

*République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
Faculté de génie de la construction.
Département du génie civil.
Laboratoire Géo matériaux Environnement et
Aménagement (LGEA).*



MEMOIRE DE MASTER

*Spécialité : génie civil.
Option : Géotechnique et environnement.*

Présenté par M^{elle} HADDADI Hayet

Cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

Devant le jury, composé de :

| | | |
|--|------------------------------|--------------|
| <i>Président : M^r MELBOUCI. B</i> | <i>professeur</i> | <i>UMMTO</i> |
| <i>Promotrice : M^m BOUBRIT. H</i> | <i>maitre assistante A</i> | <i>UMMTO</i> |
| <i>Examineur : M^r DJEMAI. M</i> | <i>maitre de conférences</i> | <i>UMMTO</i> |
| <i>Examinatrice : M^m BAIDI. F</i> | <i>maitre assistante A</i> | <i>UMMTO</i> |

Promotion 2013-2014

Remerciements

*Je voudrais exprimer mes sincères remerciements à monsieur B.MELBOUCI, professeure à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour ses précieux conseils, orientations,
Sa prise en charge pédagogique et sa patience.*

Je tiens à exprimer mes remerciements à ma promotrice madame BOUBRIT

Je tiens aussi à exprimer mes remerciements à M^{elle} DJERBAL pour son aide tout au long de la réalisation de ce mémoire

Mes remerciements vont monsieur DJEMAI et madame BAIDI qui ont accepté d'être membres de jury

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

Dédicaces

*Je dédie ce travail a mes chères parents que
Dieu me les gardes
A mes frères
A Mes sœurs Linda, Salima ainsi que leurs maris
A Mes neveux
A Mes nièces
Tous mes cousins et mes cousines.
A mes amies wiza, Amel
A- toute ma famille*

Hayet



Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : Principaux mouvements de terrain

| | |
|--|----|
| Introduction | 3 |
| I.1. les différents types de mouvements de terrains..... | 3 |
| I.1.1. retrait et gonflement des argiles | 3 |
| I.1.2.Le fluage et la solifluxion | 4 |
| I.1.2.1.Le fluage..... | 4 |
| I.1.2.2.La solifluxion | 5 |
| I.1.3.Les affaissements et effondrements de cavités souterraines | 5 |
| I.1.3.1.Les affaissements | 5 |
| I.1.3.2.Les effondrements | 6 |
| I.1.4.Le fauchage des couches | 6 |
| I.1.5. Les tassements..... | 7 |
| I.1.6. Les écroulements et chutes de blocs | 8 |
| I.1.7. Les coulées boueuses | 9 |
| I.1.8.Les glissements de terrain | 10 |
| Conclusion | 12 |

Chapitre II : La morphologie des glissements de terrain et causes

d'instabilités

| | |
|--|----|
| Introduction | 13 |
| II.1.classification des glissements de terrain | 13 |
| II.1.1. Classification selon la forme de la surface de rupture | 13 |
| II.1.1.1.Les glissements plans ou translationnels | 13 |
| II.1.1.2. Les glissements rotationnels simples..... | 14 |
| II.1.1.3. Les glissements rotationnels complexes | 14 |
| II.1.2.Classification selon la vitesse | 15 |

| | |
|--|----|
| a. Glissement de terrain permanent..... | 16 |
| b. Glissement de terrain spontané | 16 |
| II.1.3. Classification selon la profondeur | 16 |
| II.2. La cinématique et dynamique des glissements de terrain..... | 17 |
| II.2.1. La cinématique..... | 17 |
| II.2.2. La dynamique..... | 17 |
| II.3. Les cause des glissements de terrain..... | 19 |
| II.3.1. Les facteurs conditionnant | 19 |
| II.3.2. Les facteurs déclenchant | 20 |
| II.4. Relation des glissements de terrain avec la cohésion et la gravité | 21 |
| II.5. Le rôle que joue l’homme dans la déstabilisation des terrains | 21 |
| II.6. Les effets engendrés par les glissements de terrain | 22 |
| Conclusion..... | 22 |

Chapitre III : Le risque glissement de terrain et méthode d’analyse et de cartographie de cet alea

| | |
|--|----|
| Introduction | 23 |
| III.1. Notion et principes de risque | 23 |
| III.1.1. Le danger | 23 |
| III.1.2. La probabilité..... | 23 |
| III.1.3. L’aléa | 24 |
| III.1.4. La vulnérabilité..... | 24 |
| III.1.5. Les enjeux..... | 24 |
| III.2. Le risque glissement de terrain..... | 24 |
| III.3. Gestion du risque "Glissement de terrain | 26 |
| III.3.1. La prévision des glissements de terrain..... | 26 |
| III.3.2. La prévention des glissements de terrain..... | 27 |
| III.3.3. La protection..... | 28 |
| III.3.4. L’information des populations | 28 |
| III.3.5. La planification d’urgence..... | 29 |
| III.4. Méthode d’analyse et de cartographie de l’alea | 30 |
| III.4.1. Principes généraux..... | 30 |
| III.4.2. Méthodes d'évaluation du risque 'glissement de terrain' | 31 |
| III.4.3. Limites de ces méthodes..... | 32 |

| | |
|---|----|
| III.5. Cartographie de l'aléa glissement de terrain | 33 |
| Conclusion | 35 |

Chapitre IV : Présentation du site

| | |
|---|----|
| Introduction | 36 |
| IV.1. Présentation de la Wilaya | 36 |
| IV.2. Les glissements de terrain les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 38 |
| IV.2.1. Tizirt | 38 |
| IV.2.1.1.Situation géographique..... | 38 |
| IV.2.1.2.Glissements de terrains au niveau de la région de Tizirt..... | 39 |
| IV.2.1.3. Les principales causes des mouvements de terrains de la région de Tizirt | 40 |
| IV.2.1.4.Facteurs déclenchant le glissement de la région de Tizirt..... | 42 |
| IV.2.1.5. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région de Tizirt | 43 |
| IV.2.2.Ain el hammam | 43 |
| IV.2.2.1.Situation géographique..... | 43 |
| IV.2.2.2.Glissements de terrains au niveau de la région d'Ain el hammam | 44 |
| IV.2.2.3.principales causes des mouvements de terrains de la région d'Ain el hammam | 45 |
| IV.2.2.4.Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'Ain el hammam..... | 47 |
| IV.2.3. Azazga | 48 |
| IV.2.3.1. Situation géographique..... | 48 |
| IV.2.3.2. Glissements de terrains au niveau de la région d'Azazga | 48 |
| IV.2.3.3. Principales causes des mouvements de terrains de la région d'azazga | 49 |
| IV.2.3.4. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'azazga..... | 51 |
| IV.2.4. Tala N'Tgana..... | 52 |
| IV.2.4.1. Situation géographique..... | 52 |
| IV.2.4.2. principales causes des mouvements de terrains de la region de tala N'Tgana..... | 53 |
| IV.2.4.3. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région de Tala N'Tgana..... | 54 |
| IV.2.5. Illilten | 54 |
| IV.2.5.1. Situation géographique..... | 54 |
| IV.2.5.2. Principales causes des mouvements de terrains d'Illilten | 55 |
| IV.2.5.3. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'Illilten..... | 57 |
| IV.2.6. Tala Allam..... | 57 |
| IV.2.6.1. Situation géographique..... | 57 |
| IV.2.6.2. Glissements de terrains au niveau de Tala Allam | 58 |
| IV.2.4.6.3.Principales causes des mouvements de terrains de Tala Allam | 59 |

| | |
|-----------------|----|
| Conclusion..... | 60 |
|-----------------|----|

Chapitre V : Le SIG et la cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

| | |
|---|----|
| Introduction | 61 |
| V.1. Définition d'un système d'information géographique (SIG)..... | 61 |
| V.2. Choix du logiciel à utiliser pour la réalisation du SIG | 61 |
| V.3. Le Système d'Information Géographique réalisé sous MapInfo..... | 62 |
| V.3.1. Calage des cartes..... | 62 |
| V.3.1.1. Les commandes nécessaires pour le calage des cartes | 62 |
| a. Ouvrir une image Raster sous le logiciel MapInfo..... | 62 |
| b. Définition du type de projection..... | 63 |
| c. Indication des coordonnées des points de calage..... | 64 |
| V.3.1.2. Construction des couches vectorielles | 65 |
| V.4. La cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou | 66 |
| V.4.1. Méthodologie et traitements | 66 |
| V.4.2. Résultats et discussion | 67 |
| V.4.2.1. Obtention de la carte des aléas glissement de terrain de la wilaya | 67 |
| V.4.2.1.1. La carte des pentes de la wilaya | 67 |
| V.4.2.1.2. Les réseaux hydrographiques de la wilaya | 69 |
| V.4.2.1.3. La carte de sensibilité de la wilaya | 70 |
| V.4.2.2. Obtention de la carte de vulnérabilité de la wilaya de Tizi-Ouzou | 73 |
| V.4.2.3. Cartographie du risque..... | 75 |
| Conclusion..... | 76 |
| Références bibliographiques | |

Liste des figures

Chapitre I

| | |
|--|----|
| Figure. I.1. Retrait et gonflement (LASHEB.M 2013) | 4 |
| Figure. I.2. Phénomène de fluage (LASHEB.M 2013)..... | 4 |
| Figure I.3. Phénomène de solifluxion (HADDAD.S 2013) | 5 |
| Figure I.4. Affaissement et effondrement du sol (PRIM.NET) | 6 |
| Figure I.5. Phénomène de fauchage (JAHANGIR E.2010) | 7 |
| Figure I.6. Phénomène de tassement latéral (Source : USGS)..... | 8 |
| Figure I.7. Chutes de pierres et de blocs | 9 |
| Figure I.8. Les coulées boueuses (DIAB DJEFFAI. I 2011)..... | 10 |
| Figure I.9. Glissement de terrain à Feldweid (MAGALIE LEVASSEUR 2009) | 11 |
| Figure I.10. Des impacts liés aux glissements de terrain (DORINE E 2007)..... | 11 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II.1. Les deux types de glissement (plan et rotationnel simple) | 14 |
| Figure II.2. Glissement rotationnel complexe (M'ZOUGHEM K. ET CHENAFI W, 2006)... | 15 |
| Figure II.3. Les phases de glissement de terrain. (MILLIER-LACROIX.A. 1981)..... | 18 |

Chapitre IV

| | |
|---|----|
| Figure IV.1. Situation de la wilaya de Tizi-Ouzou dans la région Nord Centre du pays | 37 |
| Figure IV.2. Carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou | 37 |
| Figure IV.3. La situation géographique de la région de Tizirt sur une carte de Tizi-Ouzou | 39 |
| Figure IV.4. Glissement de terrain au niveau de la région de Tizirt..... | 43 |
| Figure IV.5. Situation de la région d'Ain el hammam sur une carte de Tizi-Ouzou..... | 44 |
| Figure IV.6. Glissement de terrain au niveau de la région de Ain El Hammam..... | 47 |
| Figure IV.7. Situation de la région d'Azazga sur une carte de Tizi-Ouzou..... | 48 |
| Figure IV.8. Glissement de terrain au niveau de la région d'azazga | 51 |
| Figure IV.9. Situation de la région de freha sur une carte de Tizi-Ouzou | 52 |
| Figure IV.10. Glissement de terrain au niveau de la région de Tala N'Tgana..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Figure IV.11. Situation de la commune de d’Illilten sur une carte de la wilaya de Tizi-Ouzou | 55 |
| Figure IV.12. La coulée boueuse de la région d’Illilten (HADDAD S. 2013) | 57 |
| Figure IV.13. Situation de la commune de Tizi-Ouzou sur une carte de la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 58 |

Chapitre V

| | |
|--|----|
| Figure V.1. Ouverture d’une image Raster sous MapInfo | 62 |
| Figure V.2. Choix du type de projection | 63 |
| Figure V.3. Désignation des unités sous MapInfo | 64 |
| Figure V.4. Procédure d’indication des points de calage | 65 |
| Figure V.5. Barre de menu général et Fenêtre de contrôle des couches de dessin..... | 66 |
| Figure V.6. Barre de menu de dessin | 66 |
| Figure V.7. Méthodologie et différents traitements | 67 |
| Figure V.8. Courbes de niveau de la wilaya..... | 68 |
| Figure V.9. Carte des pentes de la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 69 |
| Figure V.10. Les réseaux hydrographiques de la wilaya de Tizi-Ouzou | 70 |
| Figure V.11. Les glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou | 71 |
| Figure V.12. Carte de sensibilité des terres de la wilaya de Tizi-Ouzou | 71 |
| Figure V.13. Carte des aléas de mouvement de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou | 72 |
| Figure V.14. La carte des routes de la wilaya de Tizi-Ouzou | 73 |
| Figure V.15. Carte de la vulnérabilité de la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 74 |
| Figure V.16. Carte du risque glissement de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou | 76 |

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1. Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne de glissement à long terme.....15

Tableau II.2. Classification selon la profondeur de la surface de glissement.....17

Chapitre III

Tableau III.1. Les consignes de sécurité en cas de glissement de terrain (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008).....29

Tableau III.2. Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008).....21

Tableau.III.3. : Classification qualitative de l'aléa glissement de terrain (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008).....34

Chapitre V

Tableau V.1. Tableau des aléas glissement de terrain.....72

Tableau V.2. Tableau du risque glissement de terrain.....75

Introduction générale

Introduction générale

Le terme de « mouvement de terrain » regroupe plusieurs types de phénomènes naturels très différents les uns des autres de par leur nature, leur comportement mais aussi leurs conséquences pour l'homme. Qu'il s'agisse de glissements de terrain, d'éboulements, d'affaissements ou encore de coulées boueuses, on est cependant toujours en présence du déplacement gravitaire d'un volume de roche ou de sol déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (forte pluie, cycle gel/dégel, séisme, fonte des neiges...) ou anthropiques (terrassment, déboisement...). Ces différents phénomènes évoluent irrégulièrement dans le temps, passant de phases d'évolution lentes à des phases d'accélération parfois brutale à l'origine de catastrophes plus ou moins graves.

Dans les régions de montagne, c'est notamment le cas des glissements de terrain et des chutes de pierres et de blocs (ou des éboulements) qui menacent de nombreuses zones urbanisées et de nombreuses infrastructures routières, mettant ainsi en danger des vies humaines.

La réalité de la menace est pourtant difficile à faire admettre à la population exposée. En effet, d'une part, la fréquence d'apparition de phénomènes catastrophiques reste limitée à l'échelle humaine, et d'autre part, l'évolution des mouvements de terrain est rarement visible à l'œil nu (les secteurs générateurs de risques comme les falaises ou les terrains argileux présentent souvent une apparente stabilité).

La géomorphologie du Nord de l'Algérie est caractérisée essentiellement par des pentes raides et abruptes, affectées souvent par des glissements de terrain plus au moins importants. Ce risque constitue l'un des phénomènes naturels les plus répandus dans cette région du pays. En effet, ce mouvement est observé dans plusieurs wilaya : Alger, Constantine, Mila, Médéa, Tizi-Ouzou,...

La wilaya de Tizi-Ouzou a été affecté par des glissements de terrain très actifs ces dernières années, citons les glissements de terrain de Ain el hammam, Tizirt, Azazga, Tala allam,....

Pour réaliser ce travail on a introduit 5 chapitres essentiels :

Chapitre I : décrit la diversité des mouvements de terrain

Chapitre II : parle sur les différentes classifications des glissements couramment admises, leur cinématique et dynamique ainsi les causes qui les provoquent.

Chapitre III : c'est des notions sur le risque glissement de terrain et les méthodes utilisées pour l'analyse et la cartographie de cet aléa.

Chapitre IV : on a parlé des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou dans les régions les plus touchées par ce phénomène et les causes qui le provoquent (la géologie, cadre climatique, l'hydrologie,....).

Chapitre V : est consacré à la cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou par la réalisation de la carte des aléas et la carte du risque à l'aide du logiciel mapinfo.

Chapitre I

Principaux mouvements de terrains

Introduction

La terre a un cycle de vie qui lui est propre, ses roches naissent, vieillissent, meurent et puis renaissent dans le cœur en fusion de notre planète. Les mouvements de terrains font partie de ce processus naturel. Ils sont les effets de la gravité sur le matériau terrestre associée à des événements déclencheurs, et des déplacements du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle (la pluie, la fonte des neiges, l'augmentation des infiltrations, le séisme...) ou anthropique (c'est-à-dire occasionnée par l'homme comme les terrassements, les tunnels...), Ils sont en fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques.

I.1. 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.
- Taux de remaniement des matériaux après le mouvement.

I.1.1. retrait et gonflement des argiles

Le retrait gonflement des sols est défini comme étant : «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». Il se manifeste essentiellement dans des milieux à climat tempéré au cours des périodes de sécheresse prolongée. La tranche la plus superficielle de sol, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures.

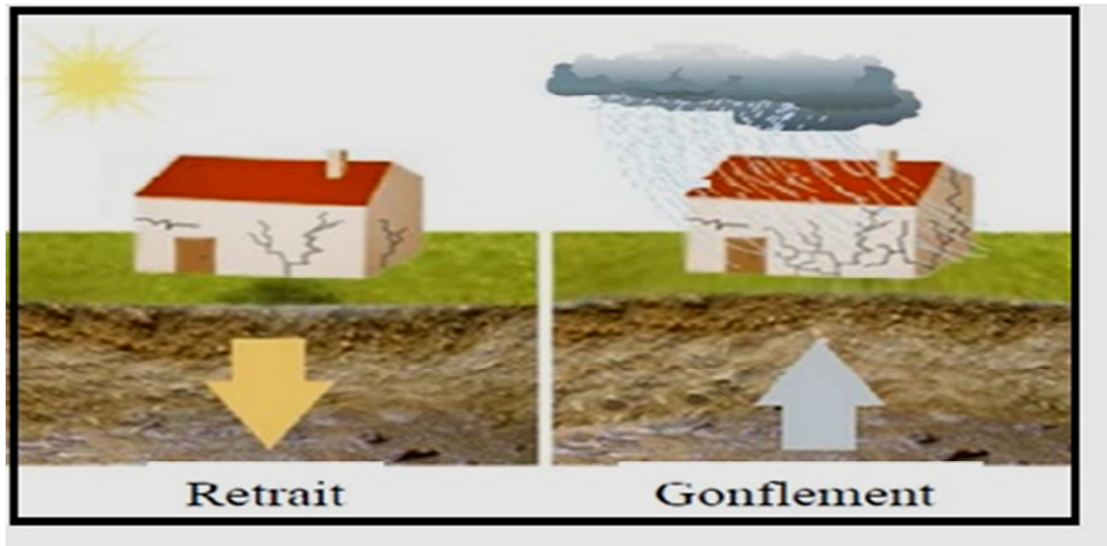


Figure. I.1. Retrait et gonflement (LASHEB.M 2013)

I.1.2. Le fluage et la solifluxion

I.1.2.1. 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 certaines 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.



Figure. I.2. Phénomène de fluage (LASHEB.M 2013)

I.1.2.2.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 solifluction 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 de véritables glissements de terrain; c'est pourquoi ils peuvent être assimilés à ces derniers.

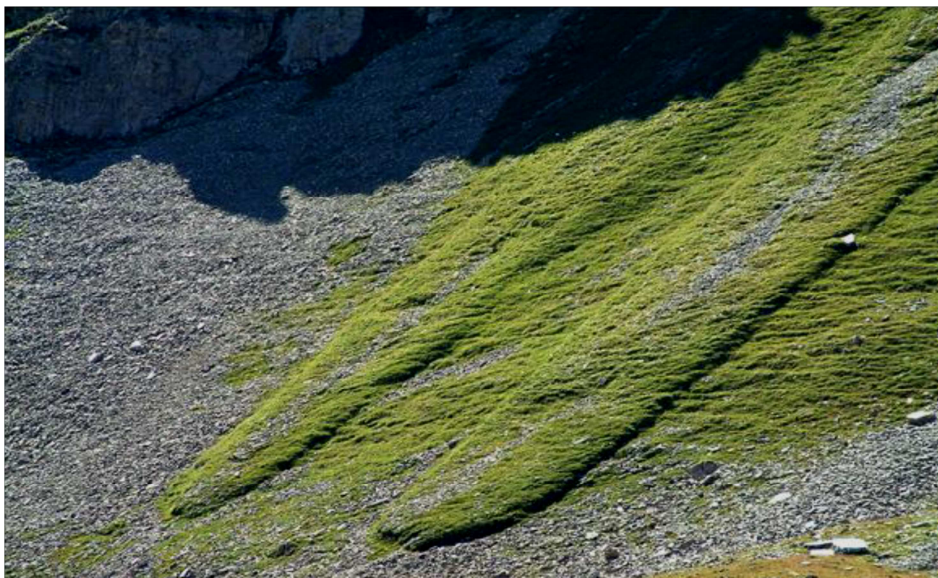


Figure I.3. Phénomène de solifluxion (HADDAD.S 2013)

I.1.3.Les affaissements et effondrements de cavités souterraines

Les affaissements et effondrements sont liés à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle (phénomène de dissolution ou de suffusion de la roche par l'eau) ou anthropique (exploitation souterraine).

I.1.3.1.Les affaissements

Les affaissements sont des dépressions topographiques en forme de cuvette dues au fléchissement lent et progressif du sol, sans ruptures apparentes de ce dernier.

I.1.3.2. Les effondrements

Les effondrements se manifestent par des déplacements verticaux instantanés de la surface du sol par rupture brutale de cavités souterraines préexistantes, naturelles ou artificielles, avec ouverture d'excavations grossièrement cylindriques.

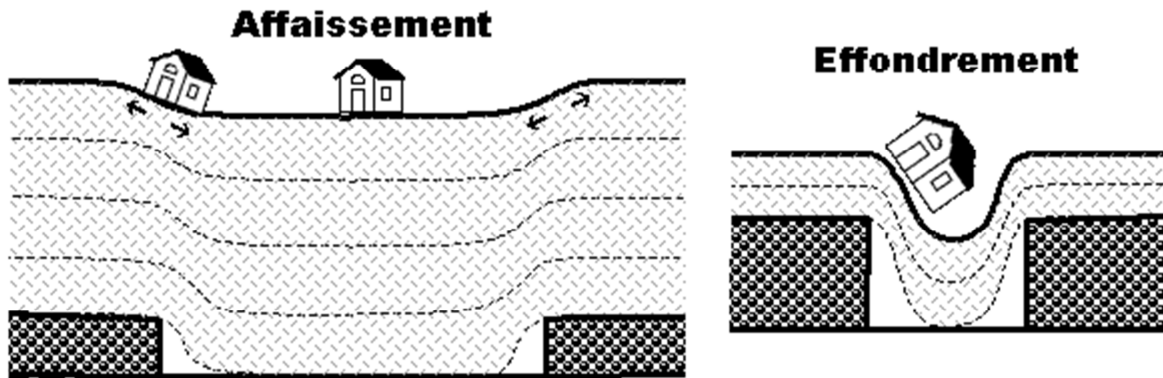


Figure I.4. Affaissement et effondrement du sol (PRIM.NET)

I.1.4. Le fauchage des couches

Est un basculement vers l'aval des têtes de couches rocheuses en place, inclinées ou même subverticales, sous l'effet de la gravité. Ce phénomène affecte surtout des formations litées, schisteuses ou plaquetées, 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. 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 de 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.



Figure I.5. Phénomène de fauchage (JAHANGIR E.2010).

I.1.5. 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. 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 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.

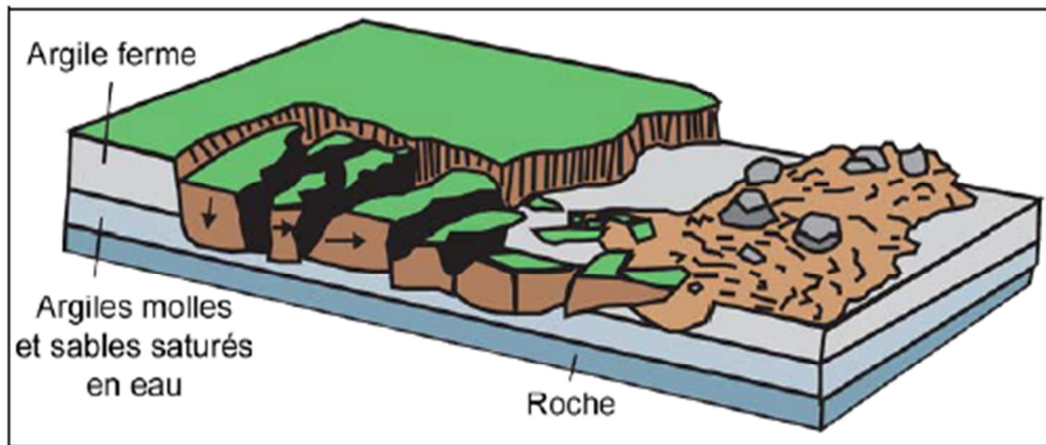


Figure I.6. Phénomène de tassement latéral (Source : USGS)

I.1.6. Les écroulements et chutes de blocs

Les écroulements et chutes de blocs sont des phénomènes rapides et brutaux qui affectent des roches rigides et fracturées. Il s'agit de masses de taille variable qui se détachent d'une pente escarpée ou d'une falaise. Les vitesses de déplacement sont rapides à extrêmement rapides, avec des rebonds et des trajectoires paraboliques. Dans le cas des roches sédimentaires, la stratification accroît le découpage de la roche et par conséquent les prédispositions à l'instabilité (présence d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable). La phase initiale de la chute des éléments rocheux est longue et difficile à déceler (altération des joints de stratification, endommagement progressif des roches, fracturation, etc.). La phase d'accélération qui aboutit à la rupture est très rapide ce qui rend ces phénomènes très difficilement prévisibles. En fonction du type de matériaux constituant le versant, les chercheurs VARNES, (1978), IAEG (1990), CRUDEN et VARNES (1996) ont différencié : les chutes de blocs lorsque la masse se détache du socle, les éboulis de débris composés par des fragments détritiques grossiers et les éboulis de sol composés de fragments détritiques fins.

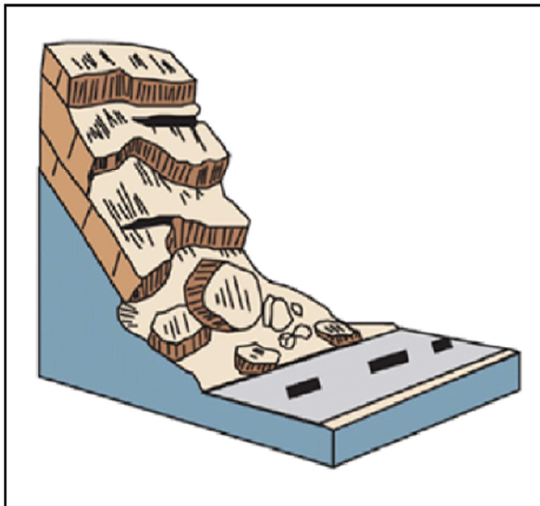


Figure I.7. Chutes de pierres et de blocs.

I.1.7. Les coulées boueuses

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années.



Figure I.8. Les coulées boueuses (DIAB DJEFFAL I 2011)

I.1.8. Les glissements de terrain

Les glissements de terrain sont des mouvements de masse lents induits par insuffisance de résistance au cisaillement sur une ou plusieurs surfaces de rupture généralement courbe ou plane, ainsi que sur tous type de matériau. Le mouvement peut être progressif, c'est à dire que le cisaillement peut ne pas être simultané sur la totalité de la surface de rupture. La propagation de la rupture est contrôlée par le développement des zones entrant en plasticité. La surface de cisaillement devient alors une surface de séparation entre matériau en place et matériau en mouvement.



Figure I.9. Glissement de terrain à Feldweid (MAGALIE LEVASSEUR 2009)

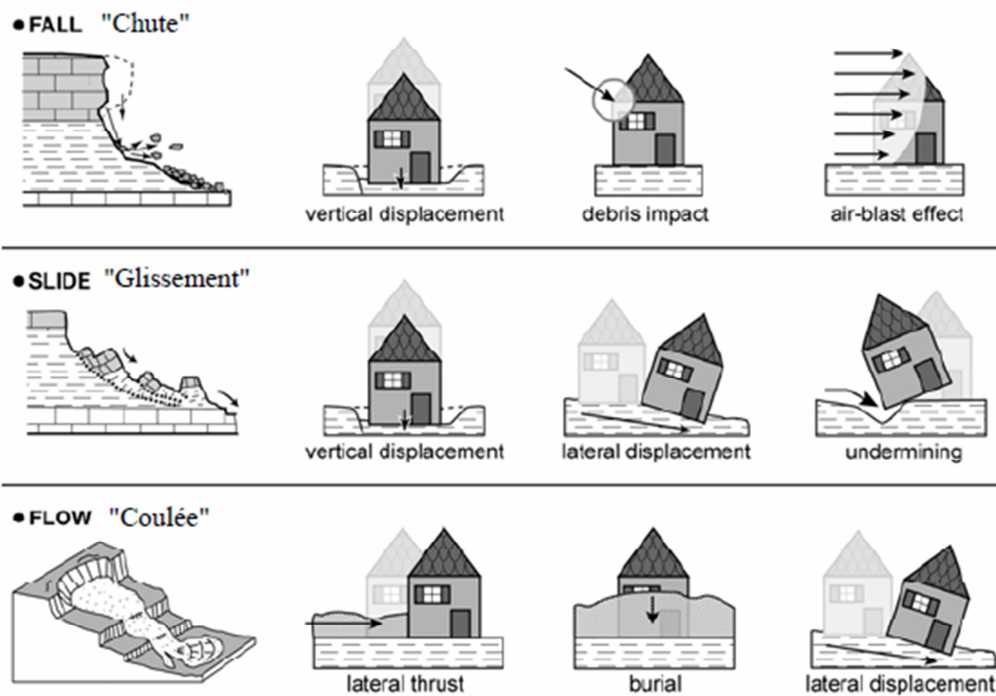


Figure I.10. Des impacts liés aux glissements de terrain (DORINE E 2007)

Conclusion

Les mouvements de terrain constituent en général des phénomènes naturels ponctuels à effets limités. Cependant, par leur diversité et leur fréquence, ils restent responsables de dommages importants et coûteux. Dans ce premier chapitre on a pu prendre connaissance des différents types de mouvements de terrains qui regroupe plusieurs types de phénomènes naturels très différents les uns des autres (glissement de terrain, tassement, chute de pierre et de bloc,.....)

Chapitre III

*Le risque glissement de terrain et méthode
d'analyse et de cartographie de cet alea*

Introduction

Le risque découle soit d'un processus catastrophique, soit de dommages importants infligés à la fois à une population, ses biens et son infrastructure. Le risque majeur est la possibilité qu'un événement d'origine naturelle ou anthropique puisse engendrer des effets pouvant mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société. L'existence d'un risque majeur est caractérisée par sa faible fréquence et par son énorme gravité. Elle est liée :

- D'une part à la présence d'un événement, qui est la manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique.
- D'autre part à l'existence d'enjeux, qui représentent l'ensemble des personnes et des biens (ayant une valeur monétaire ou non monétaire) pouvant être affectés par un phénomène. Les conséquences d'un risque majeur sur les enjeux se mesurent en termes de vulnérabilité.

III.1. Notion et principes de risque

III.1.1. Le danger

Un Danger est une source de dommage potentiel, ou la situation dont le potentiel est d'occasionner des dommages, en termes de blessures pour l'homme ; dommages des biens, de l'environnement, et d'autres valeurs ou biens ou une combinaison des facteurs ci-dessus. En ce qui concerne la gestion du risque de glissement de terrain, le glissement de terrain est une source de dommage potentiel – c'est un danger. Un glissement de terrain futur n'ayant aucun potentiel destructeur n'est pas un danger, mais un processus naturel ou trait géologique ou géomorphologique.

III.1.2. La probabilité

La probabilité d'occurrence d'un glissement de terrain est une estimation de la chance de l'occurrence du phénomène. L'estimation de la probabilité est exprimée quantitativement, par un nombre allant de 0 à 1. Le terme de « vraisemblance » est employé pour fournir une estimation qualitative de la probabilité, appelé évaluation de probabilité. Les estimations de la vraisemblance sont en général exprimées à l'aide des termes qualitatifs, tels que très bas jusqu'à très haut ou très peu probable ou presque sûr. Les termes quantitatifs doivent être précisément définis afin d'éviter toute ambiguïté.

III.1.3. L'aléa

L'aléa est un phénomène qui peut engendrer des dommages. Il représente un évènement menaçant ayant une probabilité d'occurrence dans une région au cours d'une période donnée. L'aléa glissement de terrain consiste à évaluer la probabilité en un site ou une région, d'être exposé à un mouvement de masse ayant des caractéristiques données et à exprimer ces caractéristiques sous forme de paramètres relatifs au mouvement du sol.

III.1.4. La vulnérabilité

La Vulnérabilité traduit un degré de perte par une quantification des dommages infligés à une région (de 0 % à 100 %), en conséquence ou suite à un phénomène susceptible d'engendrer des victimes et des dommages matériels. La vulnérabilité aux glissements de terrain serait donc l'aptitude des constructions et des infrastructures à subir des dégâts à cause d'un glissement terrain.

III.1.5. Les enjeux

Les enjeux sont généralement classés en trois types :

- **Les enjeux humains** : le glissement de terrain est un risque naturel qui menace la vie des humains, un grand nombre de personnes peuvent se retrouver déplacées ou sans abri.
- **Les enjeux économiques** : un glissement de terrain peut engendrer la destruction, la détérioration ou l'endommagement des constructions.
- **Les enjeux environnementaux** : un glissement de terrain peut se traduire en surface par des modifications du paysage.

III.2. Le risque glissement de terrain

Le risque glissement de terrain représente l'espérance mathématique de pertes au cours d'une période de référence et dans une région bien définie. Il est proportionnel à la vulnérabilité des constructions et infrastructures et aux enjeux (humains économiques et environnementaux) et dépend donc de l'extension de cette région. Son évaluation mathématiquement est exprimée actuellement comme étant le produit entre l'aléa et la vulnérabilité.

Risque glissement = Aléa glissement * Vulnérabilité

En effet, il s'agit d'une espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée.

- **Le risque résiduel**

Le risque résiduel représente le potentiel de risque qui demeure après l'application de toutes les stratégies de contrôle du risque.

- **Le risque acceptable**

Le risque acceptable est le risque que la société est préparée à accepter « tel qu'il est » et pour lequel le contrôle n'est pas nécessaire. En général, les intervenants ne considèrent pas les dépenses destinées à la réduction de ce type de risque comme justifiées. Tous les intervenants n'acceptent pas le même niveau d'acceptabilité du risque, et dans des situations pareilles l'établissement des seuils du risque acceptable doit être estimé en fonction des investissements et des enjeux.

- **Le risque tolérable**

Le risque tolérable décline le seuil que les intervenants peuvent accepter afin de s'assurer certains bénéfices nets, en sachant que le risque est proprement contrôlé, suivi et ensuite réduit de façon appropriée et au moment approprié. Dans certaines situations, le risque peut être toléré parce que les intervenants ne peuvent pas se permettre de le réduire même s'ils reconnaissent qu'il n'est pas proprement contrôlé. Le risque tolérable dépasse les seuils de risques établis ou acceptables.

- **Le risque individuel**

Le risque individuel évoque le degré de mortalité ou de blessure pour tout individu identifiable (connu de nom) qui vit dans la région affectée ou potentiellement affectée par un glissement de terrain, qui adopte un train de vie qui pourrait l'exposer aux conséquences du glissement de terrain.

- **Le risque social ou sociétal**

Le risque sociétal exprime le nombre de blessés et de morts dans toute la société : la société devrait subir les conséquences d'un glissement de terrain occasionnant plusieurs victimes mortelles ou de nombreux blessés ainsi que des pertes financières, environnementales et autres.

- **Le risque volontaire**

Le risque volontaire désigne le risque qu'un individu ou une société accepte volontairement, face à un danger quelconque.

- **Le risque involontaire**

Le risque involontaire est généralement imposé sur l'individu ou la société, comme l'écroulement d'une construction, la déformation d'une route, etc.

III.3. Gestion du risque "Glissement de terrain"

L'analyse du phénomène de mouvement de masse est le premier pas dans la diminution du risque. En général, un risque peut être soit prévu, prévenu et mitigé ou inclus dans un plan d'urgence. Les trois phases principales concernant la gestion du risque de glissement de terrain sont : la prévision, la prévention et la planification d'urgence.

III.3.1. La prévision des glissements de terrain

La prévision comprend toutes les activités qui visent l'analyse et la détermination des causes des glissements de terrain, l'identification des risques et la délimitation des zones menacées.

Pour ce faire, l'information initiale de base présentée sous la forme d'un descriptif de l'état de la zone d'intérêt qui peut être divisée en trois aspects suivants :

- **L'identification thématique des facteurs** : fournir toute information adéquate sur les causes de l'instabilité de la pente telle que la lithologie, la structure du soubassement, la couche de débris, la végétation, les eaux souterraines, la pente et sa forme, etc.
- **L'inventaire des glissements de terrain**: fournir toute information adéquate sur les effets de l'instabilité de la pente telle que la répartition passée des glissements de terrain, le type du mouvement et du matériel engagé, l'état, le type et la répartition de l'activité.
- **Le recensement des éléments du risque** : information sur la population, la propriété, les bâtiments, les infrastructures de transport, les routes de secours, les activités économiques, l'héritage culturel, les ressources environnementales et écologiques, classés en fonction de la typologie et de la valeur.

Il serait ainsi possible de prévoir le risque de glissements de terrain, dans un endroit donné pendant une période donnée grâce à l'interprétation combinée des informations concernant les causes et les effets de l'instabilité de la pente. Le développement des méthodes de l'évaluation quantitative du risque de glissements de terrain est l'un des principaux sujets de recherche scientifique dans le domaine de la géo-ingénierie. Ces méthodes sont d'habitude basées sur la technologie des SIG et sur l'analyse pour la prévision dans le cas de larges étendues et sur la modélisation géotechnique pour la prévision dans le cas d'endroits ponctuels. Etant donné la complexité du phénomène représenté par les glissements de terrains (grande variabilité en ce qui concerne le type du mouvement, le type de matériel mis à contribution, le contenu en eau, la vitesse du mouvement, etc.), la réalisation de l'analyse complète du risque en termes de prévision devrait prendre en considération les aspects suivants :

- **La prévision temporelle** : prévision du moment où un glissement de terrain puisse se déclencher sur une pente donnée.
- **La prévision spatiale** : prévision de l'endroit où un glissement apparaîtra le plus probablement dans une zone donnée.
- **La prévision du type** : consiste à déterminer le type du mouvement dont l'apparition est la plus probable (par exemple la chute de roches, l'effondrement de la terre, etc.).
- **La prévision de l'ampleur** : consiste à déterminer la sévérité géométrique et mécanique du glissement de terrain attendu ; les paramètres à examiner et à prévoir sont le volume du glissement de terrain, la vitesse du mouvement et l'énergie dégagée. L'ampleur est liée directement à la vulnérabilité des éléments à risque.
- **La prévision de l'évaluation** : est la prévision des distances, des limites de rétrogression et de l'expansion latérale. C'est un autre aspect fondamental car il implique la délimitation du « bassin à risque » des glissements de terrain actuels et potentiels.

III.3.2. La prévention des glissements de terrain

La prévention comprend toutes les activités dont le but est d'éviter ou de réduire au minimum la possibilité de l'apparition des pertes à la suite des glissements de terrains sur la base des connaissances acquises dans la phase de prévision.

Il s'agit tout d'abord de cartographier l'aléa "glissement de terrain" pour sa prise en considération dans les documents d'urbanisme afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes. La prévention consiste alors à maîtriser tous les rejets d'eau (eaux usées, eaux pluviales, eaux de drainage), et à éviter tout terrassement susceptible de déstabiliser le terrain.

La plupart du temps, la cartographie de l'aléa est établie à "dire d'expert", c'est-à-dire de façon qualitative, sans avoir recours à des reconnaissances, des calculs ou des études complémentaires. Elle peut dans certains cas trouver là ses limites et n'être pas suffisante pour trancher sur la faisabilité réelle d'un projet d'aménagement et sur les techniques à mettre en œuvre pour assurer sa sécurité. Des études complémentaires (modélisation géotechnique, sondage...) sont alors nécessaires.






III.3.3. La protection

Le drainage, le remodelage de la pente, le confortement des sols et le renforcement des structures sont les principales méthodes à mettre en œuvre pour traiter les glissements déclarés, d'ampleur maîtrisable.

III.3.4. L'information des populations

Le droit à l'information générale sur les risques majeurs s'applique. Chaque citoyen doit prendre conscience de sa propre vulnérabilité face aux risques et pouvoir l'évaluer pour la minimiser. Pour cela il est primordial de se tenir informé sur la nature des risques qui nous menacent, ainsi que sur les consignes de comportement à adopter en cas d'événement.

Tableau III.1. Les consignes de sécurité en cas de glissement de terrain (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008)

| AVANT | |
|---|--|
| ▶ S'informer des risques encourus et des consignes de sauvegarde. | |
| PENDANT | |
|  | <p style="text-align: center;">A l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Dès les premiers signes, évacuer les bâtiments et ne pas y retourner ▶ Ne pas prendre d'ascenseur |
|  | <p style="text-align: center;">A l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ S'éloigner de la zone dangereuse ▶ Rejoindre le lieu de regroupement indiqué par les autorités ▶ Ecouter les nouvelles |
| APRES | |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Couper l'électricité et le gaz ▶ Ne pas allumer de flamme |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Évacuer les bâtiments ▶ Ne pas utiliser d'ascenseurs |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ▶ S'éloigner de la zone dangereuse ▶ Rejoindre le lieu de regroupement indiqué par les autorités ▶ Evaluer les dégâts et les dangers ▶ Informer les autorités |

III.3.5. La planification d'urgence

La planification d'urgence consiste dans un cadre décisionnel et opérationnel des mesures de protection à mettre en œuvre lors de situations de crise. Un plan d'urgence concerne une zone homogène, caractérisée par un mécanisme de glissement de terrain défini et devrait couvrir une zone suffisamment large tout en englobant toutes les conséquences directes et indirectes possibles. Dans une stratégie d'urgence à succès, il faut planifier soigneusement les points suivants :

- Des mesures préventives faces à des conséquences comme les plans d'évacuation, l'identification des infrastructures de transport et des routes de secours alternatives, l'élimination des sources du risque induit, etc.
- Le choix des zones d'habitation temporaire ainsi que des infrastructures de secours et d'assistance.

- L'inventaire des ressources techniques, humaines et logistiques à utiliser dans l'implémentation du plan d'urgence.
- Les activités d'information et de diffusion sur la réalisation correcte que les gens devraient adopter en cas d'urgence.

III.4. Méthode d'analyse et de cartographie de l'alea

La cartographie constitue un moyen efficace pour l'étude des problèmes de la géotechnique. L'appréciation du comportement et l'analyse de la déformation progressive d'un versant se heurtent à plusieurs difficultés. Il est alors nécessaire de collecter un maximum de données d'information et d'observation sur une zone d'étude, pour mieux connaître les mouvements de terrain et les risques. Ces données permettent l'élaboration de carte d'aléas. Le contact avec le terrain reste indispensable, les SIG jouent le rôle d'aide à la décision et à la représentation graphique (MARTHY F. et THEVENET G, 2006). Et pour cela on suit les étapes suivantes :

- Utilisation des données relatives aux événements passés et à leurs effets (rapports, photographie aérienne multi-dates, comptes rendus d'évènements localisés dans les services de l'administration et les bureaux d'études, etc. permettant de situer la zone d'étude dans son contexte historique).
- Analyse, synthèse et exploitation des éléments recueillis.

III.4.1. Principes généraux

La prédétermination du niveau des aléas de référence à prendre en compte dans la définition du zonage passe par une analyse technique qui comprend les étapes suivantes :

- Délimitation préalable des secteurs géologiquement homogènes.
- Choix des phénomènes pris en compte et définition de l'aléa de référence pour chaque secteur géologiquement homogène.
- Qualification des aléas à prendre en compte sur la base de leur intensité.
- Cartographie des aléas retenus en intégrant les marges d'intensité justifiées pour la détermination des niveaux d'aléas.
- Caractérisation de la gravité pour les mouvements à caractère dynamique susceptibles de présenter un danger humain.

La qualification et la délimitation de l'aléa seront faites sur proposition de l'expert en concertation avec les collectivités locales et les acteurs de la société civile.

Tableau III.2. Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008)

| Niveau d'intensité | Niveau d'importance des parades | Exemples de mesures de prévention |
|--------------------|--|--|
| Faible (I-1) | Supportables financièrement par un propriétaire individuel. | Purge de quelques blocs instables, en falaise, confortement d'une petite galerie par pilier maçonné. |
| Moyenne (I-2) | Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement). | Comblement d'une cavité souterraine, drainage d'une zone instable |
| Forte (I-3) | Intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou techniquement difficile. | Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un plan de falaise instable. |
| Majeure (I-4) | Pas de parade technique. | Phénomène de grande ampleur |

III.4.2. Méthodes d'évaluation du risque 'glissement de terrain'

Les méthodes d'évaluation du risque supposent une estimation de l'aléa et une évaluation des conséquences sur les éléments exposés.

Dans la mesure où il est souvent difficile de quantifier un niveau d'aléa "glissement de terrain", très fréquemment seule la susceptibilité est utilisée. Elle est définie comme la probabilité spatiale qu'un glissement de terrain se produise sur un territoire pour différentes conditions environnementales locales (MAQUAIRE ET AL. 2006). La cartographie de l'aléa s'effectue très souvent de manière experte c'est-à-dire en se basant sur les connaissances actuelles (mise en relation des glissements déjà observés et des facteurs de prédisposition) et en n'ayant aucun recours à des calculs supplémentaires.

Les démarches d'évaluation de la vulnérabilité sont variées (GLADE. 2003). Le choix d'une méthode, plus ou moins complexe, dépend avant tout de l'échelle d'intérêt, des objectifs de l'étude et de la qualité et quantité des données nécessaires. Toutes les méthodes nécessitent l'identification des éléments exposés et la définition de leur valeur (monétaire ou non) (MAQUAIRE ET AL. 2006). Le principal objectif des auteurs est de créer des méthodes

d'analyse généralisables. Une méthode peut-elle est applicable pour plusieurs échelles? Actuellement, chaque échelle à sa méthode.

Une typologie des démarches est elle-même difficile tant celles proposées sont variables. La typologie la plus répandue distingue les trois approches suivantes. (MAQUAIRE ET AL. 2006)

- **Une approche experte, qualitative**

Pour évaluation au niveau régional (1/25000 - 1/100000). Elle est fondée sur l'identification (à travers des cartes et photographies aériennes) de zones homogènes sensibles et des principaux enjeux simplifiés. Cette méthode est utilisée en France pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques (MATE/METL, 1997, 1999) et des cartes de Danger en Suisse. (PUISSANT et AL. à paraître).

- **Une approche analytique semi-empirique et semi-quantitative**

Au niveau local (1/10000 - 1/25000), fondée uniquement sur une évaluation relative de la valeur des éléments exposés à travers des indices. Dans ce cas, la valeur relative, unique ou variable, est soit individuelle et affectée à un type d'élément spécifique (MAQUAIRE et AL. 2006) soit globale et affectée à un ensemble d'éléments pour une aire homogène lorsque la collecte de données est difficile.

- **Une approche analytique quantitative**

A une échelle encore plus précise (1/5000 - 1/10000), fondée sur un calcul détaillé de la valeur (monétaire ou non monétaire) (GLADE. 2003) et de la vulnérabilité des éléments exposés. La vulnérabilité est alors définie soit par des coefficients d'endommagement (représentant le degré relatif de dommage à un élément exposé), soit par des fonctions d'endommagement reliant une intensité du phénomène à un niveau observé de dommages sur l'élément exposé comme le propose Léone (1996).

Les méthodes les plus couramment appliquées sont les méthodes expertes qui ne nécessitent pas d'études longues de la vulnérabilité et les méthodes semi-quantitatives qui peuvent s'abstenir des données économiques.

III.4.3. Limites de ces méthodes

Cette diversité rend la comparaison entre les méthodes difficiles. Ceci est d'autant plus vrai que certains auteurs n'expliquent que succinctement leurs démarches et beaucoup d'études restent empiriques, fondées sur des bases de données incomplètes (GLADE. 2003).

La majorité des limites des méthodes d'évaluation du risque est liée au manque d'étude sur la vulnérabilité.

Ainsi, aucune méthode ne semble encore adaptée pour pouvoir intégrer les différences de vulnérabilité selon le type de phénomène (GLADE. 2003).

Par ailleurs, la variété des aléas "glissement de terrain" oblige à travailler à plusieurs échelles.

Or, chaque méthode possède son niveau d'analyse et un changement d'échelle utilisant une seule stratégie est encore délicat.

De même, plusieurs aspects sont rarement intégrés aux méthodes d'évaluation des conséquences potentielles. Les variations d'exposition au cours du temps, notamment pour des régions touristiques, et l'intégration de la perception des habitants sont deux points pourtant essentiels dans l'analyse du risque.

Enfin, l'évaluation économique du risque, réalisable à travers des analyses coût-bénéfice n'est que très peu envisageable notamment à cause du manque de données économiques sur les dommages.

III.5. Cartographie de l'aléa glissement de terrain

Cartographier l'aléa consiste à réaliser une ou des évaluations de l'aléa en tous points du territoire étudié, pour les différents types de mouvements de terrain susceptibles d'y apparaître (CLEMENCE GUILLARD. 2011). L'approche de manière quantitative d'un niveau d'aléa s'avère très difficile à mettre en œuvre, pour deux principales raisons :

- Chaque type de glissement de terrain nécessite la conception d'un modèle propre. Les modèles théoriques capables de simuler de manière représentative les mouvements de terrain ne sont pas tous opérationnels, en particulier pour des phénomènes où l'analyse de la propagation des matériaux est primordiale,
- La connaissance des caractéristiques géométriques, physiques, mécaniques, des conditions hydrauliques du sous-sol est très imparfaite. Il est rare (pour des raisons économiques) de disposer de sondages, d'essais en laboratoire ou in situ, de piézomètres, qui, même dans le cas de zones particulièrement instrumentées, ne permettent d'avoir qu'une vision imparfaite des facteurs conditionnant.

Une classification qualitative de l'aléa est alors adoptée lors de la cartographie du phénomène. Le BRGM en France propose une classification basée sur des critères d'identification observés sur le terrain.

Tableau.III.3. : Classification qualitative de l'aléa glissement de terrain (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques 2008)

| Aléa | Définition | Critères d'identification |
|----------------|--|---|
| Très fort | - Forte probabilité d'apparition de glissement de grande ampleur | - Traces d'activité de glissement de grande ampleur |
| Fort | - Forte probabilité d'apparition de glissement de faible ampleur - Faible probabilité d'apparition de glissement de grande ampleur | - Nombreuses traces d'instabilités - Pentes fortes à très fortes ($p > 30^\circ$) - Terrain meuble, peu cohérent et/ou altération profonde des matériaux |
| Faible à moyen | - Probabilité de glissement de faible ampleur faible à moyenne, pouvant devenir forte sous action anthropique (surcharge, route, terrassement) - Probabilité de glissement faible à nulle d'apparition de mouvement de grande ampleur | - Traces d'instabilité reconnues localement au niveau du versant - Pentes moyennes ($10^\circ < p < 30^\circ$) - Terrain meuble, peu cohérent et/ou altération profonde des matériaux |
| Faible à nul | - Probabilité de glissement faible à nulle d'apparition de glissement de terrain | - Pentes faibles à nulles ($p < 6^\circ$) |

La probabilité d'apparition recouvre en principe deux notions, temporelle et spatiale ici, seule la probabilité spatiale est prise en compte.

- **Probabilité d'apparition faible à nulle**

Mouvement très localisé possible (échelle métrique à décamétrique), avec facteur déclenchant (activité anthropique, sismicité, pluviométrie) ;

- **Probabilité d'apparition moyenne**

Mouvement localisé sur le versant (échelle décamétrique ou pluri-décamétrique)

- **Probabilité d'apparition forte**

Sur la majorité du versant, des mouvements (d'échelle décamétrique à hectométrique) sont susceptibles d'apparaître.

- **Mouvement de grande ampleur**

Mouvement profond, surface de rupture à une profondeur d'ordre pluri-décamétrique, volume de la masse instable mesuré en millions de m³

- **Mouvement de faible ampleur**

Mouvement superficiel ou relativement superficiel, profondeur de la surface de rupture métrique à décimétrique

Conclusion

Les glissements de terrain présentent un danger naturel qui peut menacer même la vie des êtres humains. Dans ce chapitre on a pu prendre connaissance de quelques notions sur le risque glissement de terrain (le danger, la probabilité, l'aléa, la vulnérabilité et les enjeux) après on a parlé des différentes méthodes d'analyse et de cartographie et même la classification de cet aléa en fonction de la probabilité d'apparition.

Chapitre IV
Présentation du site

Chapitre II

La morphologie des glissements de terrain et causes d'instabilités

Introduction

Les glissements de terrain présentent un danger naturel permanent, leurs effets engendrent des victimes humaines et des dégâts matériels. C'est des phénomènes qui se produisent partout dans le monde comme tout autre phénomène naturel. Malgré, les coûts très élevés des confortements, la stabilisation n'est pas toujours atteinte, c'est pourquoi il est nécessaire d'effectuer encore des études plus approfondies afin de pouvoir mieux maîtriser cet aléa en analysant tout paramètre influant sur la stabilité des versants. Pour établir une étude d'un glissement de terrain, il est conseillé de bien comprendre son mécanisme, ses causes et les solutions pouvant être requises afin de l'équilibrer.

II.1. Classification des glissements de terrain

Les glissements de terrain se caractérisent par la translation latérale d'une certaine masse de matériaux au niveau d'une surface de rupture nettement individualisée et se produisent généralement dans des matériaux faiblement cohérents (marnes, argiles..). Les glissements sont des mouvements qui affectent le plus fréquemment les ouvrages de génie civil.

II.1.1. Classification selon la forme de la surface de rupture

On distingue trois types de glissements:

- 1- Glissement plan.
- 2- Glissement rotationnel simple.
- 3- Glissement rotationnel complexe (composé).

II.1.1.1. Les glissements plans ou translationnels

Ils se produisent suivant un plan au niveau d'une surface de discontinuité géologique : zone entre deux matériaux de nature différente, failles, plans de stratification. La ligne de rupture suit une couche mince de mauvaises caractéristiques, sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau. Une telle couche est appelée « couche savon ».

Lors de glissements translationnels, les couches de terrain ou les ensembles de couches stratifiées glissent sur une zone de faiblesse existante (souvent pendage stratigraphique, discontinuité stratigraphique, schistosité, plan de fissure ou de rupture). En plan, la taille de tels glissements est très variable, et peut comprendre des surfaces allant de quelques mètres carrés à plusieurs kilomètres carrés (BELAIDI M. 2011).

II.1.1.2. Les glissements rotationnels simples

Ces types de glissements sont très fréquents et sont en général de volume limité. Ils sont caractérisés par un basculement de la masse glissée le long d'une surface de rupture dont la forme est parfois assimilable à un cylindre (HADDAD S. 2013). Ils se produisent principalement dans des terrains meubles homogènes surtout argileux et silteux, et parfois dans les roches homogènes où il n'y a pas de discontinuités géologiques suffisamment persistantes, ou si la fracturation est suffisamment intense pour permettre une telle surface de glissement.

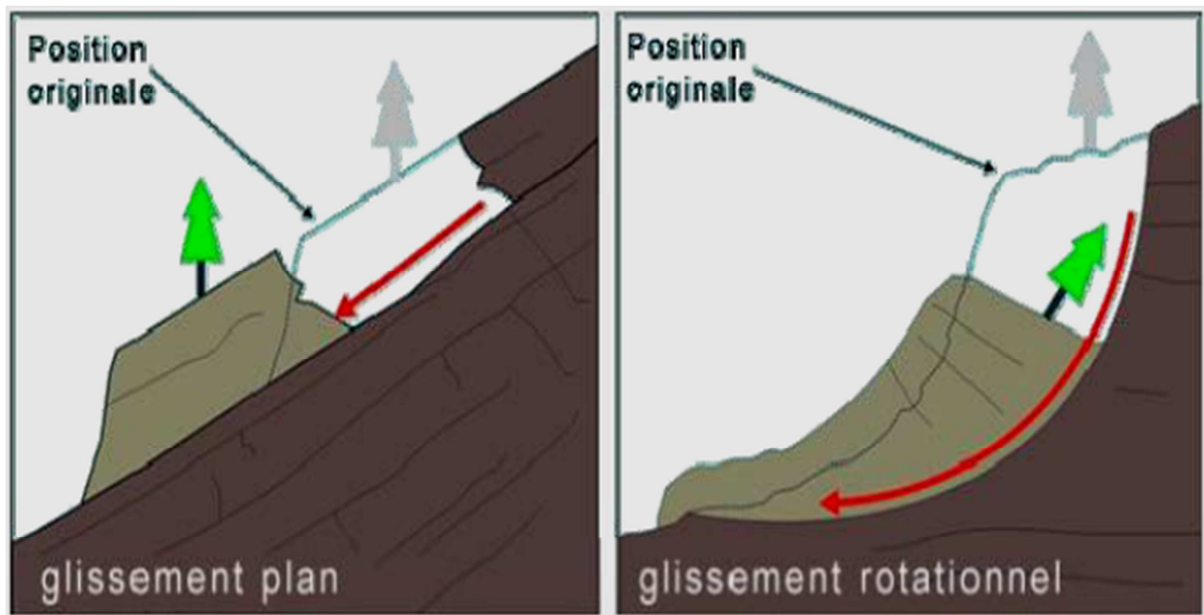


Figure II.1. Les deux types de glissement (plan et rotationnel simple)

II.1.1.3. Les glissements rotationnels complexes

Les mouvements complexes sont par définition l'association de plusieurs types de mouvements qui se déclenchent, soit ensemble, soit successivement, ce type de glissement est rare (CHALAL S. 2012). Il s'agit de glissements multiples emboîtés les uns dans les autres, dus souvent à la suppression de la butée provoquée par le glissement précédent, ce qui entraîne des glissements successifs remontant vers l'amont.

Les causes de déclenchement sont principalement le résultat d'une activité intense de l'eau qui est engendrée soit par un ou des pics d'intensité des pluies, soit par l'action retardée des eaux de pluie sur la nappe de fracture. On observe en général la formation d'une marche d'escalier à l'amont et d'un bourrelet de pied à l'aval.

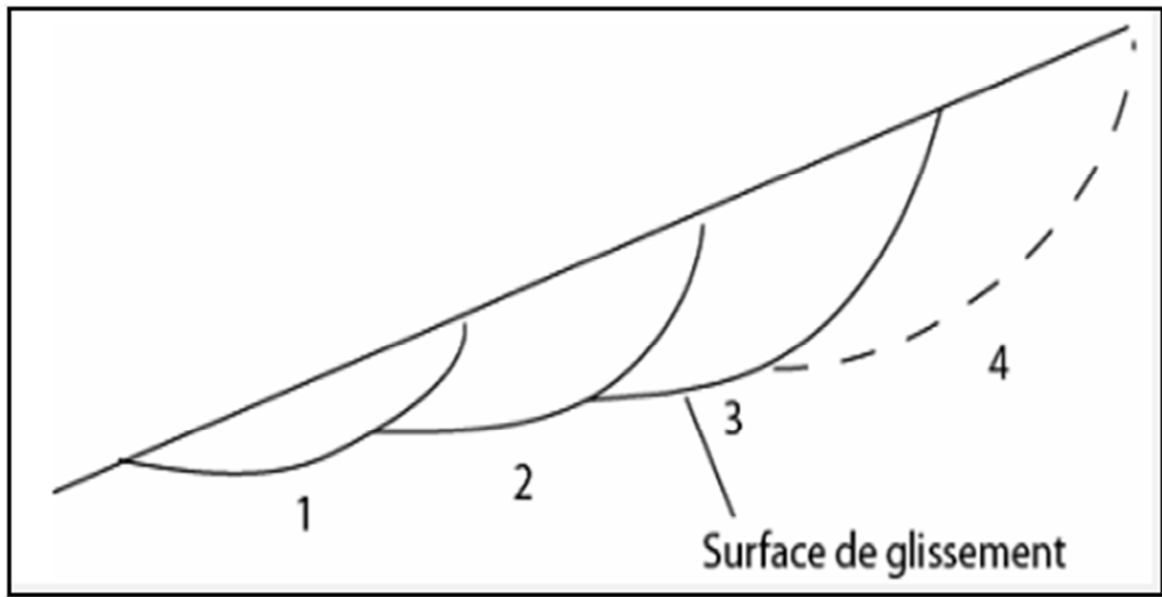


Figure II.2. Glissement rotationnel complexe (M'ZOUGHEM K. ET CHENAF A W, 2006).

II.1.2. Classification selon la vitesse

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.

Tableau II.1. Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne de glissement à long terme.

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

On distingue deux types de glissements:

a. Glissement 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 rupture existante, avec des phases d'accélération et de réactivation (LASHEB M. 2013).

b. Glissement 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).

II.1.3. Classification selon la profondeur

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 étendues.

Tableau II.2. Classification selon la profondeur de la surface de glissement
(En m sous la surface du sol)

| Glissement | Surface de glissement |
|-------------------|------------------------------|
| superficiel | 0 – 2m |
| semi profond | 2 – 10m |
| profond | >10m |

II.2. La cinématique et dynamique des glissements de terrain

II.2.1. La cinématique

Les vitesses de déplacement sont variables et liées aux processus de mouvement, leurs ordres de grandeur sont de quelques centimètres par an à quelques centaines de km/h.

Il est difficile de quantifier les vitesses de ces mouvements, car excepté quelques grands mouvements surveillés, on ne peut que constater l'état post-glissement. Les glissements sous surveillance donnent une bonne estimation des variations de vitesse de déplacement que l'on peut parfois relier à des facteurs plus ponctuels (variations de la pluviométrie, l'action de la température...).

La détermination de la vitesse du mouvement de terrain après le déclenchement de celui-ci est quasiment impossible, c'est pourquoi il existe des échelles évaluant des vitesses en fonction des mouvements de terrain (SAIT S. 2013).

II.2.2. La dynamique

La dynamique des mouvements de terrain peut être représentée par une fonction du déplacement par le temps, elle est caractérisée par des phases d'activité où les vitesses de déplacement sont élevées, alternées avec des phases de calme (DJERBAL L. 2010).

On distingue quatre phases :

- La phase de préparation

Dans cette phase on remarque une absence d'évolution mesurable ou un mouvement de faible amplitude qui peut conduire à une diminution progressive des caractéristiques du terrain.

- La phase de rupture (paroxysme)

C'est une période généralement de courte durée pendant laquelle on observe des déplacements importants. La stabilisation du glissement a lieu généralement après cette phase.

- La phase d'amortissement (relaxation)

Elle succède immédiatement à la phase de rupture, c'est la phase la plus couramment rencontrée par le géotechnicien car il est amené à intervenir dans cette phase pour stabiliser ou surveiller le phénomène.

- La phase de stabilisation

Le versant est stabilisé pour une durée indéterminée.

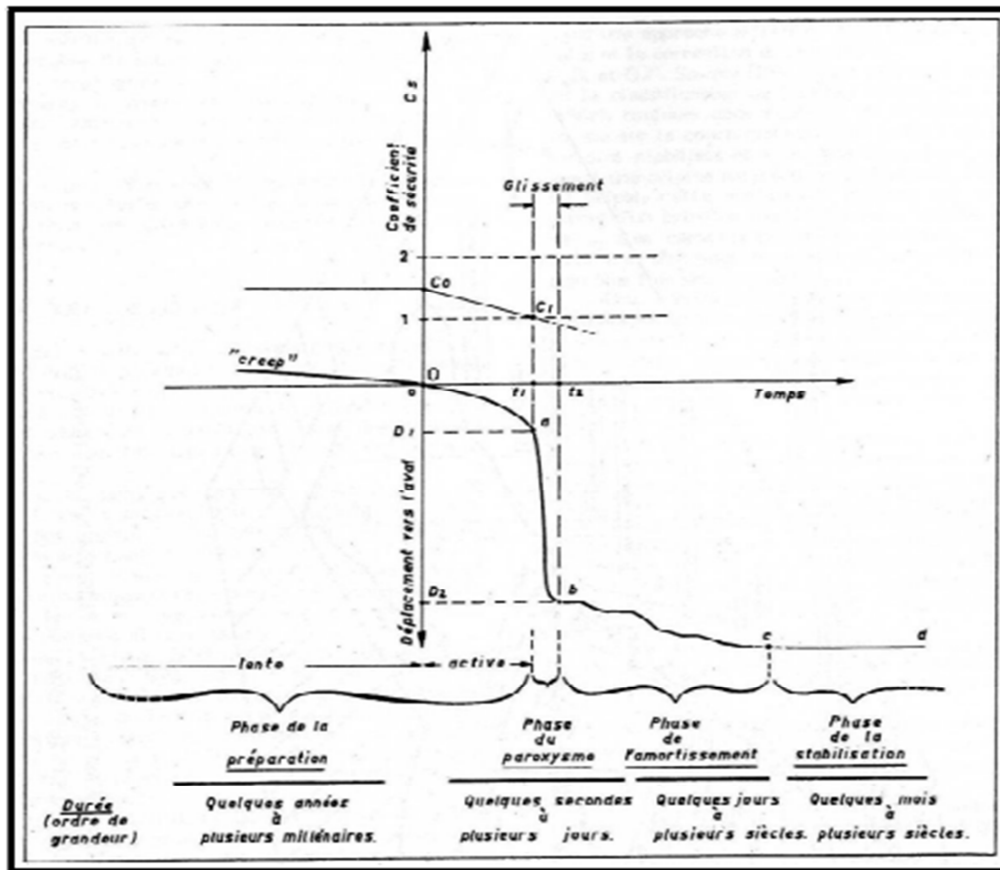


Figure II.3. Les phases de glissement de terrains. (MILLIER-LACROIX.A. 1981)

II.3. Les cause des glissements de terrain

La nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ces phénomènes tout comme l'eau et la pente. Les matériaux affectés sont très variés (roche marneuses ou schisteuse, formations tertiaires altérées, colluvions fines, moraines argileuses, etc.) mais globalement la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement de ces phénomènes. Pour qu'un phénomène de mouvement de masse puisse prendre naissance, la présence simultanée de plusieurs facteurs est requise. Autant l'instabilité de versant est d'une grande ampleur, autant le nombre de facteurs impliqués dans sa genèse est important. On distingue ainsi les facteurs conditionnant et les facteurs déclenchant.

II.3.1. Les facteurs conditionnant

Les facteurs conditionnant sont ceux qui déterminent les conditions de stabilité ou d'instabilité du versant :

- **La lithologie**

Elle représente un facteur conditionnant majeur dans la stabilité des versants aussi bien par la nature des matériaux (qualité géotechnique des roches) que par la structure (direction et pendage des couches, plans de schistosité, etc.).

- **La pente**

La pente est l'un des facteurs déterminant dans la genèse des glissements de terrain. En effet, pour qu'une rupture puisse se produire sur un versant, il faut qu'il y ait l'intervention de la gravité accompagnée d'un appel au vide. Ce phénomène ne pouvant prendre naissance sur des terrains plats, la prise en compte du degré de pente des versants et des couches est d'une importance capitale.

- **Le relief**

Par sa composante altimétrique représente aussi l'un des facteurs les plus déterminants dans la genèse des glissements de terrains. Ainsi, plus l'altitude augmente, plus le risque d'occurrence de mouvement de terrain est présent.

- **La proximité du réseau de drainage**

La proximité du réseau de drainage est généralement liée au phénomène d'érosion hydrique parmi lesquels on retrouve les sapements de berges. Ce phénomène se développe généralement dans les portions des cours d'eau où la vitesse d'écoulement est suffisamment puissante pour éroder la partie basale d'un versant. Ce sont donc essentiellement les berges des cours d'eau supérieur allant du 3ème au 5ème ordre (selon l'hierarchisation de Strahler), qui sont les plus propices aux instabilités.

- **L'activité tectonique récente à actuelle**

Elle peut conditionner ou déclencher un mouvement de masse au niveau de la zone de broyage des failles (cisaillements et/ou décrochements) formée de matériaux fragilisés. L'occurrence des mouvements de masse se trouve généralement accentuée à proximité des résurgences.

II.3.2. Les facteurs déclenchant

Les facteurs déclenchant engendrent les mouvements par changements rapides des conditions du versant définies par les facteurs déterminants :

- **Les précipitations**

Les précipitations tiennent un rôle direct dans le déclenchement des mouvements de masse. En effet, la pluviométrie agit directement sur le déclenchement des mouvements de masse en diminuant la résistance au cisaillement et en rendant les terrains gorgés d'eau plus plastiques; ce qui a pour conséquence directe le déplacement de la masse sous son propre poids.

- **La sismicité**

La sismicité ne peut déclencher un mouvement de masse qu'à partir d'une magnitude critique d'activation de l'ordre de $M = 4$. Cependant on peut assister à de petits écroulements lors de libération d'énergies inférieures à la magnitude critique.

- **Les cours d'eau et les résurgences**

Ils sont souvent responsables indirectement dans le déclenchement des mouvements de masse. En effet, leur action érosive (ravinement, sapement de berges, érosion régressive, etc.) engendre souvent une déstabilisation des versants. L'action de l'eau peut être aussi de nature chimique lorsqu'elle entraîne une altération des matériaux par différentes actions comme l'oxydoréduction, l'hydrolyse, l'hydratation, la dissolution, etc.

- **Le couvert végétal**

Il exerce essentiellement une action phytostabilisante sur les versants à substrat argileux ou à substrat rocheux développant une couverture d'altération argileuse peu épaisse. Son absence ou sa rareté sur des versants accélère l'effet érosif du ruissellement et des précipitations; ce qui déclenche les mouvements de masse.

II.4. Relation des glissements de terrain avec la cohésion et la gravité

Un glissement de terrain peut se produire de manière brutale ou à la suite de la déstabilisation progressive (sur une longue période) d'un terrain en pente, traduisant sa perte d'équilibre (ILLOULA A 2013).

La stabilité des versants est un rapport de force entre cohésion et gravité.

- La stabilité des terrains dépend de l'opposition entre deux forces :

La cohésion, qui est la force d'attraction qui permet aux particules du sol de se maintenir reliées les unes aux autres.

- Et la gravité, c'est-à-dire la force qui attire les corps vers le centre de la terre.

Autrement dit, un versant est stable lorsque la cohésion du sol est plus importante que la contrainte exercée par la gravité. Lorsque ce rapport s'inverse, le seuil de stabilité est dépassé et le déséquilibre se manifeste par un départ en masse de matériaux, correspondant à un glissement de terrain.

Les modifications apportées au milieu, qu'elles soient liées à l'action de l'homme ou naturelles, jouent en la faveur de l'une des deux forces et influencent la stabilité des versants.

II.5. Le rôle que joue l'homme dans la déstabilisation des terrains

La présence de l'homme dans un espace se traduit par des remaniements de terrain et une modification des conditions d'équilibre des versants, ce qui peut contribuer à les déstabiliser.

La concentration des eaux par suite de rejets non maîtrisés ou de rupture de canalisations, la surcharge de terrains par suite de remblaiements intempestifs peuvent, par exemple, déstabiliser profondément les terrains. La mise en place d'infrastructures peut donc mener à la réactivation d'un glissement ancien ou bien accélérer les processus de déstabilisation en cours, voire déclencher un glissement dans une zone initialement stable mais fragile.

Les travaux en pied de versants peuvent également avoir des conséquences considérables : le fait de modifier ou de faire disparaître des terrains situés en aval. Par exemple en effectuant des terrassements, a pour effet de déstabiliser l'ensemble de la masse amont qui prenait appui dessus pour assurer son équilibre.

II.6. Les effets engendrés par les glissements de terrain

Du fait des fissures, des déformations et des déplacements en masse, les glissements peuvent entraîner des dégâts importants aux infrastructures et aux constructions. Dans certains cas, ils peuvent provoquer leur ruine complète (formation d'une niche d'arrachement d'ampleur pluri-métrique, poussée des terres incompatible avec la résistance mécanique de leur structure). L'expérience montre que les accidents de personnes dus aux glissements et coulées sont peu fréquents, mais possibles

Conclusion

Dans ce chapitre on a orienté notre étude sur la morphologie des glissements de terrains en effectuant une classification selon la forme de la surface de rupture, selon la vitesse et selon la profondeur et énumérer les causes et les différents facteurs qui le provoque étant les facteurs conditionnant ou les facteurs déclenchant, tel que Incidence de la lithologie, la pente, la sismicité, Incidence de l'eau, Action anthropique qui conclut que la cause principales des glissements de terrain est la présence d'eau sous les différentes formes.

Introduction

Les glissements de terrain présentent un danger naturel et leurs effets engendrent des victimes humaines et des dégâts matériels importants. C'est pourquoi, il est nécessaire d'effectuer des études sérieuses, plus approfondies permettant de mieux analyser ce phénomène et de cerner tous les facteurs influant sur son activité, et bien adopter des solutions à ce problème.

Le risque relatif aux mouvements de terrains est certainement le plus répandu à travers le territoire national et considéré parmi les aléas naturels et hormis le phénomène sismique qui concerne l'ensemble de la zone Nord du pays et les Hauts Plateaux.

De nombreuses régions de la Kabylie sont caractérisées par des montagnes de pentes raides qui donnent naissance à des phénomènes naturels susceptibles de provoquer des catastrophes.

IV.1. Présentation de la Wilaya

La wilaya de Tizi-Ouzou a une superficie totale de 295 793 hectares, est localisée au nord de l'Algérie, à 50 km à l'est d'Alger, ses limites géographiques sont : au nord, la mer Méditerranée, avec une façade maritime de 85 km, à l'est, la wilaya de Bejaia, à l'ouest, la wilaya de Boumerdes et au sud, la wilaya de Bouira.

Tizi-Ouzou compte le nombre de communes le plus élevé d'Algérie (soit 67), c'est une des régions les plus boisées (38 % de taux de boisement) et l'une des plus montagneuses (83 % de relief présentant une pente > 12 %), enfin, c'est une des régions les plus densément peuplées du pays, soit 441 habitants / km^2 , avec une population rurale de 791 031 habitants répartis sur 1 400 villages, situés à proximité des massifs forestiers.



Figure IV.1. Situation de la wilaya de Tizi-Ouzou dans la région Nord Centre du pays

La situation géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou nous informe que le massif de grande Kabylie est situé dans le domaine interne de la chaîne des Maghrebides.

On reconnait en Kabylie des terrains se rapportent à la série suivante :
 Terrains azoïques, terrains jurassiques, terrains crétacés, terrains Eocènes, terrains Miocènes, terrains pliocène et quaternaire, roches éruptives tertiaires.

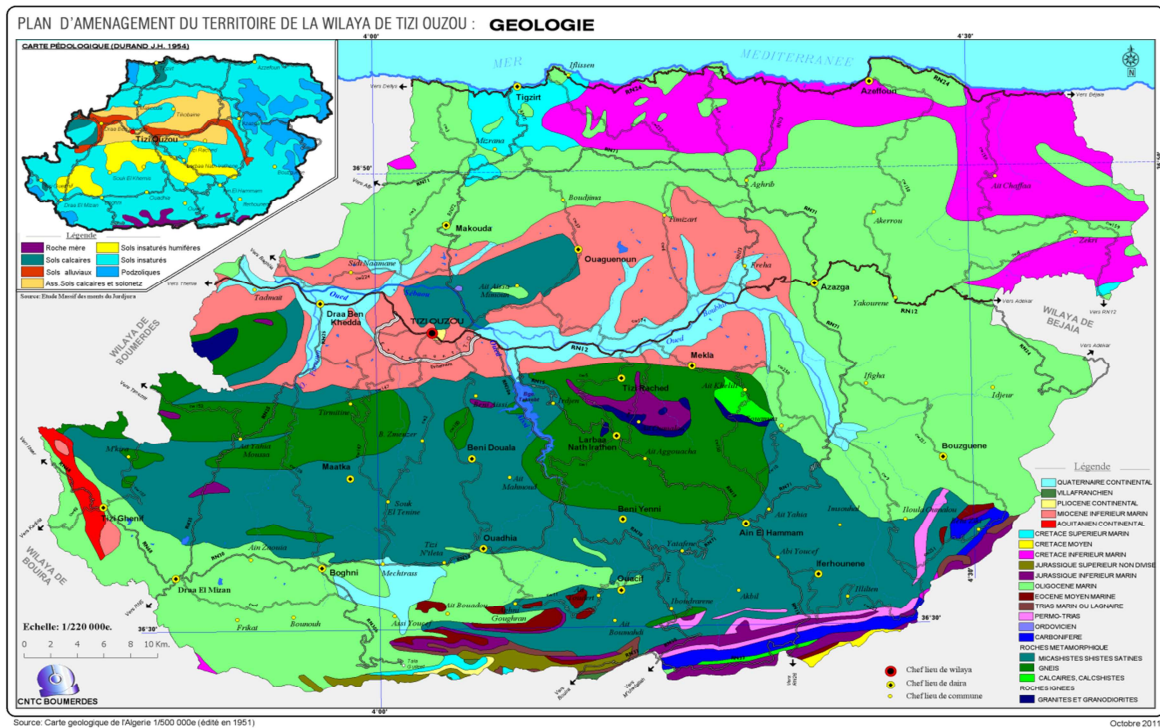


Figure IV.2. Carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou

Le climat de la wilaya de Tizi-Ouzou présente un hiver frais, pluvieux et parfois neigeux suite à l'enfournement par des massifs montagneux et un été chaud et humide, son réseau hydrographique renferme deux (02) grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued-Sebaou qui traverse la wilaya de l'Est vers l'Ouest jusqu'à la plage de Takdemt (Dellys) et le bassin côtier ainsi Tizi-Ouzou contient le barrage de Taksept d'une capacité de 175 millions m^3 .

L'Algérie fait partie des pays vulnérables face aux tremblements de terre. Les séismes frappent le nord de ce pays durement soumis aux contraintes des mouvements de la terre. Comme le séisme aborde des dégâts énormes, la conception et la réalisation des ouvrages devront donc tenir compte de la sismicité de la région et se conformer à la réglementation en vigueur.

En ce qui concerne la wilaya de Tizi ousou , elle est classée selon la réglementation parasismique dans la zone IIa qui correspond à une sismicité moyenne.

IV.2. Les glissements de terrain les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La géomorphologie de la Kabylie est caractérisée essentiellement par des pentes raides et abruptes, affectée souvent par des mouvements de terrain plus ou moins importants. Ce risque constitue l'un des phénomènes naturels les plus répandus dans cette région. En effet, ces mouvements sont observés dans plusieurs Daïras : Azazga, Tigzirt et Aïn El Hammam,...etc. qui sont affectées par des mouvements de terrain très actifs ces derniers temps.

IV.2.1. Tigzirt

IV.2.1.1. Situation géographique

La commune de Tigzirt est située au Nord de la wilaya de Tizi-Ouzou, elle est distante de 39 Km du chef lieu de la Wilaya et de 130 Km à l'Est de la capitale Alger.

Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la commune d'Ifflissen, à l'Ouest par la commune de Mizrana, et au Sud par les communes de Boudjima et Timizart.

D'une superficie totale de $45Km^2$; elle possède des zones montagneuses, un site de ruines romaines classé en 1900 comme site national protégé, deux rivières qui se déversent

sur la mer et 18 villages et Hameaux dont le nombre total des Habitants est de 11962(en 2008).

Le réseau routier est composé de deux routes nationales, d'un chemin de Wilaya, de trois routes communales ainsi que plusieurs autres chemins et pistes agricoles.

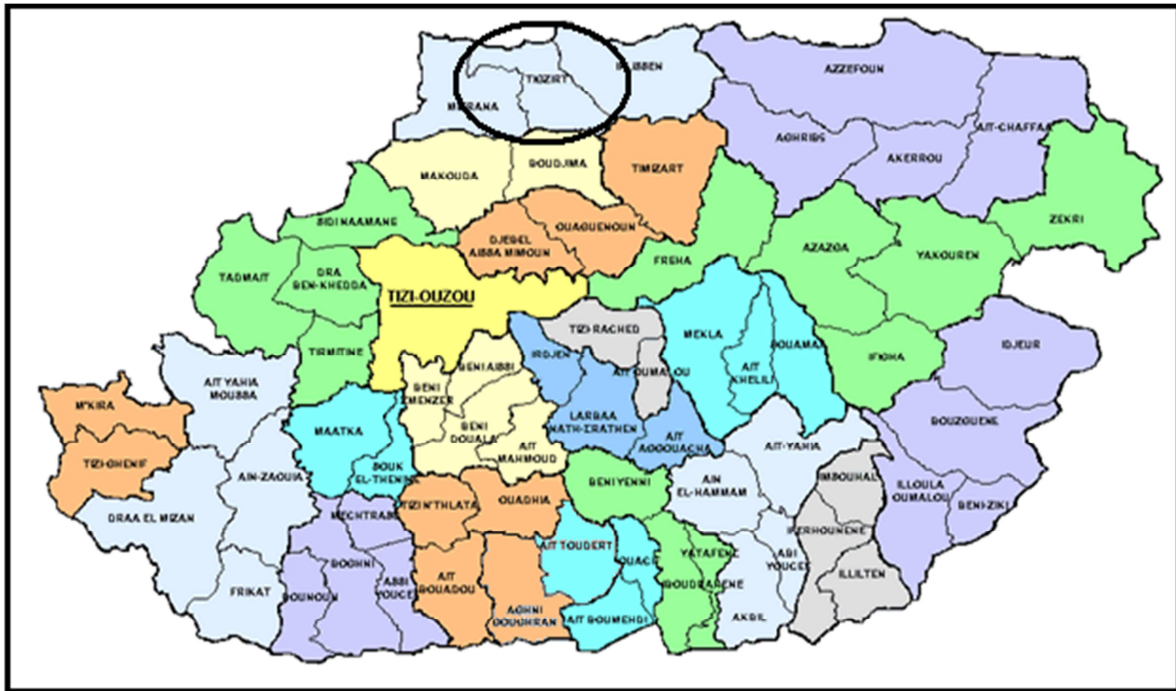


Figure IV.3. La situation géographique de la région de Tizirt sur une carte de Tizi-Ouzou

IV.2.1.2. Glissements de terrains au niveau de la région de Tizirt

L'instabilité de la région de Tizirt est connue depuis au moins l'année 1977, où une étude du plan d'urbanisme communal de Tizirt a été confiée au laboratoire LNTPB. Le territoire a été divisé en quatre zones selon des considérations de stabilité du sol.

- Zone défavorable à l'urbanisation : ces terrains étaient considérés stables et des constructions peuvent être normalement érigées.
- Zones incertaines : sur ces terrains, l'urbanisation est autorisée sous certaines conditions, (Etudes de sols).
- Zones défavorables : les constructions sur ces terrains seront interdites à titre conservatoire, jusqu'à l'exécution d'une étude géotechnique spécifique.

Les glissements de Tizirt se manifestent sur trois zones ayant subi, ces dernières années, des déformations importantes (zone Est, zone centrale, zone Ouest). La zone centrale présente

les mouvements de terrains très actifs (les 12 bungalows). Ces instabilités dans on subit des auscultations et fissurations des constructions ainsi que des affaissements de route.

L'historique des glissements de terrain de Tizirt se résume par :

En Février 1999 : et suite à des intempéries, des désordres ayant affecté le sol et certaines constructions, une étude géotechnique a été engagée par la direction de l'Urbanisme et de la construction de Tizi-Ouzou.

Durant l'année 2002 : l'étude menée a pour objectif de déterminer les caractéristiques de cet aléa (Glissement) afin de rechercher des possibilités de stabilisation et d'examiner la possibilité et les conditions d'urbanisation de ce site.

Une étude à été lancé en 2009 par un laboratoire Français.

IV.2.1.3. Les principales causes des mouvements de terrains de la région de Tizirt

❖ La géologie

Le massif de grande Kabylie est situé dans le domaine interne de la chaîne des Maghrebides. Cette chaîne résulte de la tectonisation d'un domaine paléo géologique constitué par des bordures de plaques Eurasiatiques et africaines et par le domaine intermédiaire dit micros plaques d'Alboran.

La région de Tizirt est représentée en majeure partie par des formations appartenant à l'unité Tellienne de Dellys et des terrains appartenant à l'unité Numidienne, qui est considérées comme des nappes de glissement.

Les sondages carottés et le profil sismique réfraction exécutés ont mis en évidence la lithologie suivante, formant la région.

- Une couche de Remblais d'une épaisseur de 0.8 à 3 m
- Des éboulis composés par une matrice argileuse.
- Une couche de marnes de couleur grise et bleue.

❖ La Géomorphologie

C'est une région côtière qui présente des pentes importantes (20% à 25%), qui favorise d'une manière directe l'instabilité de zones fragiles (Déplacement de matériaux rocheux ou meubles).

❖ Cadre climatique

La région de Tizirt est caractérisée par un climat de type méditerranéen, présente une pluviométrie irrégulière en hiver, chaud et humide en été.

- Pluviométrie : la région de Tizirt subit annuellement des quantités d'eaux importantes qui varient d'une année à une autre. Le PDAU de la région a enregistré des précipitations annuelles maximales d'environ 1040mm à 1100mm.

- Température : La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminante dans la différenciation au sein d'un même méso climat. Du mois de Janvier au mois d'Aout les températures moyennes mensuelles augmentent d'une façon significative, par la suite il ya diminution jusqu'au mois de Janvier.

Le mois d'Aout est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 28,85 0C, par contre le mois de janvier est très froid avec une température moyenne mensuelle de 10,580C.

❖ Hydrologie

La plupart des risques liés aux phénomènes de glissement de terrain ont eu lieu durant les saisons de pluie (pluies torrentielles) et/ou, de la fonte des neiges et de glace, par contre les périodes de sècheresse provoquent des fissurations par retrait des sols argileux superficiels, ce qui facilite l'infiltration de l'eau dans ces fissures lors d'épisodes pluvieux et déstabilisants.

Sur les pentes, l'action déstabilisatrice de l'eau infiltrée dans le sol est multiple, et l'on assiste à :

- L'accroissement du poids volumique des sols par augmentation de la teneur en eau et par conséquent une diminution du coefficient de sécurité.
- Un Changement de comportement rhéologique : le sol passe de l'état solide à l'état de fluide visqueux.

A long terme, les circulations d'eau souterraine peuvent engendrer une altération progressive des terrains, avec dégradation de leurs caractéristiques mécaniques (C et ϕ), ou un entraînement de particules fines du sol.

Le réseau hydrographique de Tizirt se constitue principalement de deux cours d'eaux saisonnières, l'un déversant à la plage de Feraoun à l'Est et l'autre à la plage Tassalast à

l'Ouest. Des infiltrations d'eaux souterraines créent des couches savons entre les couches perméables et les couches peu perméables qui favorisent l'instabilité du versant.

❖ Sismicité

Au plan sismique, il apparaît actuellement que les reliefs telliens s'individualisent par une activité relativement fréquente et que celle-ci joue un rôle important dans le redéclenchement de certaines formes héritées. Elle est également à l'origine d'éboulis de grés, de calcaire et de réactivation des glissements de terrain et /ou de liquéfaction des sols.

La région de Tizirt appartient à la zone de moyenne sismicité (zone II. a). Il est à rappeler que la région de Tizirt fut très touchée par le séisme de Boumerdes du 21 mai 2003, sachant que des désordres importants ont affecté un grand nombre de construction dont l'effondrement total d'un bâtiment étagé en béton armé. Il faut signaler, à ce sujet, la nouvelle classification attribuée à la commune de Mizrana limitrophe de Tizirt du côté Ouest qui est passé de la zone IIa en IIb.

Les séismes peuvent déclencher et même aggraver les glissements de terrain, il sera nécessaire d'indiquer la sismicité régionale et locale de Tizirt.

IV.2.1.4.Facteurs déclenchant le glissement de la région de Tizirt

- Des caractéristiques mécaniques des terrains très faibles (angle de frottement moyen inférieur à 15° et cohésion quasi nulle) ;
- Des pentes assez importantes de 20% à 25% ;
- Cette région à une sismicité moyenne (IIa) qui favorise d'une manière directe les glissements, chute de pierre et rupture de faille ;
- Les infiltrations d'eau entre les couches sous terraine y développant des contraintes hydrostatiques et hydrodynamiques ;
- Absence des ouvrages d'entretiens, caniveaux des eaux, des avaloires et des réseaux d'assainissements (au niveau du site et aux alentours) ;
- La Croissance de l'urbanisation modifie l'état des contraintes entraînant un sur chargement sur le sol ;

IV.2.1.5. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région de Tizirt



Figure IV.4. Glissement de terrain au niveau de la région de Tizirt

IV.2.2. Ain el hammam

IV.2.2.1. Situation géographique

Ain El Hammam (anciennement Michelet) est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, en Kabylie, située à 45 km au sud-est de Tizi-Ouzou et à 95 km au nord-est de Bouira. La commune d'Ain El Hammam se situe au sud-est de la wilaya de Tizi-Ouzou. Ses limites géographiques sont : au nord (Aït Aggouacha et Aït Yahia), à l'est (Aït Yahia), à l'ouest (Beni Yenni) et au sud (Akbil).

La ville est située sur le versant nord du Djurdjura, à 1080 mètres d'altitude. Les villages de la commune d'Ain El Hammam sont bâtis à flanc de montagne, jusqu'à 1800 mètres d'altitude.

Un léger affaissement de la petite route descendante au sud-est a été observé, ce qui démontre que le mouvement affecte aussi le versant. Les mouvements, pendant cette période allant jusqu'à novembre 2008, ont été relativement lents (centimétriques à décimétriques).

En novembre 2008 : des pluies abondantes ont provoqué une réactivation du mouvement, et les déplacements ne cessent de s'amplifier pour atteindre un maximum en mars et avril 2009. Les déplacements pendant cette période ont été de grande ampleur (dislocation d'immeubles et d'ouvrages de soutènement, des désordres dans les chaussées, la rupture des réseaux hydrauliques...)

Sous l'effet des infiltrations issues des réseaux hydrauliques défectueux et des précipitations, un risque de poursuite et d'aggravation des mouvements ne serait pas exclu.

En mai et juin 2009 : plusieurs immeubles ont été évacués et démolis, et depuis la vitesse du mouvement a diminué surtout en partie située à l'amont du marché. Dans le versant, les déplacements sont toujours visibles et des signes de mouvements sont apparents.

IV.2.2.3.principales causes des mouvements de terrains de la région d'Ain el hammam

❖ La géologie

La carte géologique de Fort National (Larbaa Nath Irathène) datée de 1906 montre que la région de Ain El Hammam est localisée sur des terrains métamorphiques (terrains schisteux micacés occupant une bonne partie de la ville).

D'après l'étude géologique faite, les niveaux lithologiques du terrain sont les suivants :

- Un ensemble schisteux : il est constitué de schistes satinés et de micaschistes.
- Un ensemble gneissique : contenant les gneiss ocellés et les gneiss fins.
- Un ensemble intrusif : il est formé de granites, de pegmatites et d'aprites.
- Des roches basiques : s'exprimant par des amphibolites.

La crête qui porte la ville d'Ain El Hammam est constituée essentiellement de schistes satinés de couleur grise foncée, dans ces schistes s'intercalent localement des bancs de quartzites.

Ces schistes présentent une schistosité de direction moyenne. Cependant, on constate la présence d'ondulations et de petits replis fracturés par endroits. Cette couche de schistes satinés est en contact soit avec les micaschistes, soit avec les gneiss.

Les micaschistes apparaissent à la base des schistes satinés. Ces roches se débitent en plaquettes suivant leur plan de schistosité principal, elles sont de couleur crème foncée à marron claire.

Les schistes rencontrés dans ce site sont plus au moins altérés. Cette altération a été facilitée par la fracturation de la partie supérieure de la roche. L'altération produit un limon argileux de couleur rougeâtre contenant des fragments de schistes.

❖ Géomorphologie

Le versant de Ain El Hammam touché par glissement de terrain est à forte pente, orientée généralement suivant une direction Nord-Sud.

L'allure actuelle du versant est différente et a été modifiée par les travaux d'urbanisation et les terrassements réalisés en crête (la crête portant la ville d'Ain El Hammam).

❖ Cadre climatique

La région de Ain El Hammam est caractérisée par un climat de type méditerranéen, continental, relativement froid, pluvieux en hiver, chaud et sec en été. Les températures varient suivant les années, de 25° à 35° en juillet et août avec parfois des pics de plus de 40°.

Cette région subit annuellement des hivers assez arrosés, en effet du mois de novembre à mars cette région connaît des averses de pluies et des neiges allant des fois à plus d'1.5m de hauteur ce qui n'est pas fait pour ralentir ou arrêter la progression du glissement de terrain dont elle fait l'objet.

❖ Hydrologie

Le régime hydrographique au niveau de la région étudiée est caractérisé par des cours d'eaux de type torrentiel et semi-permanent. Au niveau de la zone affectée, le réseau hydrographique se caractérise par la présence de talwegs d'importance variable orientés Nord-Sud. Ces derniers sont drainés par un oued principal situé à la sortie aval du versant. Des eaux d'infiltration ont été localisées à la sortie aval du versant qui constitue la zone affectée.

La formation de schistes satinés et micaschistes qui caractérisent la zone étudiée constitue un excellent réservoir pour les eaux pluviales. Ces eaux s'infiltrent aisément à travers le réseau de fissures et les zones de fractures.

En effet, lors des observations effectuées sur le terrain des zones de résurgence des eaux d'infiltration ont été localisées à la sortie aval du versant qui constitue la zone affectée.

En l'absence d'étude ou de carte hydrogéologique qui inclut le zone d'étude et vu l'importance du facteur – Eau – sur l'état de stabilité du site , l'aspect hydrogéologique a été mieux cerné après réalisation des sondages carottés équipés de piézomètres, prévus au cours de la reconnaissance approfondie.

Les mesures de niveaux d'eau à effectuer permettront la mise en évidence de la présence ou pas d'eau souterraine et l'évaluation de son incidence sur la stabilité du site.

❖ La sismicité

Les séismes jouent un rôle important dans le déclenchement des instabilités, La région d'Ain El Hammam étant située dans la zone 2a (zone de sismicité moyenne). L'effet de celui-ci doit être pris en charge dans l'étude du mouvement de terrain qui affecte la région, car il contribue à l'accentuation et à l'amorce des instabilités.

❖ L'urbanisation

La négligence de la géotechnique dans les constructions, permis de la réalisation des constructions dans des zones signalées très favorables pour les glissements ou zones rouges.

IV.2.2.4. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'Ain el hammam



Figure IV.6. Glissement de terrain au niveau de la région de Ain El Hammam

100 autres sérieusement affectées et 690 sinistrés ont été dénombrés. La reprise de ces mouvements s'est amplifiée suite à de fortes chutes de pluie.

- Le glissement de terrain de mars 1985

23 habitations et locaux professionnels ont été endommagés, la RN12 a été fermée à la circulation, des lézardes sont apparues dans certains quartiers de la ville. Donc la reprise de ces mêmes mouvements a entraîné d'importants désordres affectant les habitations (une centaine) et les édifices publics.

- La réactivation du glissement en mars 2012

Il a engendré des dégâts matériels considérables.

IV.2.3.3. Principales causes des mouvements de terrains de la région d'azazga

❖ La géologie

Localement, les visites effectuées sur site et l'exploitation des données d'archives disponibles (rapport d'études géotechniques, carte géologique, etc.), nous ont permis d'identifier les faciès présents dans la région d'Azazga. Nous distinguons ainsi :

- Le flysch créacé : qui occupe la majeure partie de la région, est en partie masqué à l'Ouest par le miocène et chevauché à l'Est par le numidien.
- Les argiles sous numidiennes : ce sont des argiles rouges et vertes, à bancs décimétriques de grés, datées de l'oligocène, elles affleurent à l'Est et au Nord-est de la ville.
- Les grés numidiens : constituent les principaux reliefs du Djebel Abed à l'extrémité Est de la région. Des bancs massifs, découpés en panneaux par un système de failles, sont visibles immédiatement à l'Est de la ville. Ces panneaux sont effondrés par rapport au numidiens en place (relief du Djebel Abed).
 - Les éboulis numidiens : des blocs de grés de toutes tailles, arrachés au relief du Djebel Abed, forme des nappes d'éboulis se répandant largement dans les secteurs centre, nord –est et sud-est.

❖ La géomorphologie

La ville d'Azazga est construite à mi-pente d'un versant montagneux (Dj. Abed) orienté sensiblement nord est – sud ouest et à la faveur d'un replat topographique de pente maximale 10%.

❖ Cadre climatique

Le climat de la région de Tizi-Ouzou est celui d'une moyenne montagne méditerranéenne, la pluviométrie est assez élevée mais inégalement répartie pendant l'année. Elle fait apparaître l'opposition d'une saison hivernale relativement humide et une saison estivale beaucoup plus sèche.

L'orientation générale du relief parallèle au littoral, empêche les influences maritimes vers l'intérieur. Ainsi, coexistent deux domaines climatiques, celui de la montagne et de la cuvette (bassin de Tizi-Ouzou).

La température de la région est caractérisée par :

- Une décroissance rapide d'Août à Janvier.
- Une croissance modérée et régulière de Janvier à Août.
- Les mois les plus froids sont : de Novembre à Mars avec des températures moyennes mensuelles minimales de 9.4°C en Janvier et 10.5°C en Décembre, et les mois les plus chauds de Juin à Septembre.

La quantité annuelle des précipitations atmosphériques dépasse en moyenne les 500 mm.

Les précipitations les plus élevées sont enregistrées les mois de Décembre, Janvier et Février avec des valeurs de 71.30 à 180.20 mm et qui marquent la saison hivernale. Par contre les plus basses sont enregistrées aux mois de Juin, Juillet et Août correspondant à la saison estivale. L'analyse de la variation des précipitations au cours du temps, montre un rythme irrégulier de précipitation, avec une distribution relativement faible.

❖ Hydrologie

La perturbation des précipitations dans la région d'Azazga engendre un régime hydrographique irrégulier. Durant l'été, les oueds sont à sec, par contre, la période pluvieuse favorise un écoulement notable et un transport important de sédiments.

Il existe une présence d'eau souterraine sous forme de nappes pelliculaires, qui se développent en période pluviale, dans les éboulis du Numidien constitués de grés grossiers altérés à matrice argilo-limoneuse peu sableuse. L'infiltration de ces eaux dans les niveaux

sous-jacents à savoir les flyschs et les argiles miocènes forme des niveaux d'eau souterraine sous forme de nappes semi-profondes.

❖ La sismicité

Les caractéristiques sismo-tectoniques du nord algérien montrent que celui ci est caractérisé par une activité tectonique récente se manifestant sous forme de séismes de magnitudes plus ou moins élevées.

Les désordres induits par les séismes au niveau du sol, représentent la cause principale des dégâts. Ils sont de diverses natures. Parfois le résultat est la combinaison de plusieurs types de désordres. Tout phénomène sismique se manifeste par des vibrations au niveau du sol généré par les ondes sismiques et l'apparition de failles en surface, lorsque les séismes sont de fortes magnitudes. Les instabilités liées aux séismes concernent entre autres:

- les glissements de terrain
- les ruptures de failles en surface...

IV.2.3.4. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'azazga



Figure IV.8. Glissement de terrain au niveau de la région d'azazga

IV.2.4. Tala N'Tgana

IV.2.4.1. Situation géographique

Freha est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou en Kabylie (Algérie), située à 31 km à l'est de Tizi-Ouzou, à 7 km à l'ouest d'Azazga et à 32 km au sud -ouest d'Azefoun.

La commune de Freha est située au centre de la wilaya de Tizi-Ouzou, 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 Tizi-Ouzou et Ouaguenoun et au nord-ouest, par la commune de Timazart.

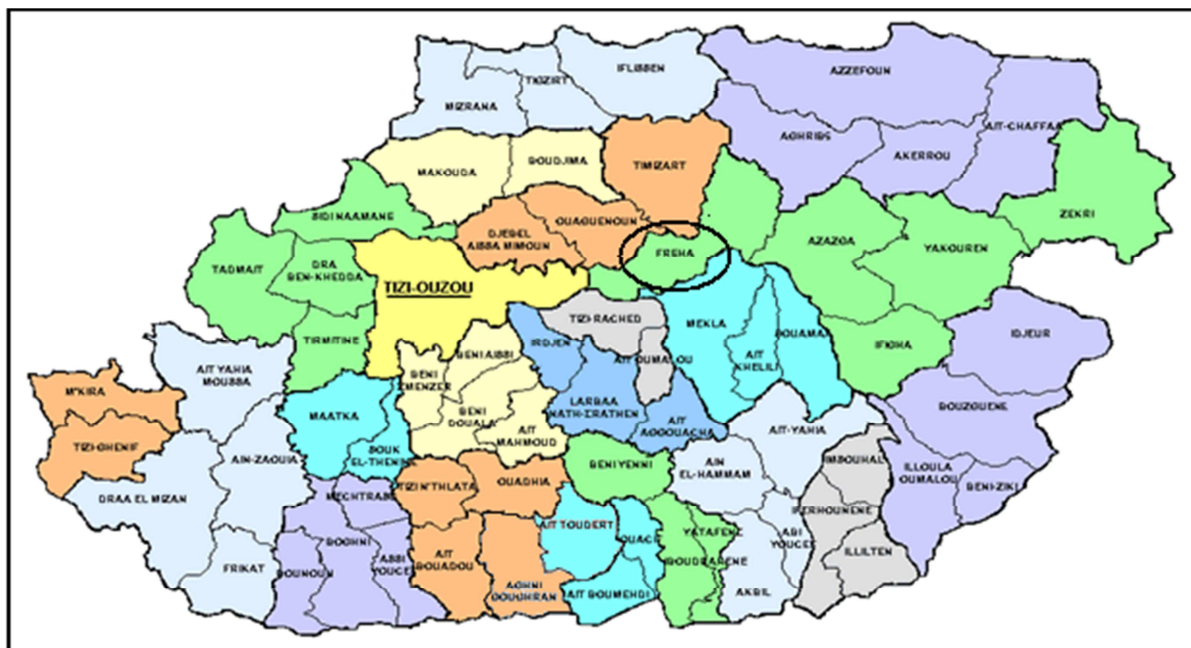


Figure IV.9. Situation de la region de freha sur une carte de Tizi-Ouzou

La surface de la commune de Freha est de 68,55 km², d'une altitude de 200m, d'une population de 24 228 habitants et composée de 23 villages parmi eux on site le village de tala N'Tgana.

Le glissement de terrain qui touche le village de Tala N'Tgana est situé au Nord-est de ce dernier, 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 Timazart.

IV.2.4.2. principales causes des mouvements de terrains de la region de tala N'Tgana

❖ La géologie

Selon la carte géologique de la grande Kabylie le sol de la région de Tala N'Tgana est constitué par des:

- Terre végétale.
- Éboulis (Argile jaunâtre incrusté de bloc de grés).
- Limons.
- Marne altéré.
- Marne grise compacte constituant le substratum.

❖ Cadre climatique

La région de Freha représente dans l'ensemble un climat méditerranéen.

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.

La région de Tala N'Tgana a connue aussi 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.

❖ 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...etc.

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

❖ 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.

Selon la carte de zonage sismique du territoire national RPA99 Tala N'Tagana est classée dans la zone (II a) qui est caractérisée par une sismicité moyenne.

IV.2.4.3. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région de Tala N'Tgana



Figure IV.10. Glissement de terrain au niveau de la région de Tala N'Tgana

IV.2.5. Illilten

IV.2.5.1. situation géographique

La commune d'Illilten est située à 70 km au sud-est de la wilaya de Tizi-Ouzou, à la limite des wilayas de Bouira et de Bejaïa (<http://fr.wikipedia.org>). Le territoire de la commune est délimité :

Au nord et à l'est, par la commune d'Illoula Oumalou.

Au sud, par les wilayas de Bouira et de Bejaïa.

À l'ouest et au nord-ouest, par la commune d'Iferhounene.

❖ Les précipitations dans la région

Divers facteurs contribuent à déterminer les zones de précipitation, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents dominants porteurs d'humidité.

La pluviométrie varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques tels que : l'altitude, la latitude, la longitude et la distance à la mer.

Les données climatiques et en particulier les précipitations, sont nécessaires pour déterminer les quantités des eaux d'infiltration, de ruissellement et d'évaporation.

❖ Hydrologie

Les expériences ont montré que la majorité des risques qui sont liés au phénomène de glissement de terrain ont eu lieu durant les saisons de pluie et/ou, de la fonte des neiges et de glace, par contre, les périodes de sécheresse provoquent la fissuration des sols argileux, ce qui facilite l'infiltration de l'eau dans les fissures lors d'épisodes pluvieux et déstabilisants.

Dans le cas d'une coulée boueuse, le sol passe de l'état solide à l'état fluide visqueux (changement de comportement rhéologique). Donc l'eau constitue un facteur déstabilisant des versants et agit négativement sur les caractéristiques géotechniques du sol. Une étude de ce facteur s'avère donc indispensable dans l'analyse de la stabilité des versants.

Le régime hydrographique de la région d'Illilten est caractérisé par des cours d'eaux d'écoulement torrentiel et de nombreuses sources, ce qui signifie l'existence d'eaux souterraines (nappes phréatiques proches de la surface).

L'eau souterraine est un facteur majeur de déclenchement des mouvements de masse. Cela démontre toute l'importance de l'étude hydrogéologique pour la compréhension de l'évolution des coulées boueuses et la maîtrise du risque qu'elles entraînent

❖ Cadre climatique

Le climat d'Illilten est humide frais dans les altitudes basses, et humide froid dans les hautes altitudes (plus de 1000 mètres).

IV.2.5.3. Quelques images représentant les dégâts enregistrés dans la région d'Illilten



Figure IV.12. La coulée boueuse de la région d'Illilten (HADDAD S. 2013)

IV.2.6. Tala Allam

IV.2.6.1. Situation géographique

Tizi-Ouzou est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou dont elle est le chef-lieu. La ville est située à 100 km à l'est de la capitale Alger, à 125 km à l'ouest de Béjaïa et à 30 km au sud des côtes méditerranéennes. Avec 135 088 habitants recensés en 2008, Tizi-Ouzou est, en termes de population, la deuxième ville de Kabylie.

IV.2.4.6.3.Principales causes des mouvements de terrains de Tala Allam

❖ La géologie

Les marnes sont constituées par des proportions variables d'argile et de calcaire. Elles ne s'altèrent généralement que sur de très faibles épaisseurs du fait de leur imperméabilité.

Sur ce versant en pente, elle s'altèrent d'autant plus rapidement que les facteurs déterminant la perméabilité sont active :

-la faible cohésion, la porosité.

-la densité des fentes de retrait due a l'alternance régulière de l'humectation pendant la saison hivernale et de la dessiccation profonde pendant la saison estivale.

-le temps de séjour de l'eau stagnant dans ou sur les sols.

❖ Cadre climatique

Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes et février pour les basses altitudes. En été, la chaleur peut être suffocante car l'air marin se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville. À partir de novembre les températures sont de 5°C au minimum. Quelques hivers à Tizi-Ouzou sont marqués par des records de chaleur: en 2012, par exemple, les températures ont dépassé les 17°C. La température la plus élevée jamais enregistrée à Tizi-Ouzou date de Juillet 1901 avec 50°C, et la température la plus basse date de février 1982 avec -11°C.

❖ La sismicité

La région de Tizi-Ouzou étant située sur une région sujette aux séismes (classe zone IIa par le règlement parasismique algérien).

Ces glissements qui sont cités précédemment sont les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou ils y a d'autre glissements qui sont de moindre importance dans des autres régions de la wilaya citons : les glissements de Iflissen, Azzefoun, Yacourene, Bouzgane, Illoula, Abi Youcef, Ain Zaouia, Beni Douala, et Makouda.

Conclusion

De nombreuses régions de la wilaya de Tizi-Ouzou sont touchées par les glissements de terrain il y a ceux qui sont très important comme celui de Ain El Hammam, Azazga et Tigzirt qui sont classé par leur intensité dans la zone rouge, comme il y a d'autre qui sont de moindre importance mais il reste toujours important de bien prendre des procédures pour la lute contre ces glissements.

Chapitre V

Le SIG et la cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

Introduction

La cartographie constitue un moyen efficace pour l'étude des problèmes de la géotechnique. Elle permet le géo-référencement des données spatiales et facilite leur traitement. Le présent chapitre consiste à réaliser un système d'information géographique (SIG) qui permettra la cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou.

V.1. Définition d'un système d'information géographique (SIG)

Un SIG est un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées. » (F. de Blomac, 1994). Il intègre toutes les fonctionnalités d'un système de gestion de bases de données (analyses statistiques, requêtes...) et s'applique dans un environnement géo-référencé, pour la visualisation (sous la forme d'image assimilée le plus souvent à une carte) et l'analyse. P.A Burrough (1986) distingue quatre fonctionnalités de base d'un SIG :

1. Saisir des données (numérisation).
2. Stocker des données (base de données graphique et tabulaire).
3. Analyser des données (requêtes, modélisations, simulations).
4. Sortir des données (cartes, tableaux, graphiques, exportation et transferts de fichiers).

V.2. Choix du logiciel à utiliser pour la réalisation du SIG

Pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique (SIG) du site d'étude (la wilaya de Tizi-Ouzou) le choix s'est porté sur le logiciel Map-info version 6.5. Il s'agit d'un logiciel convivial doté d'une interface conviviale de type pointer-cliquer. MapInfo 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 (HAMMOUM H. 2010). Il est bien plus qu'un logiciel de cartographie ; il offre des outils performants :

- D'analyse spatiale ;
- De géocodage par adresse ;
- De visualisation des résultats ;
- De création et d'édition de données géographiques et tabulaires ;
- D'accès aux bases de données externes (de type Excel) pour extraire des enregistrements de données ;

- De réalisation des études thématiques et des mises en page.

V.3. Le Système d'Information Géographique réalisé sous MapInfo

V.3.1. Calage des cartes

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

V.3.1.1. 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.

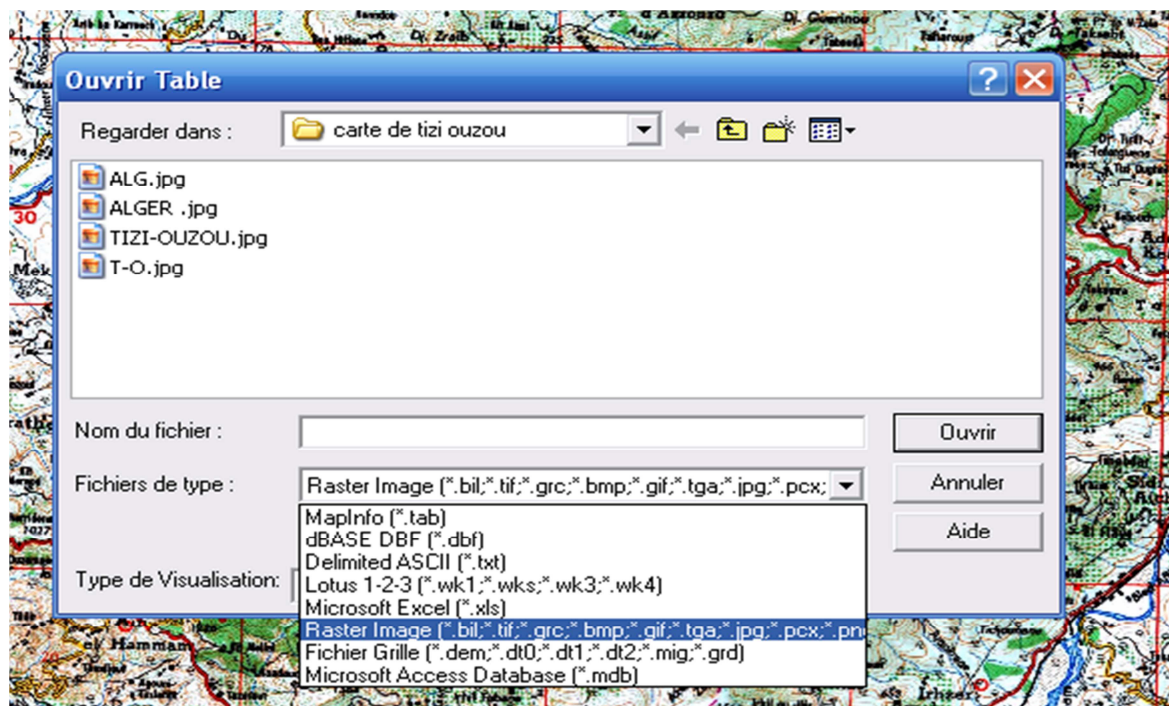


Figure V.1. Ouverture d'une image Raster sous MapInfo.

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 wilaya de Tizi-Ouzou se trouve dans le fuseau 31 et la bande S.

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

Table > Image Raster > Modifier Calage. Une fenêtre s'affiche sur l'écran (Fig.V.2). 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).

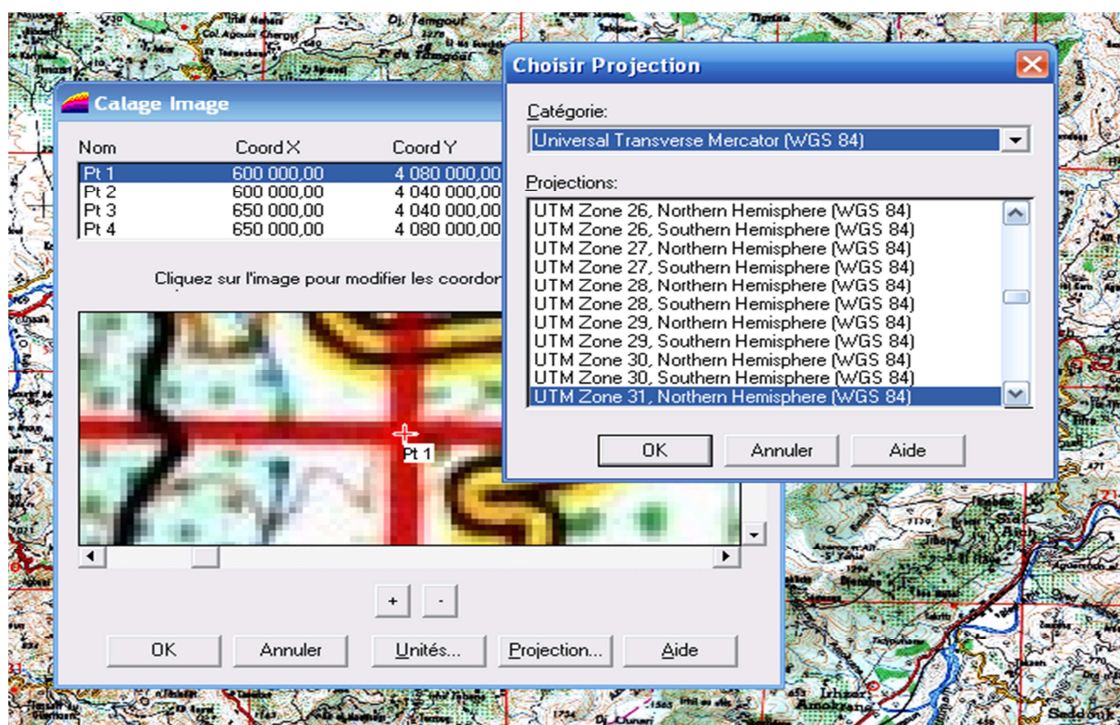


Figure V.2. Choix du type de projection

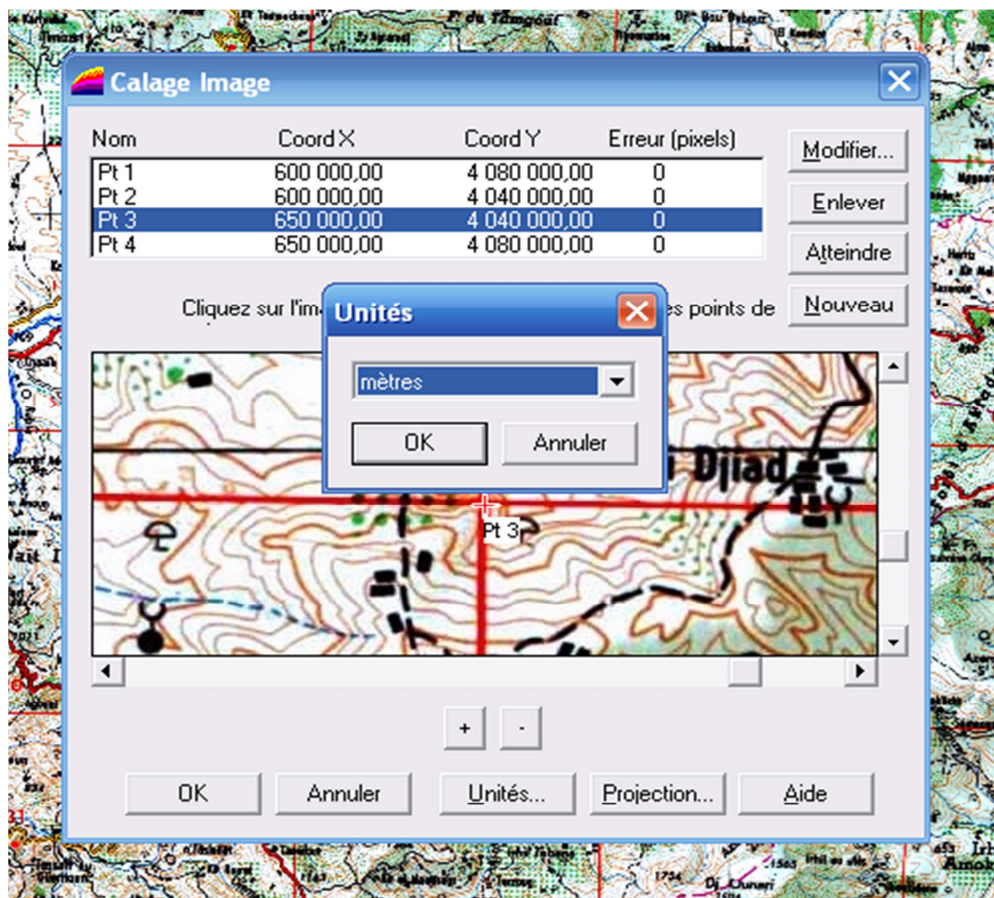


Figure V.3. Désignation des unités sous MapInfo.

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 (Fig. V.4) ;

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.

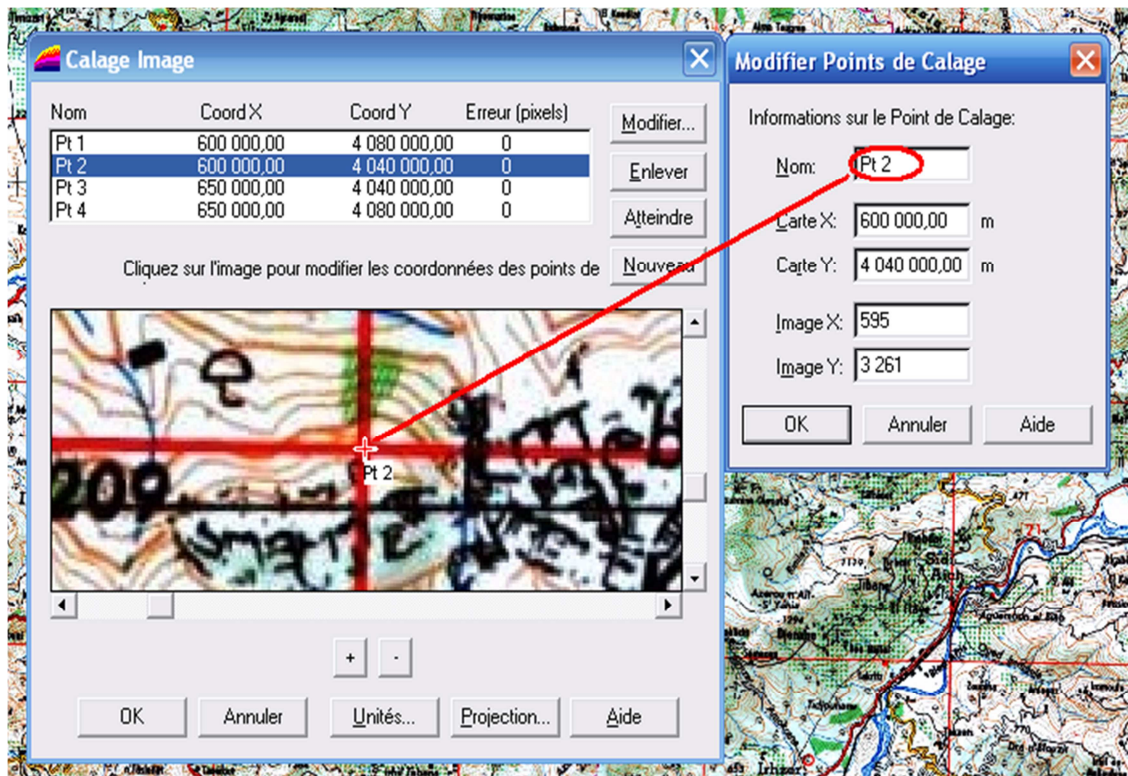


Figure V.4. Procédure d'indication des points de calage.

V.3.1.2. 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
- Rendre la couche de dessin modifiable (cocher sur la case modifiable) voire la figure
- Choisir le type et les caractéristiques des éléments à utiliser dans le menu de dessins
- Dessiner les éléments de la couche sur le fond cartographique.



Figure V.5. Barre de menu général

Fenêtre de contrôle des couches de dessin

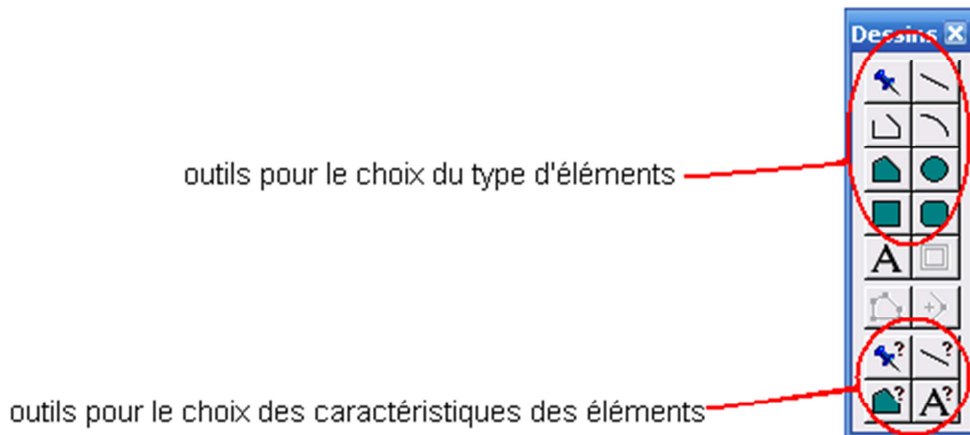


Figure V.6. Barre de menu de dessin

V.4. La cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

V.4.1. Méthodologie et traitements

La prise en compte de l'aléa des glissements de terrains a nécessité la collecte puis la numérisation de l'information spécifique aux phénomènes naturels déterminants et déclencheurs, constituant ainsi une base de données graphique et tabulaire numérique. L'évaluation du risque a été réalisée par l'utilisation de modèles d'analyses spatiales (Fig. V.7)

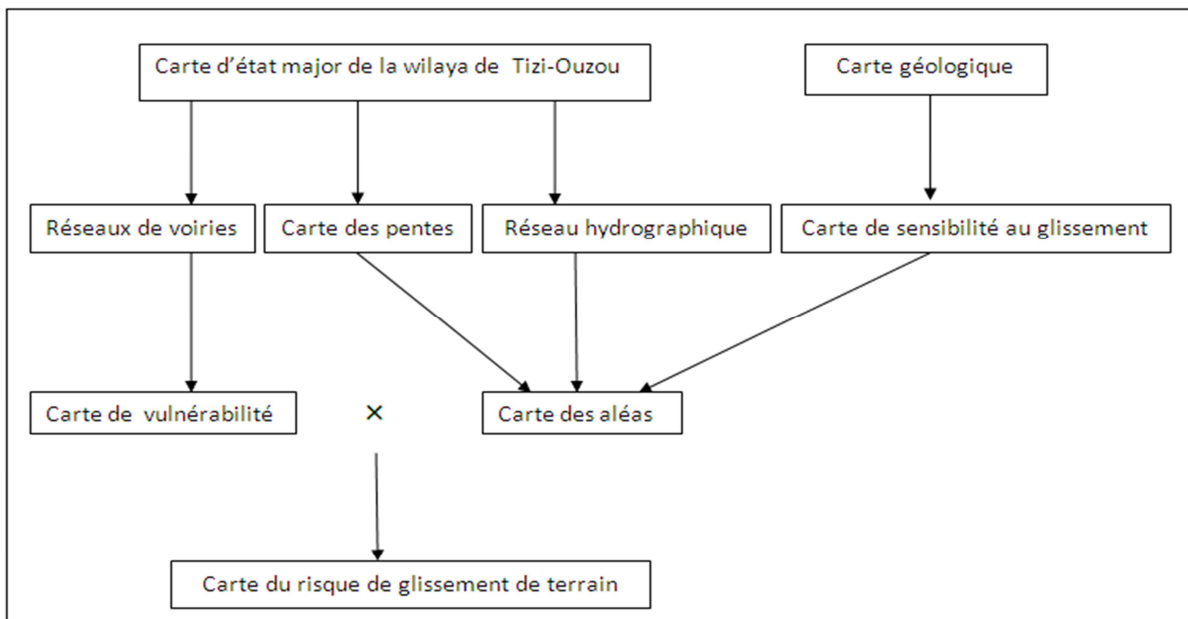


Figure V.7. Méthodologie et différents traitements

V.4.2. Résultats et discussion

V.4.2.1. Obtention de la carte des aléas glissement de terrain de la wilaya

V.4.2.1.1. La carte des pentes de la wilaya

La morphologie des versants instables de la wilaya de Tizi-Ouzou 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 MapInfo par des éléments polyligne de couleur jaune ; elles sont digitalisées à partir de la carte d'état major calées. Chaque courbe porte un identifiant « ID » qui indique son altitude.

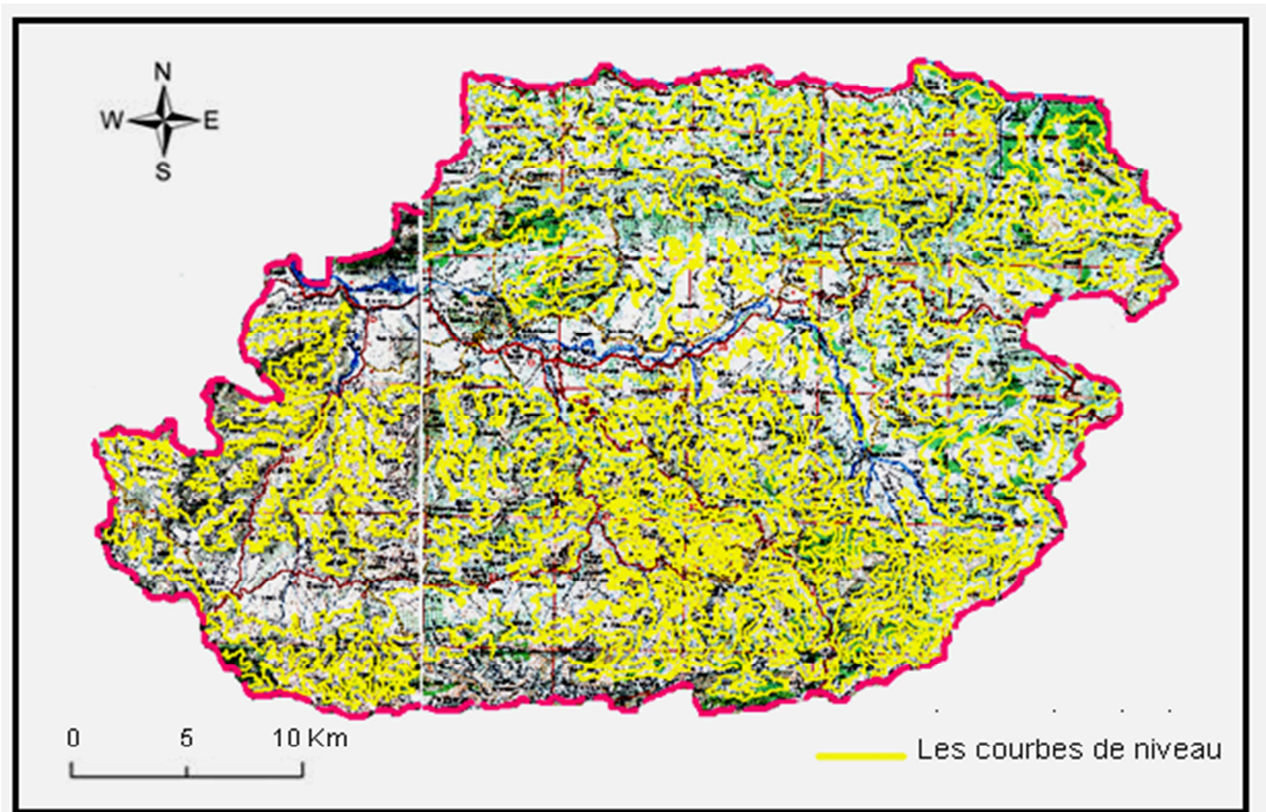


Figure V.8. Courbes de niveau de la wilaya

La carte des pentes de la wilaya est obtenue a partir de la carte géologique et les courbes de niveau qui sont tracé a partir de la carte d'état major de la wilaya et après le calcul des pentes par la relation suivante :

$$\alpha \% = \frac{Alt1 - Alt2}{Distance} \times 100\%$$

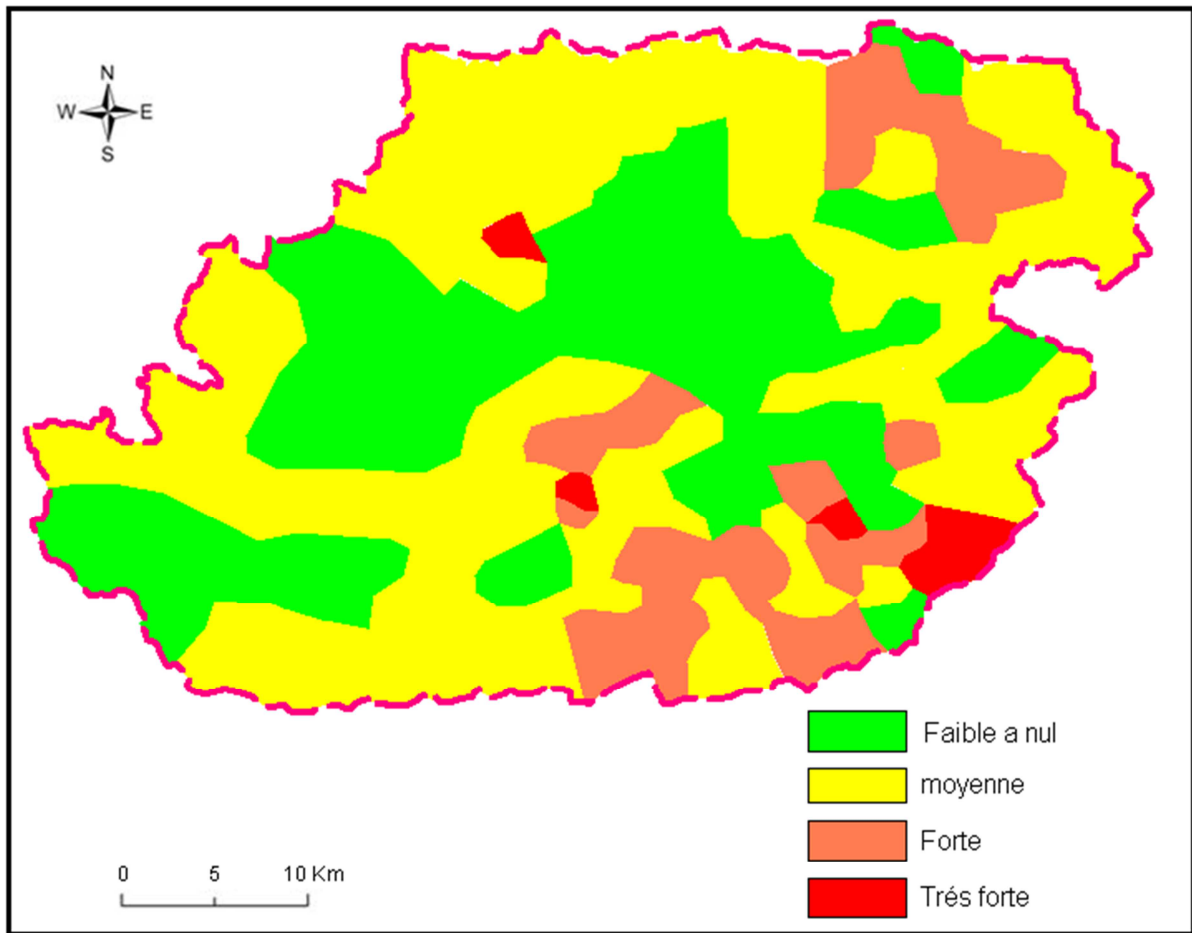


Figure V.9. Carte des pentes de la wilaya de Tizi-Ouzou

V.4.2.1.2. Les réseaux hydrographiques de la wilaya

L'hydrologie constitue un élément important dans l'étude des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou, puisqu'elle représente l'une des causes principales de celui-ci. Une couche vectorielle où tous les réseaux hydrographiques sont implantés a été créée. La couche vectorielle « réseaux hydrographiques.TAB » est réalisée en utilisant des éléments « ligne » et « symbole ». Pour la création de cette couche, nous avons digitalisé les sources d'eau et les réseaux apparents sur la carte d'état major calée.

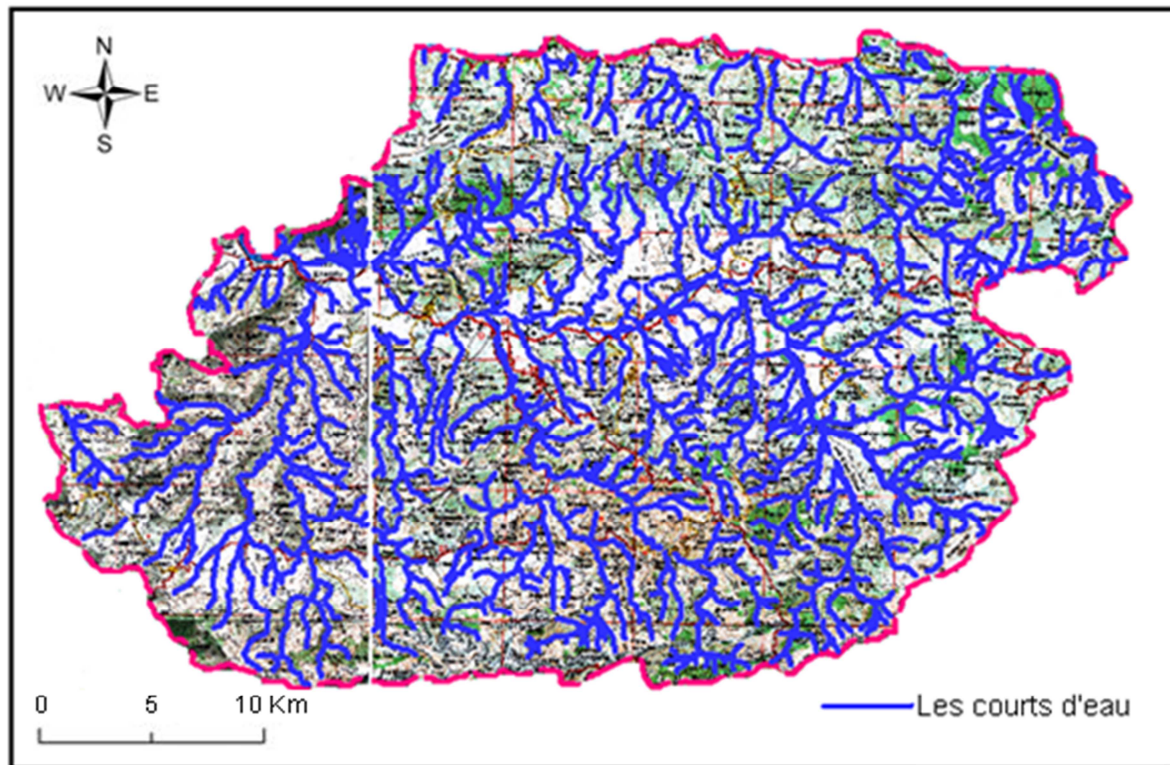


Figure V.10. Les réseaux hydrographiques de la wilaya de Tizi-Ouzou

V.4.2.1.3. La carte de sensibilité de la wilaya

Les glissements de terrain ont touchés plusieurs région de la wilaya citons les plus importants : glissement d'azazga, glissement d'Ain el hammam, et le glissement de terrain de Tizirt. Une couche vectorielle où tous les glissements de terrain sont implantés a été créée. La couche vectorielle «carte des glissement.TAB » est réalisées dans le logiciel MapInfo en utilisant des éléments « symbole ».

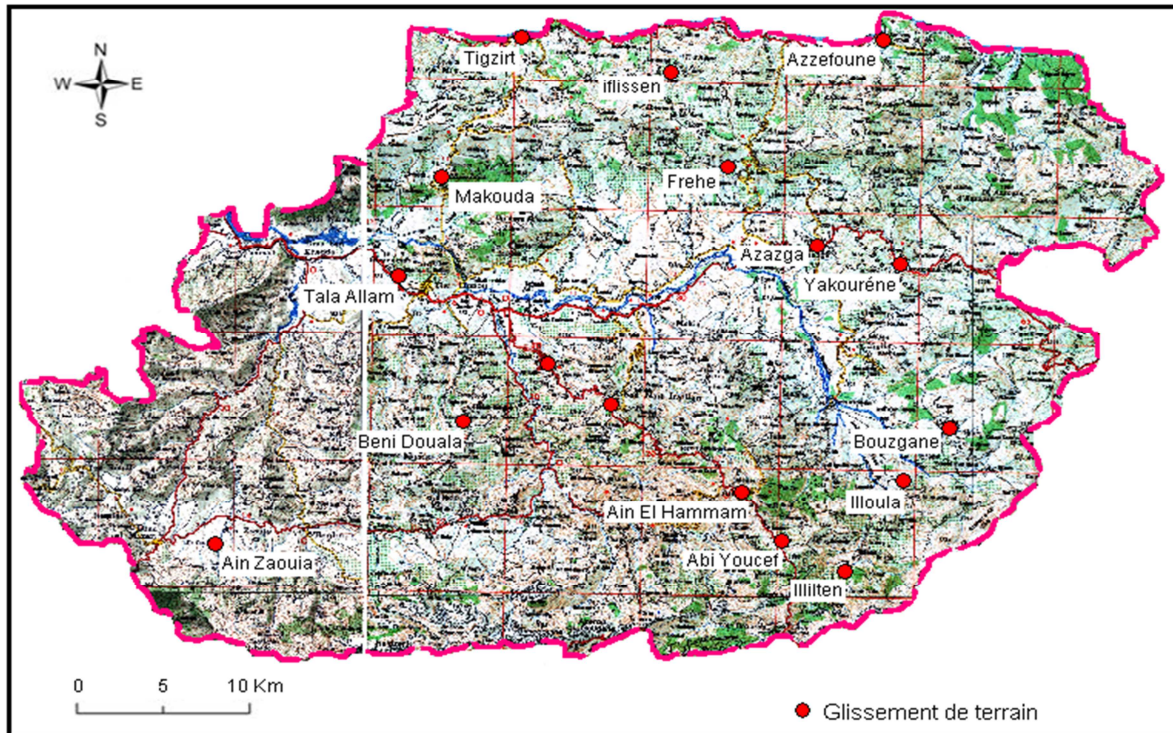


Figure V.11. Les glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

Les surfaces des sites instables de la wilaya de Tizi-Ouzou

| Région | Surface du glissement (hectars) |
|---------------|---------------------------------|
| Ain El Hammam | 180 |
| Tigzirt | 160 |
| Bouzgane | 30 |
| Illiltén | 120 |
| Azazga | 439.26 |
| Freha | 140 |
| Ain Zaouia | 15 |

La carte de la sensibilité est obtenue à partir des glissements de terrain de la wilaya en fonction de la surface du glissement de chaque région.

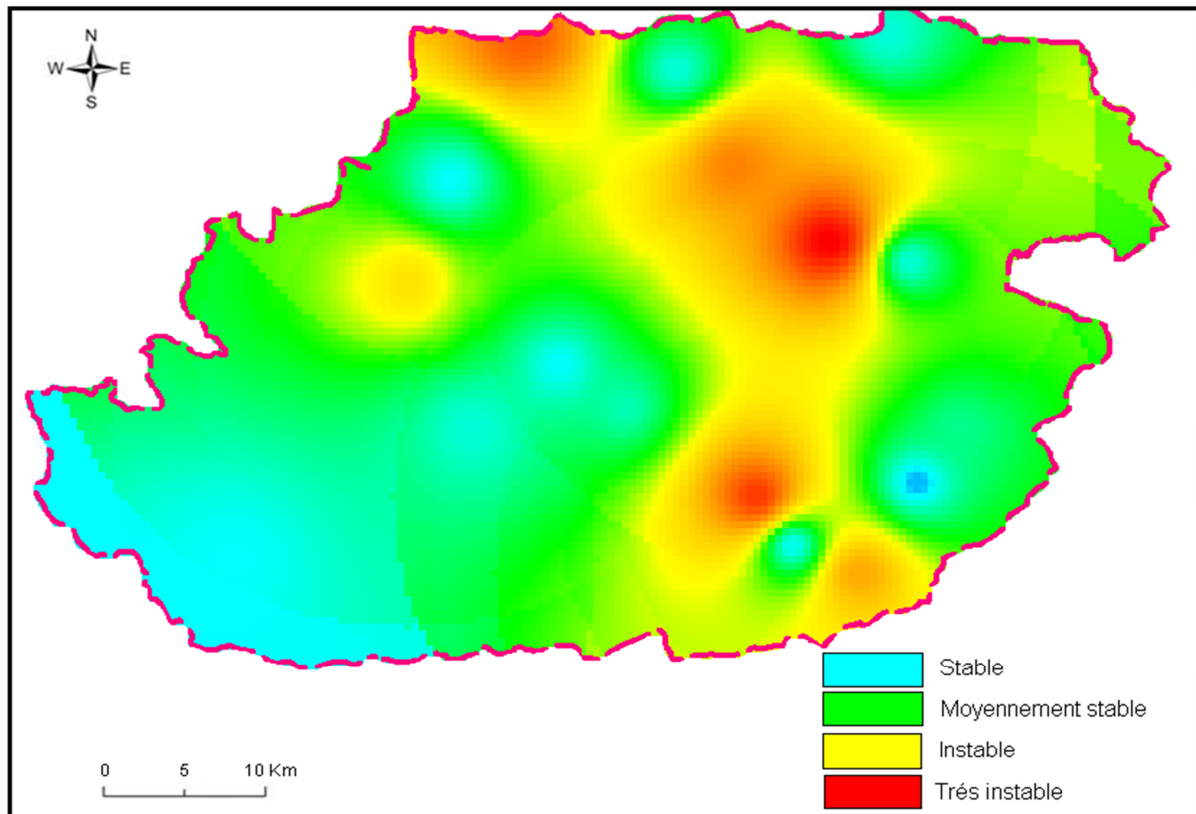
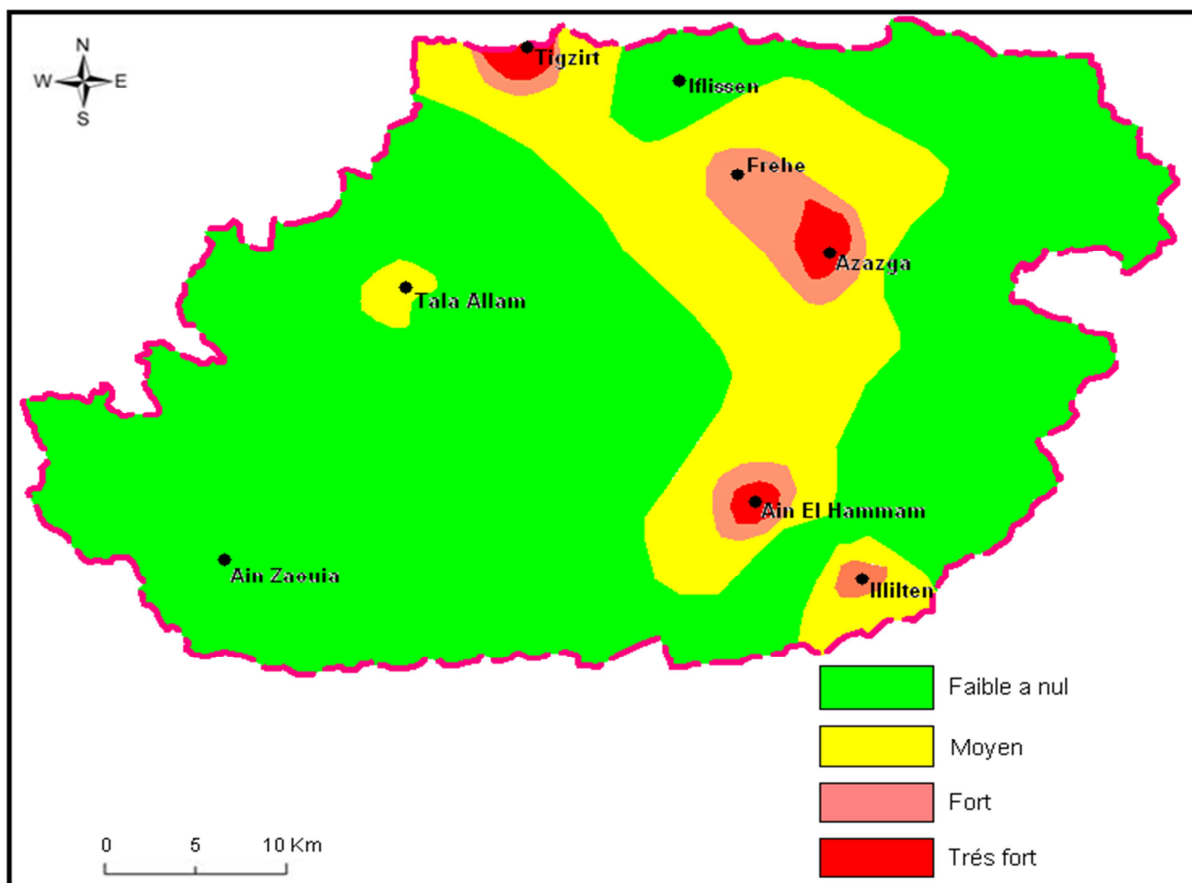


Figure V.12. Carte de sensibilité des terres de la wilaya de Tizi-Ouzou

La carte des aléas de la wilaya de Tizi-Ouzou est obtenue par le croisement des 2 cartes (carte des pentes, et la carte de sensibilité au glissement) de la wilaya de Tizi-Ouzou et on suivant le tableau des aléas représenté ci-dessous :

Tableau V.1. Tableau des aléas glissement de terrain

| sencibilité pente | Faible S1 | Moyen S2 | Fort S3 | Trés fort S4 |
|----------------------|--------------|-------------|------------|-----------------|
| Faible P1 | Faible | Faible | Faible | Moyen |
| Moyen P2 | Faible | Faible | Moyen | Fort |
| Fort P3 | Faible | Moyen | Fort | Trés fort |
| Trés fort P4 | Moyen | Fort | Trés fort | Trés fort |

**Figure V.13.** Carte des aléas de mouvement de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

L'analyse de notre carte d'aléa nous permet de remarquer que les zones à aléa fort et très fort sont pour la plupart situées sur les versants des montagnes ; elles se distribuent également aux alentours des cours d'eaux et ont une orientation suivant les réseaux de drainages. Aussi

nous observons donc que lorsque l'altitude augmente, l'aléa de mouvement de masse augmente.

Les régions les plus exposées aux aléas forts et très forts sont : Azazga, Ain El Hammam et Tizirt.

V.4.2.2. Obtention de la carte de vulnérabilité de la wilaya de Tizi-Ouzou

Les réseaux routiers ont une relation importante dans l'étude des glissements de terrain, une couche vectorielle où tous les réseaux routiers sont implantés a été créée. La couche vectorielle « réseaux routier.TAB » est réalisée dans le logiciel MapInfo en utilisant des éléments « ligne ». Pour la création de cette couche, nous avons digitalisé toutes les routes apparentes sur la carte d'état major calée.

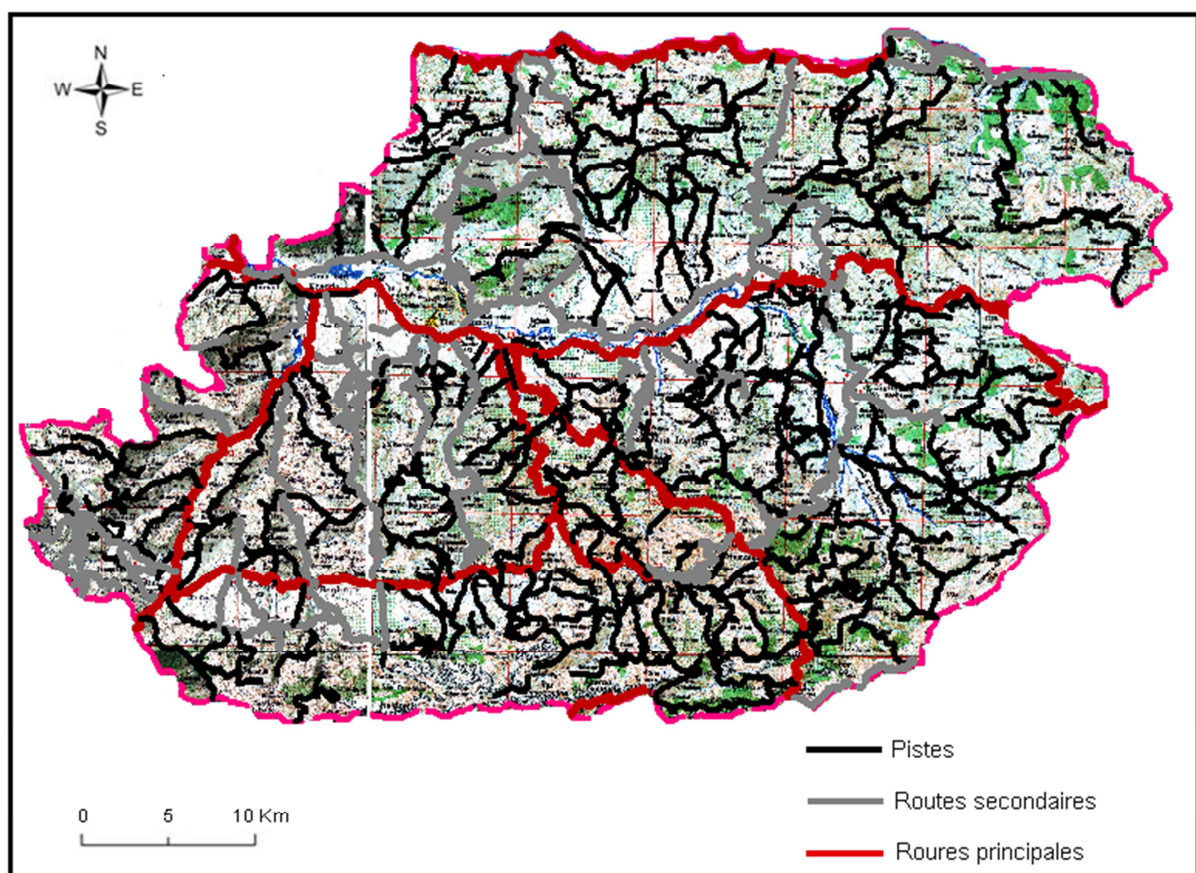


Figure V.14. La carte des routes de la wilaya de Tizi-Ouzou

On a utilisé cette carte pour avoir la carte de la vulnérabilité de la wilaya qui a été divisé en 3 parties : faible, moyenne, et dense.

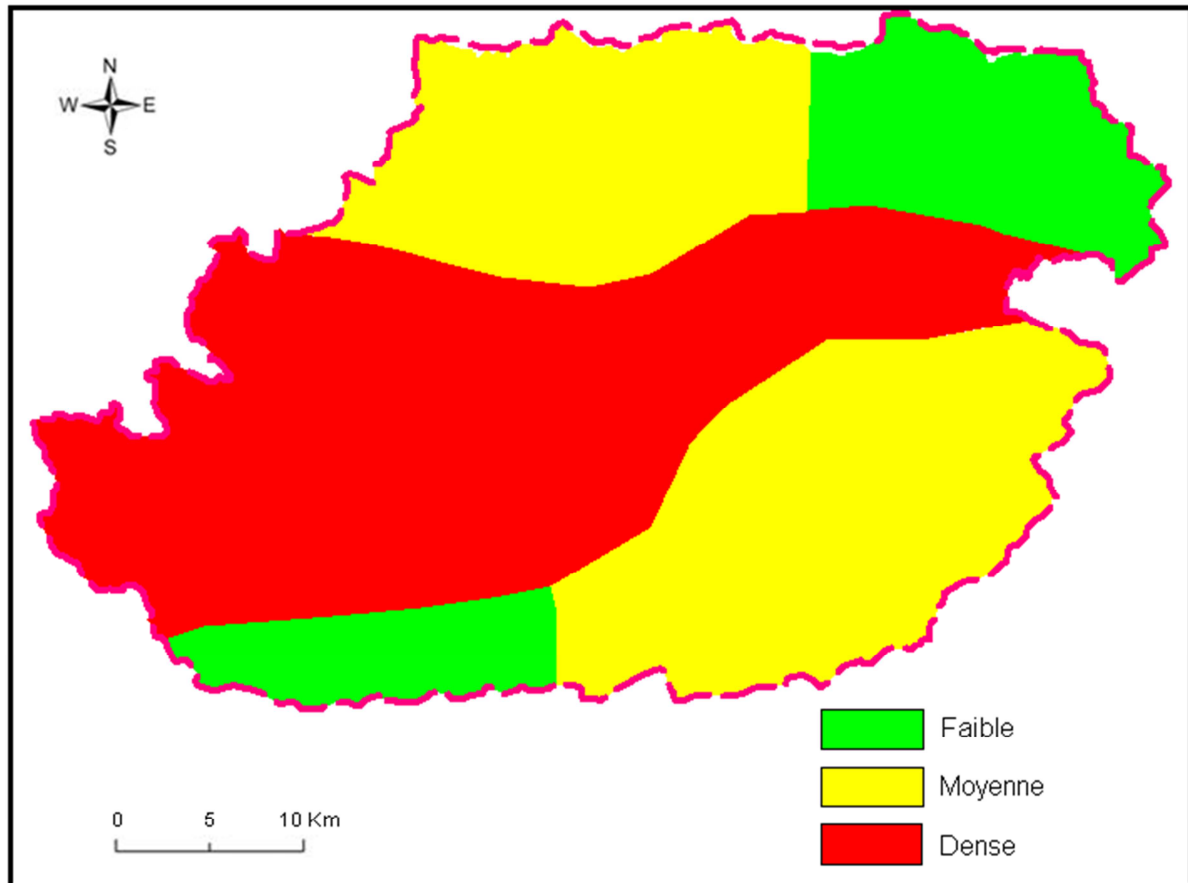


Figure V.15. Carte de la vulnérabilité de la wilaya de Tizi-Ouzou

Pour les réseaux de voiries, la vulnérabilité est évaluée en fonction du type de voie de communication ; On considère seulement la longueur et la largeur des voies pouvant être affectées par un glissement de terrain.

V.4.2.3. Cartographie du risque

La carte des du risque glissement de terrain est obtenu par le croisement des 2 carte (carte des aléas, et la carte de vulnérabilité) de la wilaya de Tizi-Ouzou et on suivant le tableau du risque représenté ci-dessous :

Tableau V.2. Tableau du risque glissement de terrain

| Routes Aléa | Dencité faibe R1 | Dencité moyenne R2 | Dencité forte R3 |
|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Faible A1 | Faible | Faible | Moyen |
| Moyen A2 | Faible | Moyen | Fort |
| Fort A3 | Moyen | Fort | Trés fort |
| Trés fort A4 | Fort | Trés fort | Trés fort |

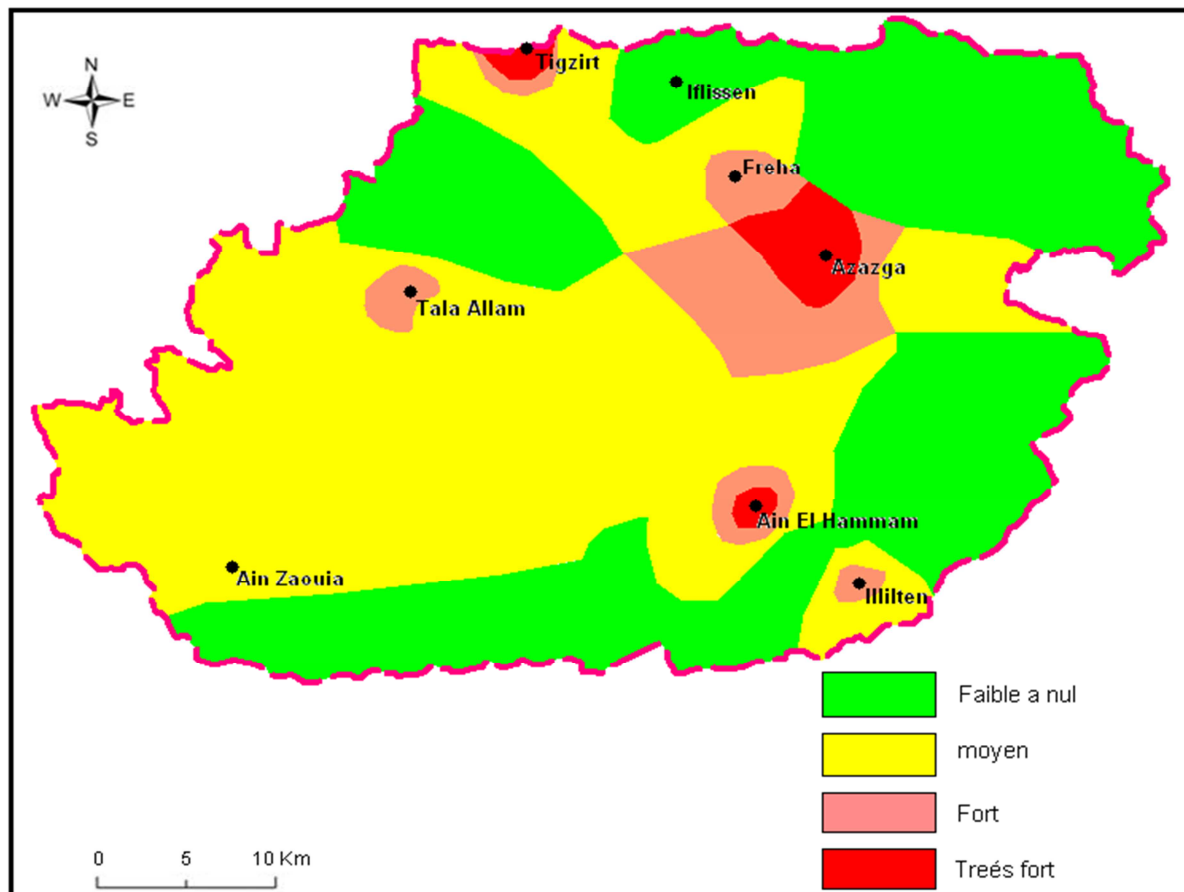


Figure V.16. Carte du risque glissement de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou

La superposition de la carte d'aléa et la carte de vulnérabilité permet l'obtention de la carte de risque de glissement de terrain. Après analyse de la carte de risque nous remarquons que la route nationale, n'étant généralement pas sur des versants des montagnes dans le secteur d'étude, est très rarement en zone de risque très élevé. Les pistes et routes secondaires eux sont souvent en zone à risque élevé (en bordure de ravins).

Conclusion

Au cours de ces dernières années, les SIG ont connus un champ d'utilisation très important dans plusieurs domaines : (la géologie, le génie civil, etc.). Dans ce chapitre on a réalisé la cartographie des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou.

la carte d'état major de la wilaya nous a permis de faire plusieurs carte (carte des pentes, carte du réseau routier, ...) pour arriver à réaliser les cartes finale qui sont la carte des aléas et la carte du risque de la wilaya, et ça grâce aux progrès que connaît ce système d'information géographique et son aide à la décision et à la gestion spatiale des informations disponibles.

Conclusion générale

Cette étude nous a permis d'améliorer la cartographie de l'aléa. Néanmoins pour aboutir à une carte plus fiable, l'étude doit être plus poussée au niveau de :

- L'inventaire des mouvements avec période de retour.
- L'introduction d'autres facteurs prédictifs (fracturation, précipitation, actions anthropiques, actions géotechniques...).
- L'introduction de la composante temporelle (probabilité de propagation, période de retour...).

Aussi, nous avons pu utiliser de manière efficiente le SIG pour le diagnostic, l'analyse et la prévision du risque et avons abouti à la réalisation d'une carte de risque de glissement de terrain assez fiable en utilisant quelques données de bases et peu de moyen.

Conclusion générale

Références bibliographiques

BELAIDI M, Application de l'essai de cisaillement direct dans l'étude des glissements de terrain le long des plans de stratification des sols, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ,2011.

BOUAZIZ N, Etude de la stabilité d'un glissement de terrain cas du versant de Tizirt, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.

CHALAL SAMIRA, Etude de la stabilité d'un versant d'Ain El Hammam, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.

CLEMENCE G, Evaluation et cartographie du risque glissement de terrain d'une zone située au nord de Lisbonne, Mémoire Master, Ecole national supérieur des Mines, Saint-Etienne, 2009.

Département de l'environnement, Direction de la surveillance et de la prévention des risques, Mission (identification des risques) Les glissement de terrain « Etude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au Maroc » septembre 2008.

DIAB DJEFFAL. I, stabilité des pentes et méthodes de confortement, Mémoire de master 2 Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2011.

Direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Tizi-Ouzou, Révision Pdau de Tizi-Ouzou, Edition finale aménagement et règlement, Tizi-Ouzou, décembre 2008.

DJERBAL L, Analyse des mécanismes de déformation et de la rupture progressive du versant instable d'Ain El Hammam, thèse de doctorat, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2013.

DJERBAL L, Dynamique d'évolution du glissement de terrain d'Ain El Hammam, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2010.

DORINE E, Evaluation quantitative et cartographie du risque glissement de terrain application au bassin de Barcelonnette (alpes de haute Provence), Mémoire master 2 recherche, université louis pasteur-Strasbourg, France, septembre 2007.

GLADE T. Vulnerability assessment in landslide risk analysis, 2003.

HADDAD S, Etude de la coulée boueuse d'Illiltén, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2013.

HAMMOUM H. et BOUZIDA R., Pratique des systèmes d'information géographiques SIG, Applications sous MapInfo, collection les manuels de l'étudiant, Edition Pages bleus, 2010.

ILLOUL A, Apport de la géophysique au glissement de terrain de Tizirt, Mémoire Master 2, spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 3013.

JAHANGIR E., Phénomènes d'interaction sol-structure vis-à-vis de l'aléa retrait gonflement pour l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages, thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'INPL, Spécialité : Génie Civil – Hydro-systèmes – Géotechnique, Institut National Polytechnique de Lorraine, École Doctorale : RP2E, Laboratoire Environnement, Géo-mécanique & Ouvrages, 15 novembre 2011.

LASHEB M, Caractérisation géotechnique de la couche superficielle du glissement de Tala N'Tgana, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2013.

M'ZOUGHEM K. et CHENAFI W. 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'Etat en Géologie, spécialité Géologie de l'ingénieur, Université Ferhat ABBAS, 2006.

MAGALIE LEVASSEUR, 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, 2003.

MAQUAIRE O. ET AL. Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque "glissement de terrain". Revue Internationale de Géomatique, 2006.

MAQUAIRE O, THIERY Y, MALETJP, ANNE P. évaluation et cartographie par SIG du risque glissement de terrain application aux alpes du sud, France 2006.

MATE/METL Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR): Guide général. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de L'Equipement, des Transports et du Logement. La Documentation Française, Paris, 1997.

MATE/METL Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR): Risques de Mouvements de Terrain. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement. La Documentation Française, Paris, 1999.

MEZHOUD L, La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie ouest et sud ouest de la ville de constantine, Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine

MILLIER LACROIX.A, Classification des talus et versants instables-Bull.liaison labo. Pet Ch. Spécial X, janvier 1981

OUMAR F ; ABDELHAK B ; BOUAMAR BA ET SOSSEY-ALAOUI F, Elaboration de la carte de risque de glissement de terrain de la zone de Ksar-Sghir, Département de géologie, Université Ibn Tofail, Maroc.

SAID S, Reconnaissance et confortement des sols application aux glissements de Kabylie, Mémoire Master 2, Spécialité Géotechnique et Environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2013.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Goals and tasks of the landslide part of a ground failure hazard réduction program. U.S. Geological Survey Circular 1982.