés sur une importante épaisseur surmontés par un recouvrement

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

superficiel composé de débris de schiste emballés dans une matrice argileuse. Le glissement s'étale sur une superficie supérieure à 23 ha et mobilise une couche de sol d'une épaisseur de 45m et plus. Plusieurs indices d'instabilité ont été observés au niveau de la ville et du versant ce qui a causé la démolition de plusieurs immeubles gravement endommagés par le mouvement pour alléger le versant instable en 2010.



FIG.I.17 : Les désordres au niveau du glissement d'Ain El Hammam

3)Le site d'Azazga

La ville d'Azazga où le glissement se manifeste sur des terrains formés par trois unités bien distinctes : les éboulis du Numidien, les argiles et grès sous-numidiens et les flysch argilo-gréseux crétacés. Azazga est localisée à une altitude d'environ 450 m sur un replat. Cette région a connu plusieurs instabilités de terrain depuis 1952. En 1985, le glissement se manifesta sur une superficie d'environ 439 ha. Une longue période neigeuse a réactivé les instabilités du centre-ville le 10 mars 2012. Le glissement touche aussi plusieurs villages (Ighil Bouzal, Tizi bouchene et d'autres), il se développe dans une pente de faible inclinaison (10° à 15°) fortement urbanisée. Cette instabilité est liée à la déclivité du terrain et à sa sensibilité à l'eau car le versant est soumis au processus d'érosion superficielle dû aux ruissellements et à l'érosion profonde (marquée par la présence de plusieurs sources d'eau dans ce versant). Les désordres occasionnés sont d'une très grande ampleur : affaissements et dégradations de chaussées cisaillement au niveau des poteaux d'une construction R+2 évacuée ainsi que des fissures importantes sur les chaussées et la cours du nouveau centre culturel des ruptures et fissurations des terrains en pente et l'inclinaison des poteaux

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

d'électricité Ce glissement reste actif comme le montre l'effondrement d'un bâtiment en janvier 2014, de façon subite et causant quelques blessés.

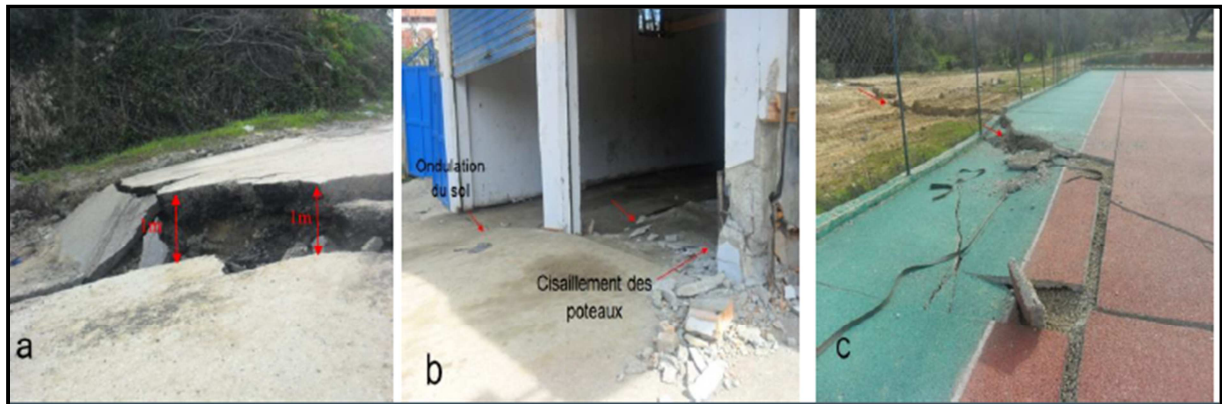


FIG.I.18 : Les désordres au niveau du glissement d'Azazga

4)Le site de Talla Allam (Tizi-Ouzou)

Talla Alam a été marquée par un glissement de terrain sur un versant d'une pente moyenne de 10° , suite aux fortes pluies enregistrées en mars 2012. Les couches de sols mobilisées par ce mouvement sont des couvertures de dépôts argileux et de débris de schiste sur un substratum marneux. Ce glissement s'est produit sur une zone fortement urbanisée, touchant plusieurs constructions nouvelles. Une niche d'arrachement de 2m est observée au sommet et le glissement couvre une superficie de 2590 m^2 . Les sondages réalisés sur le site montrent quelques affleurements de grès sur les talus avoisinant. Les essais géotechniques ont montré de très mauvaises caractéristiques des couches superficielles. Le sondage carotté doté d'un piézomètre a montré la présence d'une nappe phréatique à une profondeur de 1m. Le glissement a provoqué plusieurs désordres dans les constructions. Notamment une plate-forme en construction a été endommagée par des fissures en amont du glissement (dégradation et affaissement des chaussées).

5)Le site d'Illilten (Ifarhounen)

Illilten a connu en mai 2012 une gigantesque coulée de boue déclenchée brusquement à une altitude de 1860 m au Sud-est du sommet Azrou N'Thor. D'une superficie d'environ 40 ha, cette coulée a entraîné des millions de m^3 d'éboulis, de grès et des troncs d'arbre parcourant 5 à 6 km le long de l'oued Azrou N'Thor et arrivant jusqu'aux villages d'Ath Aissa Ouyahia et El-Had (900m). Suite à la suppression des butées, cette coulée continue de s'élargir et

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

d'engendrer d'autres glissements de terrain le long des flancs des bassins versants de l'oued Azrou N'Thor. Elle a connu une réactivation suite aux fortes intempéries (pluie et neige) enregistrées en janvier, mars et mai 2013. Elle a bloqué le chemin wilaya CW253 considéré comme un trait d'union reliant la wilaya de Tizi-Ouzou à la Wilaya de Bouira. Elle a également mis en danger la vie des villageois pendant plusieurs mois et a empêché les élèves de rejoindre leurs écoles. La cause principale du déclenchement de cette coulée est probablement la saturation de l'aquifère de la dorsale calcaire de Kabylie.



FIG.I.19 : La coulée boueuse d' Illilten 2012-2013

• Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour prendre connaissance des différents types de mouvements de terrain qui regroupe plusieurs types de phénomènes naturels (Retrait-gonflement des argiles ;le fluage ;tassement ;chute des blocs ;...ect) ,on est approfondi beaucoup plus dans la description des glissements de terrain en citant leur : (différents types ,classification selon la vitesse et la profondeur, causes ,reconnaissance de surface de glissement ;méthodes de stabilisation , Identification au danger de glissement...),en suite un aperçu sur les différents glissements les plus connu dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Tigzirt, Illilten, Ain El Hammam, Talla Allam, Azazga).

Chapitre II : Présentation du site

Introduction

Les glissements de terrain dans les formations meubles sont très répandus en Algérie et particulièrement en Kabylie qui a connu ces dernières années une activité intense de cet aléa.

Ce phénomène a été aussi observé dans le village de Tala N'Tgana (année 2012 à ce jour), causé par des différents facteurs : géologique, hydro-climatologique et à la topographie de la région, en marquant des désordres très importants.

Dans ce chapitre on présentera notre site d'étude selon plusieurs situations avec un aperçu sur le glissement en signalant les différentes causes avec les désordres observés, et les études antérieures qui ont été effectuées sur le site.

II-1) Situation géographique

Freha est une commune de la Wilaya de Tizi-Ouzou en Kabylie(Algérie), située à 31km à l'est de Tizi-Ouzou, à 7km au Ouest d'Azazga ,à 32km au Sud-Ouest d'Azeffoun.

Elle est délimitée au nord, par la commune d'Aghribs, à l'est, par la commune d'Azazga, au sud par les communes de Mekla et de Tizi Rached ;à l'ouest, par les communes de Ouaguenoun et au nord-ouest par la commune de Timizart.

La surface de la commune de Freha est de 68.55 km², d'une altitude de 200m, d'une population de 24228 habitants et composée de 23 villages parmi eux on site le village de Tala N'Tgana.

Le site de glissement étudié se situe à l'Est-Sud du village de **Talla N'Tgana**, lieu-dit **Thighilt** à environ 11km au nord de chef de lieu de FREHA, la surface du site est de 1500m² environ, il est délimité dans son ensemble comme suit :

- Au Nord par le chef-lieu (Aghrib)
- Au Sud par la ville Freha
- A l'Est par le village Aghrib
- A l'Ouest par la commune Timizart.

Chapitre II : Présentation du site

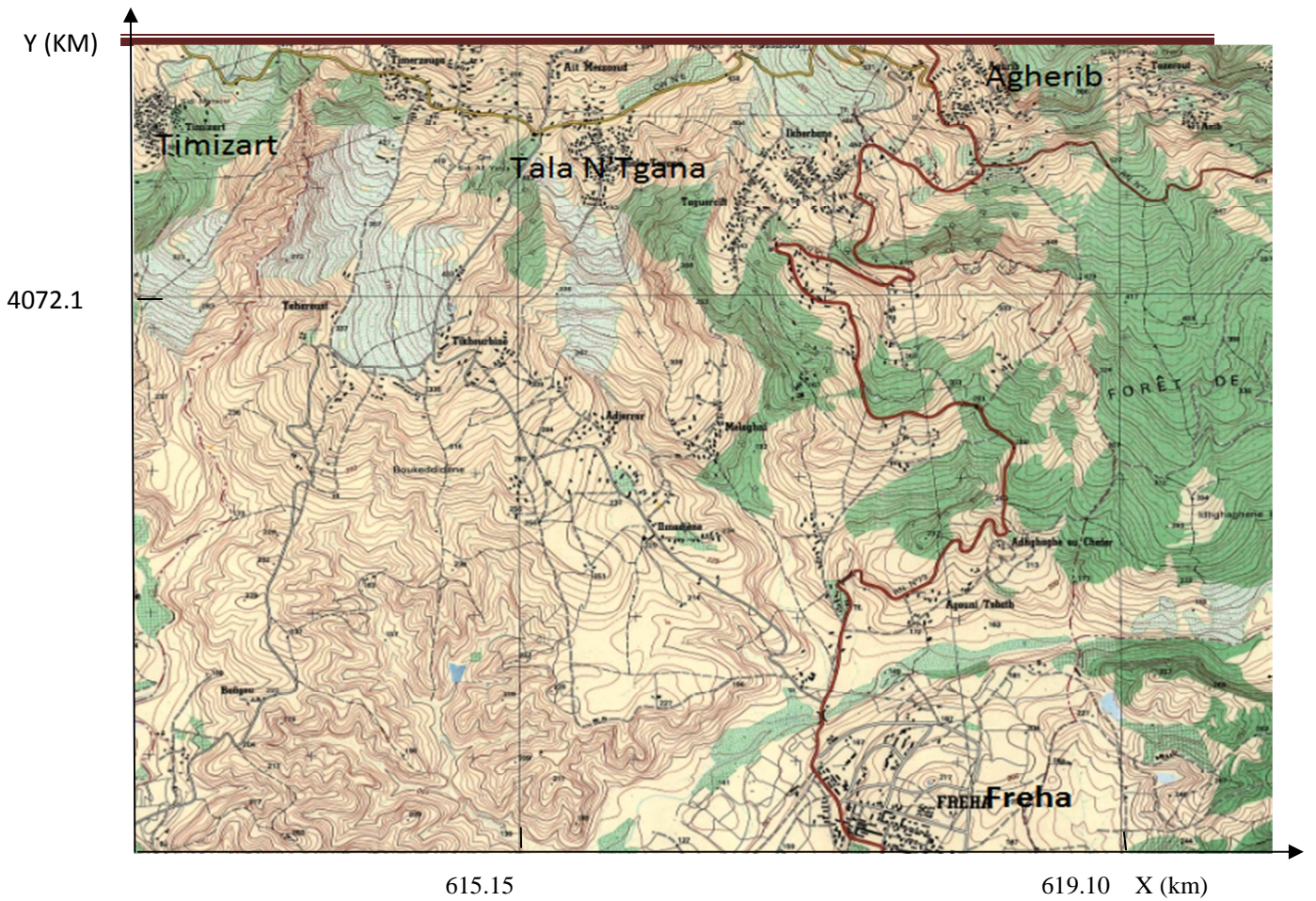


Fig. II.1 : Localisation du village Tala N'Tgana

Source : Carte d'Algérie ; Echelle : 1 /250000 ; AZZEFOUN (NJ-31V-14 Ouest) 1997



Chapitre II : Présentation du site

FIG.II.2 : Localisation du site étudié source Google earth 2015

II-2) Cadre géologique locale

Géologiquement le territoire de la Wilaya de Tizi-Ouzou, s'inscrit dans l'orogénèse alpine périméditerranéenne de la chaîne littorale d'Afrique du Nord

Les affleurements du terrain montrent qu'il est constitué de :

- 1) Le socle kabyle et sa couverture paléozoïque.
- 2) La dorsale kabyle.
- 3) L'oligo-miocène kabyle.
- 4) Les nappes de flysch.
- 5) Le miocène post-nappe.
- 6) Le quaternaire.

II-3) Cadre géologique régional

Selon la carte géologique Azzefoun_Azazga publiée en 1997 par l'Office National De La Recherche Géologique et Minière. N°4 /29.

✳ Le sol de la région de Freha est constitué par des :

- Marnes (Langhien-Serravalien)
- Argiles bleues passées au rouge au sommet crétacé inférieur et argile sous numidien.
- Allusions anciennes du lit majeur des oueds
- Grès numidiens, Aquitaniens et les traces des banes.
- Marne aquitaniens
- Quaternaire.
- Eboulis, glissement.

✳ Pour le site de notre étude, le terrain est constitué de :

- Terre végétale.
- Eboulis.
- Eboulis, glissement.
- Miocène.
- Argiles à bloc et olistostromes.

Chapitre II : Présentation du site

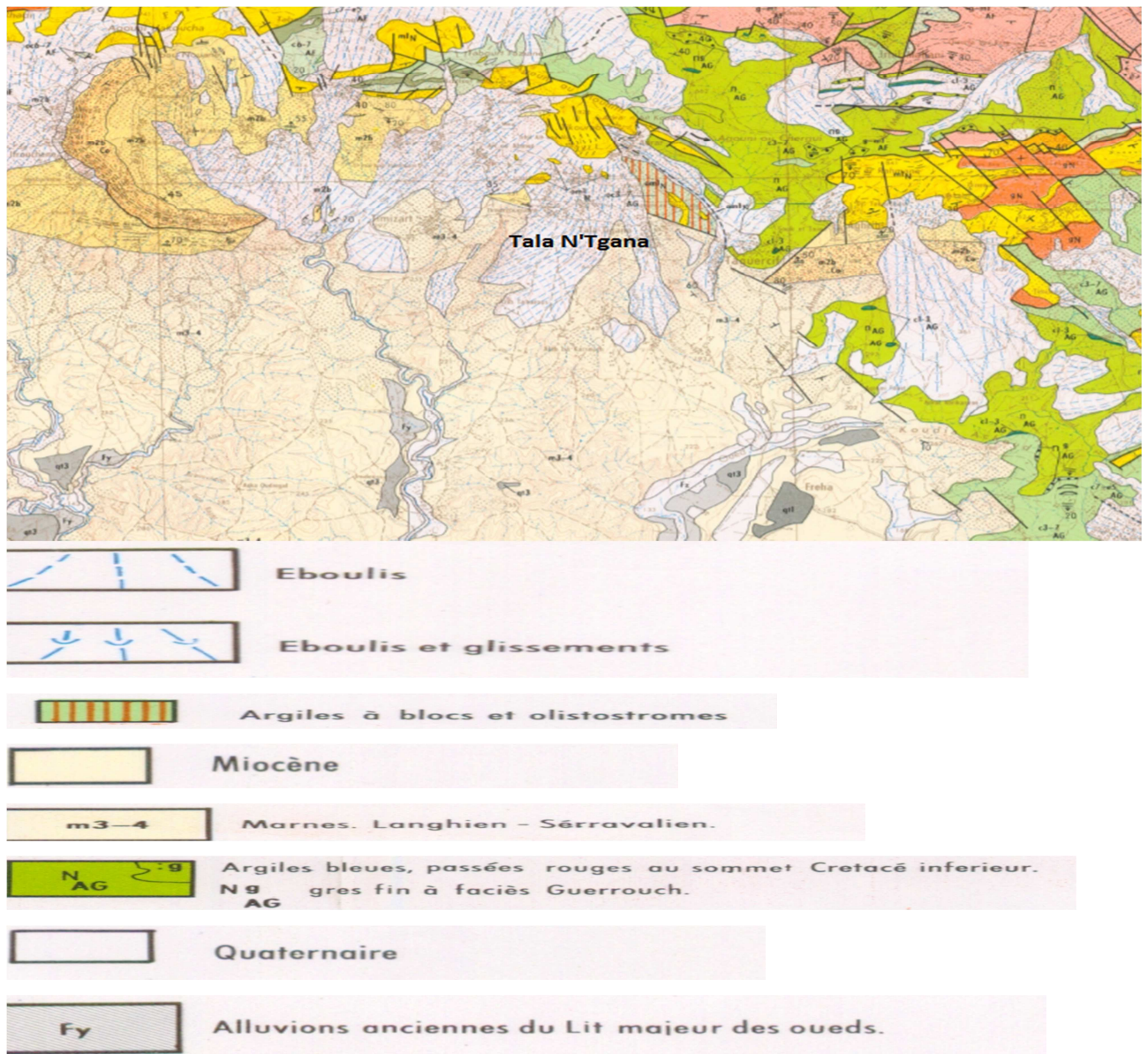


Fig. II.3 : Carte géologique AZZEFOUN-AZAZGA N°9/24 ; Echelle : 1/500000 avec la légende de la carte géologique.(Gellard)

Chapitre II : Présentation du site

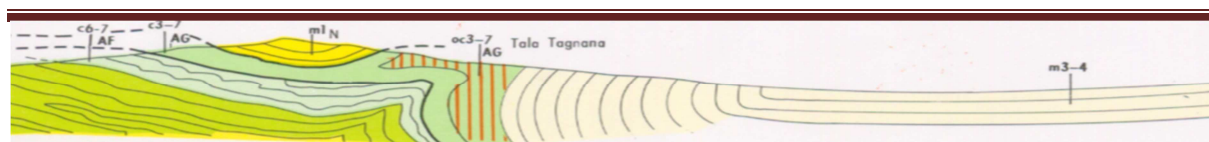


Fig. II.4 : schéma structurale au niveau de Tala N'Tgana

Source carte géologique AZZEFOUN-AZAZGA 1998 ; N^o 4 /29 Echelle : 1/200000

II-4) Conditions climatique

Climat méditerranéen avec été chaud.

II-4-1 La pluviométrie (mémoire Lasheb 2013)

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie et les précipitations annuelles enregistrées par la station de l'agence nationale des ressources hydrique (ANRH) d'Aghrib, sont données dans les tableaux suivants et interprétées par les graphes suivants :

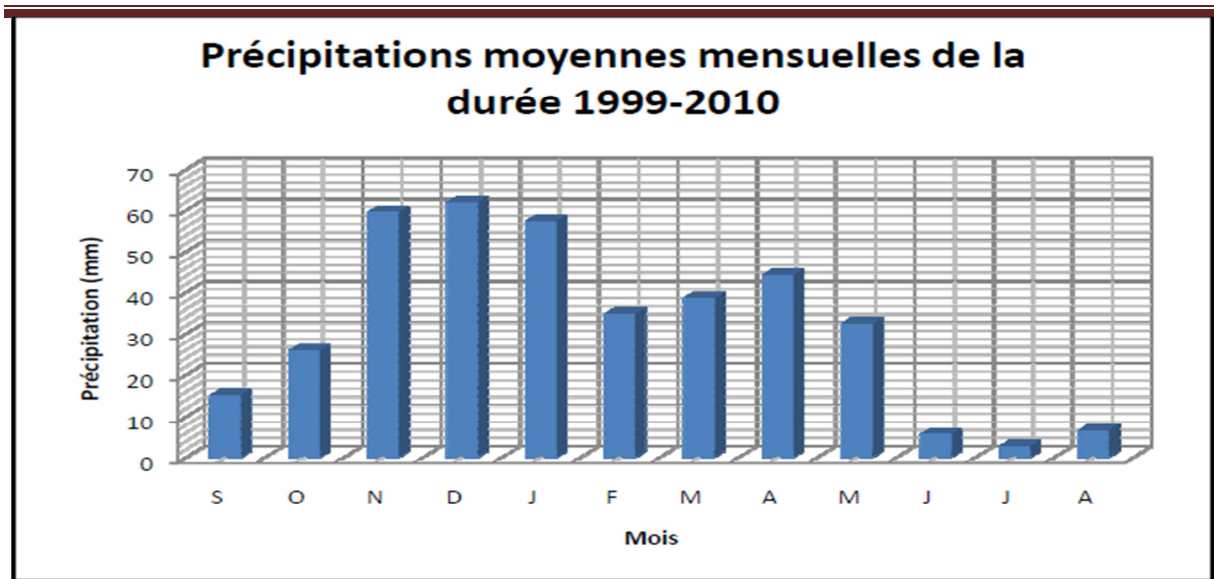
Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Précipitations (mm)	15.1	25.7	59.5	61.8	57.3	34.8
Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Précipitations (mm)	38.6	44.2	32.4	5.7	2.7	6.5

Tableau II.1 : Précipitations moyennes mensuelles pour les années 1999-2010

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Précipitations (mm)	311.1	367.1	272.8	466.6	392.57	462.9
Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Précipitations (mm)	366.21	332.24	469.4	437.61	265.47	472.2

Tableau II.2:Précipitations annuelles pour les années 1999-2010

Chapitre II : Présentation du site

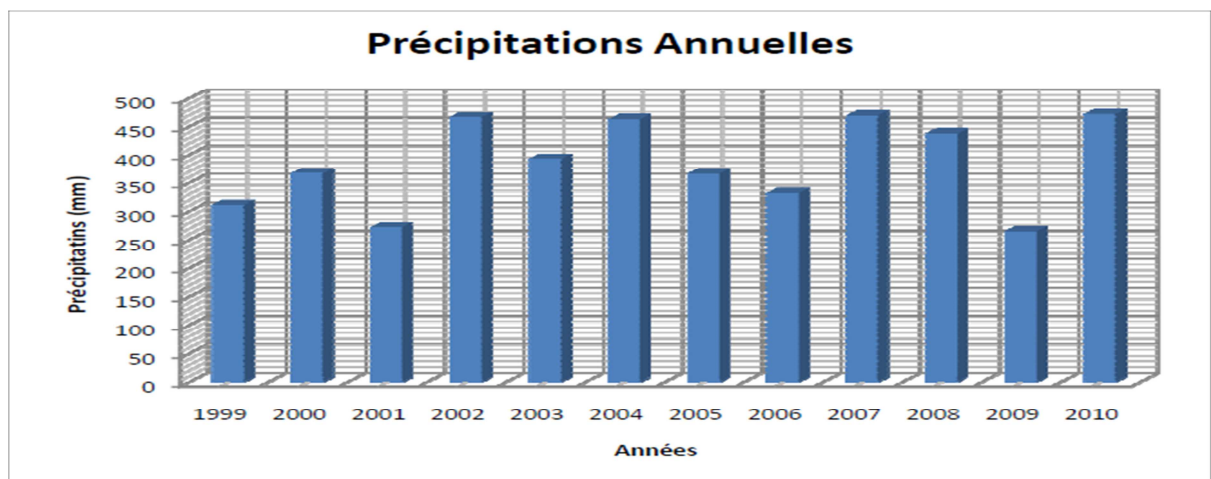


Annexe. II.1 : Les précipitations moyennes mensuelles pour la durée 1999-2010

Source A.N.R.H (Station Aghrib)

La région de Tala N'Tgana a connue une durée pluvieuse pendant les mois novembre, décembre et janvier où les précipitations maximales est de 61.875mm pendant ce dernier.

Dans ce graphe, on constate aussi que la région de Tala N'Tgana a connue une période courte de sécheresse dans les mois juin, juillet et août durant laquelle les précipitations sont très faibles et souvent sous forme d'orage.



Annexe. II.2 : Les précipitations annuelles pour la durée 1999-2010

Source: A.N.R.H (station Agherib)

Les précipitations sont élevées durant les années 2002, 2004, 2007, 2008,2010 où la maximale atteint 466.6mm et la plus faible atteint 265.47mm durant l'année 2009.

Chapitre II : Présentation du site

II-5) Hydrologie

Le réseau hydrographique de Freha se constitue de l'oued Sraouia et de l'oued dis qui est alimenté par les ravins Lazouguene, Abboude et Issoumartene, ces deux oueds sont reliés à l'oued de Sebaou, il est aussi constitué de plusieurs ravins qui sont : Tirmis, Baagou, Azzouz, Amokrane...ect.

Le village Tala N'Tgana est traversé par le ravin Ouhadi qui est relié à l'oued dis.



Fig. II.5: Carte du réseau hydrographique de la région de Freha

Source : Office National de tourisme

II-6) La sismicité

La région de Freha appartient au Nord de l'Algérie et ce dernier est connu historiquement comme une zone sismique très active, elle rappelle sans cesse que la région Nord de l'Algérie est concernée par une activité sismique importante et qu'elle fait partie du quotidien dans la mesure où les secousses se produisent à l'Est, à l'Ouest ou au centre, elle se produit de façon continue, près de 50 secousses chaque mois.

Chapitre II : Présentation du site

II-7) Le glissement de terrain à Tala N'Tgana (Freha) en 2012

Ce site a connu un glissement de terrain touchant une superficie de 3 ha, déplacée en coulée le long de l'oued Ouhadi. Les terrains mis en mouvement dans cette zone sont en majeure partie des couches superficielles constituées d'éboulis sur une marne du Miocène post-nappe qui affleure à la surface.



Fig. II.6 : Glissement de terrain à Tala N'Tgana (2016)

Ce déplacement enregistré en 2012 a menacé une centaine d'habitations du village dont plusieurs ont été évacuées en urgence.

Chapitre II : Présentation du site

II-8) Etude antérieure réalisé sur terrain

II-8-1) Constat et observations (rapport du CTC sur le glissement de terrain Tala N'tgana 22 /02/2012)

Après un examen visuel des lieux,ils ont constaté ce qui suit :

a)Caractéristiques de glissement :

La phase principale du glissement s'est produite en cette période ou il a neigé.

Il s'est développé alors une rupture de type circulaire, qui affecte une masse de matériaux remaniés, mise en mouvement à la suite d'un glissement mais qui se propage à grande vitesse, sous forme visqueuse avec une teneur en eau très élevée.

* Ils sont notés de l'amont vers l'aval :

-Des fissures de traction, gorgées d'eau.

-Un espacement principal de près de 10m de haut.

-Enfin langue avec des bourrelets bien marqués en aval.

-Une coulée boueuse s'est produite ultérieurement, elle intéresse la partie aval du glissement.

b) Les causes du glissement :

Sur la base des conclusions dégagées par des différentes observations, il ressort que les principales causes du ce glissement sont liées à l'action simultanée de facteurs anthropiques, géologiques, géotechniques, hydrogéologiques et géomorphologiques, ces facteurs sont donc :

1-La nature géologique du versant (couverture marneuse et argilo-schisteuse)

2-Topographie du site (pente fortes 30° à40°)

3-Une diminution des appuis en pied de pente par le déboisement des eucalyptus (le terrain étant en équilibre critique, la modification à déclencher la rupture de butée qui se manifeste localement et contribue à l'instabilité de ce dernier)

Chapitre II : Présentation du site

4-La pluviométrie (la neige) qui favorise la saturation et le décollement de la couche superficielle.

Le phénomène donc transformé en boue par accroissement de la teneur en eau (liquide), donne lieu à des coulées boueuses.

c) Les dégâts constatés :

La zone affectée par le glissement présente un aspect moutonné et chaotique, marqué par plusieurs petites niches de glissement emboîté coté aval, par contre aucun dégâts matériels n'a été observé.

d) Les recommandations qui ont été signalé par le CTC :

- **A court terme :**

-Creusement d'une tranchée destinée à recueillir et à évacuer la plus grande partie des eaux de ruissellement ou circulant à faible profondeur. Cette tranchée sera exécutée en travers du glissement en partie haute.

On veillera à canaliser les eaux en dehors de la zone de glissement et on entretiendra régulièrement les parois de la tranchée.

- **A long terme :**

- -Une expertise géotechnique et géophysique approfondie par un bureau d'études spécialisé, pourrait déterminer les causes du phénomène de glissement, du mouvement de ces terrains et proposer un mode de confortement adéquat.

II-8-2) Résultats des différents essais effectués sur des échantillons du site (In Mémoire Lasheb 2013)

- Les résultats obtenus sont :

$20.77 < W(\%) < 28.21$. Où : w : la teneur en eau

$0.51 < e < 0.8$ e : indice des vides.

$33.77 < \eta (\%) < 44.44$ η : porosité

Chapitre II : Présentation du site

$70.09 < S_r < 94.95$.	S_r : degré de saturation.
$1.753 < \gamma_h \text{ (g/cm}^3\text{)} < 1.904$.	γ_h : densité humide.
$1.448 < \gamma_d \text{ (g/cm}^3\text{)} < 1.574$.	γ_d : densité sèche.
$2.293 < \rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)} < 2.84$.	ρ_s : densité des grains solides.
$40.4 < W_L \text{ (}\% \text{)} < 53.62$.	WL : Limite de liquidité
$28.29 < W_p \text{ (}\% \text{)} < 43.69$.	Wp : limite de plasticité
$3.8 < I_p \text{ (}\% \text{)} < 16.64$.	Ip : Indice de plasticité
$0.2 < A < 0.59$.	A : Activité.
$0.33 < I_c \text{ (}\% \text{)} < 2.54$.	Ic : indice de consistance
$-0.58 < I_L \text{ (}\% \text{)} < 0.67$.	IL : Indice de liquidité

Les caractéristiques physique des échantillons de ce site (teneurs en eau sont assez élevés, les indices des vides, les degrés de saturation, les densités, les limites d'Atterberg et la granulométrie) qui ont confirmé que ces échantillons sont des mélanges d'une grande quantité de limon. Pour les caractéristiques mécaniques (cohésions, l'angle de frottement, et les caractéristiques oedométriques ont confirmé que ces sols sont moyennement compressibles et moyennement gonflants. (Lasheb 2013)

II-9) Les différents désordres observés lors de la visite sur le terrain et la maison de Mr : Mehanni Ahmed (année 2016)

1) un soulèvement et un bombement des parterres de maisons :

Chapitre II : Présentation du site



Fig.II.7 :Soulèvement et bombement des parterres

2) Fissuration de la dalle au sol:



Fig.II.8 : Fissuration de la dalle au sol

3) Fissuration au niveau des fenêtres :



Fig. II.9 : Fissuration au niveau des fenêtre

4) Fissuration des murs :

Chapitre II : Présentation du site



Fig. II.10 : Fissuration des murs

5) Fissuration des poteaux :



Fig. II.11 : Fissuration des poteaux

6) Inclinaisons et déplacement des arbres :

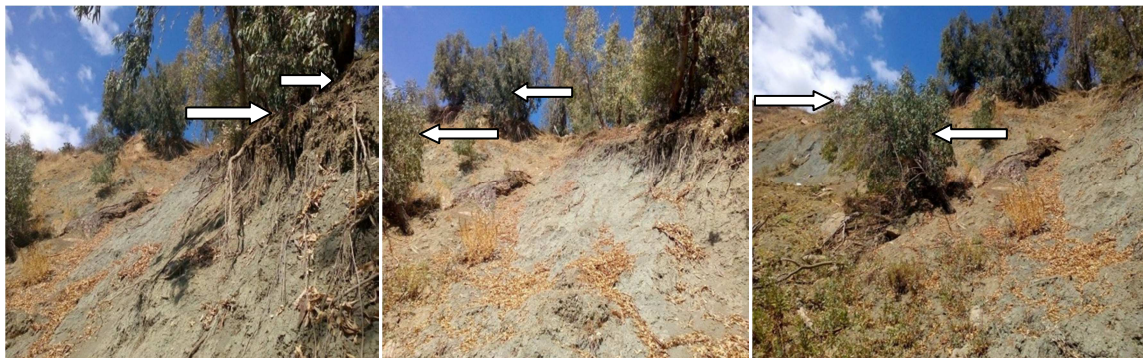


Fig. II.12: Inclinaisons et déplacement des arbres

* **Remarque :**

Chapitre II : Présentation du site

Lors de notre visite sur site de glissement de Tala N'Tgana, (année 2016) à l'effet de diag, ostiquer visuellement l'évolution des dégringolades sur le lieu, il a été constaté ce qui suit :

-Selon le propriétaire de la maison menacée de ruine, a déclaré que le gonflement de la dalle du sol a été constaté dès le début de l'année 1990, avec des dégradations de carrelage, ce qui explique que le mouvement d'instabilité du terrain a existé déjà durant cette période sous citée, ou des recherches devaient se faire au moment opportun, à l'effet d'éviter tout endommagement avec le gain de temps, et le coût sur le plan techno-économique.

▪ Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour la présentation du site d'étude selon sa situation (géographique locale et régionale, son hydrologie, sismicité, climat et la pluviométrie). Ces informations nous donne une idée général sur la nature du site étudié .de mieux comprendre les causes qui ont engendrées ce glissement.

Enfin quelques photos prises lors de notre visite (2016) signalant les différents désordres ont observés.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

Introduction

La cartographie est une forme de communication et peut être vu comme une forme de langage spatial pour décrire les emplacements, discuter les lieux et interpréter les arrangements bidimensionnels des fonctionnalités (Van Beurden, 1998).

a) Types de cartes : il y a deux types de cartes

- **Carte topographique:** On appelle carte topographique la représentation, sur un plan, d'une partie de la surface de la terre avec ses formes et son modelé. Ces cartes sont un outil de référence, montrant les contours d'une sélection de caractéristiques naturelles et artificielles de la Terre.

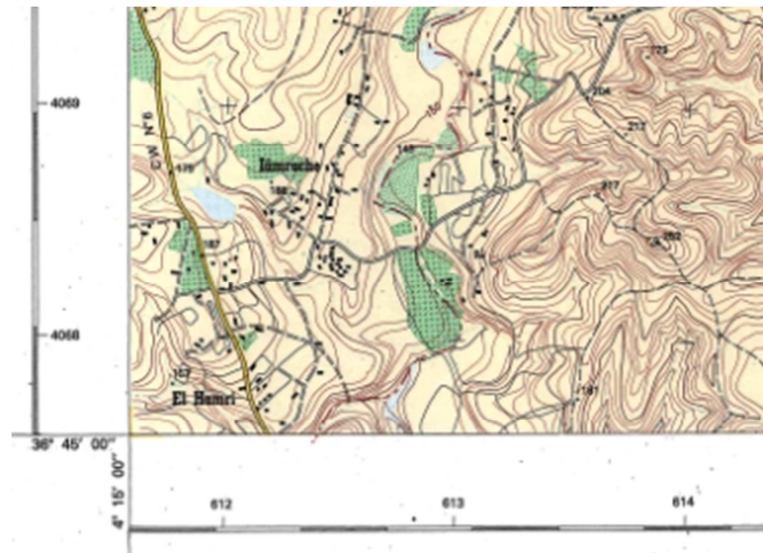


FIG.III.1 : Exemple d'une carte topographique, Echelle : 1/25000

- **Carte thématique:** Ces cartes sont un outil pour communiquer des concepts géographiques tels que la distribution des espèces forestières (Ansari et al., 2008), les cartes thématiques sont importantes en matière du SIG, et elles nous permettent de choisir les combinaisons de couches, les intervalles de classe, les couleurs, les motifs et les symboles.) (Brimicombe, 2010).

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana



FIG.III.2 : Exemple d'une carte thématique

b)Composition de la carte : La carte comporte une surface utile et un habillage :

- La surface utile.
- L'habillage : comporte : un titre, une légende et une échelle.

-**Titre**: fournit une description simple de la carte, c'est généralement la première chose à regarder sur une carte. Il doit être court, mais donne au lecteur une première idée de ce que la carte représente.

- **légende** : c'est un élément standard dans la plupart des configurations. Il donne la signification des symboles et des couleurs utilisées dans la carte (Peterson, 2009)

- **Échelle** : montre la relation entre les mesures de distance sur la carte et la distance au sol réelle. Les Barres d'échelle sont les plus courantes et sont pratiques. Les valeurs sont indiquées en unités de carte (mètres, pieds ou en degrés).

- **Toponymie** : c'est le nom des lieux, ou le nom des détails impératifs pour une bonne lecture de la carte - **Orientation (Flèche du Nord)** : c'est une figure montrant les principales directions (Nord, Sud, Est et Ouest) Sur une carte, elle est utilisée pour aider les gens à s'orienter eux-mêmes quand ils utilisent la carte.

- **Cadre**: Le cadre de la carte est une ligne qui définit exactement les bords de la zone indiquée sur la carte.

- **Date** : indique quand la carte a été produite et la date de recueillement des données.

Elle constitue un moyen efficace pour l'étude des problèmes de la géotechnique.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

- **Carroyage** : un réseau des parallèles de latitude et des méridiens de longitude tracés sur la carte afin de faciliter le repérage sur terrain.

- **Cartouche** : contient le nom de l'institution, le groupe ou l'individu responsable de la réalisation de la carte. (C.D.S.P.I., 2009)

Dans ce chapitre, on s'intéresse à cartographier notre terrain en utilisant le logiciel map info et le surfer dans le but de distinguer les différents facteurs qui ont déclenchés le glissement dans le village Tala N'tgana.

III-1) Notion de la carte dans les SIG

Ici nous utilisons le terme cartographie pour décrire le produit numérique ou analogique d'un SIG qui affiche des informations géographiques à l'aide d'un support cartographique. La carte dans les SIG est le résultat final d'une série d'étapes de traitement de données en commençant par la collecte des données, l'enregistrement, la maintenance, l'analyse et terminant avec une carte.

III-2) Choix du logiciel à utiliser pour la réalisation d'une cartographie

La réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique (SIG) incluant les champs et les données importantes du glissement de terrain de Tala Tgana constitue une étape importante dans l'étude de ce mouvement de terrain. Le choix s'est porté sur le logiciel Map info version 6.5 pour la réalisation de ce travail, c'est un logiciel convivial doté d'une interface conviviale de type (pointer-cliquer). Map info fournit un ensemble d'outils permettant de visualiser, d'explorer, d'interroger, de modifier et d'analyser des informations géographiques ainsi que la construction de documents cartographiques de qualité. Il est bien plus qu'un logiciel de cartographie, il offre des outils performants (HAMMOUM.H, et al 2010) :

- D'analyse spatiale.
- De géocodage par adresse.
- De visualisation des résultats.
- De création et d'édition de données géographiques et tabulaires.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

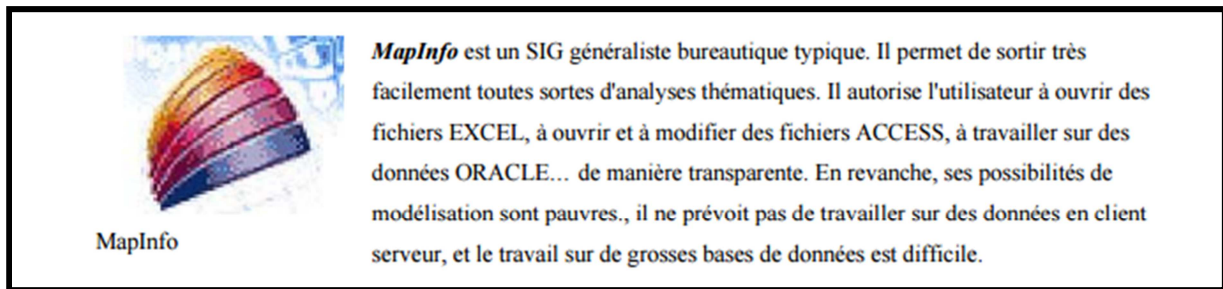


Fig.III.3 : Définition d'un SIG ,Source : <http://georezo.net/forum/viewtopic.php?id=53501>

1) La relation entre les composants d'un SIG

Le schéma suivant représente la relation entre les composants d'un Sig :

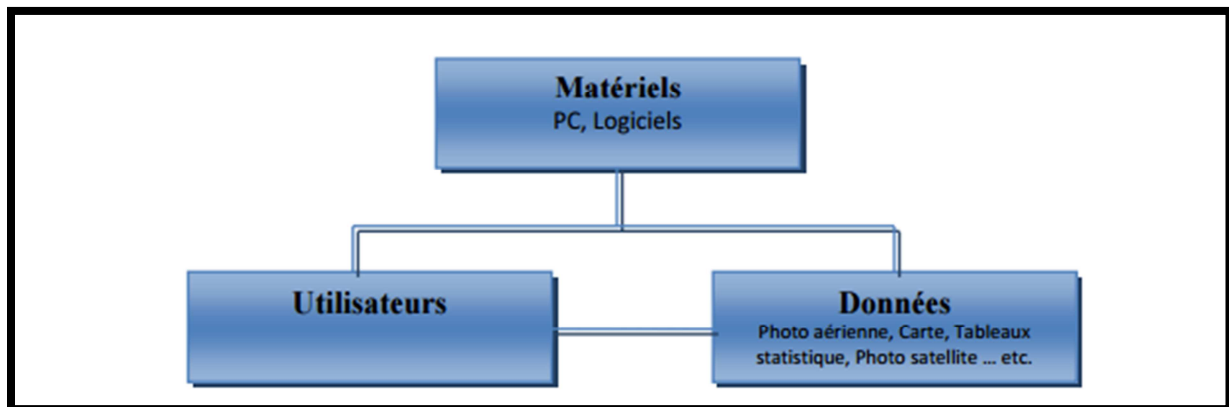


Fig.III.4 : Relation entre les composants d'un sig

III-3) Définition d'un système d'information géographique(SIG)

Un système d'information géographique(SIG) est un moyen de gestion de base de données conçues pour saisir, stocker, manipuler, analyser, combiner et afficher des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de planification (FISCHER et al,1993,HAMMOUM.et al.2010).Les SIG sont des outils d'aide à la décision, ils permettent une meilleure gestion des aléas naturels (tels que les mouvements de terrain, les inondations,...) et des risques technologiques. Ces systèmes utilisent des données spatiales issues de plusieurs moyens d'acquisition (la topométrie, la géodésie, la photogrammétrie, la télédétection...).Il est actuellement utilisé dans des nombreux domaines tels que la géographie, la géologie, le génie civil, etc. Le SIG inclut plusieurs composantes. Ces systèmes possèdent plusieurs intérêts :

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

-Le stockage sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable

-Le gestion des données à référence spatiale qui sont associées à des objets ou à des phénomènes qui se caractérisent par une position (à titre d'exemple : les coordonnées géographiques) et très souvent par une forme géométrique (polygones, polyligne, ligne, point) (SERRE, 2005 et, HAMMOUM H et al.2010).

-IL a la capacité d'accepter et de convertir des données sous des formes géométriques (SERRE ,2005).

-Il permet la gestion des formes géométriques entre elles selon leur aspect géométrique grâce à des fonctions topologiques (la topologie est un sous -ensemble de la géométrie qui se réfère aux relations spatiales existant entre les entités géographiques)(SERRE,2005)

-Il permet d'actualiser ou de modifier les données sans avoir à créer un nouveau système d'information géographique.

Tous les auteurs s'accordent sur la puissance des SIG et donc sur leur excellence en tant qu'outils de gestion des données à référence spatiale. La caractéristique fondamentale qui distingue les SIG des logiciels graphiques, notamment de la cartographie numérique, est leur capacité d'effectuer des analyses spatiales (LAARIBI ,2000). Cependant, les fonctionnalités incorporées au sein de SIG répondent généralement aux besoins immédiats qui sont beaucoup plus axés sur la gestion des données que sur leur analyse (BURROUGH, 1990, FISCHER et al 1993).

En outre, les SIG ont bénéficié des progrès réalisés indépendamment dans deux branches importantes de l'informatique, d'une part la conception assistée par ordinateur (CAO) et le dessin assisté par ordinateur (DAO), dont dérive la cartographie assistée par ordinateur.

III-4) Le Système d'Information Géographique réalisé sous MapInfo

4.1) Calage des cartes

Les photographies aériennes et les cartes d'état-major de la zone instable d'Illilten ont été enregistrées sous des fichiers supportés par le logiciel MapInfo (sous un format JPEG). Ces

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

images « Raster » vont servir de fonds pour la cartographie envisagée. Afin de pouvoir utiliser ces images dans la cartographie, elles doivent être calées ; leurs coordonnées géographiques seront alors indiquées selon un système de projection bien défini. Cette opération permet alors d'effectuer des calculs géographiques sur ces images (DJERBAL L, 2013).

4.1.1) Les commandes nécessaires pour le calage des cartes

Pour caler une carte on suit les étapes ci-dessous :

a. Ouvrir une image Raster sous le logiciel MapInfo :

Pour ouvrir un fichier de type Image Raster sous le logiciel MapInfo, il faut exécuter les commandes suivantes : *Fichier > Ouvrir Table*. Une boîte de dialogue s'affiche sur l'écran, on choisit le type de fichier dans le menu déroulant (*Fichier de Type > Raster Image : *.bil ; *.tif ; *.grc ; *.bmp ; *.gif ; *.tga ; *.jpg ; *.pcx ;*) et on ouvre la table.

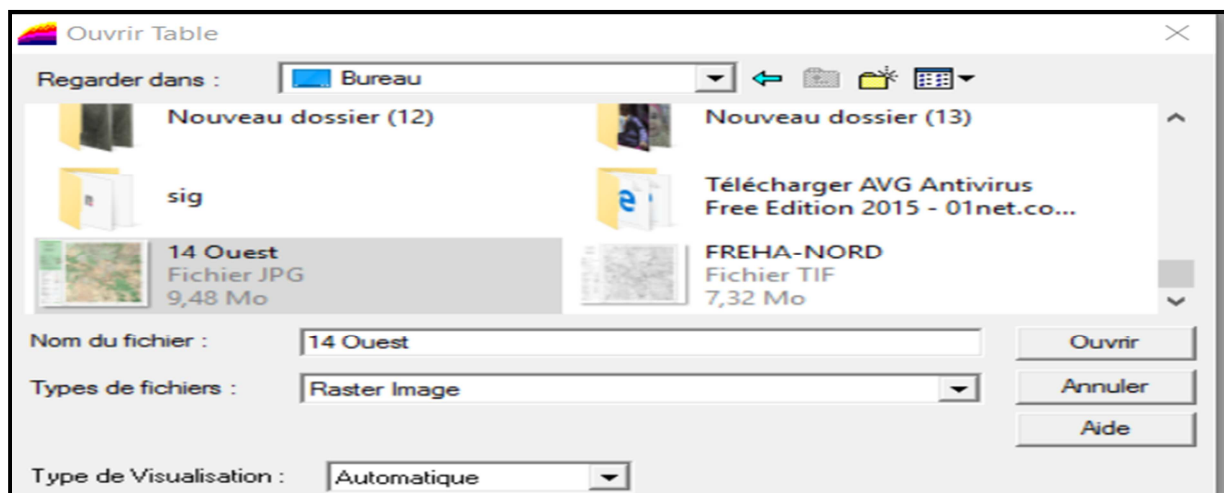


Fig.III.5 :ouverture d'une image raster sous logiciel map info

b. Définition du type de projection

Le choix du type de projection est très important pour assurer un bon calage des cartes. Le système de projection Universal Transverse Mercator (UTM), créé pour éviter les problèmes de convergence entre les degrés et le mètre, est utilisé dans ce système d'information géographique (les cartes et les levés topographiques sont établis en UTM). Ce système se base sur une décomposition du globe terrestre en soixante (60) fuseaux de 6° chacun (numérotés de 01 à 60) et vingt (20) bandes de 8° chacune. L'Algérie est localisée entre les fuseaux 29 et 32 et dans les bandes Q, R, S. la commune de Freha se trouve dans le fuseau 31.

Le type de projection est défini sous le logiciel MapInfo en suivant les commandes

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

suivantes :

Table > Image Raster > Modifier Calage. Une fenêtre s'affiche sur l'écran. Il faut alors cliquer sur le bouton *Unité* et choisir l'unité adéquate (le mètre). Une fois les unités définies, il faut cliquer sur le bouton *Projection*. Une boîte de dialogue s'affiche sur l'écran ; on choisit:

- La catégorie de la projection : Universal Transverse Mercator (WGS84).
- La projection: UTM Zone 31, Northern Hemisphere (WGS84).

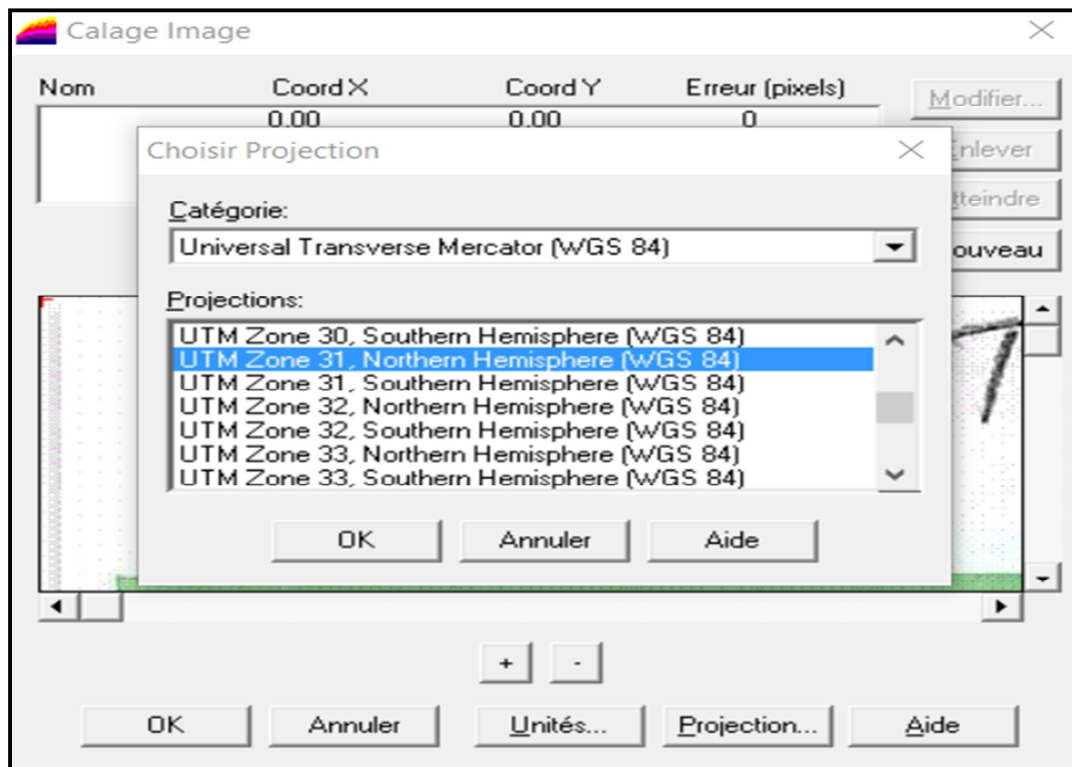


Fig.III.6:type de projection de notre carte sur map info

c. Indication des coordonnées des points de calage

Après la définition des unités et du système de projection, il faut introduire les coordonnées des points de calage. Pour ce faire, il faut suivre les étapes suivantes :

- Supprimer les points de calage donnés par défaut ;
- Cliquer au niveau du point de calage sur la carte en utilisant le curseur ;
- Entrer les coordonnées X et Y du point dans la fenêtre calage ;

Il faut refaire la même procédure jusqu'à la désignation de tous les points de calage. Une fois tous ces points indiqués, on clique sur le bouton *OK* et on enregistre la table.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

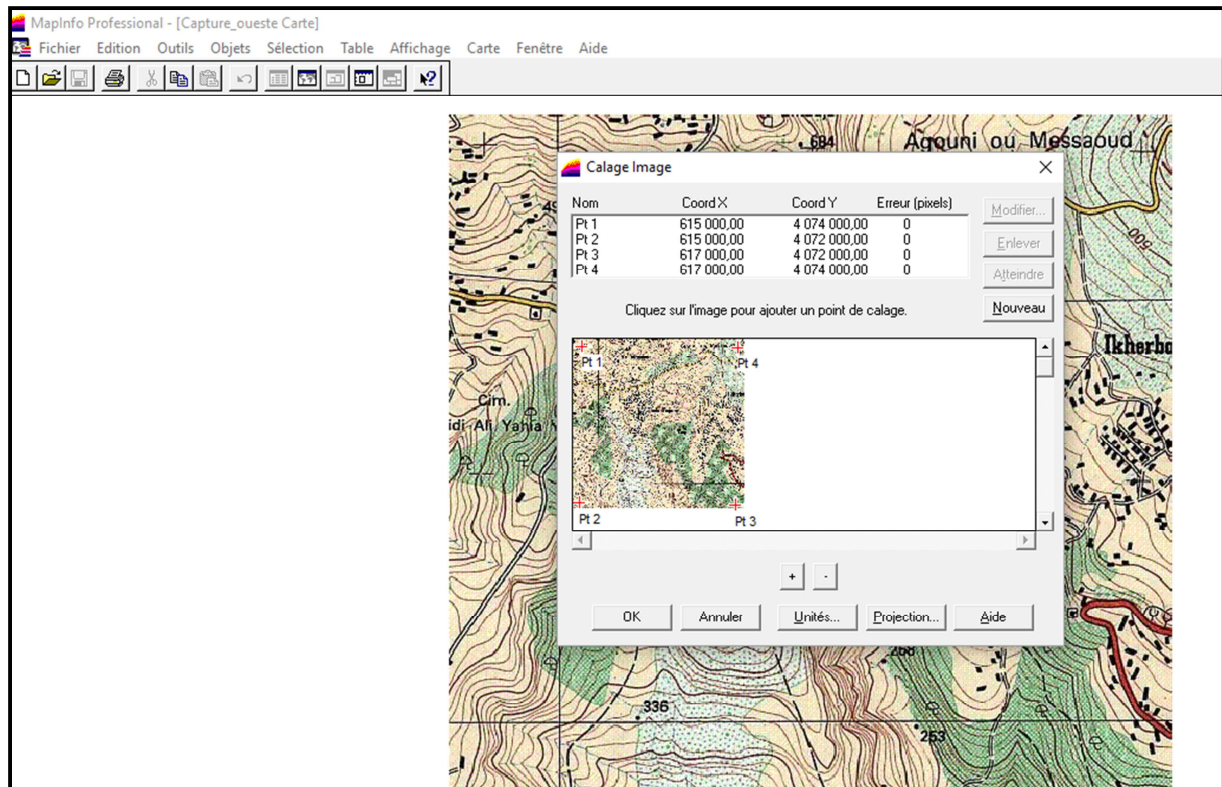


Fig.III.7 : Calage de la carte d'état majeur AZZEFOUN-AZAZGA 1997 (NJ-31V.14 Ouest)

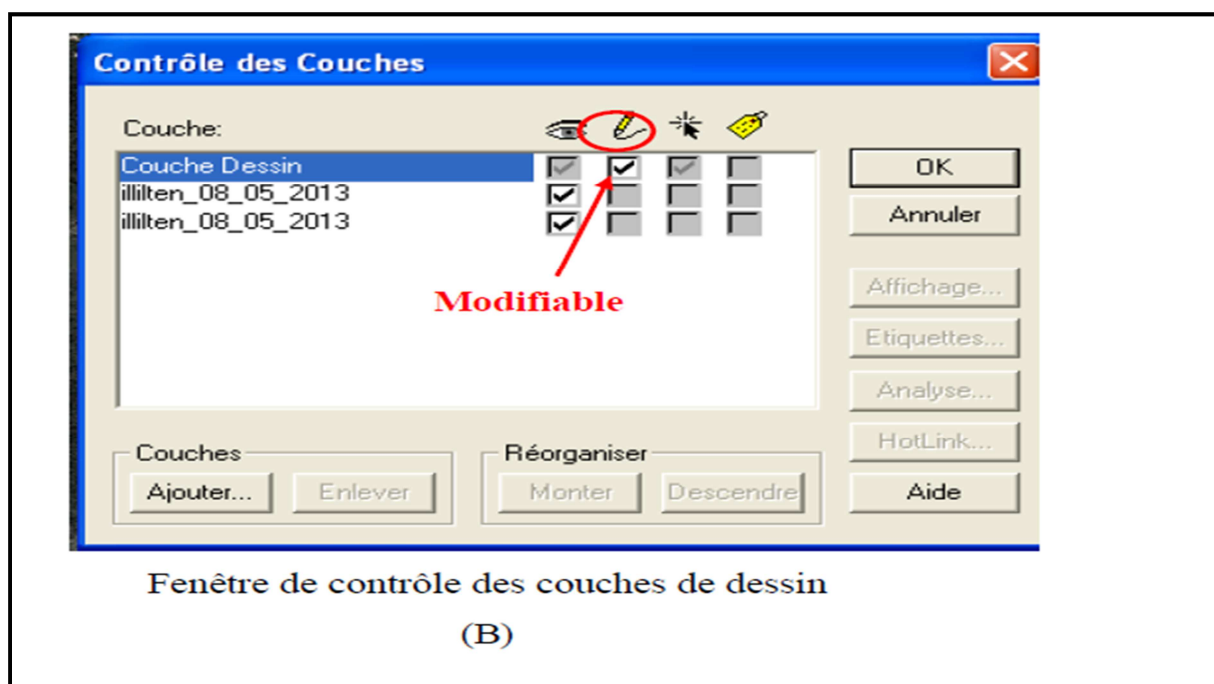
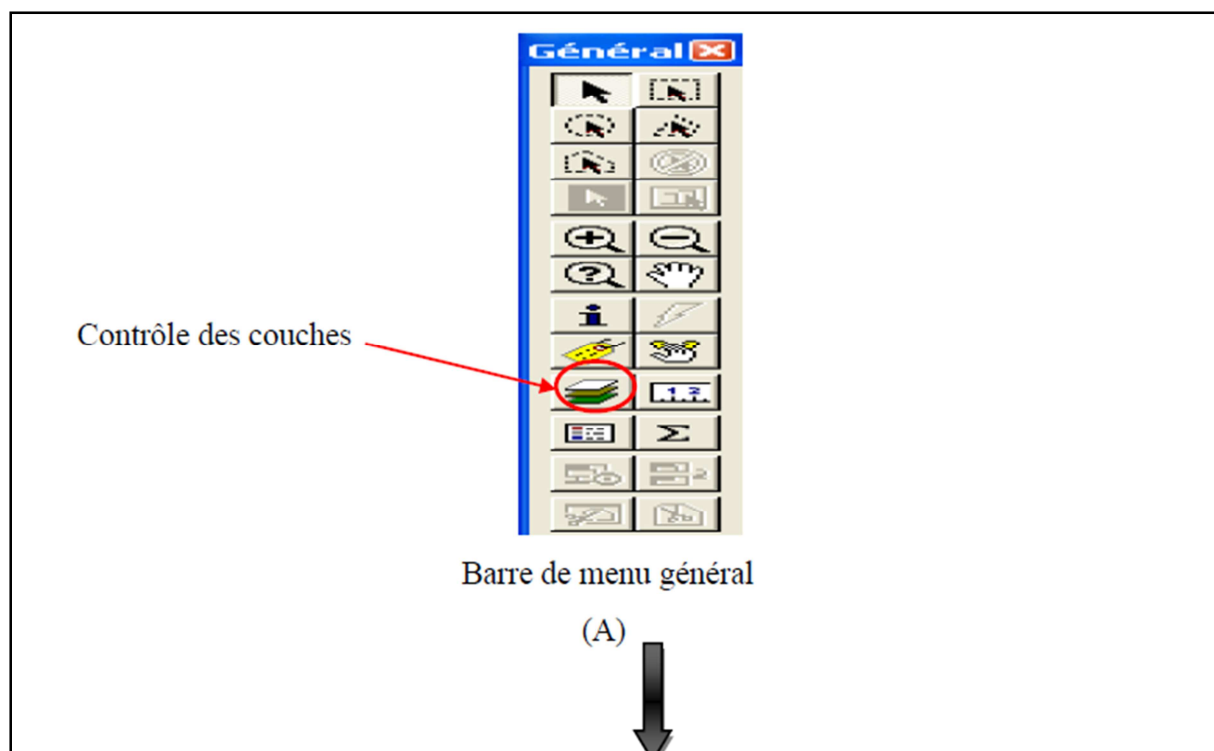
d) Construction des couches vectorielles

Les images et les cartes calées ont servi de fonds pour la réalisation de plusieurs couches vectorielles.

La réalisation d'une couche vectorielle sous le logiciel MapInfo nécessite l'exécution des commandes suivantes :

- ✓ La commande *contrôle des couches* du menu général (voire la fig. III.6.A) ;
- ✓ Rendre la couche de dessin modifiable (cocher sur la case *modifiable*) voire la figure (III.6.B) ;
- ✓ Choisir le type et les caractéristiques des éléments à utiliser dans le menu de dessins (voire la fig. III.6.C) ;
- ✓ Dessiner les éléments de la couche sur le fond cartographique.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana



Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

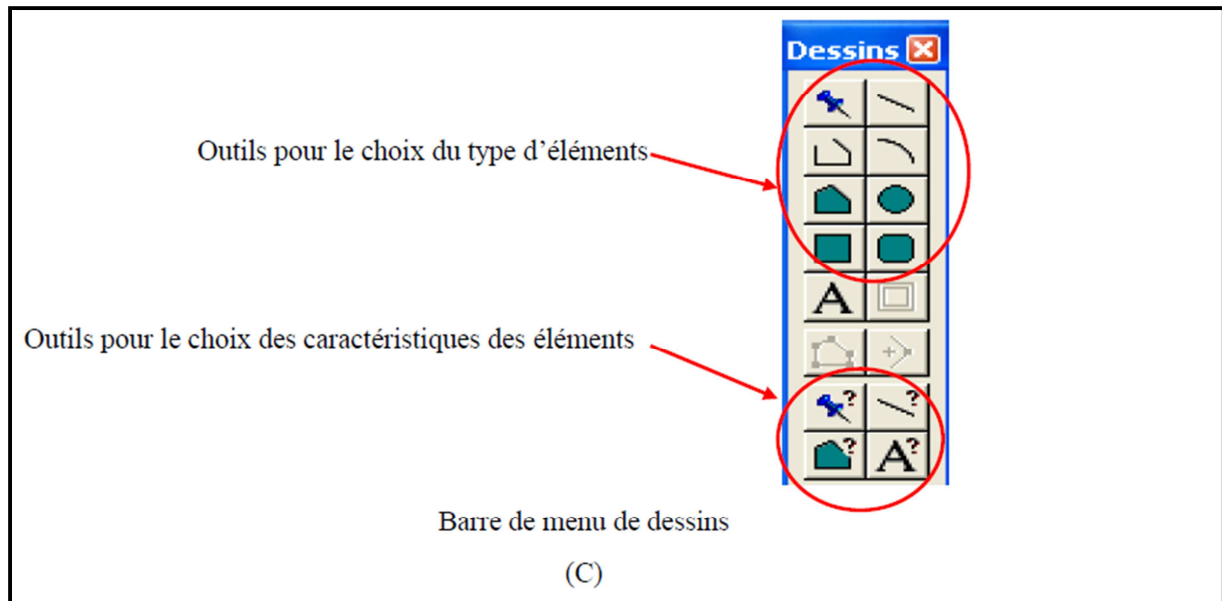


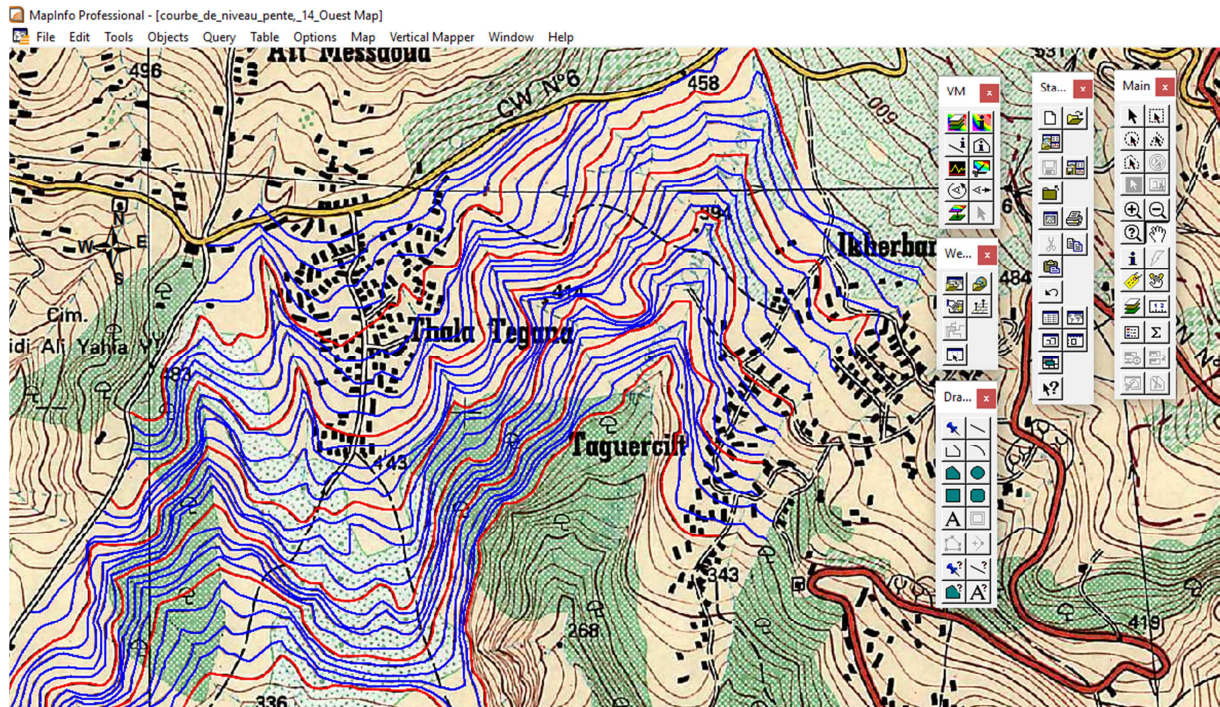
Fig.III.8 (A ,B,C) : Les commandes nécessaires pour la réalisation d'une couche Vectorielle.

III.5) Réalisation des courbes de niveaux et des réseaux hydrographique avec logiciel map info

a) Digitalisation des courbes de niveau

La morphologie des versants instables de Tala N'tgana est définie par les courbes de niveau (Digitalisées à partir de la carte d'état major). Ces courbes sont représentées dans la table «*Courbes de niveau.TAB* » réalisée sous Map Info par des éléments " poly ligne" de couleur Bleu pour les courbes normales et en rouge pour les courbes maitresses ; Elles sont digitalisées à partir de la carte d'état major calée, chaque courbe porte un identifiant (ID) qui indique son altitude (équidistance entre les courbes est de 5m).

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana



- Courbes normales
- Courbes maitresses

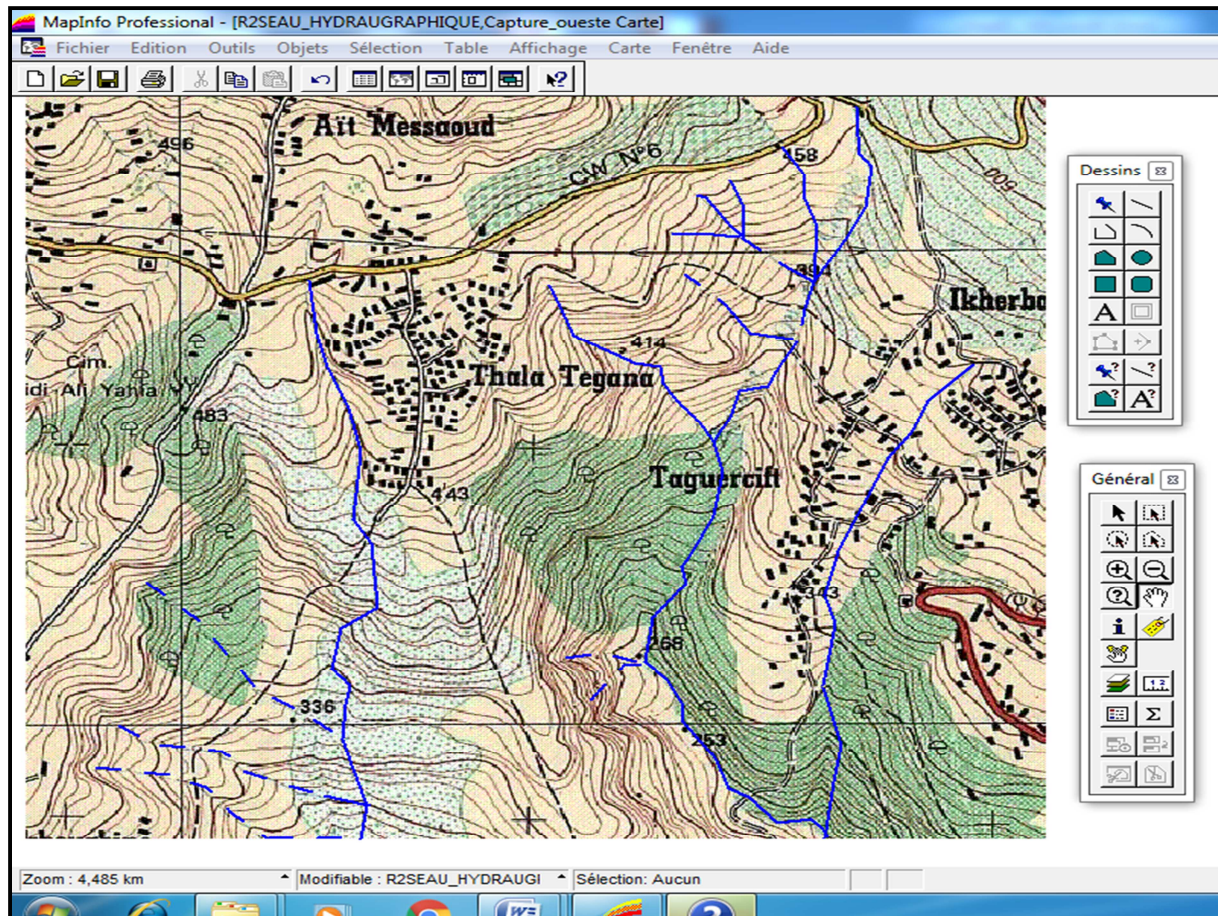
Fig.III.9 : Les courbes de niveau des versants de Tala N'tgana et ses alentours.

Carte d'état majeur 1997 Echelle :1/25000

b) Les réseaux hydrographiques

L'hydrologie constitue un élément important dans l'étude de la coulée boueuse de Tala N'tgana puisqu'elle représente l'une des causes principales de celle-ci. Une couche vectorielle où tous les réseaux hydrographiques ont été créés. Les couches vectorielles « *réseaux hydrographiques.TAB* »

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana




 Réseaux hydrographiques

FIG.III.10: Les réseaux hydrographiques des versants de Tala N'tgana. Carte d'état majeur 1997 ; Echelle : 1/25000

* Remarque

Les réseaux hydrographiques est un facteur qui marque une cause très importante pour le déclenchement du glissement, dans cette carte représente une partie intéressante dans la région de Tala N'tgana.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

III.6) Description de levé topographique

Le relevé topographique du site a été élaboré avec un GPS explorist 700 dans le but de :

- 1 : Délimiter le terrain du glissement
- 2 : Localiser les points de glissement sur la carte d'état major 1997.
- 3 : Réaliser une carte topo du glissement.
- 4 : Calculer la pente moyenne pour l'année 2016.

1) Localisation des points de Levée topographique sur la carte d'état major 1997 avec logiciel Map info :

Pour caler les points de levé topographique sur map info on a utilisé la projection WGS84 car nous l'avons réalisé en utilisant GPS. Par contre la carte d'état major est calée selon UTM nord Sahara (c'est la légende qui nous a renseigné sur le type de calage de la carte).

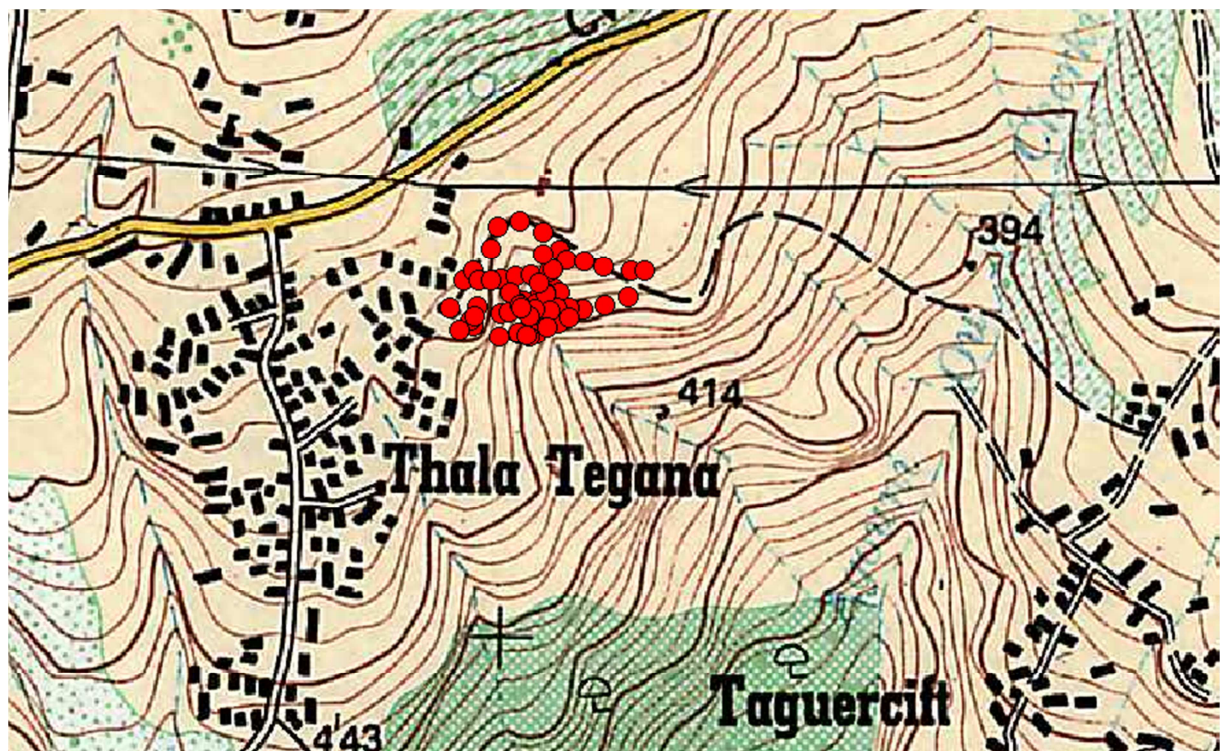


FIG.III.11 : Localisation des points de levé topographique sur la carte d'état major 1997

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

* Remarque

Le glissement se situe au nord de village de Tala N'tgana comme il est bien figuré sur la FIG.III.9.

III.7) Elaboration de la carte des pentes pour l'année 1997

1) Définition de la pente

La pente topographique est la tangente de l'inclinaison entre deux points d'un terrain donc de son angle en rapport de l'horizontale .

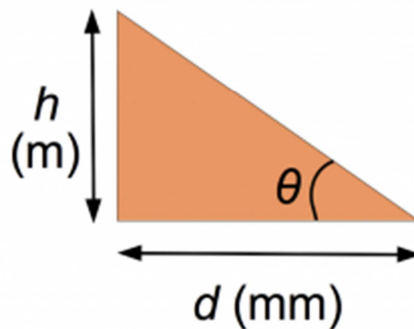


FIG.III.12 : Schéma représentatif de l'angle d'inclinaison θ d'une pente

- Calcul de l'angle d'inclinaison θ d'une pente s'effectua de la manière suivante :

$$\theta\% = \frac{H}{d} * 100$$

H(m)= hauteur de la pente.

D(m)= distance sur le terrain

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

➤ **La pente est dite (<http://coinderecherche.over-blog.com/article-36528703.html>)
(Recherche des sciences humaines)**

- Insensible quand l'angle qu'elle forme est compris entre 0 à 3° (5%)
- Faible quand l'angle qu'elle forme est compris entre 3° et 10° (18%)
- Moyenne quand l'angle qu'elle forme est compris entre 10° et 27° (20 à 51%)
- Forte quand l'angle qu'elle forme est comprise entre 27° et 40° (70 à 83%)
- Très forte quand l'angle qu'elle forme est compris entre 40° et 90° (85%)
- La pente est dite surplomb quand son angle est supérieur à 90° (95%)

2) Réalisation de la carte des pentes de l'année 1997 sur map info

La carte des pentes de village de Tala N'Tgana de l'année 1997 est obtenue à partir de la carte d'état major et les courbes de niveau qui sont tracées.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

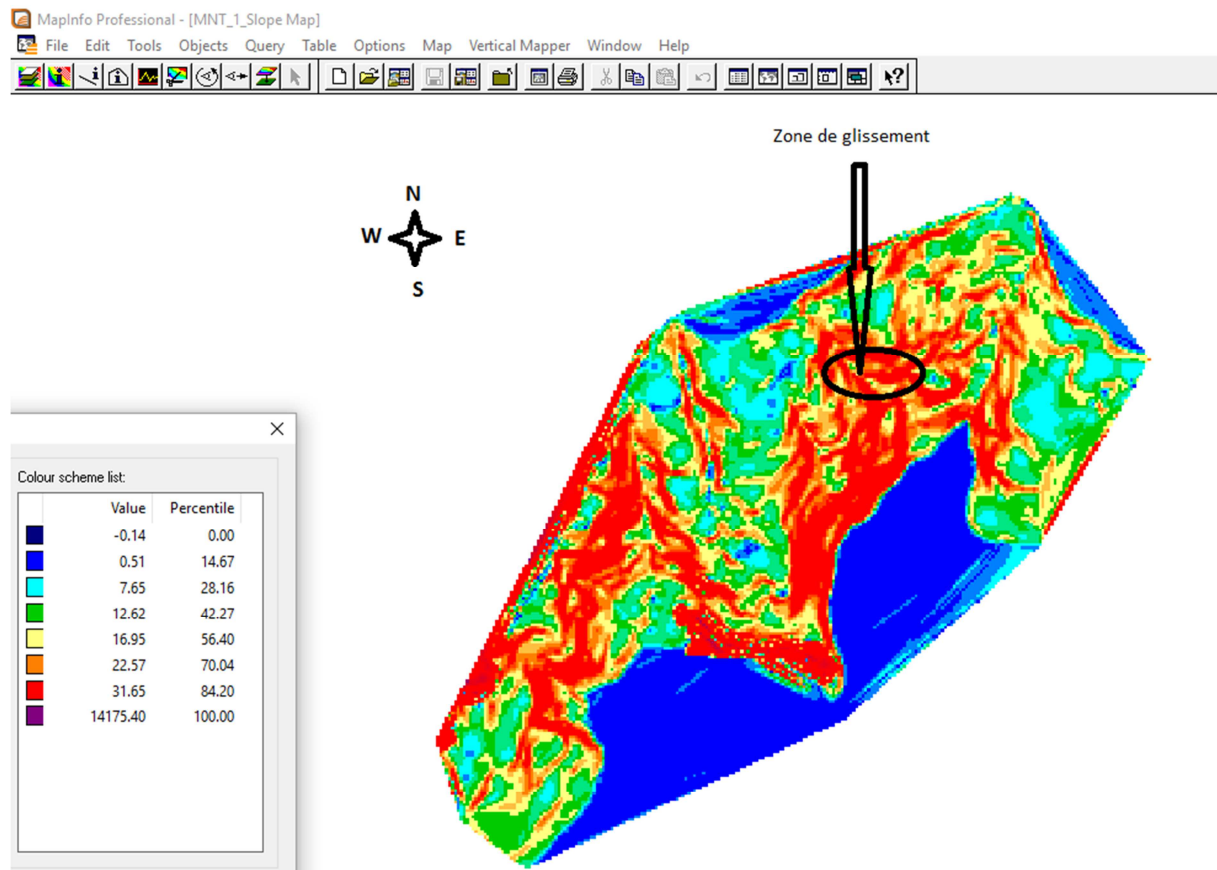


FIG.III.13 :Carte des pente de village Tala N'Tgana ,carte d'état major 1997

Echelle :1/25000

➤ **D'après la carte, chaque couleur représente un pourcentage des pentes :**

-Bleu nuit :0%

-Bleu royale : le pourcentage de la pente pour 14.67% correspond à 8.35° (pente insensible)

-Bleu ciel :le pourcentage de la pente pour 28.16% correspond à15.73° (pente faible)

-Le vert : le pourcentage de la pente pour 42.27% correspond à 22.91° (pente moyenne)

-Le jaune :le pourcentage de la pente pour 56.40% correspond à 29.42° (pente forte)

-L'orange :le pourcentage de la pente pour 70.4% correspond à 35.16° (pente forte)

-Le rouge :le pourcentage de la pente pour 84.20% correspond à 40.1° (pente forte)

-Le violet :le pourcentage de la pente pour 100% correspond à 45° (pente stable)

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

* Remarque

-la présence d'une forte pente au niveau du village de tala N'tgana et ses alentours qui est distinguée avec les différentes couleurs (jaune, orange, rouge) qui varie entre 29° à 40°.

III.8) Etablissement de la carte topographique avec le logiciel surfer en utilisant le levé topographique

a) Le surfer

Le surfer est un programme 3D, qui fonctionne sous le Microsoft Windows. Il convertit rapidement et facilement les données, en découpant exceptionnellement (surface, Wireframe, vecteur, image, soulagement ombragé, et cartes de poteau). Pratiquement tous les aspects de différentes cartes peuvent être adaptés aux besoins du client pour produire exactement la présentation voulue. La production des cartes de qualité de publication n'a jamais été plus rapide ou plus facile.

b) Méthode d'établissement des cartes

Après avoir relevé des coordonnées topographiques de terrain en utilisant le GPS (X ,Y,Z), nous avons procédé à leur introduction dans le logiciel "Surfer" qui les a converties en informations listées en cartes de découpe.

En utilisant le logiciel SURFER 3D, on a établi la carte de substratum suivante :

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

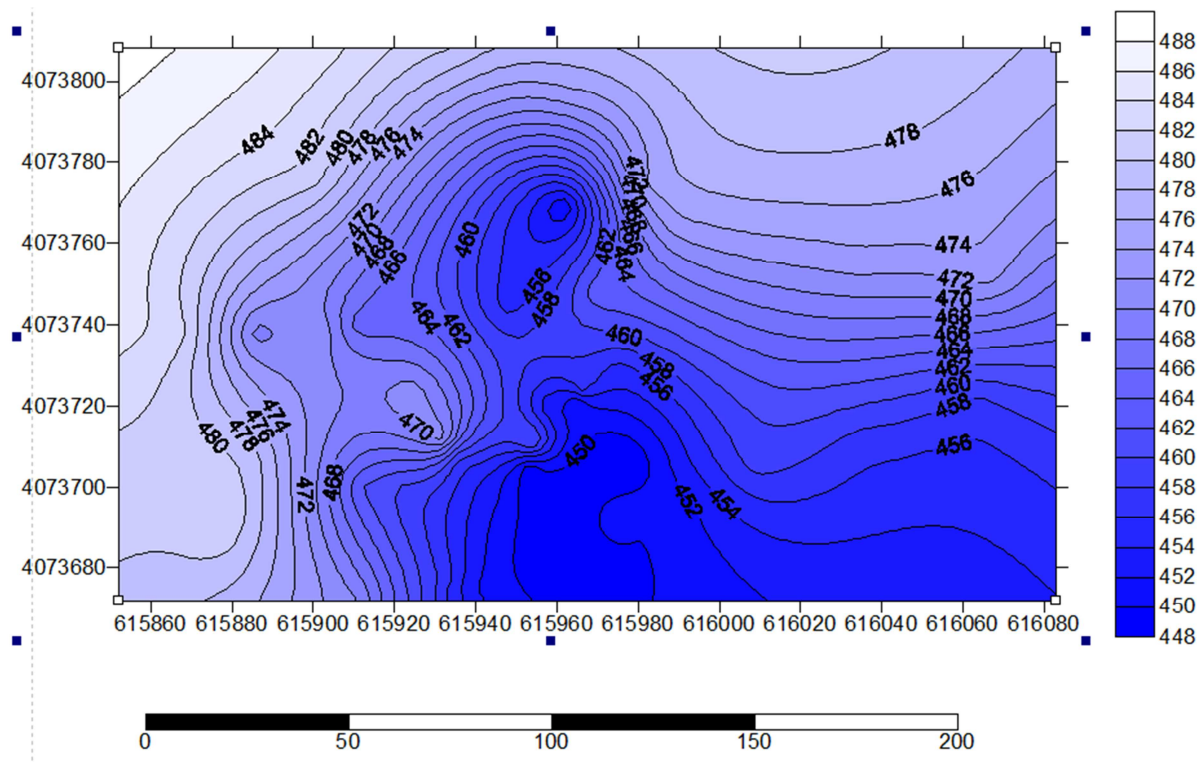


FIG.III. 14: carte 2D, interpolée par krigeage, du glissement.

Cette carte représente les zones du glissement les plus basses (448m) représenté par une couleur sombre et les zones les plus hautes (488m) représenté par une couleur clair, équidistance entre les courbes de niveau est de 2m.

III.9) Mesurer l'angle d'inclinaison de la pente en utilisant les points de levé topographique

a) L' étape suivie

Après localisation des points de levé topographique sur la carte qui sont automatiquement identifiés, on choisit pour chaque profil des points (leur altitude "Z" est connu). Pour la distance "d", on la mesure avec la règle de logiciel map info, et nous calculons la pente moyenne pour chaque profil, ensuite la pente moyenne de glissement.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

	Pente moyenne en(%)	Pente moyenne en degré(°)
Profil 1	44.88	24.17
Profil 2	34.605	19.08
Profil 3	43.07	23.30
Profil 4	31.73	17.60

Tableau III.1 : Les résultats obtenus pour le calcul de la pente moyenne pour chaque profil

b)Calcul de l'angle d'inclinaison de la pente moyenne pour le glissement :

➤ En pourcent :

$$\Theta\% = \frac{44.88 + 34.605 + 43.07 + 31.73}{4} = 38.57\%$$

➤ En degré : $\Theta = 21.09^\circ$

La pente est égale à 38.57% (21.09°) donc on a une pente moyenne.

III.10) Comparaison des résultats obtenus pour les deux années 1997 et 2016

-Les courbes de niveaux étaient plus serrées durant l'année 1997 que l'année 2016 (FIG.III.7 et FIG.III.12)

-Dans l'année 1997 on a remarqué l'existence d'une forte pente au niveau de lieu de glissement et pour l'année 2016 le degré de la pente a été diminué cela pourra être expliqué par le glissement qui a été connu dans l'année 2012.

Chapitre III: Cartographie de glissement du terrain de Tala N'Tgana

- **Conclusion**

Ce chapitre a été consacré pour cartographier le glissement du village de Tala N'tgana, pour les deux années (1997 et 2016) pour mieux comprendre les causes qui ont accentués le mouvement de terrain et augmenter l'ampleur du glissement. D'après les résultats obtenus les causes principales d'engendrement de ce dernier sont les suivantes :

- ❖ Les réseaux hydrographiques qui représentent une partie intéressante dans la région.
- ❖ La forte pente existante dans la région.

Conclusion générale

- **Conclusion générale :**

La cartographie réalisée avec les deux logiciels Map info et le surfer a permis de détecter les facteurs essentiels ont causés le glissement :

- La saturation des terrains en eau
- La nature géologique des terrains.
- L'effet de la pente, etc.

Et l'étude à permis aussi de mieux comprendre les causes de l'éroulement et pouvoir ainsi évaluer les risques du glissement.

Concernant la **proposition technico-économique** ; il est nécessaire de localiser toutes les poches à l'amont et construire un mur en fondation profonde du type berlinoise (micro-pieux), en canalisant les eaux vers un réservoir, tout en tenant compte du diagnostic par le laboratoire.

Références Bibliographiques

Benazzouz .M, Boureboune .L : (2012) Evaluation du risque des glissements de terrain en milieu urbain appliquée a la ville de Constantine (les causes et les conséquences).

Bouaziz.N, Melbouci.B : (2014),Caractérisation de l'alea glissement de terrain en kabylie (TIZI-OUZOU) ALGERIE, *Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2014*

B. Laroche(1), D. Arrouays(1), D. Olivier(2), et N. Lecerf(3) : (2006),Essais de cartographie numérique des pédopaysages à 1/250 000 dans les départements de l'Aube et de la Marne Enseignements, limites et perspectives.

Bureau des mines et de l'énergie *Internet* : www.bme.gouv.ht.

Challal .S: (2012), Etude de la stabilité d'un versant d'Ain El Hammam, mémoire, mémoire de mastère.

Djerbal .L: (2013),Analyses des mécanismes de déformation et de la rupture progressive du versant instable d' Ain El Hammam, Thèse de doctorat.

Djerbal.L : (2010),Dynamique d'évolution du glissement de terrain d'Ain El Hammam, mémoire de mastère.

Gilles.C . : Département des sols et fondations. Laboratoire central des Ponts et Chaussées (Recherches et études sur les glissements de terrains)

Haddad .S : (2013) ,étude de lacoulée boueuse d' Illilten, mémoire de mastère .

Haddadi.H :(2014),Cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-ouzou,mémoire de mastère .

Hammoum. H et Bouzida. R : (2010), Pratique des systèmes d'information géographiques SIG, applications sous MapInfo, collection les manuels de l'étudiant, Edition page bleu.

Références Bibliographiques

Jean-P, Yannick .T, Olivie.M, Anne.P : (2006),Analyse spatiale, _évaluation et cartographie du risque glissement de terrain..Application en Alpes Sud.

Lasheb .M : (2013),caractérisation géotechnique de la couche superficielle du glissement de Tala N'Tgana, mémoire de mastère.

Magalie .L: (2003),Contribution des systèmes d'information géographique à l'analyse quantitative de l'aléa (glissement de terrain), exemple d'application au secteur de ville de la Baie, Québec. Université du Québec.

Mezhoud.I : (2012),La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie ouest et sud ouest da la ville de Constantine (mémoire magister université Mentouri de Constantine).

M'Zoughem.K et Chenafa. W : (2006),Etude géotechnique de la stabilité des talus dans la carrière de Ain El Kebira (Sétif), mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en géologie, spécialité géologie de l'ingénieur, Université Ferhat Abbas .

Ouzaid.I : (2014),Stabilisation des pentes par inclusions rigides, mémoire Master Université Mohamed Khider-Biskra.

Oumar. F, Abdelhak. B, Boumam.B et Sossey-Alaoui : Elaboration de la carte de risque d'un glissement de terrain de la zone de Ksar-sghir, département géologie, Université de Tofail Maroc.

Philippe .D, Gilles .C et Pierre .P : Méthodes d'analyse des risques liés aux glissements de terrain

Saguenay: Cartographie des zones exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles