

## Introduction

Depuis des décennies, la ville de Constantine souffre du problème de glissement de terrain, car elle est caractérisée par une grande fréquence de zones instables.

En effet, cette région est située dans un environnement géomorphologique complexe et sur un des plus importants axes sismiques de l'Est Algérien. L'extension urbanistique que connaît cette ville, a engendré une surcharge de constructions sur des terrains fragiles souvent instables dont la réactivation actuelle affecte dangereusement de nombreux quartiers à forte densité de population se traduisant par une grande vulnérabilité pour une population de 100 000 habitants, et aussi pas moins de 15 000 constructions menacées de ruines.

Le spécialiste en la matière a toujours besoin pour mener une étude fiable d'une zone de glissement de connaître les éléments structurels et non structurels (densité de population, l'environnement géomorphologique, l'emplacement sur l'axes sismique...etc.) et les facteurs qui contribuent aux risques de glissements de terrain. Ces derniers peuvent être classés en deux classes :

- des facteurs intrinsèques ou de prédisposition, comme la nature et la structure géologique, les caractéristiques des différentes couches, la pente, ...etc.
- des facteurs externes ou favorisants comme les pluies hivernales et les crues estivales, les secousses sismiques ou des surcharges augmentant les forces motrices ou des travaux de terrassements changeant l'état d'équilibre existant.

Pour cette région, des données divers : géotechniques, géologiques, topographiques, hydrogéologiques, climatiques se trouvent éparpillées dans plusieurs documents : cartes (géographiques, géologiques topographiques,...), rapports de compagnies de reconnaissance de sol et d'expertises, documents administratifs...

Ce qui impose à chaque fois qu'on veut étudier le phénomène du glissement ou d'évaluer les risques auxquels la région est exposée ou de proposer une méthode de confortation de consulter plusieurs services et des dizaines de documents.

Notre objective à travers cette étude est de structurer par l'intermédiaire d'un système d'information géographique pour la région étudiée une base de données qui constitue une référence unique pour l'étude de telles phénomènes et risques.

Pour mener à bien notre travail nous avons suivi le plan de travail suivant:

1. Etude bibliographique sur les glissements (définition, causes, stabilité, remèdes , ...)
2. Collecte, classification des données concernées.
3. Construction du SIG de glissement.

Le mémoire est donc composé de quatre chapitres : le premier traite les causes principales des glissements et les différents facteurs influant sur son déclenchement, les méthodes de calcul de stabilité des pentes et les méthodes de confortations possibles, le deuxième présente les ressources des données collectées, la classification de ces données , le troisième est consacré à la compilation des données et la construction du SIG de glissement, le quatrième chapitre donne une idée sur l'exploitation du SIG ainsi construit.

## Chapitre 1

### 1.1. DEFINITION ET TYPES DE MOUVEMENTS DE TERRAINS

Les mouvements de terrain sont des déplacements gravitaires de masses de terrain liés à des phénomènes naturels très différents les uns des autres par leur nature, leur comportement et leurs conséquences déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séisme, etc.) ou anthropiques (terrassement, vibration, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères, etc.).

Ils recouvrent des formes très diverses qui résultent de la multiplicité des mécanismes initiateurs (érosion, dissolution, déformation et rupture sous charge statique ou dynamique), eux-mêmes liés à la complexité des comportements géotechniques des matériaux sollicités et des conditions de gisement (structure géologique, géométrie des réseaux de fractures, caractéristiques des nappes aquifères, etc.).

La considération de la vitesse de déplacement permet de les classer dans deux grandes catégories :

#### a. les mouvements lents et continus :

Pour lesquels la déformation est progressive, parfois accompagnée de rupture mais en principe d'aucune accélération brutale

- **Les affaissements** : consécutifs à l'évolution de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières ou mines), évolution amortie par le comportement souple des terrains superficiels
- **Les tassements par retrait** : de sols argileux et par consolidation de certains terrains compressibles (vases, tourbes)
- **Le fluage** : de matériaux plastiques sur faible pente ;
- **Les glissements** : qui correspondent au déplacement en masse, le long d'une surface de rupture plane, courbe ou complexe, de sols cohérents (marnes et argiles)
- **Le retrait ou le gonflement de certains matériaux argileux** : en fonction de leur teneur en eau.

#### b. les mouvements rapides et discontinus :

- **Les effondrements** : qui résultent de la rupture brutale de voûtes de cavités souterraines naturelles ou artificielles, sans atténuation par les terrains de surface.

- **Les chutes de pierres ou de blocs** : provenant de l'évolution mécanique de falaises ou d'escarpements rocheux très fracturés.
- **Les laves torrentielles** : qui résultent du transport de matériaux en coulées visqueuses ou fluides dans le lit de torrents de montagne.
- **Les coulées boueuses** : qui proviennent généralement de l'évolution du front des glissements.

## 1.2. LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

### I.2.1. Définition :

Les glissements de terrain sont des déplacements lents (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) sous l'effet de la pesanteur d'une masse de terrain cohérente glissant vers l'aval le long d'une surface de rupture. Ils résultent d'une rupture par cisaillement et se produisent en général sur des talus ou des versants de pente modérée à raide. Les instabilités naturelles de ce genre sont extrêmement courantes et apparaissent sous de nombreuses formes. Leur extension est variable, allant du simple glissement de talus très localisé au mouvement de grande ampleur pouvant concerner l'ensemble d'un versant. Les profondeurs des surfaces de glissement varient ainsi de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de profondeur [2] [3]. On parle de glissements superficiels dont les signes visibles en surface sont souvent spectaculaires (fissures dans les murs des habitations, bourrelets dans les champs, poteaux penchés...) et de glissements profonds qui présentent moins d'indices observables et qui sont donc plus difficilement détectables. Les matériaux affectés sont très variés (roches marneuses ou schisteuses, formations tertiaires altérées, colluvions fines, moraines argileuses, etc.) mais globalement la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques.



Figure I.1: Glissement du lotissement Soleil Levant au François – le 04.01.2005

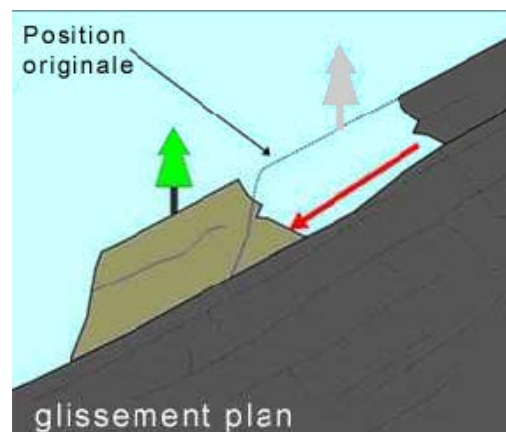
### 1.2.2 Types de glissement :

Les accidents observés montrent qu'il est possible, sous l'angle rhéologique, de classer les glissements de terrain en trois grandes familles.

#### 1.2.2.1. Les glissements superficiels par translation ou plans :

Ils évoluent le long d'un plan qui correspond à une forte discontinuité lithologique et/ou mécanique. Ils sont contrôlés par la structure géologique.

Les formations superficielles y sont sensibles car elles sont de plus faible résistance que la roche sous-jacente.



Source : Commission géologique du Canada



Glissement en Isère, France [4]



Glissement plan sur la Corniche Basque (Urrugne)

Figure I.2 Croquis et exemple illustrant les caractéristiques d'un glissement translationnel

Ils sont caractérisés par une surface de glissement peu profonde, généralement inférieure à 1,5 mètre, et sont la plupart du temps de faible dimension. Ils n'affectent généralement que le talus lui-même sans en toucher le sommet, mais leurs débris peuvent s'étaler à des distances parfois considérables en fonction de leur consistance à l'état remanié. Les sols impliqués sont constitués la plupart du temps par la partie superficielle et altérée du dépôt argileux et se limitent parfois au décollement de la couverture végétale. Cette portion superficielle des sols est plus perméable et présente des caractéristiques mécaniques différentes des matériaux intacts situés plus en profondeur. Ce changement dans les propriétés contrôle la majeure partie de la position du plan de rupture qui adopte alors une forme plus ou moins plane parallèle à la pente, ce qui provoque un mouvement des débris par translation. La partie superficielle des sols, appelée « croûte argileuse », est très sensible aux fluctuations rapides des conditions d'eau souterraine à cause de sa plus grande perméabilité.

La quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol influence rapidement le comportement de cette croûte, dans laquelle peut se développer un écoulement superficiel de surface. C'est pourquoi ce genre de glissement est très influencé par les conditions pluviométriques et la fonte nivale. Ils peuvent se produire de façon naturelle dans des talus présentant des conditions géomorphologiques variées, avec ou sans érosion à la base et leur volume est la plupart du temps très restreint [5].

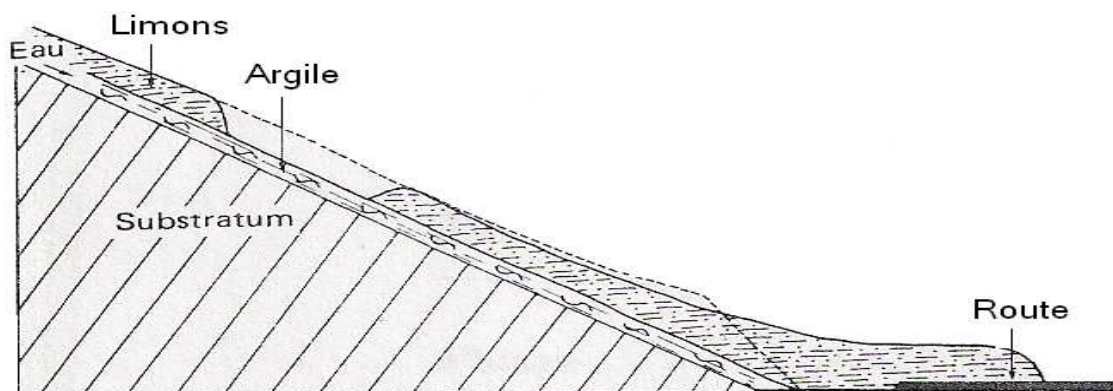
**Les causes de ce type de glissement peuvent être diverses:**

glissement d'une couche mince de caractéristiques médiocres sur un substratum

(Figure I.3.a).

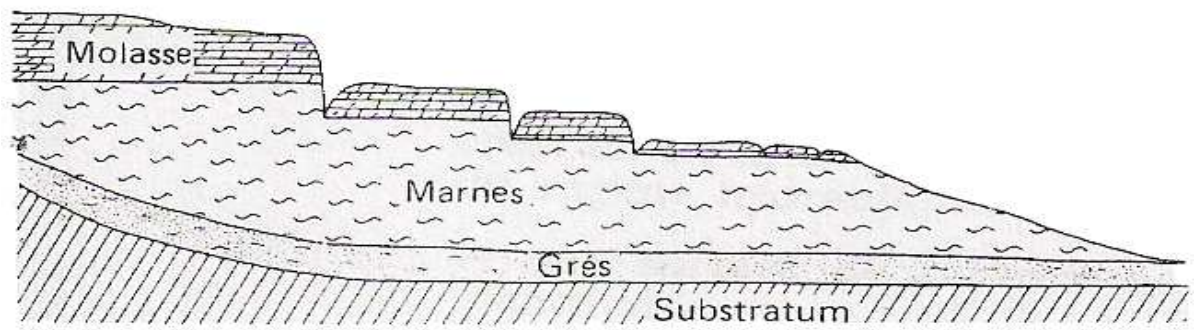
glissement d'un matériau d'altération ou sur un niveau lubrifiant (limons sur argile par exemple)

glissement par extension d'une couche peu résistante (Figure I.3.b) ;



a. Schéma type de glissement sur une couche de caractéristiques médiocres.





b. Glissement plan par « extrusion » (falaise d'El Biar à Alger).

Figure I.3 : Schémas types des causes de glissements plans [3].

Ces glissements se produisent souvent lors de la réalisation de travaux d'importance mineure par suppression de la butée de pied.

Les déblais routiers sont particulièrement vulnérables à ce type de glissement. La zone à risque pour les glissements superficiels est constituée de la pente et d'une bande de terrain située en pied de talus [3, 6].

#### I.2.2.2. Les glissements rotationnels ou circulaires

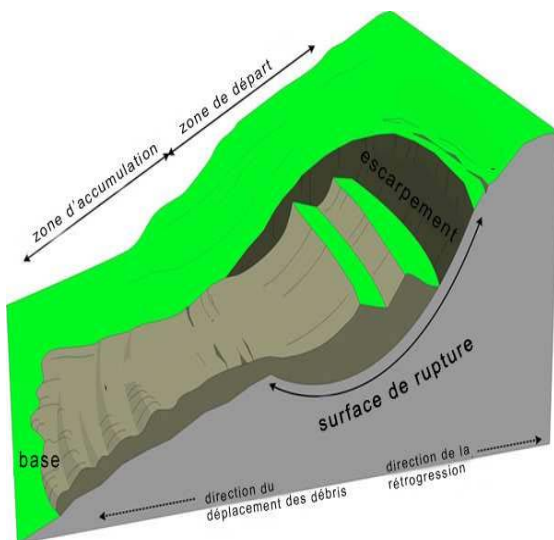
Ces glissements sont caractérisés par la forme concave de leur surface de rupture sur laquelle la masse qui glisse subit un mouvement de rotation, d'où leur appellation. Ils perturbent les terrains sur une assez grande profondeur et donnent au versant une allure chaotique avec la multiplication des abrupts, des contre pentes et un drainage incohérent.

Ils se produisent généralement dans des sols relativement homogènes pour lesquels il n'existe pas de discontinuité trop marquée qui pourrait contrôler la position de la surface de rupture comme pour les remblais sur sol mou où le cercle de rupture est tangent au substratum lorsque ce dernier n'est pas trop profond [5]. Ces glissements ne sont déclenchés par des variations météorologiques rapides que lorsque leur surface de rupture est relativement peu profonde, ou lorsque des conditions particulières existent dans la superposition des couches de sol (par exemple, présence d'un lit drainant situé en profondeur et relié plus loin à la surface du terrain). Généralement, le déclenchement de ces glissements nécessite de longues périodes d'alimentation de la nappe d'eau souterraine, ou encore sont provoqués par des changements dans la géométrie de la pente. À ce dernier titre, les processus déclencheurs externes les plus fréquents sont l'érosion et l'excavation en pied de talus ou les surcharges au sommet.

Un des aspects pratiques les plus importants de ces glissements, outre leur volume plus élevé que les glissements plans, est leur distance de rétrogression en sommet de talus (figure I.4). Lorsqu'il

s'agit de glissements peu profonds, que l'on appelle aussi « Décrochements », cette distance est relativement faible. Cependant, plus la surface de rupture est profonde, plus la rétrogression aura tendance à être grande. Dans certains cas, une succession de tranches de sol pourra glisser et on parlera alors de « glissement rotationnel multiple », ce qui donnera une distance de rétrogression pouvant atteindre, dans des cas exceptionnels, une valeur égale à près de deux fois la hauteur du talus. Même si la masse de sol glissée est relativement intacte dans certains cas, ces glissements peuvent être très destructeurs.

La zone à risque est constituée, en plus de la pente, de bandes de terrain situées au sommet et à la base du talus [3, 6, 5].



Glissement de Conchita, USA  
Source : Commission géologique du Canada

[Phto : R.L.Schuster, .S. Geological Survey]

**Figure I.4: Glissement circulaire dans les altérites (Saint-Jean-de-Luz)**

**I.2.2.3. Glissement quelconque**



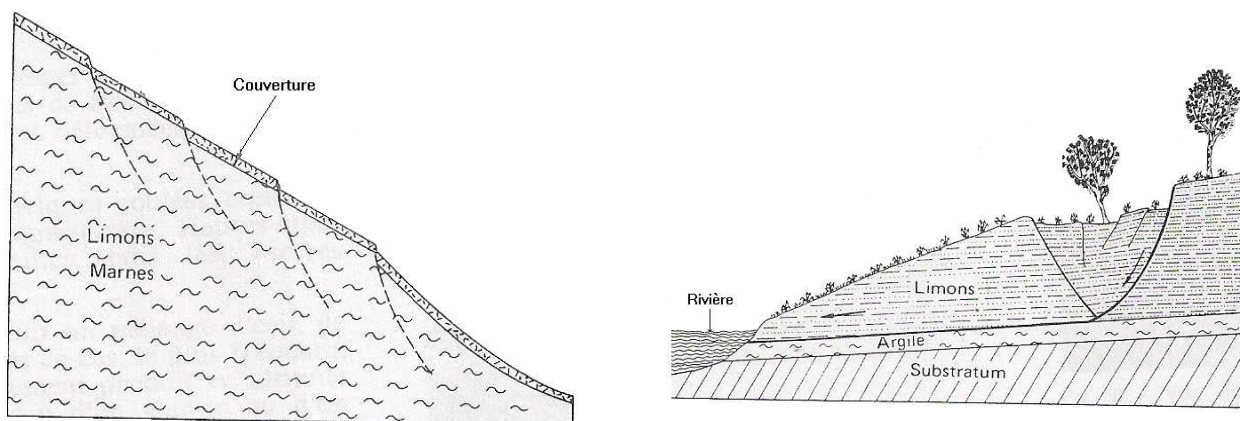
Le mouvement est très semblable au précédent dans son allure externe, mais la section verticale de la surface de glissement est de forme irrégulière. Il s'agit souvent d'une combinaison des deux cas qui donne des mouvements composés multiples, ou encore des glissements complexes qui ont une surface de rupture non circulaire. Les ruptures non circulaires peuvent avoir différentes causes :

- ✓ anisotropie de structure ;
- ✓ anisotropie mécanique ;
- ✓ caractéristiques mécaniques variant en profondeur ;
- ✓ suppression d'une butée de pied entraînant une rupture régressive ou un effondrement,

Citons [3] :

-les glissements en escaliers constitués par un ensemble de glissements courbes peu profonds créant une topographie en escalier (figure I.5.a) ;

-les glissements par suppression de la butée et effondrement d'un coin de terrain (figure I.5.b) ;



a. Schéma type de glissement en escalier.

b. Glissement par suppression de butée et effondrement.

Figure I.5: Schémas types de glissements complexes [3].

### 1.3- Causes et facteurs influant sur le glissement :

Les causes des glissements sont souvent multiples et conjuguées, néanmoins, on peut relever :

#### 1.3.1 Les causes intrinsèques du site ou causes propres :

➤ *La géologie, La nature et les caractéristiques des terrains :*

Les sols les plus affectés sont ceux ayant des caractéristiques mécaniques faibles (sols de consistance molle à plastique) et/ou sensibles aux variations d'humidité. Généralement il s'agit d'argiles ou de limons.

Les formation située en surface ou sub-surface est soumise a de nombreuses sollicitations qui contribuent a l'affaiblissement de ces caractéristiques mécaniques tels que sa cohésion (Plus les grains sont solidaires entre eux, plus la cohésion est importante et, évidemment, moins il y a de risques de glissements), son angle de frottement (Cet angle informe sur la marge entre l'angle actuel du terrain et l'angle a partir duquel un glissement est justement provoqué) -par contre toute détérioration des paramètres de résistance, souvent totale, de la cohésion effective et de la diminution de l'angle effectif de frottement, généralement assez légère conduit a des instabilités [10], sa perméabilité, son état d'altération sont autant de paramètres conditionnant la pente limite d'équilibre et l'occurrence du mouvement. Par exemple le fluage, fonction du temps est un processus très important, responsable d'une dégradation progressive des paramètres de résistance des matériaux [4, 9].

L'existence de discontinuités, de fractures, au sein d'un massif est aussi responsable du désordre des terrains. Dans ces zones de fragilisation (failles, fractures fissures, cavités, diaclases, etc.), l'instabilité est importante. Et, selon l'orientation et le pendage des discontinuités, associés a la géométrie du versant et a la nature des sols, ces plans de fragilisation peuvent être les frontières des glissements est responsable de l'instabilité. On trouve bien entendu la configuration topographique et tectonique du lieu [7, 6].

➤ **La géomorphologie : *La pente du talus, La couverture végétale et ses modifications géométriques* :**

L'importance de la pente de terrain permet le développement de certains types de glissement. Une pente faible sera suffisante pour le déclenchement de phénomènes de solifluxion ou de fluage. On augmente toujours la stabilité en réduisant la pente du talus. A l'inverse, tout talutage dans un terrain est de nature à provoquer un glissement,

A noter que les caractéristiques des sols mis au contact de l'air évoluent rapidement dans le temps (décompression des sols, action de l'eau, du vent ...).

Un talus de déblai paraissant stable après terrassement peut se révéler instable après quelques jours, voire quelques semaines, en raison de l'évolution des caractéristiques de sols.

La couverture végétale joue également un rôle dans la stabilité, la propagation et le déclenchement des glissements de terrain. Ce rôle peut être bénéfique ou néfaste selon le cas. Ainsi, les racines des végétaux renforcent la cohésion des sols, mais en cas de vent, l'effet de levier peut déraciner les arbres, ouvrant ainsi des brèches dans le sol et favorisant les infiltrations d'eau [5, 8].

➤ **L'hydrogéologie :**

L'eau, provenant des pluies, de fuites de réseaux de distribution (Eaux Potables, Egouts), ou plus rarement de remontées hydrothermales (sources profondes), joue un rôle très important dans le déclenchement des glissements de terrains, elle est un des facteurs les plus défavorables car elle 'ramollit' les sols et génère des pressions interstitielles (action de poussée dans le sens de la pente).

Dans beaucoup de cas, des glissements de terrain sont liés directement à des événements climatiques extrêmes tels que des précipitations anormalement fortes ou des températures estivales élevées. Des pluies abondantes peuvent saturer directement le sol, engendrant une mobilisation de la pente, ou accroître la pression de l'eau interstitielle jusqu'au point d'instabilité; les rivières gonflées par les pluies peuvent éroder la base de leurs berges, provoquant des glissements de terrain.

Si les conditions dans le sol sont très sèches la couche organique peut être brûlée en totalité, mettant à nu des sédiments glacés et entraînant une rupture de la couche active par détachement, mobilisant peut-être même la pente dans une rapide coulée de débris [5].

Plusieurs auteurs ont montré que, dans une majorité de situation, les facteurs à l'origine de déstabilisations de versants sont d'ordre hydrauliques : Outre les phénomènes d'infiltration, les circulations d'eau en surface contribuent aux instabilités des masses de sol, par un phénomène d'entraînement des matériaux. Ce processus va fragiliser des pentes et augmenter les risques ultérieurs de glissement de terrain à ces endroits : l'augmentation d'humidité en surface n'entraîne pas nécessairement un écoulement vertical immédiat tant que les forces de capillarité sont supérieures aux forces de gravité, l'eau est retenue. Lorsque la teneur en eau dépasse une valeur limite correspondant à la capacité de rétention spécifique, l'eau se propage vers le bas et humidifie une zone plus profonde du sol. Si la pluie se poursuit suffisamment longtemps, l'humidification sera de plus en plus importante et entraînera une infiltration efficace vers la nappe phréatique (figure I.6) qui dépend de la perméabilité des terrains traversés. L'influence de pluviométrie est liée aussi aux saisons et à des conditions climatiques particulières (figure I.7) [2, 9]

L'eau apportée à la surface du sol remplace progressivement l'air qui se trouve dans les interstices du sol, et engendre :

- ✓ une augmentation du poids volumique du sol situé au dessus de la nappe;
- ✓ une diminution des forces de capillarité qui se développent à l'interface entre la phase air et la phase eau, d'où une baisse de la succion qui joue un rôle cohésif sur le sol ;
- ✓ une montée brutale de la nappe [9] ;
- ✓ Changement du comportement rhéologique du sol qui passe d'un état solide à un état visqueux

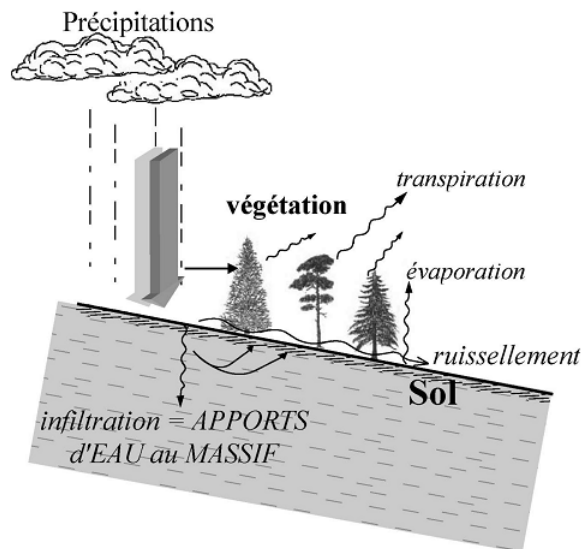


Figure I.6 : Effets principaux des précipitations [9].

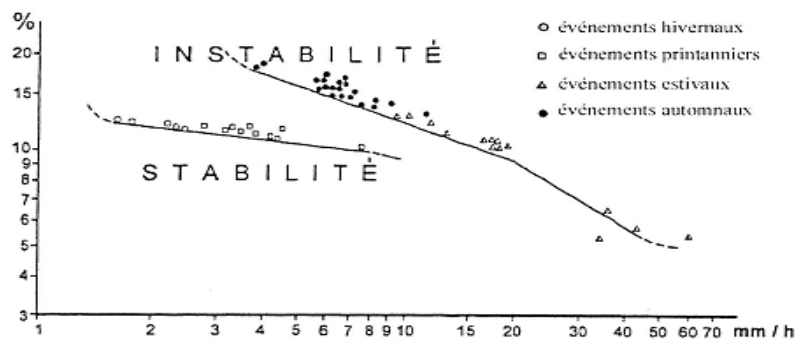


Figure I.7 : Relation entre le déclenchement de glissements de terrain dans les formations superficielles et les paramètres hydrologiques : intensité horaire de l'événement pluviométrique et hauteur de pluie cumulée de l'événement en pourcentage du module pluviométrique annuel [9].

➤ Les séismes :

La mise en vibration des éléments du sol et la modification des conditions de pesanteur peuvent être aussi à l'origine de la déstabilisation des masses en place. Par l'action de ces vibrations, les différents terrains ondulent selon leurs propres caractéristiques. Mais si l'énergie du séisme est supérieure à la capacité de vibration du terrain, alors celui-ci devient instable et casse. D'où la création de nouvelles fractures qui peuvent amener à des glissements de terrain. Il faut aussi analyser le comportement du terrain face aux ondes sismiques. En effet, si le terrain est granuleux avec une forte concentration en eau, l'action des ondes sismiques provoque un phénomène de liquéfaction. Le sol va alors se comporter comme un fluide et cela donnera lieu à un glissement de terrain si la pente du versant est suffisante [7, 6].

➤ **Influences thermiques**

Beaucoup d'entre eux sont liés à des facteurs climatiques ou thermiques. La glace souterraine est associée à bon nombre, sinon à la plupart des glissements de terrain dans les sédiments glaciaires exposés au dégel. La fonte non seulement réduit la cohésion mais peut encore réduire la force de friction du sédiment, surtout si le volume de la glace dépasse la porosité. L'eau engendrée par le dégel tend à s'échapper, mais tant qu'elle ne l'a pas fait elle soutient le poids des sédiments de pente, ce qui diminue la friction entre les particules du sol.

### **1.3.2 Les causes externes**

➤ **La modification de l'hydrologie :**

La modification de l'hydrologie par une activité humaine peut créer des zones à risques nouvelles suite à une mauvaise gestion de l'eau qui peut être l'origine de glissements : l'eau peut s'accumuler dans les terrains jusqu'à provoquer une avalanche de boue, rapide, destructrice et incontrôlable.

➤ **La modification du relief :**

- Par les opérations de terrassement : Lors des chantiers de construction, les opérations de terrassement peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied stabilisatrice d'une masse de terrain, ou bien -augmenter la pente d'un versant composé de matériaux pas assez cohérents pour cette nouvelle topographie.
- **Par érosion :** Le ruissellement vers les cours d'eau engendra des crues violentes et dévastatrices. Combinées à des facteurs d'origine naturelle ou anthropique, ces crues engendrèrent un relèvement du niveau des cours d'eau qui provoqua des inondations extraordinaires et une action érosive variable selon les lieux. Dans de nombreux cas où l'érosion fut particulièrement sévère, le lit des cours d'eau a été profondément modifié, sur creusé et parfois même complètement déplacé. Ce phénomène a conduit à la formation de nouveaux talus présentant des conditions géométriques très instables. En réponse uniquement aux changements de géométrie provoqués par l'érosion. À certains endroits où il y a eu érosion majeure des berges, l'enlèvement de sol a engendré une décompression des dépôts argileux. Ce phénomène a provoqué une diminution des pressions d'eau interstitielle, ce qui a permis à des talus de supporter momentanément des pentes très raides. La diminution de la résistance au cisaillement des sols, consécutive au



rétablissement des pressions d'eau, a conduit localement au développement de ruptures de talus. Ces talus, dont le facteur de sécurité avait passablement diminué a cause des changements a leur géométrie, devenaient exposés a des risques élevés de glissements de terrain qui auraient pu être déclenchés ultérieurement par des variations saisonnières normales des conditions d'eau souterraine [6, 5].

➤ **Le déboisement :**

Les arbres sont des éléments stabilisateurs par leur action de drainage du versant et l'ancrage des racines qui 'emprisonnent' le terrain, réduisant l'érosion. A l'inverse, les arbres de hautes dimensions peuvent avoir une influence néfaste par leur prise au vent (effet bras de levier) notamment en saison cyclonique. Le compromis idéal est l'élagage régulier des arbres proches de la crête du talus.

➤ **La surcharge du versant :**

Le remblaiement engendre une surcharge pouvant déclencher ou aggraver un glissement. De même il entraîne un tassement du sol et ainsi une diminution de la perméabilité, amplifiant l'instabilité. Les surcharges sur le versant ( remblais , construction ...) sont défavorables, car elles forment un moment moteur à l'apparition d'un glissement (apport de poids). Par contre en pied de glissement, les surcharges sont stabilisatrices (création d'une butée de pied).

### I.3.3. Les effets du phénomène :

Du fait des fissures, des déformations et des déplacements en masse, les glissements peuvent entraîner des dégâts importants aux constructions. Leur évolution provoque la formation de niches d'arrachement d'ampleur pluri métrique, des poussées des terres incompatible avec la résistance mécanique des structures fondés dans de tels sites (figure I.8), etc.. ces effets peuvent engendrer la ruine complète des constructions en mettant en jeu les vies humaines.

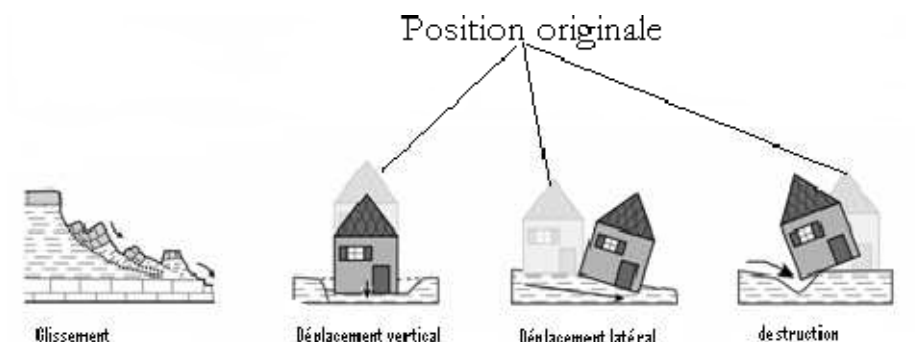


Figure I.8 : schéma illustrant les déformations possibles par un glissement  
[Photo source Léone et al, 1996].



a. Glissement a Ouled Amieur, Jijel  
Algérie.



b. Glissement de Surte en Suède, 1950  
[www.answers.com]



c. Construction partiellement détruite, Seca  
Venezuela 1999, [www.answers.com].



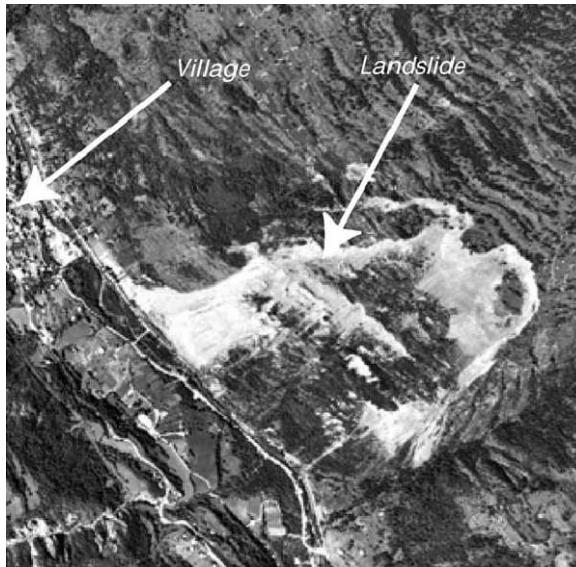
d. Déplacement des constructions, Quebrada  
Vargas, Venezuela 1999[http://pubs.usgs.gov/].

Figure I.9 : Exemples des effets du phénomène.

Les tableaux I.1 , I.2 et les figures jointes illustrent les glissements les plus catastrophiques dans le monde et en Algérie et donnent une idée sur les conséquences générés par le phénomène du glissement.

Date	lieu	Type	Conséquences
1756	Chine	Glissements de terrain	100 000 victimes (glissements dus a un séisme)
1881	Suisse	Éboulement en grande masse	10 millions de m <sup>3</sup> de matériaux détruisent la ville d'Untertal et une partie de celle d'Elm, causant la
9 oct. 1963	Val Serpentine, Italie	Glissement de terrain	Inondation de 6 villages, 2 000 morts et 6 milliards de
28 juill. 1987	Val Pola, Italie (figure I.9.d)	Éboulement et glissement	30 a 40 millions de m <sup>3</sup> glissent du mont Zandila dans un lac, créant une vague qui cause 27 victimes
1988	Petropolis, Brésil	Coulées boueuses	160 victimes et 10 000 personnes évacuées
29 mars 1993	Équateur	Glissement de terrain	20 millions de m <sup>3</sup> de matériaux causent plusieurs dizaines de morts et entraînent la création d'un lac détruisant ainsi des voies
9 janv. 1994	La Salle-en-Beaumont, Isère	Glissement de terrain	1,3 million de m <sup>3</sup> de matériaux détruit 9 maisons et cause la mort
Déc. 1999	Vénézuéla (figure I.8.c et	Glissement de terrain	Des centaines de coulées boueuses tuent plus
Avril 2000	Remire-Montjolly, Guyanne	Glissement de terrain	10 victimes du glissement de la colline Cabassou
31 mars 2003	Chima, Bolivie	Glissement de terrain	Plusieurs centaines de disparus, 400 maisons ensevelies

**Tableau I.1 : Quelques effets spectaculaires des glissements des terrains à travers le monde.**



**a. Glissement de la Clapière [11]**



**b. Exemple d'un Glissement de terrain  
Au Canada 2001**  
[[www.gsc.nrcan.gc.ca/landslides/](http://www.gsc.nrcan.gc.ca/landslides/)]



**c. Glissement de terrain dans la ville de  
Nicolet, Canada 1955.**  
[[www.bilan.usherbrooke.ca/](http://www.bilan.usherbrooke.ca/)].





**d. Glissement de Val Pola, Italie, 1987 [www.books.google.com]  
Figure I.10 : Exemples de Glissements spectaculaires à travers le monde.**

Date du séisme	lieu	Conséquences
17 février 1949	Kherrata, Bejaia (Nord est de l'Algérie)	Des pertes humaines et des dommages importants suite a des glissements.
27 octobre 1985	La chaîne des Babors (nord)	De nombreux glissements et chutes de pierres se sont déclenchés.
18 août 1994	Mascara (nord ouest)	Certaines routes étaient bloquées suite a des glissements.
10 novembre 2000	Béni Ourtilane, Sétif (nord est)	Déclenchement de nombreux glissements.
20 mai 2003	Boumerdès (nord centre)	Les glissements ont généré des dégâts matériels très importants.
20 mars 2006	Laâlam, Bejaia (nord est)	Constructions endommagées ou complètement effondrées lors des glissements.

**Tableau I.2 : Exemples des effets des glissements suite à des séismes.**



**a. Glissement Smina: Vue sur l'escarpement et sur les 3 dalles d'une habitation****b. Glissement de Tizi : basculement d'une habitation****Figure I.11 : Exemples de glissements en Algérie.****I.4 Analyse de la stabilité :**

On peut classer les informations nécessaires à l'exécution des analyses de stabilité suivant les rubriques ci-après :

- ✓ géométrie de la pente,
- ✓ Forme de la surface de glissement
- ✓ état des eaux superficielles et souterraines,
- ✓ et résistance de la masse du sol.

Sur ces éléments, seule la géométrie de la pente peut être déterminée entre des limites étroites à partir de relevés du sol ou à l'aide de cartes établies en utilisant les techniques de photogrammétrie aérienne.

C'est par forages et explorations d'essai qu'on peut déterminer les situations des eaux superficielles et souterraines. Il est nécessaire de procéder à l'identification de toutes les couches du sol et de déterminer leur résistance en utilisant les procédés d'essai du sol. Il importe de prêter une grande attention aux couches inclinées, aux fissures, et à toutes les caractéristiques structurales susceptibles d'influer sur la stabilité. On déterminera également la position de la nappe aquifère et on recherchera toutes les informations renseignant sur son niveau maximal au cours de l'année.

L'analyse de stabilité d'une pente donnée ne saurait être précise. Lorsqu'on applique la méthode, on utilise, en effet, concernant le comportement des masses naturelles au cisaillement, certaines hypothèses qui sont rarement vérifiées dans la nature. La valeur principale d'une analyse de stabilité réside dans le fait qu'elle procure une méthode rationnelle permettant de juger des mesures à prendre pour réduire le risque d'une défaillance de pente.

L' calcul de stabilité réside dans la comparaison des forces ou des moments perturbateurs et des forces ou des moments de résistance,



Les méthodes de calcul de stabilité se classent généralement dans deux grandes catégories :

La méthode d'analyse globale : (Taylor, Caquot- Kérisel, ...)

La méthode des tranches sous différentes hypothèses :

- Sur les efforts intertranches (Fellenius, Bishop,...)
- Sur la ligne de poussée (JUNBU,...)
- Sur l'orientation des efforts intertranches (Spencer,...)
- Sur la répartition des contraintes le long de la ligne de glissement (Méthode des perturbations,...)

La Figure I.12 représente les caractéristiques essentielles du calcul de la stabilité pour une surface circulaire.

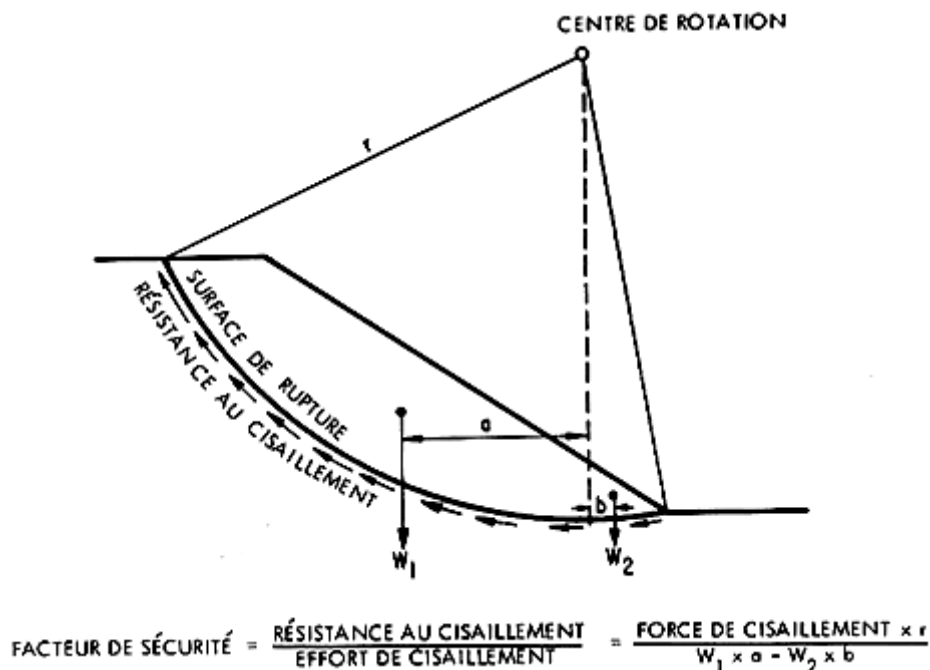


Figure I.12. Analyse de stabilité des pentes.

### I.5 Méthodes de confortement

Lorsque devient inapplicable la solution consistant à s'affranchir des mouvements de la pente instable sans les empêcher soit par l'implantation ou le déplacement de la construction en dehors de la zone en mouvement soit par la conception de l'ouvrage de telle sorte qu'il ne soit pas endommagé par le mouvement de terrain ( par exemple adopter un mode de construction de sorte que les fondations soient dissociées du sol en mouvement comme le montre la figure ci dessous

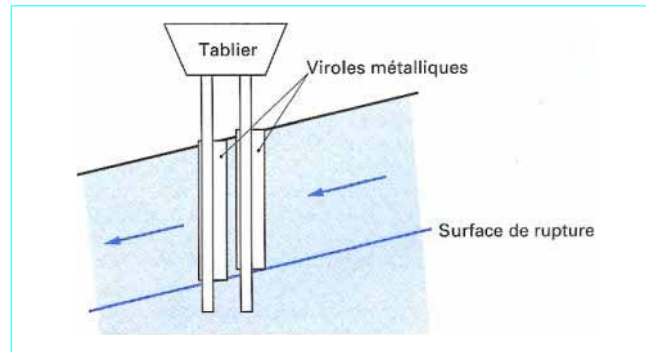


Figure I.13: Fondation sur pieux protégés par des viroles métalliques [2]

On est amené à conforter la pente avec l'une des techniques présentées ci-après.

### 1- Terrassements :

Les méthodes de stabilisation par terrassement agissent sur :

- l'équilibre des masses : allégement en tête (terrasser dans la partie supérieure. Il en résulte une diminution du poids moteur), remblai en pied d'un glissement (contrebalancement des forces motrices);
- la géométrie de la pente : (retalutage du terrain naturel, adoucissement de la pente moyenne)
- les substitutions partielles ou totales de la masse instable (remplacer par un matériau de meilleure qualité. reconstituer le profil du talus initial).

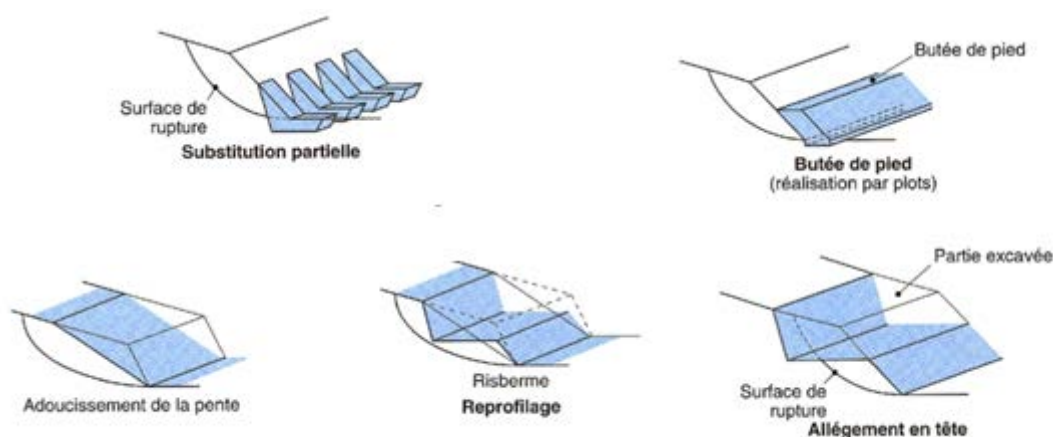


Figure I.14 : Différentes méthodes de stabilisation par terrassement [2]

2- **Le drainage** : Pour réduire les pressions interstitielles, au niveau de la surface de rupture, on s'efforce soit à éviter l'alimentation en eau du site, soit à expulser l'eau présente dans le massif instable par l'une des techniques suivantes :

- Collecte et canalisation des eaux de surface : (limiter les infiltrations dans le massif en mouvement).



Figure I.15 : Collecte et canalisation des eaux de surface

- Exécuter des tranchées drainantes : (pour rabattre le niveau de la nappe)

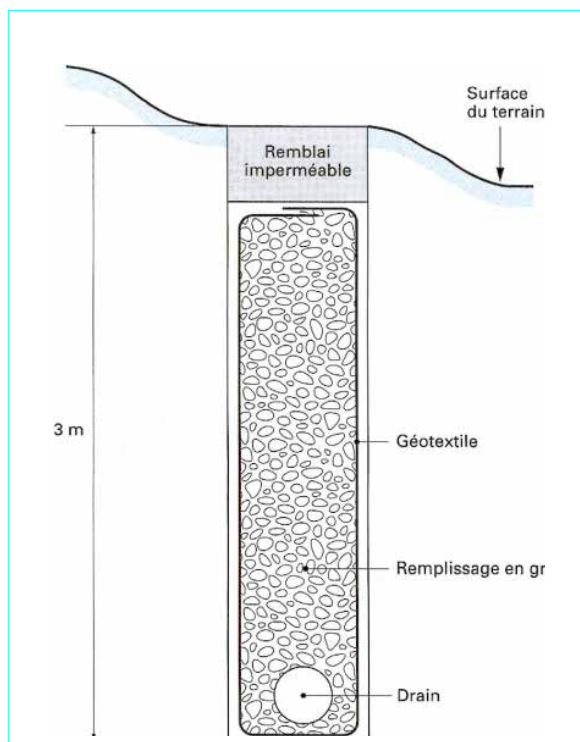


Figure I.16 : Coupe type d'une tranchée drainante [2]

- Prévoir des masques et éperons drainants (Pour annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante de terrain, et en plus d'apporter par leurs caractéristiques très frottantes un apport un gain de stabilité.
- Prévoir des drains verticaux, galeries drainantes (constituent un écran drainant)
- Prévoir des drains subhorizontaux : en réalisant de nombreux forages avec une faible pente sur l'horizontale (2 à 5°) et à y placer des tubes crépinés.

### 3- Introduction d'éléments résistants

- murs de soutènement ;
- tirants d'ancrage et murs ancrés :
- Renforcement par inclusions

1- clouages par des barres, des micropieux ;

2- rangées de pieux, de barrettes ou de profilés métalliques.

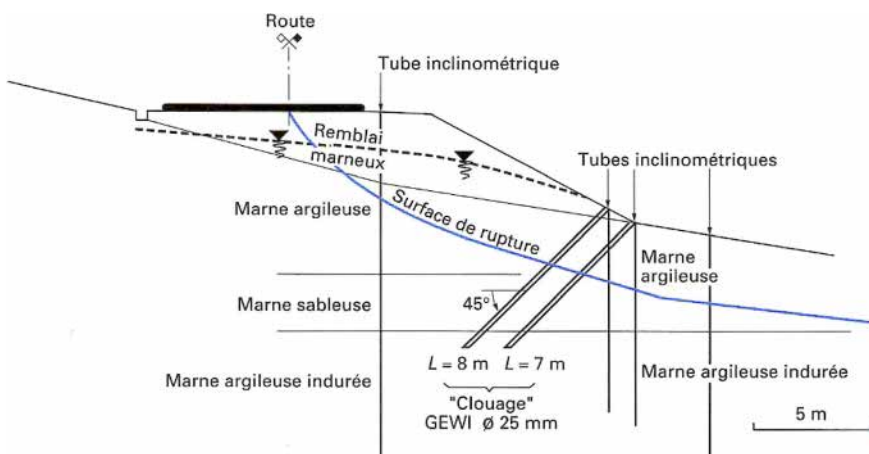


Figure I.17 : Exemple de clouage d'un glissement [2]

## 1.6 CONCLUSION

Les glissements de terrain constituent un risque permanent pour les terrains en pente, leur analyse est une opération complexe, tout comme les mécanismes qui en sont à l'origine, puisqu'elle nécessite une méthodologie souvent longue et délicate combinant reconnaissances in situ, instrumentation du site avec suivi de l'évolution des mouvements, modélisation géotechniques et phases de calculs. Les informations ainsi obtenues sont multidisciplinaires et se trouvent reportées dans des documents multiples et une consultation éventuelle pour évaluation du risque de

*glissement ou de recherche d'une solution de confortation est une tâche très laborieuse, mais elle devient si rapide si ces données sont collectées et classées dans une seule source.*

, monde. Leurs causes sont diverses entre naturelles et anthropiques, mais l'eau reste le facteur le plus défavorable, provoquant leur déclenchement, dans la majorité des cas, surtout en absence de la maîtrise du système de drainage ou encore de réseau de distribution d'eau.

## **LISTE DES FIGURES :**

**Figure I.1: Exemple d'un glissement de terrain**

**Figure I.2 Croquis et exemple illustrant les caractéristiques d'un glissement translationnel**

**Figure I.3 : Schémas types des causes de glissements plans**

**Figure I.4: Glissement circulaire dans les altérites (Saint-Jean-de-Luz)**

**Figure I.5: Schémas types de glissements complexes**

**Figure I.6 : Effets principaux des précipitations**

**Figure I.7 : Relation entre le déclenchement de glissements de terrain dans les formations**

**Figure I.8 : schéma illustrant les déformations possibles par un glissement**

**Figure I.9 : Exemples des effets du phénomène.**

**Figure I.10 : Exemples de Glissements spectaculaires à travers le monde**

**Figure I.11 : Exemples de glissements en Algérie**

**Figure I.12 : Analyse de stabilité des pentes**

**Figure I.13: Fondation sur pieux protégés par des viroles métalliques [18]**

**Figure I.14: Différentes méthodes de stabilisation par terrassement [18]**

Figure I.15 : Réalisation d'un système de drainage superficiel

Figure I.16 : Coupe type d'une tranchée drainante [18]

Figure I.17 : Exemple de clouage d'un glissement [18]

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [2] DURVILLE J.-L., SEVE G. (1996), Stabilité des pentes : Glissements en terrain meuble. Techniques de l'ingénieur, Vol.1, n° C254, pp. C254.1-C254.16.
- [3] COLAS G., PILOT G. (1976), Description et classification des glissements de terrain. Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, numéro spécial II Mars 1976, pp 21-30.
- [4] GOMINET S. (2005), Définitions et typologie des mouvements de terrain. Risques Infos : Les mouvements de terrain, institut des risques majeurs Grenoble, n° 16 juin 2005, pp 4-5.
- [5] Bilan de la collaboration du service de la géotechnique et de la géologie, direction du laboratoire des chaussées, ministère des transports du Québec (1999), Gestion des risques de glissement de terrain liés aux pluies des 19 et 20 juillet 1996 au Saguenay – Lac-Saint-Jean, 58p.
- [6] ABRAMSON L.-W., LEE T.-S., SHARMA S., BOYCE G.-M (1996), Slope stability and stabilization methods, A Wiley-interscience Publication, John Wiley & sons, inc, 629 p.
- [7] BUDHU M. (2000), Soil mechanics and foundations, John Wiley & sons, inc. New- York , 586p.
- [8] LAMBE T. W., WHITMAN R. V., (1969), Soil mechanics, Jhon Wiley& sons, inc,New York, 553p.
- [9] LE MIGNON G. (2004), Analyse de scénarios de mouvements de versants de type glissements-coulées, Application à la région de barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence, France).thèse de docteur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- [10] BIARAZ J., BOUCEK B., FLAVIGNY E. (1972), Fluage et glissement d'un terrain, Bulletin de l'association internationale de Géologie de l'Ingénieur, Paris, 1972, n ° 5, pp. 115 – 126.
- [11] CASSON B., DELACOURT C., BARATOUX D., ALLEMAND P., (2003). Seventeen Years of the ‘‘La Clapière’’ landslide evolution analysed from ortho-rectified aerial photographs Engineering Geology 68 p 123–139
- [12] Les mouvements de terrain (2004), Document d'information sur les risques naturels Majeurs édité par le ministère de l'Écologie et du développement durable, France.
- [13] BENDADOUCHE H., LAZIZI S. (2008), Pathologie des glissements de terrain (Région de Bejaia), Colloque National : Pathologie des Constructions : Du Diagnostic à la Réparation, Département de Génie Civil Université Mentouri Constantine - 25 et 26 Novembre 2008
- [14] MARMIR., KACIMI M., BOULARAK M., (2008), Les mouvements de terrain dans la région de Mila (Algérie nord-orientale) : impact sur les infrastructures, Revista de géomorphologie – vol. 10, 2008, pp. 51-56.
- [15] GUEMACHE M.-A. et al (2009), On a damaging earthquake-induced landslide in the Algerian Alps: the March 20, 2006 Laalam landslide (Babors chain, northeast Algeria), triggered by the Kherrata earthquake ( $M_w=5.3$ ), Natural Hazards, Springer Netherlands, 1573-0840 (online), www.springerlink.com.
- [16] Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, Plans de prévention des risques naturels prévisibles, Guide général, La Documentation française, Paris, 76 pages.



[17] Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1999, Plans de prévention des risques naturels prévisibles, Risques de mouvement de terrain, La Documentation française, Paris, 71 pages.

[18]

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau I.1 : Quelques effets spectaculaires des glissements des terrains à travers le monde.**

**Tableau I.2 : Exemples des effets des glissements suite à des séismes.**

### **Sites internet**

- ❖ <http://infoterre.brgm.fr/> - site d'information sur la géologie, l'eau et l'environnement.
- ❖ <http://www.bdmvt.net/> - base de données nationale mouvements de terrain.
- ❖ <http://www.bdcavite.net/> - base de données nationale des cavités souterraines.
- ❖ <http://www.argiles.fr> - base de données nationale du phénomène de retrait gonflement.
- ❖ <http://www.prim.net> - site sur la prévention des risques majeurs.
- ❖ <http://www.irma-grenoble.com> - site d'information sur les risques majeurs.
- ❖ <http://www.legifrance.gouv.fr> - site juridique, diffusion du droit.
- ❖ ([www.ensh.dz](http://www.ensh.dz))
- ❖ ([www.eso.gregum.univ-lemans.fr](http://www.eso.gregum.univ-lemans.fr)).

## 2- Acquisition des données :

Les données concernant les glissements touchent un grand éventail de disciplines, ce qui rend difficile la tâche de leur collecte. Plusieurs organismes et personnes ont été sollicités plusieurs fois et consultés fréquemment afin de rassembler les informations multidisciplinaires concernant les glissements actifs de Constantine:

- ✓ Le Contrôle Technique des Constructions de l'Est (CTC Constantine, M.C.BUORAIYOU)
- ✓ Le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est (LTPE Constantine)
- ✓ Direction de l'Urbanisme de Constantine (DUC)
- ✓ Experts et chercheurs ayant travaillé sur le sujet (BELOUAR.A, KOULOUGHLLIS, Université de Constantine)

Les documents consultés sont très variés dont on cite :

La carte géologique de la commune de Constantine

La carte de fracturation de la commune de Constantine

Les lectures géologiques faites par certains chercheurs intéressés par la zone

La carte topographique de la région

Le tableau des superficies des pentes de la ville de Constantine

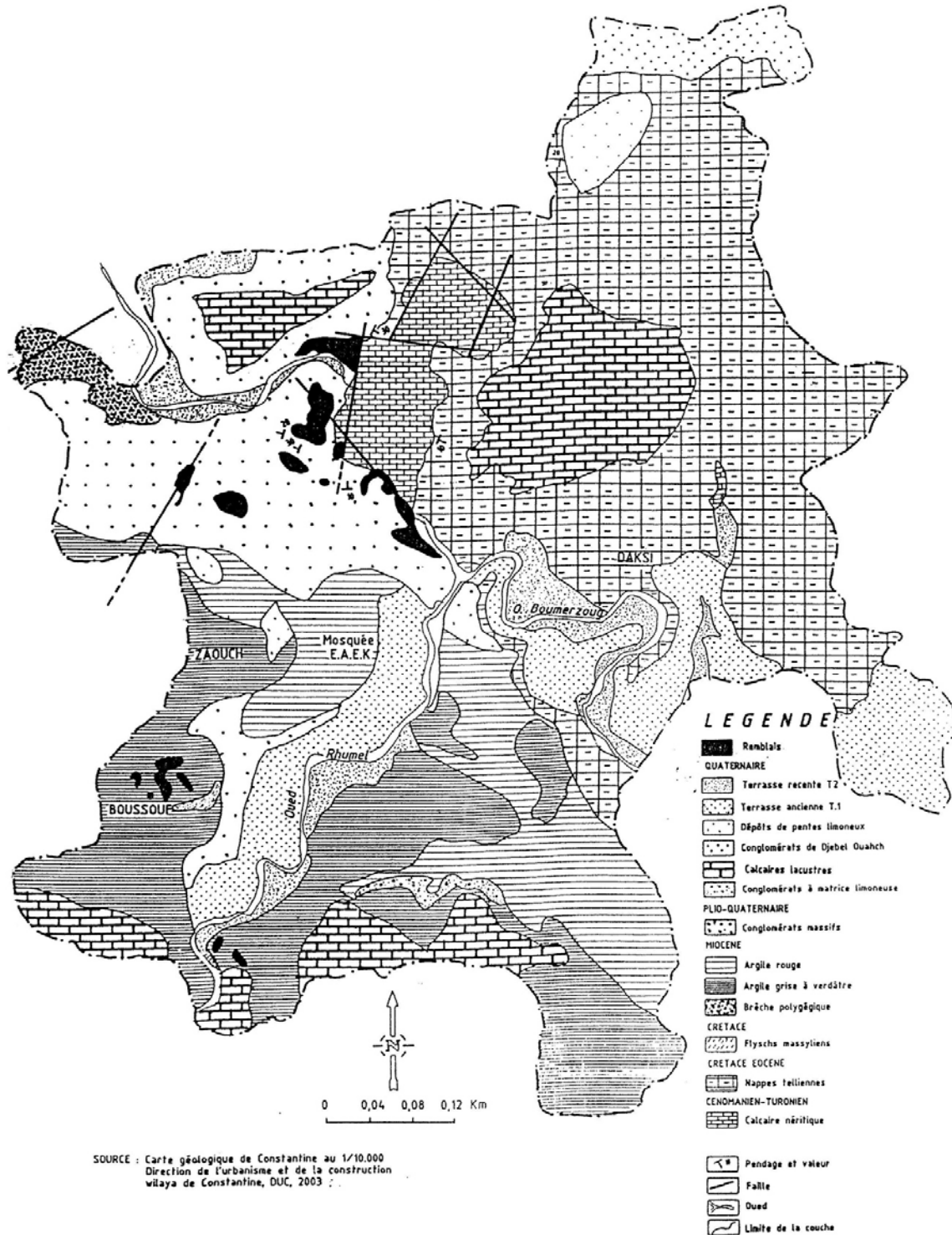
Les rapports des études de sol faites dans les différents sites soit pour des études courantes ou en vue d'une expertise vis à vis du glissement

Ces différents documents ont été traduits en des tables qui ont permis l'établissement du SIG

### **3- Présentation des données et informations collectées :**

#### **A- Données géologiques :**

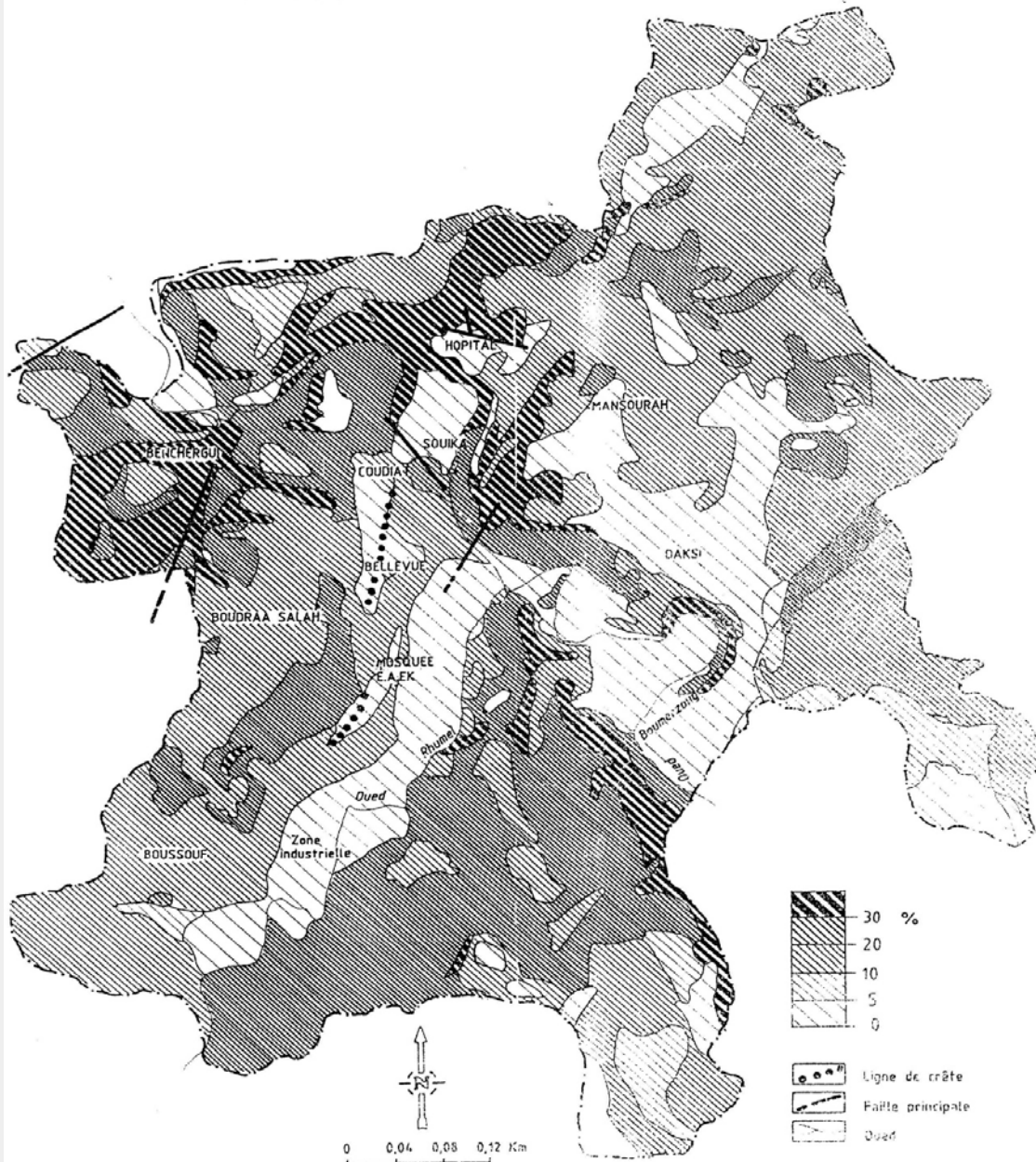
# CARTE GEOLOGIQUE DE LA COMMUNE DE CONSTANTINE



La carte géologique de la commune de Constantine et les lectures faites sur la géologie de la ville faites par

#### 4-La topographie :

CARTE DES PENTES DE LA COMMUNE DE CONSTANTINE



SOURCE : Carte des pentes de Constantine au 1/10.000  
Direction de l'urbanisme et de construction  
Wilaya de Constantine, DUC 2003

## 5- HYDROLOGIE

On distingue deux types de faciès.

- ✓ les eaux d'origine naturelle ;
- ✓ les eaux d'origine anthropique;

### **Eaux d'origine naturelle :**

#### **Les eaux souterraines :**

Les eaux peuvent être contenues dans les conglomérats et colluvions quaternaires qui paraissent suffisamment perméables et dans les niveaux lenticulaires grossiers du Miocène qui sont au contact avec les argiles miocènes.

Ces eaux jouent un rôle important dans les mécanismes qui conduisent aux fréquents mouvements gravitaires observés.

Les terrasses alluviales limoneuses sont aquifères dans la mesure où les eaux souterraines sont exploitées par quelques puits au près des zones instables de Constantine.

Les niveaux franchement argileux miocènes, sont par contre, de faible perméabilité à l'exception de leur frange superficielle, décomprimée et fissurée, qui peut alors contenir des nappes pelliculaires temporaires, notamment en période humide.

Cette présence d'eau est témoignée par les suintements d'eau à la base des murs de soutènement fondés dans les argiles et les sous-sols constamment inondés, observés dans plusieurs immeubles des zones instables. Elle est issue de l'infiltration des eaux météoriques, mais aussi de nombreuses canalisations défectueuses (assainissement, AEP).

La perturbation du réseau hydrographique par la construction favorise par ailleurs, la création de nombreuses aires de stagnation des eaux pluviales et par conséquent, une infiltration efficace des eaux et une augmentation des pressions interstitielles

#### **Les eaux superficielles :**

Le réseau hydrographique est constitué essentiellement par de très importants affluents réunis dans un cours d'eau principal : l'Oued Rhumel où la circulation des eaux se fait dans un chenal de 1,5 m de profondeur moyenne et de largeur très variable, allant presque de 4 m à 10m.

Le régime climatique tranché, en deux saisons contrastées, a une influence sur le cours d'eau, qui a un caractère agressif, excessif et irrégulier.

Le Rhumel façonne les zones d'accumulation actuelles, sape les berges et emporte ainsi des pans entiers de basses terrasses. Il creuse son lit dans des matériaux essentiellement peu cohérents, son action ne rencontre donc aucun obstacle, hormis au niveau des massifs calcaires ou des ensembles conglomératiques

#### **Eaux d'origine anthropique :**

Celles-ci comprennent les fuites sur les réseaux d'eau potable, et fuites de réseaux d'eaux usées ou rejets directs de celles-ci dans le milieu naturel :

#### **Les fuites des réseaux publics (AEP, EU) :**

On pourrait argumenter que les glissements de terrain sont à l'origine de ces désordres.

Toutefois, les désordres sur les réseaux affectent l'ensemble de l'agglomération, y compris, là où il n'y a pas de glissement. Il y a donc là un problème de vieillissement et de maintenance.

L'important programme de réhabilitation des réseaux prévu est une condition indispensable à la maîtrise des glissements

#### **Les rejets incontrôlés des habitations :**

Construites de façon illégales, soit directement vers les thalwegs, soit par le biais de dispositifs d'infiltration de type puits perdus.

## **L'HYDROGRAPHIE :**

Le groupement de communes est drainé par un réseau hydrographique important, constitué essentiellement de deux (02) Oueds principaux (Rhumel et Boumerzoug) et leurs affluents.

### **L'Oued Rhumel :**

Traverse les hautes plaines constantinoises selon une orientation Sud-Ouest /Nord-Est jusqu'au confluent avec l'Oued Boumerzoug et ensuite les gorges de Constantine.

Dans le bassin de Constantine il change de direction et coule vers le Nord-Ouest pour confluer avec l'Oued Endja. Le long de son parcours, il reçoit successivement, de l'amont à l'aval, l'Oued Boumerzoug et l'Oued Begraat jusqu'aux gorges du Khennng.

### **L'Oued Boumerzoug :**

Prend naissance dans la commune de Sigus, sous le nom d'Oued Kelb. Il coule dans une direction Sud-Est vers le Nord-Ouest jusqu'à sa confluence avec l'Oued Rhumel.

L'écoulement des eaux de tout le réseau hydrographique du groupement est exoréique, il se jette dans la mer méditerranée par l'intermédiaire de l'Oued El Kebir.

✦ Les eaux souterraines sont contenues dans les différentes formations des secteurs d'étude.

Dans les argiles miocènes, elles jouent un rôle important dans les mécanismes qui conduisent aux fréquents mouvements gravitaires observés dans l'aire d'étude.

Dans cette formation, leur frange a altérés et décomprimée est également susceptible de contenir des eaux pelliculaires, notamment en période humide. Cette présence d'eau est témoignée par suintements d'eau à la base des murs de soutènement fondés dans les argiles et les sous-sols constamment inondés, observés dans plusieurs immeubles au routes .elle est issue de l'infiltration des eux météoriques, mais aussi de nombreuses canalisations défectueuses

(assainissement,AEP).

La perturbation du réseau hydrographique par la construction dans les différents secteurs étudiés favorise par ailleurs la création de nombreuses aires de stagnation des eaux pluviales et par conséquent, une infiltration efficace des eaux et une augmentation des pressions interstitielles.

Dans les colluvions graveleuses, encroutées dans le secteur de Boussof, quelques suintements observés à leur base (au contact avec les argiles miocènes), témoignent de leur perméabilité.

Les terrasses alluviales limoneuses sont aquifères dans la mesure où les eaux souterraines sont exploitées par quelques puits dans la zone industrielle de Constantine.





**Figure II.8 Stagnation d'eau (non polluée) provenant d'un aquifère recoupé par le terrassement du talus amont de la Mosquée (Constantine).**

## **6- CLIMAT :**

Nous avons retenu dans l'analyse des caractéristiques climatiques deux éléments qui sont : la pluviométrie et les températures.

### **La pluviométrie :**

Nous utilisons une série pluviométrique récente qui s'étale du : 1 /1/1975 au 31/12/2004 de la de l'organisme national de la météorologie O.N.M de Ain el Bey ( $X=6^{\circ}.40'$ ,  $Y=36^{\circ}.45'$   $Z=6^{\circ}.00'$ ), la ville de Constantine est située entre une zone dont les pluies annuelles comprises entre 500-600 mm et 600-700 mm {Source : ONM (2004)}.

### **Les températures :**

Nous avons utilisé les données disponibles à la station de l'organisme national de la météorologie ONM de Ain el Bey Constantine pour une période qui s'étale de 1980-2004, en mettant en évidence les propriétés thermiques suivantes :

- Une température moyenne annuelle de  $16^{\circ}\text{C}$  dont la température moyenne mensuelle de Novembre à Mars est inférieure à cette valeur, par contre elle est supérieure à ce seuil pour la période qui s'étale d'avril à Octobre, donc nous avons deux saisons thermiques bien distinctes, une froide et une autre chaude.



- Les minimas absolus montrent que 6 mois sur 12 ne dépassent guère 10°C avec cependant un pic de 19°C en Août. En revanche
- Les maximas sont plus importants, d'où la valeur extrême atteint 34°C au mois de juillet et d'Août

En conclusion la grande valeur d'amplitude saisonnière des températures, traduit bien la transition brutale des basses températures hivernales aux fortes températures estivales

### **7-Données géotechniques :**

Des Sondages et des essais in situ et au laboratoires effectuées en des endroits différents des différentes zones de glissement portant sur les caractéristiques physiques des matériaux des différentes couches permettant ainsi de construire une idée sur la nature des couches , leur perméabilité, leur état de densité ou de plasticité, et sur les caractéristiques mécaniques notamment la résistance au cisaillement caractérisé pr les deux paramètres angle de frottement et cohésion, en annexe on donne des tableaux contenant ces différents paramètres

### **Conclusion**

Les premières constatations, concernant l'aire d'étude, nous ramènent aux résultats suivants:

- a) L'ensemble des sites étudiés se caractérise essentiellement par des formations hétérogène détritiques, a dominantes argileux de type argilo-marneuses. Conjuguées au facteur eau, favoriseraient des glissements de terrains superficiels.
- b) Dans les différents sites d'étude l'action déstabilisatrice de l'eau infiltrée dans le sol (précipitation ou fuites d'eau des réseaux A.E.P, et d'assainissement défectueux) est très important, même s'il n'est pas unique.

## **LISTE DES FIGURES :**

**Figure II.1: Glissement du Ciloc affectant le bâtiment B qui se fait de l'Est vers l'Ouest en direction de la route national**

**Figure II.2 Mur de soutènement décollé et nombreuses maisons endommagées dans le voisinage. Et Cisaillement de poteaux porteurs et basculement du bâtiment. (Bellevue Nord)**

**Figure II.3 Dégradations diverses au sommet du talus de la Mosquée. Ms = Mur de soutènement basculé F<sub>s</sub> = Fissuration de constructions récentes (clinique)**

**Figure II.4: Glissement du Chemin Forestier et du pont de Sidi Rached affectant les formations telliennes qui se fait d'Est en Ouest dans la direction de l'oued Rhumel**

**Figure II.5: Vue d'ensemble du site de Boussouf**

**Figure II.6 : Carte géologique de la Commune de Constantine**

**Figure II.7 : Carte des pentes de la commune de Constantine**

**Figure II.8 : Stagnation d'eau (non polluée) provenant d'un aquifère recoupé par le terrassement du talus amont de la Mosquée (Constantine).**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

[18] Derouiche, A. (2006). Contribution de la Géophysique et de la Photo-interprétation a l'étude de l'instabilité de terrains dans la région de Constantine. Magister. Univ. Mentouri. p.140.

[19] Abidi M. et El Hadi M. (1998). Glissement de terrain : Immeuble Ciloc. Journ. Etud Gliss. Ter. Constantine. Univ. Constantine

[20] Amireche H. Bennabas C. et Marmi R. (1998). Cartographie des risques liés aux glissements de terrain dans la commune de Constantine. Journ. Etud Gliss. Ter. Constantine. Univ. Constantine.

[21] Amireche H., Bennabas C. et Marmi R (1998). Néotectonique, linéament et glissements dans le Constantinois. Journ. Etud Gliss. Ter. Constantine. Univ. Constantine.

[22] BELOUAR A., BOULFOUL A., SERIDI A., VINET L., MONGEREAU N. (2004), Détermination des caractéristiques géotechniques d'une zone potentiellement instable (cas de Boussouf, Constantine, Algérie), Actes du Colloque International de Géotechnique, Beyrouth. 19-22 mai 2004. pp 799-804.

[23] Boughacha et al (2003): Sismicité en Algérie de 1790 à 2000: mecanisme aux foyers et vitesse de rapprochement inter – plaques, Bulletin des services géologique de l'Algérie, Office National de recherche Géologique et Minière Boumerdès Algérie.

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **Tableau II.1 : La superficie des pentes de la ville de Constantine**

#### **Site Internet:**

- ❖ [www.Constanine.free.fr/](http://www.Constanine.free.fr/)
- ❖ [www.huberttpeak.com/harrere/fractal.htm](http://www.huberttpeak.com/harrere/fractal.htm)
- ❖ [www.msp.gouv.qc.ca/secivile](http://www.msp.gouv.qc.ca/secivile)
- ❖ [http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/publications/reseau/geotechnique/gli\\_chap1.pdf](http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/publications/reseau/geotechnique/gli_chap1.pdf)
- ❖ [sst.mcan.gc/rran/proj1-fr](http://sst.mcan.gc/rran/proj1-fr)
- ❖ [www.urbanisme.equipement.gouv.fr/](http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/)
- ❖ [www.univ.Lemans.fr](http://www.univ.Lemans.fr)
- ❖ [edgtem.univ-Savoie.fr/archives/lgham](http://edgtem.univ-Savoie.fr/archives/lgham)

## Chapitre 3 : Etablissement d'un DIG de glissement de Constantine

### 3.1 INTRODUCTION

En raison de la variété des informations ayant effet sur le glissement, les SIG sont une aide indispensable pour intégrer différentes couches d'informations telles que la topographie, la géologie, l'hydrographie, les données géotechniques.

Ce chapitre présente l'établissement d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) sous *MapInfo* pour l'exploration de l'aléa de glissement de la ville de Constantine. Il présente la démarche suivie pour l'élaboration et l'utilisation d'un SIG de glissement.

Le SIG de Constantine est composé de plusieurs couches d'information de base (carte de zonage de glissement, carte de données topographiques et géologiques, cartes de données hydrogéologiques et cartes de données géotechniques).

Le programme (*mapinfo*) est utilisé pour le traitement et l'intégration de toutes ces informations pour produire des cartes permettant de mettre en évidence l'effet de chacun des paramètres influant sur le glissement.

### 3.2 Définition d'un système d'informations géographiques SIG:

D'une manière générale, un système d'information géographique peut être défini comme un environnement de gestion et d'exploitation d'une information à caractère spatial. Cet environnement permet l'exploitation des dimensions thématiques, spatiales et temporelles de l'information à des fins de description, d'analyse et de prévision de la réalité considérée [1].

Le cœur d'un tel système est une base de données qui concentre toute l'information sur la zone d'étude concernée, sous forme de différentes couches d'information ou plans d'information.

Le système informatique permet la saisie, le stockage et le traitement de données, ainsi que la présentation des documents finaux résultant des traitements [2]

➤ **Un système** (informatique) est une « Combinaison d'éléments réunis de manière à

formée un ensemble »

- **Information**, est un « élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué »
- **Géographique** est « relatif à la géographie ayant pour objet la description de la surface de la terre »

### **3.3 Présentation de MapInfo :**

Le système de gestion de base des données localisées MapInfo créé par MapInfo Corporation est un logiciel qui donne les moyens d'accéder et d'analyser des données d'intérêt organisationnel par la cartographie.

MapInfo, permet la découverte rapide des relations, tendances ou modèles qui autrement seraient passé inaperçus grâce aux fonctionnalités suivantes :

- Base de Données Relationnelle intégrée.
- Puissantes fonctions d'analyses thématiques et géographiques.
- Accès permanent aux données associées aux cartes.
- Accès direct aux données Access.
- Lecture directe des formats dBase, Excel, Access, Lotus 1-2-3 et ASCII délimité

Dans MapInfo, les données, qu'elles soient sous forme d'objets géoréférencés, de données statistiques ou d'images rasters, se trouvent dans des tables que l'on peut classer en deux catégories :

- **Tables non graphiques** : contenant des objets non graphiques (feuille de calcul Excel ou base de donnée), Ces tables peuvent provenir d'un autre logiciel, ou être directement créées dans MapInfo. Elles ne contiennent que des informations alphanumériques et ne peuvent être représentées, en l'état, sous forme de carte.
- **Tables graphique s**: contenant des objets graphiques (objet cartographique, image raster ou des objets vecteurs (les points, les lignes que l'on appelle poly-ligne et les polygones )).

Une table est constitué de plusieurs fichiers. On ouvre une table par le fichier .tab

Lorsque on ouvre un fichier de données dans Mapinfo, le programme créé une Table. Cette dernière comporte au minimum 2 fichiers distincts :

- \*.tab : ce fichier décrit la structure de la table (le format du fichier contenant les données).

- \*.dat ou \*.xls ; \*.wks; \*.dbf, \*.mdb. Ce fichier contient les données proprement dites.

Si les données contiennent des objets graphiques, la table contient 2 fichiers supplémentaires :

-\*.map ; ce fichier décrit les objets graphiques. - \*.id ; est le fichier assurant le lien entre les données et les objets.

Seuls les données brutes (points, traits, données alphanumériques) sont sauvegardées dans les tables. Pour permettre la sauvegarde de l'environnement de travail, c'est à dire, les différentes fenêtres ouvertes avec leurs tables, les couleurs associées aux objets, les cartes thématiques, la mise en page, les étiquettes., Mapinfo dispose d'une autre structure : les documents : \*.wor.

### **3.4 Le SIG de glissement de Constantine**

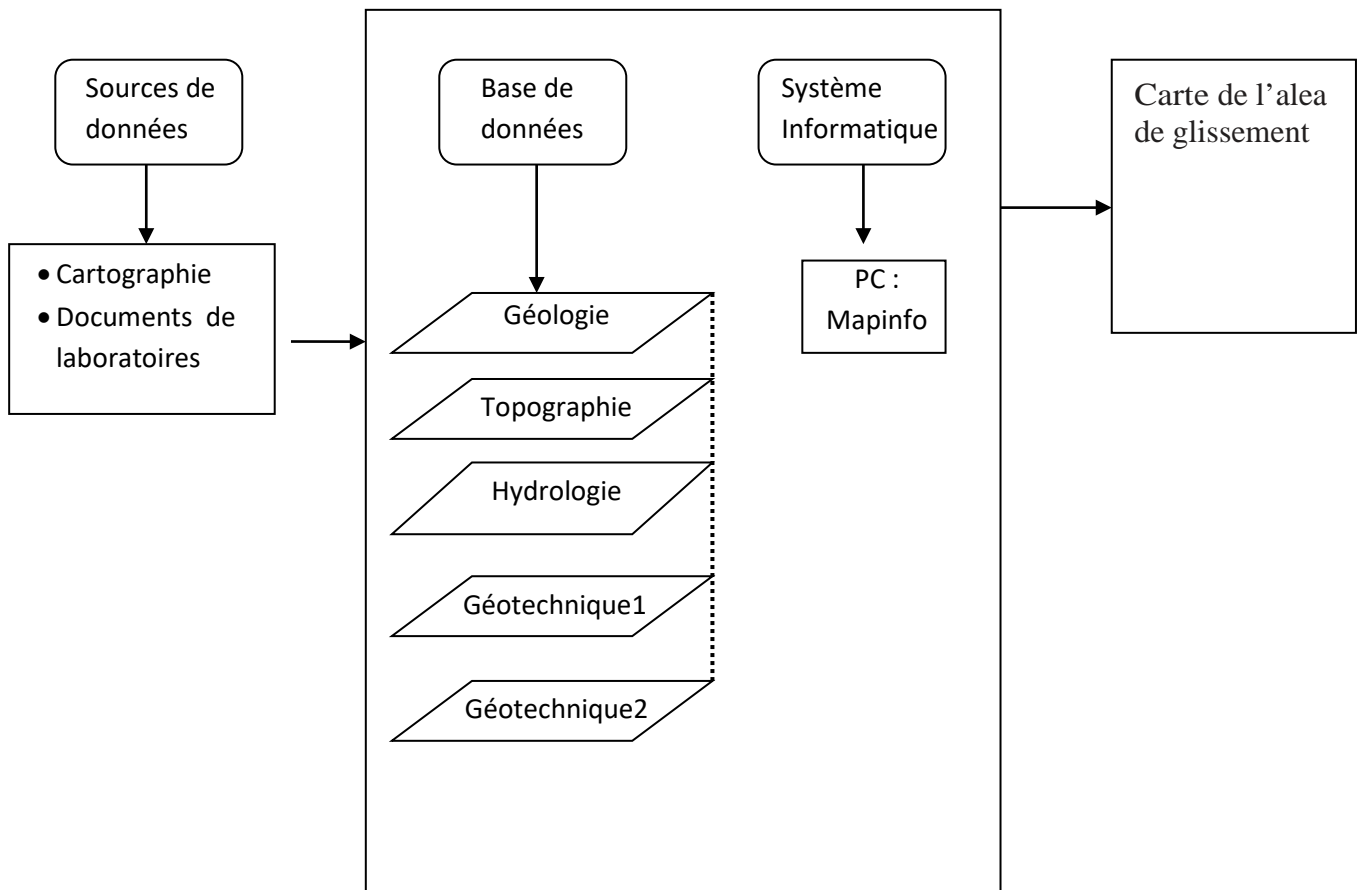
Le but de ce travail est de construire un SIG sous Mapinfo avec les données disponibles (base de données en forme de couches) et de l'utiliser pour produire des cartes montrant l'influence des paramètres de glissements sur le glissement de la zone

Le SIG de Constantine est constitué initialement de plusieurs couches d'informations de base. Elles sont utilisées pour effectuer des opérations afin d'obtenir des couches d'information dérivées. Ces différentes couches sont finalement utilisées en fonction de certains critères pour définir un modèle qui conduit à la production des produits finaux que sont les cartes montrant l'effet des facteurs de glissement

#### **3-4-1 Schéma global du SIG de Constantine**

Le SIG de glissement de Constantine est établi de la façon suivante (Fig : III ;1) :

A partir des différentes données collectées, et en se basant sur la carte de zonage de glissement de Constantine on construit les différentes couches du SIG en utilisant MapInfo, l'analyse de cette base de données ainsi construite permet de produire la carte de zonage de l'aléa de glissement.



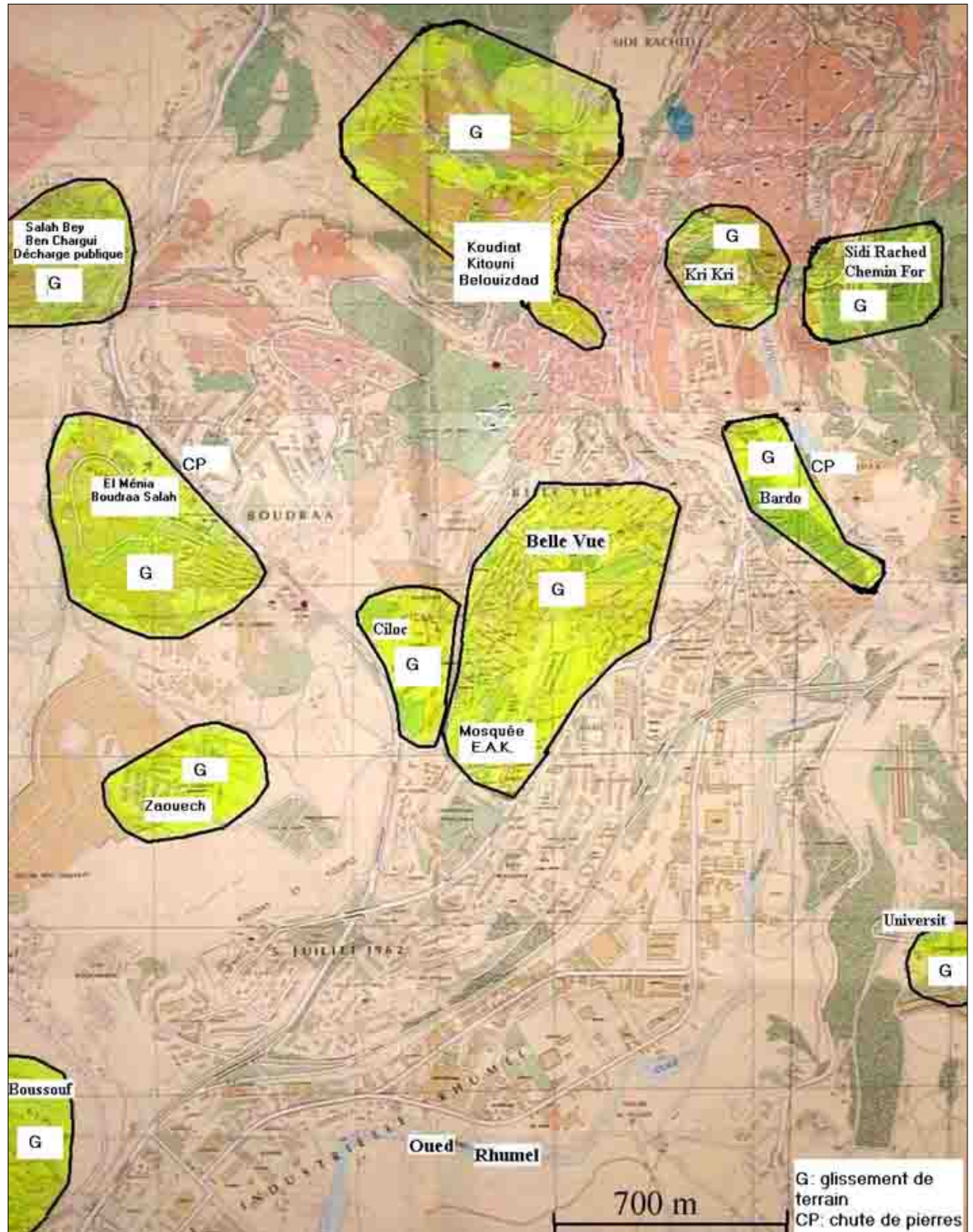
**Figure III.1 : Schéma général du SIG de glissement de Constantine**

### 3.4.2 COMPOSITION DU SIG DE CONSTANTINE

Les couches constituant le SIG de base sont :

#### **A- La carte de zonage de glissement de la ville de Constantine (couche ZONE) :**

La carte de zonage de glissement (figure III.2) que nous avons utilisée est empruntée de A. Belouar, Une comparaison des cartes de zonages disponibles montre que les ressources utilisées pour leur développement n'est qu'approximative notamment sur les limites des zones et leurs étendues ainsi que les données de leurs pentes.



**Figure III .2 : Catre de zonage de glissement de Constantine**

**B- La table de données géologiques (Couche Géologie):**

L'analyse de la carte géologique de la région ainsi que la consultation, la comparaison



et la critique des interprétations géologiques rapportées dans les rapports de reconnaissance de sols et de rapports d'un ensemble d'experts basés sur des sondages nous a permis de dresser le tableau ci-dessous dont lequel nous n'avons rapportés que les informations concernant les zones pour lesquels nous avons aussi les données géotechniques

Zone	Lithologie	Faïlles et Diaclasses
Belle Vue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- des remblais argilo-graveleux peu épais (0.5 à 1.5m),</li> <li>- des sables, graviers et argiles plastiques d'épaisseur très variable (de 1m à 10 m),</li> <li>- des argiles miocènes, denses et épaisses. Ces argiles passent en profondeur, aux niveaux béchiques classiques.</li> </ul>	D
Ciloc	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de remblais argilo-graveleux de 2 à 6m d'épaisseur,</li> <li>- des colluvions argilo-graveleuses de est de quelques mètres d'épaisseur similaire de faciès avec les remblais</li> <li>- des sables fins et graviers, puis des sables grésifiés et conglomérats bien cimentés faible pendage SE,</li> <li>- Des argiles rouges à verdâtres d'âge miocène, compactes, renfermant de fréquentes lentilles graveleuses et sableuses,</li> </ul>	D
Cité Bousouf	Remblais couches de conglomérat hétérogènes	D
Cité Zaouche	Argiles d'âge miocène	D
Mosquée EL-Emir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terre végétale et Remblais de 2 à 6 m d'épaisseur de nature argileuse,</li> <li>- Argile sableuse surmontant une couche de sable argileux</li> <li>- Argile sableuse limoneuse</li> </ul>	D
El-Menia	Remblais Marnes argileuse Marne conglomératique compacte dure Argile et marne graveleuse	F+D

Tableau III .1 : Données géologiques des zones de glissement

### C- Données topographiques (Couche Topographie):

Ces données doivent contenir des informations sur le relief de la zone, la pente, l'étendu du glissement etc. ... , mais nous ne disposons que des valeurs de pentes tirés d'une manière sommaire de la carte topographique de la ville ou extraites des descriptions faites dans les papiers décrivant les zones de glissements.

Zones	Pentes
Boussouf	10-20°
Belle vue	20-30°
Mosquée El-Emir	5-10°
Zaouche	20-30°
El-Menia	10-20°
Ciloc	20-30°

Tableau III.2 : Données topographiques

### D- Tables des données hydrologiques (couche Hydrologie) :

La consultation des différentes lectures faites sur de l'hydrogéologie de la ville montre l'existence de nappes souterraines à différents niveaux. En ce qui concerne les précipitations, malgré qu'elles sont modérées ces dernières décennies, les crues soudains estivaux ou hivernaux sont des déclencheurs probables de glissements vu le vieillissement ou l'insuffisance du réseau de drainage superficielle qui souffre de plusieurs endommagements marqués par des fuites allant jusqu'à 50%., En plus de ses informations on a ajouté les paramètres présentés ans le tableau ci joint qui permet de quantifier l'effet de l'hydrologie sur les glissements, dans cette table on a noté par

E : Existence ou non des eaux souterraines

Pr : Profondeur des eaux souterraines

Dr : Existence et état du drainage (Suffisant ou insuffisant)

Ach: Importance de la quantité d'eau acheminée vers la pente vue la topographie du lieu

IN : insuffisance

MF etF : Moyennement favorable ou favorable

Zone	Eaux souterraines			Eau de surfaces	Drainage	indice
	Ex	Pr	Dr	Ach.	Drainage	
Boussouf	O	Qq m	N	Moyen	IN	F
Belle vue	O	Qq M	N	Important	IN+Def	TF
El-Emir	O	Qq m	N	Important	O+Def	TF
Zaouche	O	Qq m	N	Moyen	IN	F
El-Menia	O	Qq m	N	Important	IN	TF
Ciloc	O	Qq m	N	Moyen	IN	F

Tableau III.3 : Evaluation des effets hydrologiques

**E- Table des données géotechniques (Couches Geotechnique1 et Geotechnique 2) :**

Les données géotechniques rapportées dans les rapports de reconnaissance de sol ont subi plusieurs opérations avant d'être compilées dans deux couches du SIG par MAPINFO, ces opérations sont :

- Calcul de certains paramètres nécessaires non spécifiées dans les rapports
- Suppression de résultats incomplets ou non cohérents (en considérant l'ensemble des résultats et la formation géologique)
- Le regroupement des sous couches présentant des caractéristiques semblables dans une seule couche afin d'homogénéiser le format des données des différentes sites

La première couche concerne les données permettant l'identification de la couche, son état de compacité ou de plasticité, sa teneur en eau et son degré de saturation . La deuxième couche concerne les données permettant d'estimer le comportement mécanique.

Pour ces deux tables nous avons utilisé la notation suivante : en premier le sondage exploité, ensuite le paramètre concerné et enfin la couche : par exemple pour la couche 1 sondage 1 on trouve les champs suivants dans la table Geotechnique1:

S1\_Ep\_C1 : Epaisseur de la couche 1 au niveau du sondage 1

S1\_W\_C1 : teneur en eau

S1\_WL\_C1 : Limite de Liquidité

S1\_WP\_C1 : Limite de Plasticité

S1\_IP\_C1 : Indice de plasticité

S1\_Sr\_C1 : Degré de saturation

S1\_GammaDé\_C1 : Densité sèche

Et ceux ci pour la table Geotechnique2

S1\_Cu\_C1 : Cohésion non drainée au niveau du sondage 1

S1\_PhiU\_C1 : Angle de frottement

S1\_P0\_C1 : Pression effective

S1\_PC\_C1 : Pression de consolidation

S1\_Cc\_C1 : Coefficient de consolidation

S1\_Cg\_C1 : coefficient de gonflement

### 3.5 Conclusion :

Les données dont nous disposons ont été triées, classées et traité de façon à faciliter la construction des différentes tables constituant le SIG et leur exploitation en vue de mettre en évidence de l'importance de chaque facteur de glissement dans le déclenchement des glissement de la ville d'une part et d'autre part d'essayer d'établir une carte d'aléa de glissement de la ville.

Le travail est enregistré dans le document Mem.wor, dont l'ouverture avec Mapinfo permet avec un simple cliquer sur une zone de glissement de consulter toutes les données concernant une couche d'informations choisies

semblent très peu et incomplets pour la construction d'un SIG permettant de gérer les glissements de la ville de Constantine, malgré ça nous pensons que

### Liste des tableaux

Tableau III.1 : Données géologiques des zones de glissement

Tableau III.2 : Données topographiques

Tableau III.3 : Evaluation des effets hydrologiques

Liste des figures

**Figure III.1 : Schéma général du SIG de glissement de Constantine**

**Figure III .2 : Cadre de zonage de glissement de Constantine**

Bibliographie :

[1]Collet C., 1992. *Systèmes d'information géographique en mode image*, Collection Gérer l'environnement, Vol. 7, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1992, 186 pages.

[2] Collet C., Caloz R., 1997. Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing in Aquatic Botany: Methodological Aspects. *Aquatic Botany* 58 (1997), pp. 209-228.

## **CHAPITRE 4 : Analyse et interprétation**

### **4.1 Introduction**

Dans ce chapitre nous allons utiliser les fonctionnalités du système d'information géographique (Application de critères tels par exemple la comparaison entre champs des tables du SIG pour la production de nouvelles tables ou cartes donnant une interprétation ou une classification désirée) pour la mise en évidence de l'importance de chacun des facteurs du phénomène dans son déclenchement ou sa réactivation et par suite tenter d'établir une carte de zonage de l'aléa de glissement.

### **4.2 Analyse des facteurs causant les glissements de Constantine :**

#### **4.2.1 : Démarches faites pour l'analyse :**

**Facteurs géologiques :** ils sont mis en évidence par l'exploitation de la table géologique en utilisant :

- La recherche dans les champs Litho pour savoir la présence de l'argile dans les couches lithologiques
- La comparaison des champs Litho pour savoir quelles sont les zones touchées par le phénomène d'alternance de couches conglomératiques perméables et des couches argileuses imperméables donnant conséquence d'amollir la surface de contact et affaiblir les caractéristiques de résistance au glissement et constituant ainsi une couche probable de glissement.
- la comparaison des champs Failles et Diaclases pour savoir quelles sont les zones dont le glissement peut être aggravé par ce phénomène

**Facteurs topographiques ou morphologiques:** Ils sont étudiés par l'exploitation de la table Topographie en utilisant

- Le tri du champ pente pour classer les zones selon la déclivité présentant une favorisation du glissement.
- L'outil statistiques sur la carte topographie pour savoir l'étendu du glissement.

**Facteurs liés aux caractéristiques géotechniques du sol :** Les tables utilisées pour cela sont les tables Géotechnique1 et Geotechnique2 en utilisant

- le critère de comparaison d'un champ à un autre selon une condition simple ou composée (Ici le champ contenant l'indice de plasticité IP Est comparée au champ



contenant la limite de liquidité WL selon la condition composée ( $0.73 \cdot (WL_{20})$  et  $WL > 50$ ) pour évaluer la plasticité de la couche du sol intéressé

- en appliquant aux champs contenant la cohésion  $C_u$ , l'angle de frottement  $\Phi_u$  et la pression  $P_0$  la relation de résistance au cisaillement  $\tau = C + \sigma \tan \phi$  pour évaluer d'une manière grossière la résistance au cisaillement de la couche concernée

**Facteurs hydrauliques :** la table utilisée est la table hydrologique et vu que les conditions souterraines sont les mêmes (Existence de nappes fréatiques à des faibles profondeurs et climat sec avec des crues saisonnières, la différence entre les couches réside donc dans l'importance des axes acheminés vers les pentes et l'état de drainage, le critère ainsi utilisé est

- Le tri des champs Ach et Drainage

**Facteurs liés à des travaux de terrassement** (Excavation au pied des pentes et remblais en pentes)

#### 4.2.2 : Lecture des cartes et tables dérivées :

**1 . Facteur géologique :** Ce facteur est fort présent pour toutes les zones étudiées, les couches argileuses constituent la majorité de la lithologie de ces zones, en plus pour les zones d'El\_Menia, Mosquée El \_Emir et Belle\_Vue, ces couches sont surmontées de couches de conglomérats (sable, gravier et argile marneuse) perméables permettant l'infiltration des eaux aux couches argileuses.

La fracturation sous forme de failles ou de diaclases locales touche notablement toutes les zones

La table dérivée 1 (Effet\_géologique) issue des tables déduites de sélections faites sur la table géologique et dont ci-dessous la carte correspondante explique l'influence de ce paramètre.

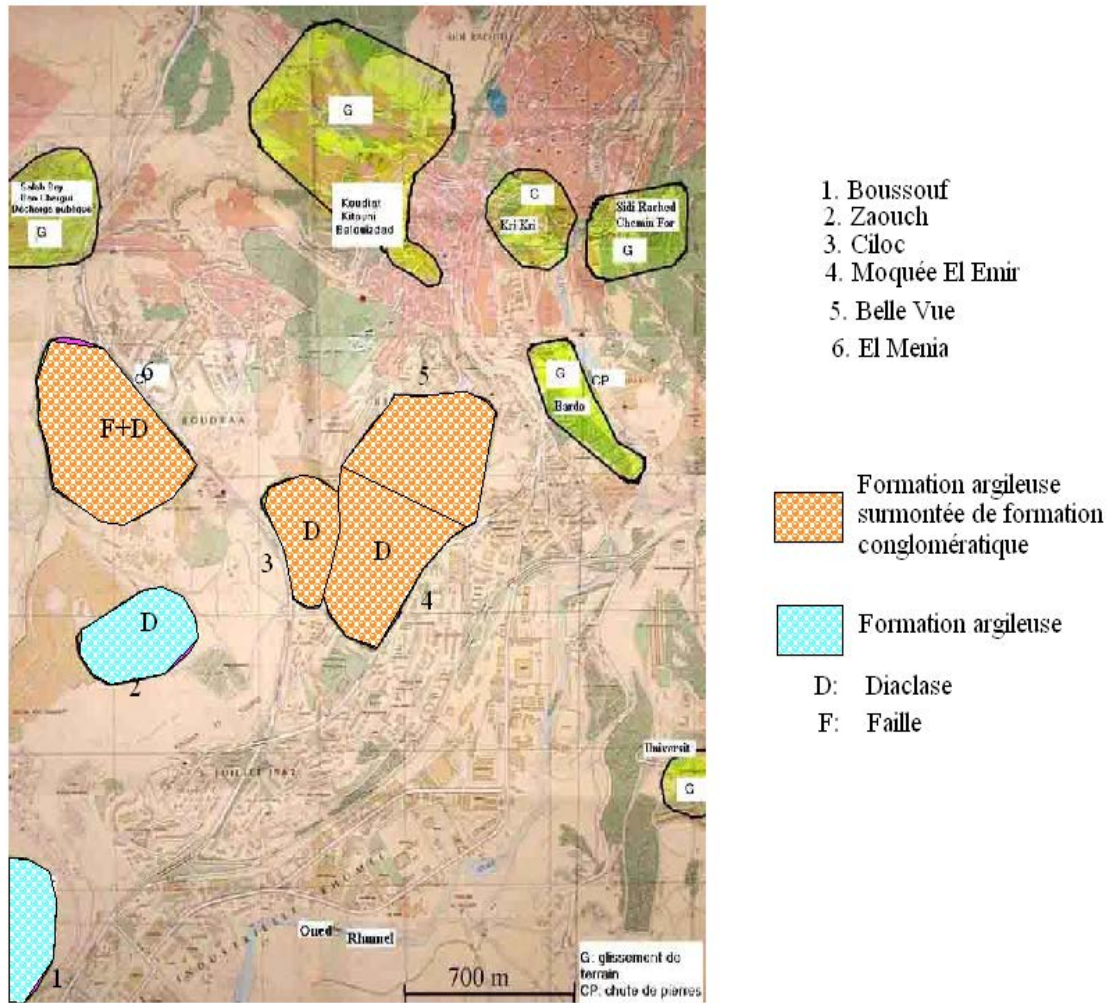


Figure 4.1 : Influence du facteur géologique sur les glissements de Constantine

**2. Facteurs Géotechniques :** ce facteur aussi est très fortement constatés presque pour la majorité des zones étudiées, en effet les couches argileuses et marneuses sont de très à moyenne plasticité, et présentent vu l'état de leur humidité une résistance au cisaillement moyenne à faible qui peut s'affaiblir en plus par des raisons hydrologique, la table dérivée 2 effet géotechnique issue des tables de sélection faites sur les tables géotechniques de base explique ce qui vient d'être dit.

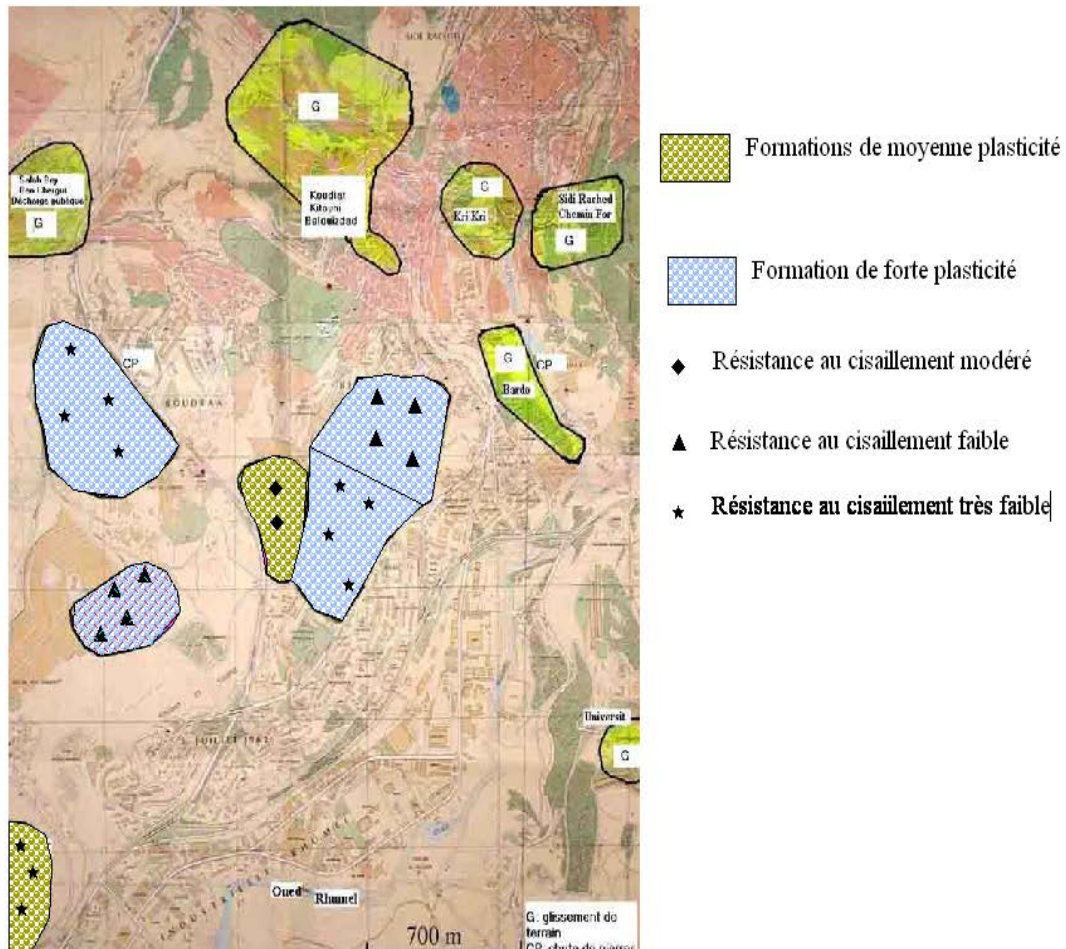


Figure 4.2 : Influence des caractéristiques géotechnique des sols sur les glissements de Constantine

**3. Facteurs topographiques :** Toutes les zones présentent un certain pendage suffisant pour laisser un glissement se produire, certaines zones présentent des pentes plus accentuées facilitant tout mouvement initié par une cause ou une autre la carte dérivée 3 (Effet Topographique) résume l'état de pendage des zones étudiées

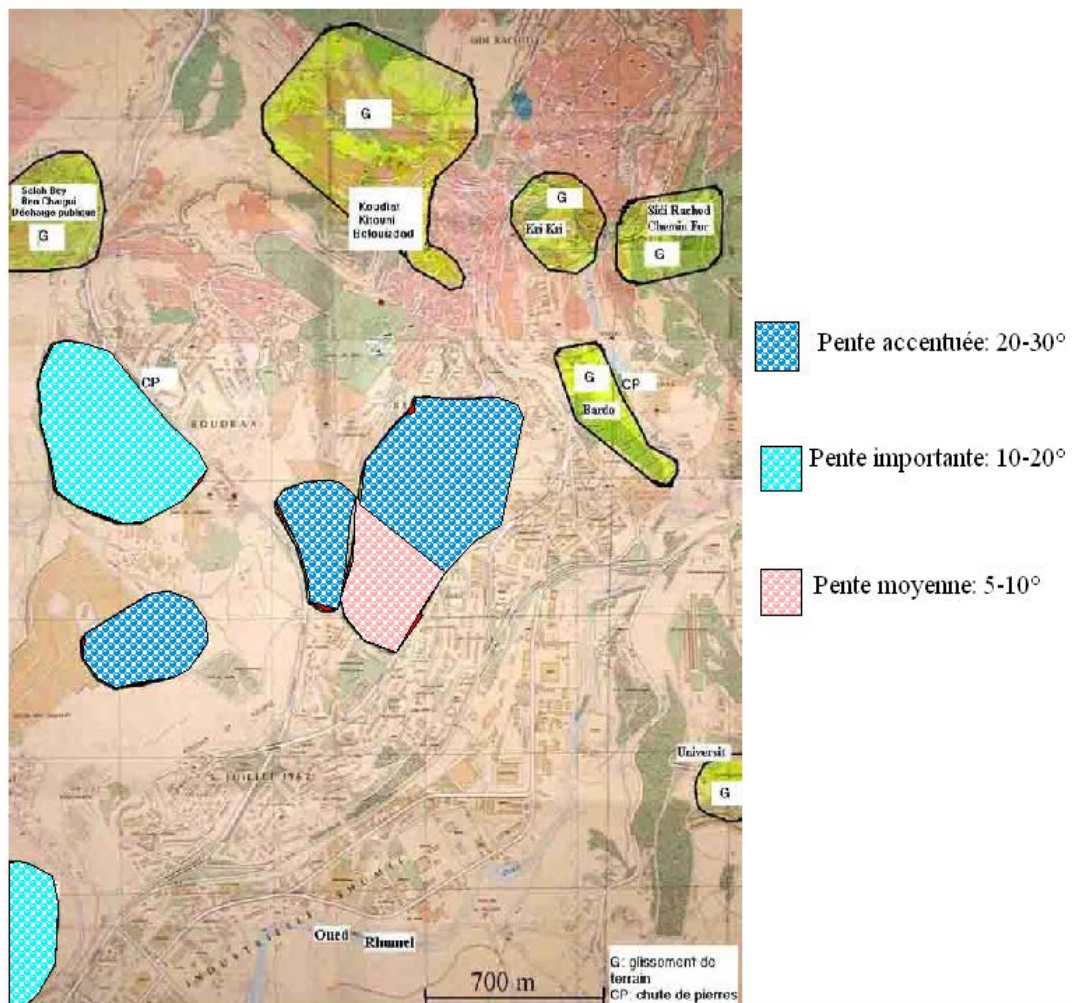


Figure 4.3 : Influence du facteur topographique

#### **4. Facteur hydraulique :**

Toutes les zones présentent l'existence de nappes phréatiques à différentes profondeurs, le drainage profond est pratiquement absent, la sécheresse qui a frappé le pays dans les dernières décennies a altéré les couches de surfaces en créant des fissures facilitant l'infiltration des eaux de surfaces mal contrôlées (soit à cause de la non collecte des eaux de pluies ou à cause des fuites des canalisations défectueuses) notamment pour les zones d'El\_Menia, mosquée El Emir et Belle\_Vue, à ces conditions s'ajoutent pour ces dernières zones le grand rayon de courbure qui marque les plateaux qui les surmontent et la morphologie de ces plateaux qui dégagent la grande quantité des eaux de pluie vers ces pentes. La table (Effet hydraulique) dont la carte correspondante ci-dessous présente l'influence de ce facteur pour les zones étudiées.



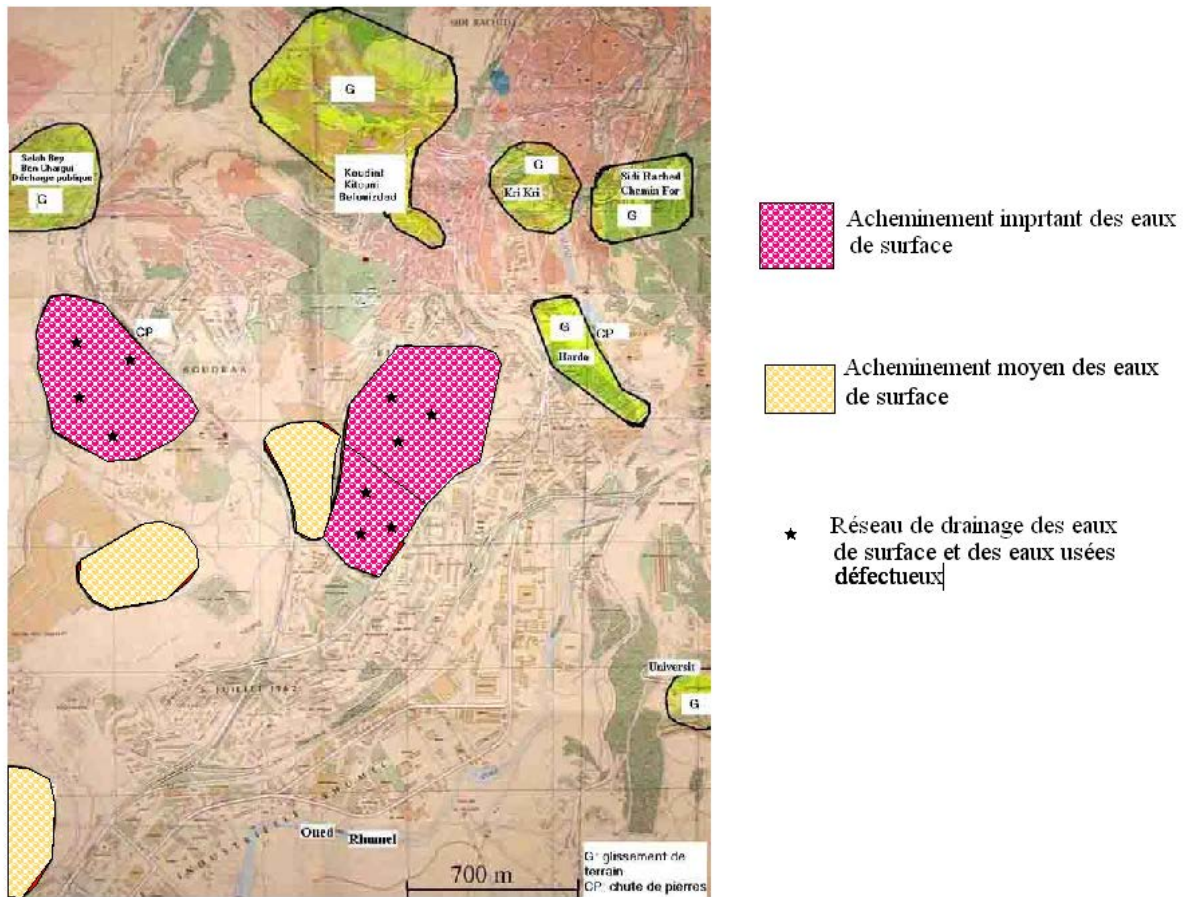


Figure 4.4 : Influence du facteur hydrologique

### 5. Facteur liés aux terrassements :

Certains des glissements de la ville ont connu le jour après des travaux de terrassement au pieds des pentes (Excavation dans la cité de Boussouf, terrassements lors de la réalisation de la mosquée d'El\_Emir dont le potentiel aux glissement s'est montré après la réalisation des terrasses ), le remblai en tête ou sur la pente touchent pratiquement toutes les zones et constitut pour la majorité d'elle un facteur favorisant.

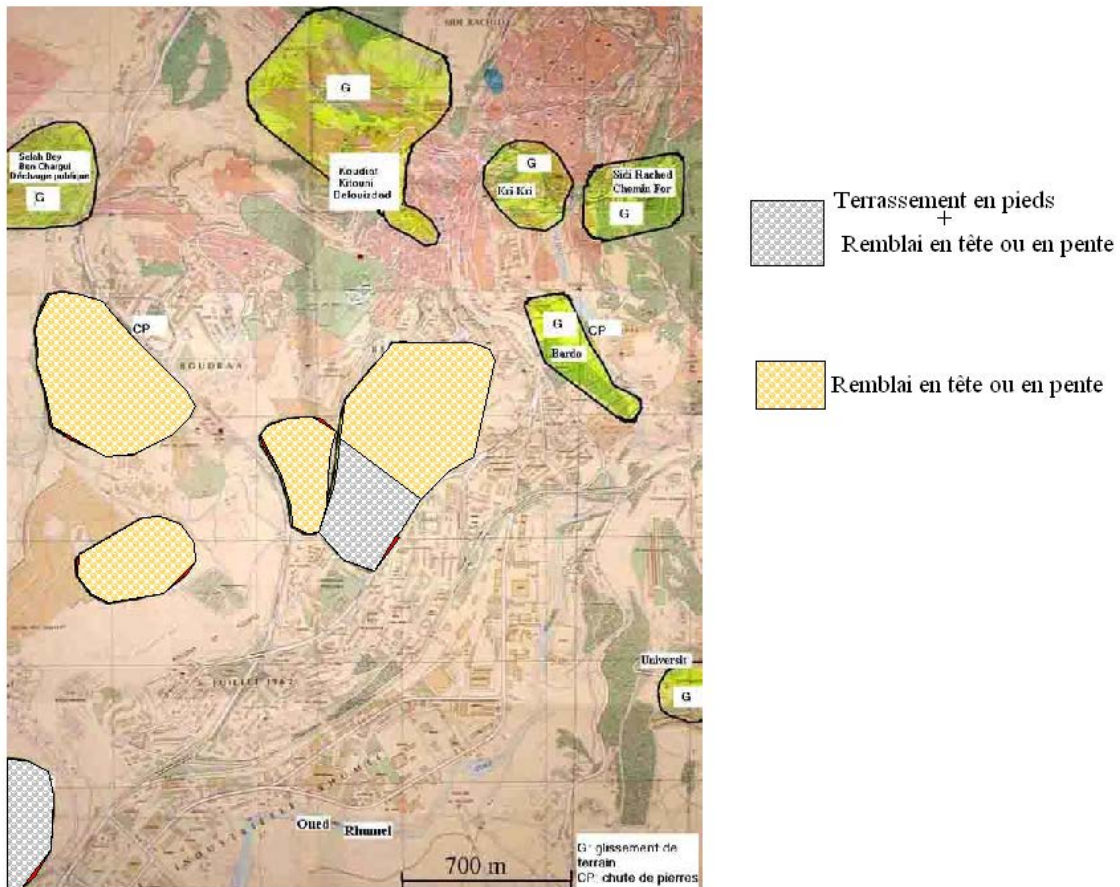


Figure 4.5 : Influence des travaux de terrassement

### 4.3 Carte de zonage de l'aléa de glissement

#### 4.3.1. Notion d'aléa

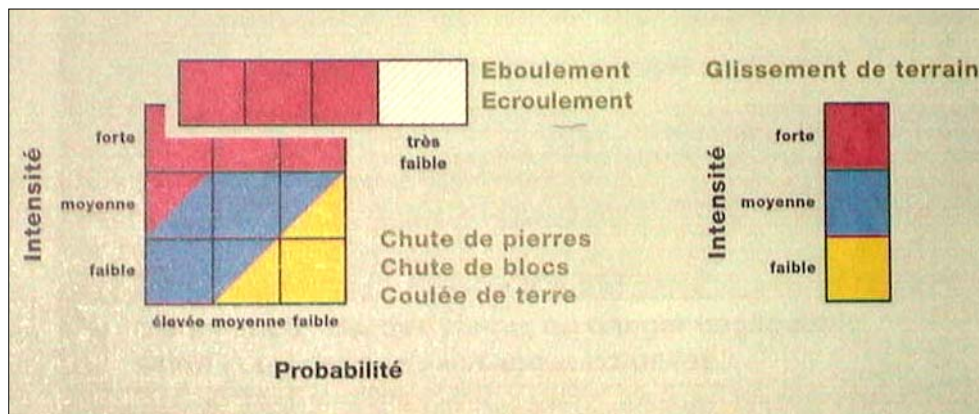
La catastrophe est une grave interruption du fonctionnement d'une société, engendrant de larges pertes humaines, matérielles ou environnementales que la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources propres [1]

L'aléa est un phénomène menaçant d'origine naturelle, anthropique ou mixte susceptible d'affecter un espace donné, en particulier, par la nature et la valeur des éléments exposés que cet espace supporte (hommes, biens, activités, etc.). Il se caractérise par sa nature, son intensité et sa probabilité d'occurrence [2], l'aléa est plutôt défini comme étant un événement menaçant ou probabilité d'occurrence dans une région et au cours d'une période donnée, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages. C'est donc un potentiel danger.



Dans ce qui suit, nous allons tenter de classifier les différents zones selon l'importance et le nombre de causes présentes afin d'aboutir à la carte de zonage de l'aléa de glissement

Pour ce faire, nous allons adopter l'organigramme suisse qui est utilisé pour décrire l'importance du degré d'intensité d'un glissement de terrain qui est matérialisé par trois couleurs qui sont le jaune (intensité faible), le bleu (intensité moyenne) et le rouge (intensité forte).



#### 4.3. Présentation de la carte de zonage de l'aléa

La carte des aléas est une démarche prospective, qui vise à analyser les causes des phénomènes et les indices associés en vue de prendre en compte la probabilité de survenance des phénomènes dans le futur.

La classification que nous proposons ici pour décrire l'aléa est de :

- Considérer qu'un aléa élevé (degré 3) indique que des événements pourraient se manifester avec une probabilité d'occurrence élevée, Cette probabilité d'occurrence est d'autant plus grande que plusieurs causes de glissements se réunissent dans une zone en tenant compte de la nature de la cause pour évaluer son danger . Les personnes

dans ce cas sont en danger aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments et la zone rouge correspond à une zone d'interdiction.

- L'aléa moyen indique que les personnes sont en danger à l'extérieur des bâtiments, mais peu ou pas à l'intérieur. Normalement l'on ne devrait pas s'attendre dans cette zone à une destruction rapide des édifices pour peu que les normes et code de construction y étaient respectées. Il s'agit plutôt d'une zone de réglementation et grâce à des mesures de précaution appropriées, les dommages peuvent être réduits.
- Le faible aléa matérialisé par la couleur jaune se trouve dans les zones de sensibilisation et le danger est faible pour les personnes et parfois même inexistant.

Nous regroupons dans le tableau 4.1 et pour chaque zone la présence de la cause et son intensité, nous affectons aux conditions intrinsèques des facteurs plus élevés que ceux des causes anthropiques vu que les premiers ne peuvent être éliminés tandis que les deniers un traitement facile et rapides peut les éliminer:

Nous affectons un facteur égale pour :

- L'alternance de couches perméables et non perméables : 3 pour les zones présentant une alternance vu le danger que présente cette alternance surtout en présence de couches superficielles altérées par la sécheresse qui dure plusieurs décennies et 1 sinon
- La plasticité de la couche : 3 pour les couches très plastiques, 2 pour les couches plastiques et 1 pour les couches non plastique
- Pour la résistance au cisaillement de la couche : 3 si elle est inférieure à ; 2 si elle est comprise entre ; et si 1 elle supérieur à
- Pour l'importance de la quantité d'eau acheminée liée à la surface du plateau et sa courbure 2 pour une quantité importante sinon 1
- La surface concernée par le glissement : Les zones de glissements sont classées dans deux classes : grands glissement avec un facteur 2 et petits glissements avec un facteur 1
- Le drainage superficielles : 2 pour une grande défaillance du réseau d'assainissement + absence de drainage en profondeur, 1 dans l'autre cas
- Pour les excavations aux pieds des pentes et les remblais en pentes : 2 si des travaux de terrassement ont été entrepris en plus du remblai 1.5 sinon



L'indice de l'aléa pour une zone est calculé en sommant le rapport du facteur de chaque paramètre à la valeur max du même facteur, Le degré de l'aléa est considéré faible si cet indice est inférieur à 0.4, moyen s'il est compris entre 0.4 et 0.7 et fort s'il est supérieur à 0.7 ce qui donne les indices reportés dans la dernière colonne du tableau 4.1 et permet de dresser la carte de l'aléa suivante.

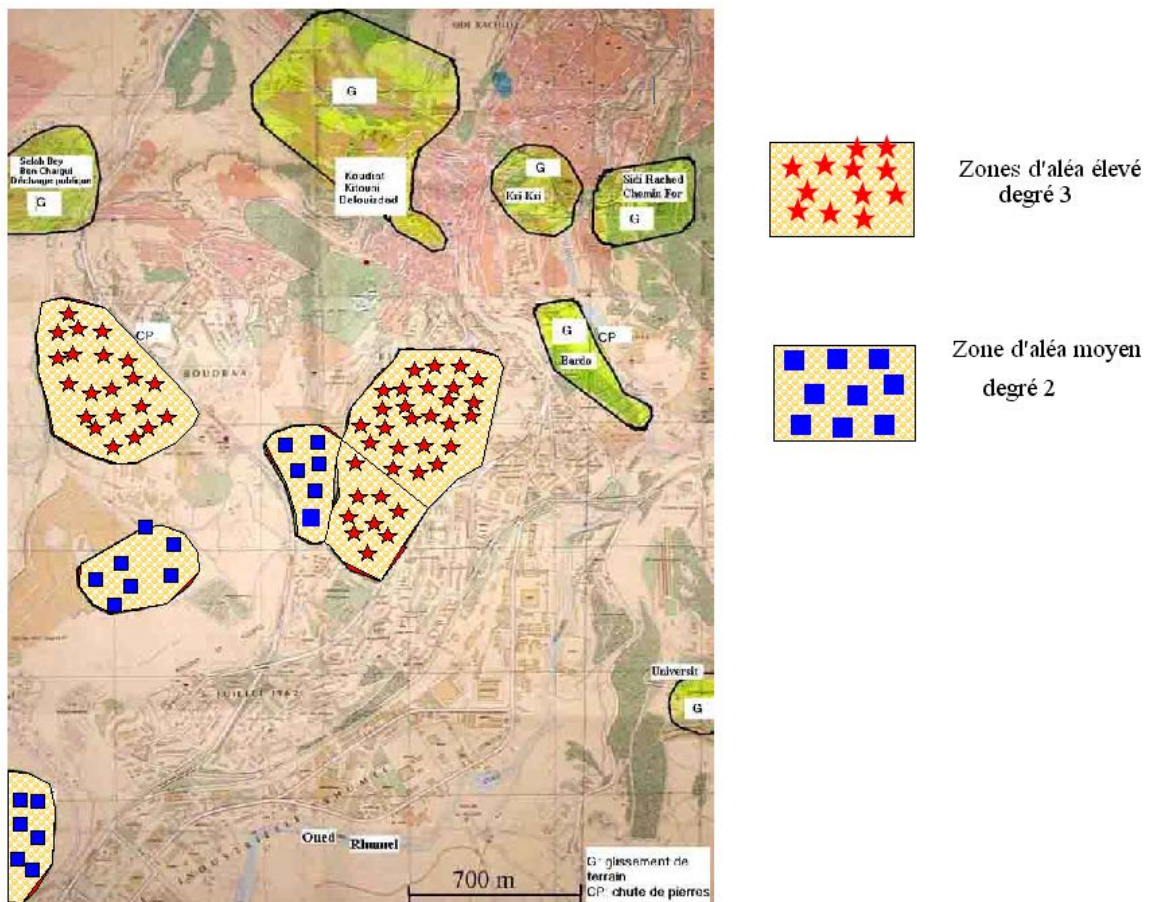


Figure 4.6 : Carte de zonage de l'aléa de glissement

Liste des tableaux :

Tableau 4.1 : Présence et intensité des facteurs de glissements dans les différentes zones

Liste des figures :

Figure 4.1 : Influence du facteur géologique sur les glissements de Constantine

Figure 4.2 : Influence des caractéristiques géotechnique des sols

Figure 4.3 : Influence du facteur topographique

Figure 4.4 : Influence du facteur hydrologique

Figure 4.5 : Influence des travaux de terrassement

Figure 4.6 : Carte de zonage de l'aléa de glissement

## Bibliographie

- [1] DHA (1992). Glossaire, IDNDR 1990-2000, Unated Nations. Dépar. Affai. Humanit. Geneva, December 1992.
- [2] D'Ercole R. et Pigeon P. (1999b) L'évaluation du risque à l'échelle internationale : méthodologie et application aux diagnostics préalables aux actions de préparation et de prévention des catastrophes, article à paraître dans la revue «Disasters».

Zones	Alternance	plasticité	R. cisaillement	Q. d'eau	Superficie	Pente	Drainge	Terrassement	indice
Boussouf	1	2	3	1	1	1.5	1	2	0.65
Zaouch	1	3	2	1	1	2	1	1.5	0.65
Ciloc	3	2	1	1	1	2	1	1.5	0.65
Mosquée El_Emir	3	3	3	2	2	1	2	2	0.94
Belle_Vue	3	3	2	2	2	2	2	1.5	0.92
El_Menia	3	3	3	2	2	1.5	2	1.5	0.94

Tableau 4.1 : Présence et intensité des facteurs de glissements dans les différentes zones

## Conclusions générales

En achevant cette petite recherche, je cite les conclusions suivantes :

1. L'utilisation du SIG pour gérer le phénomène de glissement est un travail qui impose sa nécessité vu la diversité, la complexité et l'immensité des sources d'informations liées à ce phénomène d'une part et les fonctionnalités performantes que présente le SIG dans le classement la classification le traitement et l'interprétation des données
  
2. Concernant le cas étudié, plusieurs facteurs sont réunis pour initier ou réactiver les glissements de la ville de Constantine :
  - La présence de couches argileuses et marneuses plastiques constitue la cause Numéro 1 du phénomène, ces couches ayant un pendage suffisant et qui pendant les longues périodes de sécheresse ont procuré une résistance au cisaillement suffisante pour rester en équilibre, mais qui n'est que critique puisque cette résistance est compromise dès qu'une venue d'eau fait jour dans ces surfaces, ce qui explique la réactivation de la majorité de ces glissements pendant les périodes de fortes pluies.
  - La présence de couches de remblai parfois épaisses et altérées en surface joue un rôle néfaste de par leur perméabilité qui d'une part augmente la charge du remblai et donc constitue une charge supplémentaire en tête qui finit par casser l'équilibre du massif et d'autre part permet l'infiltration aux couches argileuses plastiques
  - Les réseaux de canalisations et de drainage surfacique sont touchés dans la plupart des zones et constituent une cause supplémentaire d'aggravation du phénomène
  
3. Suite à ces remarques nous avons dressé une carte d'aléa et dont la constatation impose d'entreprendre les procédures suivantes :
  - Collecte des eaux de surface et réfection des réseaux de canalisation et des eaux de surfaces
  - Surveillance des mouvements du terrain et son état d'humidité par l'implantation d'inclinomètres et de piézomètres



- Une étude meilleure du sol géologique et géotechnique par de nouvelles compagnies de reconnaissance bien expérimentées et équipées.

Signalons enfin les remarques suivantes :

- La pauvreté de la banque de données concernant le phénomène de glissement de la ville,
- Le travail que j'ai tenté d'effectuer dans cette recherche et qui consiste en la collecte d'une grande quantité de données très variées concernant le glissement de la ville de Constantine, de les trier, les classer et les compiler dans une base de données sous un logiciel de système d'exploitation géographique en vue de faciliter la tâche de gérance de ce phénomène est un travail qui nécessite un groupe de spécialiste de disciplines divers, je souhaite que ce travail ou un travail similaire soit pris en charge par les cadres qualifiées de notre département;