



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département d'Architecture



MEMOIRE DE MASTER EN ARCHITECTURE

Option : Architecture et Culture Constructive

THEME

ETUDE ET GESTION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN :

**Aïn El Hammam et son relief abrupt
[Connaitre, Aménager, Sauvegarder]**

Etudié par :
M^{elle} Ouakouak Sara

Encadré par :
Mme Akmoussi O
Mme Larabi S

Session 2015-2016

REMERCIEMENTS :

Tout d'abord, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté d'élaborer ce travail.

J'adresse mes remerciements, à mes promotrices ; pour le suivi et l'encadrement qu'elles mon apporté et de savoir-faire.

Je remercie les membres de jury, d'avoir acceptés d'évaluer ce travail.

Tout comme je remercie également l'ossature de l'administration de l'habitat ainsi que tous les examinateurs, examinatrices ici présents à l'écoute du contenu de ce mémoire.

Bien sûr ma profonde reconnaissance va pour mes chers parents, que Dieu les bénisse, et à tous les membres de ma famille, pour leurs soutiens et encouragements tout au long de ce travail.

A mes camarades d'architecture.

Pour finir, je tiens à remercier toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Problématique	2
Objectif de recherche	2
Hypothèse	3
Démarche	3

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES RISQUES	4
Introduction	4
I.1 Le risque	4
I.1.1 Risques naturel	5
I.1.2 Risques sanitaires.....	5
I.1.3 Risques technologiques.....	5
I.2 Triptyque du Risque.....	5
I.2.1 Aléa.....	5
I.2.2 Vulnérabilité.....	5
I.2.3 Enjeu.....	6
I.3 Risque majeur.....	7
Conclusion.....	8

CHAPITRE II : LE GLISSEMENT DE TERRAIN.....	9
Introduction.....	9
II.1 Définition des mouvements de terrain.....	9
II.2 Types et classification des mouvements de terrain.....	9
II.3 Le processus du glissement de terrain.....	13
II.4 Les facteurs intervenant dans les processus d'instabilité des terrains.....	16
II.5 Les Conséquences des glissements de terrains sur les personnes et les biens.....	18
II.6 quelques exemples de glissement de terrain.....	19
Conclusion.....	26

CHAPITRE III : L'EFFET DE GLISSEMENT DE TERRAIN SUR LE CADRE BÂTI.....	27
Introduction.....	27
III.1 La vulnérabilité du cadre bâti au mouvement de terrain.....	27
III.2comportement des bâtis vis-à-vis de l'ensemble des effets de mouvements de terrain...31	31
III.3 Estimation de dommage aux bâtis.....	34
III.4 Effets du mouvement de terrain sur le cadre bâti.....	43
Conclusion.....	47

CHAPITRE IV : LA GESTION ET LA PREVENTION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN.....	48
Introduction.....	48
IV.1 le traitement des problématiques relatives aux risques naturels.....	49
IV.2 Gestion du risque naturel.....	51
IV.3 Les principaux outils de la prévention des glissements de terrain.....	53
IV.4 Les mesures de prévention et de gestion du risquenaturel en Algérie.....	56
Conclusion.....	58

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM

CHAPITRE V : CARACTÉRISTIQUE PHYSIQUE ET L'URBANISATION DE LA VILLE.....	59
Introduction.....	59
V.1situation et présentation de la commune de Ain El Hammam.....	59
V.2Historique du glissement de terrain d'Ain El Hammam.....	61
V.3 Conditions majeurs à la formation du glissement de terrain d'Ain El Hammam.....	62
V.3.1 Cadre géologique et géomorphologique.....	62
V.3.2 Cadre climatique et hydrologique.....	64
V.4 Les cause du glissement de terrain d'A-E-H.....	67
V.4.1 L'effet de la pente.....	68
V.4.2 La structure feuilletée du schiste et le pendage des couches.....	68
V.4.3 La nature des formations géologiques.....	68
V.4.4 La perméabilité des passages altérés.....	69
V.4.5 L'effet de l'eau.....	69
- Les fortes précipitations.....	69
- L'hydrologie du site.....	69
- Les eaux accidentelles.....	69
V.4.6 La couverture neigeuse.....	70
V.4.7 La surcharge importante de la crête.....	70
V.4.8 La suppression des réseaux de drainage.....	71
V.4.9 L'effet de la sismicité de la région.....	71
V.5 la forme de glissement d'Ain El Hammam.....	71
V.6 les pathologies de glissement de terrain sur les ouvrages.....	72
Conclusion.....	75

CHAPITRE VI : GESTION ET PRISE EN CHARGE DU RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN DE LA VILLE.....	76
Introduction.....	76
VI.1 la prévention du risque de glissement : (les études géotechniques de la ville).....	76
VI.2 L'urbanisation de la ville d'Ain El Hammam face au risque de glissement de terrain...78	78
Conclusion.....	83

CONCLUSION GENERALE.....	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	92

RESUME :

Ain El Hammam, L'hammam en amazigh local parce que étant une source thermale froide aux bien faits reconnue dans le temps, C'est aujourd'hui une commune algérienne de la wilaya de Tizi-Ouzou, en Kabylie, située à 50 km au sud-est de Tizi Ouzou et à 95 km au nord-est de Bouira.

Le glissement spectaculaire qui affecte la ville d'Ain El Hammam est complexe car il s'agit d'un phénomène de déformation et de rupture progressive.

Bien connaître les aléas, c'est connaître les risques auxquels on s'expose. Il ne faut pas les ignorer ; il faut savoir vivre avec eux.

Des cas pathologiques montrent l'importance des effets de glissement pouvant engendrer des dégâts humains et matériels pouvant se chiffrer en plusieurs millions de Dinars dont les gouvernements doivent prêter beaucoup d'attention.

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

Pour réduire les désordres des constructions et des risques de pertes en vie humaine, une étude approfondie est indispensable. Pour cela on doit connaître et étudier les différents mécanismes de glissement de terrain, leurs causes et les techniques de prévision et de surveillance de leurs instabilités.

Plusieurs paramètres jouent un rôle important dans l'évaluation du degré de dégradations des constructions et ont réduit la vulnérabilité de l'instabilité des sols sur le cadre bâti.

Pour ce faire nos recommandations ont été proposées en espérant qu'elles seront prises en considération par les décideurs, les concepteurs et les urbanistes.

Mot clés : Ain El Hammam, glissement de terrain, aléa, vulnérabilité, zone instable, prévision.

ABSTRACT :

Ain El Hammam, steam room in the local Amazigh because being cold to hot spring well made known in time, it is today an Algerian city of Tizi-Ouzou in Kabylia, located 50 km southeast of Tizi Ouzou and 95 km northeast of Bouira.

The dramatic shift that affects the city of Ain El Hammam is complex because it is a phenomenon of progressive deformation and rupture.

Knowing the risks is to know the risks to which we are exposed. Do not ignore them; you must know to live with them.

Pathological cases show the importance of sliding effects that can cause human and material damage can run into several million Dinars which governments should pay much attention.

For this, account must be taken of these phenomena and their dangers, and take appropriate precautions to detect volatile areas in order to find the best solutions for protection or treatment.

To reduce the disorders constructions and risk of loss of life, a comprehensive study is required. For this we must know and study the different landslide mechanisms, their causes and techniques of forecasting and monitoring of their instabilities.

Several parameters are important in assessing the degree of deterioration of buildings and reduced the vulnerability of soil instability on the built environment.

To do this our recommendations have been proposed in the hope that they will be considered by decision-makers, designers and planners.

Keywords: Ain El Hammam, landslide, chance, vulnerability, unstable zone, forecast.

PREMIERE PARTIE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION GENERALE

L'homme et son environnement ont toujours été les victimes des catastrophes naturelles. Dernièrement, par l'augmentation de la population les gens installent leurs constructions sur des zones à de multiple danger, disant inconstructible, ce qui augmente le taux de danger. L'homme donc vit avec le risque, pour cela on doit s'adapter à ces contraintes en intégrant des éléments de protection dans nos projets et tenir compte de ces vulnérabilités lors des aménagements des territoires.

En Algérie, plusieurs risques ont été recensés, dont le glissement de terrain qui menace la plupart de ces villes. La géomorphologie du nord de l'Algérie est caractérisée essentiellement par des pentes raides et abruptes, affectées souvent par des mouvements de terrain plus au moins importants. Ce risque constitue l'un des phénomènes naturels les plus répandus dans cette région du pays. En effet, ces mouvements sont observés dans plusieurs wilayas : Alger, Constantine, Mila, Médéa, Tizi-Ouzou,... qui sont affectés par des mouvements de terrain très actifs ces dernières années [1].

Le glissement de terrain est un phénomène qui représente un grand danger, il a des effets dommageables, imprévus ou mal prévenus, sur les aménagements, les ouvrages, et les personnes, les enjeux plus ou moins graves, voir catastrophiques selon leur vulnérabilité. De nombreux investissements dans divers domaines (habitats, travaux publics) ont été compromis à causes de l'instabilité des terrains, où cette dernière n'a pas été détectée avant le début des travaux. Ces problèmes d'instabilité de terrain sont dus aux causes naturelles (topographique, géologique), et aux activités humaines telles que les travaux de terrassement.

Parmi les mouvements de terrains qu'a connus l'Algérie, on trouve le glissement spectaculaire qui affecte la ville d'Ain El Hammam (une ville située à 50 km au Sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou). Ce mouvement est complexe car il s'agit d'un phénomène de déformation et de rupture progressive.

Et pour la réduction des désordres de ces constructions et des risques de pertes en vie humaine, une étude approfondie de ce phénomène est indispensable. Pour cela on doit connaître et étudier les différents mécanismes de glissement de terrain, leurs causes et les techniques de prévision et de surveillance de leurs instabilités.

PROBLEMATIQUE

La ville d'Ain El Hammam, un chef-lieu de daïra, connaît de tout temps, de par son relief abrupt, des glissements et des affaissements de terrain qui font craindre le pire. Elle a été divisée en trois zones :

- La première, classée rouge, cette partie est inconstructible.
- La deuxième zone classée orange et ne présente pas de signe d'instabilité visuelle. Sa pente est supérieure à 25° donc forte ce qui la rend vulnérable.
- Enfin il y a la zone verte et qui concerne la ZHUN de Ain El Hammam. Son instabilité est complexe car il ne s'agit pas de problème d'étude de la stabilité ordinaire mais d'un phénomène de déformation et de rupture progressive.

En effet les problématiques posées sont les suivantes :

- Quelles sont les causes de l'instabilité et les facteurs déclenchant de ce mouvement ?
- Est-ce que les glissements de terrain sont contemporains de l'urbanisation de la ville ou sont-ils antécédents à la construction de la ville ?
- Quelle est la situation des constructions menacées par le glissement de terrain ?
- Quels sont les éléments de prévention des risques naturels liés aux glissements de terrain ?

OBJECTIF DE RECHERCHE

La préoccupation principale de cette recherche est de :

- ❖ Comprendre les raisons qui ont contribué à construire sur les zones de l'aléa de glissement de terrain.
- ❖ L'interaction de l'aléa naturel (glissement) avec l'innovation urbaine et architecturale et les dispositions architecturales favorisant la résistance des constructions au glissement naturel.
- ❖ Proposer des recommandations ; en espérant qu'elles seront prises en considération par les décideurs, les concepteurs et les urbanistes.

HYPOTHESE

- L'appauvrissement dans le contenu des instruments d'urbanisme Algérien (le PDAU et le POS) au niveau de précautions au risque du glissement de terrain.
- La configuration du plan de masse, la morphologie du terrain, la forme, la hauteur et la structure des bâtiments et d'autres, sont des paramètres qui jouent un rôle important dans le comportement structurel du cadre bâti, face au risque glissement de terrain.
- Le glissement de terrain, urbanisation rapide et conception architecturale : trois phénomènes intégrés dans un même contexte constituent une réalité pesant fortement sur toute la ville, il est temps que la société prenne conscience de cette situation afin de protéger son milieu physique et social.

DEMARCHE

Ce travail s'articule sur deux parties :

- La première partie « **Etude bibliographique** »

Elle sera consacrée à la définition du risque, l'instabilité des terrains et du cadre bâti, ainsi que la gestion des risques naturels lié au glissement de terrain. Pour cela nous allons consulter une documentation variée dans plusieurs domaines (géologie, génie civile, de la réglementation...), pour faire ressortir les concepts, les définitions, des descriptions et des explications générales.

- La deuxième partie « **Etude du glissement de terrain d'Ain El Hammam** ».

Après la collecte des informations nous allons passer à l'analyse du cas d'étude pour traiter l'évaluation et le degré de vulnérabilité de la ville à différentes échelles, et le comportement des constructions exposées aux risques du glissement de terrain.

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES RISQUES

INTRODUCTION

Nos sociétés actuelles sont fortement exposées aux risques qu'ils soient d'origine naturelle ou technologique. Le problème des risques majeurs évolue dans le temps. Les facteurs favorisant cette évolution sont nombreux. Ils peuvent être d'ordre environnemental, démographique, ou socio-économique.

La vie de l'être humain est particulièrement liée aux phénomènes naturels, en particulier les glissements de terrains qui influencent son mode de vie et sa civilisation.

1. LE RISQUE

Le risque est une notion difficile à cerner mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement anodine et peu probable[2].

- Par appréhendée, on entend par là que le risque est connu au préalable. L'exposition au risque résulte donc souvent d'une démarche consciente, appelée prise de risque. En ce sens le risque se distingue par exemple de l'aléa ou de l'incident, qui surviennent en général de façon imprévue ;
- Le risque est généralement anodin, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable. En ce sens il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). On dira par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'on dira qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder.
- Un risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle. On dira à minima que le risque est faible
- L'appréciation de ces différents critères est hautement subjective, ce qui peut justifier que dans les domaines scientifiques et techniques une définition quantifiable et plus rigoureuse du risque a été recherchée.

- Risques naturels

Il s'agit d'un événement qui a pour origine un phénomène "naturel", par opposition à un événement provoqué par une action humaine. C'est donc un événement à probabilité non nulle qui a sa source d'origine et se développe initialement dans un milieu naturel (air, sol, eau)...^[3]

- Risques sanitaires

Un risque sanitaire désigne un risque, immédiat ou à long terme, plus ou moins probable auquel la santé publique est exposée. L'identification et l'analyse des risques liés à un phénomène (inondation, contamination, ...) permettent généralement de prévoir l'impact d'un risque sanitaire sur la santé publique.

(Pollution microbiologique, par amiante, plomb, benzène ou autres matières dangereuses, épidémies : grippe aviaire, "vache folle" etc...).

- Risques technologiques

Tout risque d'origine anthropique, regroupant les risques industriels, nucléaires, biologiques.

(Industriels, nucléaires, énergétiques, de stockage et de transport des hydrocarbures, des matières dangereuses, de céréales, des accidents de transport aérien, maritime, ferroviaire, etc.).

Triptyque du Risque

Le risque (c'est à dire le danger) combine ces trois éléments et peut ainsi être défini de la façon suivante :

$$\text{RISQUE} = \text{ALEA} * \text{ENJEUX} * \text{VULNÉRABILITÉ}$$

1.1. Aléa

Correspond à la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel dangereux donné, dans un lieu donné avec une intensité donnée. Il représente la menace

1.2. Vulnérabilité

Traduit la fragilité ou la capacité de résistance des éléments exposés, vis-à-vis d'un phénomène donné.

1.3. Enjeu

Représente la nature et l'importance des éléments exposés à l'aléa (Les constructions, les personnes, ...). La valeur des éléments est pécuniaire, patrimoniale ou stratégique et prend également en compte les vies humaines exposées. Ainsi un hôpital représente un enjeu plus important qu'un bâtiment d'habitation collective qui lui-même représente un plus fort enjeu qu'une habitation individuelle.

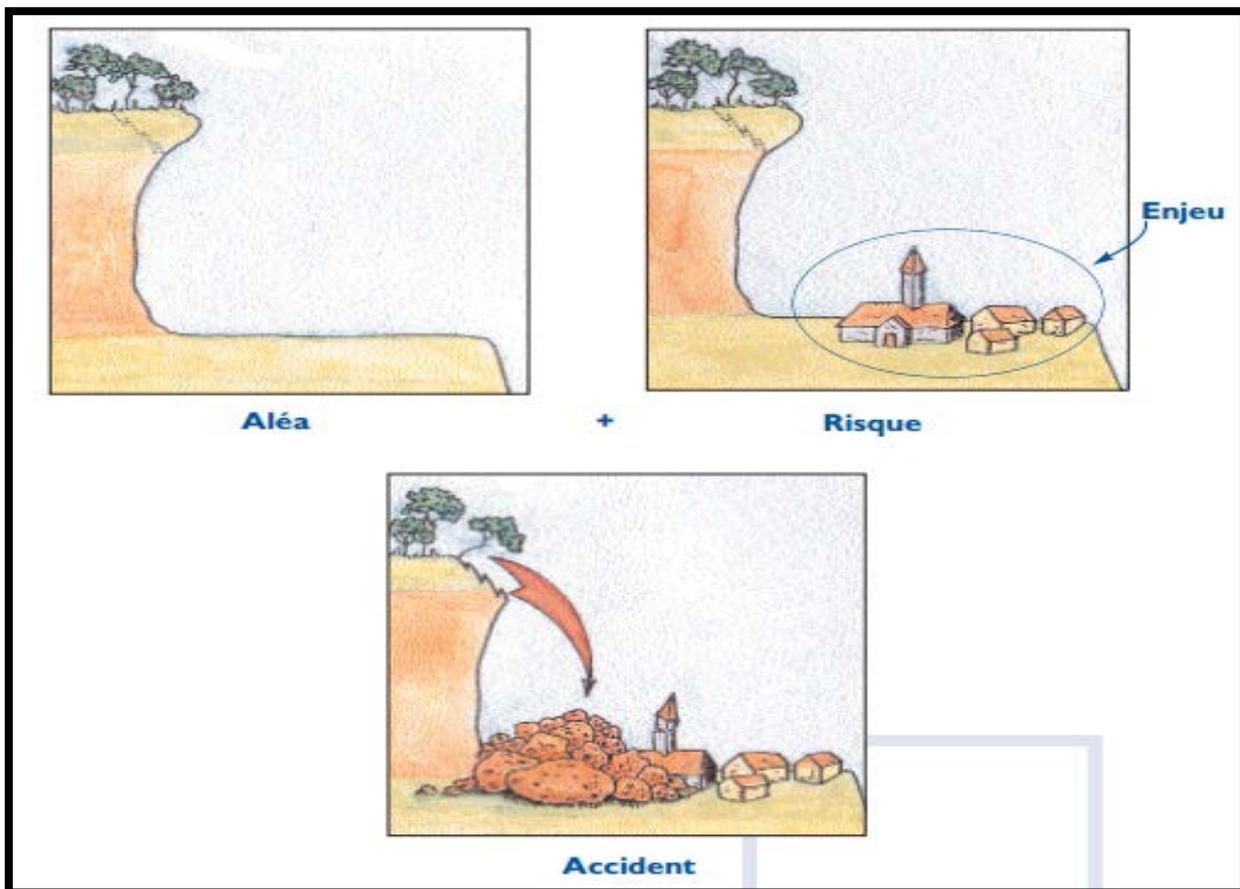


Fig. I.2 : illustration des composants du risque [4].

Cela signifie par exemple que sur une île déserte où l'aléa inondation serait très élevé, le risque serait nul (pas d'enjeu). Ou encore, pour un même niveau d'aléa, le risque est plus élevé pour un habitat précaire que pour des édifices bien construits.

2. Risque majeur

C'est la menace d'un événement qui cause de très graves dommages à un grand nombre de personnes, aux biens ou à l'environnement. Ces dommages peuvent être immédiats ou différés. C'est un événement d'une telle gravité qu'il déclenche une situation de crise : l'organisation des secours demande une très importante mobilisation d'hommes et de moyens exceptionnels. Ce qui caractérise le risque majeur, s'il survient, c'est l'ampleur du phénomène.

On peut classer en fonction de la fréquence de leur apparition et de leur gravité tous les risques. Les travaux de Farmer mettent en corrélation ces 2 critères "fréquence" et "gravité" pour caractériser un risque[4].

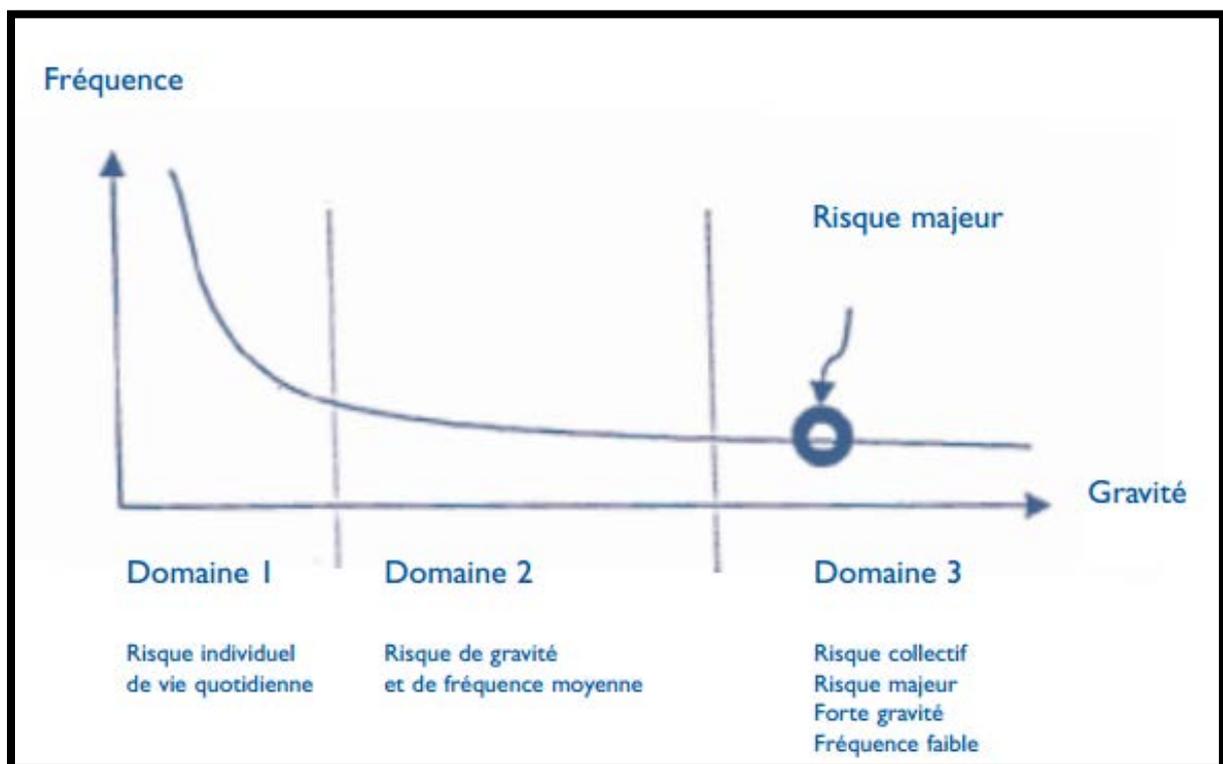


Fig. I.3 : la courbe de Farmer [4].

On définira le risque majeur comme un événement à fréquence faible et de grande gravité. Le risque majeur correspondra à la situation suivante :

- dans un seul accident de très nombreuses victimes,
- et/ou des dommages importants pour les biens,
- et/ou des dommages à l'environnement. Alors, l'organisation des secours demande une très grande mobilisation des hommes et des systèmes...

Plusieurs définitions du risque majeur font appel à la notion de développement immédiat ou différé pour l'homme ou à un événement déstabilisant pour une collectivité donnée.

CONCLUSION

Bien connaître les aléas, c'est connaître les risques auxquels on s'expose. Il ne faut pas les ignorer ; il faut savoir vivre avec eux.

"Il est de notre devoir d'informer les habitants sur les risques qu'ils ont couru ceci afin de prévenir les prochaines catastrophes qui ne manqueront pas de survenir"[5].

CHAPITRE II : LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

INTRODUCTION

L'intention des chercheurs et des autorités publiques s'est tournée ces dernières années vers un phénomène naturel qui ne cesse de s'amplifier et de causer des désordres de plus en plus importants. Ce phénomène que l'on dit naturel est un déplacement du sol qui peut être plus ou moins brutal, et cela sous l'effet d'influences naturelles et météorologiques ou anthropiques.

II.1. DEFINITION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

On retrouve dans la littérature plusieurs définitions sur les « glissements de terrains » dont les plus utilisées sont les suivantes :

- Un glissement de terrain correspond à un : «déplacement d'une masse de terrains meuble ou rocheuse le long d'une surface de rupture par cisaillement qui correspond souvent à une discontinuité préexistante. Le mouvement est engendré par l'action de la gravité, de forces extérieures (hydrauliques ou sismiques) ou d'une modification des conditions aux limites»[6].
- Un glissement de terrain est un phénomène géologique regroupant un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. L'origine, le déroulement et les effets des mouvements de terrain sont extrêmement hétérogènes [7].

II.2. TYPES ET CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Quand on parle du risque ou d'aléa, il est important de considérer la vitesse de déplacement comme critère de classification. Et selon ce critère, deux ensembles peuvent être distingués[8]:

II.2.1. Les mouvements lents et continus

• Affaissement

Fléchissement des terrains couvrant des cavités souterraines d'origine naturelle ou anthropique.

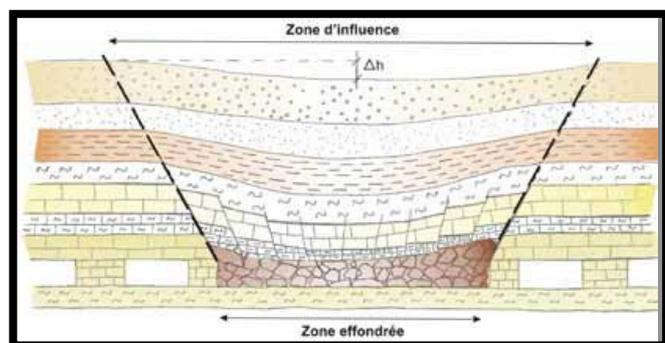


Fig. II.1 : Affaissement[8].

• Tassement

Diminution du volume de certains sols (vases, tourbes, argiles...) sous l'effet de charges appliquées et de l'assèchement.

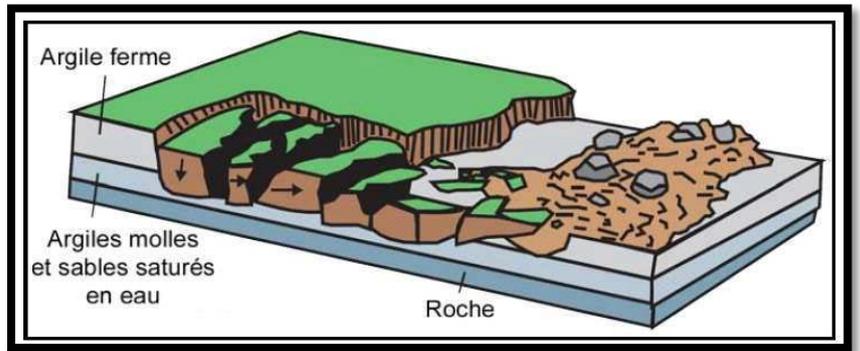


Fig. II.2: Phénomène de tassement latéral [8].

• Retrait-gonflement

Phénomène caractéristique des sols argileux, aussi appelé mouvement de terrain différentiel, lié aux variations en eau du terrain. Le sol se comporte comme une éponge : il se gonfle en présence d'eau et se rétracte en son absence.

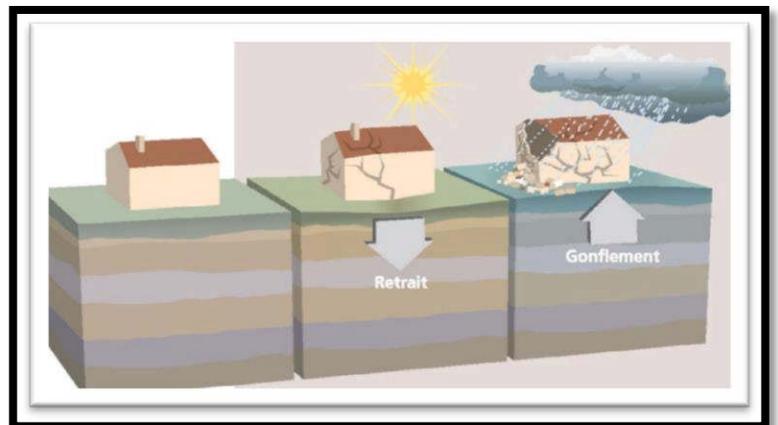


Fig. II.3 : Schéma Explicatif des phénomènes : Retrait –Gonflement [8].

• Glissement

Déplacement d'une masse de terrain cohérente avec rupture.

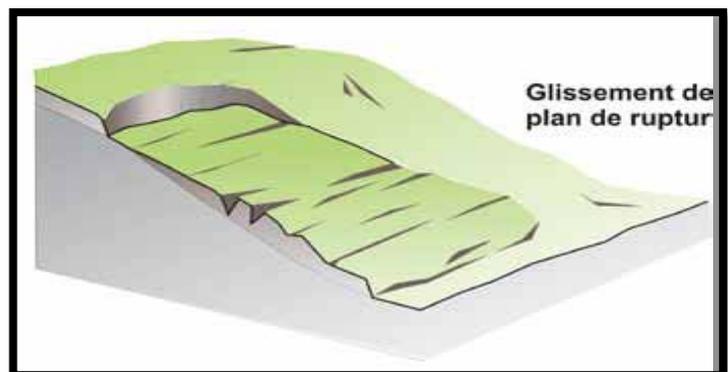


Fig. II.4 : Schéma explicatif du phénomène : Glissement de terrain [8].

Un phénomène particulier de glissement : **la solifluxion**. Ecoulement des sols en surface sur de faibles pentes. Le sol fait des bourrelets.



Fig. II.5 : Schéma Explicatif du phénomène : solifluxion[8].

II.2.2. Les mouvements rapides et discontinus

• Effondrement

Rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine entraînant l'ouverture d'une excavation (un trou).

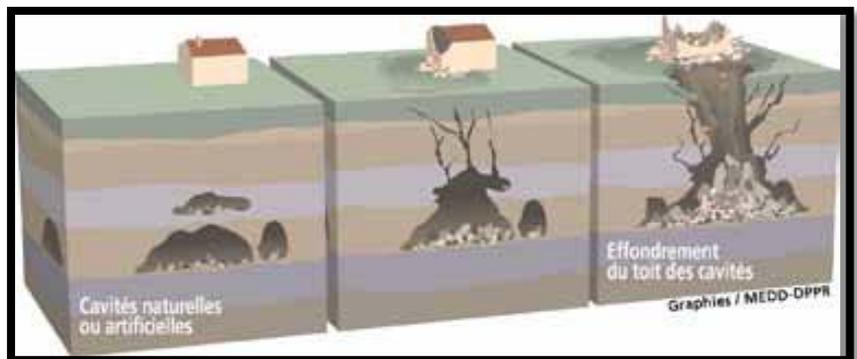


Fig. II.6 : Schéma Explicatif des phénomènes : Effondrements de cavités souterraines[8].

•Eboulement et chute de blocs

Ecroulement rapide des matériaux sur une très grande distance, résultant de l'évolution des falaises.

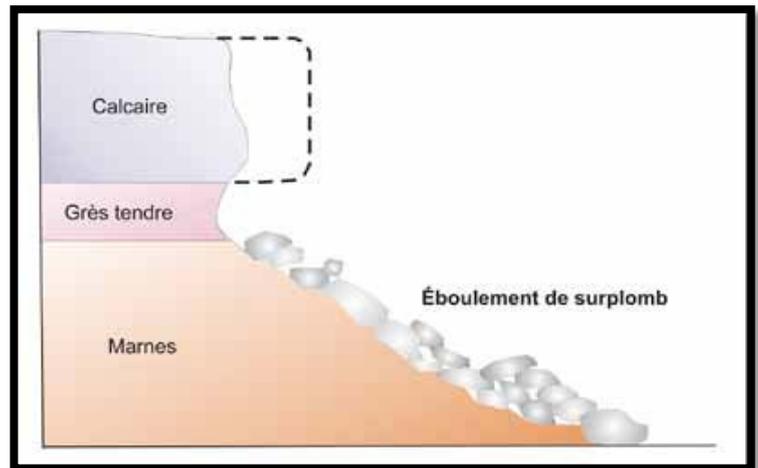


Fig. II.7 : Schéma Explicatif des phénomènes : Eboulement et chute de blocs [8].

•Coulée de boue :

Transport de matériaux sous forme plus ou moins fluide.

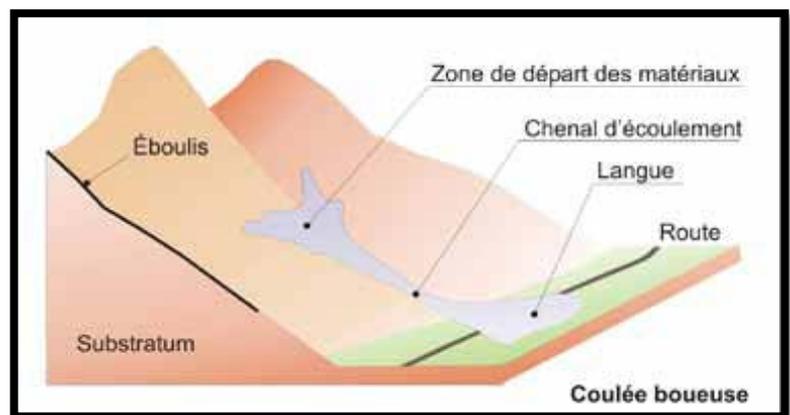


Fig. II.8 : Schéma Explicatif des phénomènes : coulée de boue [8].

II.2.3. La liquéfaction du sol

L'Eurocode 8 partie 5 (NF-EN 1998-5) [9] définit la liquéfaction de la façon suivante :

La liquéfaction d'un sol saturé sans cohésion pendant le mouvement sismique désigne :

- la diminution de la rigidité du sol,
- et/ou la diminution de sa résistance au cisaillement, dû à l'augmentation de la pression de l'eau interstitielle et susceptible de produire :

- des déformations permanentes significatives (tassements, glissements),
- voire une quasi-annulation des contraintes effectives (étalements).

II.2.4. classification des glissements de terrain

Les glissements de terrain peuvent être classés en fonction de la profondeur de leur surface de glissement et de la vitesse moyenne du mouvement[10].

Tab II.1 : classification d'après la profondeur de la surface de glissement(en m sous la surface du sol).^[10]

Glissement	Surface de glissement
Superficiel	0 – 2 m
Semi-profond	2 – 10 m
Profond	10 -30 m
Très profond	> 30 m

Tab II.2: classification selon l'activité(en fonction de la vitesse moyenne de glissement en cm par an à long terme).^[10]

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

II.3.LE PROCESSUS DU GLISSEMENT 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 et génie minier[11].

Selon la forme de la surface de rupture, on distingue trois types de glissements :

- Glissement plan.
- Glissement rotationnels simples.
- Glissement rotationnels complexes (composés).

II.3.1. Glissement plan

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 [11].

II.3.2. Glissement 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. 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[11].

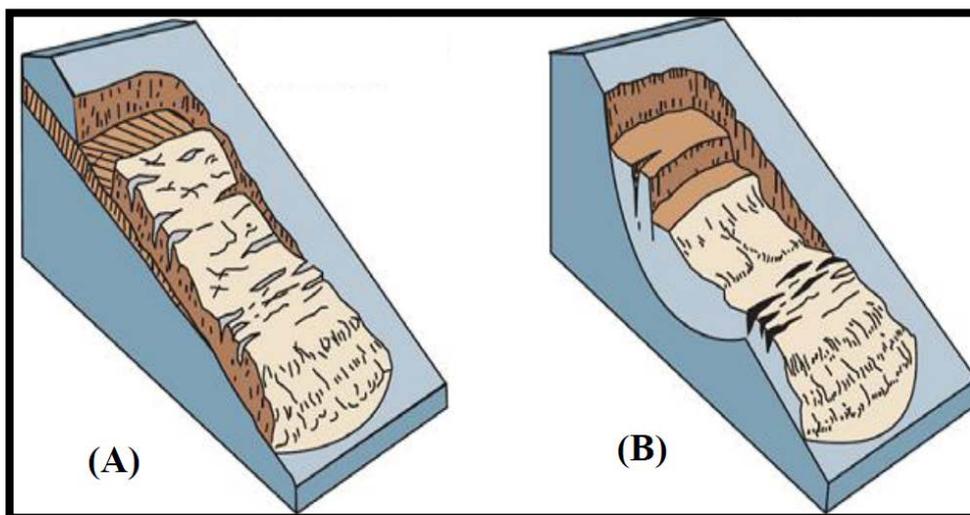


Fig.II.9 : Les deux types de glissement : plan (A) et rotationnel(B)[11].

II.3.3. 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. 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[11].

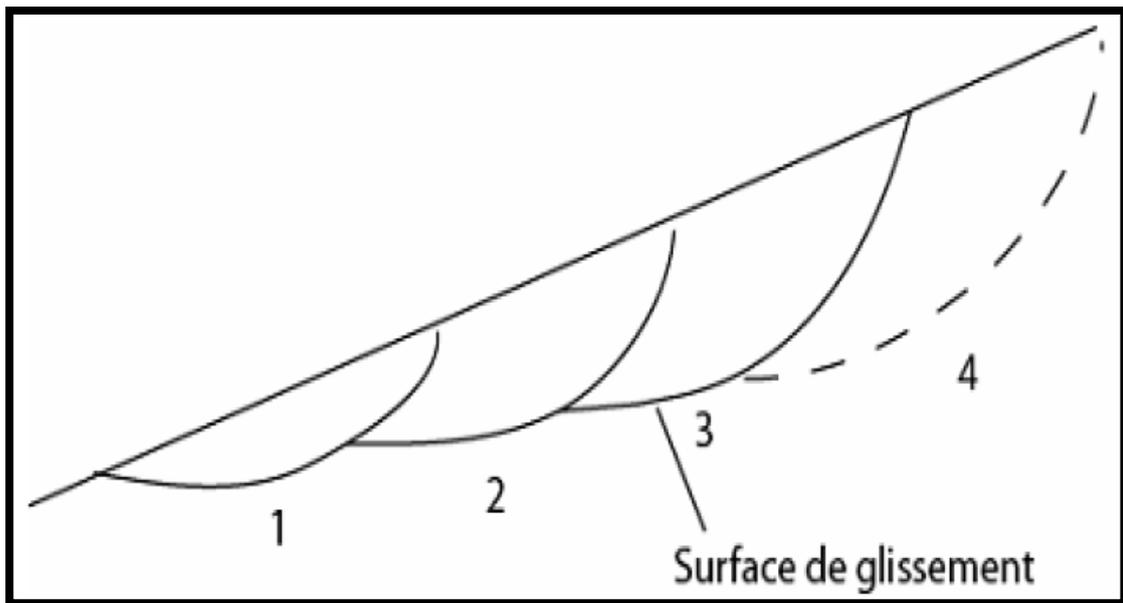


Fig. II.10 :Glissements successifs emboîtés [11].

II.3.4. Les caractéristiques des glissements de terrain

Lors de ses travaux pour l'UNESCO, Varnes en 1978 a élaboré un bloc diagramme idéal mettant en exergue les caractéristiques d'un glissement de terrain complexe. On y observe une surface de rupture très nette le long de laquelle les matériaux impliqués dans le glissement de terrain se déplacent au-dessus de matériaux que le phénomène n'affecte pas. Le diagramme montre également que la surface de rupture s'étend sur une profondeur considérable de sorte qu'un glissement de terrain ne saurait être considéré comme un phénomène superficiel [11].

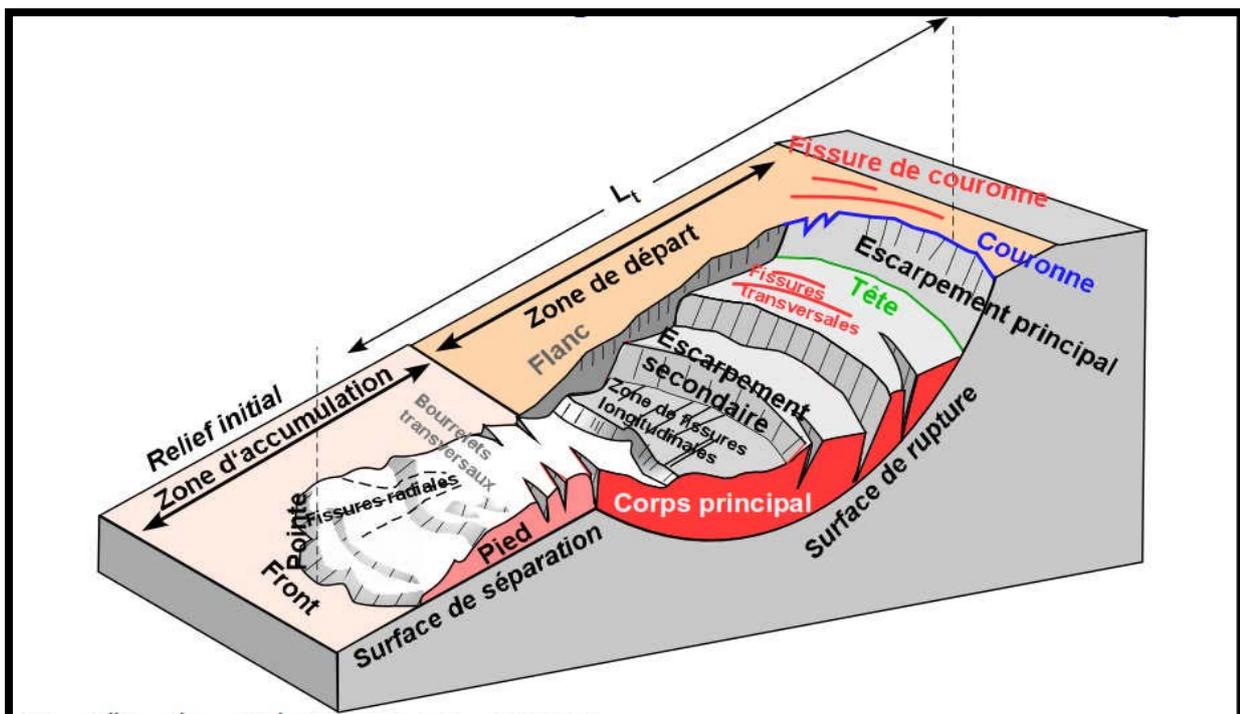


Fig. II.11 : Bloc diagramme représentant le mouvement de versant idéal[11].

II.4. LES FACTEURS INTERVENANT DANS LES PROCESSUS D'INSTABILITÉ DES TERRAINS

L'analyse des glissements de terrain met en évidence un certain nombre de paramètres qui interviennent à différentes échelles de temps et qui peuvent être regroupés en trois catégories : les facteurs de prédisposition, les facteurs aggravants et les facteurs déclenchant. Ces trois aspects sont brièvement présentés et illustrés ci-dessous[12].

II.4.1. Les facteurs de prédisposition

Les facteurs de prédisposition correspondent aux conditions intrinsèques d'un versant et ne sont pas susceptibles de changer au cours du temps (échelle comprise entre 10^4 et 10^6 années). Elles sont déterminées par l'histoire géologique (éléments lithologiques, structuraux, géomorphologiques, éboulis) et fluviaux viennent s'ajouter à ces facteurs de prédispositions.

II.4.2. Les facteurs aggravants

Les facteurs aggravants sont liés d'une part aux processus climatologiques à moyen et long termes (échelle comprise entre 10 et 10^4 années). Et d'autre part à l'utilisation du sol (déforestation, développement touristique par exemple). Les processus climatiques provoquent des impacts sur l'altération des formations géologiques, et sur le développement naturel du couvert végétal.

L'utilisation du sol peut également constituer un facteur aggravant pour les phénomènes de glissement de terrain comme par exemple la déforestation ou le développement de l'urbanisation (déstabilisation par terrassement, affouillement, accroissement des débits de pointe des cours d'eau, etc.....) par contre, l'utilisation du sol peut parfois jouer un rôle stabilisant par une diminution des infiltrations par exemple.

II.4.3. Les facteurs déclenchant

Les facteurs déclenchant initient le mouvement. Ils sont liés à des phénomènes météorologiques et hydrologiques extrêmes, à des phénomènes sismiques et/ou à des activités anthropiques ponctuelles. Ces phénomènes sont soit de courte durée soit de durée prolongée (échelle comprise entre quelques jours et quelques mois, voire quelques années). Les événements météorologiques et hydrologiques extrêmes peuvent provoquer une modification des conditions hydrogéologiques à très court terme par une augmentation des pressions interstitielles par exemple, ce qui peut provoquer une dégradation des paramètres géotechniques (cohésion, teneur en eau) qui caractérisent une formation géologique. Les vibrations produites par un tremblement de terre peuvent également être à l'origine du déclenchement d'un phénomène d'instabilité. Les activités anthropiques qui peuvent provoquer un glissement de terrain sont principalement liées à des excavations, des surcharges du terrain ou à la montée d'un plan d'eau suite à la construction d'un barrage par exemple.

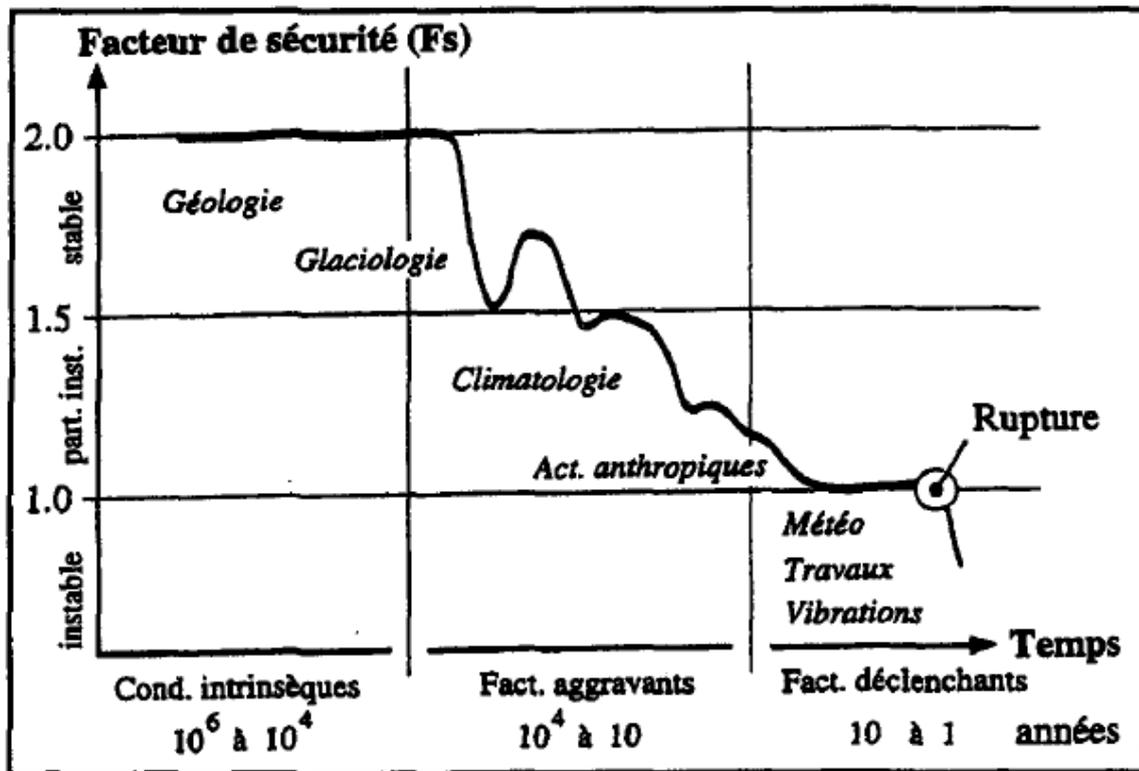


Fig. II.12 : Illustration schématisée de l'évolution du facteur de sécurité (Fs) en fonction du temps des phénomènes d'instabilité qui se développent aujourd'hui [12].

II.5. LES CONSEQUENCES DES GLISSEMENTS DE TERRAINS SUR LES PERSONNES ET LES BIENS

Les grands mouvements de terrain étant souvent peu rapides, les victimes sont, fort heureusement, peu nombreuses. En revanche, ces phénomènes sont souvent très destructeurs, car les aménagements humains y sont très sensibles et les dommages aux biens sont considérables et souvent irréversibles.

Les bâtiments, s'ils peuvent résister à de petits déplacements, subissent une fissuration intense en cas de déplacement de quelques centimètres seulement. Les désordres peuvent rapidement être tels que la sécurité des occupants ne peut plus être garantie et que la démolition reste la seule solution.

Les mouvements de terrain rapides et discontinus (effondrement de cavités souterraines, écoulement et chutes de blocs, coulées boueuses), par leur caractère soudain, augmentent la vulnérabilité des personnes. Ces mouvements de terrain ont des conséquences sur les infrastructures (bâtiments, voies de communication), allant de la dégradation à la ruine totale ;

ils peuvent entraîner des pollutions induites lorsqu'ils concernent une usine chimique, une station d'épuration, etc.

Les éboulements et chutes de blocs peuvent entraîner un remodelage des paysages, par exemple l'obstruction d'une vallée par les matériaux déplacés engendrant la création d'une retenue d'eau pouvant rompre brusquement et entraîner une vague déferlante dans la vallée [13].

II.6. QUELQUES EXEMPLES DE GLISSEMENT DE TERRAIN

II.6.1. A travers le monde

II.6.1.1. Cas de Salvador

Le Salvador est un petit pays d'Amérique centrale qui compte 6 millions d'habitants. Ce pays est formé de massifs volcaniques et est frappé régulièrement par des séismes. En 2001 un séisme de magnitude 7,9 fait 827 morts, au moins 4500 blessés, 2000 disparus, et plus d'un million de sinistrés. Ce séisme, le plus violent enregistré en Amérique centrale depuis les années 1980, a été ressenti dans l'ensemble des pays d'Amérique centrale.

Les personnes portées disparues sont concentrées dans le quartier de Las Colinas, à une dizaine de kilomètres de la capitale, où quelques 260 habitations ont été ensevelies dans un gigantesque glissement de terrain. Un jeune, 25 ans, errait dans le quartier de Las Colinas à la recherche de son jeune frère, 18 ans. "Je ne sais pas où creuser parce que je ne sais pas où se trouve la maison", a-t-il déclaré [14].

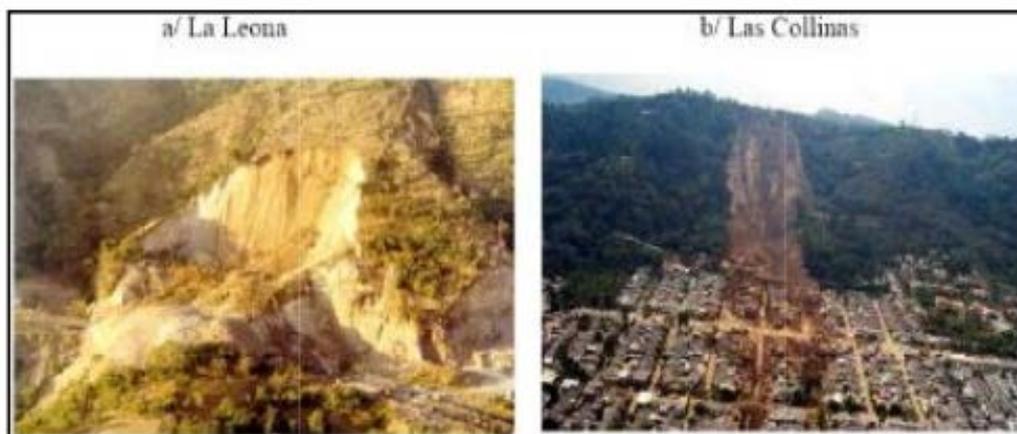


Fig. II.13 : Glissement de terrain la Leona (a), las Collinas (b) [14].

II.6.1.2. Cas de la Clapiers (France)

La Clapière fait l'objet d'une surveillance rapprochée depuis 1970. En effet, le risque majeur est l'écrroulement soudain et massif du glissement de terrain. La masse de débris amoncelée dans le fond de la vallée formerait alors un barrage naturel retenant les eaux de la Tinée. Un lac se constituerait ainsi en amont, noyant le village de Saint-Étienne-de-Tinée. La rupture du barrage, scénario plus que probable au vu de la nature et de la structure des roches, viderait rapidement ce lac en provoquant une onde qui mettrait en danger les populations et les infrastructures en aval. Pour éviter ce scénario catastrophe, un tunnel de dérivation de la Tinée de 2 500 mètres de longueur a été construit en rive droite face à la Clapière afin de détourner l'eau de la rivière le temps de déblayer les roches éboulées.

En raison des chutes de roches accompagnant le mouvement du versant, la route passant à ses pieds a été détournée et passe depuis de l'autre côté de la Tinée, sur la rive droite ; l'ancienne est depuis ensevelie sous les roches de la Clapière[14].



Fig. II.14 : Evolution de glissement de la Clapiers[14].

II.6.1.3. En Algérie**A-1-Glisement de terrain des grands vents sur la rocade d'Alger**

Il s'agit d'un glissement de terrain sous forme d'une coulée de boues qui a atteint la voie rapide reliant la ville d'Alger à sa banlieue Ouest, qui est un axe routier à fort trafic. Parmi ces causes de déclenchement on a l'existence, en amont de la zone, de fondations abandonnées qui forment des cavités de dimensions relativement importantes. Celles-ci jouent le rôle de lagunes. En effet ces cavités sont remplies d'eau. Cette eau alimente en permanence la zone déstabilisée[15] .



Fig II.15: Stagnation des eaux en amont dans des fondations abandonnées[15] .



Fig II.16 : Alimentation en eau de la zone glissée par ruissellement à partir des eaux stagnées en amont[15] .



Fig II.17 : Déboisement total de la zone glissée[15] .

A-2-Retrait et gonflement des argiles de la Wilaya de M'sila

Un recensement des sinistres sécheresses a été effectué sur une période de dix ans (1989 à 2000) par l'organisme de contrôle technique des constructions CTC, auprès des différentes communes de la de la Wilaya de M'sila et a montré que les communes les plus atteintes par le phénomène de retrait gonflement sont les communes du Nord: Ain el Hadjel, Berhoum, Chellal Hammam Dhalaa, Maadid, M'sila, Ouled Addi Gueballa, Sidi Aissa, Sidi Hadjras.



Fig II.18 : fissuration des poutres et des murs à Ain Hadjel[15] .

A-3-Le glissement de Tizi BEJAIA

Situé sur le djebel Sidi Boudraham, le sol avec des pentes supérieures à 20% est composé d'éboulis de pente plaqué contre un substratum de compacité plus forte. Ces éboulis ont des caractéristiques mécaniques très médiocres. En outre des circulations d'eaux d'origines diverses ont été observées in-situ[15] .



Fig II.19 : Glissement de Tizi quartier de Bejaia. Basculement d'une habitation[15]

A-4-Exemple du glissement à Boudraa Salah

La cité EL BIR se trouve dans une zone exposée à des risques évidents de mouvements de sols et de sous-sols aggravés par l'intervention anthropique anarchique. Désordres et dégâts causés aux structures, superstructures et aux façades des constructions par des mouvements de sols et de sous-sols[15] .

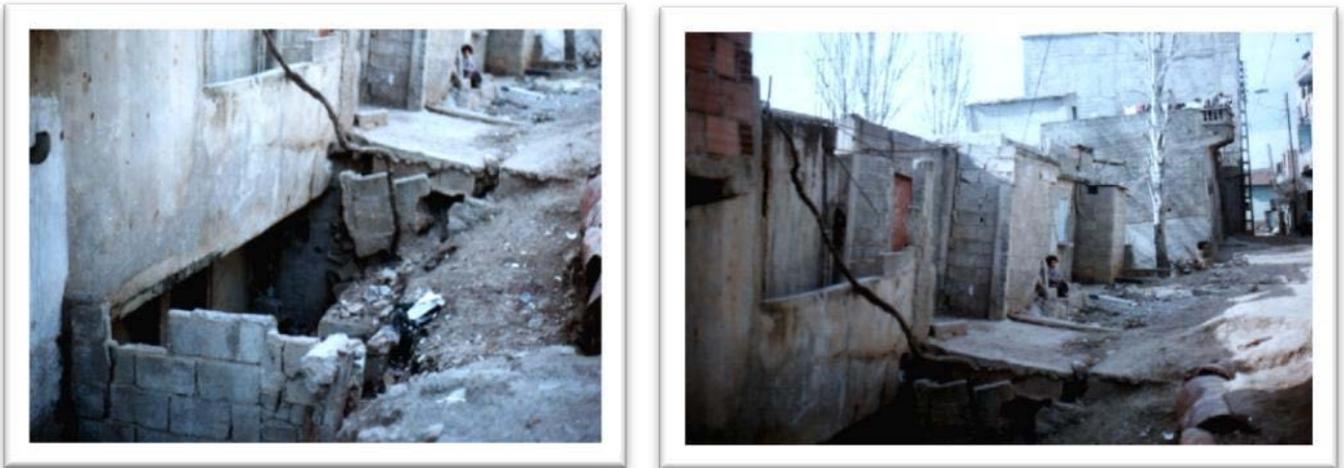


Fig II.20 : Vue partielle d'un alignement de constructions ayant subi des basculements À Boudraa Sala [15]

A-5-Glislements de terrain à Constantine

Constantine subit depuis plus d'un siècle des dommages, liés au phénomène de glissement de terrain. Durant ces dernières décennies le phénomène a pris une grande ampleur entraînant des pertes et des dégâts matériels importants, plus de 100 000 habitants et 15 000 constructions, sont directement menacés par les glissements de terrain.

Aujourd'hui, la partie Ouest et Sud-ouest de la ville, recèle une série de glissements de terrain complexes et circulaires, d'où la vitesse de certains mouvements peut atteindre les dizaines de cm par an.

Ces glissements de terrain sont dus à l'action conjointe des facteurs naturels et anthropiques qui sont comme suit :

- Une topographie accidentée.
- Le poids démographique.
- L'extension urbaine.
- La dégradation du système de collecte des eaux[16].



Fig. II.21 : Glissement de terrain quartier Boudraa Constantine[16].

B- Glissements de terrain en Kabylie

La morphologie montagneuse de la région la rend très susceptible aux glissements qui affectent les sites urbains, 25 communes de la wilaya de Tizi ousou ,56 glissements d'une superficie de plus de 2ha.

B-1 AZAZGA

La ville d'Azazga a connu une vraie manifestation du phénomène en 1973, il a affecté plusieurs quartiers de la ville, la zone Nord, Nord-Ouest et la zone Sud. La superficie actuelle des zones défavorables à l'urbanisation appelées « zones rouges », constituent 47,65 % du périmètre urbain de la ville, soit une superficie de 439,26 ha sur un total de 921,77 ha Ces glissements sont dus à l'action conjointe de plusieurs facteurs naturels et anthropiques qui permet le déclenchement du risque [17], entre autres :

- La topographie est irrégulière
- Le facteur d'eau
- L'activité tectonique

-L'urbanisation anarchique non contrôlée.



Fig. II.22 : Glissement de terrain à Azazga [17].

CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons défini les différents types de glissements de terrain en effectuant une classification en fonction de la profondeur de la surface de glissement, et en fonction de l'activité et le processus du glissement de terrain selon la forme de la surface de rupture.

Nous avons aussi étudié les facteurs intervenant dans les processus d'instabilité des terrains qui interviennent à différentes échelles de temps, et les conséquences de ces glissements sur les personnes et les biens car ce phénomène est souvent très destructeur.

Ces cas pathologiques cités précédemment montrent l'importance des effets de glissement pouvant engendrer des dégâts humains et matériels pouvant se chiffrer en plusieurs millions de Dinars dont les gouvernements doivent prêter beaucoup d'attention.

Les photos visualisées ci-dessus montrent les dangers permanents rencontrés dans tous les pays du monde dues aux glissements de terrain.

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

CHAPITRE III : L'EFFET DE GLISSEMENT DE TERRAIN SUR LE CADRE BATI

INTRODUCTION

Les mouvements de terre sont parmi les phénomènes les plus graves à la surface de la terre. Ils sont parmi les mouvements de masse les plus spectaculaires et les plus fréquents, dont l'apparition provoque des déformations à l'intérieur comme à l'extérieur de la croûte terrestre. Le mouvement de terrain étant un phénomène naturel pouvant être très destructeur. Les victimes humaines directes sont pour la plupart concernées par l'effondrement des bâtiments, et les dommages matériels dépendent de l'amplitude et la durée du mouvement de terrain ainsi que des modes de construction. Il peut s'agir de détérioration des structures (fissurations) ou de destruction (écroulements des bâtiments) dégradation des infrastructures (ponts, routes, voies ferrés,...etc.) Ruptures des conduites d'eau, de gaz, et d'assainissement.

III.1. LA VULNERABILITE DU CADRE BATI AU MOUVEMENT DE TERRAIN

La vulnérabilité est une composante fondamentale de l'appréciation du risque (Varnes, 1984 et Einstein, 1988). Selon une démarche d'évaluation quantitative, elle se définit par le niveau d'endommagement potentiel d'un élément exposé donné, soumis à l'action d'un phénomène pressenti ou déclaré, d'intensité donnée[18].

Son évaluation pose donc le problème de la connaissance et de la prévision de l'interaction entre phénomène et élément exposé. Cette interaction peut être décrite par des fonctions dites d'endommagement, ou par extension, fonctions de vulnérabilité.

Elles permettent de structurer les différentes composantes du concept de vulnérabilité.

III.1.1. Les composantes de la vulnérabilité

On définit trois grandes familles d'éléments exposés susceptibles d'être endommagés. Ce sont, les biens physiques, les personnes et les activités ou fonctions diverses [19].

A chacune correspond une fonction d'endommagement particulière. Il s'agit :

- (1) pour les biens matériels, de la fonction d'endommagement structurel ;
- (2) pour les personnes, de la fonction d'endommagement corporel ;
- (3) pour les activités et fonctions diverses, de la fonction d'endommagement fonctionnel.

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

Selon (1), la vulnérabilité d'un bien structurel est fonction de l'intensité d'un phénomène donné et de la sensibilité de ce bien (facteurs de résistance physique).

Selon (2), la vulnérabilité d'une personne, est fonction également de l'intensité du phénomène et de facteurs de sensibilité intrinsèques et extrinsèques de cette personne.

— La sensibilité intrinsèque se compose de facteurs perceptifs (niveau de perception du danger), de facteurs cognitifs (connaissance des moyens de s'en protéger) et de facteurs de mobilité (capacité de mobilité face au danger).

— La sensibilité extrinsèque se compose de facteurs de protection physique (apportés par les structures environnantes) et de facteurs conjoncturels, techniques ou fonctionnels (efficacité des mesures et moyens d'alerte, d'évacuation, de secours, de soins, etc.).

Selon (3), la vulnérabilité fonctionnelle dépend du niveau d'endommagement des biens (facteurs techniques), des personnes (facteurs humains) et des fonctions secondaires assurant l'activité en question (facteurs fonctionnels) ainsi que de la capacité de la société sinistrée à restaurer cette activité (facteurs conjoncturels, socio-économiques et institutionnels).

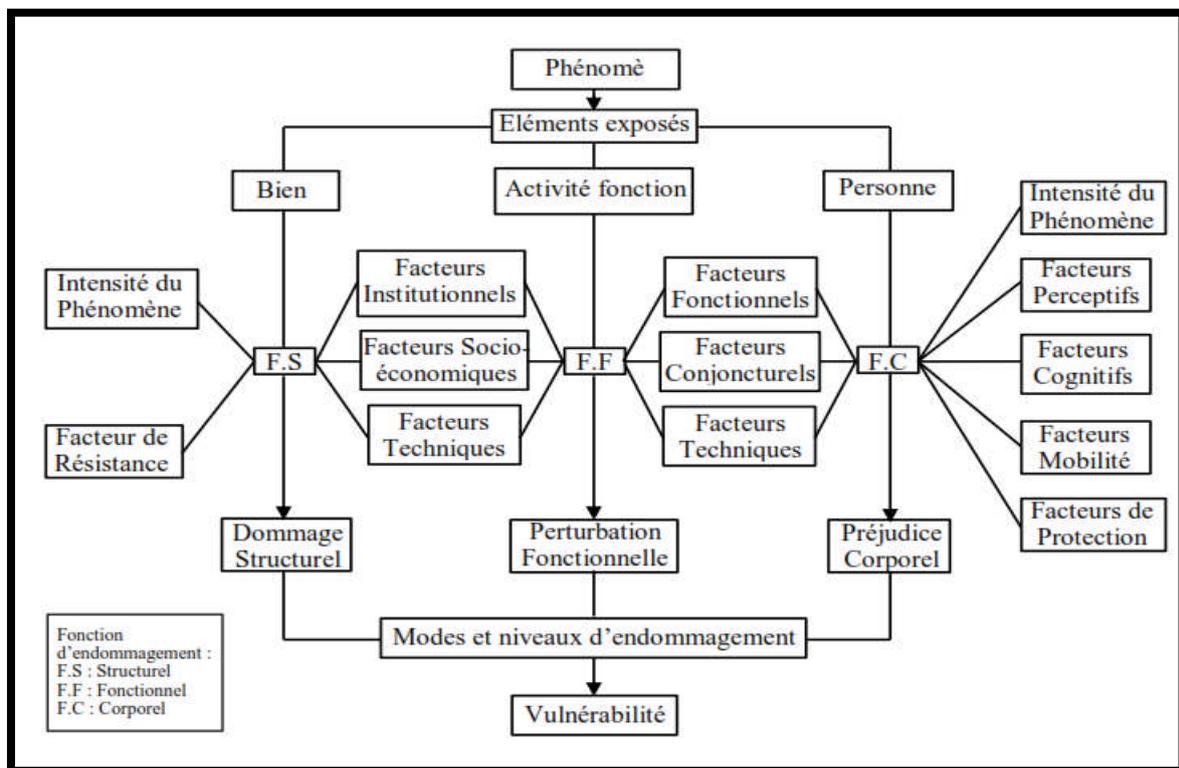


Fig. III.1 : les composantes de la vulnérabilité[19].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

III.1.2.type de vulnérabilité

Compte tenu de la diversité, de la complexité et de la variabilité des mécanismes mis en jeu par les mouvements de terrain, il paraît souhaitable de réduire leur classification à une expression plus simple, de la nature des sollicitations qu'ils exercent sur les éléments exposés.

- a. La vulnérabilité directe :** Elle est définie à partir des constructions occupant un territoire donné, décrite en termes spatiales et fonctionnels à usage d'habitation ou établissement recevant du public. Elle doit aussi être décrite en termes de densité et de types d'occupation^[20].
- b. La vulnérabilité indirecte :** Tout ce qui concerne les axes de communication, est un facteur important de la vulnérabilité indirecte. Ce type de vulnérabilité est de plus loin le plus difficile à mesurer ; jusqu'à maintenant, elle n'a été que rarement prise en compte dans les études concernant les risques naturels, tout comme la vulnérabilité directe[20].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

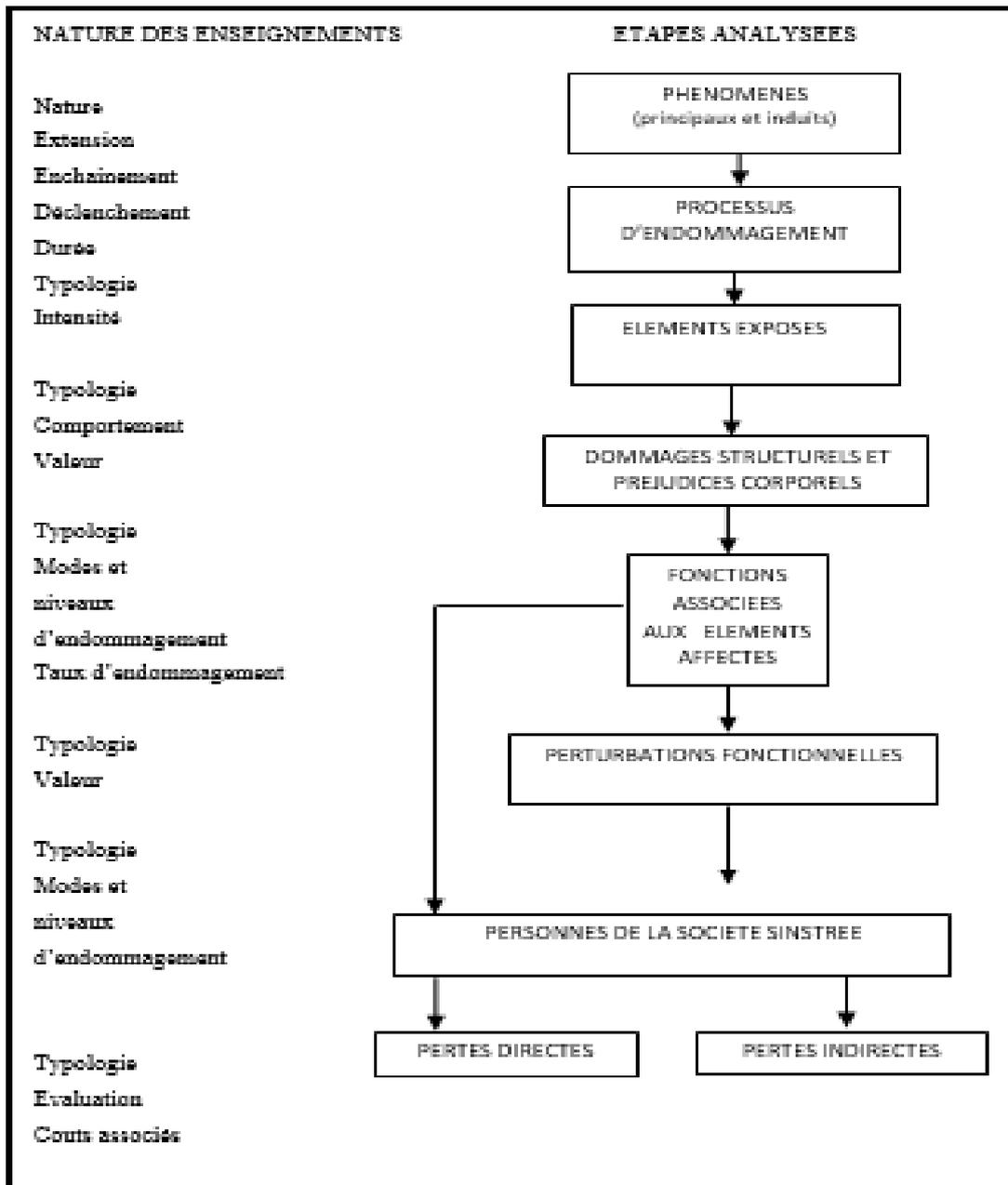


Fig. III.2 : Les types de la vulnérabilité[20].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

III.2. COMPORTEMENT DES BATIS VIS-A-VIS DE L'ENSEMBLE DES EFFETS DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le comportement global d'un bâtiment vis-à-vis les différents déplacements du terrain est délicat à appréhender[21]:

-Si on considère qu'une structure est globalement moins résistante en traction qu'en compression, du fait des propriétés des matériaux de construction, alors la zone de traction (convexe) est la plus susceptible d'entraîner des dégradations dans le bâti.

-L'inclinaison et la courbure du terrain sont les deux composants qui affectent de manière importante la répartition des contraintes dans le sol au niveau des fondations.

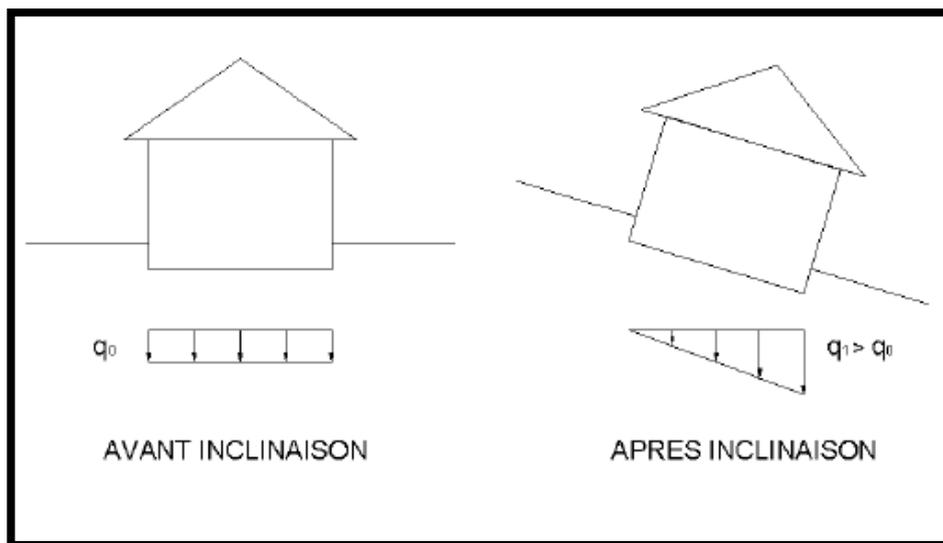


Fig. III.3 : Effets de la mise en pente du terrain sur le bâti (CSTB, 2004)[21].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

-La raideur de l'ouvrage vis-à-vis de celle de terrain est un paramètre crucial du comportement d'ensemble du bâtiment. Un bâtiment souple aura tendance à suivre les déplacements verticaux du terrain ce qui limite les pertes d'appui au niveau des fondations mais présentera des déformations internes importantes pouvant gêner son utilisation correcte. Un bâtiment très rigide par contre présentera des accumulations de contraintes au niveau de points durs. Cela pourrait endommager les ouvrages si les efforts développés deviennent trop importants.

-La majeure partie des fissures pouvant apparaître dans les voiles sont inclinées. Seule la déformation de compression peut engendrer des fissures horizontales.

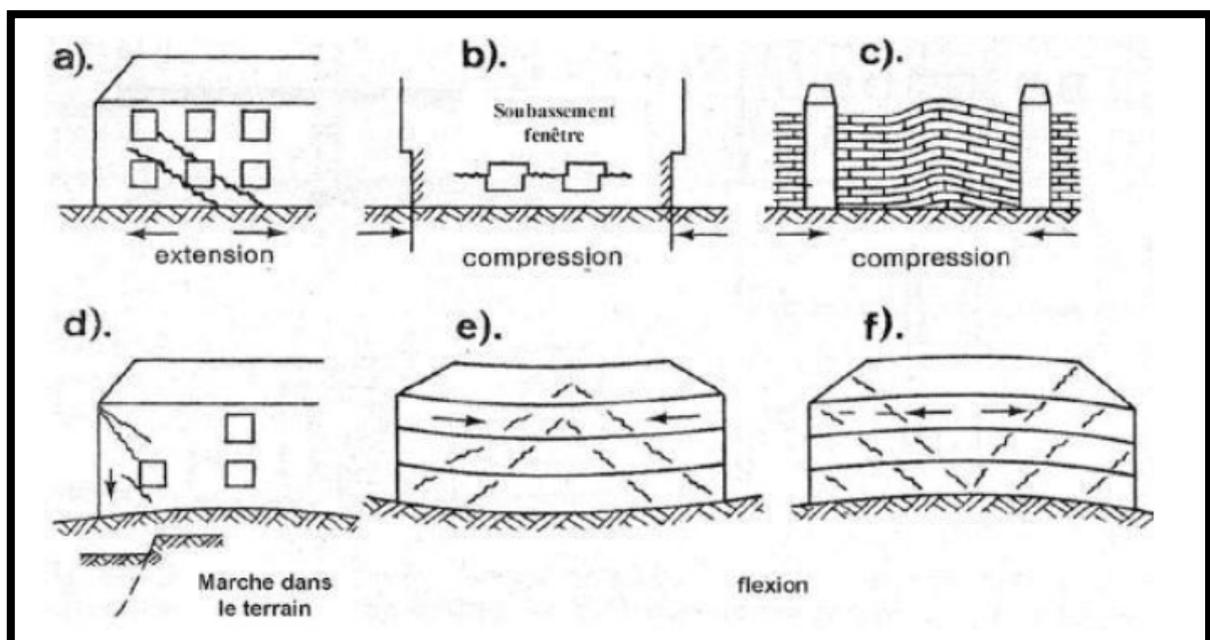


Fig. III.4 : Développement de fissures dans les murs d'une maison subits la déformation(a, b, et c) et la courbure de terrain (d, e, et f)[21].

- L'Etat du Bassins miniers Nord-lorrains a défini ses orientations fondamentales en matière d'aménagement dans le cadre d'une Directive Territoriale d'Aménagement (DTA), et à engager un programme d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM), outils opérationnels permettant de gérer le risque minier.²²

Pour aider à la rédaction de la DTA :

- 1- une première étude effectuée en 2002 a permis de déterminer les niveaux de pentes de terrain qui n'occasionnent que des endommagements faibles sur le bâti
- 2- Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif se charge d'analyser le comportement des constructions neuves disposant de dispositions de renforcement, dans les communes soumises à des

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

aléas d'affaissements miniers où les pentes pourraient être élevées, et d'estimer ainsi les impacts prévisibles (niveaux d'endommagement) sur le bâti en fonction des niveaux d'aléas.

Dans le Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif des types de bâtiment a été étudié en fonction de trois sollicitations. Elles se caractérisent par l'inclinaison d'ensemble, la déformation horizontale du sol et la courbure du terrain.

L'analyse des bâtiments types permet de les classer selon une échelle de niveau d'endommagement, définie ci-après (du niveau N1 - désordres très légers - jusqu'au niveau N5 - effondrement).

Cinq niveaux d'endommagement ont été établis, par ordre croissant de sinistralité (N1 à N5).

Du niveau N1 à N3, les désordres prévisibles ne provoquent aucun effondrement. A partir du niveau N4, des effondrements sont possibles et menacent la sécurité des occupants.

Sécurité des occupants assurée car absence de risque de chutes d'éléments porteurs ou d'équipements	{	N 1 _ Fissures d'aspect
		N 2 _ Fissures légères dans les murs
		N 3 _ Portes coincées et canalisations rompues
Sécurité des occupants menacée	{	N 4 _ Poutres déchaussées et sécurité des occupants menacée murs bombés
		N 5 _ Planchers et murs désolidarisés et instables

Les caractéristiques du dommage subi sont détaillées ci-après, en fonction du niveau d'endommagement :

Niveau d'endommagement N1

Désordres prévisibles :

- fissures très légères dans le plâtre
- légères fissures isolées dans le bâtiment, non visible de l'extérieur

Niveau d'endommagement N2

Désordres prévisibles :

- plusieurs fissures légères visibles à l'intérieur de l'immeuble
- les portes et fenêtres peuvent se coincer
- des réparations aux murs et plafonds peuvent être nécessaires

Niveau d'endommagement N3

Désordres prévisibles :

- fissures légères visibles de l'extérieur
- les portes et fenêtres sont coincées
- les canalisations sont rompues

Niveau d'endommagement N4

Désordres prévisibles :

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

- fissures visibles de l'extérieur
- les portes et fenêtres sont coincées
- les canalisations sont rompues
- parquets et sols en pente
- murs hors d'aplomb ou bombés
- quelques déchaussements dans les poutres
- en cas de compression, chevauchement des joints dans les toits et soulèvement du gros œuvre en maçonnerie, avec crevasses horizontales

Niveau d'endommagement N5

Désordres prévisibles :

- le bâtiment doit être reconstruit partiellement ou complètement
- les poutres de la charpente et des planchers sont déchaussées
- les murs penchent très fort et doivent être étayés
- fenêtres brisées et tordues
- gauchissement et bombement des planchers et des murs en zone de compression

III.3. ESTIMATION DE DOMMAGE AUX BATIS

Nous avons montré précédemment que les mouvements de terrains, provoquent des dommages aux structures existantes. La prédiction des déformations de ces structures et l'estimation des dommages sont essentiels dans l'aménagement et le développement urbains.

Cette section résume les méthodes largement utilisées pour évaluer et estimer les dommages potentiels des bâtiments dus aux mouvements de terrain. Dans un premier temps, nous présenterons les différentes approches permettant de catégoriser les dommages. Ensuite, les méthodes d'estimation des dommages seront analysées

Enfin, une procédure d'évaluation de risques des dommages aux bâtis sera abordée.

III.3.1. Classification des dommages

Si l'évaluation de risques des dommages des bâtis induits par les mouvements de terrains doit être réalisée, la classification des dégradations est une clé importante. Deck (2002) a regroupé sept échelles de dégradation des bâtiments : l'échelle de NCB(1975), de Bruhn et al. (1982), de Bhattacharya & Singh (1984), de Stacey & Bakker(1992), de Pellisier et al. (1992), de Ji-

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

Xian (1995), et de Burland (1997). Les sept échelles divergent principalement par le nombre de niveau de dégradations qu'elles distinguent, qui varie de deux à six. Deck (2002) a donc effectué un tableau récapitulatif (Tab : III.1) qui positionne les différentes échelles les unes par rapport aux autres.

Tab. III.1 : Comparaison et équivalences entre les différentes échelles de classification des dégradations[21].

Stacey et Bakker (1992)	Bhattacharya et Singh (1984)	Pellisier et al. (1992)	Ji-Xian (1995)	Bruhn et al. (1982)	NCB (1975)	Burland (1997)
Superficielles	Architecturales	Pas de fissuration	1	légères	Négligeables ou très légères	Négligeables
		Négligeables				très légères
		Très faibles à faibles	2		Légères	Légères
Problématiques	Fonctionnelles	Moyennes à importantes	3	Modérées	Appréciables	Modérées
	Structurelles	Très importantes	4	Sévères	Sévères	Sévères
				Très sévères	Très sévères	Très sévères

Burland et Wroth (1974), par ailleurs, ont distingué les dommages des bâtiments liés aux mouvements de terrain induits par le tunnel en trois grandes catégories : (1) apparence visuelle ou esthétique ; (2) fonctionnalité ; (3) stabilité.

Ces trois catégories nous apparaissent semblables à celles définies par Bhattachaya & Singh (1984). Burland (1997) a divisé ces trois larges catégories en 6 catégories de dommage, numérotées de 0 à 5 (de dommages négligeables à très sévères) et présentées dans le Tableau (III.2). Les catégories de 0 à 2 sont liées au dommage esthétique, de 3 à 4 sont liés au dommage concernant la fonctionnalité, 5 représente le dommage ayant l'impact sur la stabilité du bâti.

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

Tab. III.2 : Echelle de classification des dégradations[21].

Catégories de dommage	Classification des dégradations	Description de dommage typique (facilité de réparation est donnée en italique) Note : la fissure est un seul facteur dans l'évaluation de catégorie de dommage
0	Négligeables	Fissures superficielles inférieures à 0,1 mm
1	très légères	<i>Fissures légères facilement traitées par des travaux de décoration.</i> Dégradations généralement restreintes aux finitions des murs intérieurs. Une inspection attentive peut révéler des fissures extérieures dans les murs en briques ou les maçonneries. Les fissures typiques atteignent 1 mm.
2	Légères	<i>Fissures faciles à combler. Une redécoration est généralement nécessaire.</i> Des fissures récurrentes peuvent être masquées par des alignements appropriés. Les fissures peuvent être visibles à l'extérieur et certaines reprises peuvent être nécessaires pour assurer l'étanchéité. Les portes et fenêtres peuvent coincer largement. Les fissures typiques atteignent 5 mm.
3	Modérées	<i>Les fissures nécessitent d'être ouvertes et traitées par un maçon. Reprise nécessaire des murs en briques extérieurs avec possibilité d'une petite quantité à remplacer.</i> Les portes et fenêtres coincent. Les canalisations peuvent être rompues. Les fissures typiques sont comprises entre 5 et 15 mm ou plusieurs d'environ 3 mm.
4	Sévères	<i>D'importants travaux de réparations des murs sont nécessaires, nécessitant parfois une démolition partielle, en particulier autour des portes et fenêtres.</i> Les portes et fenêtres sont tordues, le sol notablement incliné. Les murs sont hors d'aplomb ou bombés, perte de portance de certaines poutres. Le service des canalisations est interrompu. Les fissures typiques sont comprises entre 15 et 25 mm, mais dépendent également de l'espacement entre fissures.
5	Très sévères	<i>Une réparation majeure de l'ouvrage est nécessaire, nécessitant une reconstruction partielle ou totale.</i> Perte de portance des poutres, les murs penchent dangereusement et nécessitent d'être étayés. Les fenêtres sont rompues et tordues. Risque d'instabilité. Les fissures typiques sont supérieures à 25 mm, mais dépendent de l'espacement entre fissures.

Le critère de classification des dommages utilisé dans le Tableau(III.2)est basé uniquement sur la visibilité des dommages : la fissure sur les murs est un seul des facteurs dans la catégorisation des dégradations.

Burland & Wroth (1974) ont développé un concept de déformation critique (ϵ_{crit}).Ils ont montré que la déformation en traction est le paramètre fondamental dans la détermination du début de fissuration des bâtiments. Les résultats des nombreux essais à grande échelle sur les panneaux et les murs en maçonnerie ont montré que le début de la fissure peut être associé à une valeur de la déformation moyenne en traction bien définie.

Burland et al. (1977) ont remplacé la déformation critique par la déformation limite en extension (ϵ_{lim}) qui peut être utilisée comme un paramètre de serviabilité prenant en compte les différents matériaux et état limite de service. Boscardin & Cording (1989) ont développé le concept de la déformation limite en attachant les valeurs de la déformation aux dommages

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

de bâtis observés des cas d'études vis-à-vis de l'affaissement induit par excavation. Ils ont montré que les catégories de dommages peuvent être liées aux gammes de déformation limite de traction (ϵ_{lim}), comme présenté dans le Tableau (III.3).

Tab. III.3 : Relation entre les catégories de dommages et la déformation limite de traction dans la structure[21].

Catégories de dommage	Classification des dégradations	Déformation horizontale limite de traction ϵ_{lim}(%)
0	Négligeables	0 - 0,05
1	très légères	0,05 – 0,075
2	Légères	0,075 – 0,15
3	Modérées	0,15 – 0,3
4 à 5	Sévères à très sévère	> 0,3

III.3.2.Méthodes d'estimation des dommages

Selon Maquaire et al : toutes les méthodes nécessitent l'identification des éléments exposés et la définition de leur valeur[22].

Il y a deux grandes approches complémentaires[23]: rétrospective et prospective (fig : III.5). L'approche rétrospective s'inscrit dans le cadre de retours d'expérience tandis que l'approche prospective est inhérente aux procédures d'évaluation des risques encourus. La première approche nourrit ainsi directement la seconde lors de la conduite de diagnostics de vulnérabilité, eux-mêmes utiles à la mise en œuvre de scénarios (ou simulations) d'endommagement, de pertes ou de gestion de crise. Pour chacune de ces deux grandes approches, qui nous renseignent respectivement sur l'endommagement déclaré et potentiel, il apparaît que la vulnérabilité peut être évaluée, de manière quantitative ou qualitative

- – Soit à travers la sensibilité à l'endommagement ;
- – Soit à travers la caractérisation de l'endommagement ;
- – Soit à travers la capacité de réponse à l'endommagement.

*L'évaluation de la sensibilité à l'endommagement repose généralement sur l'analyse de facteurs intrinsèques ou extrinsèques à l'élément vulnérable et qui peuvent agir soit directement, soit indirectement.

*La caractérisation d'endommagement se traduit par une appréciation des dommages. C'est l'objet même des constats d'endommagement qui peuvent prendre l'aspect de simples

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

descriptions ou bien de quantifications poussées (bilans). Dans le cadre des approches prospectives, la caractérisation de l'endommagement revêt un caractère le plus souvent quantitatif de mesure et de prévention des dommages ou des pertes potentielles.

*L'évaluation de la capacité de réponse face à l'endommagement passe généralement par l'analyse de l'efficacité des actions et moyens mis en œuvre pour réduire les dommages. Elle s'inscrit donc plutôt dans le cadre de retours d'expérience et est particulièrement adaptée à l'analyse des systèmes et des organisations (institutions) en intégrant à la fois les facteurs aggravant et ceux au contraire limitant la vulnérabilité (analyses de type forces/faiblesses d'un système).

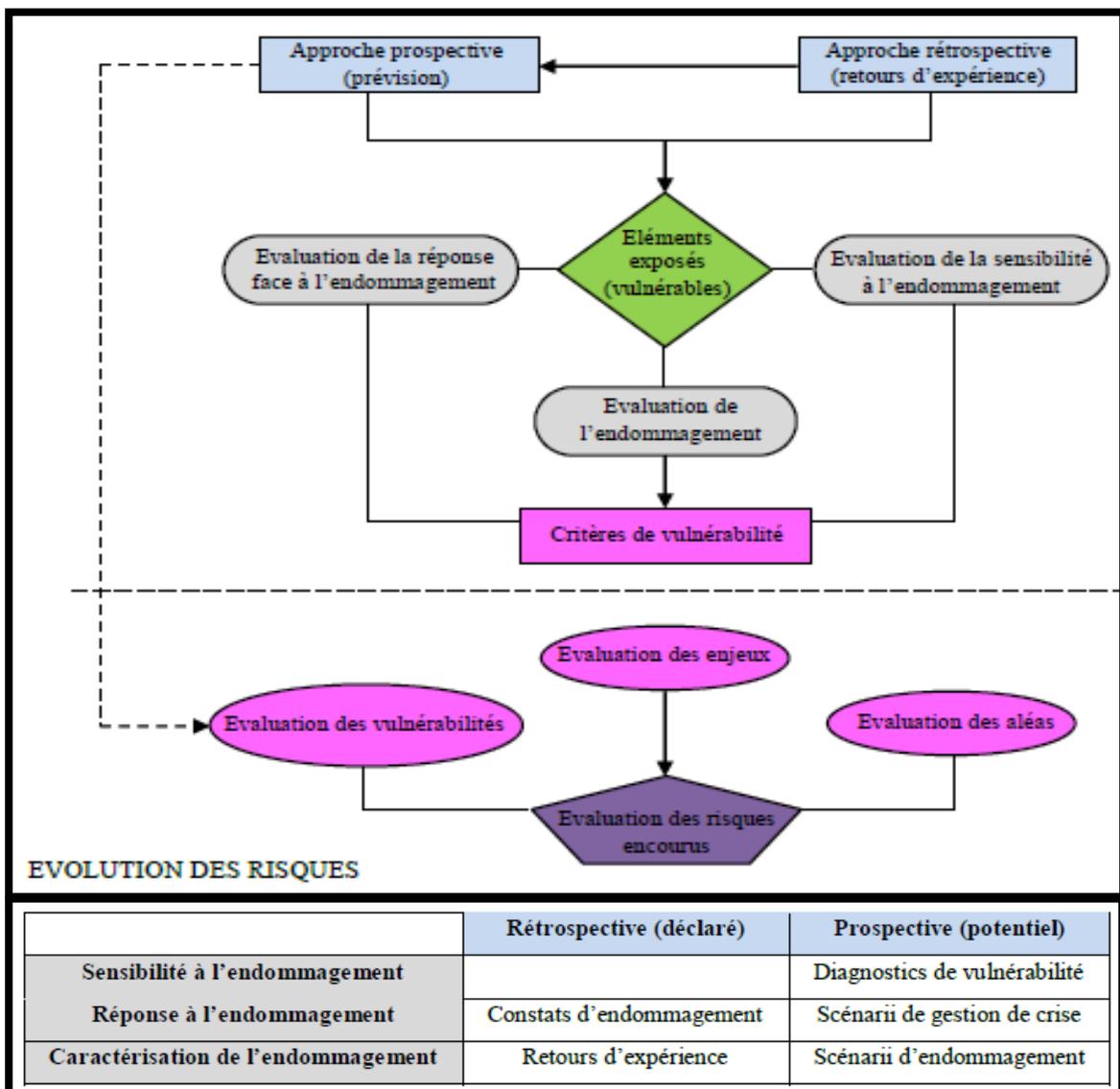


Fig. III.5 : Synthèse graphique des différentes approches d'évaluation des vulnérabilités[23].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

-La méthode d'endommagement c'est une méthode quantitative issue du génie parasismique, elle se fonde sur l'élément vulnérable pour lequel il s'agit de mesurer les conséquences de la survenance d'un aléa donné.

L'endommagement traduit à la fois les dommages physiques et les dommages fonctionnels et économiques. La vulnérabilité des glissements de terrain, s'intéresse essentiellement à la fonction d'endommagement structurel et corporel, qui est très difficile à formaliser d'un point de vue analytique compte tenu de la complexité du phénomène. L'utilisation de la méthode d'endommagement, définit le niveau d'endommagement d'un élément exposé, soumis à l'action d'un phénomène ressenti ou déclaré d'intensité donnée.

Cette matrice (tableau III.4) permet de représenter le niveau d'endommagement en fonction du phénomène naturel et de l'enjeu.

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

Tab. III.4 : Echantillon de la typologie des modes d'endommagement des principaux éléments exposés aux mouvements de terrain. Exemple du bâti [24].

ELEMENTS EXPOSES	ID	MODES D'ENDOMMAGEMENT	D
BATI			
RESEAUX			
SURFACES NATURELLES			
SOUS-ELEMENTS			
PERSONNES			
FONCTIONS			

ID : échelle d'intensité des dommages
D : taux de pertes (structurelles, corporelles et fonctionnelles)

I	Domages légers non-structurels (gros oeuvre non-touché). Stabilité non-affectée. Mobilier endommageable	0,01-0,1
II	Fissuration des murs, mais stabilité non-affectée. Réparations non-urgentes.	0,2-0,3
III	Déformations importantes, lézardes largement ouvertes, fissuration des structures. Stabilité affectée. Portes et fenêtres inutilisables. Evacuation nécessaire.	0,4-0,6
	Fracturation des structures. Désolidarisation des parties. Effondrement partiel du plancher et brèches dans les murs. L'évacuation s'impose. La réhabilitation semble compromise.	0,7-0,8
	Effondrement partiel à total qui nécessite une évacuation du site et compromet toute réhabilitation.	0,9-1

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

-les méthodes par abaques

Plusieurs méthodes d'estimation des dommages aux bâtis ont été réalisées. On peut citer les méthodes par abaques (NCB, 1975 ; Boscarding & Cording, 1989 ; Wagner & Schümann, 1991 ; Burland 1997) permettant de définir des zones de même dégradation en fonction de deux paramètres, et les méthodes plus élaborées (Bhattacharya & Singh, 1984 ; Yu & al., 1988 ; Kwiatek, 1998 ; Dzegniuk & Hejmanowski, 2000) tenant compte d'un plus grand nombre de critères. Ces méthodes ont été développées dans différents pays (Angleterre, Etats-Unis, Pologne, et Afrique du sud) pour l'évaluation des dégradations aux bâtis induits par les mouvements de terrain [25].

L'avantage des méthodes plus élaborées par rapport à celles des abaques est de prendre en compte des caractéristiques techniques des structures en plus des mouvements du terrain. Par contre, les méthodes plus élaborées sont plus compliquées. Pour cela on s'intéresse qu'aux approches par abaque de deux paramètres.

- L'estimation de dommage vis-à-vis de longueur de la structure et déformation horizontale du terrain est l'une de ces approches. Elle est expliquée ci-dessous :

La plus ancienne méthode, présentée par le National Coal Board (NCB, 1975), en Angleterre, permet une estimation des dégradations basée sur la longueur de l'ouvrage et la déformation horizontale du terrain (Fig III.6).

L'approche de NCB suppose que le bâti n'a aucun effet sur la prévision des mouvements de terrain ; les paramètres de dommage sont donc évalués à partir des mouvements en terrain vierge. Geddes & Kennedy (1984) critiquent dans cette approche la confusion faite entre la déformation horizontale du terrain et celle de la structure. Ces auteurs, cependant, impliquent que la méthode de NCB conserve toute son utilité à deux conditions : considérer la déformation moyenne du terrain le long de l'ouvrage et supposer que la résistance de la structure est très faible par rapport aux efforts maximaux générés à l'interface sol-structure, afin que la déformation des terrains soit assimilable à celle de la structure

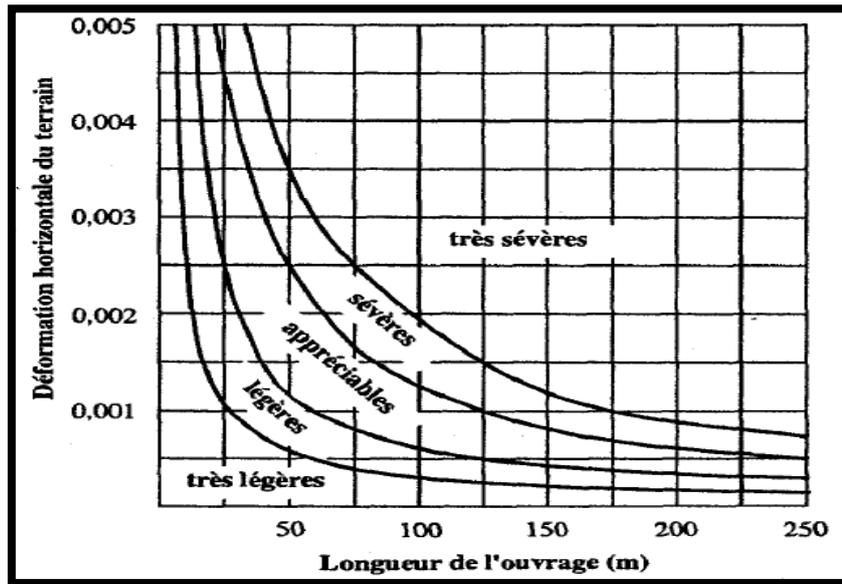


Fig. III.6 : Prévion de dommage en fonction de longueur de l'ouvrage et déformation horizontale du terrain (NCB, 1975) [25].

Pour nous, l'abaque de NCB est absolument inutilisable pour les ouvrages les plus courants tels que les maisons individuelles, d'une dizaine de mètres de longueur, car il est trop imprécis. C'est la raison pour laquelle, un autre abaque (Fig. III.7) dans le même système d'axes que celui du NCB et qui a été élaboré à partir de dégradations observées principalement en Afrique du Sud (Wagner & Shümann, 1991). Cet abaque se révèle n'être qu'une copie conforme de celui du NCB pour des longueurs de structure inférieures à 50 m.

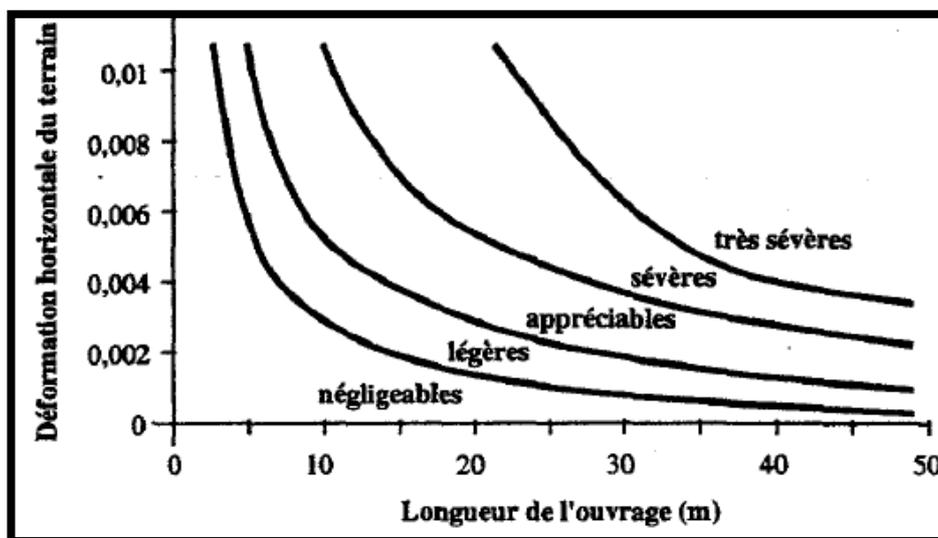


Fig. III.7: Prévion de dommage en fonction de longueur de l'ouvrage (inférieure à 50 m) et déformation horizontale du terrain (Wagner & Shümann, 1991)[25].

III.4.EFFETS DU MOUVEMENT DE TERRAIN SUR LE CADRE BATI

a. Un glissement superficiel s'éloigne d'un bâtiment

Le glissement de terrain s'éloigne du bâtiment d'une distance, ce qui provoque une diminution de la pression des terres appliquée sur les parois extérieures. Comme le plan de glissement est situé plus haut que les fondations, la stabilité globale de la construction n'est généralement pas remise en cause. Le mouvement de glissement occasionne des dommages

aux abords du bâtiment (conduites, accès, ouvrages de soutènement, etc.)[26].

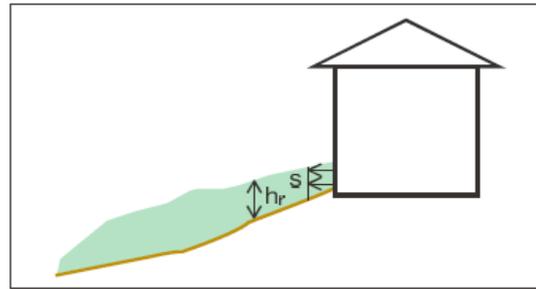


Fig. III.8 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement superficiel s'éloigne d'un bâtiment[26].

b. Un glissement superficiel s'avance contre un bâtiment

Le glissement de terrain s'avance contre le bâtiment, ce qui provoque un accroissement de la pression des terres (q_{ea}) appliquée sur les parois extérieures. La sécurité structurale des parois extérieures est en principe menacée. Lorsqu'un bâtiment de poids propre faible est affecté par un glissement de masse importante, sa stabilité au

renversement ou au glissement peut aussi être menacée.

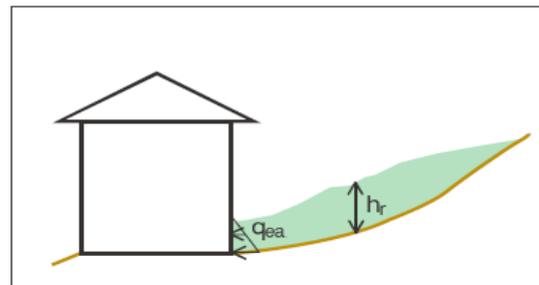


Fig. III.9 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement superficiel s'avance contre un bâtiment[26].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

c. Un glissement semi-profond entraîne une petite partie d'un bâtiment

Le glissement de terrain provoque des tassements (h_s) et des déplacements s . La sécurité structurale de la partie affectée du bâtiment est menacée selon le type de fondation et le concept statique de la

construction. La stabilité globale est assurée tant que seule une petite partie du bâtiment est touchée.

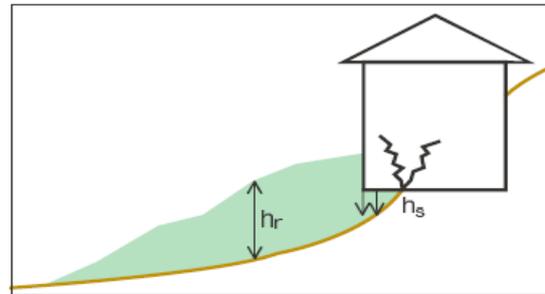


Fig. III.10 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement semi-profond entraîne une petite partie d'un bâtiment[26].

d. Un glissement semi-profond entraîne l'ensemble d'un bâtiment

La sécurité structurale, la stabilité globale et l'aptitude au service du bâtiment sont menacées du fait des tassements différentiels h_s et des déplacements ' s '. L'ampleur et la nature des déformations (tassements/soulèvements, basculement, fissuration) dépendent du type de

fondation et de la conception de la structure porteuse.

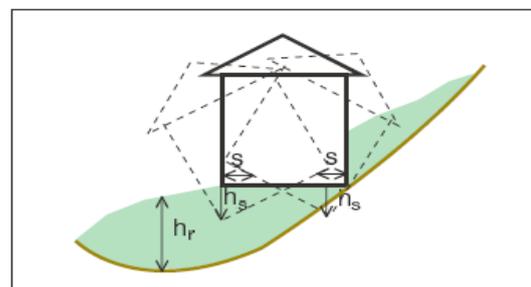


Fig. III.11 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement semi-profond entraîne l'ensemble d'un bâtiment[26].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

e. Glissement profond de vitesse faible et homogène

L'ensemble du bâtiment est entraîné par le glissement de terrain. Mais le mouvement est lent et les vectrices vitesses (composants horizontale et verticale) ont la même grandeur et la même direction dans la tranche de terrain correspondant à la profondeur de la fondation. Les composantes horizontale et verticale du mouvement subi par la construction ne présentent donc aucune variation. Des

dommages apparaissent aux bords cisailés du glissement et aux endroits où le terrain forme des bosses et des dépressions.

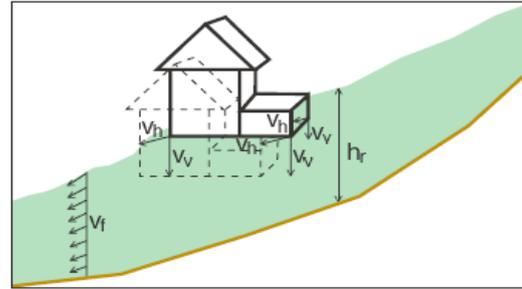


Fig. III.12 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement profond de vitesse faible et homogène[26].

f. Glissement profond de vitesse élevée et hétérogène

L'ensemble du bâtiment est entraîné par le glissement de terrain. Le mouvement est rapide et les vectrices vitesse sont des grandeurs et des directions différentes dans la tranche de terrain correspondant à la profondeur de fondation. Les composantes horizontales et verticales du

mouvement subi par la construction présentent donc d'importantes variations.

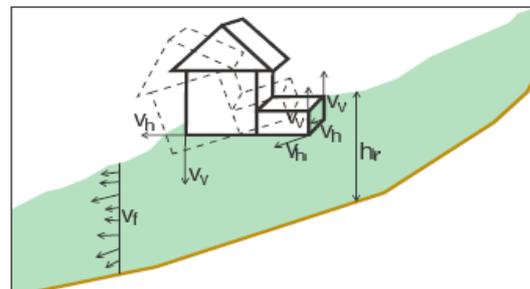


Fig. III.13 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement profond de vitesse élevée et hétérogène[26].

g. Effondrement de faible étendue

Seule une petite partie de l'aire de base du bâtiment est affectée par l'effondrement. L'effondrement ou le tassement provoque des tassements de faible ampleur sous le bâtiment. La sécurité structurale de la partie affectée est menacée selon le type de fondation et le concept statique de la construction. La stabilité globale du bâtiment reste généralement assurée.

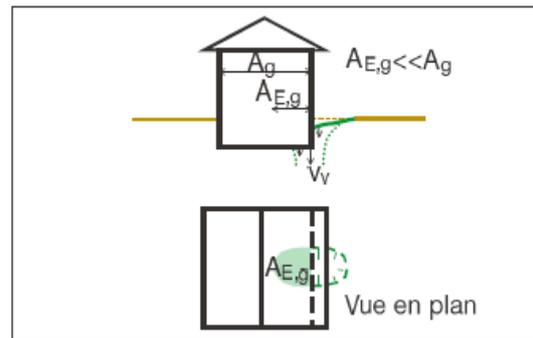


Fig. III.14 : Schéma Explicatif des phénomènes : Effondrement de faible étendue[26].

h. Effondrement de grande étendue

Une grande partie de l'aire de base du bâtiment est affectée par l'effondrement. Sa stabilité globale n'est plus assurée. Il peut s'incliner ou se briser selon le type de fondation et le concept statique de la construction.

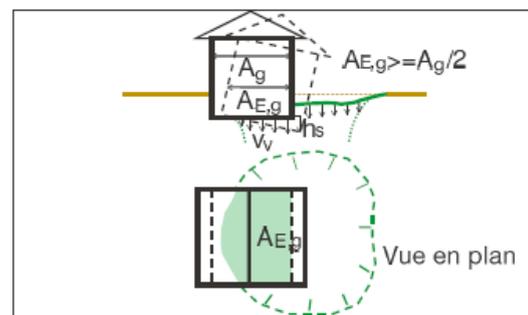


Fig. III.15 : Schéma Explicatif des phénomènes : Effondrement de grande étendue[26].

Chapitre III : L'effet de glissement de terrain sur le cadre bâti

CONCLUSION

Ce chapitre a eu pour objet de présenter les conséquences plus ou moins graves qu'à occasionner un glissement de terrain sur le cadre bâti. L'évaluation des dommages dû au mouvement de terrain sur le bâti demeure une opération difficile, à cause de la complexité du phénomène et nécessite en générale des diagnostics destructifs par l'estimation quantitative et qualitative des destructions au niveau des éléments exposés au risque, tous cela à travers plusieurs approches dont on peut citer la méthode d'endommagement qui a permis d'évaluer le degré de désordre affecté par le glissement de terrain sur les constructions. Cette dernière est un outil de décision sur les éventuels renforcements à entreprendre.

En effet pour éviter tous ces dégâts matériels, il est indispensable de prévoir les solutions préventives adéquates ou du moins atténuer le degré de vulnérabilité du parc immobilier au risque glissement de terrain, qu'il soit au niveau du sol où au niveau du cadre bâti. Nous essayerons dans le chapitre suivant d'aborder ces techniques de prévention et la gestion du risque.

**CHAPITRE IV :
LA GESTION ET LA PREVENTION DES GLISSEMENTS DE
TERRAIN**

INTRODUCION

D'un point de vue historique, les traces de digues édifiées contre les inondations au 5^{ème} siècle avant JC en Egypte sont la preuve d'une prise de conscience relative aux risques naturels. Le concept de risque prend toutefois véritablement naissance au 18^{ème} siècle, après le tremblement de terre de Lisbonne en 1756, au travers d'un courrier de Jean-Jacques Rousseau à Voltaire : *«Convenez que la nature n'avait point rassemblé là 2000 maisons de 6 à 7 étages et que, si les habitants de cette grande ville eussent été dispersés...Le dégât eut été beaucoup moindre et peut être nul »*[27].

L'outil cartographique, connu depuis Ptolémée et qui n'a eu de cesse d'évoluer depuis, s'insère dans l'évolution technologique. La carte papier est tout d'abord devenue numérique, puis sont apparus les Systèmes d'Information Géographique [27].

La notion de risques naturels et les Systèmes d'Information Géographique sont aujourd'hui fortement imbriqués : il est désormais possible de parler de l'apport des Systèmes d'Information Géographique à la gestion des problématiques relatives aux risques naturels.

Le risque naturel est si complexe qu'il doit être étudié et géré par plusieurs acteurs, de formations et de métiers divers, d'une part, des spécialistes de l'aléa (géotechniciens, sismologues...), d'une autre part, des spécialistes de l'aménagement et de la construction (architectes, ingénieurs...).

La réduction du risque naturel est une manière de limiter et de maîtriser les conséquences négatives d'une catastrophe, qui aura des répercussions sur l'environnement. Elle devient néfaste si elle s'attaque à la vie humaine et des biens des individus ou communauté. Actuellement et dans la logique du développement durable, la lutte contre les risques naturels et la prévention de ses effets représentent une thématique importante dans tout développement et gestion des territoires. Il s'agit de la mise en place d'un cadre législatif lié à la maîtrise des risques naturels et de quelques mesures pratiques à entreprendre pour discerner les zones à problème et la proposition des solutions pour freiner ce risque « mouvement de terrain »

«On ne peut pas diminuer l'intensité d'un ouragan ou d'une éruption volcanique. Mais on peut se préparer davantage pour réduire la vulnérabilité d'une population ou d'un territoire ». Alvaro González [28].

IV.1 LE TRAITEMENT DES PROBLEMATIQUES RELATIVES AUX RISQUES NATURELS

Les problématiques relatives aux risques naturels peuvent revêtir trois principaux aspects : la gestion des risques, la gestion des crises, la gestion de l'après crise[29].

- **La gestion des risques naturels**

Se traite aujourd'hui en France essentiellement au travers d'outils réglementaires tels que les plans de prévention des risques naturels prévisibles. Mis en place depuis 1995 et prescrits par les préfets, les plans de prévention des risques ont pour objectif de limiter les zones exposées à un ou plusieurs risques naturels, de délimiter les zones où une activité quelconque aurait pour effet d'accroître les risques, de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde nécessaire, de définir les mesures qui doivent être adoptées dans les zones à risques. Toutefois, la gestion des risques ne se limite pas à l'élaboration de ces plans de prévention des risques. Un grand nombre d'études de risques ont pour objectif d'aider des collectivités locales à connaître leur environnement en dehors de toute obligation réglementaire. Dans ce cadre, la composante cartographique possède une place capitale dans l'élaboration de ce document. En effet, la carte constitue le support de restitution des informations réglementaires : carte informative du phénomène considéré, carte d'aléa, plan de zonage.

- **La gestion des crises**

Se traite depuis toujours par l'intermédiaire d'outils permettant la connaissance géographique de la zone concernée. Dès l'antiquité, les cartes avaient une vocation militaire, et les plus grands progrès de la cartographie furent observés durant les deux Guerres Mondiales. Il s'agit dans cette optique de localiser la zone où se déroule la crise, d'appréhender ses caractéristiques géographiques, les implantations humaines, les voies d'accès et de communications, la localisation de l'évènement, et l'emprise de son évolution probable,...

- **La gestion de l'après crise**

Nécessite également des outils à forte composante cartographique : localisation des zones ayant subi des dommages, évaluation de leur ampleur et de leur intensité, identification des infrastructures de communications permettant l'accès des moyens de secours, localisation de zones hors-dommages permettant le regroupement des populations,...

Ces trois grands cadres d'utilisation de la cartographie pour la gestion des risques naturels mettent en évidence un certain nombre de contraintes :

- les données de base représentées sur la carte doivent être d'une grande précision et d'une grande fraîcheur ;
- la quantité d'information à cartographier est importante pour pouvoir répondre aux besoins ;
- pour une information cartographiée, un certain nombre de caractéristiques descriptives doivent être représentées.

Les Systèmes d'Information Géographique, proposent désormais les fonctions nécessaires pour palier à ces contraintes.

➤ **De la carte papier aux systèmes d'information géographique**

Nous venons de le voir, le management des risques naturels est indissociable de l'aspect cartographique. Toutefois, la carte papier possède certains inconvénients :

- la quantité d'information contenue sur une carte est limitée, sous peine d'illisibilité ;
- la carte éditée est un document figé, et des cartes peuvent être périmées dès leur parution (cartographie de la topographie des pentes d'un volcan en activité), ceci étant essentiellement dû aux délais de fabrication et de mise à jour ;
- l'extraction d'une information exacte est délicate (hauteur d'eau estimée pour une crues centennale en un point donné) ;
- aucune analyse quantitative ne peut être menée (évaluation des surfaces incendiées par type de végétation et par commune) ;
- toute analyse spatiale à partir de plusieurs cartes est difficile voire impossible.

L'omniprésence de ces inconvénients et le développement de l'informatique ont conduit, dans les années 1960, à l'informatisation du dessin des cartes. A l'origine, cela répondait essentiellement à des impératifs de mise à jour, et d'édition en grand nombre.

Puis le concept d'information géographique est apparu. Une information géographique représente tout objet pouvant être repéré par sa localisation et ses caractéristiques.

Les Systèmes d'Information Géographique ont ainsi fait leur apparition au milieu des années 1960. Le premier, le «Canadian Geographic Information System », traitait des aspects relatifs à l'environnement et à l'occupation des sols[29].

Dès lors, l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique n'a cessé de se développer, dans le domaine des risques naturels notamment.

➤ **L'apport des systèmes d'information géographique**

Un Système d'Information Géographique peut être défini comme un outil informatique de gestion de bases de données géo référencées. A chaque objet composant une carte correspond un ensemble de données attributaires qui décrivent cet objet.

Un Système d'Information Géographique permet :

- d'acquérir puis de mettre à jour de l'information géographique
- de gérer l'information géographique (stockage, structuration, ...) ;
- de manipuler et analyser l'information géographique (recherche d'informations, analyse spatiale, analyse topologique, croisement de couches d'informations, ...) ;
- de restituer l'information géographique (carte, fichiers, tableaux, graphiques,...).

Ces caractéristiques spécifiques en font un outil utilisé notamment pour le stockage de bases de données géographiques (exemple : cadastre), la gestion de réseaux ou de territoires, la production d'informations nouvelles (ingénierie), la production cartographique.

IV.2 GESTION DU RISQUE NATUREL

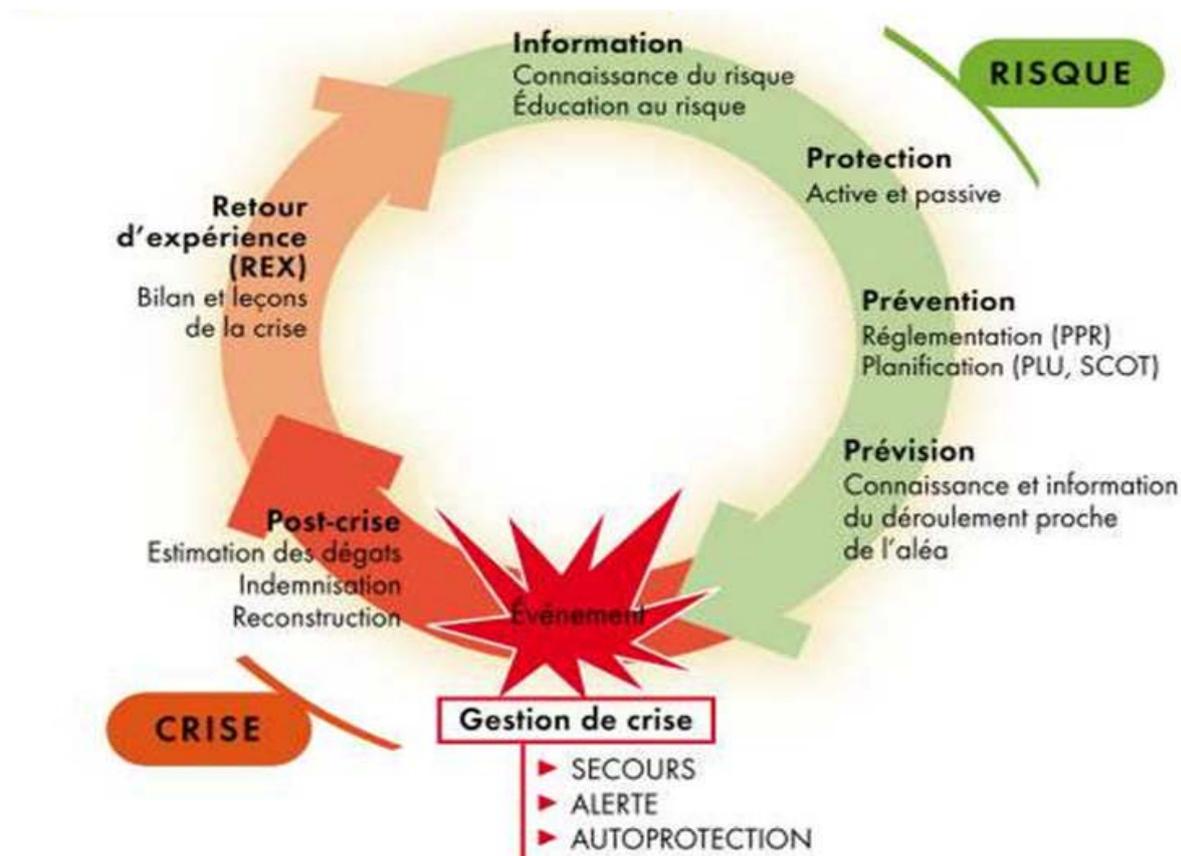


Fig. IV.1 :Phase générique de la gestion du risque en France [30].

La gestion du risque naturel passe par plusieurs phases qui se succèdent et dans un perpétuel mouvement infini forme un cercle. On va positionner les phases par rapport à l'occurrence du phénomène, avant le phénomène on parle de **l'information, la protection, la prévention** et **la prévision**, lors du phénomène ou juste après correspond à **la gestion de crise** et la phase du bilan correspond au **retour d'expérience**.

Les Systèmes d'information Géographique sont aujourd'hui omniprésents dans la problématique des risques naturels. Leur apport est incontestable, et les enjeux, présentés ci-dessous, sont majeurs.

-La prévention des risques

La prévention des risques regroupe les mesures législatives et réglementaires mises en œuvre pour prévenir le développement d'un sinistre et aider à le combattre.

Dans le domaine des risques naturels, comme nous l'avons vu précédemment, les plans de prévention des risques sont les principaux outils existants. La composante cartographique et l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique sont très importants dans ce domaine, car les cartes constituent le support essentiel des plans de prévention des risques.

-La prévision des risques

La prévision des risques naturels consiste à mettre en œuvre un certain nombre d'outils qui ont pour fonction d'anticiper la connaissance sur l'éclosion et le développement d'un évènement.

Ces outils sont de plus en plus souvent couplés à un Système d'Information Géographique qui est employé pour fournir de l'information aux outils de la prévision, ou cartographier les données acquises.

-La gestion des crises

La gestion des crises d'origine naturelle intègre notamment les missions de dimensionnement des moyens de secours en fonction des caractéristique et/ou de l'évolution probable du sinistre, l'acheminement des moyens de secours, l'anticipation sur l'évolution du sinistre lorsqu'il y a lieu, la connaissance des caractéristiques du terrain afin d'affecter aux moyens de secours la mission la mieux adaptée.

La composante géographique est extrêmement importante car chaque minute écoulée peut être importante pour porter secours.

Le Système d'Information Géographique apparaît alors comme un outil informatique mobile fournisseur d'information brute (caractéristique du terrain) ou élaborée (évolution probable du sinistre), en temps réel, et faisant souvent appel à des développements informatique spécifiques pour la gestion de situation d'urgence.

-Le retour d'expérience

Le retour d'expérience vise à capitaliser les connaissances relatives à un évènement donné, dans l'objectif de mettre en évidence les points forts et les points faibles de la gestion de l'évènement.

Le Système d'Information Géographique est essentiellement exploité dans cette optique pour ses capacités à archiver le déroulement d'un évènement de façon séquentielle (évolution, actions menées, moyens engagés pour mener ces actions,...).

Les crises d'origine naturelle ayant une composante géographique prépondérante, ceci place le Système d'Information Géographique dans une position dominante pour ce type d'enjeu.

- La formation aux risques

La formation dans le domaine des risques intègre la prévention, la prévision, la gestion de crises, le retour d'expérience. La proportion de chacun de ses éléments varie en fonction du type de formation et du public auquel elle s'adresse.

Néanmoins, les Systèmes d'Information Géographique sont désormais quasiment systématiquement présents à un moment de la formation, et sont présentés comme des outils de traitement des risques.

Bien évidemment, les Systèmes d'Information Géographique ne sont pas indispensables à la bonne prise en compte de la problématique relative aux risques naturels. Toutefois, leur usage est aujourd'hui extrêmement répandu à travers les différents questionnaires de risques, et apports ont si bien été perçus qu'un retour en arrière semble maintenant inconcevable.

IV.3. LES PRINCIPAUX OUTILS DE LA PREVENTION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

La prévention des risques a pour objectif de limiter les pertes humaines et les dommages matériels [31].

IV.3.1. Protection des populations

La protection des populations résulte de la mise en place de dispositifs d'alerte. Être averti à temps du danger de survenance d'un phénomène naturel implique :

- l'existence d'un service public ou d'un organisme chargé de ce travail ; Il ne s'en constitue pas facilement, en raison de la responsabilité importante qui leur incombe et du coût financier.

- la connaissance des signes avant-coureurs des catastrophes (par exemple, relation entre l'intensité des pluies et la hauteur d'eau dans les rivières) ; elle n'est pas toujours facile à établir (tremblements de terre).

- l'observation des phénomènes à des intervalles de temps suffisamment rapprochés pour ne pas manquer ces signes précurseurs ; des progrès significatifs ont été obtenus grâce aux mesures automatiques, au développement des transmissions et à l'emploi de l'informatique.

IV.3.2. Protection des habitations

Cette prévention passe notamment par une meilleure gestion de **l'urbanisme**. En France, un plan de prévention des risques naturels (PPR), délimite les zones sujettes à un risque naturel : il permet d'interdire tout type de construction sur ces zones, ou d'en réglementer l'usage.

IV.3.2.1. La maîtrise de l'urbanisation

La maîtrise de l'urbanisation s'exprime au travers des plans de prévention des risques naturels, prescrits et élaborés par l'État. Ces différents plans permettent aux gestionnaires du domaine urbain d'agir efficacement en conformité avec les données et réalités précises et objectives, spécifiques à chaque zone, allant jusqu'à prévoir le volume du danger et pouvoir ainsi en atténuer les conséquences [32]. Dans les zones exposées au risque de mouvements de terrain, le PPR peut prescrire ou recommander des dispositions constructives, telles que l'adaptation des projets et de leurs fondations au contexte géologique local, des dispositions d'urbanisme, telles que la maîtrise des rejets d'eaux pluviales et usées, ou des dispositions concernant l'usage du sol.

Le processus d'urbanisation en Algérie comporte quatre niveaux d'interventions :

- Le niveau national : Les grandes orientations en matière d'occupation de l'espace national \longrightarrow SNAT.

Chapitre IV : La gestion et la prévention des glissements de terrain

- Le niveau régional : Espaces géographiques homogènes pouvant couvrir plusieurs wilayas, ou une partie de wilaya. —————> SRAT.
- Le niveau local : il s'agit d'espace géographique communal : —————> PDAU/ POS.
- Le niveau de la parcelle : il s'agit des actes qui autorisent effectivement la réalisation physique —————> certificat d'urbanisme/ le permis de construire/ le certificat de conformité.

IV.3.2.2. La maîtrise de l'aménagement

Afin de réduire les dommages lors des catastrophes naturelles, il est nécessaire de maîtriser l'aménagement du territoire, en évitant d'augmenter les enjeux dans les zones à risque et en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées.

IV.3.3. Protection des infrastructures

La protection, des infrastructures résulte pour sa part de la mise en place d'innovations architecturales (constructions antisismiques) et de travaux de sécurisation des terrains. Les différentes mesures techniques de prévention sont adoptées spontanément par les entreprises ou imposées par les autorités administratives.

IV.3.3.1. L'outil cartographique

La cartographie est un outil qui permet d'estimer la probabilité de survenance d'un phénomène donné en un endroit donné. Elle vise à délimiter les zones pouvant être exposées au risque des glissements de terrain.

Les différents outils cartographiques utilisés ailleurs pour le zonage des risques naturels liés aux mouvements de terrain sont :

- **ZERMOS:** Les cartes des zones exposées aux risques des mouvements du sol et du sous-sol. Destinée aux aménageurs, elles répondent à une double finalité en informant le plus objectivement possible sur la localisation probable des instabilités et de leur nature.
- **Le plan d'exposition au risque PER :** Il a été relancé en France, par la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles.
- **Le plan de prévention des risques naturels PPR**

IV.4 LES MESURES DE PREVENTION ET DE GESTION DU RISQUE NATUREL EN ALGERIE

En 2012, le Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe (UNISDR) a lancé, par le biais de son Bureau Régional pour les Pays Arabes, un exercice en vue de compiler les études nationales saisissant les bonnes pratiques de la RRC dans les pays arabes[33].

La documentation des bonnes pratiques des pays arabes vise à améliorer la compréhension des parties prenantes sur les points d'entrée nécessaires pour développer et intégrer la RRC dans les stratégies, les politiques et les programmes nationaux.

Au cours des dernières décennies, l'Algérie a beaucoup appris en matière de réponse et de recouvrement lors des catastrophes.

Consciente de sa forte exposition et de ses croissantes vulnérabilités, l'Algérie a démontré, depuis les débuts des années 1980 (le séisme de Chlef), son engagement en planifiant des actions pour une plus grande résilience aux catastrophes.

Des lois, arrêtés et ordonnances ont été instaurés pour permettre une meilleure prévention et gestion des risques :

La loi 90-29 du 01-12-1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme

A l'échelle du PDAU sont définis les périmètres de protection au niveau des communes, et les conditions d'aménagement et de construction en prévention des risques naturels à l'échelle des POS.

La loi 01-20 du 12-12-2001 relative à l'aménagement et au développement durable

Elle prévoit dans son article N°04 la protection du territoire et des habitations des risques et des aléas naturels et cela pour un développement harmonieux et durable de l'espace pour chaque zone du territoire national.

La loi 03-10 du 29-07-2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

Cette loi veille à la protection de la nature, la préservation des espaces animales et végétales et de leurs habitants dans le cadre du développement durable.

☐ La loi 04-05- du 14-08-2004 relative à l'intégration de la gestion des risques dans les plans d'urbanisme et d'aménagement du territoire

Cette loi contient également des éléments qui visent à intégrer pleinement la gestion du risque dans l'établissement des plans d'urbanisme et d'aménagement du territoire.

Les terrains exposés aux risques résultant des catastrophes naturelles ou aux glissements de terrain sont identifiés au moment de l'élaboration des instruments d'aménagement et d'urbanisme et font l'objet de mesure de limitation ou d'interdiction de construire qui sont définies par voie réglementaire.

☐ La loi 04-20 du 25-12-2004 relative à la prévention des risques majeurs et aux gestions des catastrophes dans le du développement durable

Elle définit le risque majeur comme toute menace probable pour l'homme et son environnement pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels.

L'objet de cette loi est d'édicter les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Le plan général de prévention de risque majeur détermine les zones vulnérables et les mesures de prévention et d'atténuation de la vulnérabilité.

En matière de constructions et d'aménagement et de l'urbanisme, les constructions sont strictement interdites sur les terrains à risque géologique et les zones inondables.

☐ Arrêté du 11-01-2004 relatif aux règles parasismiques algériens RPA1999 version 2003

Il s'applique à toute étude de projet de construction à compter de la date de publication.

Il tient compte essentiellement de la nouvelle classification des zones sismiques, il divise le territoire national en 05 zones de sismicité croissante.

☐ Ordonnance N° 03-12 du 26-08-2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes

Tout propriétaire personne physique ou morale, autre que l'état d'un bien immobilier construit situé en Algérie est tenu de souscrire un contrat d'assurance de dommages garantissant ce bien contre les effets des catastrophes naturelles.

CONCLUSION

La gestion des risques comprend l'évaluation des risques et leur analyse, ainsi que la mise en œuvre de stratégies et d'actions spécifiques pour les contrôler, les réduire et les transférer. Elle est largement pratiquée par des organisations afin de minimiser les risques.

La prévention permet de réduire la vulnérabilité au sein des zones affectées, par l'information des populations, l'adoption de mesures d'urbanisme ou de mesures constructives. Elle peut prendre, des formes différentes et ce : A travers les règles d'occupation au sol et d'aménagement du territoire, l'information sur le risque et la cartographie sur les zones affectées par l'aléa. Il s'agit des cartes des zones au risque du mouvement de terrain.

En France les PPR intègrent le risque de glissement de terrain dans les instruments d'aménagement et d'urbanisme pour prévoir une gestion efficace du risque.

Par contre en Algérie, et malgré l'existence des instruments d'urbanisme, il y a l'absence d'un PPR qui prend en compte les insuffisances au niveau de la gestion et la prévention aux risques naturels.

DEUXIEME PARTIE

**ETUDE DE GLISSEMENT DE TERRAIN A AIN EL
HAMMAM**

CHAPITRE V :
CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET L'URBANISATION DE LA
VILLE DE AIN EL HAMMAM

INTRODUCTION

La géomorphologie du Nord algérien étant caractérisée essentiellement par des montagnes de pentes raides et abruptes, les mouvements de terrain constituent l'un des risques naturels les plus répandus. Ce phénomène est observé dans plusieurs wilayas du pays : Alger, Béjaïa, Constantine, Mila, Média, Tizi-Ouzou, etc. La région de la Kabylie connaît ces dernières années une activité intense de cet aléa ; plusieurs versants naturels connaissent des mouvements de terrain plus ou moins étendus et actifs.

Le mouvement de terrain qui affecte la ville d'Ain EL Hammam est très complexe. La définition d'un plan de glissement est très difficile du fait de l'hétérogénéité du site et de la reconnaissance insuffisante.

Dans ce chapitre seront exposés et étudiés les différentes conditions du site instable (climatiques, hydrologiques, géologiques, géomorphologiques et la sismicité de la région) ainsi qu'un aperçu général sur le mouvement de terrain d'Ain El Hammam, son historique et les résultats des différentes études et investigations menées dans ce site.

V.1. SITUATION ET PRESENTATION DE LA COMMUNE D'AIN EL HAMMAM

Ain El Hammam est une région montagneuse située à une cinquantaine de kilomètres au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette ville est située sur le versant nord du Djurdjura à 1080 m d'altitude. La présente étude est consacrée à la zone de glissement et d'affaissement qui affecte essentiellement la zone du marché et le centre-ville d'Ain El Hammam dont la superficie moyenne est de l'ordre de 10 Ha[34].

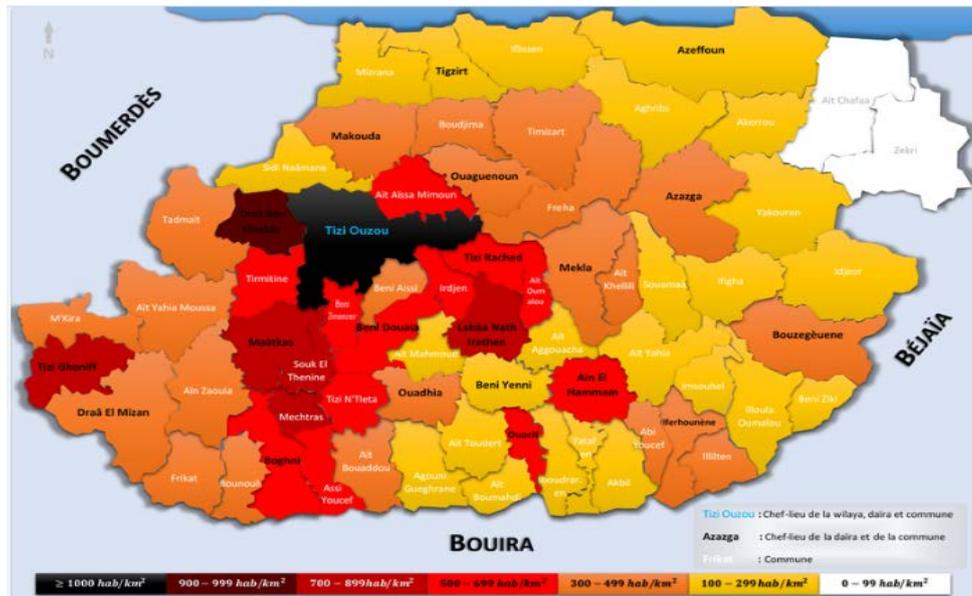


Fig. V.1 : Localisation de la commune de Ain El Hammam dans la wilaya de Tizi-Ouzou[35].

V.1.1. Délimitation de la zone d'étude

A l'heure actuelle, la délimitation exacte de la zone d'étude qui correspond aux 186.47 Ha [suivant l'étude du laboratoire français] n'est qu'approximative. La limite digitalisée ci-dessous donne une surface de 262.36 ha.



Fig. V.2 :La surface digitalisée[36].

V.2. HISTORIQUE DU GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM

V.2.1. Avant l'indépendance de l'Algérie

Appelé à l'époque des français Michelet, puis Ain El Hammam après l'indépendance vu les nombreuses sources d'eau existant dans cette région. Cette ville montagneuse a été créée par les français en 1881. Elle fut baptisée Michelet en hommage à l'historien français Jules Michelet[37].

Depuis sa création aucun mouvement de terrain n'a été constaté dans toute la région de 1881 jusqu'à 1950. Après 1950, des cisaillements ont été constatés au niveau du marché, des études géologiques sont alors lancées par les français afin de définir la source du problème. Puis une décision d'interdiction de toute construction supérieure à R+1 est prise dans cette zone.

D'après le rapport de l'étude du laboratoire français [TTI] : Les observations sur les terrains et l'examen des photographies aériennes tendent à montrer que des mouvements de terrains étendus à tout le versant se sont produits il y a très longtemps.

V.2.2. Après l'indépendance « fin des années 60, début des années 90 »

Les signes de réactivation du glissement ont commencé au mois de décembre 1969 après des fortes pluies. Le glissement provoque des désordres dans la RN 15 dans les bâtiments environnants et dans le remblai du marché.

Mais pendant cette période seule la partie haute, urbanisée ou en cours d'urbanisation le long du boulevard Amirouche, semble avoir attiré l'attention.

Les résultats de ces études avaient permis d'élaborer un plan d'occupation du sol interdisant les constructions en hauteur sur le site du marché et ses environs.

V.2.3. Après les années 90 jusqu'à l'an 2001

Vers les années 1990, des constructions en R+5 ont été édifiées le long du boulevard Amirouche. Des instabilités de terrain avaient été signalées lors de la construction du bâtiment de la BDL où l'école située à l'amont a connu de sérieux désordres dans la structure et dans la maçonnerie [38].

V.2.4. De l'an 2001 jusqu'à l'an 2006

Ensuite, il ne semble pas qu'il y ait d'événement, hormis de légers affaissements localisés.

L'urbanisation va modifier le paysage et c'est en 2002-2004 que des désordres réapparaissent suite à plusieurs facteurs comme le séisme de l'an 2003, la neige de l'an 2005, des désordres

Chapitre V : Caractéristiques physiques et urbanisation de la ville de Ain El Hammam

importants ont été constatés surtout en 2006, à la suite de fortes pluies orageuses qui ont engendrées une fissuration de plusieurs habitations du Boulevard Amirouche.

En 2006, il est à noter que le lacet de la petite route descendante au sud-est s'est légèrement affaissé, montrant ainsi que le mouvement a gagné le versant, tout au moins côté sud. Les déplacements apparaissent toutefois relativement peu importants (centimétrique à décimétrique) et lents.

V.2.5. De l'an 2007 jusqu'à ce jour

Une étude géotechnique de glissement et de tassement a été engagée .D'où certaines mesures d'urgence ont été prises .Jusqu'en novembre 2008 date à laquelle des pluies abondantes provoquent une grande réactivation.

En seconde partie de l'hiver 2008/2009 particulièrement pluvieux, les déplacements, s'amplifient pour atteindre un paroxysme en mars et avril. Les désordres sont alors d'une toute autre ampleur avec la dislocation d'immeubles et d'ouvrages de soutènement, des crevasses sur les chaussées, la rupture de conduite d'eau....

Par crainte d'un glissement brutal entraînant une destruction totale du quartier entre le marché et la rue, l'ordre de démolition a été lancée en mai 2009.

V.3. CONDITIONS MAJEURS A LA FORMATION DU GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM

V.3.1. Cadre géologique et géomorphologique

V.3.1.1. Cadre géologique

La nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition des glissements de terrain. 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 des glissements. Aujourd'hui, la région d'Ain El Hammam est touchée par un glissement de terrain de grande ampleur, profond sur plusieurs dizaines de mètres et étendus sur plusieurs dizaines d'hectares. En raison de la présence des couches de sol hétérogènes (des schistes altérés et d'argile).

Les études géologiques anciennes ont permis de situer le cadre géologique d'Ain El Hammam.

Au niveau de cette région, les terrains sont caractérisés par les ensembles lithologiques suivants[39] :

Chapitre V : Caractéristiques physiques et urbanisation de la ville de Ain El Hammam

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

V.3.1.2. Cadre géomorphologique

La zone affectée se présentait à l'origine sous forme d'un versant à pente raide, 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 qui porte la ville d'Ain El Hammam).

L'examen des photographies aériennes permet de déterminer l'existence d'une formation de schistes sériciteux sensibles à l'altération, occupant l'espace entre les deux cols (NW 1055 et SE 1070) suivant une direction ENE-WSW. On constate aussi des indices géomorphologiques indiquant l'existence de glissements antérieurs au droit de la crête urbanisée (versant côté SW).

Des indices géomorphologiques indiquant l'existence de mouvements réactivés récemment sont observés sur le site, telles que des niches d'arrachement, des fissures dans le sol, des arbres et des piliers électriques inclinés, des affaissements...[40].



Fig. V.3 : Pente raide du versant[40].



Fig.V.4 : Fissure dans le sol[40].

Chapitre V : Caractéristiques physiques et urbanisation de la ville de Ain El Hammam

V.3.2. Cadre climatique et hydrologique

V.3.2.1. Cadre climatique

La pluie est en général le facteur principal des glissements de terrain. Leur gravité dépend essentiellement de son intensité, de la fréquence et de sa durée, ainsi que de la précipitation....

Le climat de la région d'Ain el Hammam est complexe. La température moyenne annuelle inférieure à 0°C en saison hivernale. Néanmoins, les précipitations connaissent un régime méditerranéen continental. Il a une forte amplitude thermique (température inférieure à 0°C en hiver et supérieure à 35°C en été). Le climat de cette région est donc favorable à l'apparition des mouvements de terrain. Les saisons automnales et hivernales sont considérées comme les plus dangereuses du fait des précipitations importantes et de la saturation élevée de sol.

Les pluies s'échelonnent sur une période de 5 à 6 mois avec de fortes précipitations comprises entre novembre et mars. La région d'Ain El Hammam est l'une des régions les plus arrosées.

Quelques données climatiques d'Ain El Hammam :

Tab. V.1 : Valeurs des précipitations mensuelles de la période (1913/1938 après comblement)[40].

Station	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	Année
Ain El Hammam	47	94	159	162	153	137	154	113	83	32	6	9	1149

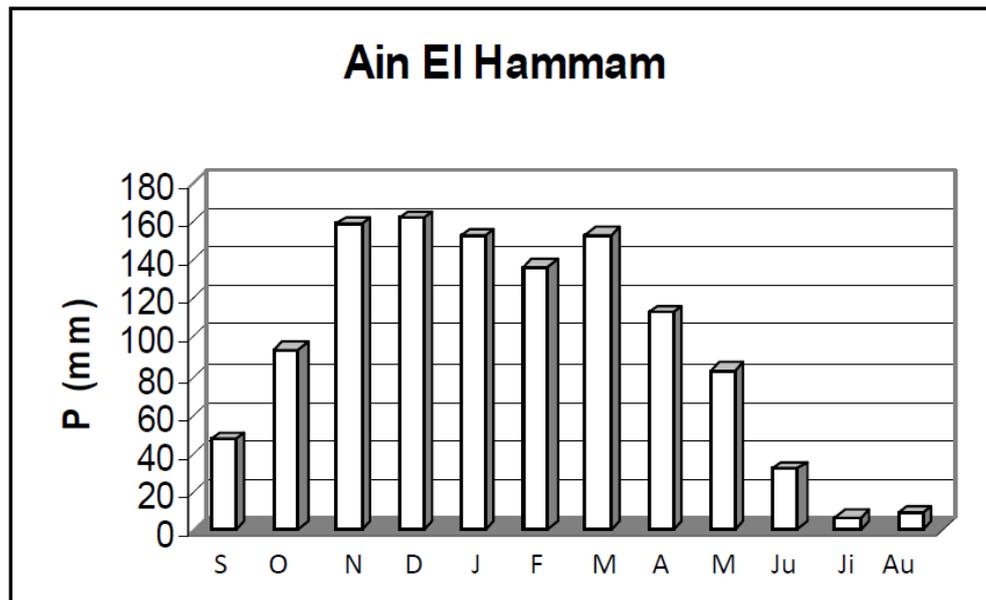


Fig. V.5 : Histogramme de la période (1913/1938)[40].

Tab. V.2 : Valeurs des précipitations mensuelles d'Ain El Hammam (1968/1994)[40].

Station	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	Année
Ain El Hammam	49.86	83.10	130.92	177.34	130.99	138.82	137.13	109.74	64.95	18.58	4.99	12.54	1058.83

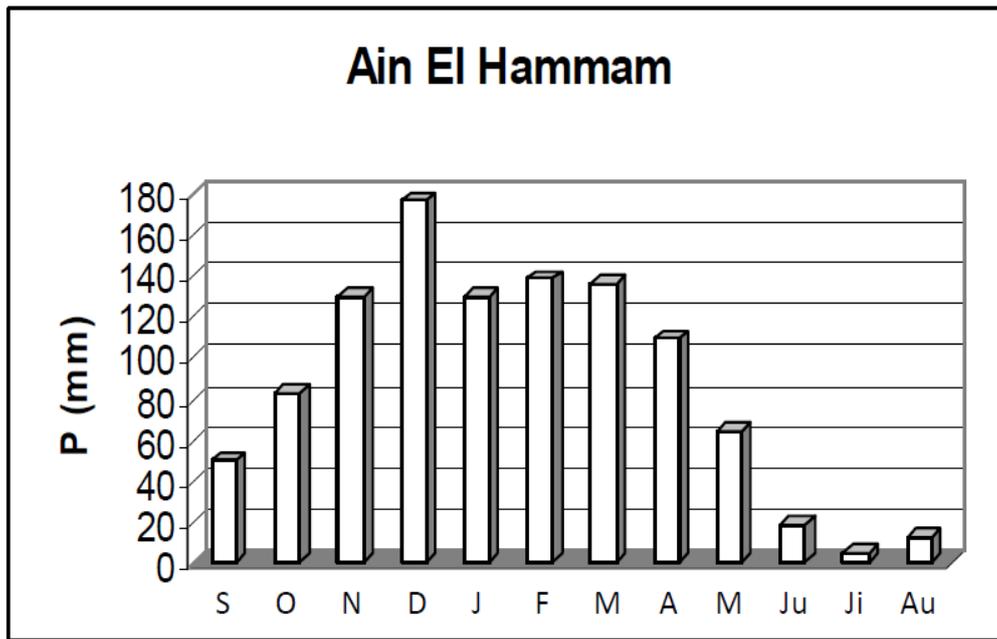


Fig. V.6 : histogramme de la période (1968/1994)[40].

Tab. V.3 : Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station d’Ain El Hammam période (1997-2006)[40].

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU
P.moy (mm)	42,6	67,2	130,8	186,9	160,7	100,8	56,9	116,6	117,3	7,2	4,4	18,4

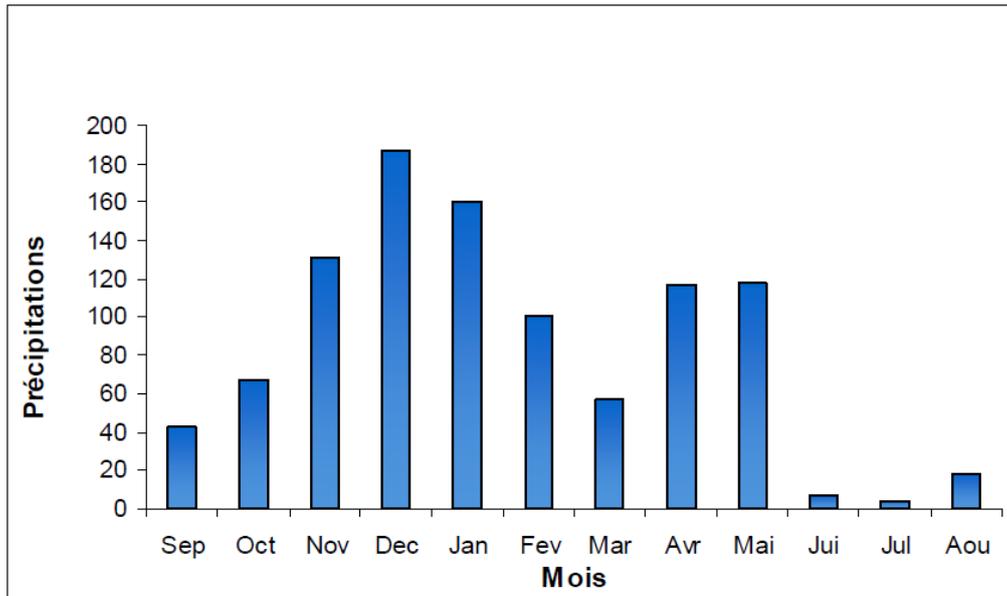


Fig. V.7 : histogramme des précipitations pour la période (1997/2006) [40].

V.3.2.2. Cadre hydrologique

Le régime hydrographique d'Ain El Hammam est caractérisé par des cours d'eaux d'écoulement torrentiel et semi-permanent, et de nombreuses sources (d'où l'appellation de Ain El Hammam).

Le versant affecté par le mouvement de terrain est traversé par plusieurs cours d'eau. Il comporte également plusieurs sources d'eau. De plus, la sortie aval de cette pente (située en aval de la ville instable) sert d'exutoire pour les eaux usées et les eaux pluviales (suppression du réseau hydrographique initial qui permettait le drainage des eaux pluviales).

V.4. LES CAUSES DU GLISSEMENT DE TERRAIN D'AEH

Cette instabilité peut provenir de plusieurs origines. A partir de l'étude géologique et géomorphologique vue précédemment et d'une étude de l'historique des différentes conditions climatiques et anthropiques qui ont précédé et accompagné les différentes phases d'activité de ce mouvement, on distingue quelques causes pouvant être à l'origine de ce glissement.

V.4.1. L'effet de la pente

Le versant présente une pente raide avec un angle d'inclinaison de 30° à 60°, ce qui favorise l'apparition des instabilités.



Fig. V.8 : la pente importante du versant

V.4.2. La structure feuilletée du schiste et le pendage des couches

Le pendage des couches et les plans de schistosité de la roche en place se trouvent dans la direction de la pente.

V.4.3 La nature des formations géologiques

A partir des sondages déjà réalisés on constate que [41] :

- les schistes présents sur le site (schistes satinés) sont de faible résistance ;
- l'alternance de sols peu consistants et altérés, avec des schistes compacts et résistants en profondeur, qui favorise un mouvement profond du versant ;
- la fracturation de la roche qui favorise l'altération du substratum et les infiltrations des eaux
- la présence d'une couche de remblai de faibles caractéristiques, d'une épaisseur allant de 1,70 à 9,70 [m], qui peut être à l'origine d'un glissement superficiel.

V.4.4. La perméabilité des passages altérés

La forte perméabilité des passages altérés, constatée lors de la réalisation des sondages carottés, favorise un écoulement profond dans les passages et l'altération du substratum. L'alternance de couches perméables et imperméables favorise un écoulement transversal, et une réduction des caractéristiques mécaniques du sol, ce qui peut provoquer un glissement profond.

V.4.5. L'effet de l'eau

V.4.5.1. Les fortes précipitations.

Les fortes précipitations, qui caractérisent le climat de la région d'Ain El Hammam, ont un rôle important dans le déclenchement du glissement de terrain qui affecte la ville. Le mouvement a ralenti en mai et juin 2009 (période correspondant à l'arrêt des pluies).

- L'activation et/ ou la réactivation du glissement de terrain d'Ain El Hammam est généralement précédée par des événements climatiques exceptionnels, caractérisés par de fortes précipitations.

V.4.5.2. L'hydrologie du site

L'hydrologie de ce site est caractérisée par :

- La présence de plusieurs sources dans le versant ;
- Des cours d'eau de type torrentiels et semi-permanent ;
- La présence éventuelle d'une nappe phréatique ;

Ce qui entraîne une diminution des caractéristiques mécaniques du terrain (diminution de la résistance au cisaillement) et une altération progressive du substratum rocheux.

V.4.5.3. Les eaux accidentelles

Le mouvement de terrain a causé la rupture de plusieurs réseaux hydrauliques (réseaux d'assainissements et réseaux d'alimentation en eau potable). Les infiltrations des eaux en provenance de ces réseaux défectueux ont modifié les conditions de stabilité du versant et ont déstabilisé la pente.

V.4.6. La couverture neigeuse

L'importante couverture neigeuse qui caractérise la région d'Ain El Hammam, constitue un facteur favorisant les infiltrations et l'altération dans le versant.

En effet, la fonte progressive des neiges sature le sol et favorise l'infiltration de l'eau dans le versant. Et l'effet du gel dégel qui contribue considérablement à la fracturation et à l'altération du schiste. De plus, cette couverture constitue une surcharge du versant.

V.4.7. La surcharge importante de la crête

Les immeubles de l'APC /CNEP construits dans les années 1990 ; ce sont donc une vingtaine de blocs (des surcharges) qui ont été réalisés en quelques années sur un relief accidenté^[42].

Ces surcharges ont un rôle principal dans ce glissement. L'effet de surcharge (Constructions imposantes, jets de remblais et effet du trafic sur le boulevard).



Fig.V.9 : Les immeubles de l'APC /CNEP et L'effet de surcharge[42].

V.4.8. La suppression des réseaux de drainage

Les réseaux de drainage des eaux ont été supprimés par l'urbanisation et les jets de remblais anarchiques. Cette modification favorise l'érosion (modification du relief) et les infiltrations dans le versant.

V.4.9. L'effet de la sismicité de la région

Les séismes jouent un rôle important dans le déclenchement des instabilités.

La région d'Ain El Hammam est 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.

V.5. LA FORME DU GLISSEMENT D'AIN EL HAMMAM

La forme de glissement d'Ain El Hammam est complexe (la forme exacte ainsi que la ligne de rupture reste toujours non identifiées jusqu'à l'heure actuelle).

Trois hypothèses de surfaces de glissements sont émises [43] :

a. Glissement superficiel (épaisseur environ 10m)

Il affecte une partie de la ville et une partie très réduite du versant. Ce mouvement mobilise la couche de remblai et d'éboulis superficielle.

b. Glissement semi-profond (épaisseur 15 à 25 m)

Il affecte une partie de la ville d'Ain El Hammam (la partie instable) et une grande partie du versant. Il mobilise une partie de la roche schisteuse.

c. Glissement profond (épaisseur 20 à 25 m)

Le mouvement affecte toute la partie instable de la ville et du versant. Il affecte une partie du substratum schisteux fissurée sur toute la hauteur du versant instable. La masse instable a été déjà sollicitée par des mouvements de terrain plus anciens.

V.6. LES PATHOLOGIES DE GLISSEMENT DE TERRAIN SUR LES OUVRAGES

Le mouvement de terrain d'Ain El Hammam est très complexe. Il entraîne des types de pathologies variés[44].

- Les bâtiments APC/CNEP (bâtiments 14, 15 et 19)

Les bâtiments APC/CNEP ont subi des désordres importants qui ont conduit à leur démolition par les instances réglementaires en juin 2009.

Les immeubles 14, 15 et 19 ont subi un important déplacement vers le Sud, une rotation vers l'Ouest et un affaissement.

- Immeubles Timssiline

Il s'agit de deux constructions anciennes appartenant à un particulier. Vu la dégradation totale de la structure ; ils ont alors été démolis.



Fig. V.10:Les pathologies observées sur les immeubles Timssilines[44].

Chapitre V : Caractéristiques physiques et urbanisation de la ville de Ain El Hammam

- Immeuble Taleb Ghozali (menuiserie)

Il s'agit d'un immeuble en RDC + 2 sous-sols construit en 1983. Il a subi plusieurs désordres dans la maçonnerie et la structure.



Fig. V.11 : Vue globale de l'immeuble Taleb Gozali[44].

- Immeuble Taleb Ahcène

Des fissures sont observées sur les poteaux, sur les poutres, sur la maçonnerie et sur les planchers de cette construction. Une inclinaison des planchers vers le Sud est également notée.



Fig. V.12 : Poteaux cisailés de l'immeuble Taleb Ahcène[44].

Chapitre V : Caractéristiques physiques et urbanisation de la ville de Ain El Hammam

- L'école des garçons (école primaire)

Il s'agit de constructions anciennes en RDC + 3 étages. L'école a subi une instabilité lors de la construction des immeubles APC/CNEP (en 1990) situés en aval de celle-ci. La réactivation du glissement de terrain d'Ain El Hammam en 2009 a causé à cette école d'importants désordres, dus au glissement du sol de fondation, qui sont apparents sur la structure et la maçonnerie. Vu l'aléa qu'elle constituait, l'école a été démolie en 2010.



Fig. V.13 : Vue de l'ouverture d'un joint de dilatation de l'école des garçons d'Ain El Hammam[44].

- Les immeubles APC/CNEP N° 11 et 12

Il s'agit d'immeubles en RDC+5 étages fondés sur pieux. L'immeuble N°11 a subi un renversement vers le Nord et l'immeuble N° 12 a subi à son tour un renversement vers le Sud.



Fig. V.14 :Images des pathologies observées sur les immeuble APC/CNEP N° 11 et 12[44].

CONCLUSION

La morphologie et l'hydro-climatologie du versant d'Ain El Hammam sont les principaux facteurs de prédisposition de ce site aux glissements de terrain. Il est caractérisé par des phases de calme et d'activation. Cette dernière correspond généralement aux périodes de forte pluviométrie.

En définitif et à la lumière de ce qui a été cité plus haut, on constate que ce glissement est très complexe, c'est un mouvement de masses de terrain d'épaisseur très variable le long d'une surface de rupture.

**CHAPITRE VI :
GESTION ET PRISE EN CHARGE DU RISQUE DE GLISSEMENT DE
TERRAIN DE LA VILLE**

INTRODUCTION

Le zonage du risque glissement de terrain à l'échelle nationale devient une priorité absolue en matière d'actions préventives et d'aménagement du territoire. Une hiérarchisation du risque à travers le territoire des communes et sa prise en considération dans différentes études, documents et instruments d'urbanisme s'impose comme un enjeu stratégique de mitigation et de résilience.

VI.1 LA PREVENTION DU RISQUE DE GLISSEMENT :(LES ETUDES GEOTECHNIQUES DE LA VILLE)

Le chef-lieu de la commune de Ain El Hammam a fait l'objet d'une étude des glissements de terrains réalisée par le groupement ANTEA, TTI et HYDROENVIRONNEMENT commandée par la DUC de Tizi Ouzou en juin 2009. A l'issue de cette étude, il a été dressé une carte de constructibilité couvrant le périmètre urbain du chef-lieu de la commune tel que défini par le PDAU, (Fig. VI.1). On distingue trois zones :

- Zone A (Constructibilité bonne).....zone verte.

Les nouveaux secteurs de développement urbains seront à privilégier dans les secteurs cartographiés en cette zone qui présentent moins de contraintes naturelles. Tout projet de construction, démolition, excavation, apport de remblai pourra d'une façon générale être envisagé sous réserve de s'assurer que le projet ne perturbe pas les conditions d'équilibre locales et générales des pentes ou ouvrages avoisinants.

Pour les projets d'ouvrage de type R+2 ou plus avec plus de 400 m² de planchers cumulés, une étude de sol préalable à la construction reste obligatoire.

D'une manière générale, tout ou une partie des dispositions édictés pour la zone B s'applique, sachant que, toutefois, la réalisation des projets devrait s'avérer moins contraignante en raison des contraintes naturelles moindres.

Chapitre VI : Gestion et prise en charge du risque de glissement de terrain de la ville

- Zone B (Constructibilité moyenne) zone jaune.

Bien que sur la carte, le potentiel de construction en zone B paraisse relativement important, sur le terrain l'urbanisation devra rester peu dense, avec une adaptation à l'environnement qui ne sera pas toujours facile.

Tout projet de construction de type Rez-de-chaussée à R+3, de démolition, d'excavation, pourra d'une façon générale être envisagé sous réserve de s'assurer par des études préalables que le projet ne perturbe pas les conditions d'équilibre local et général du versant. L'étude géotechnique fondée sur la connaissance générale de la géologie et de l'hydrogéologie du secteur, ainsi que sur une campagne de reconnaissances spécifiques du site par tous moyens tels que des sondages et essais in-situ ou en laboratoire, devra être réalisée par un bureau d'études spécialisé.

- Zone C (Constructibilité nulle) zone rouge.

Il s'agit des secteurs « à risques géotechniques forts » sur lesquels il conviendra d'exclure tout projet de construction, terrassement, et d'une manière générale toute transformation modifiant les équilibres existants. Les bâtiments détruits par un sinistre dont les causes des dommages concernent un phénomène naturel de type mouvement de terrain ne pourront être reconstruits.

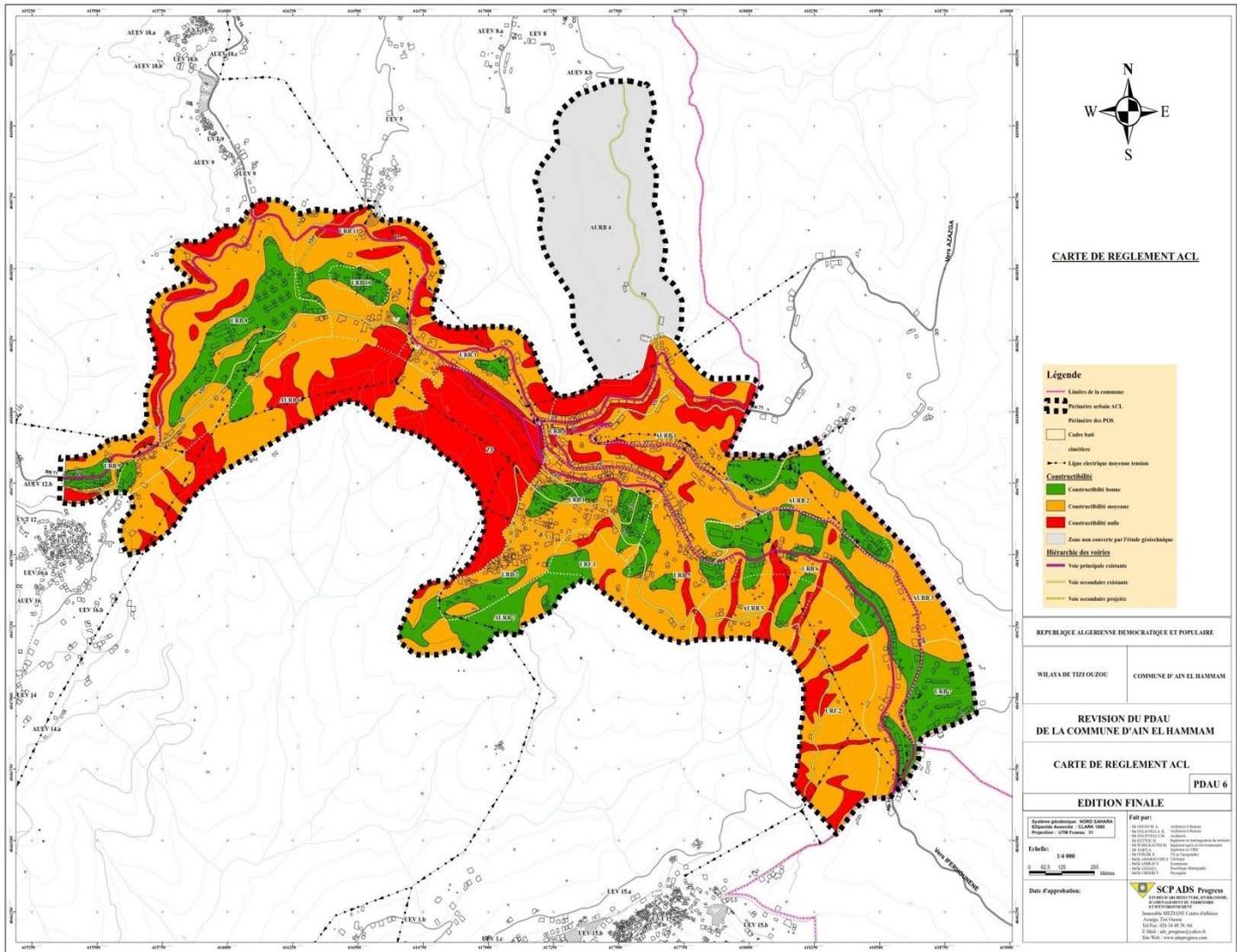


Fig. VI.1 :carte révision du pdau de la commune d’Ain El Hammam[44].

Tab VI.1 : Récapitulatif de l'évolution du glissement d'Ain El Hammam entre 1969 et 2010.[44].

Paramètres du mouvement	En 1969	En 2010
- Longueur maximale de la zone instable	Environ 100 m	Supérieure à 700 m
- Largeur maximale de la zone instable	70 à 90 m	Environ 590 m
- Dénivellation de la zone instable	Environ 20 m	Environ 295 m
- La profondeur maximale de la ligne de rupture au niveau la ville.	Inférieure à 10 m	Supérieure à 45 m
- Nombre de surfaces de glissement	Une seule surface	Plusieurs surfaces emboîtées et superposées

a) Période de 1969 à 2005

Le mouvement de terrain s'est déclenché, suite à de fortes pluies en décembre 1969. Un laboratoire a été alors engagé pour réaliser une étude de cette instabilité et la possibilité d'un confortement.

Les résultats des travaux ont permis de déterminer :

- Les causes de l'instabilité,
- L'allure et la position de la surface de glissement ;
- L'étendue de la surface instable.

Le mouvement de terrain affectait, à cette époque, uniquement la couche de remblais et d'éboulis et le couvert argileux schisteux altéré.

La profondeur de la surface de glissement est inférieure à 10m.

La vitesse du mouvement pendant cette période était faible et les déplacements très lents (de l'ordre de quelques centimètres par an). Le mouvement affectait uniquement la zone du marché et les bâtiments environnants.

Les causes probables de ce mouvement de terrain sont :

- Les infiltrations des eaux non canalisées et des eaux de pluies ;
- La morphologie du substratum ;

Chapitre VI : Gestion et prise en charge du risque de glissement de terrain de la ville

- La nature du remblai et du substratum ;
- La surcharge en tête du glissement due au trafic.

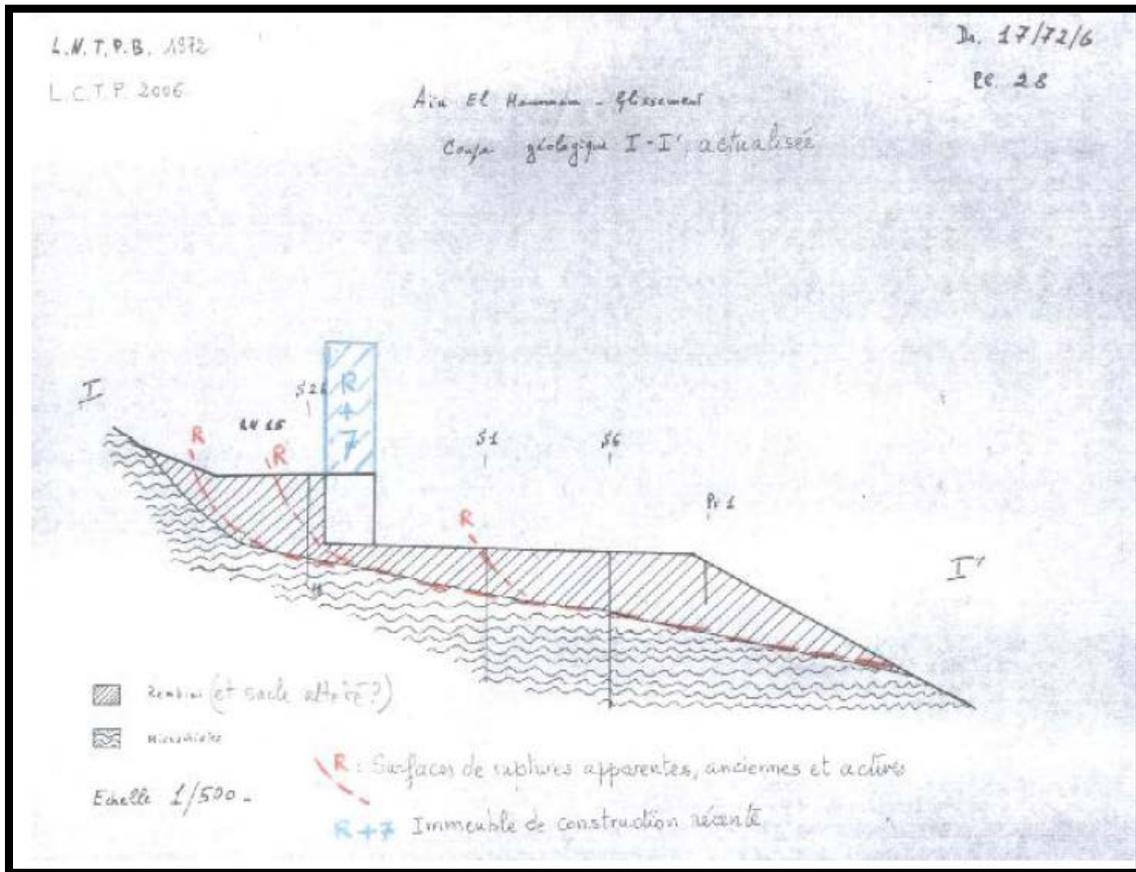


Fig. VI.2 : Coupe géologique ancienne actualisée en 2006 du glissement d'Ain El Hammam [44].

- **Recommandations du laboratoire**

- Exécution d'une tranchée drainante d'une profondeur d'environ 2 m ; la tranchée s'étend sur une longueur de 70 m et une largeur moyenne d'environ 0.8 m. L'exécution d'une extension de cette tranchée à également été recommandée ;
- Colmatage des fissures existantes ;
- Réparation des réseaux d'assainissement ;
- Nivellement de la surface du marché qui doit garder une pente d'environ 5% vers le talus ; pour réduire au maximum les infiltrations ;
- Bitumage du petit chemin qui relie la RN15 à la route d'Azazga (CW 17) ;

- Démolition des bâtiments fissurés ;

b) Période de 2005 à 2008

De fortes pluies orageuses ont déstabilisé le versant. Des désordres ont été alors observés dans plusieurs bâtiments et sur les routes.

Suite aux désordres observés en 2006, le laboratoire GEOMICA a été engagé pour effectuer une étude géotechnique du site.

Des études géologiques, géomorphologiques et hydro-climatiques ont été effectuées dans la région. Ces études ont permis de déceler quelques causes pouvant être à l'origine de ce mouvement de terrain qui sont liées principalement à :

- La lithologie du versant affecté par l'instabilité ;
- L'action de la pente raide ;
- L'action de l'eau (eau de pluie et de ruissellement, la couverture neigeuse et les eaux accidentelles) ;
- L'action de la sismicité de la région ;
- L'effet des surcharges importantes de la crête du glissement ;
- L'effet des terrassements et des jets anarchiques de remblais ;
- L'effet du déboisement.

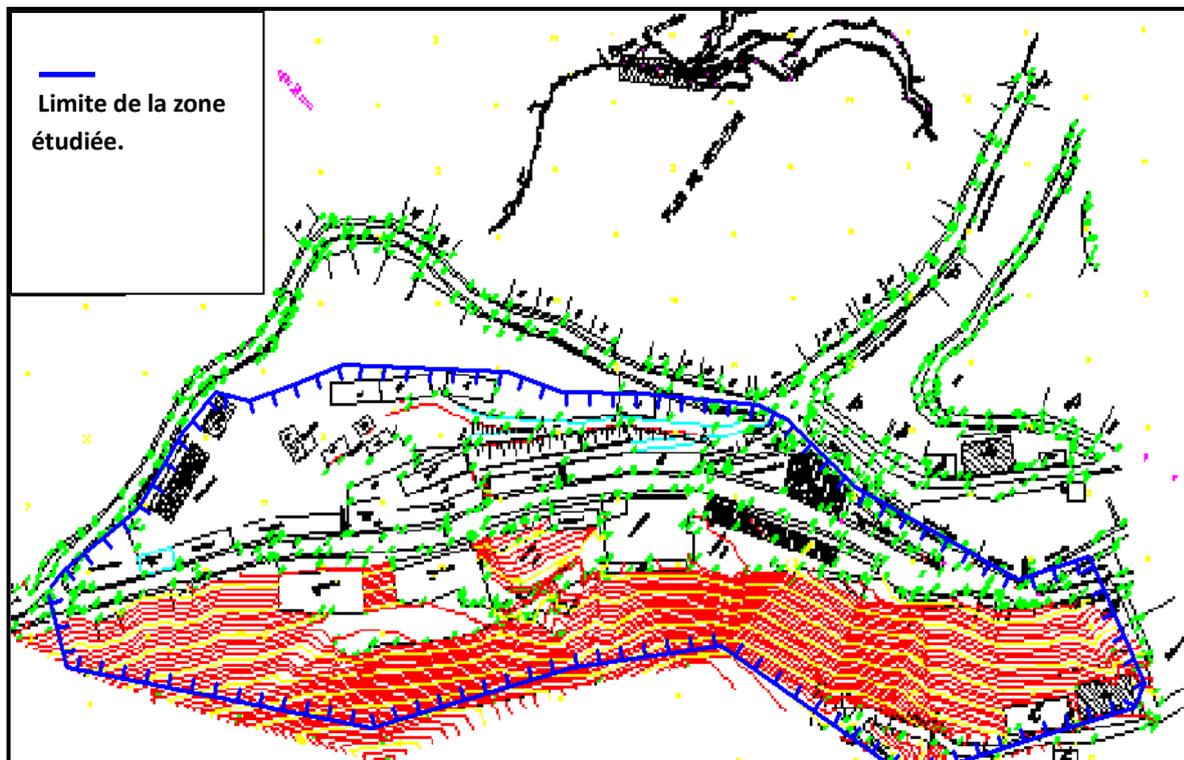


Fig. VI.3 : Délimitation de la zone d'étude (GEOMICA, 2006).

c) Période de novembre 2008 à avril 2009

L'instabilité était bien marquée pendant cette période ; avec des déplacements relativement rapides. Une période de mouvement très actif à été observée entre mars et avril 2009.

Après l'observation de désordres importants dans la ville et le versant, le laboratoire GEOMICA a complété ces études en réalisant une série d'investigations pour tenter de mieux analyser le mouvement et la possibilité d'un confortement. Les investigations réalisées ont permis de déterminer la nature et les caractéristiques des couches rencontrées dans ce site, la profondeur de la ligne de glissement dans cette zone ainsi que la nature et la profondeur du substratum rocheux.

d) Période de juillet 2009 à juin 2010

Le mouvement a sensiblement ralenti pendant cette période en particulier au niveau de la zone urbanisée du versant. Les déplacements mensuels mesurés sont d'ordre centimétriques à décimétriques. Par ailleurs, plusieurs nouvelles instabilités ont été observées dans le versant et les déplacements dans certains endroits sont très importants. Les rejets observés dans cette zone sont d'ordres décimétriques à métriques.

Le groupement des trois laboratoires franco-algériens (ANTEA HYDROENVIRONNEMENT-TTI) a été engagé en mai 2009 pour réaliser une étude détaillée de l'aléa glissement de terrain dans la commune d'Ain El Hammam. Les études et les investigations du groupement ont été focalisées sur le glissement étendu et très actif affectant la ville d'Ain El Hammam.

e) La période de 2010 à ce jour

Plusieurs cicatrices de mouvements récents ont été observées dans le versant, elles sont reconnues sous forme de fissures de traction, d'affaissements compartimentés, etc. La partie amont du glissement (la zone urbanisée) est caractérisée par un mouvement lent et irrégulier (déplacements d'ordres millimétriques à centimétriques par an). Par contre, la partie avale du versant (zone abrupte du versant) est caractérisée par un mouvement plus actif (observation d'affaissements montrant des rejets d'ordres métriques à décimétriques en moins d'une année) et l'observation de nouvelles instabilités probablement peu profondes.

L'étude de la cinématique de ce mouvement s'avère très difficile vu la complexité des mécanismes de ce glissement qui résultent de plusieurs mouvements de terrain (certains sont emboîtés et d'autres superposés).

Chapitre VI : Gestion et prise en charge du risque de glissement de terrain de la ville

En outre, de nouvelles instabilités marquées ont été observées après la fonte de la neige en mars 2012.

CONCLUSION

Les phénomènes de glissement sont déclenchés par des conditions particulières, mais le mouvement de masse ne s'interrompt pas sous les conditions normales. Il continue à une moindre vitesse et cause beaucoup de perturbations aux constructions et à l'infrastructure routière. Les facteurs qui conditionnent la stabilité des terrains, sont l'action conjointe de plusieurs facteurs qui permettent le déclenchement du risque glissement de terrain dans la ville.

Le glissement de terrain d'Ain El Hammam est caractérisé par une structure très complexe. Les mécanismes induits par cette instabilité sont très difficiles à étudier du fait de la superposition et de l'emboîtement des mouvements. Cette forte instabilité est caractérisée par des phases de calme et d'accélération du mouvement. En outre, le mouvement a nettement évolué au cours des dernières décennies (depuis 1969) aussi bien latéralement qu'en profondeur.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les glissements de terrain font partie des risques naturels les plus menaçants pour les infrastructures et les personnes.

Ce travail porte sur l'étude du glissement de terrain spectaculaire qui affecte la ville d'Ain El Hammam (Algérie). L'instabilité du versant a vu la réactivation d'anciens glissements et l'apparition de nouveaux glissements, aidé par un climat fort variable. La difficulté de l'estimation de sa stabilité dépend de plusieurs facteurs qui interagissent simultanément.

L'amorce du mouvement est favorisée par la nature des terrains et les conditions hydro-climatiques de la région d'Ain El Hammam.

Le glissement de terrain qui affecte la ville d'Ain El Hammam, est très complexe, il est caractérisé par une structure très complexe résultant de l'emboîtement et la superposition de plusieurs glissements, constituant une instabilité globale du versant.

Le mouvement n'a pas cessé d'évoluer, depuis son amorce en 1969, aussi bien en profondeur que latéralement, en affectant des masses et des volumes de plus en plus importants et en entraînant des désordres très lourds.

Trois hypothèses de glissements sont émises (un glissement superficiel, un glissement semi profond et un glissement profond), ces surfaces doivent être confirmées par des études complémentaires, cependant, la présence d'un glissement plus profond n'est pas exclu.

Une surveillance de l'évolution de ce mouvement et des paramètres susceptibles de le provoquer est conseillée afin de :

- Mieux cerner le phénomène et ses conséquences ;
- Déterminer l'étendue du mouvement et la surface instable ;
- Définir la position et la forme exactes de la surface de glissement ;
- Pouvoir choisir un système de confortement adapté à cette instabilité ;

Afin de mieux comprendre ce mouvement et de déterminer la ou les positions exactes des plans de glissement et les volumes mobilisés par ce mouvement des études géologique et géotechnique approfondies doivent être réalisées. Pour cela il faudra :

- Réaliser une étude géologique et hydrologique sérieuse de la région afin de mieux cerner les causes du mouvement et d'adopter un confortement adapter à cette instabilité.

Conclusion générale

· Prévoir une surveillance des paramètres du mouvement (déplacement, rotations,...) et des facteurs influents (en particulier les précipitations et les infiltrations) afin de pouvoir déterminer leur influence sur l'évolution de ce glissement.

Cette étude nous permettra d'élaborer une carte de risque de mouvement de terrain de cette région montagneuse. Cette carte servira d'outil d'aide à la décision aux services d'urbanisation, qui disposera ainsi, d'une carte de potentiel de risque des mouvements de terrain pour chaque zone.

Plusieurs paramètres jouent un rôle important dans l'évaluation du degré de dégradations des constructions et ont réduit la vulnérabilité de l'instabilité des sols sur le cadre bâti.

Pour ce faire nos recommandations dans ce cadre sont les suivantes :

- Pour offrir une meilleure résistance aux mouvements de terrain ces paramètres doivent de préférence avoir des formes simples.
- Il est nécessaire de choisir un type de structure convenable à la nature du sol.
- Pour la configuration des plans de masse, des études ont montré que le comportement des bâtiments dont la disposition et organisée d'une manière ordonnée et renfermée est meilleure que celle où les bâtiments sont disposés d'une manière éparpillée.
- Pour les grands mouvements de terre, une étude du sous-sol est indispensable à travers des sondages et d'éventuels essais de laboratoire et enquêtes sur les eaux souterraines.
- L'actualisation des plans des réseaux souterrains, leur conservation et leur accessibilité, qui sont l'une des raisons contribuant à déstabiliser les sols.
- Promouvoir les actions nécessaires d'information et de sensibilisation du grand public.
- Evaluer régulièrement l'aléa sur l'ensemble du territoire.

- Surveiller l'ensemble de la zone suspect à l'effet d'assurer que d'autres instabilités ne se déclenche pas et qui pourraient concerner la voirie ou autres installations présentes dans l'environnement du site.
- Favoriser les plantations d'arbres et préserver les espaces boisés.
- Entretenir les différents réseaux d'eaux et d'assainissement.
- Les mesures opérationnelles entreprises jusqu'à ce jour demeurent insuffisantes vu la gravité de la situation, d'où l'action des pouvoirs publics qui doit s'atteler à mettre en évidence une solution définitive envers ce risque qui menace la ville d'Ain El Hammam.

Conclusion générale

Les pouvoirs publics de leur part doivent imposer des règlements et des lois, et punir toute sorte d'infraction en matière de construction pour ne pas provoquer le risque.

Vu l'importance des dégradations occasionnées aux constructions par le risque d'instabilité de terrain, la reconnaissance des zones où peuvent apparaître ces phénomènes est de la plus grande importance pour l'aménagement de territoire. L'administration de l'aménagement doit de ce fait connaître le plus précisément possible les précautions à prendre dans les zones dangereuses à travers une politique nationale de prévention et de gestion des risques d'origine naturelles et intégrés dans le contenu des instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire.

Il est nécessaire d'établir également une cartographie thématique qui permet de localiser les zones affectées ainsi que les contraintes géotechniques qui peuvent accentuer le risque dans le but de réduire les effets destructifs du glissement de terrain sur le cadre bâti

- Il est aussi important de citer les dispositions constructives proposées ci-après en matière d'urbanisme (paragraphe implantation et voisinage) et de conception d'ouvrages (paragraphe matériaux, formes et dimensions générales, fondations, superstructure, éléments non structuraux et réseaux).

Elles peuvent soit avoir un caractère prescriptif lorsqu'elles concernent directement la stabilité et la tenue du clos et couvert de la construction, soit un caractère de recommandation lorsqu'elles améliorent le bon comportement de l'ouvrage par des choix constructifs judicieux.

-Le phénomène d'affaissement modifie, par nature, l'organisation originelle du sol. C'est pourquoi une topographie accidentée et un relief de terrain accusé peuvent avoir des conséquences amplifiées sur les constructions environnantes.

Pour cela la construction ne doit pas être implantée à proximité d'un rebord de crête et d'un pied de talus (ou d'une falaise) dont la pente est supérieure à 10 %. Cette zone de proximité s'étend jusqu'à une distance égale à deux fois la hauteur du talus ou de la falaise.

Conclusion générale

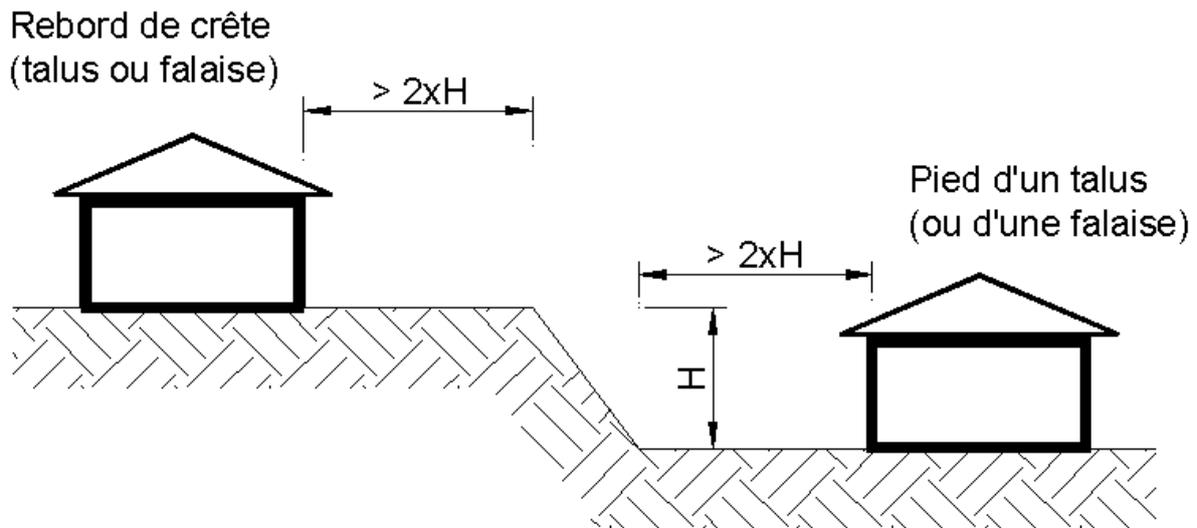


Fig.1 : implantation par rapport a des talus et a des falaises dont les pentes sont réputées stables

- Dans le cas des maisons accolées situées en milieu continu (cas des maisons en bande, par exemple), on doit prévoir un vide entre chaque maison, que l'on appellera joint d'affaissement par la suite.

Ces joints d'affaissement sont à ménager tous les trente mètres maximum dans le sens de la longueur et dans celui de la largeur.

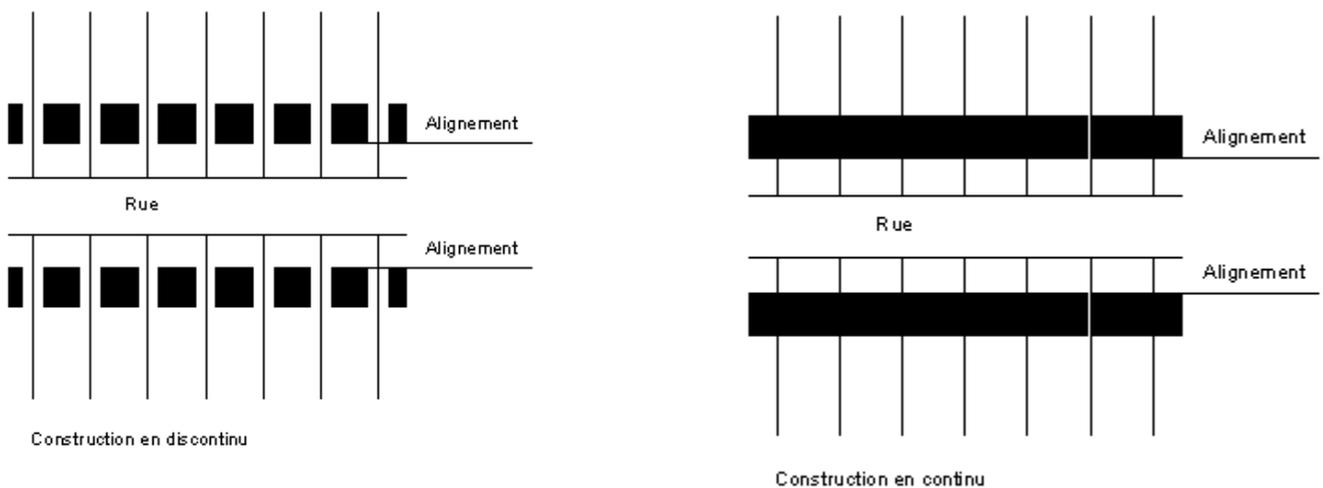


Fig. 2: des maisons accolées situées en milieu continu

Lors de l'existence du bâtiment, les joints doivent pouvoir jouer leur rôle et doivent être protégés sur toutes leurs faces. La couverture du joint est à réaliser à l'alignement des murs extérieurs de telle sorte qu'aucun matériau n'y pénètre malencontreusement.

Ces joints doivent être maintenus, en permanence et dans tous les cas, libres et dégagés de tout objet ou matériaux susceptibles de l'obstruer et de le rendre impropre à sa destination première.

Conclusion générale

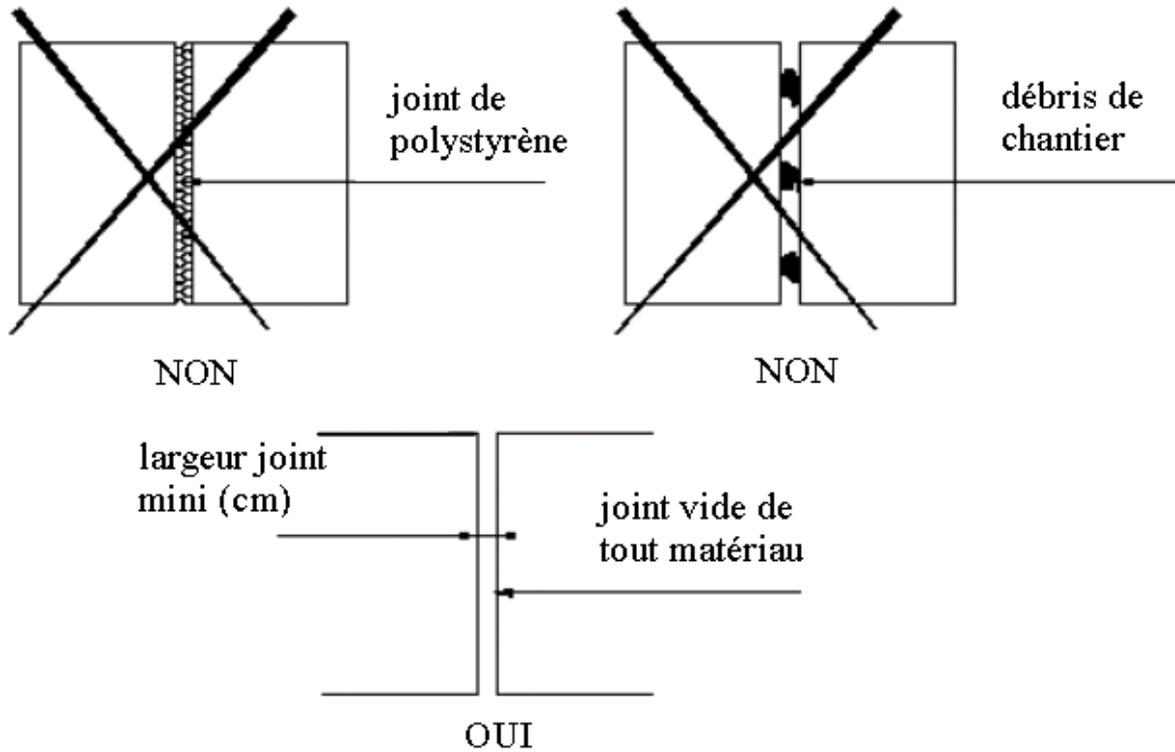


Fig.3 : réalisation des joints entre bâtiments

- Toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis.

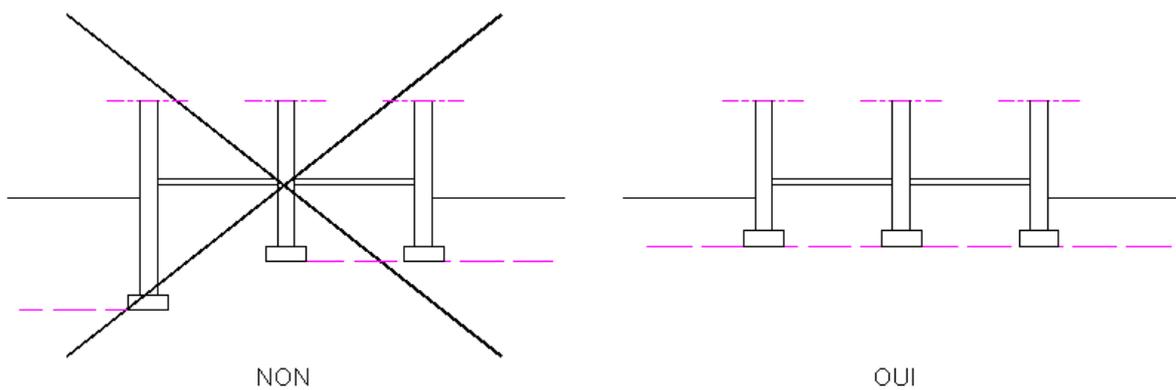


Fig. 4: recommandation pour les fondations. (Coupe)

- Les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Dans le cas de fondations isolées, elles doivent être reliées aux autres fondations par un réseau de longrines interdisant tout déplacement relatif.

Conclusion générale

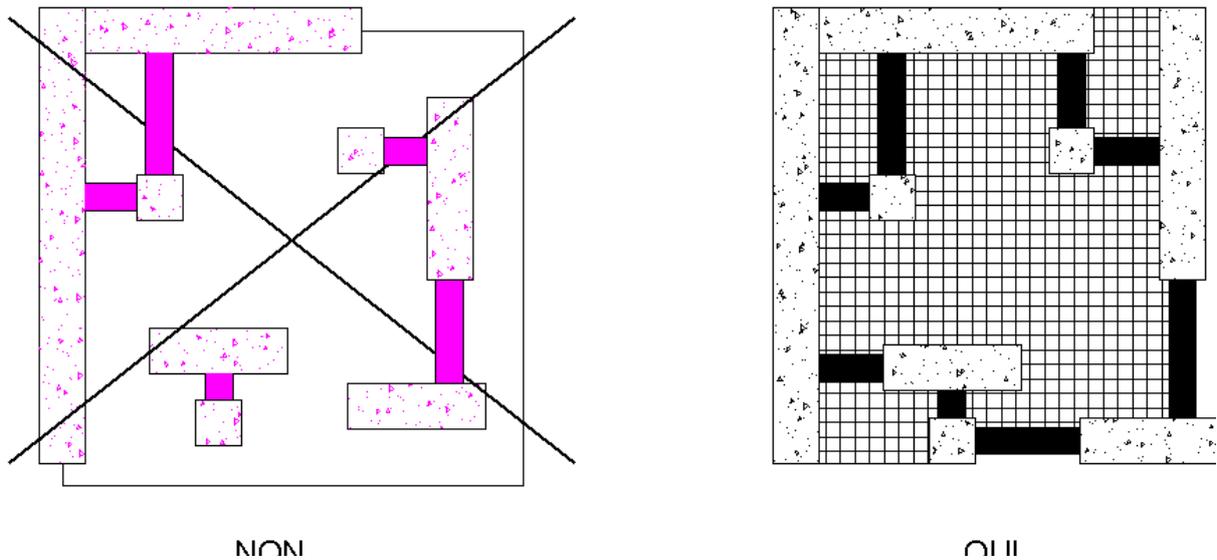


Fig. 5: recommandation pour les fondations.(plan)

-Les fondations d'ouvrages secondaires, tels que murets, terrasse, doivent être indépendants et désolidarisés de l'ouvrage principal.

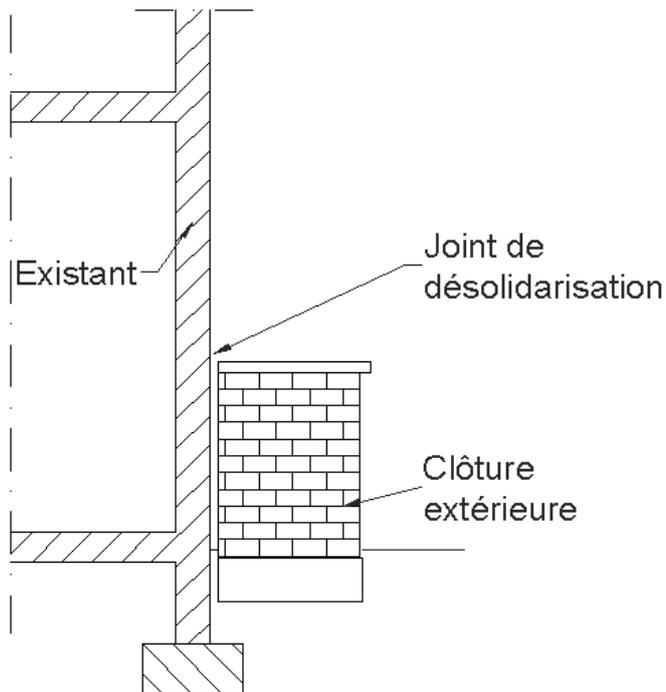


Fig. 6: recommandation pour les fondations d'ouvrages secondaires

- Des chaînages continus constitués d'armatures filantes à recouvrement ou ancrage total doivent être disposés aux extrémités des voiles ou des panneaux, à toutes les intersections de murs porteurs, à toutes les intersections des murs et des planchers. Toutes les ouvertures doivent être encadrées par des chaînages.

Conclusion générale

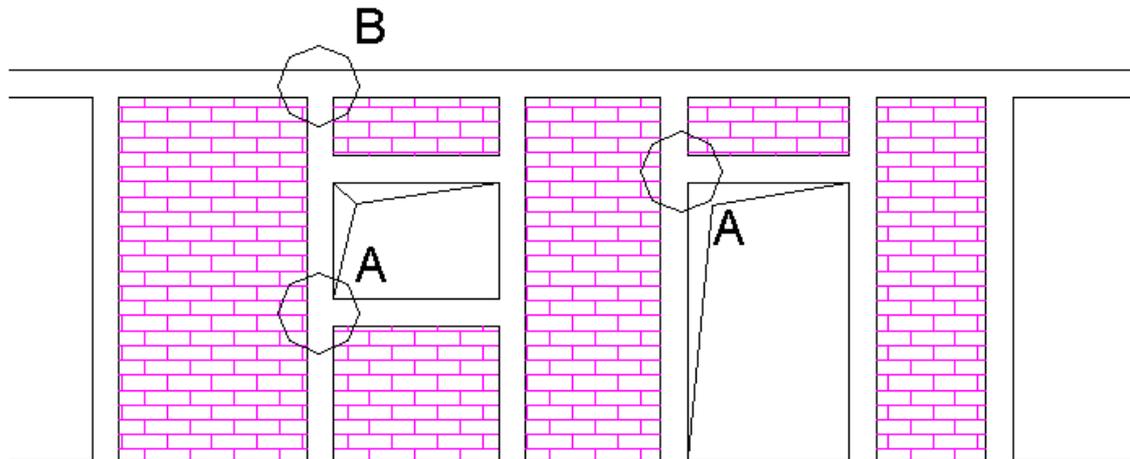


Fig.7 : recommandation pour les murs et les planchers

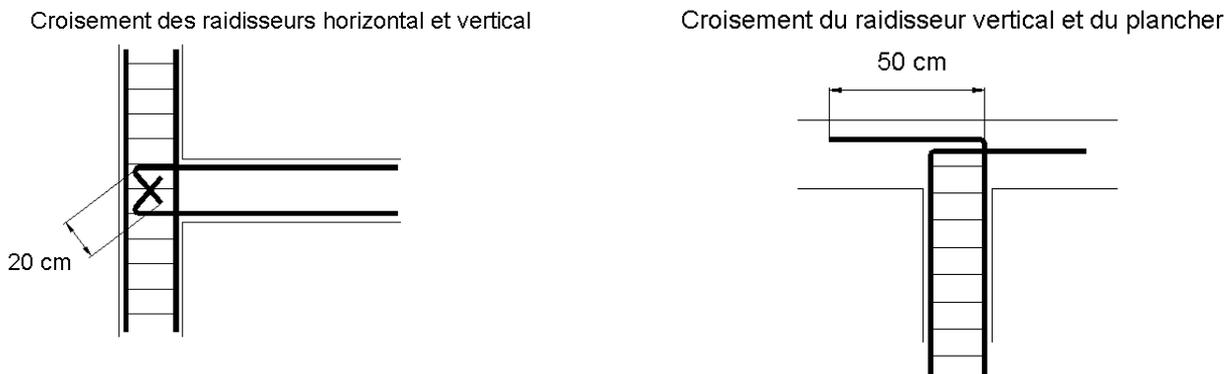


Fig.8 : détail de recommandation pour les murs et les planchers

-D'une façon générale, les façades légères sont à éviter en zone d'affaissements importants (pente supérieure à 3 %) compte tenu des déformations horizontales et verticales induites par l'affaissement d'une part et du caractère fragile de ces façades d'autre part. Les façades légères comprennent :

- Les façades rideaux, situées entièrement en avant du nez de plancher,
- Les façades semi-rideaux, dont la paroi extérieure est située en avant du nez de plancher et la paroi intérieure située entre deux planchers consécutifs,
- Les façades panneaux, insérées entre planchers,
- Les verrières, inclinées à plus de 15° par rapport à la verticale, qui se prolongent en façade.

-les éléments en console verticale (acrotères, garde corps...) quand ils sont réalisés en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages horizontaux et verticaux (espacés tous les 3 mètres) et reliés à la structure porteuse.

Conclusion générale

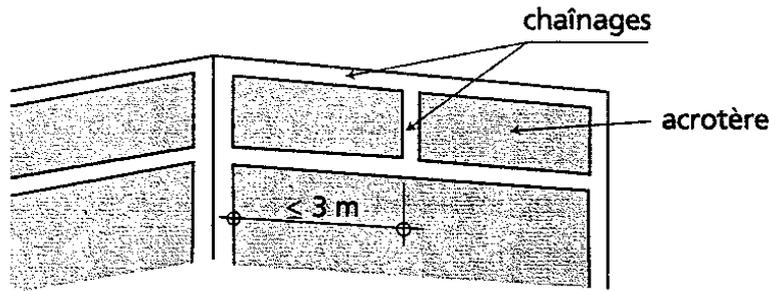
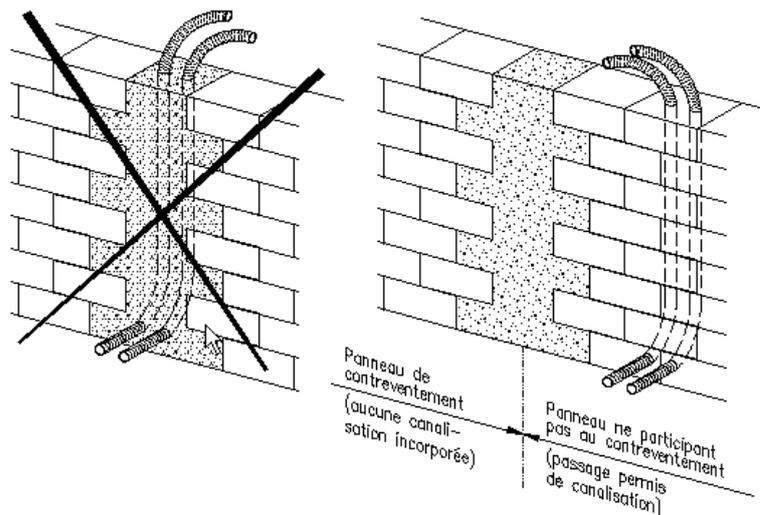


Fig.9 : encadrement des éléments en console verticale

-Lors de l'affaissement du terrain, il est nécessaire que les installations et les conduites de distribution puissent continuer à fonctionner et que la conception prévoie une réparation de dégâts inévitables.

-Aucune canalisation n'est à prévoir dans l'emplacement libre des joints d'affaissements.

Il est interdit de disposer des canalisations, quelles que soient leurs dimensions, dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.



Percements et saignées : interdits dans les murs de contreventement

Fig. 10: recommandation pour les installations et les conduites de distribution.

A la fin, on peut dire que l'étude des mouvements des versants de grande ampleur constitue une problématique inhérente aussi bien pour les pays développés que pour ceux en voie de développement. Leur étude nécessite une technicité élevée ainsi que le recours aux méthodes poussées d'investigation de terrain.

Bibliographie :

[1] : CNES et du MATE (2003)

[2] : Risques futurs ; Les risques émergents du XXI^e siècle : Vers un programme d'action « Un avenir à haut risque », N° 235, décembre 2002

[3] : Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publique. Commissariat Général du Plan (1997) - La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation. La documentation Française, 702 p

[4] : D'après "École et risques majeurs" ministère de l'Éducation nationale, ministère de l'Environnement, Secrétariat général de la Défense nationale.

[5] : Émile GUEYMARD Rapport sur les inondations du Drac et de la Romanche du 30 mai 1856. (Grenoble, Baratier, 1856, 8p.).

[6] : Cruden, 1991. A Simple Definition of a Landslide. BIAEG

[7] : Portail de la prévention des risques majeurs en collaboration avec le BRGM et l'INRS

[8] : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer
<http://www.prim.net>

[9] : Wikigeotech:Liquéfaction des sols sous séismes[L'Eurocode 8 partie 5 (NF-EN 1998-5)]

[10] : Office fédéral de l'environnement division prévention des dangers ; 2009.

[11] : Varnes, 1978. Slope movements. Types and processes.

[12] : lateltin et al, 1997 ; modifié de Popescu, 1996

[13] : Dossier départemental des risques majeurs.

[14] : web-graphie :

[-http://www.chambon.ac-versailles.fr/science/geol/seism/pays/salvador.htm](http://www.chambon.ac-versailles.fr/science/geol/seism/pays/salvador.htm)

-Mikaël Block, « Le plus grand glissement de terrain d'Europe : la Clapière », Banque des Savoirs - Essonne, 12 erbmetpes2005

[15] : EFFET DE LA VARIATION DE LA COHETION SUR LE COMPORTEMENT DES PENTES. Mémoire de master 2ème année Conception et Calcul des Structures. Lefriki souad page :20-23

[16] : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud Ouest de la ville de Constantine (MEZHOUD LAMIA).

[17] : GESTION DES RISQUES NATURLS EN MILIEUX URBAINS
AZAZGA une ville en plein expansion menacée(BAZIZ Djedjiga.)

[18] : Varnes, 1984 et Einstein, 1988

[19] : Frédéric Leone, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi (Revue de géographie alpine)

[20] : Benkechkache Imene. Investigation de la dégradation du cadre bâti sous l'effet du glissement de terrain cas de Constantine; thèse magistère, option : ville et risque urbaine.

[21] : Evaluation et réduction des conséquences des mouvements de terrains sur le bâti : approches expérimentale et numérique. Boramy Hor.
<http://theses.insa-lyon.fr/publication/2012ISAL0003/these.pdf>

[22] : Maquaire et al. 2006

[23] : Frédéric Leone et Freddy Vinet

[24] : *Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi, 1996*

[25] : Evaluation et réduction des conséquences des mouvements de terrains sur le bâti : approches expérimentale et numérique. Boramy Hor.
<http://theses.insa-lyon.fr/publication/2012ISAL0003/these.pdf>

[26] : WG-4-Glissement-de-terrain-f-pdf

[27] : systèmes d'information géographique (S.SAUVAGNARGUES-LESAGE) Ecole des mines d'Alés

[28] : Co développeur du SIGA (Système intégré de gestion de l'environnement)

[29] : systèmes d'information géographique (S.SAUVAGNARGUES-LESAGE) Ecole des mines d'Alés

[30] : ENPC : École Nationale des ponts et chaussées ; cours de la catastrophe au risque stratégie de gestion de risque en France.

[31] : http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/risques_naturels_et_technologiques/88674#pTsvWpfwj5f.99

[32] : Fawzi Boudaqq : Urbanisation et risques naturels à Alger et son aire métropolitaine.

[33] : Pour une Algérie Résiliente
Réaliser la Réduction des Risques de Catastrophe dans les Pays Arabes:
Etude Nationale sur les Bonnes Pratiques

[34] : <https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=667&noj=1&q=ain+el+hammam+ex+michelet&sa=X&ved=0ahUKEwi6t8yE0arOAhXFChoKHSKtA9YQ1QIIaygH>

[35] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%AFn_El_Hammam#/media/File:Dz_-_Ain_El_Hammam_\(Wilaya_de_Tizi-Ouzou\)_location_map.svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%AFn_El_Hammam#/media/File:Dz_-_Ain_El_Hammam_(Wilaya_de_Tizi-Ouzou)_location_map.svg)

[36] : rapport préliminaire N°1 septembre 2009 N°55848/A.
Direction de l'urbanisme et de la construction (étude de glissement d'Ain El Hammam).

[37] : recherche internet.
www.bepdf.com, www.youpdf.com, www.yopdf.com, www.google.com.

[38] : rapport préliminaire N°1 septembre 2009 N°55848/A.
Direction de l'urbanisme et de la construction (étude de glissement de Ain El Hammam).

[39] : CHAUCHE. A
CTE GEOMICA (2009), Etude géotechnique de la zone de glissement d'Ain El Hammam « rapport phase 1 et phase2 »

[40] : rapport interne du groupement des trois bureaux d'étude (ANTEA-TTI-HYDROENVIRONNEMENT) (septembre 2009) étude de glissement de terrain a Ain El Hammam.

[41] : Dynamique d'évolution du glissement de terrain d'Ain El Hammam (Présenté par Melle DJERBAL Lynda) 2009/2010.

[42] : El watan 28/07/2009.

[43] : Rapport interne du groupement des trois bureaux d'étude « ANTEA-TTIHYDROENVIRONNEMENT» (septembre 2009) - étude des glissements de terrain de Ain El Hammam.

[44] : Analyse des mécanismes de déformation et de la rupture progressive du versant instable d'Ain El Hammam (Présenté par Melle DJERBAL Lynda) 2013.

LISTE DES FIGURES :

Fig. I.2 : illustration des composants du risque [4].....	6
Fig. I.2 : illustration des composants du risque [4].....	7
Fig. II.1 : Affaissement[8].....	9
Fig. II.2: Phénomène de tassement latéral[8].....	10
Fig. II.3 : Schéma Explicatif desphénomènes : Retrait –Gonflement.....	10
Fig. II.4 : Schéma explicatif du phénomène : Glissement de terrain	10
Fig. II.5 : Schéma Explicatif du phénomène : solifluxion[8].....	11
Fig. II.6 :Schéma Explicatif desphénomènes : Effondrements descavités souterraines[8].....	11
Fig. II.7 :Schéma Explicatif desphénomènes : Eboulement et chute de blocs[8].....	12
Fig. II.8 : Schéma Explicatif des phénomènes : coulée de boue [8].....	12
Fig.II.9 :Les deux types de glissement : plan (A) et rotationnel(B) [11].....	14
Fig. II.10 :Glissements successifs emboîtés [11].....	15
Fig. II.11 : Bloc diagramme représentant le mouvement de versant idéal[11].....	16
Fig. II.12 :Illustration schématique de l'évolution du facteur de sécurité (Fs) en fonction du temps des phénomènes d'instabilité qui se développent aujourd'hui[12].....	18
Fig. II.13 : Glissement de terrain la Leona (a), las Collinas (b) [14].....	19
Fig. II.14 : Evolution de glissement de la Clapiers[15].....	20
Fig II.15: Stagnation des eaux en amont dans des fondations abandonnées.	21
Fig II.16 : Alimentation en eau de la zone glissée par ruissellement à partir des eaux stagnées en amont.....	21

Fig II.17 : Déboisement total de la zone glissée.....	22
Fig II.18 : fissuration des poutres et des murs à Ain Hadjel.....	22
Fig II.19 : Glissement de Tizi quartier de Bejaia. Basculement d'une habitation.....	23
Fig II.20 : Vue partielle d'un alignement de constructions ayant subi des basculements À Boudraa Sala	24
Fig. II.21 : Glissement de terrain quartier Boudraa Constantine[16].....	25
Fig. II.22 : Glissement de terrain à Azazga [17].....	26
Fig. III.1 : les composantes de la vulnérabilité[19].....	28
Fig. III.2 : Les types de la vulnérabilité[20].....	30
Fig. III.3 : Effets de la mise en pente du terrain sur le bâti (CSTB, 2004)[21].....	31
Fig. III.4 : Développement de fissures dans les murs d'une maison subits la déformation (a, b,et c) et la courbure de terrain (d, e, et f)[21].....	32
Fig. III.5 : Synthèse graphique des différentes approches d'évaluation des vulnérabilités [23].....	38
Fig. III.6 : Prévision de dommage en fonction de longueur de l'ouvrage et déformation horizontale du terrain (NCB, 1975) [25].....	42
Fig. III.7: Prévision de dommage en fonction de longueur de l'ouvrage (inférieure à 50 m) et déformation horizontale du terrain (Wagner & Shümann, 1991)[25].....	42
Fig. III.8 : Schéma Explicatif des phénomènes,Glissement superficiel s'éloigne d'un bâtiment[26].....	43
Fig. III.9 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement superficiel s'avance contre un bâtiment[26].....	43

Fig. III.10 : Schéma Explicatif des phénomènes :Glissement semi-profond entraine une petite partie d'un bâtiment[26].....	44
Fig. III.11 : Schéma Explicatif des phénomènes :Glissement semi-profond entraine l'ensemble d'un bâtiment[26].....	44
Fig. III.12 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement profond de vitesse faible et homogène[26].....	45
Fig. III.12 : Schéma Explicatif des phénomènes : Glissement profond de de vitesse élevée et hétérogène [26].....	45
Fig. III.14 : Schéma Explicatif des phénomènes :Effondrement de faible étendu[26].....	46
Fig. III.15 : Schéma Explicatif des phénomènes :Effondrement de grande étendue[26].....	46
Fig. IV.1 :Phase générique de la gestion du risque en France [30].....	51
Fig. V.1 : Localisation de la commune de Ain El Hammam dans la wilaya de Tizi-Ouzou [35].....	60
Fig. V.2 :La surface digitalisée[36].....	60
Fig. V.3 :Pente raide du versant[40].....	63
Fig.V.4 :Fissure dans le sol[40].....	63
Fig. V.5 : Histogramme de la période (1913/1938)[40].....	65
Fig. V.6 : histogramme de la période (1968/1994)[40].....	66
Fig. V.7 : histogramme des précipitations pour la période (1997/2006) [40].....	67
Fig. V.8 : la pente importante du versant.....	68
Fig.V.9 : Les immeubles de l'APC /CNEP et L'effet de surcharge[42].....	70

Fig. V.10:Les pathologies observées sur les immeubles Timssilines[44].....	72
Fig. V.11 : Vue globale de l'immeuble Taleb Gozali[44].....	73
Fig. V.12 :Poteaux cisailés de l'immeuble Taleb Ahcène[44].....	73
Fig. V.13 :Vue de l'ouverture d'un joint de dilatation de l'école des garçons d'Ain El Hammam[44].....	74
Fig. V.14 : Images des pathologies observées sur les immeuble APC/CNEP N° 11 et 12 [44].....	75
Fig. VI.1 :carte révision du pdau de la commune d'Ain El Hammam[44].....	78
Fig. VI.2 : Coupe géologique ancienne actualisée en 2006 du glissement d'Ain El Hammam [44].....	80
Fig. VI.3 : Délimitation de la zone d'étude (<i>GEOMICA, 2006</i>).....	81
Fig.1 : implantation par rapport a des talus et a des falaises dont les pentes sont réputées stables.....	87
Fig. 2: des maisons accolées situées en milieu continu.....	87
Fig.3 : réalisation des joints entre bâtiments.....	88
Fig. 4: recommandation pour les fondations. (coupe).....	88
Fig. 5: recommandation pour les fondations.(plan).....	89
Fig. 6: recommandation pour les fondations d'ouvrages secondaires.....	89
Fig.7 : recommandation pour les murs et les planchers.....	90
Fig.8 : détail de recommandation pour les murs et les planchers.....	90

Fig.9 : encadrement des éléments en console
verticale.....91

Fig. 10: recommandation pour les installations et les conduites de distribution.....91

LISTE DES TABLEAUX :

Tab II.1 : classification d'après la profondeur de la surface de glissement(en m sous la surface du sol). ^[10]	13
Tab II.2: classification selon l'activité(en fonction de la vitesse moyenne de glissement en cm par an à long terme). ^[10]	13
Tab. III.1 : Comparaison et équivalences entre les différentes échelles de classification des dégradations[21]......	35
Tab. III.2 : Echelle de classification des dégradations[21].....	36
Tab. III.3 : Relation entre les catégories de dommages et la déformation limite de traction dans la structure[21]......	37
Tab. III.4 :Echantillon de la typologie des modes d'endommagement des principaux éléments exposés aux mouvements de terrain. Exemple du bâti [24].....	40
Tab. V.1 : Valeurs des précipitations mensuelles de la période (1913/1938 après comblement)[40].....	64
Tab. V.2 : Valeurs des précipitations mensuelles d'Ain El Hammam (1968/1994)[40].....	65
Tab. V.3 : Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain El Hammam période (1997-2006)[40].....	66
Tab VI.1 : Récapitulatif de l'évolution du glissement d'Ain El Hammam entre 1969 et 2010.[44].....	79