

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mentouri de Constantine
Faculté des Sciences de la terre
Département d'architecture et d'urbanisme

N° d'ordre :
Série :

MEMOIRE
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE
Option : VILLE ET RISQUES URBAINS

THEME

**INVESTIGATION DE LA DEGRADATION DU CADRE
BATI SOUS L'EFFET DU GLISSEMENT DE TERRAIN
CAS DE CONSTANTINE**

Présenté par : **Melle. BENKECHKACHE Imene**
Sous la direction de : **Dr. DERRADJI Mohamed**



Membres de jury :

Président : **Pr. SAHNOUNE Tayeb**

Rapporteur: **Dr. DERRADJI Mohamed**

Examineur: **Dr. BENRACHI Bouba**

Examineur: **Dr. KORAICHI Amar**

Prof. Université Mentouri – Constantine

M.C. Université Mentouri - Constantine

M.C. Université Mentouri - Constantine

M.C. Université Mentouri – Constantine

Soutenu le : / Fév / 2012



DEDICACE &

RERCIEMENTS



Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

- ❖ Mes très chers parents, pour leur amour, sacrifice, patience, et leur encouragement. Je voudrais vous exprimer toute mon affection et admiration.
- ❖ A toutes les membres de la famille, tous mes amis et toutes les personnes que j'aime et je respecte.

Imene
Octobre.2011

Remerciement

Je remercie avant tout ***DIEU***, le tout puissant, pour m'avoir guidé durant toutes mes années d'études et de m'avoir donné la volonté et le courage pour terminer ce travail.

A l'issue de cette recherche, je tiens à remercier tout particulièrement, mon encadreur le docteur ***Derradji Mohamed*** qui a été disponible et attentif à mes nombreuses questions.

Par cette même occasion, que mon encadreur puisse trouver ici l'expression de ma grande reconnaissance et mes plus vifs remerciements pour son engagement, les efforts consentis et le temps qu'il m'a alloué pour achever mon mémoire.

Je tiens à remercier également, le docteur ***Benrachi Bouba*** qui m'a beaucoup orientée dans les premières étapes de ce travail, malgré ses occupations.

Je remercie aussi le président et les membres du jury pour m'avoir honoré de leur présence et avoir bien voulu examiné ce modeste travail.

J'adresse mes respectueux remerciements à tous mes enseignants qui m'ont encadré pendant toutes mes années d'études et éclairé mon chemin de jeune chercheur.

Je remercie tout particulièrement ***Mr Bouraiou Mohamed Cherif*** docteur ingénieur et Directeur technique du CTC-Est de Constantine (maître de conférences), qui m'a beaucoup aidé dans ma recherche bibliographique, et toutes les personnes avec lesquelles j'ai étroitement collaboré et qui m'ont fait part de toutes les études dont ils disposaient au niveau du CTC, l'URBACO, la Protection civile et de la DUC.

Enfin, je remercie vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Imene
Octobre.2011



SOMMAIRE



I. 1. 2.	Types de mouvement de terrain	12
I. 1. 2. 1.	Les mouvements lents et continus	13
I. 1. 2. 2.	Les mouvements rapides et discontinus	16
I. 1. 3.	Le processus du glissement de terrain	17
I. 1. 3. 1.	Les types des glissements de terrain	17
I. 1. 3. 2.	La classification du glissement de terrain	18
I. 1. 4.	Les facteurs intervenants dans les processus d'instabilité des terrains	20
I. 1. 4. 1.	Action et influence de l'eau	20
I. 1. 4. 2.	Action de la pesanteur	21
I. 1. 4. 3.	La nature des terrains	21
I. 1. 4. 4.	Les actions mécaniques externes	21
I. 1. 4. 5.	Actions sismiques	22
I. 1. 4. 6.	Action de déboisement	22
I. 1. 4. 7.	Actions anthropiques	22
I. 1. 5.	Conséquences sur les personnes et les biens (enjeux)	22
I. 2.	EXEMPLES DE MOUVEMENT DE TERRAIN A TRAVERS	
LE MONDE	23
I. 2. 1.	Les coulées boueuses à Rio de Janeiro	23
I. 2. 2.	Chutes de blocs	24
I. 2. 3.	Cavité souterraine	24
I. 2. 4.	Le tassement différentiel	24
I. 2. 5.	Eboulement :(Falaise de Belle Fontaine)	25
I. 2. 6.	Le glissement de terrain : à MUSSEAU, impasse Avalon	25
I. 2. 7.	Le glissement de terrain (la Salle en Beaumont « Isère »)	26
I. 2. 8.	Glissement de terrain des grands vents sur la rocade d'Alger	27
I. 2. 9.	Retrait et gonflement des argiles de la Wilaya de M'sila	28
I. 2. 10.	Le glissement de Tizi BEJAIA	28
I. 2. 11.	Glissement de terrain à Constantine	29
CONCLUSION	30
REFERENCE	31

CHAPITRE II : L'IMPACT DU GLISSEMENT DE TERRAIN SUR LE CADRE BATI

INTRODUCTION	32
II. 1. VULNERABILITE DES BATIMENTS AU GLISSEMENT DE TERRAIN	32
II. 1. 1. Risque et vulnérabilité au mouvement de terrain	32
II. 1. 2. Les différents types de vulnérabilité	33
II. 1. 3. Les composantes de la vulnérabilité	33
II. 2. CRITERES DE VULNERABILITE	36
II. 2. 1. Première étape : Typologie du bâtiment	36
II. 2. 2. Deuxième étape : Implantation et Structure	36
II. 2. 2. 1. Implantation du bâtiment	36
II. 2. 2. 2. Les effets des bâtiments avoisinants	37
II. 2. 2. 3. Configuration du bâtiment en plan et élévation	37
II. 2. 2. 4. Définitions des critères de structure	39
II. 2. 2. 5. Eléments non structuraux	41
II. 2. 2. 6. Sol très mou ou hétérogène	42
II. 2. 2. 7. Les méfaits de l'eau	42
II. 3. LES METHODES D'EVALUATION DU RISQUE GLISSEMENT DE TERRAIN	43
II. 4. ÉCHELLE DES DOMMAGES	50
II. 5. EFFETS DU MOUVEMENT DE TERRAIN SUR LES BATIMENTS	51
II. 5. 1. Comportements des bâtiments	51
II. 5. 2. Exemples de dégradation du cadre bâti	55
CONCLUSION	61
REFERENCE	63

**CHAPITRE III : LA PREVENTION ET LA GESTION DES RISQUES NATURELS LIES
AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN**

INTRODUCTION	64
III. 1. LA PREVENTION	64
III. 1. 1. Les principaux outils de la prévention des risques naturels « glissements de terrains »	65
III. 1. 1. 1. La maîtrise de l'urbanisation	65
III. 1. 1. 2. Maîtrise de l'aménagement	66
III. 1. 1. 3. L'outil cartographique	67
III. 1. 1. 4. Information préventive des populations	71
III. 1. 1. 5. Les constructions adaptées : (confortement des glissements de terrains)	73
III. 2. STRATEGIE DE REHABILITATION PARASISMIQUE	83
III. 2. 1. Amélioration du niveau de performance d'un bâtiment	84
III. 2. 1. 1. Renforcement	84
III. 2. 1. 2. Amélioration de la dissipativité	84
III. 2. 1. 3. Suppression ou redistribution des zones faibles	84
III. 2. 2. Techniques de renforcement	85
III. 3. OUTILS REGLEMENTAIRES LIES AUX RISQUES NATURELS	86
CONCLUSION	88
REFERENCE	90
CONCLUSION - PREMIERE PARTIE	91
<u>DEUXIEME PARTIE : PHASE ANALYTIQUE</u>	
INTRODUCTION DEUXIEME PARTIE	92
REFERENCE	93
<u>CHAPITRE IV : LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET L'URBANISATION DE LA VILLE DE CONSTANTINE</u>	
INTRODUCTION	94

IV. 1. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE	94
IV. 1. 1. Situation géographique du site	94
IV. 1. 2. Morphologie du site	96
IV. 1. 2. 1. Les éléments du relief	96
IV. 1. 2. 2. La topographie	97
IV. 1. 3. Cadre géologique régionale	99
IV. 1. 4. La sismicité	103
IV. 1. 5. Hydrographie	104
IV. 1. 6. Climatologie	104
IV. 1. 6. 1. La Répartition des Pluies	104
IV. 1. 7. L'extension urbaine de la ville	107
IV. 1. 7. 1. La ville sous la dynastie ottomane	107
IV. 1. 7. 2. La ville sous l'occupation française	108
IV. 1. 7. 3. Plan de Constantine 1958	109
IV. 1. 7. 4. La ville après l'indépendance	109
IV. 1. 7. 5. Les zones d'habitations nouvelles ZHUN	109
IV. 1. 8. Le poids démographiques	110
IV. 2. CARACTERISTIQUES DE VULNERABILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	113
IV. 3. LA GESTION DU RISQUE GLISSEMENT DE TERRAIN A CONSTANTINE	122
IV. 3. 1. La protection et la prévention, une gestion efficace des risques naturels	122
IV. 3. 2. La mise en œuvre d'un dispositif de surveillance des glissements de terrain	122
CONCLUSION	123
REFERENCE	125
CHAPITRE V : <u>PRESENTATION ET ANALYSE DU CAS D'ETUDE</u>	
INTRODUCTION	126

PRESENTATION DE NOTRE AIRE D'ETUDE	127
V. 1. SITUATION ET LIMITE GEOGRAPHIQUE DE L'AIRE D'ETUDE ...	127
V. 2. OCCUPATION DES SOLS : DESCRIPTION DE L'HABITAT	128
V. 3. TYPES D'HABITAT « ZHUN BOUSSOUF»	132
V. 3. 1. L'habitat collectif	132
V. 3. 2. L'habitat individuel	133
V. 3. 2. 1. Les lotissements	133
V. 3. 2. 2. L'habitat individuel sous forme de chalet	134
V. 4. ANALYSE DEMO- ECONOMIQUE	135
V. 4. 1. Etude démographique	135
V. 4. 1. 1. Répartition de la population et des logements dans la zone d'étude	135
V. 4. 1. 2. Taux d'occupation des logements	136
V. 5. REPARTITION SPATIALE DES EQUIPEMENTS ET DES INFRASTRUCTURES	137
V. 5. 1. La voirie	137
V. 5. 2. Les équipements	137
V. 6. FACTEURS ACCENTUANTS LE RISQUE GLISSEMENT DE TERRAIN A BOUSSOUF	138
V. 6. 1. Facteurs naturels	138
V. 6. 1. 1. La topographie du site	138
V. 6. 1. 2. Les faits Géomorphologique, géologique et hydrogéologique de BOUSSOUF	139
V. 6. 1. 3. Géotechnique	143
V. 6. 2. Les facteurs anthropiques	145
V. 7. DESCRIPTION DES INSTABILITES, ZONES AFFECTEES, ZONES SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTEES	146

V. 8. TRAITEMENT DES INSTABILITES - CONFORTATION	150
V. 8. 1. Substitution	150
V. 8. 2. Retalutage	150
V. 8. 3. Soutènement	150
V. 8. 4. Ancrage et clouage	150
V. 8. 5. Drainage	150
V. 8. 6. Mise en œuvre des solutions de confortation	151
V. 9. LIMITATION DE LA REGRESSION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN (TRAVAUX)	151
V. 9. 1. Evacuation des remblais et adoucissement des pentes	151
V. 9. 2. Plantation d'arbre	152
V. 9. 3. La mise en place d'un dispositif de surveillance	152
CONCLUSION	152
REFERENCE	154
CHAPITRE VI : <u>LA VULNERABILITE DU CADRE BATI AU GLISSEMENT DE TERRAIN : CAS D'ETUDE.</u>	
INTRODUCTION	155
VI. 1. PRESENTATION DES CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES DU SITE	155
VI. 1. 1. La situation géographique	155
VI. 1. 2. La topographie du site	156
VI. 1. 3. Les faits géomorphologiques, géologiques.....	157
VI. 1. 4. Géotechnique	158
VI. 2. METHODE D'INVESTIGATION DU CAS D'ETUDE	159
VI. 3. ANALYSE DE CAS D'ETUDE	161
VI. 3. 1. Analyse de la zone 1	161
Echantillon n°1 de la zone 1	162
Echantillon n°2 de la zone 1	165

VI. 3. 2.	Analyse de la zone 2	169
	Echantillon n°1 de la zone 2	169
	Echantillon n°2 de la zone 2	171
VI. 3. 3.	Analyse de la zone 3	174
	Echantillon n°1 de la zone 3	174
VI. 3. 4.	Analyse de la zone 4	176
	Echantillon n°1 de la zone 4	176
VI. 4.	SYNTHESE DU DIAGNOSTIQUE	178
VI. 4. 1.	Configuration du plan de masse	178
	VI. 4. 1. 1. Configuration éparpillé : Zone 1 (150 logements)	178
	VI. 4. 1. 2. Configuration renfermé : Zone 2 (128 logements)	178
VI. 4. 2.	L'aménagement extérieur du plan masse	178
VI. 4. 3.	La pente (la topographie)	179
VI. 4. 4.	La forme du bâtiment	179
VI. 4. 5.	La hauteur	180
VI. 4. 6.	La structure	180
VI. 4. 7.	La qualité des matériaux et la mise en œuvre	181
VI. 4. 8.	Les percements	181
CONCLUSION		181
REFERENCE		183
CONCLUSION - DEUXIEME PARTIE		184
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS		186
BIBLIOGRAPHIE		190
ANNEXES		201
Annexe 01		201
Annexe 02		225
Annexe 03		228
RESUME		

LISTE DES FIGURES

N°	TITRE DES FIGURES	PAGE
01	Définition du risque naturel majeur	10
02	Affaissement lié à une exploitation ancienne avec un recouvrement d'une centaine de mètre	13
03	Schéma Explicatif des phénomènes: Tassement à MEXICO	14
04	Schéma Explicatif du phénomène : Glissement de terrain	14
05	Schéma Explicatif des phénomènes : Retrait –Gonflement	15
06	Le phénomène de fluage	15
07	Phénomène de la Solifluxion.	15
08	Schéma Explicatif des phénomènes : Effondrements des cavités souterraines	16
09	Schéma Explicatif des phénomènes : les éboulements, chutes de blocs et de pierres	16
10	Schéma qui illustre une coulée de boue	17
11	Schéma Explicatif des phénomènes : L'érosion littorale	17
12	Les types de glissements de terrain.	18
13	Schémas Solifluxion, Glissement superficiel	19
14	Les Composants de la vulnérabilité	35
15	La localisation et l'implantation du bâtiment par rapport à la pente.	36
16	Disposition des bâtiments par rapport au sens de la pente.	37
17	Les formes idéales à la construction.	37
18	La torsion dans l'angle de décrochage.	37
19	Domages dus à des différences de rigidité.	38
20	Rupture à la base des éléments porteurs verticaux des bâtiments non parasismiques élancés.	38
21	Les problèmes d'irrégularité des structures.	39
22	Vulnérabilité dans les porte-à-faux.	39
23	Bâtiments ayant une largeur variable.	40
24	Rupture des poteaux d'un niveau « souple ».	40
25	Rupture des poteaux sous l'effet de torsion dans un terrain en pente.	41
26	Synthèse graphique des différentes approches d'évaluation des vulnérabilités.	45
27	Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et du risqué associés aux mouvements	49
28	Comportement des portiques en béton armé.	52
29	Dispositions constructives non - conformes aux règles parasismiques.	53
30	Dispositions constructives non - conformes aux règles parasismiques + interaction avec la maçonnerie.	54
31	Dans le cas de bâtiments avec ossature en portiques (poteaux + poutres) sans joints sismiques	55
32	Dimensionnement d'une butée de pied	74
33	Stabilisation par butée et drainage du glissement de la côte du Beil.	75

34	Dimensionnement d'un allègement en tête	75
35	Traitement du glissement de Cameot (d'après Peck et Irland)	76
36	Substitution totale des matériaux glissés au droit de la tête sud du tunnel de Marnay.	77
37	Substitution partielle	77
38	Stabilisation par bêche du remblai au PK 1,9 de la déviation Nabringhen (Pas-De-Calais).	78
39	Stabilisation par contreforts du remblai au PK 2,4 de la déviation de Nabringhen (Pas-De-Calais).	78
40	Coupe type d'une tranchée drainante	79
41	Stabilisation du glissement de Moissac (Tarn et Garonne)	79
42	Drainage du glissement de Chatel-Guyon (Puy-De –Dome)	80
43	Stabilité du glissement d'Aktéa (Grèce) à l'aide des pieux de 1mΦ.	82
44	diagnostic de vulnérabilité pour La réhabilitation parasismique d'une construction.	83
45	Ville de Constantine. Une topographie accidentée	97
46	Coupe entre Belle vue et Chaabet el Merdja.	102
47	Coupe du versant Nord de Zouaghi.	103
48	Situation de la ZUHN BOUSSOUF-vue aérienne	128
49	Vue aérienne sur les tissus urbains à Boussouf.	132
50	Des vues aériennes sur le tissu collectif à Boussouf.	133
51	Des vues aériennes sur le tissu individuel à Boussouf.	134
52	Une vue aérienne sur le tissu individuel «chalet » à Boussouf.	134
53	Coupe géologique synthétiques P03	142
54	Vues aérienne sur la situation géographique de la cité CNEP et cité Naadja Sghira.	156
55	Vues aérienne présente les quatre zones d'étude	161
56	Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°4	162
57	Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5.	165
58	Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5.	169
59	Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°6.	171
60	Vue aérienne sur la localisation de la Tour du CNEP.	174
61	Vue aérienne sur la localisation de la construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.	176

LISTE DES PHOTOS

N°	TITRE DES PHOTOS	PAGE
01	Glissement superficiel le long des berges du Rhône.	19
02	Glissement profond dans la région de Peney.	20
03	Coulée de boue dans la région de Rio.	23
04	Une "écaille" rocheuse Maupas. France	24
05	Effondrement d'une cavité naturelle par dissolution du gypse	24
06	La tour de pise [Italie 1990]	25
07	L'éboulement de la falaise de Belle Fontaine [1991]	25
08	Vue aérienne sur la localisation de l'impasse Avalon	26
09	Le glissement de terrain à l'impasse Avalon Musseau	26
10	Glissement de terrain de la salle en Beaumont Isère	27
11	Stagnation des eaux en amont dans des fondations abandonnées	27
12	Alimentation en eau de la zone glissée par ruissellement à partir des eaux stagnées en amont.	27
13	Déboisement total de la zone glissée.	28
14	Fissuration des poutres et des murs à Ain Hadjel.	28
15	Glissement de Tizi quartier de Bejaia. Basculement d'une habitation.	29
16	Glissement de terrain à Belouizdad. [2002]	29
17	Vue partielle d'un alignement de constructions ayant subi des basculements	30
18	Effondrement d'un bâtiment dont le rez-de-chaussée n'était pas suffisamment contreventé (séisme de Kobé, Japon, 17 janvier 1995)	39
19	Domages dus à l'entrechoquement de deux blocs de bâtiment séparés par un joint de dilatation thermique (séisme de Tokachi-Oki, Japon, 16 mai 1968).	41
20	La chute de briques de parement lors du séisme de Loma Prieta, Californie, 17 octobre 1989	42
21	Bâtiment avec voiles en béton armé, très bonne résistance à l'action sismique.	51
22	Effondrement à cause de l'absence d'armatures transversales dans le nœud et dans la zone critique du poteau.	54
23	Destruction de l'extrémité du panneau du fait de la compression de la diagonale qui se forme dans le mur.	54
24	Destruction des panneaux au RDC.	54
25	Effondrement total par rapport au « point fixe » que constitue le bâtiment situé au fond.	55
26	La destruction des éléments porteurs (poteaux ; poutres).	55
27	Maison endommagée en pied de glissement de la Valantelle	56
28	Glissement de terrain à Belouizdad à Constantine.	56
29	Rue de Verdun à Constantine.	56
30	Fissuration du mur (glissement de la Valantelle, à Marseille 2001)	56
31	Fissure des murs cité 185logts Mila.	57

32	Fissure dans le mur de la cage d'escalier « cité CNEP » à Boussouf.	57
33	Ouverture du joint« cité CNEP »Boussouf.	57
34	Le basculement entre deux blocs de la « cité CNEP »Boussouf.	58
35	Un basculement vers le Nord accompagné d'un étirement vers le coté Est. Cité 185logts; Mila.	58
36	Détérioration des escaliers dus à la rupture des longrines Cité 185logts ; Mila.	58
37	Affaissement de la plate-forme bloc 4 de la « cité CNEP »Boussouf.	59
38	Les fissurations dans les ouvertures en forme X.	59
39	Les fissurations aux niveaux des ouvertures (le glissement de l'impasse Avalon).	59
40	Fissuration du mur de clôture du Lycée.	60
41	Ouverture du joint de dilatation de deux blocs mitoyens du Lycée.	60
42	Fissure aux niveaux des murs et cloisons.	61
43	Déplacement /éclatement/rupture des poutres et poteaux.	61
44	Glissement de terrain de Saint Vidal(Haute-Loire).	75
45	Stabilité du glissement de terrain au niveau du PK de la RN6 liaison FES-TAZA	82
46	Le calcaire néritique en bancs demi-métriques du « Rocher » – A remarqué les diaclases verticales (D) et la morphologie résultante, sur la falaise	99
47	Marnes telliennes à blocs et boules jaunes Versant rive gauche de Boumerzoug La majorité des blocs est dégagée par l'érosion du versant	99
48	Flysch massylien de Chaabet Ersass Rive gauche du Boumerzoug	100
49	Conglomérat rouge miocène du Bardo remarquer la faille normale subverticale (F) qui sera commentée en tectonique.	100
50	Talus marneux de faible stabilité, en rive droite de Chaabet el Merdja. G : Fluage et morphologie moutonnée, caractéristique	101
51	Sables de base (S) du plateau calcaire de Salah Bey ; C : Calcaire travertineux quaternaire.	102
52	Talus marneux de faible stabilité, en rive droite de Chaabet el Merdja. G : Fluage et morphologie moutonnée, caractéristique	102
53	Graves dégâts subis par une construction R+1 qui a été abandonnée par ses occupants, Site Boudrâa Salah	113
54	Une façade fissurée d'un immeuble. Site Belouizded-kitouni.	114
55	Route déformée et fissurée à Boussouf	114
56	Route du Bardo fissurée et affaissée.	114
57	Vue d'ensemble du site de Boussouf - talweg Ouest (2005).	129
58	Vue d'ensemble du site de Boussouf talweg Est (2005). Les bâtiments en construction (B) sont sur un glissement de terrain actif	129
59	Site de Boussouf en 1972 avec la délimitation des deux grands talwegs et du réseau hydrographique.	129
60	Urbanisation évolutive du site de Boussouf entre 1980 (A) et 1988 (B).	130
61	Urbanisation évolutive de Boussouf entre 1980 et 2002.	131

62	La rupture des canalisations	132
63	Sortie de drain et suintement d'eau sur un mur de soutènement. Le massif filtrant derrière le mur n'a pas été réalisé.	142
64	Sous-sol de bâtiment constamment inondé, baignant dans la nappe superficielle des argiles décomprimées miocènes (zone A)	142
65	Immeuble incliné de la cité CNEP.	146
66	Destruction d'une maison en cours de construction par suite d'évolution d'un glissement de terrain	147
67	Constructions réalisé sur un versant de pente de stabilité critique sans drainage suffisante	147
68	Dégradation de la culée rive droite du pont de franchissement du Rhumel S : Escarpements de glissement ; M : masse glissée déstabilisant la culée du pont sur l'oued Rhumel.	148
69	Dégradation au niveau du pont Rhumel	148
70	Bâtiment n°4 dans la cité CNEP 150 Logements.	162
71	Affaissement au niveau de la rue ; et montre le sens du glissement de terrain.	163
72	le disjointement du mur de soutènement par le glissement du sol.	164
73	Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm.	164
74	Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 150 Logements	165
75	Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm.	167
76	Absence les descentes pour les différents réseaux d'assainissement.	167
77	Basculement du bloc 5	167
78	Affaissement de la plate-forme du bloc5.	168
79	Dégradation au niveau des escaliers	168
80	Déplacement au niveau des regards	168
81	Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 128 Logements.	169
82	Vue sur le bâtiment n°5 montre l'ouverture du joint de rupture entre les deux blocs	170
83	Bâtiment n°6 dans la cité CNEP 128 Logements.	171
84	La façade principale.	173
85	Le cloquage de peinture.	173
86	Vue sur le bâtiment n°6 montre l'ouverture du joint de rupture entre les deux blocs	173
87	les 3Tours du CNEP.	174
88	Tassement des escaliers extérieurs.	175
89	La construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.	176
90	Affaissement de la rue et les revêtements des trottoirs.	177

LISTE DES CARTES

N°	TITRE DES CARTES	PAGE
01	Nord-Est Algérien, situation géographique de la ville de Constantine	95
02	Situation administrative de l'espace communal.	96
03	La topographie de la commune de Constantine	98
04	Le zonage sismique du territoire Algérien.	103
05	Pluviométrie de la wilaya de Constantine	105
06	L'aptitude de Constantine aux études et travaux d'aménagement.	121
07	La carte de la situation : « cité Boussouf ».	127
08	Répartition spatiale des voiries à Boussouf.	137
09	Levé topographique de la cité Boussouf.	139
10	Carte de la géologie et l'instabilité de versants.	141
11	Géotechnique du quartier BOUSSOUF.	144
12	plan de vulnérabilité aux glissements de terrain coté Boussouf	149
13	Levé topographique de la cité CNEP.	157
14	géologie et l'instabilité du versant cité CNEP.	158
15	géotechnique du terrain cité CNEP.	159

LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE DES TABLEAUX	PAGE
01	La classification de glissement de terrain	18
02	Echantillon de la typologie des modes d'endommagement des principaux éléments exposés aux mouvements de terrain.	46
03	Exemples de valeurs unitaires retenues pour une application sur la région du Trièves (Isère, France)	47
04	Echantillon de matrice d'endommagement structurel	48
05	Echelle des dommages des bâtiments par HAZUS.	50
06	Relation entre les niveaux d'aléas et les types de mesures	70
07	Les consignes à suivre en cas du risque glissement de terrain	72
08	Répartition et structure des communes de la wilaya de Constantine.	95
09	Les précipitations annuelles à Constantine (2001-2010).	105
10	Les précipitations moyennes saisonnières à Constantine (2001-2010)	106
11	Programme du Relogement des sinistrés du glissement de terrain Kaidi Abdellah.	109
12	Répartition de la population selon le sexe et le taux d'accroissement de la wilaya et la commune de Constantine.	111
13	Répartition de la population selon la dispersion.	111
14	Répartition du parc logement selon la dispersion	112
15	Répartition du parc logement selon le statut d'occupation du logement, et le taux d'occupation du logement TOL	112
16	Représente les sites affectés par le glissement de terrain.	113

17	Dénomination des sites de la ville de Constantine touchés par les glissements de terrains	115
18	Les Résultats de l'expertise de l'endommagement des constructions	116
19	Caractéristiques principales du plan de vulnérabilité aux glissements de terrain du PDAU de Constantine	120
20	Taux de répartition de la population à travers la zone d'étude	135
21	Densité de la population.	136
22	Répartition des logements dans la zone d'étude.	136
23	Type d'habitat.	136
24	Répartition spatiale des équipements de la ZHUN Bousouf	138

LISTE DES GRAPHES

N°	TITRE DES GRAPHES	PAGE
01	représente les précipitations annuelles à Constantine	106
02	Représente Les précipitations moyennes mensuelles à Constantine (2001-2010)	106
03	Représente Les précipitations moyennes saisonnières à Constantine (2001-2010).	107
04	Représente la répartition de la population selon le sexe de la wilaya et la commune de Constantine.	111
05	Représente la répartition de la population selon la dispersion de la wilaya et la commune de Constantine.	111
06	Représente la répartition du parc logement selon la dispersion	112
07	Représente la Répartition du parc logement selon le statut d'occupation du logement.	112
08	Taux de répartition de la population à travers la zone d'étude.	135
09	Type d'habitat.	136

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- RGPH** : Recensement général de la population et de l'habitat.
- CNEP** : Caisse Nationale d'Épargne et de Prévoyance.
- DUC** : Direction de l'Urbanisme et de la construction.
- ZHUN** : Zone d'habitat urbain nouvelle.
- URBACO** : Centre d'étude & de réalisation en urbanisme de Constantine.
- B.R.G.M** : Bureau de recherches géologiques et minières.
- LPC** : Laboratoire central des ponts et chaussées.
- PLU** : Plan local d'urbanisme.
- POS** : Plan d'occupation des sols.
- PUD** : Plan d'urbanisme directeur.
- PDAU** : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.
- S.N.A.T** : Schéma National de l'Aménagement du Territoire.
- S.R.A.T** : Schéma Régional de l'Aménagement du Territoire.
- TOL** : Taux d'occupation par logement.
- ONS** : Office National des Statistiques.
- DPAT** : La direction de la planification et de l'aménagement du territoire.
- ZERMOS** : zones exposées aux risques des mouvements du sol et du sous-sol.
- PPR** : Plan de prévention du risque.
- PER** : Plan d'exposition au risque.
- ORSEC** : Organisation des Secours.
- CRRAG** : centre de recherche en astronomie astrophysique et géophysique.
- A.N.R.H** : Agence Nationale de Ressource Hydraulique.
- O.N.M** : Office Nationale Météorologique.
- C.T.C** : Contrôle technique des constructions

GLOSSAIRE

ÉTALEMENT URBAIN : désigné souvent par péri-urbanisation ou par urbanisation diffuse, l'étalement urbain caractérise aujourd'hui un mode de croissance des villes, évalué souvent en terrains urbanisables, en perspectives de populations et en équipements. Il se rattache cependant plus à l'espace, et traduit en général la diminution (ou l'augmentation) des densités au centre au profit de la périphérie.

PERI-URBANISATION : forme urbaine dans l'espace péri-urbain, très diversifiée selon le processus de métropolisation et les politiques (urbaines) en question.

PERI-URBAIN : territoire autour des villes caractérisé à la fois par la concentration (démographique) et la dispersion (étalement spatial) et significatif des mutations du rural et de l'urbain. Il est, de plus en plus, considéré comme une nouvelle forme urbaine définie par le paysage, la résidence citadine et une auto-organisation (polynucléarisation).

REHABILITATION URBAINE : ensemble de mesures prises pour réparer et améliorer les qualités d'un cadre bâti et les performances des éléments structurants et de confort de l'espace urbain, sans avoir à démolir.

URBANISATION : processus de croissance de la population urbaine et d'extension des villes.

VULNERABILITE : Exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux.

MITIGATION : réduction de l'intensité de l'aléa ou de la vulnérabilité des enjeux, elle a pour but de diminuer le montant des dommages.

LA PRESSION INTERSTITIELLE : est due à l'air et à l'eau comprimée entre les grains solides composant un sol. Si la pression interstitielle augmente, la cohésion du sol diminue.

CONTREVENTEMENT : Ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité d'un bâtiment vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent, les secousses sismiques ou autres causes.

PREVENTION : Ensemble des actions destinées à fournir une protection permanente contre les catastrophes. Comprend les mesures pratiques de protection " physique " et relevant de l'ingénierie, comme les mesures législatives contrôlant l'aménagement du territoire et la planification urbaine.

PREPARATION : Actions destinées à minimiser les pertes en vies humaines et les dommages, à organiser l'évacuation temporaire des populations et des biens d'un lieu menacé et à faciliter les opérations opportunes et espaces de sauvetage, secours et réhabilitation.

RETALUTAGE : l'Adoucissement d'une pente d'un versant.



INTRODUCTION

GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

*« Aujourd'hui le monde arabe se caractérise par un extraordinaire essor des villes et par des changements dus à l'urbanisation. Sur une population de 200 millions d'habitants environ, la moitié est constituée de citadins. L'explosion urbaine qui caractérise plusieurs pays arabes se traduit non seulement par une croissance spectaculaire des métropoles et des grands centres régionaux, mais aussi par l'évolution rapide des petites et moyennes villes depuis une vingtaine d'année. Si ces transformations montrent une progression soutenue de la population urbaine du monde arabe, elles donnent lieu à un processus d'urbanisation peu uniforme ».*¹

N'ayant pas échappé à ce phénomène, l'Algérie est l'un de ces pays qui connaît des transformations profondes dans le domaine urbain dont la conséquence est l'aboutissement à un processus d'urbanisation non planifié et non réglementé (il y a eu des planifications mal appliquées ou partiellement appliquées).²

L'urbanisation rapide est une des caractéristiques majeures des pays sous-développés. La plupart des chercheurs dans le monde pense, que c'est l'exode rural qui a amorcé la croissance démographique qui est l'origine de la crise du logement dans les villes du tiers monde. Par conséquent un habitat anarchique et non réglementaire s'est développé sur l'environnement périphérique des grandes et moyennes villes.

De ce fait, et comme beaucoup de pays du tiers monde du même contexte social, ethnique et politique, l'Algérie a connu depuis des décennies une urbanisation plus ou moins similaire.³

A l'instar des villes Algériennes, Constantine a connu les mêmes formes de croissance et les mêmes problèmes induits de ce processus d'urbanisation accélérée. Elle se présente comme une vision microscopique des fléaux urbains touchant le territoire Algérien.

Entre 1962 et 1979, au profit du développement urbain et industriel, les ceintures agricoles ont été gravement atteintes par cette urbanisation où les emprises se mesurent par milliers d'hectares ; les plaines autour de Constantine par exemple, ont perdu 2500 Ha selon une étude faite par la wilaya de Constantine. Durant cette même période les quartiers illicites se sont développés d'une façon rapide et se sont étalés, généralement sur des terres agricoles péri-urbaines, les plus fertiles.⁴ La croissance démographique de Constantine est accompagnée d'une

¹ www.UNESCO09/most/kharoufi.htm.

² Naït-Amar Nadra, (2005) : une solution à la question de la congestion de Constantine : ville nouvelle Ali Mendjeli, thèse magistère, option : urbanisme, 13p.

³ Aïchour Boudjema : Remise en cause des politiques urbaines de la ville Algérienne, face à la crise du foncier : le cas de Constantine.

⁴ Idem.

demande importante de logement 6.278 programmés⁵ et d'emplois 53.138 recensés en 1977⁶. Cela par conséquent, a nécessité la réalisation d'un important programme d'habitat collectif ZHUN de quartiers périphériques (Au Nord-Ouest et au Sud); de même que de grands équipements pour la ville (complexes industriels, universitaires et sportifs). La saturation du site a entraîné une recherche de terrains urbanisables et leur sur consommation au détriment des terres agricoles.⁷

L'urbanisation accélérée accroît sensiblement les risques, auxquels sont soumises les populations qu'ils soient d'ordre social, naturel ou environnemental. La question environnementale est généralement exprimée en termes de problèmes (assainissement, glissement de terrain...). Concrètement l'analyse de ces cas renvoie souvent à une notion de risque, telle la croissance urbaine qui se pose comme un souci environnemental, quand elle s'effectue sur des sites peu propices à la construction (sur des pentes inadaptées ou sur des terrains instables...) et qu'elle génère, ce qui est perçu comme un danger.⁸ Les glissements de terrain constituent sans doute un des risques majeurs pour la sécurité et le bien être des personnes, ainsi que pour la propriété et les biens. Très souvent les dégâts provoqués par le glissement sont fortement sous-estimés, car ils représentent fréquemment une partie des catastrophes à danger multiples.

Une étude mondiale effectuée par l'association internationale de la géologie appliquée pour l'UNESCO entre 1971 et 1974 a prouvé que 14% de tous les accidents provoqués par les catastrophes naturelles sont liés aux glissements des terrains. Dans la même période, en moyenne 600 personnes par an ont été tuées par les glissements de terrain.⁹

En Algérie, le rapport du CNES et du MATE 2003 confirme et mentionne que les mouvements de terrains menacent et affectent plusieurs villes Algériennes. Ces mouvements ont pris une grande ampleur dans l'espace urbain, portant essentiellement atteinte à l'économie, nécessitant la destruction de plusieurs constructions et le relogement de nombreuses familles.

De ce constat, notre recherche se basera sur des questions que nous nous sommes toujours posé sur les effets qu'engendre l'instabilité des terrains sur le cadre bâti et les risques encourus par les personnes concernées ; tels que habitants, passants ou autres.

⁵ Dont 6.116 logements sociaux ont été attribués à Constantine in " *Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive* " de R. Boussouf op. cit.

⁶ MILOUS Ibtissem. " *La ville et le développement durable – Identification et définitions des indicateurs de la durabilité d'une ville – Cas de Constantine* ". Mémoire de Magistère en Urbanisme, mai 2006. Département Architecture et Urbanisme. Faculté des Sciences de la Terre de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université Mentouri de Constantine, p. 143.

⁷ Arama Yasmîna, 2007 : Péri urbanisation, métropolisation et mondialisation des villes l'exemple de Constantine, thèse de doctorat d'État, option Urbanisme, 147p.

⁸ Marouk Messaoud, 2010 : Recherches pour un atlas de Constantine, approche statistique et thématique, thèse de doctorat d'État Option : Cartographie et aménagement du territoire, 216p.

⁹ Varnes, 1984 « *Landslide Hazard Zonation. A Review of Principles and Practice.* », UNESCO, Paris, 63p.

Dans ce cadre, nous allons essayer de vous présenter avec beaucoup de volonté le sujet de notre recherche d'étude qui s'intitule : **INVESTIGATION DE LA DEGRADATION DU CADRE BÂTI SOUS L'EFFET DU GLISSEMENT DE TERRAIN : CAS DE CONSTANTINE.**

I. Problématique

Dans le but de cerner la problématique de notre étude, nous avons procédé à une recherche bibliographique visant à constituer une idée globale sur le sujet et de délimiter les principales questions auxquelles nous essayerons de répondre dans le cadre de notre travail de recherche d'une façon convenable.

Les glissements de terrains font partie des risques naturels, les plus menaçants pour les infrastructures et les personnes, laissant des zones en équilibres fragiles.¹⁰

Depuis des décennies, Constantine souffre de plusieurs problèmes urbains : le vieillissement de la vieille ville, les bidonvilles et le problème de glissement de terrain, dont la première manifestation a été observée au début du 20^{ème} siècle.¹¹

La région de Constantine possède un relief très accidenté avec des pentes de talus accentués sur un environnement géomorphologique complexe et sur le plus important axe sismique. Par ailleurs, cette ville a connu une extension urbanistique rapide après l'indépendance (croissance démographique importante) ; ceci a provoqué une surcharge des terrains constructibles et a engendré par la suite la sur consommation des terrains fragiles souvent instables.

Aujourd'hui Constantine est confrontée à un problème très spécifique de glissement de terrain entraînant l'effondrement d'un certain nombre d'habitation et la menace de destruction de beaucoup d'autres. Cette situation mérite une attention particulière en raison de l'ampleur du phénomène observé, au plan économique et social et ce à travers son impact sur les populations et ses effets sur le tissu urbain, notamment sur le cadre bâti.

Ce phénomène se manifeste d'une part dans la vieille ville, mais également à l'extrémité de l'ex-faubourg, Saint-Jean.¹² Il affecte aussi plusieurs quartiers de la ville (BELOUIZDAD, l'avenue KITOUNI, KAIDI ABDELLAH, BELLEVUE, CILOC, BOUSSOUF, ZAOUCH, BOUDRAA SALAH, BENCHERGUI, BARDO, Place KRIKRI, Chemin forestier, le pont de SIDI RACHED

¹⁰ Idem

¹¹ Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques 3p.

¹² www.constantine.free.fr.

et même l'université MENTOURI), soit 120 ha de sa superficie, et menace près de 15 000 habitations abritant une population estimée à 100 000 habitants.

La problématique du mouvement de terrain dans la ville de Constantine met en évidence le nombre élevé des sites instables qui se manifestent à travers de nombreux quartiers de la ville densément peuplés. La recherche permettra d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- ❶ 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 ?
- ❷ Quelle est la situation des constructions menacées par le glissement de terrain ?
- ❸ Comment le glissement participe à la dégradation du cadre bâti ?
- ❹ Est-ce que la concentration des populations en milieu urbain, constitue-t-elle un facteur d'amplification des risques naturels liés aux glissements de terrain ?
- ❺ Comment ce risque est-il pris en compte dans l'urbanisme ?
- ❻ Quels sont les éléments structurels et non structurels utilisés en matière de prévention et de gestion des risques naturels liés aux glissements de terrain ?

A ce titre on se pose la question suivante : **Comment peut-on sauvegarder le cadre bâti menacé par le glissement de terrain ?**

Il convient donc de faire un constat sur l'état actuel des constructions touchées par ce risque et s'inspirer des techniques utilisées dans les pays développés pour freiner ce type de glissement et sauvegarder le cadre bâti dans le but de proposer des recommandations convenables à notre situation .

II. Hypothèses

Ce sujet, complexe, nous incite à émettre plusieurs hypothèses afin de pouvoir mieux l'étudier et le cerner. Les hypothèses de travail peuvent s'exprimer comme suit :

- L'appauvrissement dans le contenu des instruments d'urbanisme Algérien (le PDAU : le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme ; et le POS : le plan d'occupation du sol) 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.

Donc nous allons essayer de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses en suivant la méthodologie de travail ci-dessous.

III. La méthodologie de recherche

Dans le but de comprendre et de trouver les solutions possibles qui permettent de stabiliser les terrains et identifier les types de réhabilitation à envisager pour le cadre bâti de notre exemple d'étude, nous projetons d'expliquer les causes majeures qui rendent l'impact de ce risque plus grave sur l'état des constructions. Pour ce faire, la démarche retenue est basée principalement sur la méthode d'enquête et d'observation qui a été développée en deux étapes, soit :

La première étape : approche exploratrice, conceptuelle

Nous allons prévoir cette approche qui permet l'acquisition d'une vision globale sur le sujet à savoir : l'instabilité des terrains et du cadre bâti. Celle-ci consiste à préparer des menus de définitions, des descriptions et des explications générales. Cette première étape sera effectuée en développant une recherche documentaire et une collecte d'informations concernant les concepts à partir de travaux existants (thèses, mémoires, ouvrages, publications...etc.).

Par ailleurs cette approche nous permet d'identifier les critères et les paramètres d'évaluation.

La deuxième étape : approche interprétative

Après la collecte des informations concernant les différents concepts (définitions et explications) l'état des lieux des constructions sinistrés est à effectuer. Cette approche sera développée en se basant sur certains paramètres conceptuels et techniques définis. A travers les enquêtes et les observations à effectuer sur le site, le comportement des éléments de construction a été pris en considération pour l'évaluation du degré de dégradation des différents types de constructions face au risque glissement de terrain.

Pour conclure, nous terminerons par des recommandations qu'on espère qu'elles soient prises en considération dans les plans d'aménagement urbain de la ville.

IV. Structure du mémoire

Notre recherche va se répartir selon le plan suivant :

-La première partie (partie théorique : théorie et concept), consiste à développer une recherche documentaire concernant les concepts du glissement de terrain à savoir : les critères de vulnérabilité, les méthodes d'évaluation et les effets du mouvement de terrain sur le cadre bâti.

Nous terminerons cette partie par l'élaboration d'un chapitre qui met en évidence, l'importance de la prévention pour toute action à prendre en considération pour faire face au risque du glissement de terrain.

-Par contre dans la deuxième partie, une évaluation du degré de dégradation des différents types de constructions exposés aux risques du glissement de terrain est à effectuer à travers

l'étude de certains paramètres techniques et conceptuels tels que : la configuration du plan de masse, la morphologie du terrain, la forme des bâtiments, la hauteur et le type de structure et la mise en œuvre et la qualité des matériaux de construction.

Le résultat de l'étude analytique nous permettra de mieux comprendre le comportement de chaque type de construction face au risque glissement de terrain.

V. Les objectifs

La préoccupation principale de cette recherche est :

- De mettre en évidence la situation des constructions menacées ;
- Quel type de construction qui se comporte mieux aux différentes sollicitations dues par le risque du glissement de terrain.
- Proposer les solutions possibles à adopter pour ralentir ou éliminer ce dernier afin de maintenir le cadre bâti en bon état.
- Proposer des recommandations ; en espérant qu'elles soient prises en considération par les décideurs, les concepteurs et les urbanistes.

VI. Motivation du choix du sujet

Le sujet de la dégradation du cadre bâti par le glissement de terrain n'est pas réellement une nouveauté, c'est une thématique qui nous interpelle depuis des siècles. C'est également, une question d'actualité ; il y a un nombre importants d'articles et de débats qui traitent de cette question. A ce propos, et à côté des catastrophes naturelles qui ont ébranlé les villes Algériennes, ces dernières années, Constantine est touchée également par le phénomène du glissement de terrain. Ce dernier est remarqué par la complexité de son mécanisme ainsi que de l'ampleur du phénomène observé aux plans économiques et sociaux à travers les effets sur l'immobilier urbain et son impact sur les populations. Le glissement de terrain à Constantine est une question fondamentale qui préoccupe l'ensemble des scientifiques, les citoyens ainsi que les pouvoirs publics. Notre intérêt dans cette étude est porté sur la notion du glissement de terrain et on essaiera d'apporter un éclairage sur les effets du risque sur le cadre bâti à travers l'analyse de certains paramètres qui entrent dans la configuration de ces constructions et qui peuvent participer à l'émergence de cette dégradation (désordre).

VII. Choix du terrain d'étude : (Les ZHUN de Boussouf)

Tout au début, les zones d'habitations urbaines nouvelles de Boussouf ont été créées pour répondre à plusieurs préoccupations de l'époque entre autre la réalisation d'un plus grand nombre de logements qui a été marqué par la sérénité et le sérieux. Par contre durant ces dernières années le développement urbain de la ville de Constantine, qui a connu un développement économique et social conjugué et un accroissement démographique important, a engendré une urbanisation accélérée. Ainsi, l'urgence de la crise de logement qui s'est caractérisé cette dernière décennie a permis l'apparition des ZHUN dans un délai le plus court sur des terrains non aedificandi affectés par le risque du glissement de terrain. Ces extensions urbaines démesurées sur des terrains non constructibles ont eu des effets négatifs sur l'urbanisation de la ville de Constantine.

De ce fait, et pour mieux cerner la problématique de notre recherche d'étude, nous prendrons deux cas de figures à savoir : le type collectif « **cité CNEP** » et le type individuel (cité **Naadja Sghira**) qui illustrent bien l'impact de cette extension démesurée sur des terrains affectés par le risque du glissement de terrain qui apparaît sur le cadre bâti.

Les références

- [1] : www.UNESCO09/most/kharoufi.htm.
- [2] : Naït-Amar Nadra, (2005) : une solution à la question de la congestion de Constantine : ville nouvelle Ali Mendjeli, thèse magistère, option : urbanisme, 13p.
- [3] : Aichour Boudjemaa : Remise en cause des politiques urbaines de la ville Algérienne, face à la crise du foncier : le cas de Constantine.
- [4] : Idem.
- [5] : Dont 6.116 logements sociaux ont été attribués à Constantine in " *Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive* " de R. Boussouf op. cit.
- [6] : MILOUS Ibtissem. " *La ville et le développement durable –Identification et définitions des indicateurs de la durabilité d'une ville – Cas de Constantine* ". Mémoire de Magistère en Urbanisme, mai 2006. Département Architecture et Urbanisme. Faculté des Sciences de la Terre de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université Mentouri de Constantine, p. 143.
- [7] : Arama Yasmina, 2007 : Péri urbanisation, métropolisation et mondialisation des villes l'exemple de Constantine, thèse de doctorat d'État, option Urbanisme, 147p.
- [8] : Marouk Messaoud, 2010 : Recherches pour un atlas de Constantine, approche statistique et thématique, thèse de doctorat d'État Option : Cartographie et aménagement du territoire, 216p.
- [9] : VARNES DJ. (1984): «*Landslide Hazard Zonation. A Review of Principles and Practice.* », UNESCO, Paris, 63p.
- [10] : Idem.
- [11] : Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques 3p.
- [12] : www.constantine.free.fr.



PREMIERE

PARTIE

Fondement

Théorique



INTRODUCTION PREMIERE PARTIE

La ville contemporaine prend des proportions insoupçonnées et, pour la première fois de son histoire, elle cumule des taux d'urbanisation record.

En effet, la population mondiale vit dans son écrasante majorité dans les villes, les statistiques donnant un taux d'urbanisation avoisinant les quatre-vingt pour cent, ce qui est énorme.

La concentration des hommes et de leurs activités en milieu urbain est génératrice d'une multitude de risques de différents types et de diverses origines. Ainsi distingue-t-on des risques d'origine naturelle et d'autres d'origine anthropique (causés par l'homme), mettant en situation de danger permanent la vie des populations. Et ceci est encore exacerbé par le développement incessant de nouvelles technologies, renouvelant sans cesse la nature des dangers, chaque catastrophe remettant en cause la vieille alliance existant entre la ville et l'industrie.

Il existe deux familles de types de risques auxquels un territoire peut être exposé :

- **les risques naturels** : avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme, éruption volcanique...
- **les risques technologiques** : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, rupture de barrage, etc.

"La définition que je donne du risque majeur, c'est la menace sur l'homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la gravité est telle que la société se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre". (Haroun Tazieff)

L'existence d'un risque majeur est liée :

- d'une part à la présence d'un événement : **aléa**,
- d'autre part à l'existence d'**enjeux**, qui représentent l'ensemble des personnes et des biens pouvant être affectés par un phénomène.

Les conséquences d'un risque majeur sur les enjeux se mesurent en termes de vulnérabilité.

Un risque est la combinaison d'enjeux soumis à un aléa : **aléa x enjeux = risque**.

Il apparaît donc clairement que, sans enjeu, il ne peut y avoir de risque ; ce qui revient à dire que, loin des agglomérations, on ne peut parler de risques, d'où la notion de risques majeurs urbains.

«Les risques naturels se traduisent par la combinaison entre l'aléa qui est le phénomène naturel, potentiel et à la vulnérabilité des éléments exposés à ce phénomène, lié à la présence anthropique»¹³

¹³ Alexander 2005 : Alexander 2005 : Vulnerability to Landslides. *Landslide Hazard and Risk*. Wiley, Chichester, p 175-198.

Le risque est le croisement d'un aléa, d'un élément exposé et d'une vulnérabilité¹⁴. Il est généré par un aléa naturel survenant dans un milieu vulnérable. En effet, on ne parle pas de risque si le phénomène naturel ne menace pas l'activité humaine.

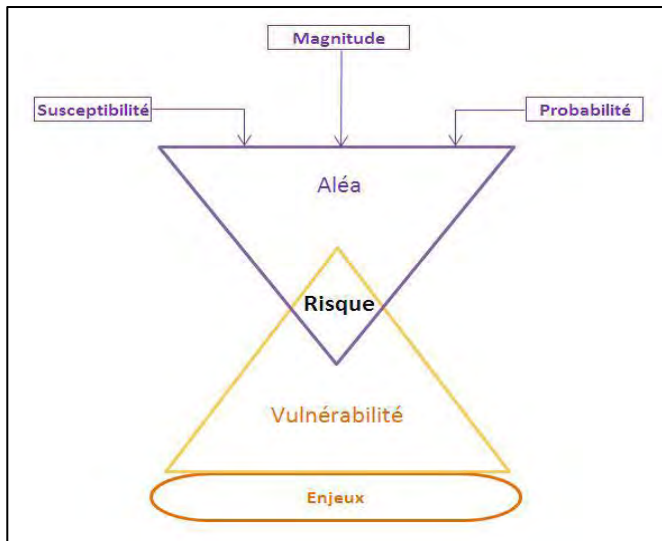


Figure 1 : Définition du risque naturel majeur.

Source : Clémence Guillard, 2009.

Le risque « glissement de terrain » est lié, d'une part à la présence d'un événement ou aléa qui est la manifestation d'un phénomène naturel géomorphologique, et d'autre part à l'existence d'enjeux qui représentent l'ensemble des conséquences ou des pertes attendues (vies humaines, blessés, dommages aux biens, à l'activité économique, aux moyens de subsistance, à l'environnement ou au patrimoine) sur un territoire.¹⁵

Plus d'un siècle les géologues, et plus récemment les spécialistes des sols ont tenté par divers moyens, de comprendre les mécanismes et les processus qui génèrent les mouvements de terrain et, plus précisément, les glissements de terrain. Ces processus, initialement naturels, sont devenus au fil du dernier siècle, de plus en plus liés aux activités anthropiques.

Dans ce fait nous avons axé notre étude selon trois chapitres principaux et qui en feront l'objet de nos travaux.

-Le premier chapitre traite le risque du mouvement de terrain en général et le glissement de terrain en particulier. A ce titre nous essayerons d'avoir une idée sur le phénomène de glissement de terrain, ses types et ses facteurs qui permettent le déclenchement du risque.

- Le deuxième chapitre abordera les pathologies des bâtiments affectés par le phénomène du glissement de terrain. Dans ce cadre on présentera les critères de vulnérabilité au risque du glissement de terrain ainsi que les méthodes utilisées pour son évaluation.

¹⁴ UNDRO, 1979:(United Nations Disaster Relief Coordinator), (1979): Natural Disasters and Vulnerability Analysis in Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979), UNDRO, Geneva.

¹⁵ Nicolas BIGAY : Evaluation quantitative et cartographique des conséquences potentielles directes de « l'enjeu économie » face aux risques hydro-géomorphologiques ; mastère 1, option : Analyse Economique et Gouvernance des Risques 2009,13p.

Cette dernière sera suivie par quelques cas pathologiques pour montrer les effets du risque glissement de terrain sur le cadre bâti.

-Le troisième chapitre, il traite l'objet de notre recherche à savoir, les techniques de prévention et la gestion du risque. Il donne un aperçu sur les outils de prévention que ce soit par la maîtrise de l'urbanisation et d'aménagement du territoire que par l'outil cartographique pour localiser les zones affectés par le risque du glissement de terrain.

Enfin, nous terminerons cette partie par la présentation des méthodes de confortement du sol dans le but de stabiliser le terrain en mouvement ainsi que par les techniques de réhabilitation pour renforcer les bâtiments affectés par le phénomène du glissement de terrain. Tout cela pour faire face au risque du glissement de terrain.

Les références

[13] : Alexander 2005 : Vulnerability to Landslides. *Landslide Hazard and Risk*. Wiley, Chichester, p 175-198.


[14] : UNDRO, 1979 :(United Nations Disaster Relief Coordinator): Natural Disasters and Vulnerability Analysis in Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979), UNDRO, Geneva.

[15] : Nicolas BIGAY : Evaluation quantitative et cartographique des conséquences potentielles directes de « l'enjeu économie » face aux risques hydro-géomorphologiques ; mastère 1, option : Analyse Economique et Gouvernance des Risques 2009,13p.



CHAPITRE I

**Contexte et cadre
général de la
recherche sur le
mouvement de
terrain**



◆ INTRODUCTION

De nombreuses régions du monde sont confrontées à des phénomènes naturels susceptibles de provoquer des catastrophes. Ces phénomènes sont d'origines très variées : **géophysique** avec le séisme et les éruptions volcaniques, **hydrométéorologique** avec les cyclones et tempêtes, les inondations et les avalanches ou bien encore **géomorphologique** avec les mouvements de terrain. Leurs fréquences et leurs intensités varient d'une région à une autre.

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels d'origine très diverses, résultant de la déformation de la rupture et du déplacement du sol. Ils provoquent mondialement la mort de 800 à 1000 personnes/an et causent des préjudices économiques et des dommages considérables. De nombreux paramètres, naturels ou anthropiques, conditionnent l'apparition et le développement des mouvements de terrain (géologie, hydrogéologie, urbanisation...etc.).

En 1979, la commission sur les mouvements de terrain de l'association internationale de géologie de l'ingénieur, estimait que 14% des pertes de vie humaines lors des catastrophes naturelles pouvaient être attribuées aux mouvements de terrain.

-Selon TIANCHI 1989, les mouvements induits par les séismes dans les LOESS en CHINE ont provoqué la mort de centaines de milliers de personnes au 19^{ème} siècle. En 1920, le séisme de NINGXIA a provoqué des glissements de terrain massifs dans les LOESS entraînant la mort d'au moins 100000 personnes.¹⁶

I. 1. MOUVEMENTS DE TERRAIN

I. 1. 1. Définition du mouvement de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement plus au moins brutal du sol ou du sous-sol, sous l'effet d'influence naturelle (agent d'érosion, pesanteur, séisme...etc.) ou anthropique (exploitation, déboisement, terrassement,...etc.). Ce phénomène comprend diverses manifestations : lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.

I. 1. 2. Types de mouvement de terrain

Le mouvement de terrain a pour caractéristique d'être difficilement prévisible et constitue un danger pour la vie humaine en raison de son intensité, de la soudaineté et du caractère dynamique de son déclenchement.

Selon la vitesse de déplacement, deux ensembles peuvent être distingués :

¹⁶ OLIVIER MAQUAIRE, aléa géomorphologique (mouvement de terrain), mémoire de recherche, 2002 ; 17p.

Les mouvements lents et les mouvements rapides. Seuls les mouvements rapides sont directement dangereux pour l'homme. Leurs conséquences sont d'autant plus graves que les masses déplacées sont importantes. Les conséquences des mouvements lents sont essentiellement socioéconomiques ou d'intérêt public.

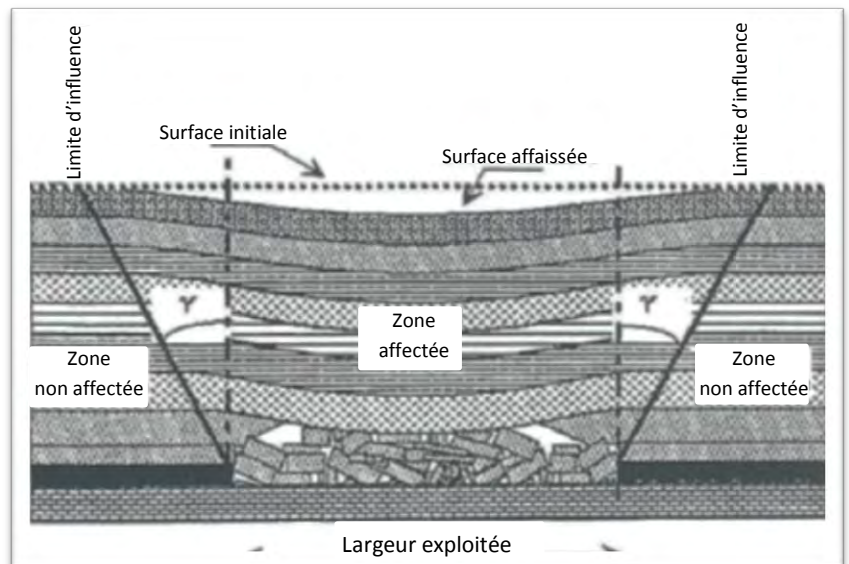
I. 1. 2. 1. Les mouvements lents et continus

Ces mouvements entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Ils regroupent : l'affaissement, le tassement, le glissement, la solifluxion, le fluage, le retrait-gonflement et le fauchage. Ils touchent principalement les biens, à travers la fissuration des constructions. Ces désordres peuvent se révéler si grave pour la sécurité des occupants et par conséquent la démolition des bâtiments s'impose.

❖ L'affaissement

L'affaissement c'est une dépression topographique en forme de cuvette à grand rayon de courbure dû au fléchissement lent et progressif du terrain de couverture avec ou sans fractures ouvertes. Dans certains cas il peut être le signe annonciateur d'effondrement des bâtiments,

Figure 2 : *Affaissement lié à une exploitation ancienne avec un recouvrement d'une centaine de mètres. Source : INERIS : institut national de l'environnement industriel et des risques.*



Cet affaissement crée un tassement différentiel sur les fondations qui se traduit par des fissures plus ou moins importantes et ouvertes, parfois traversantes, allant de la dégradation du ravalement à la ruine des murs porteurs, en passant par le blocage des portes et fenêtres.¹⁷

¹⁷ Plan de prévention du risque mouvements de terrain Chaville ; direction départementale de l'Équipement Hauts-de-Seine ; Atelier Urbanisme et Habitat ; 2005 ; 13p.

❖ Le tassement

Le tassement c'est une diminution de volume de certains sols (vases, tourbes, argiles...etc.), sous l'effet des charges appliquées et de l'assèchement. Ce phénomène peut être de grande extension et affecte des agglomérations entières (Mexico, construite sur des alluvions, s'est tassée de sept mètres depuis le début du siècle par exploitation excessive de la nappe).

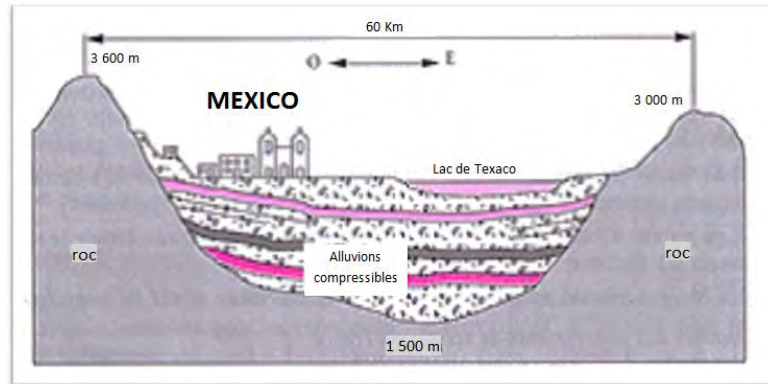


Figure 3 : Schéma Explicatif des phénomènes: Tassement à MEXICO

Source: Risques d'effondrement de bâtiments et les mouvements de terrain. <http://www.csdivonne.fr.st>

❖ Le glissement de terrain

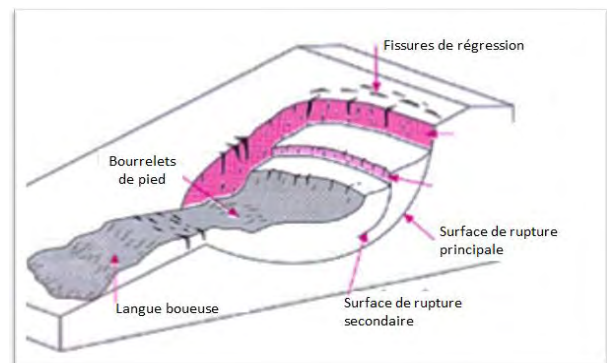
Il s'agit du déplacement lent d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture. Cette surface a une profondeur qui varie de l'ordre du mètre à quelques dizaines de mètres dans des cas exceptionnels. Les volumes de terrain mis en jeu sont considérable, les vitesses d'avancement du terrain peuvent varier jusqu'à atteindre quelques décimètres par an.

*Se produisent généralement en situation de forte saturation des sols en eau.

Figure 4 : Schéma Explicatif du phénomène :

Glissement de terrain

Source: Risques d'effondrement de bâtiments et les mouvements de terrain. <http://www.csdivonne.fr.st>

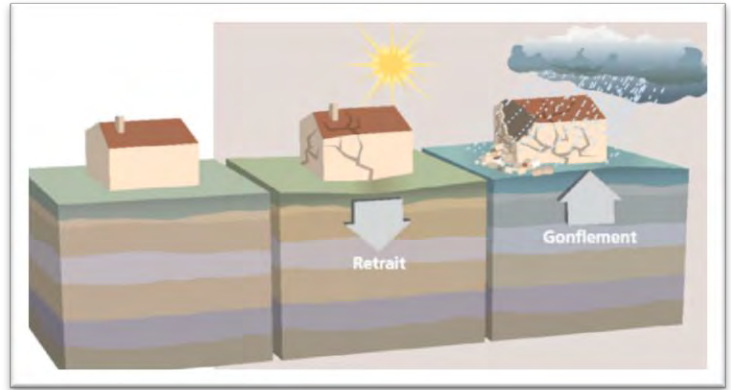


❖ Le retrait-gonflement

Le retrait-gonflement se manifeste dans les sols argileux, il est lié aux variations d'eau dans le sol. Lors des périodes de sécheresse, le manque d'eau entraîne un tassement irrégulier du sol en surface (retrait). A l'inverse, un nouvel apport d'eau dans ces terrains produit un phénomène de gonflement.

Figure 5 : Schéma Explicatif des phénomènes : Retrait –Gonflement

Source: [www. Prim.net](http://www.Prim.net)



❖ Le fluage

Le fluage est caractérisé par des mouvements lents et continus, mais à des vitesses faibles. Dans le cas du fluage, il est difficile de mettre en évidence une surface de rupture. Le mouvement se produit généralement sans modification des efforts appliqués (contrairement aux glissements) : en fait le matériau est sollicité à un état proche de la rupture. Ce type de mouvement peut : soit se stabiliser, soit évoluer vers une rupture. La figure ci-après (figure 6) montre le mécanisme du phénomène de fluage.

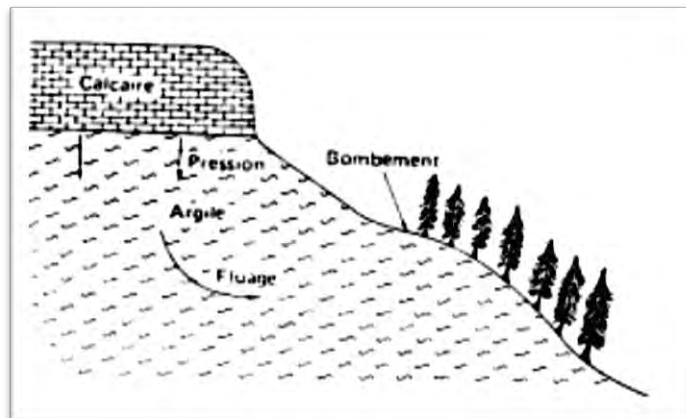


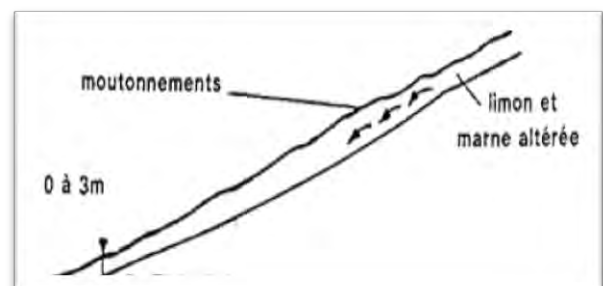
Figure 6 : Le phénomène de fluage.

Source : THOMAS LEBOURG

❖ Solifluxion

La solifluxion est un phénomène d'écoulement des sols en surface sur des pentes très faibles. Elle correspond à un mouvement de masse superficiel qui est déclenché lorsque la charge en eau dépasse le seuil de plasticité du matériau. Le sol peut alors fluer dans la pente sur un plan de décollement saturé d'eau.

Figure 7 : Phénomène de la Solifluxion. Source :
Risque mouvement de terrain Commune de Clouange.
http://www.moselle.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Noticie_cl1d1a2c.pdf



I. 1. 2. 2. Les mouvements rapides et discontinus

Ils se propagent de manière brutale et soudaine. Ils regroupent l'effondrement, les chutes de pierres et de blocs, l'éboulement et les coulées boueuses.

Les mouvements rapides touchent majoritairement les personnes, avec des conséquences souvent dramatiques. Ces mouvements ont des incidences sur les infrastructures (bâtiments, voies de communication...etc.), allant de la dégradation à la ruine totale.

❖ Les effondrements de cavités souterraines

Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus au moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique.

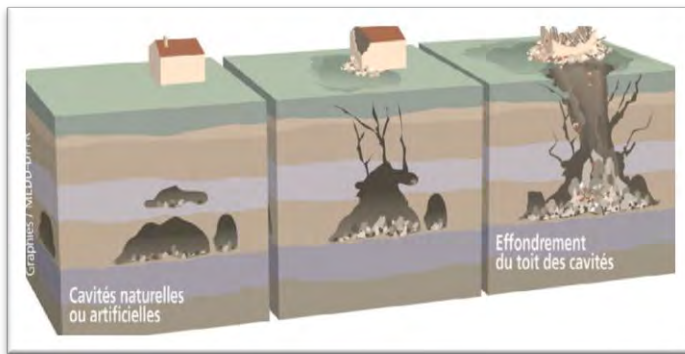


Figure 8 : Schéma Explicatif des phénomènes : Effondrements des cavités souterraines

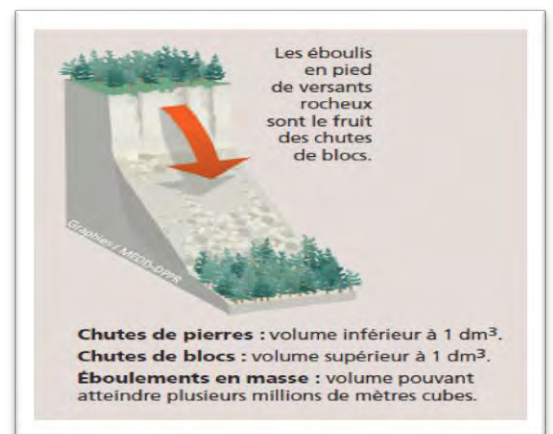
Source: [www. Prim.net](http://www.Prim.net)

❖ L'éboulement, chutes de blocs et de pierres

L'évolution des falaises et des versants rocheux engendre des chutes de pierres (volume $< 1 \text{ dm}^3$), des chutes de blocs (volume $> 1 \text{ dm}^3$), ou des écroulements en masse (volume pouvant atteindre plusieurs millions de m^3).

Figure 9 : Schéma Explicatif des phénomènes : les éboulements, chutes de blocs et de pierres

Source: [www. Prim.net](http://www.Prim.net)

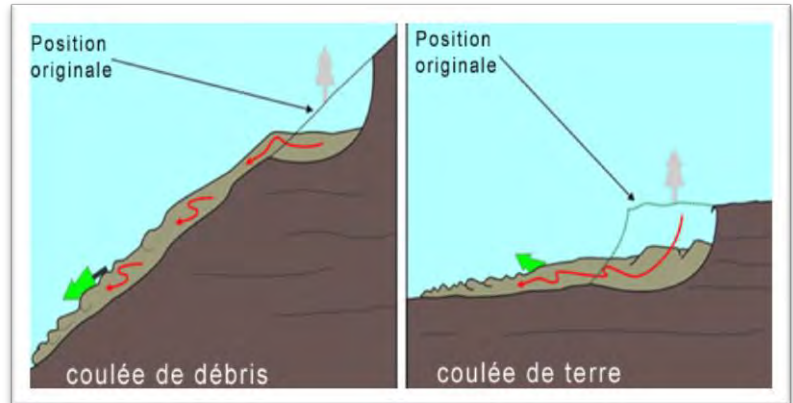


❖ Les coulées de boues et laves torrentielles

Il s'agit d'un mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Ces coulées de boues prennent fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain.

Figure 10 : Schéma qui illustre une
coulée de boue

Source: www.atlas.nrcan.gc.ca/auth/francais/nrcan

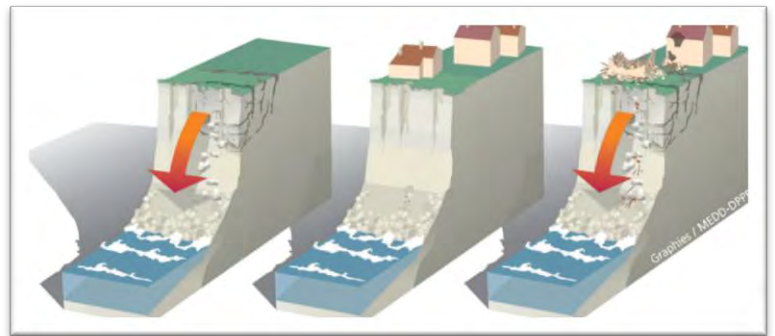


❖ Erosion littorale

Les zones littorales sont soumises à un recul quasi généralisé : glissements ou effondrements dans le cas de côtes à falaises, érosions dans le cas de côtes basses sableuses.

Figure 11 : Schéma Explicatif des
phénomènes : L'érosion littorale

Source: www.Prim.net



I. 1. 3. Le processus du glissement de terrain

Les glissements de terrain peuvent se produire sur des pentes modérées à raides de 10° à 40° degrés et se différencient selon la nature du sol et l'influence de l'eau ; Les mouvements de terrain varient par leur vitesse et par leur forme.

I. 1. 3. 1. Les types des glissements de terrain

Les glissements de terrain apparaissent plutôt le long des surfaces planes et dans tous types de matériaux. Ils correspondent au déplacement d'une masse de terrains meubles ou rocheux au long d'une surface de rupture (plane, circulaire ou quelconque). Selon la géométrie de cette surface, on peut distinguer trois types principaux de glissements :

❖ Glissement plane (translatif)

Lors d'un glissement plane, les couches de l'ensemble de terrain se déplacent selon une surface plus ou moins plane. Il s'étend sur une surface très vaste allant jusqu'à 30 km². L'épaisseur des masses glissées peut atteindre plusieurs dizaine de mètres.

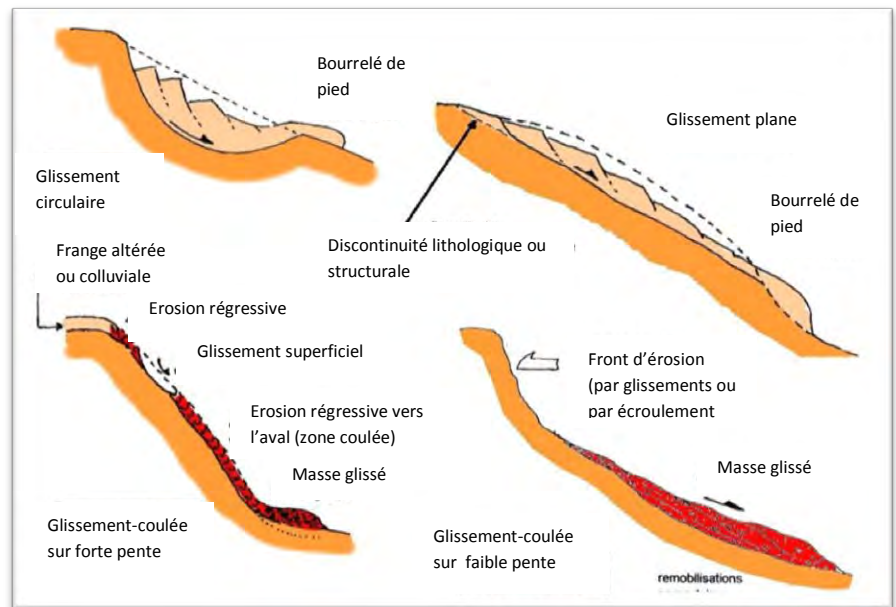
❖ **Glissement circulaire ou rotatif**

Lors d'un glissement circulaire, la masse se déplace vers l'aval le long d'une surface de rupture circulaire. Habituellement, les glissements de type circulaire sont de faible volume et le déplacement des matériaux est limité.

❖ **Glissement quelconque**

Le mouvement est très semblable au précédent dans son allure externe, mais la section verticale de la surface de glissement est de forme irrégulière. Il s'agit souvent d'une combinaison des deux cas précédents.

Figure 12: Les types de glissements de terrain.
Source: www.brgm.fr



I. 1. 3. 2. La classification du glissement 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.

Classification d'après la profondeur de la surface de glissement (en m sous la surface du sol)

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

Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement en cm par an à long terme)

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

Tableau 1 : La classification de glissement de terrain.

Source: Office fédéral de l'environnement Division Prévention des dangers;2009.

❖ Glissement superficiel

Dans les pentes où la couche superficielle se trouve en état d'équilibre limite, une dégradation temporaire de la qualité du sol, par saturation lors de pluies notamment, entraîne soit des écoulements sans limites nettes (solifluxion), soit des glissements avec des arrachements superficiels mettant à nu la surface. La profondeur limite théorique admise entre glissement profond et superficiel est de 2 m.

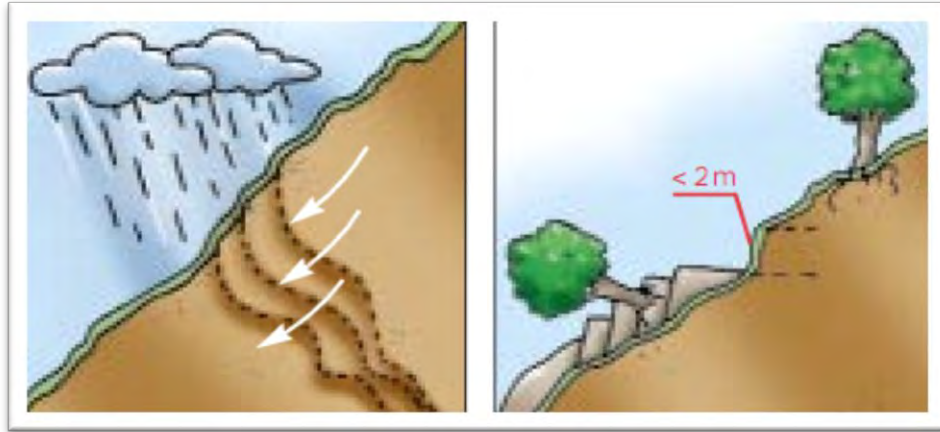


Figure 13: Schémas Solifluxion, Glissement superficiel. Source : www.sieng.ch

Le glissement superficiel peut être actif ou peu actif. Un glissement superficiel est actif quand il montre un mouvement supérieur à 10 cm/an. Rappelons que le classement retenu fait l'état de la situation lors du levé topographique sur le terrain et qu'un glissement actif peut se stabiliser (par réduction progressive de la pente et colonisation par la végétation par exemple) Par ailleurs, un glissement peu actif, peut par moment entrer dans une phase rapide (rupture soudaine).



Photo 1 : Glissement superficiel le long des berges du Rhône. Source: www.sieng.ch

❖ Glissement profond

Le glissement profond est caractérisé par la présence de niches d'arrachement, généralement multiples, bien marquées, avec un déplacement d'une masse de matériaux meubles ou rocheux le long d'une ou de plusieurs surfaces de glissement situées en profondeur et de moindre résistance.

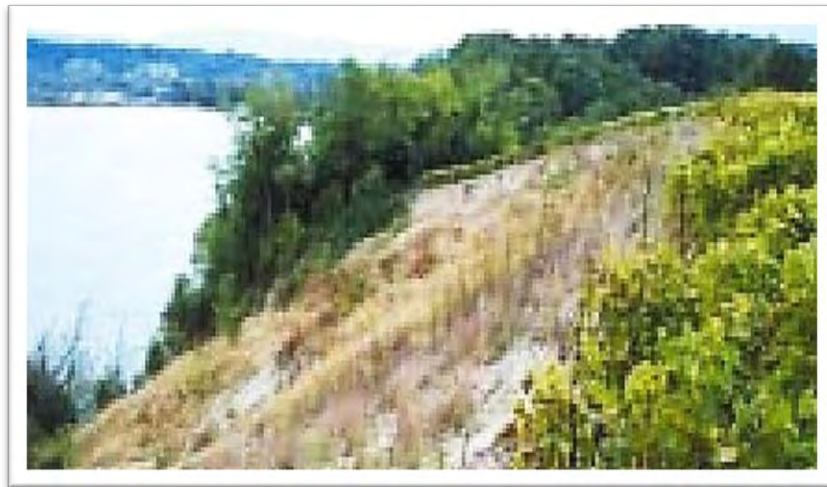


Photo 2 : Glissement profond dans la région de Peney. Source: www.siang.ch

I. 1. 4. Les facteurs intervenant dans les processus d'instabilité des terrains

Le passage de l'état stable à l'état instable est lié à des causes nombreuses et variées qui viennent s'ajouter aux conditions initiales, intrinsèques au terrain. On distingue plusieurs facteurs qui influencent le phénomène du mouvement de terrain.

-Ils correspondent à l'action naturelle ou anthropique nécessaire au déclenchement d'un glissement de terrain. Cette action déclenchant peut être liée à un ou plusieurs stimuli externe (pluie intense, séisme,...etc.)¹⁸.

I. 1. 4. 1. Action et influence de l'eau

La variation des conditions hydrauliques est l'une des principales causes de glissement de terrain et son action dans la rupture de l'équilibre se manifeste à travers plusieurs façons et à différents stades. C'est principalement, la pluviométrie que les auteurs s'accordent à considérer comme étant le facteur le plus influent, et plus particulièrement, ils montrent une occurrence entre des mouvements et des pluies de fortes intensités.¹⁹ Les eaux provenant des ouvrages construits par l'homme : pratiquement tous recevant ou transportant de l'eau peuvent être à l'origine de glissement de terrain. L'action de l'eau sur différent type de sol, mais surtout pour les sols fins et argileux, l'apport d'eau entraîne une baisse de résistance du milieu.

¹⁸ Cruden & Varnes 1996

¹⁹ Cartier et Delmas, 1984.

I. 1. 4. 2. Action de la pesanteur

L'action de la pesanteur est le moteur principal du mouvement. La stabilité d'un bloc est donnée par le rapport entre les forces stabilisantes et les forces déstabilisantes. On parle du facteur de sécurité (F). Si celui-ci est inférieur à 1, il y a rupture de l'équilibre, et s'il est supérieur à 1, il y a conservation de l'équilibre. Si l'on augmente le poids d'un bloc ou d'une portion de terrain, cela engendrera une augmentation des forces déstabilisantes et le rapport F diminuera jusqu'à atteindre le seuil d'équilibre limite avant rupture. L'action de la pesanteur, en tant que facteur de mouvement, est intimement liée à l'action anthropique, car le plus souvent l'homme change les conditions du milieu vers et parfois au-delà de la limite de rupture, soit par surcharge, soit par suppression de la butée en pied.²⁰

I. 1. 4. 3. La nature des terrains

La nature des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ce phénomène tout comme l'eau et la pente. La très grande majorité des glissements apparaissent dans des terrains argileux ou dans des formations grenues suffisamment chargées en argile pour que ce matériau impose son comportement. La prédisposition au glissement des terrains fins et argileux tient d'abord du rôle que peut jouer l'eau sous ses diverses formes.

I. 1. 4. 4. Les actions mécaniques externes

La pente du versant, les fouilles et affouillements au pied du versant, le déboisement du site et la surcharge déposée sur une pente, peuvent avoir des conséquences sur la stabilité des terrains.

- Suppression de la butée de pied de versant

La suppression de la butée de pied peut avoir plusieurs origines :

- ✓ Par terrassement
- ✓ Par affouillement ou érosion régressive : exemple Bardo
- ✓ Par dragage : fouille réalisée sous l'eau.

- Implantation des surcharges sur un versant

Il peut s'agir d'un remblai (route, terrasse...etc.), d'un immeuble fondé superficiellement, d'un mur de soutènement, d'une décharge, d'un stockage, d'un gros engin de chantier...etc. Lorsqu'elles sont placées en haute ou à mi- pente d'un versant, les surcharges sont fréquemment à l'origine d'un glissement de terrain.

A l'inverse, les surcharges de pied de versant, par le couple stabilisateur qu'elles apportent, accroissent pratiquement toujours la stabilité du site.

²⁰ Besson, 1996 : « *les risques naturels en montagne traitement, prévention, surveillance* » Ed : Artès-Publial, Grenoble, 438p.

I. 1. 4. 5. Actions sismiques

Les séismes, par la mise en vibration des éléments du sol et la modification des conditions de pesanteur peuvent être à l'origine de la déstabilisation des masses en place.

Nous avons vu également dans les milieux meubles saturés, un séisme donnant naissance à une pression interstitielle qui peut entraîner la liquéfaction instantanée, partielle ou totale du milieu.

I. 1. 4. 6. Action de déboisement

Le déboisement d'un versant entraîne fréquemment, l'apparition de glissement de terrain. Il désorganise le terrain en profondeur et favorise ensuite la pénétration des eaux dans la masse.

Le rôle stabilisateur des arbres tient à plusieurs facteurs :

- L'ancrage par les racines
- Le drainage par évapotranspiration
- La rétention des eaux de pluie : l'eau retenue par des feuilles et la couverture du sous-bois.
- La protection contre l'érosion.

I. 1. 4. 7. Actions anthropiques

L'action anthropique qui influe sur l'aléa : lors des chantiers de construction, les opérations de terrassements peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied stabilisatrice d'une masse de terrain, ou bien augmenter la pente d'un versant composé de matériaux pas assez cohérents pour cette nouvelle topographie. Le remblai engendre une surcharge pouvant déclencher ou aggraver un glissement.

I. 1. 5. Conséquences sur les personnes et les biens (enjeux)

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.²¹

Les mouvements de terrain rapides et discontinus (effondrement de cavités souterraines, écroulement 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;

²¹ Guide générale, les risques majeurs, ministère de l'écologie et du développement durable, 2004, 30-31p.

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

Les éboulements et chutes de blocs peuvent entraîner un remodelage de paysage ; 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.

Pour les mouvements lents, il n'y a pas de risque humain direct et leurs conséquences sont essentiellement socio-économiques ou d'intérêt public. Ce sont des dommages structurels très importants qui mènent à la ruine ou de fréquents arrêts de péril et d'évacuation (destruction totale ou partielle d'ouvrages de construction : habitations, infrastructures routières...).

De façon indirecte, ce sont des perturbations au niveau de l'activité et des pertes financières importantes.

I. 2. EXEMPLES DE MOUVEMENT DE TERRAIN A TRAVERS LE MONDE

I. 2. 1. Les coulées boueuses à Rio de Janeiro

Appeler aussi "glissements de terrains liquides" qui sont très souvent la conséquence de la déforestation. La couche superficielle du sol, soumise à de fortes précipitations, se décroche et glisse en masse visqueux le long de la pente.



Photo 3 : coulée de boue dans la région de Rio, ont fait 205 morts

Source : www.zone-ufo.com

Les favelas (bidonvilles) qui poussent comme des champignons sur les collines autour de Rio de Janeiro y sont particulièrement exposés. Les coulées sont caractérisées par le transport de matériaux sous forme plus ou moins fluide, sur les versants ou dans le lit des torrents (thalweg). Souvent rapides et extrêmement dangereuses, les coulées sont déclenchées par un excès d'eau (pluies exceptionnelles, fonte des neiges ou d'un glacier...etc.).²²

²² LADGHEM CHIKOUCHE Fadila : Prévention du risque mouvement de terrain par l'utilisation des paramètres géotechniques ; thèse magistère, option: Géotechnique 2009, 38-39p.

I. 2. 2. Chutes de blocs

Les chutes de blocs proviennent de la dégradation d'une falaise ou d'un versant rocheux.²³

Photo 4 : Une "écaille" rocheuse Maupas.
France

Source : [Laboratoire centrale de pont et
chaussée (1996)]



I. 2. 3. Cavité souterraine

Il s'agit de cavité naturelle lentement rongée par l'eau durant des millénaires ou de carrière souterraine ayant servi à l'extraction de minerai et de matériaux de construction, il est évidemment plus dangereux de vivre au-dessus d'un trou qu'à côté.²⁴

Photo 5 : Effondrement d'une cavité naturelle par
dissolution du gypse

Bargement. France [1996]. Source: Ladghem
Chicouche Fadila.



I. 2. 4. Le tassement différentiel

Le sous-sol de la terre regorge de rivières, de lacs souterrains et de nappes phréatiques qui participent activement au cycle de l'eau. Dans les régions humides (marais, marécages, lagunes...etc.), certains sols argileux ou tourbeux peuvent gonfler et se tasser sous l'effet de l'eau ou, au contraire, de la sécheresse. Dans les deux cas, ceci a de graves conséquences pour les

²³ Idem, 40p.

²⁴ Idem, 40-41p.

constructions si on n'y prend pas garde. La tour de pise est un exemple de bâtiment construit sur un sol compressible et dont l'édification a posé des problèmes à des générations d'architectes.²⁵

Photo 6 : *La tour de pise [Italie 1990]*

*Source : Rapport du bureau des recherches géologiques
et minières*



I. 2. 5. Eboulement : (Falaise de Belle Fontaine)

Un éboulement tel que celui du 17 octobre 1991 à Belle fontaine en Martinique peut être cité en exemple, d'une part de l'impossibilité d'empêcher le déclenchement du mécanisme, et d'autre part de ce qui peut être entrepris en matière de prévention.

Photo 7 : *l'éboulement de la falaise de
Belle Fontaine [1991].*

*Source: Rapport du bureau des
recherches géologiques et minières*



I. 2. 6. Le glissement de terrain : à MUSSEAU, impasse Avalon

Le 17 novembre 2008, un phénomène spectaculaire survenu à l'impasse **Avalon Musseau** (Haut de Delmas). Il résulte de l'effet conjugué :

- D'une augmentation de surcharges sur un sol pas assez résistant.
- De circulation abondante d'eau dans le sol par infiltration d'eau due à des crues exceptionnelles.

²⁵ Goyallon J, Mouvement de terrain .Rapport du bureau des recherches géologiques et minières. France, 2000, 21 p.

- De l'effet d'un mouvement gravitaire.
- D'une diminution de la résistance et de la cohésion du sol.

Le glissement de terrain de l'impasse Avalon étant très localisé, il n'y a pas lieu d'évoquer l'hypothèse de séisme comme facteur indirect.

Photo 8 : Vue aérienne sur la localisation de l'impasse Avalon. Source: Bureau des mines et de l'énergie direction de la géologie et des mines service des mines ; 2008.



Photo 9 : Le glissement de terrain à l'impasse Avalon Musseau. Source: Bureau des mines et de l'énergie direction de la géologie et des mines service des mines ; 2008.

I. 2. 7. Le glissement de terrain (la Salle en Beaumont « Isère ») France.

En 1994, survenait un glissement de terrain emportant, une surface de 7 hectares de la Combe des Parajons sur une épaisseur moyenne de l'ordre de 10 m. Dans sa progression très rapide, le glissement a détruit six habitations, en faisant quatre victimes, coupant la route nationale RN85, barrant le ruisseau de la Salle, avec formation d'un lac qui a inondé quatre maisons. Finissant sa course sur l'église du village qu'il a partiellement détruit.

La dénivelée du glissement est de 110m et la niche d'arrachement laisse apparaître des dalles de calcaire fissuré avec de nombreux écoulements d'eau. La pente naturelle du versant était à l'origine d'environ 25° dans le tiers supérieur et 13° à 15° dans les deux tiers inférieurs.

Après glissement, la pente moyenne était de l'ordre de 10 à 15°. Le paramètre déclenchant semble de toute évidence l'accumulation d'eau faisant remonter la charge hydraulique et créant des pressions insupportables sur les niveaux argileux de couverture et pouvant aller jusqu'au soulèvement, puis glissement.

Photo 10 : *Glissement de terrain de la salle en Beaumont Isère. Source : Guide méthodologique : plan de prévention des risques naturels ; risques de mouvements de terrain.*



I. 2. 8. Glissement 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.

Photo 11 : *Stagnation des eaux en amont dans des fondations abandonnées. Source : ARAB Rabah, ZERMANI Messaoud, TABTI Saïd; 2009.*



Photo 12 : *Alimentation en eau de la zone glissée par ruissellement à partir des eaux stagnées en amont. Source : ARAB Rabah, ZERMANI Messaoud, TABTI Saïd; 2009.*



- Le déboisement total de la zone fortement perturbée.

Photo 13 : Déboisement total de la zone glissée.

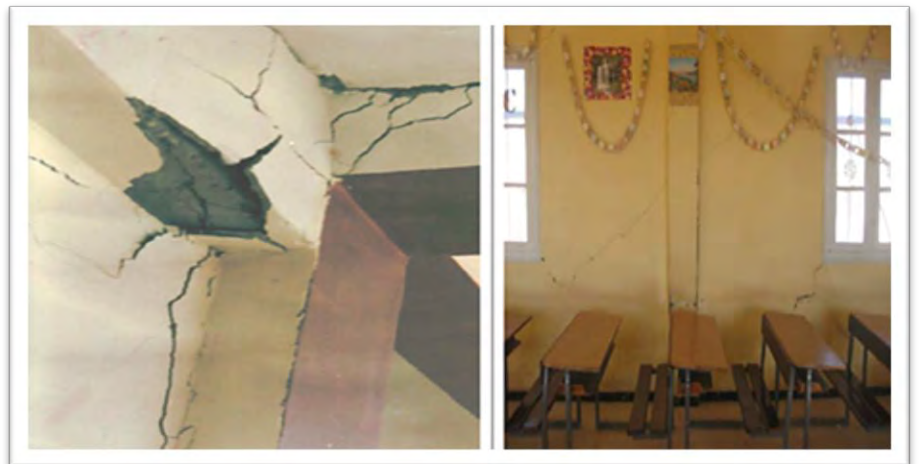
Source : ARAB Rabah, ZERMANI Messaoud,
TABTI Saïd; 2009.



I. 2. 9. 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.²⁶

Photo 14 : fissuration des poutres et des murs à Ain Hadjel. Source : CTC.



I. 2. 10. 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.

²⁶ LADGHEM CHIKOUCHE Fadila, prévention du risque mouvement de terrain par l'utilisation des paramètres géotechniques ; thèse magistère, thèse magistère, option: Géotechnique 2009,52-53p.

Photo 15 : Glissement de Tizi quartier de Bejaia.*Basculement d'une habitation.**Source : Bendadouche; PATHOLOGIE DES
GLISSEMENTS DE TERRAIN;2008.*

I. 2. 11. Glissement de terrain à Constantine

A côté des catastrophes naturelles qui ont ébranlé des villes algériennes ces dernières années, Constantine est touchée par les phénomènes des glissements de terrain. Ce phénomène semble être dû à la conjonction d'un certain nombre de facteurs intervenant dans les processus d'instabilité des terrains présentés dans la section (I. 1. 4.) à savoir : fragilité naturelle des lieux, La nature des terrains, infiltration des eaux pluviales, action et influence des eaux, mais surtout à la vétusté du réseau de distribution d'eau qui entraîne dans le sous-sol, et qui mine alors les fondations des habitations une perte très importante, Actions anthropiques.

✚ Exemple du glissement de Belouizdad

Les limites du glissement de Bélouizdad ont été déterminées sur la base des dégradations constatées dans le bâti. Cependant, certains indices de terrain, tel la fissuration des talus conglomératiques et la morphologie moutonnée des formations argileuses, ont contribué à une meilleure identification des zones instables. Ces limites s'étendent sur une longueur d'environ 1000m, entre le boulevard Bélouizdad et Oued Rhumel, et une largeur allant de 200 à 300 m.

La dénivelée entre l'escarpement de la tête du glissement (bien visible sur la rue Bélouizdad) et sa base est de l'ordre de 210m.

**Photo 16 :** Glissement de terrain à Belouizdad. [2002]. Source : DUC

✚ 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.



Photo 17 : *Vue partielle d'un alignement de constructions ayant subi des basculements à Boudraa Salah. Source: POS cité el Bir ;2003.*

◆ CONCLUSION

A l'instar de ce qui a été développé dans ce chapitre, il se dégage que les mouvements de terrain sont des ennemis redoutables, dans la mesure où leurs caractères imprévisibles et violents représentent un danger pour la vie humaine et les biens. Dans ce cadre et à travers notre recherche sur ce phénomène il est relevé deux types de mouvements bien distincts et qui sont les mouvements lents et rapides.

Les mouvements lents provoquent des changements progressifs qui peuvent se solder par des conséquences brutales, leurs dommages sont directs et touchent particulièrement les biens et équipements. Les mouvements rapides se distinguent par contre par leur frappe brusque et immédiate, et sont considérés comme un risque très dangereux pour l'homme.

Ces phénomènes d'instabilité de terrain se traduisent par une manifestation du sol ou du sous-sol lequel est soumis soit à des variations naturelles tels : le séisme, la pluviométrie très forte et la nature du sol,...etc. ou anthropique comme le déboisement, le terrassement, les exploitations des matériaux...etc. Les conséquences de ces mouvements se traduisent par des dégâts considérables au plan social et économique, ils provoquent des destructions de multiples habitations et infrastructures. Ces dégâts se distinguent sous forme de plusieurs pathologies où les critères de constructions peuvent jouer un rôle important dans la vulnérabilité du cadre bâti face au risque du glissement de terrain.

De ce fait, le chapitre suivant traite les critères de vulnérabilité des bâtiments face au risque du glissement de terrain. Cette partie sera illustrée par des cas concrets concernant les effets du mouvement de terrain sur les bâtiments à l'échelle nationale et mondiale.

Les références

- [16] : OLIVIER MAQUAIRE, aléa géomorphologique (mouvement de terrain), mémoire de recherche, 2002 ; 17p
- [17] : Plan de prévention du risque mouvements de terrain Chaville ; direction départementale de l'Équipement Hauts-de-Seine ; Atelier Urbanisme et Habitat ; 2005 ; 13p.
- [18] : CRUDEN DM, VARNES DJ ;(1996): "Landslide types and processes". Chap3, InTurner, A.K. Schuster, R.L. (eds), landslide: investigation and mitigation. Transportation research Board- national research council, special report 247, Washington, D.C, national academy press, p 36-75.
- [19] : CARTIER G., DELMAS Ph., (1984), Les mécanismes de mouvements de terrain : nécessité de la mesure des déplacements. Colloque "Mouvements de terrain", Caen.
- [20] : BESSON.L, (1996) : « *les risques naturels en montagne traitement, prévention, surveillance* » Ed : Artès-Publial, Grenoble, 438p.
- [21] : Guide générale, les risques majeurs, ministère de l'écologie et du développement durable, 2004, 30-31p.
- [22] : LADGHEM CHIKOUCHE Fadila : Prévention du risque mouvement de terrain par l'utilisation des paramètres géotechniques ; thèse magistère, option: Géotechnique 2009, 38-39p.
- [23] : Idem, 40p.
- [24] : Idem, 40-41p.
- [25] : Goyallon J, Mouvement de terrain .Rapport du bureau des recherches géologiques et minières. France, 2000, 21 p.
- [26] : LADGHEM CHIKOUCHE Fadila, prévention du risque mouvement de terrain par l'utilisation des paramètres géotechniques ; thèse magistère, thèse magistère, option: Géotechnique 2009,52-53p.

CHAPITRE II

L'impact du glissement de terrain sur le cadre bâti

◆ INTRODUCTION

Les mouvements de terre sont parmi les phénomènes géodynamiques les plus répandues et souvent les plus graves à la surface de la terre. Ils provoquent une modification naturelle et continue du relief. Le glissement de terrain est 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. Il se développe dans un massif de sol meuble ou de roche argileuse tendre et se produit dans des circonstances très variées, affectant les ouvrages construits par l'homme (déblais et remblais) ou, tout simplement, des pentes naturelles.

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.

Dans ce chapitre et avant de procéder à la présentation des dommages causés par l'apparition d'un mouvement de terrain, la première partie consiste à présenter les critères de vulnérabilité du bâtiment et à prendre connaissance des méthodes d'évaluation du glissement de terrain.

II. 1. VULNERABILITE DES BATIMENTS AU GLISSEMENT DE TERRAIN

En général, le glissement de terrain se caractérise d'une part par sa variation dans le temps et dans l'espace, il est fonction non seulement de la zone de mouvement et de la densité de la population, et d'autre part au niveau du développement économique et des moyens pour résister à cette crise. Naturellement, la catastrophe sera d'autant plus grande que le glissement soit proche d'un centre urbain, ou bien que son intensité soit plus au moins importante, tout comme la densité de la population et le niveau social de la ville. Cela représente donc plusieurs facteurs à considérer.

II. 1. 1. Risque et vulnérabilité au mouvement de terrain

On définit la *Vulnérabilité au mouvement de terrain* par le degré d'endommagement pour différents événements. La vulnérabilité dépend des caractéristiques physiques et géométriques des bâtiments. La vulnérabilité représente le comportement intrinsèque de la structure vis-à-vis de la probabilité d'occurrence d'un glissement de terrain.

* La littérature scientifique propose de nombreuses définitions de la vulnérabilité, dont Y.Manche²⁷ définit la vulnérabilité comme: « *une grandeur pouvait être évaluée par le niveau constaté ou potentiel d'endommagement d'un élément exposé donné soumis à l'action d'un phénomène déclaré ou pressenti d'intensité donnée, donc elle exprime le niveau de conséquence prévisible d'un phénomène naturel sur les enjeux* ».

* Dans le guide général des PPR (MATE/METL)²⁸ la vulnérabilité est le niveau de conséquence prévisible d'un phénomène naturel sur les enjeux.

II. 1. 2. Les différents types de vulnérabilité

Il existe deux types de vulnérabilité qui sont comme suit :

***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.²⁹

***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.³⁰

II. 1. 3. Les composantes de la vulnérabilité

On définit trois grandes familles d'éléments exposés, susceptibles d'être endommagés qui sont : les biens physiques, les personnes et les activités aux fonctions diverses.

-La vulnérabilité d'un bien structurel : elle est en fonction de l'intensité d'un phénomène donné et de la sensibilité de ce bien (facteurs de résistance physique).

C'est majoritairement le bâti qui est concerné et en particulier au regard des mouvements de terrain. L'objectif de l'étude est de déterminer les fragilités techniques des bâtiments ou infrastructures face au risque du glissement de terrain.

- L'analyse des facteurs socio- économiques vise à : définir les populations exposées par leur structure et leur mobilité (rythme de croissance, état sanitaire et alimentaire, niveau de formation et scolarisation,...etc.) et à repérer les facteurs de cohésion/décohésion et d'inégalités sociales et de segmentation. L'objectif de ce facteur est de l'utilisation possible de structures sociales existantes pour la transmission des informations.

²⁷ Y. Manche (1997)

²⁸ MATE/METL 1997

²⁹ Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques 53p.

³⁰ Idem.53, 54p.

- Les facteurs physiques, techniques et fonctionnels désignent : la qualité du bâti (matériaux et technique de construction, type d'habitat) et des infrastructures (Voiries, appareils industriels,...etc.).
 - La structure, le réseau et la qualité opérationnelle des organismes chargés de la prévention et de la protection civile (personnel, matériel et bâtiments de la croix rouge, des pompiers et des hôpitaux).
 - L'accessibilité et la disponibilité des flux et relais existants (système d'alerte, itinéraire d'évacuation, centre de secours).
 - l'organisation et la mise en œuvre des secours et des plans d'intervention lors des sinistres passés. L'étude de ces facteurs contribue à évaluer, a priori et a posteriori, l'efficacité des organismes et à repérer les blocages et les dysfonctionnements éventuels qui peuvent enrayer l'organisation des secours en cas de catastrophe.
- Les facteurs institutionnels et politico-administratifs, méconnus et difficiles à appréhender, concernent l'appareil législatif et réglementaire, ainsi que les rouages administratifs de prévention et de gestion des risques. Ils englobent donc les choix politiques de planification préventive (occupation et utilisation du sol, protection technologique, formation et éducation, politiques de relogement), les opérations de protection civile (plans d'intervention en cas d'alerte et d'urgence, mesures d'aide humanitaire) et enfin la gestion de l'après-crise, c'est-à-dire la phase d'adaptation de la population sinistrée et de réhabilitation des biens endommagés. La qualité des facteurs institutionnels peut être évaluée de deux manières : directement par l'analyse des textes légiférant en matière de risque en milieu urbain ; indirectement par l'impact des textes réglementaires mesuré à deux pas de temps, en situation de crise latente et au moment de l'urgence et de la catastrophe. Il s'agira de savoir comment l'information préventive et le message d'alerte sont transmis entre les décideurs, les relais administratifs régionaux et locaux et les citoyens menacés.

-La vulnérabilité d'une personne (corporelle) : elle est en fonction également de l'intensité du phénomène et des 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.). La vulnérabilité corporelle est prise en compte surtout dans le cadre des scénarios mouvement de terrain dont le but est aussi d'estimer les pertes humaines potentielles en fonction du niveau d'endommagement du bâti (vulnérabilité structurel).

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

- Les facteurs conjoncturels désignent le dysfonctionnements urbains et techniques, les blocages institutionnels ou durables des réseaux et des voies de communication interrompant le trafic et provoquant la panique, la désorganisation des mass media et donc le caractère équivoque des messages d'alerte et d'évacuation et les défaillances temporaires des responsables compétents ou des relais institutionnels locaux ou régionaux qui accentuent les effets de l'impact.

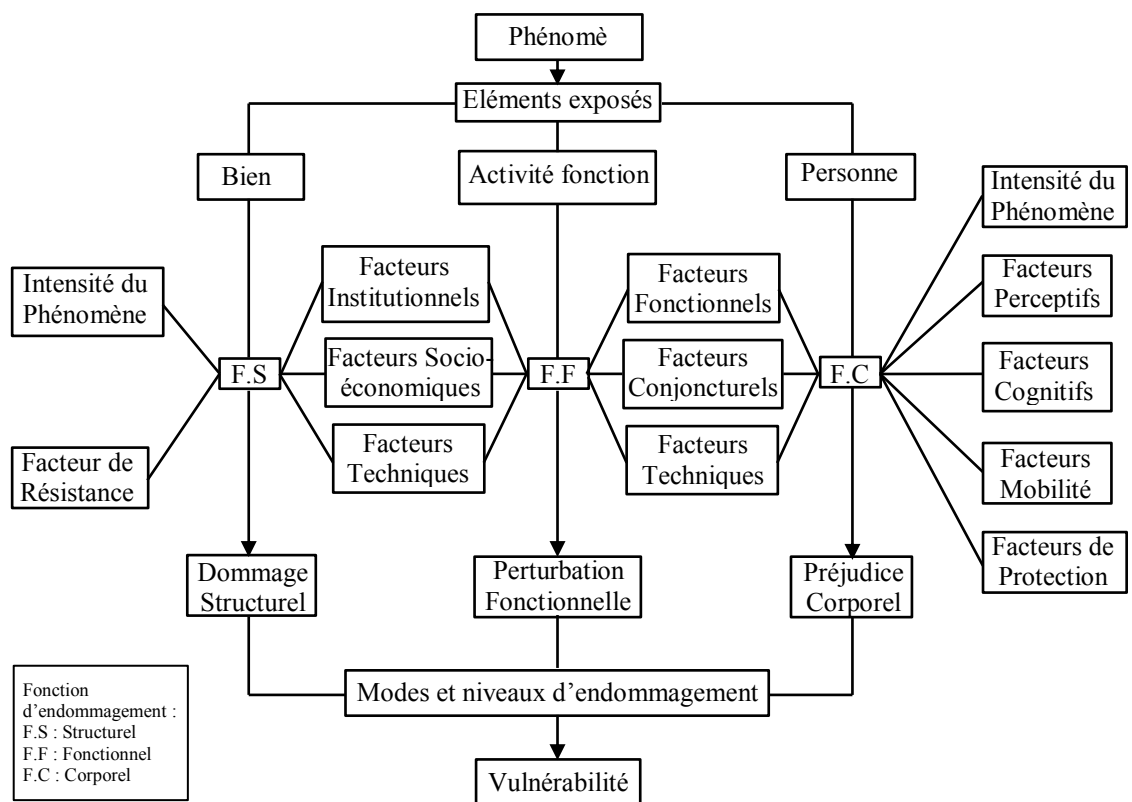


Figure 14 : Les Composants de la vulnérabilité.

Source : Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi, 1996.

II. 2. CRITERES DE VULNERABILITE

Afin de déterminer les bâtiments et les structures les plus vulnérables vis-à-vis du glissement de terrain au niveau d'une région, ou d'une ville, une méthode, permettant la compréhension et la maîtrise des critères de vulnérabilité est nécessaire. Elle permettra d'évaluer la vulnérabilité du bâti existant. La méthode de vulnérabilité sera divisée en deux étapes faisant intervenir différents critères de vulnérabilité. La première concernera la typologie des bâtiments, la seconde sera plus technique et prendra en compte les concepts structuraux, nécessitant l'avis d'expert afin de bien noter les bâtiments à étudier.

II. 2. 1. Première étape : Typologie du bâtiment

Dans le début d'un diagnostic d'un bâtiment, il faut en premier lieu commencer par la typologie de celui-ci, c'est à dire connaître sa structure, les types de matériaux utilisés (béton armé, charpente métallique ou en maçonnerie), l'année de construction ainsi que l'état d'entretien de ces matériaux et enfin la hauteur du bâtiment.

II. 2. 2. Deuxième étape : Implantation et Structure

II. 2. 2. 1. Implantation du bâtiment

Concernant la localisation et l'implantation du bâtiment à diagnostiquer, les facteurs essentiels à prendre en compte sont la pente générale du terrain et les changements brusques de pente du terrain.

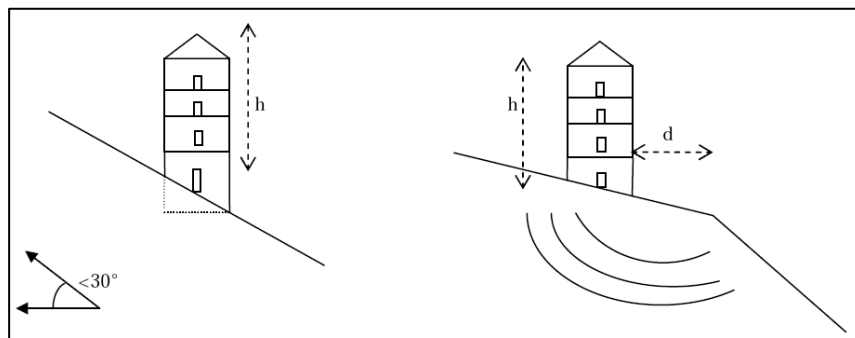


Figure 15 : La localisation et l'implantation du bâtiment par rapport à la pente.

Source: GARCIA JEAN-FRANÇOIS .2007.

Les terrains en pente sont soumis à de nombreux aléas naturels, tels que : les glissements de terrain ; ils impliquent nécessairement la prise en compte de ces risques.

Le sens du bâtiment peut être parallèle ou perpendiculaire aux courbes de niveau

Dans le cas d'une construction perpendiculaire aux courbes de niveau, l'influence du ruissellement et d'accumulation de neige seront moindre, par rapport aux bâtiments parallèles,

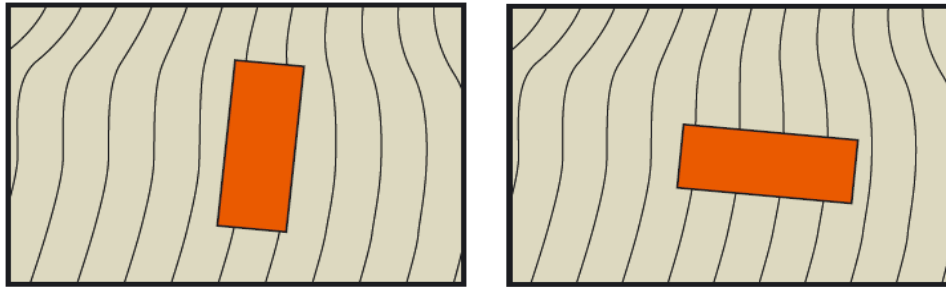


Figure 16 : *Disposition des bâtiments par rapport au sens de la pente.*

Source : Habiter en montagne aujourd'hui.

Http : //www.habiter-ici.com/IMG/PDF/fiche_pratique_02_pente.PDF

II. 2. 2. 2. Les effets des bâtiments avoisinants

Cette étape concerne les bâtiments avoisinants au bâtiment diagnostiqué. Il s'agit d'indiquer la présence ou non d'un joint de dilatation, la qualité de ce joint, ou bien la présence d'un bâtiment à proximité ne respectant pas une certaine distance.

II. 2. 2. 3. Configuration du bâtiment en plan et élévation

▪ Régularité en plan

La structure du bâtiment doit être capable de résister à des actions horizontales suivant les deux directions. Les éléments structuraux doivent avoir des caractéristiques de résistance et de rigidité similaires dans les deux directions principales, ce qui se traduit par le choix des formes symétriques. La forme idéale se rapproche d'une forme symétrique suivant un axe.

Voici les configurations de bâtiments favorables, certaines sont moins fréquentes que d'autres.

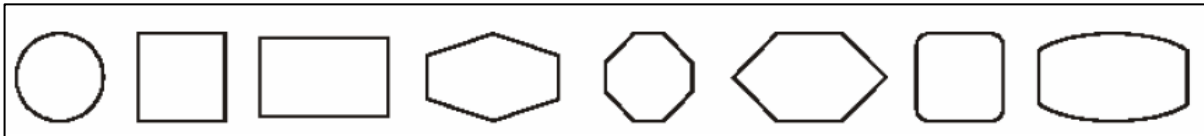


Figure 17: *Les formes idéales à la construction.*

Source : GARCIA JEAN-FRANÇOIS ; 2007.

Les formes rectangulaires apparaissent comme étant des formes intéressantes d'où il faut éviter les formes trop élancées. Les parties en décrochage sont des facteurs favorisant les torsions en plan, car elles provoquent une concentration de contraintes au niveau de l'angle droit de décrochage.

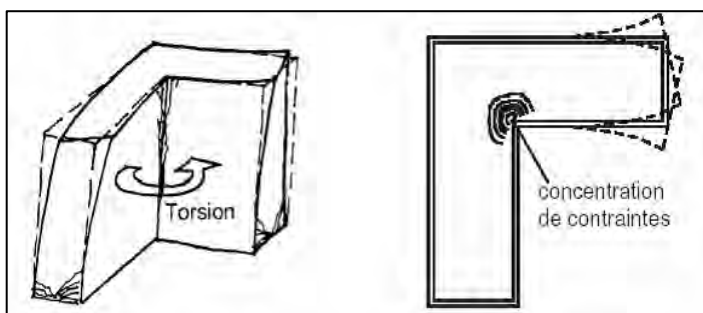


Figure 18 : *La torsion dans l'angle de décrochage.*

Source: GARCIA JEAN-FRANÇOIS ; 2007.

Les déplacements horizontaux du sol produisent des oscillations de torsion des constructions, couplées avec leurs oscillations latérales. Les effets des oscillations de torsion sont importants dans le cas des bâtiments de forme irrégulière ou possédant un contreventement excentré.

- **Ailes, volumes en saillie ou retraits d'étages solidaires des bâtiments**

Lors d'un mouvement de terrain, ces parties ont tendance à osciller à des fréquences différentes et se déforment donc à certains moments dans le sens opposé, vrillant autour des zones rigides. Il en résulte de fortes concentrations d'efforts dans les angles rentrants.

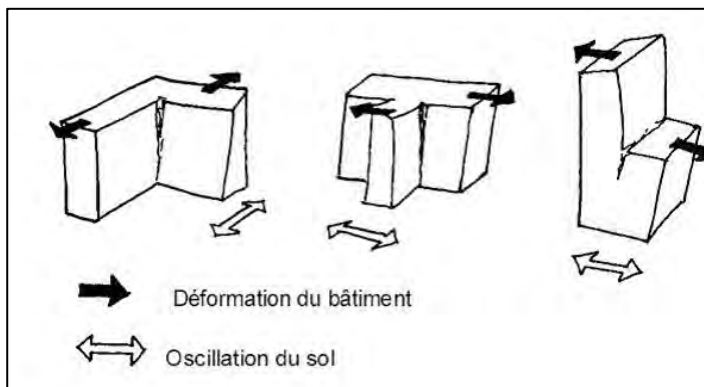


Figure 19 : *Domages dus à des différences de rigidité.*

Source: MILAN ZACEK; 2004

- **Elancement géométrique important**

Lorsque la hauteur du bâtiment est très grande par rapport à sa dimension horizontale, ses oscillations peuvent donner lieu à des efforts excessifs à la base des éléments porteurs verticaux des bâtiments non parasismiques, ce qui peut entraîner leur rupture et l'effondrement de l'ouvrage. En raison des déformations importantes des niveaux supérieurs, la chute d'éléments non structuraux est probable (éléments de façade, vitrages, cheminées, etc.).

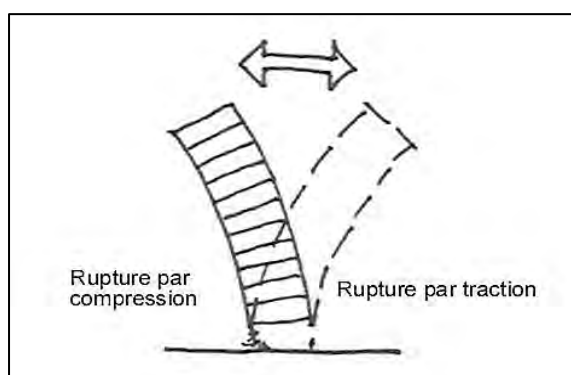


Figure 20 : *Rupture à la base des éléments porteurs verticaux des bâtiments non parasismiques élancés.*

Source : MILAN ZACEK; 2004.

- **Régularité en élévation**

En élévation, les principes de continuité se traduisent par un aspect régulier de la structure sans variation brutale de configuration ou bien de décrochage. De telles variations entraînent des sollicitations locales très élevées au niveau des arêtes de jonctions.

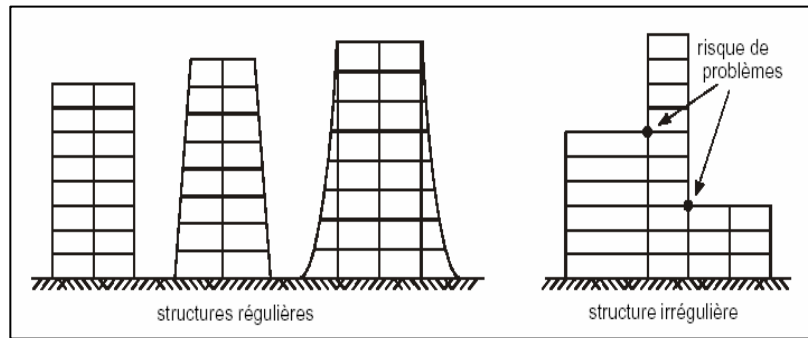


Figure 21 : Les problèmes d'irrégularité des structures.

Source: GARCIA JEAN-FRANÇOIS ; 2007.

II. 2. 2. 4. Définitions des critères de structure

▪ Contreventement par voiles

Ces éléments de contreventement (façades, pignons, refends) doivent être superposés sur toute la hauteur du bâtiment, continus des fondations jusqu'au sommet. Il convient donc de vérifier la présence d'un contreventement efficace dans les deux directions principales. En effet, de nombreux effondrements de bâtiments sous le mouvement du sol sont dus à l'insuffisance du contreventement.



Photo 18 : Effondrement d'un bâtiment dont le rez-de-chaussée n'était pas suffisamment contreventé (séisme de Kobé, Japon, 17 janvier 1995). Source: Milan ZACEK ,2004.

▪ Les poteaux

Lors du diagnostic d'un établissement, il faut vérifier la continuité des éléments porteurs verticaux. Il faut en effet vérifier la continuité des poteaux et des murs et constater que tous transmettent directement les efforts qu'ils reprennent jusqu'aux fondations.

▪ Les porte-à-faux

L'existence d'un porte-à-faux est un important critère de vulnérabilité ; en effet les porte-à-faux dépassant une certaine longueur sont très vulnérables en cas de mouvement de terrain.

Les normes de calcul des porte-à-faux sont impératives.

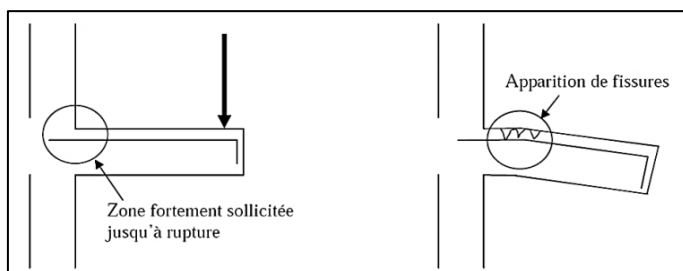


Figure 22 : Vulnérabilité dans les porte-à-faux.

Source : GARCIA JEAN-FRANÇOIS ; 2007.

▪ Bâtiments de largeur ou profondeur variable

Les parties de bâtiment plus étroites se déforment en général plus que les parties les plus rigides. Il s'agit d'une torsion d'ensemble, qui a pour conséquence l'endommagement des éléments porteurs verticaux dans les zones les plus éloignées de la partie rigide du bâtiment.

Par contre, la torsion est faible et inexistante lorsque la rigidité des parties étroites est augmentée par un contreventement renforcé.

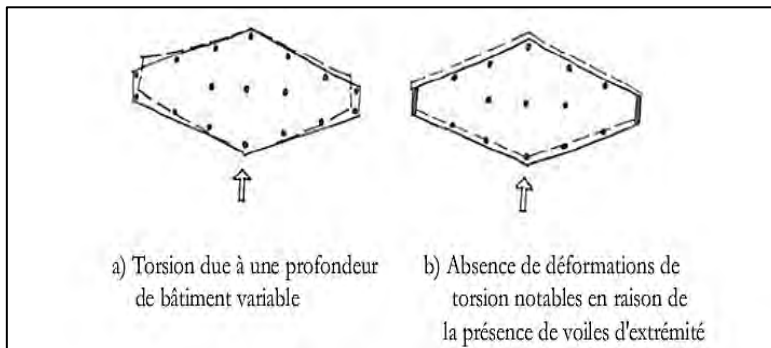


Figure 23 : Bâtiments ayant une largeur variable.

Source: **Milan ZACEK** ; 2004.

▪ Présence de niveaux « souples »

- ✓ Lorsqu'un niveau possède une rigidité horizontale très inférieure à celle des autres niveaux, lors d'un mouvement de terrain, il subit des déformations importantes, souvent fatales à la construction car elles conduisent à la rupture des poteaux et l'écrasement du niveau.
- ✓ Les niveaux transparents (vitrée) sont très fortement déconseillés dans les zones en mouvement car ils peuvent constituer un niveau à très grande flexibilité, les déformations (déplacements) se concentrent dans ces zones, l'effondrement du bâtiment est rendu fortement inévitable.

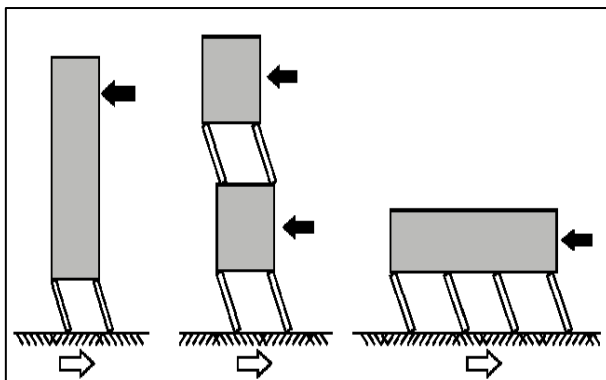


Figure 24 : Rupture des poteaux d'un niveau « souple ».

Source : **GARCIA JEAN-FRANÇOIS** ; 2007.

- ✓ Les constructions implantées sur une pente et possédant un niveau souple de hauteur variable sont particulièrement vulnérables car elles peuvent subir des oscillations de torsion, qui sont fréquemment à l'origine de la rupture des poteaux du niveau ouvert.

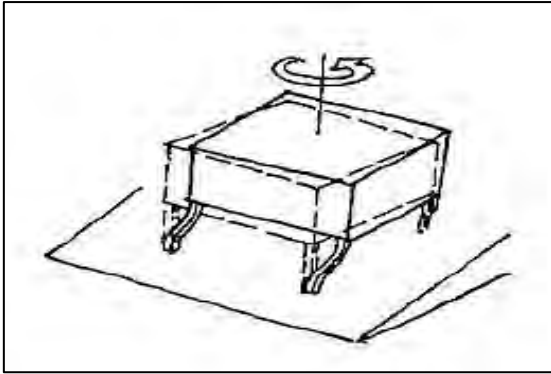


Figure 25 : Rupture des poteaux sous l'effet de torsion dans un terrain en pente.
Source: Milan ZACEK ; 2004.

- **Présence des joints de dilatation, de tassement ou de séparation**

Lorsque deux bâtiments ou deux corps de bâtiments sont séparés par un joint, leurs mouvements du sol sont indépendants. Lorsque la largeur des joints des bâtiments non parasismiques étant faible, il se produit en général, lors d'un glissement de terrain, des entrechocs qui peuvent entraîner des dommages graves.



Photo 19 : Dommages dus à l'entrechoquement de deux blocs de bâtiment séparés par un joint de dilatation thermique (séisme de Tokachi-Oki, Japon, 16 mai 1968).
Source: Milan ZACEK ; 2004.

II. 2. 2. 5. Eléments non structuraux

La destruction d'éléments non structuraux ne compromet pas la stabilité de l'ouvrage. Cependant, la chute de cheminées, panneaux de façade, corniches, vitrages, climatiseurs,... ou le basculement de chauffe-eau, citernes, réservoirs, etc., peuvent blesser les personnes, parfois mortellement .



Photo 20 : *La chute de briques de parement lors du séisme de Loma Prieta, Californie, 17 octobre 1989*

Source : MILAN ZACEK. 2004.

II. 2. 2. 6. Sol très mou ou hétérogène

Lorsque les bâtiments sont fondés sur des sols hétérogènes ou de faibles caractéristiques, on observe, que les dommages par le glissement de terrain aux bâtiments sont particulièrement élevés. D'une part, ces sols subissent des mouvements plus importants que les sols fermes et d'autre part, ils donnent souvent lieu à des tassements différentiels non négligeables.

Afin d'y résister, les bâtiments doivent posséder une bonne rigidité, plus particulièrement les niveaux enterrés et les fondations.

Par conséquent, pour une évaluation de la vulnérabilité d'une construction aux mouvements du sol, il est important de s'informer de la nature du sol de fondation. Les sols particulièrement dangereux sont les alluvions molles, les sables lâches et les argiles.

II. 2. 2. 7. Les méfaits de l'eau

Si un ouvrage a été construit en méconnaissance du niveau des plus hautes eaux :

- ✓ Celles-ci peuvent envahir les sous-sols, en démolissant les dallages trop imperméables par effet de sous pression,
- ✓ Elles imprègnent le sol de fondation, détériorant parfois sa force portante et provoquent ainsi des tassements anarchiques.
- ✓ Aussi, l'eau de pluie ruisselle sur les pentes et s'infiltré plus ou moins lentement suivant la perméabilité des couches superficielles. On lutte efficacement contre les eaux de ruissellement par un circuit de drainage, à la condition qu'il fonctionne tant tout au long de son parcours qu'à son exutoire.
- ✓ Parmi les autres méfaits des eaux de ruissellement et non des moindres, citons pour mémoire les glissements de terrain et le déversement des murs de soutènement.

- ✓ Les fuites d'eau des réseaux d'alimentation en eau potable (A.E.P) et d'assainissement peuvent être des causes d'affouillement et d'imprégnation en permanence du sol de fondation provoquant la perte de la force portante et tassements. Dès lors, la canalisation est souvent entraînée dans le mouvement ; elle s'ouvre et fuit davantage et personne n'est plus capable de dire si le sol a tassé à cause de la fuite ou si la canalisation s'est rompue par suite de tassement.
- ✓ Les argiles ont la propriété de pouvoir renfermer des quantités d'eau appréciables qui ont pour effet de modifier leur force portante, mais aussi pour certaines de les faire gonfler. La dessiccation produit l'effet inverse et peut conduire à des tassements.

II. 3. LES METHODES D'ÉVALUATION DU RISQUE GLISSEMENT DE TERRAIN

Les méthodes d'évaluation du risque glissement de terrain sont basées sur l'estimation des conséquences du phénomène sur les éléments exposés « les enjeux ».

Les démarches d'évaluation de la vulnérabilité sont variées³¹. Toutes les méthodes nécessitent l'identification des éléments exposés et la définition de leur valeur (monétaire ou non)³².

Il y a deux grandes approches complémentaires : rétrospective et prospective (figure n°26). 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. Ces facteurs constituent des causes de vulnérabilité pouvant être quantifiées au moyen d'indicateurs (socio-économique par exemple) ou bien appréciées qualitativement par le biais de diagnostics et d'enquêtes, puis éventuellement pondérés. Cette approche s'inscrit le plus

³¹ Glade. 2003

³² Maquaire et al. 2006

souvent dans une démarche d'évaluation du risque, donc prospective (en cartographie du risque par exemple).

*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 descriptions ou bien de quantifications poussées (bilans). Dans le cadre des approches prospectives (scénario), la caractérisation de l'endommagement revêt un caractère le plus souvent quantitatif de mesure et de prévention des dommages ou des pertes potentielles. La vulnérabilité y est alors exprimée :

- soit par un taux (coefficient) d'endommagement potentiel (0-1) renvoyant à une échelle d'intensité des dommages (échelles de vulnérabilité) et qui est calculé par rapport à la valeur économique de remplacement (vénale) de l'élément exposé (fonction d'endommagement ou de vulnérabilité). Chaque taux est en général accompagné d'une description des modalités d'endommagement. (Ex. : un taux d'endommagement de 0,1 correspond à un montant économique des dommages équivalent à 10% de la valeur marchande d'une habitation donnée. Cela peut correspondre à des dégâts structurels légers).
- soit par un taux de pertes potentielles et relatives (0- 100 %) s'appliquant à un stock d'éléments exposés de même nature susceptible d'être affectés par un même taux d'endommagement potentiel (fonction de pertes). (Ex. : un taux de pertes de 20% correspond à la proportion du bâti concerné par un taux d'endommagement donné).

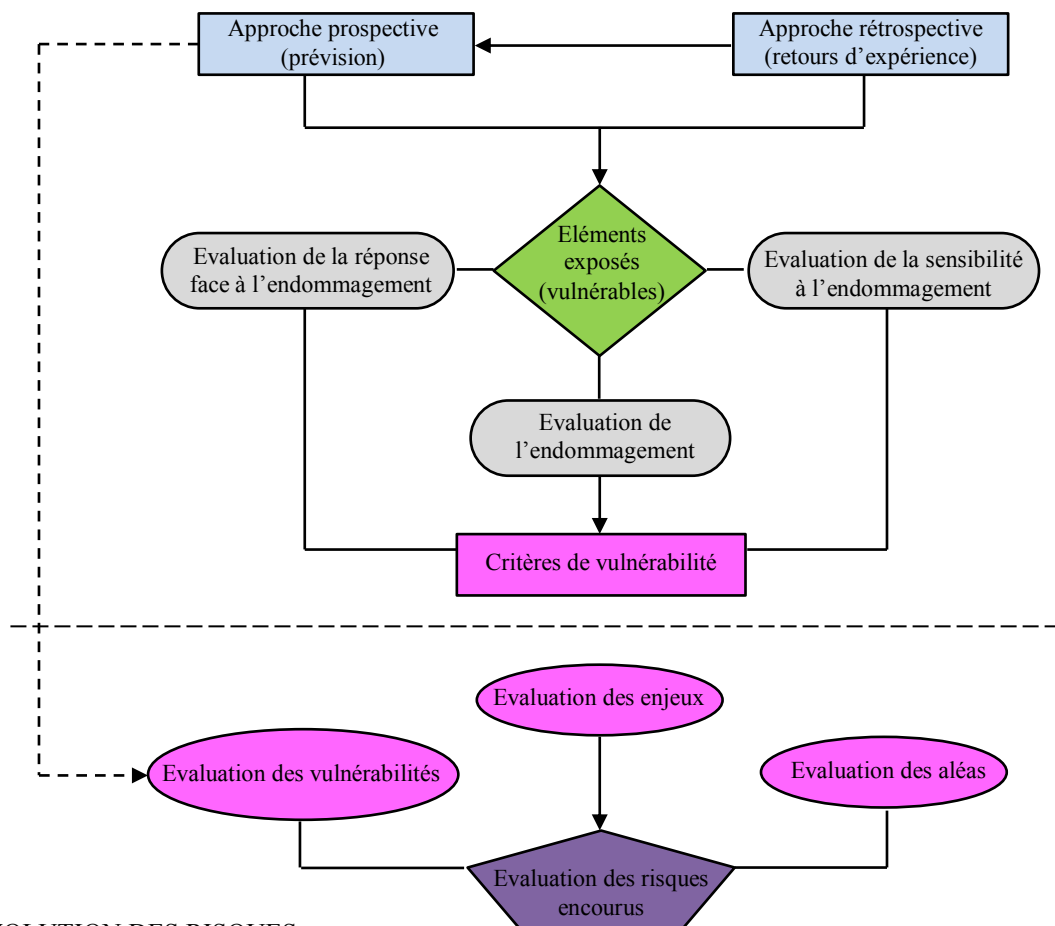
Le risque correspond alors à l'espérance mathématique du dommage ou des pertes (suivant le type de taux retenu) et son expression analytique est basée sur le produit de la composante temporelle de l'aléa (probabilité d'occurrence), des valeurs des enjeux et de la mesure de leur vulnérabilité (les taux en question). Il va de soi que ces taux d'endommagement ou de pertes dépendent de la nature des éléments exposés (leur résistance ou leur résilience) et de la magnitude du phénomène naturel impliqué (de leurs effets). Ils sont donnés dans le meilleur des cas par des fonctions dites d'endommagement (de vulnérabilité) ou de pertes³³.

*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). On peut cependant chercher à évaluer la capacité de réponse future d'un système dans

³³ Leone, 1996

le cadre de scénarios de gestion de crise basés sur un diagnostic (approche prospective dans ce cas-là). Pour simplifier, on peut établir des correspondances entre ces combinaisons d'approches et les termes usuels s'y rapprochant (figure n°26) : constats d'endommagement, diagnostics de vulnérabilité et scénarii d'endommagement et de gestion de crise, quitte à perdre une certaine information sur la diversité des approches entrant notamment au niveau des constats d'endommagement. Les constats d'endommagement peuvent prendre l'aspect ou l'intitulé de constats pathologiques, de retours d'expériences, d'analyses épidémiologiques, voire d'autopsies suivant les éléments vulnérables étudiés et les disciplines mobilisées (ingénierie, sociologie, médecine...).

EVOLUTION DES VULNERABILITES



EVOLUTION DES RISQUES

	Rétrospective (déclaré)	Prospective (potentiel)
Sensibilité à l'endommagement		Diagnostics de vulnérabilité
Réponse à l'endommagement	Constats d'endommagement	Scénarii de gestion de crise
Caractérisation de l'endommagement	Retours d'expérience	Scénarii d'endommagement

Figure 26: Synthèse graphique des différentes approches d'évaluation des vulnérabilités.
Source : Frédéric LEONE & Freddy VINET.

-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 donné³⁴.

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 n°2) permet de représenter le niveau d'endommagement en fonction du phénomène naturel et de l'enjeu.

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

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

I	Dommages légères non-structurels (gros œuvre non-touché). Stabilité non-affectée. Mobilier endommageable	0,01-0,1
II	Fissuration des murs, mais stabilité non-affectée. Réparation non-urgentes	0,2-0,3
III	Déformation 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 a total qui nécessite une évacuation du site et compromet toute réhabilitation.	0,9-1

Tableau 2 : Echantillon de la typologie des modes d'endommagement des principaux éléments exposés aux mouvements de terrain. Exemple du bâti. Source : Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté , M. Eric Leroi, 1996.

³⁴ Ercole 1994

En effet, cette méthode est fréquemment utilisée par les experts de la direction d'urbanisme et de la construction ainsi que le CTC pour identifier le taux d'endommagements du cadre bâti par le risque du glissement de terrain et l'état des constructions.

*Chaque mode d'endommagement a été affecté d'un taux compris entre [0et1]. Ce taux exprime le degré de perte de l'élément affecté. Lorsque les analyses pathologiques ont été suffisamment bien renseignées, ce taux peut être calculé ou estimé par rapport à la valeur intrinsèque d'origine d'élément.

- Les valeurs intrinsèques : elles correspondent aux valeurs initiales des éléments exposés, avant endommagement. A chaque élément exposé structurel (bâti, réseaux, surfaces naturelles), on peut attribuer quatre types de valeur initiale unitaire voir (tableau n°3).

Il s'agit :

- de la valeur économique vénale (valeur marchande).
- de la valeur économique d'usage.
- de la valeur fonctionnelle.
- de la valeur humaine.

		ÉLÉMENTS EXPOSÉS						
		Bâtiment	Routes			Voie ferrée	Terrains	
			Nationale	Département.	Secondaire		boisés	labourables ou prairies
VALEURS UNITAIRES	VALEUR VENALE	Prix de vente à l'unité 473 KF	Coût de construction au km 9 MF 3,3 MF 1,7 MF			15 MF	Prix de vente à l'hectare 7 KF 20 KF	
	VALEUR D'USAGE					Prix de vente à la production à l'hectare/an 0,5 KF 10 KF		
	VALEUR HUMAINE	Nombre de personnes par bâtiment 3						
	VALEUR FONCTIONNELLE (logement)	Nombre de lits par bâtiment 3						

Tableau 3: Exemples de valeurs unitaires retenues pour une application sur la région du Trièves (Isère, France)
Source : Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi, 1996.

*La matrice d'endommagement permet de donner les correspondances, en termes de taux d'endommagement, entre éléments exposés et sollicitations apportées par le phénomène du mouvement de terrain. Elle offre un cadre cohérent de structuration et de quantification du concept de vulnérabilité sur la base des nouvelles notions précédemment décrites

		ELEMENTS EXPOSES				
		B	R	SN	SE	P
SOLLICITATIONS	DL	D ₁				
	DV					
	IM					
	PL					
	ES					
	AC					
		Types de bâti				
		B1	B2	B3	B4	
Echelles d'intensité de DL	V1	0,3	0,2	0,1		
	V2	0,4	0,3	0,2		
	V3	0,6	0,5	0,4	0,3	
	V4	1	0,9	0,8	0,7	
	V5	1				

B : bâti
 R : réseaux
 SN : surface naturelles
 SE : sous-éléments
 P : personnes hors bâti
 D : taux de perte

DL : déplacements à composante latérale
 DV : déplacements A composante verticale
 IM : effet d'impact
 PL : poussée latérale
 ES : effet de souffle
 AC : accumulations
 AB : ablations

V : vitesses latérales

Tableau 4: Echantillon de matrice d'endommagement structurel. Source : Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi, 1996.

L'application future de ces matrices (structurelle, corporelle et fonctionnelle) est donc l'évaluation de la vulnérabilité sur un territoire exposé à un ou plusieurs phénomènes de mouvement de terrain. Le principe de la méthode d'évaluation se définit dans un premier temps par la caractérisation des zones uniformément sollicitées de niveau d'intensité donné. Ensuite, en fonction de la nature des différents éléments structurels représentés, de leurs valeurs intrinsèques unitaires et des taux de pertes donnés par les matrices ; on peut calculer pour chaque zone sollicitée, ou bien pour un ensemble de plusieurs de ces zones, les indices de pertes économiques (directe et indirecte), humaines et fonctionnelles susceptible d'apparaître en cas de manifestation du phénomène considéré.

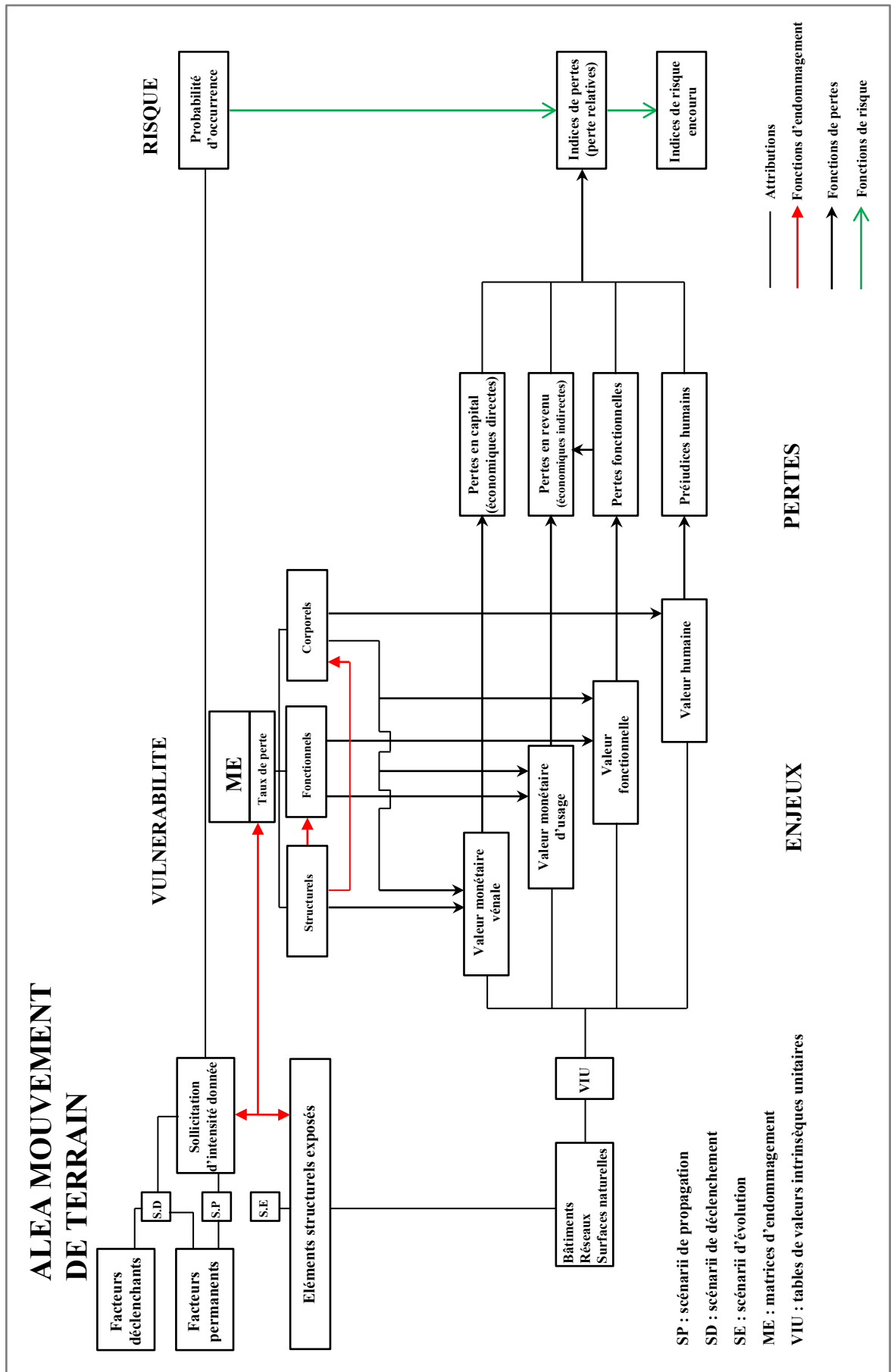


Figure 27: Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et du risque associés aux mouvements
 Source : Frédéric LEONE, M. Jean-Pierre Asté, M. Eric Leroi, 1996.

II. 4. ÉCHELLE DES DOMMAGES

L'échelle des dommages permet de hiérarchiser les dommages des bâtiments. Pour une majorité d'aléas, les échelles de dommage élaborées sont constituées d'environ 4 niveaux. Par exemple, l'échelle utilisée par le HAZUS.





Niveau de dommage		Description
	Léger	<ul style="list-style-type: none"> - Occurrence des petites fissures dans le plâtre, - Localisées aux coins des portes et fenêtres et à l'intersection plafond mur, - Des petites fissures dans les cheminées en maçonnerie et le placage sur maçonneries, - De petites fissures sont supposées être visibles avec une largeur maximale inférieure à 1/8 de pouce (les fissures supérieures à 1/8 pouce sont considérées comme des grandes fissures).
	Modéré	<ul style="list-style-type: none"> - Occurrence de grandes fissures dans le plâtre, aux coins des ouvertures, - Apparition des petites fissures diagonales dans les murs de cisaillement, - Larges fissures dans les cheminées de briques, - Renversement de hautes cheminées en maçonnerie.
	Sévère	<ul style="list-style-type: none"> - Des grosses fissures diagonales dans les murs de cisaillement ou de grandes fissures aux joints des panneaux de contreplaqué, - Mouvements latéraux permanents d'étages et du toit, - Renversement de la plupart des cheminées de briques, - Fissures dans les fondations, - Rupture des seuils en bois et/ou de glissement de l'ouvrage sur ses fondations.
	Très sévère	<ul style="list-style-type: none"> - La structure peut subir de grands déplacements latéraux permanents, ou être en situation d'effondrement en raison de la défaillance des parois porteuses ou de la rupture du système de contreventement, - Certaines structures peuvent glisser et s'effondrer, - En moyenne, 3% de la superficie totale des bâtiments avec des dommages très sévères est effondré.

Tableau 5 : Echelle des dommages des bâtiments par HAZUS.

En complément à l'endommagement structurel, des classes d'endommagement non structurel sont également prises en compte, pour différents éléments non structuraux, tels que les cloisons ou les équipements électriques (HAZUS 2003). **Hazard U.S.** (HAZUS) est un projet qui est créé par United States Fédéral Emergency Management Agency (FEMA). Il se base sur les technologies des systèmes d'information géographique (SIG) pour estimer les dégâts et les pertes que peut occasionner les mouvements de terrain.³⁵

³⁵ <http://www.undp.org/cpr/disred/documents/publications/rdr/francais/appendice.pdf>

II. 5. EFFETS DU MOUVEMENT DE TERRAIN SUR LES BATIMENTS

Les mouvements de terrains sont souvent dommageables pour les structures et les infrastructures et peuvent se révéler dangereux pour les occupants ou les utilisateurs. La première démarche consiste à prendre connaissance des dommages causés par la venue d'un glissement de terrain sur les différents types de structure.

II. 5. 1. Comportements des bâtiments

✚ Voile en béton armé (système tunnel)

Le système tunnel est constitué de voiles uniquement ou de voiles et de portiques. Dans ce dernier cas les voiles reprennent plus de 20% des sollicitations dues aux charges verticales. On considère que la sollicitation horizontale est reprise uniquement par les voiles.³⁶ Les constructions en voile conviennent bien aux zones en mouvement de terrain, elles se sont bien comportées. Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, plusieurs avantages :

- *Leur présence limite les déformations latérales,*
- *Leur rigidité permet de protéger les éléments non-structuraux et quelques poteaux existants,*
- *Leur présence permet de s'affranchir du difficile problème posé par la réalisation du ferrailage des nœuds des portiques,*
- *Elles permettent de ne pas être pénalisées dans le choix du coefficient de comportement en cas de panneaux de remplissage. Le coefficient de comportement correspondant est fixé en fonction de la nature des matériaux constitutifs, du type de construction, des possibilités de redistribution d'efforts dans la structure et des capacités de déformation des éléments dans le domaine post-élastique.³⁷*

Photo 21 : *Bâtiment avec voiles en béton armé, très bonne résistance à l'action sismique.*

Source : Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020



³⁶ RPA : règlement parasismique Algérienne ; version 2003.

³⁷ Idem

✚ Portique en béton armé (poteaux-poutres) avec un remplissage en maçonnerie

C'est une ossature constituée uniquement de portiques capables de reprendre la totalité des sollicitations dues aux charges verticales et horizontales. Les éléments de remplissage de la structure sont constitués par des murs en maçonnerie de petits éléments insérés dans le cadre poteaux-poutres. Le système porteur à base de portique pourrait convenir pour des zones de sismicité faible ou moyenne, mais il peut engendrer d'importants dommages dans le cas de fortes secousses comme le cas du séisme de Boumerdés (21 mai 2003).

Les conséquences de la présence de panneaux de remplissage dans un bâtiment comportant des portiques en béton armé peuvent se résumer sous deux aspects :

a- Interaction panneau - poteaux dans le plan du portique

Si l'on considère un panneau soumis à des forces agissant parallèlement à son plan (1), ce panneau a tendance à se déformer en parallélogramme. Il se découpe alors dans la maçonnerie une diagonale active comprimée et une diagonale active tendue ; cette dernière cède en donnant lieu à une fissure oblique. Lorsque les effets s'inversent, c'est au tour de l'autre diagonale de céder (2) et on retrouve la classique fissuration en X.

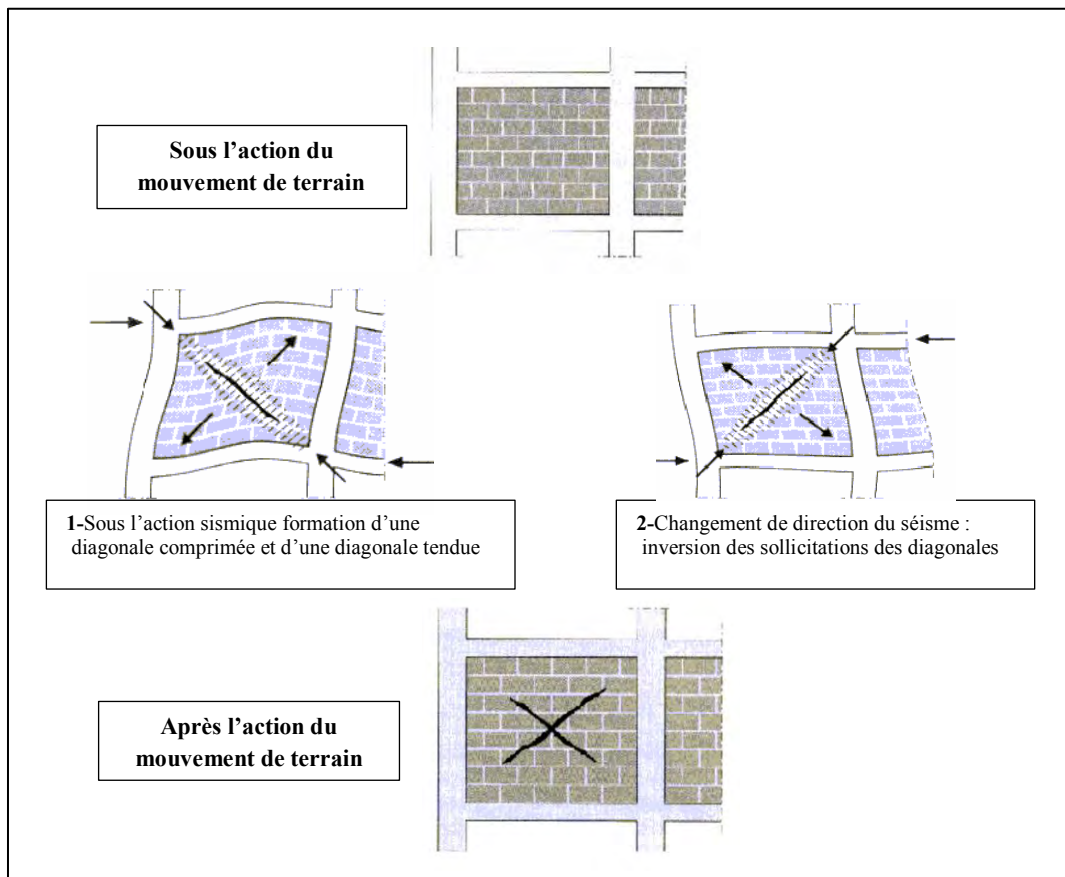


Figure 28 : Comportement des portiques en béton armé.

Source: *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.*

b– Sollicitation des poteaux d'angle

Les poteaux d'angle sont les plus vulnérables :

⇒ Parce qu'ils reçoivent le cisaillement dans les deux directions horizontales, même si les deux efforts tranchants n'atteignent pas en même temps leur valeur maximale,

⇒ Parce qu'ils ne reçoivent comme charge verticale que le poids d'un quart de travée, alors que la poussée de la bielle qu'ils ont à équilibrer est celle qui correspond à une travée complète.

* Absence des armatures transversales dans les zones critiques d'extrémité des poteaux et des poutres,

* Absence des armatures transversales dans les nœuds au croisement poteau – poutre,

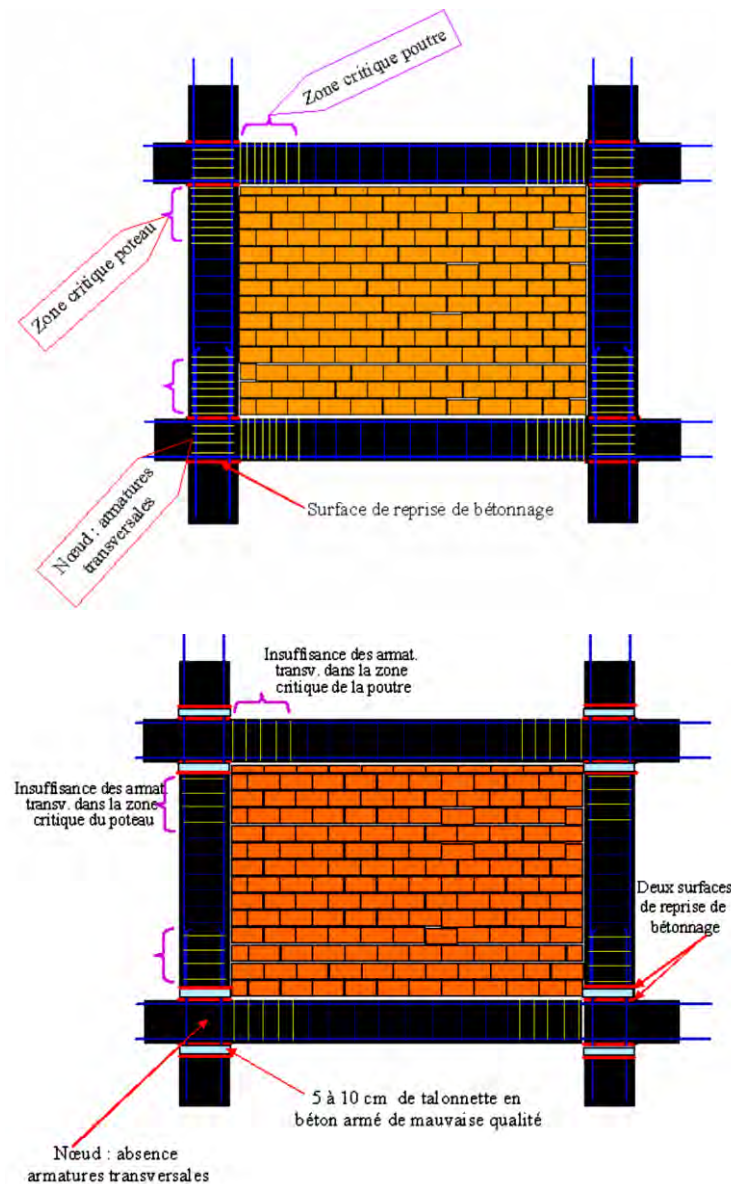


Figure 29: Dispositions constructives non - conformes aux règles parasismiques.
Source: Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.

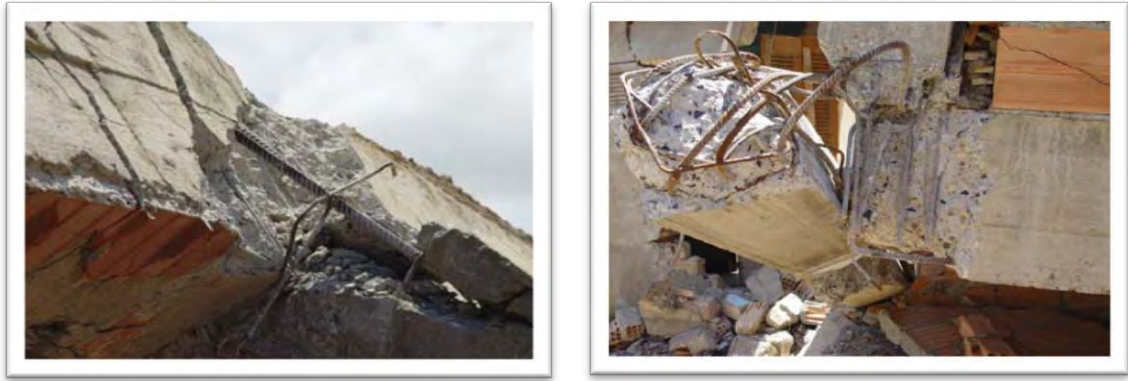


Photo 22 : Effondrement à cause de l'absence d'armatures transversales dans le nœud et dans la zone critique du poteau. Source : *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.*

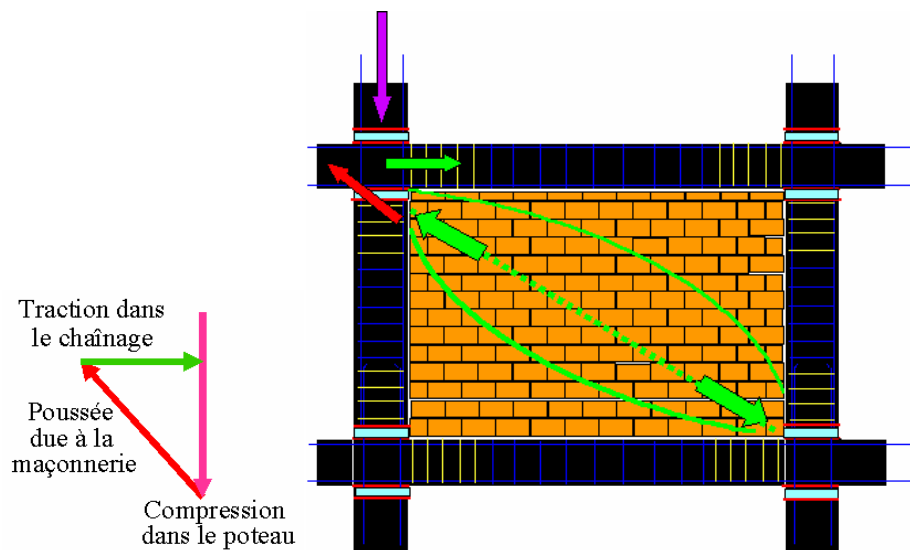


Figure 30: Dispositions constructives non - conformes aux règles parasismiques + Interaction avec la maçonnerie.

Source: *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.*



Photo 23 :
Destruction de l'extrémité du panneau du fait de la compression de la diagonale qui se forme dans le mur. Source : *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.*



Photo 24 :
Destruction des panneaux au RDC. Source : *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.*

- Bâtiments avec ossature en portiques (poteaux + poutres) sans joints sismiques suffisamment larges

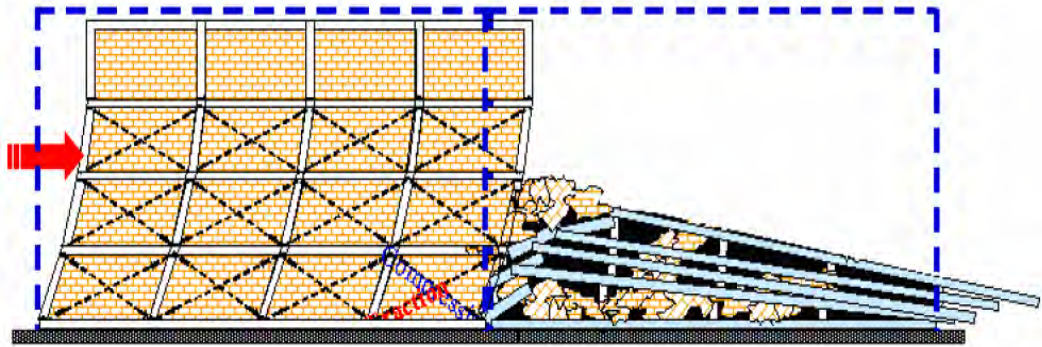


Figure 31 : Dans le cas de bâtiments avec ossature en portiques (poteaux + poutres) sans joints sismiques suffisamment larges, ce sont toujours les bâtiments situés aux extrémités qui subissent les dégâts les plus importants. Source : Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.



Photo 25 : Effondrement total par rapport au « point fixe » que constitue le bâtiment situé au fond. Source : Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020.

II. 5. 2. Exemples de dégradation du cadre bâti par le glissement de terrain

- * Cas des immeubles à ossature poteaux-poutres avec un remplissage en maçonnerie :

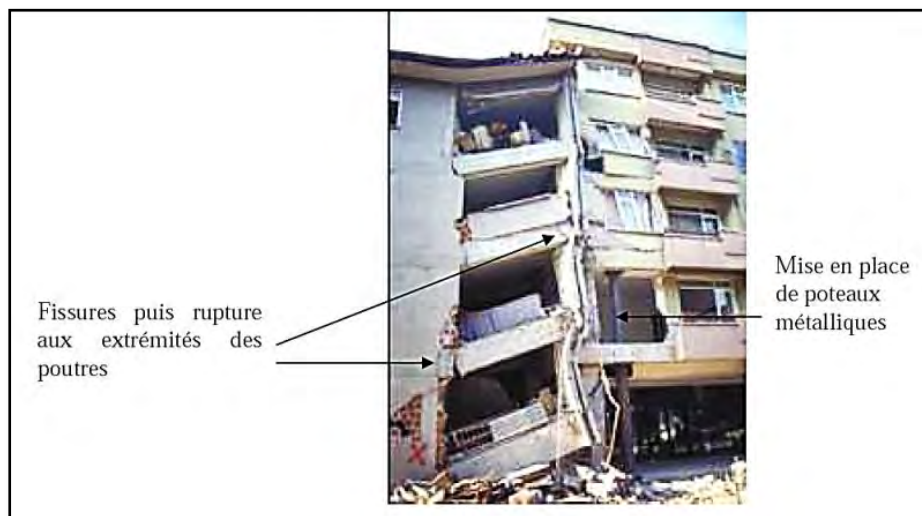


Photo 26 : La destruction des éléments porteurs (poteaux ; poutres). Source : GARCIA JEAN-FRANÇOIS; 2007.

A l'instar de la (photo n°26) nous pouvons observer que les extrémités des poutres sont les zones touchées. Le mouvement de terrain a provoqué la fissuration de ces parties et par la suite la rotation de celles-ci, provoquant de ce fait une rotation du plancher.



Photo 27 : Maison endommagée en pied de glissement de la Valantelle, à Marseille 2001.
Source: www.brgm.fr

A côté des catastrophes naturelles qui ont ébranlé des villes algériennes ces dernières années, Constantine est également concernée par les phénomènes du glissement de terrain.



Photo 28 : Glissement de terrain à Belouizdad à Constantine.
Source : DUC ; 2002.

Photo 29 : Rue de Verdun à Constantine.
Source: DUC; 2002

➤ La fissuration des murs

La fissuration des murs est un phénomène courant dans les ouvrages. Ce type de désordre peut avoir des causes liées à l'environnement, à la conception et à l'exécution. Ce sont des fissures d'ordres millimétriques, visible surtout sur les murs porteurs des différents blocs et qui sont principalement liées à des gauchissements de la



Photo 30 : Fissuration du mur (glissement de la Valantelle, à Marseille 2001)
Source: www.brgm.fr

structure superficielle provoqués essentiellement par des tassements différentiels. Les fissures sur les murs à cause du glissement de terrain s'amplifient au fur et à mesure que les longrines et les poteaux se disloquent.

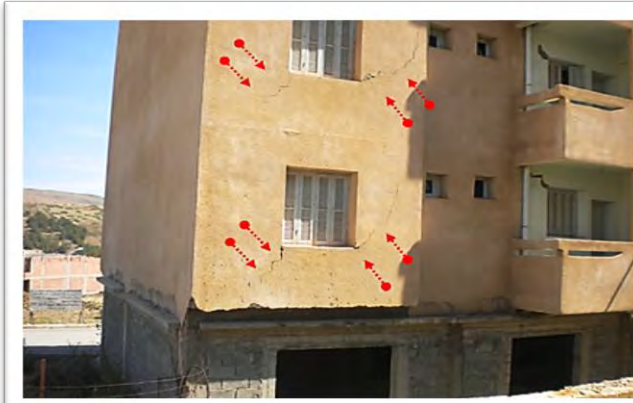


Photo 31 : Fissure des murs cité 185logts Mila.
Source: Faudhil Labiod – Géologue à Mila



Photo 32 : Fissure dans le mur de la cage d'escalier « cité CNEP » à Boussouf. Source: auteur 2011.

➤ L'ouverture des joints de rupture

Les différents joints présents ou joints de jonctions entre deux unités formant un bloc sont complètement emportés et endommagés par le phénomène glissement de terrain. Les photos ci-après illustrent parfaitement cet état de distorsion et d'étirement.

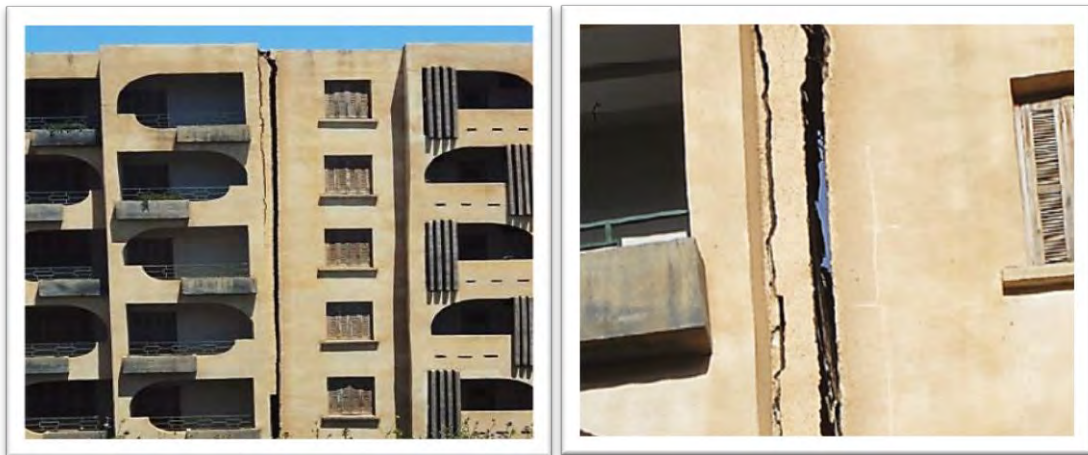


Photo 33 : Ouverture du joint « cité CNEP » Boussouf.

Source : auteur 2011

➤ Basculement des blocs

Le basculement des blocs provoqué par l'instabilité de terrain a touché deux blocs avoisinants. Les photos illustrent parfaitement ce phénomène.

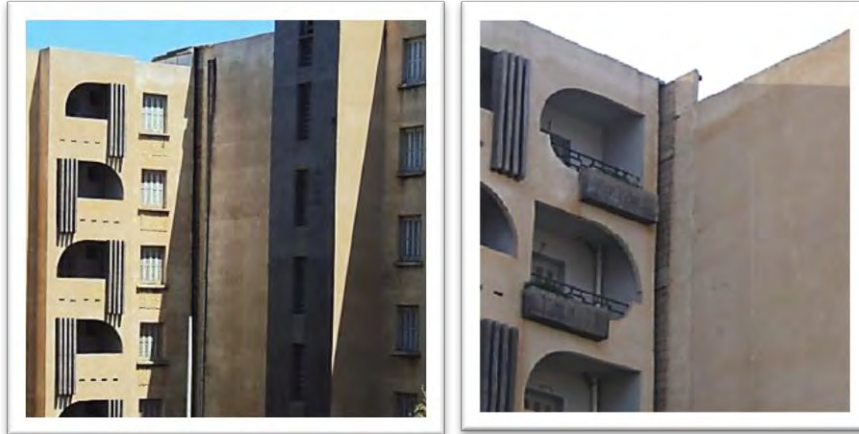


Photo 34 : Le basculement entre deux blocs de la « cité CNEP » Boussouf. Source: auteur2011



Photo 35 : Un basculement vers le Nord accompagné d'un étirement vers le côté Est. Cité 185logts; Mila. Source: Faudhil Labiod – Géologue à Mila

➤ Rupture et fissure des longrines

Un cisaillement du ferrailage est observé surtout sur les fondations du dernier bloc, le mouvement est tellement profond et les contraintes exercées sont énormes qu'elles ont emportés ces fondations, provoquant des entorses très notables, même les escaliers intérieurs n'ont pas été épargnés, des affaissements dans la plate-forme montrent ce jeu différentiel à l'intérieur du dernier bloc³⁸.

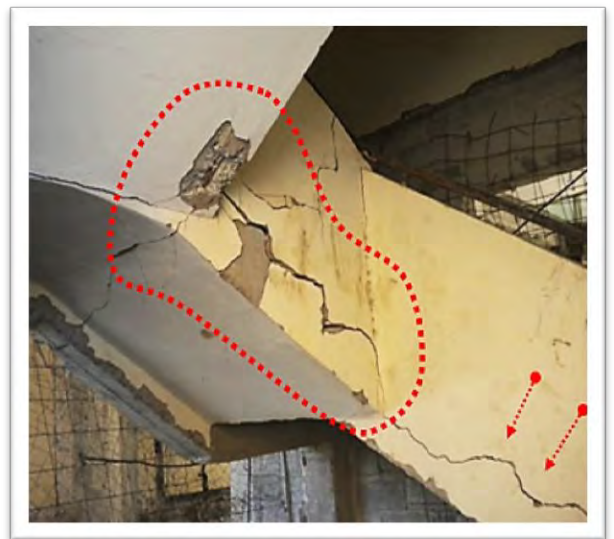


Photo 36 : Détérioration des escaliers dus à la rupture des longrines Cité 185logts ; Mila. Source : Faudhil Labiod – Géologue à Mila

³⁸ LABIODH, FODIL conséquences socio-économiques, étude quantitative et qualitative de trois sites instables à Mila



Photo 37: *Affaissement de la plate-forme bloc 4 de la « cité CNEP » Boussouf.*
Source : CTC.2009

➤ **Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »**

Les ouvertures dans une façade constituent de nombreux points de vulnérabilité en cas de mouvement de terrain. Ces zones sont très souvent sujettes à des fissures importantes mettant en jeu la solidité de la structure, ces fissurations sont de type X. Aussi on note l'apparition de fissures sur le linteau de l'ouverture.



Photo 38 : *Les fissurations dans les ouvertures en forme X.*
Source : .Garcia Jean-françois.2007.



Photo 39 : *Les fissurations aux niveaux des ouvertures (le glissement de l'impasse Avalon).*
Source: Bureau des mines et de l'énergie direction de la géologie et des mines service des mines ; 2008.

Les structures comportant des façades non rigidifiées avec la structure porteuse sont aussi l'objet de chutes. Le manque de ferrailage permettant la liaison (encastrement) avec les poteaux et les poutres, est également une des raisons pour laquelle le remplissage des cadres de ces façades puisse chuter.

*Les mouvements de terrains apparus ont causé des dégradations importantes dans les établissements scolaires et se présentent sous plusieurs formes. Les cas d'exemples relevés sont les suivant :

➤ **Le lycée d'Aomar (Bouira)**

Selon les diagnostics effectués par des experts il y a plusieurs dégradations au niveau du lycée d'Aomar et sont les suivantes :

- ✓ Ecartement des joints de dilatation des blocs.
- ✓ Rupture du sol d'assise d'un ouvrage annexe situé à proximité immédiate de la couronne.
- ✓ Escarpement du terrain et apparition de bourrelets en aval du talus.
- ✓ Léger affaissement de la chaussée et apparition de fissures.



Photo 40 : Fissuration du mur de clôture du Lycée.

Source : Ahmed Seddiki ; Analyse de la stabilité des pentes sous séisme ; 2008

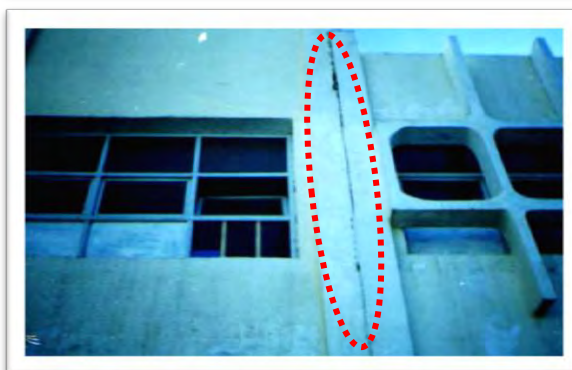


Photo 41 : Ouverture du joint de dilatation de deux blocs mitoyens du Lycée.

Source : AHMED SEDDIKI ; Analyse de la stabilité des pentes sous séisme ; 2008

➤ **Lycée Malek Hadad (Constantine)**

D'après le constat visuel, et les informations recueillies sur place, nous estimons que les dégradations recensées sont :

- ✓ Dégradation de l'étanchéité.
- ✓ Fissure des poteaux et poutres.
- ✓ Déplacement des poutres au niveau des nœuds.
- ✓ Eclatement des poteaux et poutres.
- ✓ Dégradation des enduits.
- ✓ Fissures au niveau des murs et cloisons.

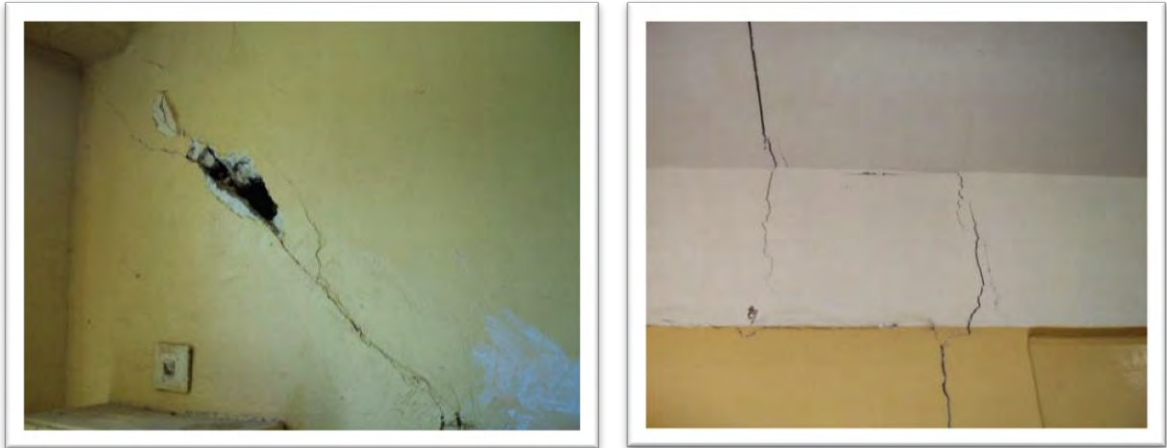


Photo 42 : *Fissure aux niveaux des murs et cloisons.*

Source : CTC de Constantine; 2009.



Photo 43 : *Déplacement /éclatement/rupture des poutres et poteaux.*

Source : CTC de Constantine; 2009.

◆ 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. On constate que plusieurs critères de construction peuvent jouer un rôle important dans la vulnérabilité face au risque glissement de

terrain. L'évaluation de cette vulnérabilité 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. On donne un aperçu sur les outils de prévention pour le confortement et le renforcement de nos bâtiments.


Les références

- [27] : Y. Manche (1997) : propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles, In Revue de géographie Alpine, Vol.85, n°2, pp49-62.
- [28] : MATE/METL 1997 *Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR): Guide général*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, (MATE), Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (METL). La Documentation Française, Paris.
- [29] : Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques 53p.
- [30] : Idem.53, 54p.
- [31] : Glade. 2003 : *Vulnerability assessment in landslide risk analysis*. Die Erde, vol. 134, p. 121-138.
- [32] : Maquaire et al. 2006 : *Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque "glissement de terrain"*. Revue Internationale de Géomatique, Vol spécial, n°4/2006.
- [33] : Leone, 1996 : — Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Thèse de doctorat, Université J. E Fourier, Grenoble et Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 286 p.
- [34] : Ercole 1994 : la vulnérabilité des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, mode d'analyse, revue. Géographie Alpine n°4
- [35] : <http://www.undp.org/cpr/disred/documents/publications/rdr/francais/appendice.pdf>
- [36] : RPA : règlement parasismique Algérienne ; version 2003.
- [37] : Idem
- [38] : LABIODH, FODIL conséquences socio-économiques, étude quantitative et qualitative de trois sites instables à Mila



CHAPITRE III

**La prévention et la
gestion des risques
naturels liés au
glissement de
terrain**



◆ INTRODUCTION

«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, (Co développeur du SIGA (Système intégré de gestion de l'environnement)).

La prévention et la gestion du risque se déroulent en plusieurs phases qui doivent se succéder les unes après les autres et de manière cohérente, pour établir une politique globale de prévention des risques et de gestion des crises. Parmi l'ensemble des actions faisant face aux risques naturels, on doit considérer de façon générique : les mesures de prévention ; qu'elles soient structurelles ou non ; le rôle de la prévision à court, moyen et à long terme ; la fonction des acteurs impliqués dans le système d'alerte ; la formation face au risque, ainsi que les aspects concernant la législation et les systèmes d'assurances relatifs aux risque naturels.

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 » qui préoccupe les citoyens d'une grand part et les gestionnaires de la ville de Constantine d'autre part.

Dans cette partie, nous nous intéressons à la prévention et la gestion du risque naturel mouvement de terrain ; plus précisément le risque glissement de terrain dans le but d'éviter la catastrophe et réduire ses conséquences sur l'homme et leurs biens.

III. 1. LA PREVENTION

La prévention regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens.

En matière de mouvements de terrain, si des mesures de protection ont pu être mises en place, elles ne sont efficaces que pour un événement d'intensité limitée. Traiter l'aléa ne supprime pas le risque définitivement. En conséquence, le meilleur moyen de prévention contre les risques de

mouvement de terrain est d'agir sur la réduction de la vulnérabilité des enjeux, c'est-à-dire sur la limitation des éventuels dommages : on parle de *mitigation*.

La formation des divers intervenants (architectes, ingénieurs en génie civil, entrepreneurs, etc.) en matière de conception et de prise en compte des phénomènes naturels (climatiques et géologiques), ainsi que la définition de règles de construction sont indispensables. Leurs applications doivent par ailleurs être garanties par un contrôle des ouvrages. Cette action sera d'autant plus efficace quand tous les acteurs concernés, c'est-à-dire également les intermédiaires tels que les assureurs et les maîtres d'œuvre, y seront sensibilisés.

Le mouvement de terrain est un phénomène naturel d'origine très diverse, résultant de la déformation, de la rupture et du déplacement du sol en masse ou à l'état divisé. Ils présentent parfois un danger pour la vie des personnes. Afin de réduire ces effets et d'éviter des dommages, il est impératif de les prendre en considération dans l'aménagement du territoire et au niveau des décisions d'urbanisme. Les documents d'urbanisme, schémas directeurs, les plans d'occupations de sols et les plans d'aménagements de zone doivent prendre en compte les risques mouvements de terrains.

III. 1. 1. Les principaux outils de la prévention des risques naturels « glissements de terrains »

Ils s'articulent autour de :

- La maîtrise de l'urbanisation
- Maîtrise de l'aménagement
- Outils cartographiques
- Informations préventives des populations
- La construction adaptée

III. 1. 1. 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.³⁹ Dans les zones exposées au risque de mouvements de terrain, le PPR peut prescrire ou recommander des dispositions constructives, telles que l'adaptation des

³⁹ Fawzi Boudaqq : Urbanisation et risques naturels à Alger et son aire métropolitaine.

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.

URBANISATION ET LES RISQUES NATURELS EN ALGERIE

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 sont traduites par le schéma national d'aménagement du territoire SNAT.

➤ **Le niveau régional** : il s'agit d'espaces géographiques homogènes pouvant couvrir plusieurs wilayas, une partie de wilaya. A cet échelon, les prescriptions d'occupation de l'espace sont définies par le schéma régional d'aménagement du territoire SRAT.

➤ **Le niveau local** : il s'agit d'espace géographique communal. Les prescriptions relatives au mode d'organisation de l'occupation de l'espace sont traduites par :

- Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) qui fixe les grandes lignes.
- Les Plans d'Occupation du Sol (POS) qui sont des plans de détail et circonscrits dans l'espace,

Ont pour objet la fixation des modalités d'occupation du sol, à même de satisfaire les besoins aussi bien des collectivités locales que des habitants.

➤ **Le niveau de la parcelle** : il s'agit des actes qui autorisent effectivement la réalisation physique. Ces actes regroupent notamment le certificat d'urbanisme, le permis de construire et le certificat de conformité.

Le développement du processus d'urbanisation aux différents niveaux a pour intérêt de mettre en évidence les principaux facteurs qui ont abouti à l'urbanisation actuelle. Ce qui permet : d'une part, de les corrélérer aux aléas naturels et industriels, et d'autre part, d'en tirer toutes les données possibles pour une véritable prise de conscience des risques, une meilleure prévention et une prise en charge des conséquences de pratiques qui ne doivent plus être tolérées, eu égard aux effets extrêmement dommageables, aussi pour la sécurité des personnes et l'économie de l'environnement. Mais, malheureusement l'existence de ces instruments, ne change en rien au niveau de la gestion et l'atténuation des différents risques et particulièrement le risque glissement de terrain

III. 1. 1. 2. 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.

Les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) en France, institués par la loi « Barnier » du 2 février 1995, ont cette vocation. Ils constituent l'instrument essentiel de l'État en matière de prévention des risques naturels. L'objectif de cette procédure est le contrôle du développement dans les zones exposées à un risque. Les PPR sont décidés par les préfets et réalisés par les services déconcentrés de l'État. Ces plans peuvent prescrire diverses mesures, comme des travaux sur les bâtiments existants, des interdictions de construire à certaines zones agricoles. Après approbation, les PPR valent servitude d'utilité publique et sont annexés au **Plan Local d'Urbanisme** (PLU), qui doit s'y conformer. Dès lors, l'aménagement sur une commune, ne pourra se faire qu'en prenant en compte ces documents. Cela signifie qu'aucune construction ne pourra être autorisée dans les zones présentant les aléas les plus forts, ou uniquement sous certaines contraintes.

III. 1. 1. 3. 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 par une approche probabiliste basée sur une analyse fréquentielle de l'aléa.⁴⁰ Nous présentons tout d'abord les différents outils cartographiques utilisés ailleurs pour le zonage des risques naturels liés aux mouvements de terrain en général.

⇒ **Les cartes des zones exposées aux risques des mouvements du sol et du sous-sol type ZERMOS**

Lancées en 1972 en France par le B.R.G.M⁴¹ et les LPC⁴², elles se veulent préventives, destinées aux aménageurs, dont elles répondent à une double finalité en informant le plus objectivement possible sur la localisation probable des instabilités et de leur nature.

La localisation probable du mouvement se fonde sur la connaissance des facteurs suivants : L'instabilité ; L'inclinaison du versant ; Les caractéristiques géotechniques des formations superficielles ; L'occupation humaine du terrain.

L'accumulation de ces facteurs, permanents défavorables, conduit à localiser les zones à risques et à hiérarchiser le risque ; elle joue un rôle d'alerte en synthétisant et en hiérarchisant les résultats précédents dans un zonage à trois degrés représenté par les trois couleurs, qui définissent trois catégories de zones :

⁴⁰ Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques ; 103p.

⁴¹ Bureau de recherches géologiques et minières.

⁴² Laboratoire central des ponts et chaussées.

La première en Rouge

Elle présente des facteurs d'instabilité très favorables et inclut les zones soumises à des mouvements actifs.

La seconde en Orange

Correspond à des facteurs défavorables des terrains de stabilité incertaine.

La troisième en vert

Désigne les zones stables non exposées au phénomène.

La notion du niveau de risque a été parfois complétée par référence à la gravité présumée du mouvement selon sa vitesse et son volume de masse de matériaux mobilisés.

L'inconvénient de ce type de carte est caractérisé par :

- La diversité des phénomènes étudiés, ce qui complique la définition du zonage.
- La diversité dans la manière d'évaluer le degré de probabilité d'apparition d'un phénomène et son importance.

⇒ 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

❶ Qu'est-ce qu'un PPR ?

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles a été utilisé par la loi française N° 95 – 10 du 2 Février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement. Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est un document réalisé par l'État, qui fait connaître les zones à risques aux populations et aux aménageurs. Le PPR régit l'utilisation des sols en tenant compte des risques naturels identifiés sur cette zone et du non aggravation des risques ; cette réglementation va de la possibilité de construire sous certaines conditions à l'interdiction de construire dans les cas où l'intensité prévisible des risques ou le non aggravation des risques existants le justifie. Elle permet ainsi d'orienter les choix d'aménagement dans les territoires les moins exposés pour réduire les dommages aux personnes et aux biens.

❷ Champ d'application du PPR

Le PPR constitue un des outils d'une politique plus globale de prévention, mise en place par le gouvernement. Cette politique qui vise notamment à sécuriser les populations et les biens doit aussi permettre un développement durable des territoires, en engageant les actions suivantes⁴³ :

⁴³ www.prim.net

- Mieux connaître les phénomènes et leurs incidences ;
- Assurer, lorsque cela est possible, une surveillance des phénomènes naturels ;
- Sensibiliser et informer les populations sur les risques les concernant et sur les moyens de s'en protéger ;
- Prendre en compte les risques dans les décisions d'aménagement et les actes d'urbanisme ;
- Protéger et adapter les installations actuelles et futures ;
- Tirer les leçons des évènements naturels dommageables lorsqu'ils se produisent.

Il délimite les zones du territoire exposées aux risques naturels. Il prévoit également les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à mettre en œuvre par les propriétaires, les aménageurs et les collectivités locales ou les établissements publics.

③ Contenu du PPR

Le PPR comprend au moins trois documents :

➤ *Une note de présentation*

Elle indique le secteur géographique concerné et la nature des phénomènes naturels pris en compte. Elle rappelle les études, les recherches historiques, les étapes et la méthodologie d'élaboration des différentes cartographies. Elle présente les conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances.

➤ *Le règlement*

Le règlement détermine différents types de règles applicables dans chacune des zones considérées. Il traite des projets nouveaux, des constructions et activités existantes, il peut fixer des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde, collectives et individuelles. Il peut conditionner les autorisations de construire à la réalisation préalable et à la validation (dans des conditions bien précises) de travaux de protection, à la mise en place d'une maîtrise d'ouvrage collective (publique ou privée ou mixte) et des conditions pérennes d'entretien des ouvrages. Il peut comporter des annexes qui sont généralement des fiches-conseils ou des exemples de réalisations de protections individuelles.

➤ *Les documents graphiques*

Ils délimitent les zones où la réglementation du PPR s'applique. On parle de "zones rouges" pour celles où les constructions nouvelles sont interdites et de "zones bleues" pour celles où celles-ci restent autorisées sous réserve de prescriptions particulières.

Pour une meilleure compréhension, des contraintes du zonage réglementaire peuvent être joints en trois documents cartographiques non réglementaires : la carte informative des phénomènes naturels, la carte des aléas et la carte des enjeux.

▪ **La carte informative des phénomènes naturels**

C'est une carte descriptive des phénomènes observés ou historiques ; elle résulte d'une exploitation minutieuse de toutes les informations disponibles sous formes d'archives, d'études générales ou ponctuelles de rapports de dossier techniques de cartes d'études géomorphologie du site.⁴⁴

- Elle permet de connaître, les conditions d'apparition des événements : mouvement de terrain.
- Elle est présentée sur fond topographique à petite échelle (1/25 000 IGN).

▪ **Carte des aléas mouvements de terrain**

Elle localise et hiérarchise les zones exposées à des phénomènes potentiels, elle classe les aléas en plusieurs niveaux, le plus souvent en quatre classes en tenant compte, si possible à la fois de la nature des phénomènes de leur probabilité d'occurrence et de leur intensité.

Niveau d'intensité	Niveau d'importance des parades	Exemples de mesures de prévention
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortement d'une petite galerie par pilier maçonné
Moyenne	Supportable financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeubles collectifs, petits lotissements)	Comblement d'une cavité souterraine, drainage d'une zone instable
Forte	Intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou techniquement difficile	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un pan de falaise instable
Majeure	Pas de parade technique	Phénomène de grande ampleur tel : la Clapière

Tableau 6 : Relation entre les niveaux d'aléas et les types de mesures.

Source : extrait du guide PPR mouvements de terrain

▪ **Une carte d'évaluation des enjeux**

Elle permet d'évaluer les populations en danger, de recenser les établissements recevant du public et d'identifier les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou accessibles pour l'acheminement des secours. Elle résulte de la superposition de la carte des aléas et des occupations du sol actuelles et projetées.

⁴⁴ Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques ,105p.

▪ **Traduction des cartes d'aléas en zonage réglementaire (PPR)**

Les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), établis conformément aux dispositions des articles L. 562-1 et suivants, du code de l'Environnement, constituent un outil essentiel de la politique de l'Etat française en matière de gestion des risques naturels ; leur objectif est d'une part, améliorer la sécurité des personnes et d'autre part garantir la limitation des dommages voire leur réduction. Ces plans ont pour objet, en tant que besoin de :

- Délimiter les zones exposées aux risques, dites « **zones de danger** », en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités;
- Délimiter les zones dites « **zones de précaution** » qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions;
- Définir dans les zones mentionnées aux paragraphes précédents les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers;
- Définir, dans les zones mentionnées aux paragraphes précédents, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants, ou utilisateurs.

III. 1. 1. 4. Information préventive des populations

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

⇒ **Surveillance et les consignes à suivre**

❶ **Surveillance**

Face à des mouvements de terrain déclarés, la surveillance consiste, à partir du suivi des déformations internes et de surface (mesures topographiques) et de la structure géologique, à élaborer un modèle interprétatif. Il peut y avoir schématiquement trois types d'évolution :

- **État stationnaire** : la déformation évolue régulièrement ; le risque de rupture soudain est très faible, mais il faut continuer à surveiller le mouvement car il peut s'accélérer ;
- **Amortissement** : la déformation diminue ; le risque de rupture diminue, mais le mouvement peut reprendre ;
- **Aggravation** : le mouvement évolue vers la rupture ; en tenant compte les facteurs hydrométéorologiques, l'expert doit juger de la gravité de la situation, des délais de rupture et donc de l'opportunité d'une évacuation.

Mais les phénomènes sont souvent complexes, les profils obtenus délicats à interpréter ; et l'expert doit disposer du suivi de plusieurs paramètres pour valider en permanence le modèle de comportement du mouvement qu'il a élaboré.

Des plans communaux d'alerte, d'information des populations, d'évacuation et de secours ont été, sont ou seront réalisés pour les communes menacées (populations concernées, itinéraires et moyens d'évacuation, lieux d'hébergement, secours...).

② Consignes à suivre

Les consignes à suivre sont illustrées dans le tableau suivant :

En cas de risques d'éboulement, de chutes de pierre ou de glissement de terrain		
AVANT	PENDANT	APRES
- s'informer des risques encourus et des consignes de sauvegarde ;	- fuir latéralement, ne pas revenir sur ses pas ; - gagner un point en hauteur, ne pas entrer dans un bâtiment endommagé ; - dans un bâtiment, s'abriter sous un meuble solide en s'éloignant des fenêtres.	- évaluer les dégâts et les dangers ; - informer les autorités.
En cas de risques d'effondrement du sol		
AVANT	PENDANT	APRES
- s'informer des risques encourus et des consignes de sauvegarde	- dès les premiers signes, évacuer les bâtiments et ne pas y retourner, ne pas prendre l'ascenseur ; - s'éloigner de la zone dangereuse ; respecter les consignes de sécurité ; - rejoindre le lieu de regroupement indiqué.	- évaluer les dégâts et les dangers ; - informer les autorités.

Tableau 7 : Les consignes à suivre en cas du risque glissement de terrain.

Source : <http://www.argiles.fr>.

⇒ Les secours

Au niveau communal, c'est le maire, détenteur des pouvoirs de police, qui a la charge d'assurer la sécurité de la population dans les conditions fixées par le Code général des

collectivités territoriales. À cette fin, il prend les dispositions lui permettant de gérer la crise, et peut si nécessaire, faire appel au préfet représentant de l'État dans le département.

Le plan communal de sauvegarde détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Ce plan est obligatoire dans les communes dotées d'un PPR.

En cas de catastrophe concernant plusieurs communes, **les plans de secours départementaux** sont mis en application, conformément à la loi du 22 juillet 1987. La loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 a réorganisé les plans de secours existants, selon le principe général que, lorsque l'organisation des secours revêt une ampleur ou une nature particulière, elle fait l'objet dans chaque département d'un plan Orsec.

Le plan Orsec départemental, détermine, les risques existants dans le département, l'organisation générale des secours et recense l'ensemble des moyens publics et privés susceptibles d'être mis en œuvre. Il comprend des dispositions générales applicables en toute circonstance et des dispositions propres à certains risques particuliers.⁴⁵

III. 1. 1. 5. Les constructions adaptées : (confortement des glissements de terrains)

La diversité des phénomènes de mouvements de terrains implique que des mesures très spécifiques soient mises en œuvre à titre individuel. Certaines de ces mesures sont du ressort du bon respect des règles de l'art, d'autres, au contraire, nécessitent des investigations lourdes et onéreuses. Le problème de stabilité de pentes est rencontré fréquemment dans les constructions et surtout dans les routes et les canaux et les barrages...etc. en outre certains talus naturels peuvent devenir instables ; une rupture d'un talus peut être catastrophique et provoquer des pertes en vies humaines ainsi que des dégâts matériels considérables.

Face à un problème de stabilité, une première solution consiste à s'affranchir des mouvements de la pente instable sans les empêcher. Deux types de solutions sont possibles :

1 - Implanter ou déplacer le bâtiment, l'ouvrage d'art ou la route en dehors de la zone en mouvement, dans un secteur stable.

2 - Concevoir l'ouvrage de telle sorte qu'il ne soit pas endommagé par le mouvement de terrain : soit en résistant aux efforts apportés par le mouvement de terrain, soit en adaptant le mode de construction de sorte que les fondations soient dissociées du sol en mouvement.

⁴⁵ Dossier d'information : mouvement de terrain ; 2004 ; 20p.

Si ce type de solution ; n'est pas retenu, on est amené à conforter la pente avec l'une des techniques suivantes :

⇒ Mise en œuvre de terrassement

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus naturel. On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement :

- ✓ Les actions sur l'équilibre des masses : allègement en tête, remblai en pied ;
- ✓ Les actions sur la géométrie de la pente : purge et reprofilage ;
- ✓ Les substitutions partielles ou totales de la masse instable.

❶ Butée de pied et allègement en tête

Le chargement en pied ou le déchargement en tête d'un glissement de terrain sont des techniques généralement efficaces et sont très fréquemment utilisées.

▪ Butée de pied

Le chargement en pied (ouvrage de butée également appelé banquette dans certaines configurations) agit de deux manières, d'une part, il équilibre les forces motrices et d'autre part il permet de contenir le déplacement de la masse instable. La stabilité au grand glissement suppose deux vérifications :

- L'ouvrage de butée doit limiter les risques de reprise du glissement en amont.
- L'ouvrage de butée ne doit pas déclencher d'autre glissement en aval.

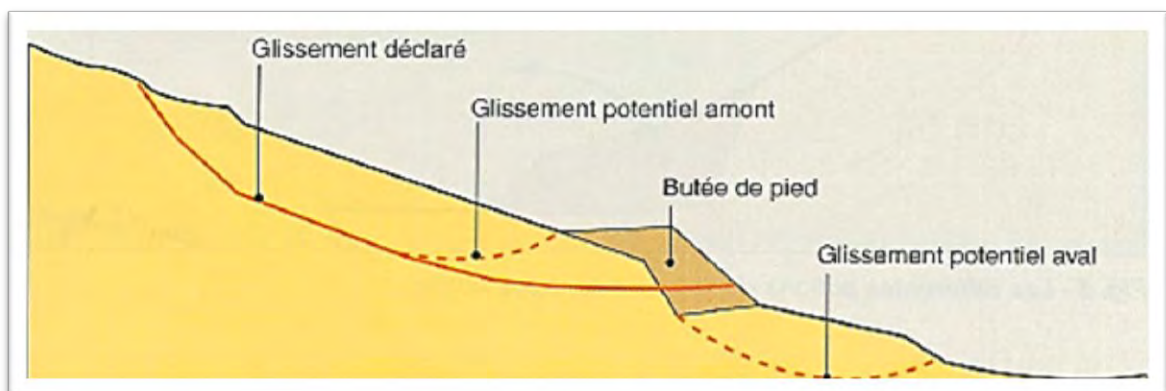


Figure 32 : Dimensionnement d'une butée de pied

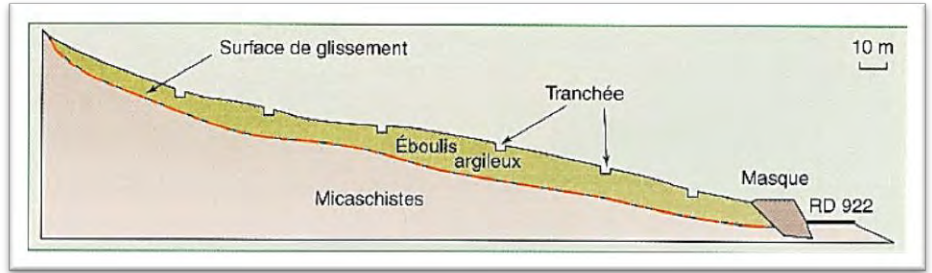
Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

Une solution de butée de pied peut être efficacement associée à un drainage.

Le cas du glissement de la côte du Beil dans le Cantal où le désordre du talus routier a progressé très loin en amont sur une pente naturelle d'éboulis, la butée a été associée à un drainage par tranchée de faible profondeur 1.5m.

Figure 33 : Stabilisation par butée et drainage du glissement de la côte du Beil (Cantal).

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.



▪ L'allègement en tête

L'allègement en tête de glissement consiste à terrasser le matériau dans la partie supérieure. Il en résulte une diminution du poids moteur et par conséquent, une augmentation du coefficient de sécurité. En prenant compte de la modification de géométrie en tête. Le déchargement par terrassement du sommet de la masse glissée, tel qu'il apparaît sur la figure.

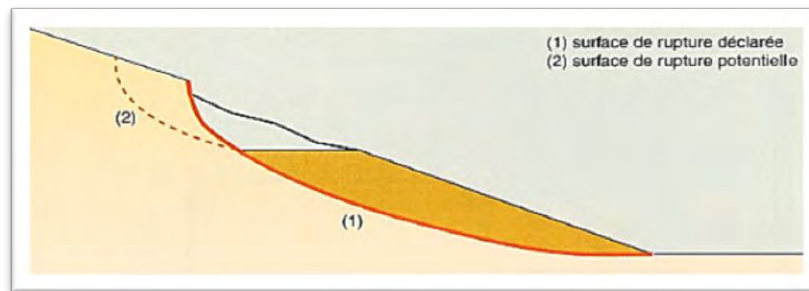


Figure 34 : Dimensionnement d'un allègement en tête.

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

⇒ Purge et reprofilage

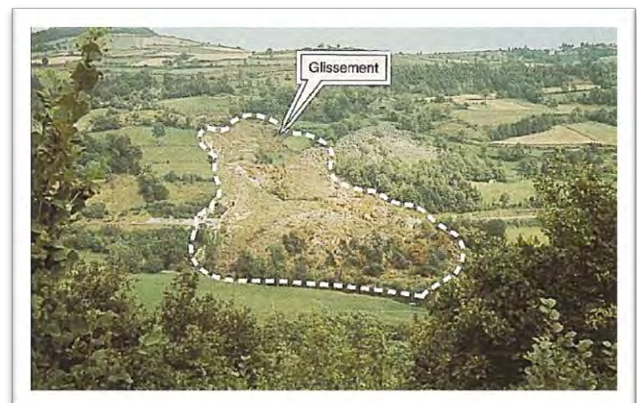
❶ Purge

Les techniques de terrassement s'accompagnent fréquemment de purges du matériau ayant glissé. Cette solution est généralement limitée au glissement de taille modeste.

Une purge totale, a été réalisée de façon à dégager un horizon stable. C'était ici la seule solution envisageable. Quand le terrain est en forte pente et donc difficilement accessible aux engins autres que les bouteurs, la purge constitue le seul moyen de confortation, notamment si la profondeur de rupture est faible.

Cette technique est parfois utilisée dans le glissement de terrain comme à Saint Vidal (Haute-Loire).

Photo 44 : Glissement de terrain de Saint Vidal (Haute-Loire). Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.



- Reconnaître à l'avance le volume de matériaux concernés ;
- Excaver plus profondément que la surface de rupture sous peine d'inefficacité totale ;
- Assurer un bon accrochage entre le substratum et le massif de sol d'apport ; une purge parfaite des matériaux glissés et la réalisation de redans donnent généralement satisfaction ;
- Prévoir un drainage correct du massif de substitution et un exutoire ;

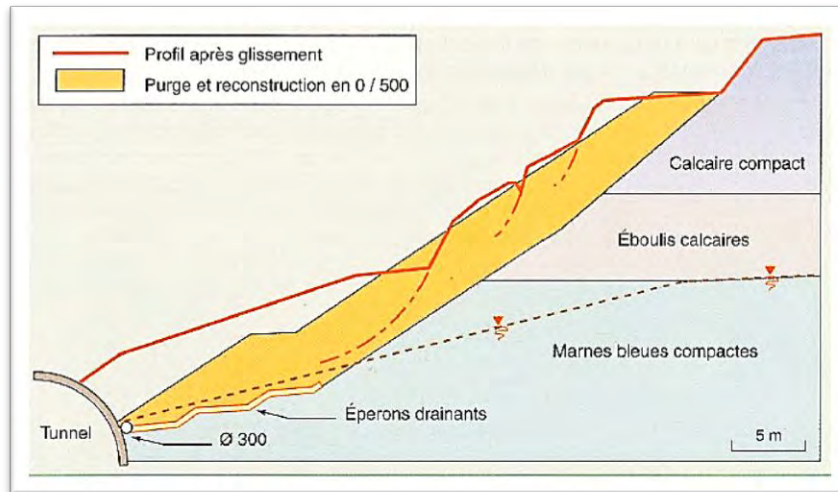


Figure 36 : *Substitution totale des matériaux glissés au droit de la tête sud du tunnel de Marnay.*
Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

② Substitution partielle des matériaux glissés

On peut toutefois limiter le terrassement en exécutant des bèches, des contreforts, des masques ou des éperons, qui peuvent suffire à la stabilisation.

Une bêche c'est une fouille réalisée en partie basse du glissement et sur toute sa largeur remblayée par des matériaux frottants et drainants. Les dimensions courantes sont :

- 4 à 10m de largeur.
- 5 à 6m de profondeur.

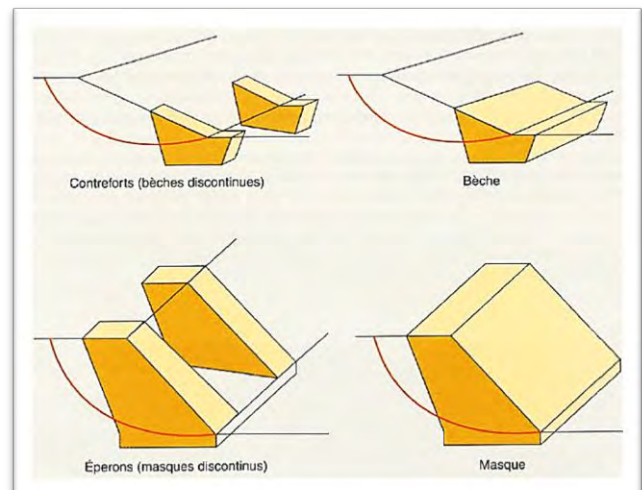


Figure 37 : *Substitution partielle*
Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

- La bêche est particulièrement bien adaptée aux cas de construction de remblais sur un massif de sol instable de faible épaisseur. Elle permet de transmettre la surcharge du remblai au substratum et un exutoire peut être trouvé, en constituant un drainage à l'aval du glissement.

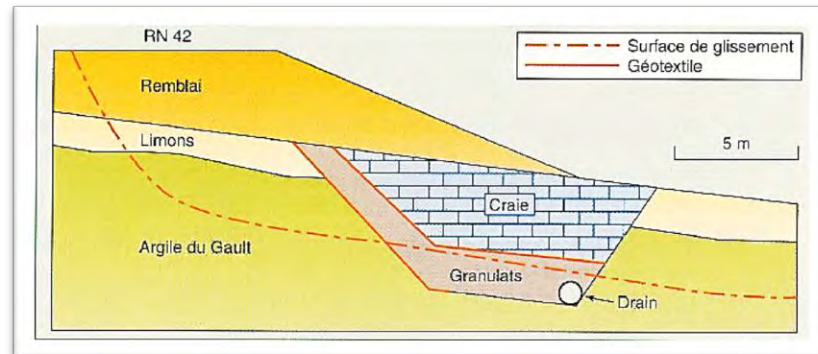


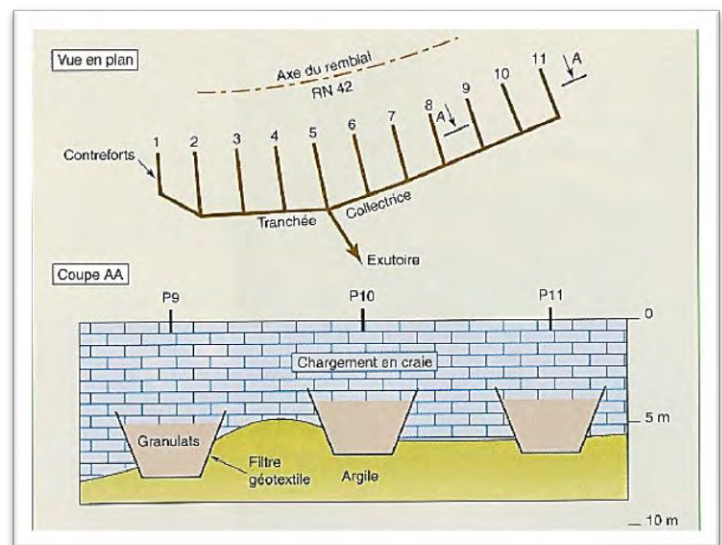
Figure 38 : Stabilisation par bêche du remblai au PK 1,9 de la déviation Nabringhen (Pas-De-Calais).

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

- On appelle contrefort ce même type d'ouvrage lorsqu'il est discontinu. Pour assurer un exutoire, ces contreforts sont souvent reliés par des tranchées drainantes.

Figure 39 : Stabilisation par contreforts du remblai au PK 2,4 de la déviation de Nabringhen (Pas-De-Calais).

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.



⇒ Dispositif de drainage

Très souvent, l'eau joue un rôle moteur déterminant. Le géotechnicien doit étudier des solutions ayant pour objectif de réduire l'action de l'eau.

Le drainage a pour but de réduire les pressions interstitielles le long de la surface de glissement et ainsi d'augmenter la résistance au cisaillement du terrain. Différentes techniques peuvent être appliquées pour atteindre cet objectif.

❶ Collecte et canalisation des eaux de surface (drainage de surface)

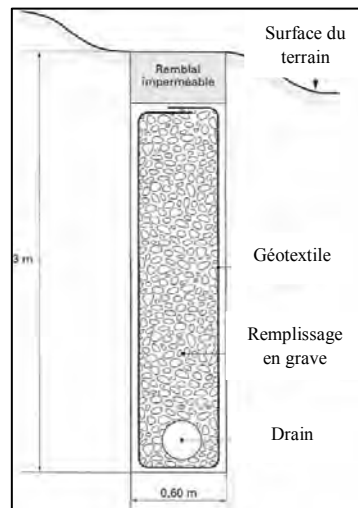
Il s'agit de mettre en œuvre des moyens pour limiter les infiltrations dans le massif en mouvement. Les eaux peuvent provenir d'une couche superficielle aquifère, d'un défaut

d'étanchéité sur un réseau ou sur un bassin de stockage à l'amont, ou plus simplement de l'impluvium et des eaux de ruissellement. En effet les eaux de surface ont tendance à s'infiltrer dans les fissures, à stagner dans les zones de faible pente ou en contre pente, mettant ainsi en pression la surface de rupture. Aussi les ouvrages de collecte des eaux (Fossés, caniveaux, cunette). La technique de drainage superficiel était autrefois très fréquemment utilisée pour les terrains agricoles.

② Tranchées drainantes

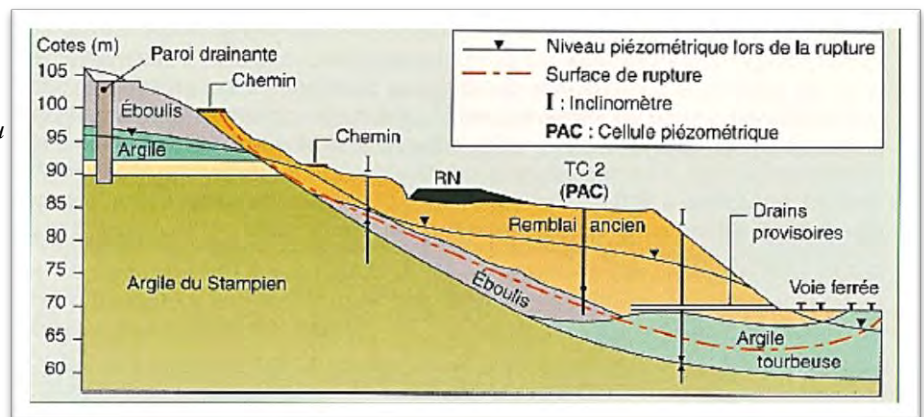
Les tranchées drainantes sont des ouvrages couramment employés pour rabattre le niveau de la nappe. Elles sont implantées sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau. Le choix de l'implantation dans le sens de la plus grande pente ou en parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis, dépend des résultats de l'étude hydrogéologique et conditionne l'efficacité de la tranchée. L'effet stabilisateur, dans le cas des tranchées drainantes de la diminution des pressions interstitielles au niveau de la surface de rupture. La profondeur de la tranchée peut atteindre 5 à 6 m sur une largeur de l'ordre du mètre.

Figure 40 : Coupe type d'une tranchée drainante.
Source : stabilité des pentes : glissement en terrain meuble.



- Un exemple de drainage par tranchée de grande profondeur 15m, il s'agit du glissement de Moissac qui affectait une route nationale et une voie ferrée.

Figure 41 : Stabilisation du glissement de Moissac (Tarn et Garonne).
Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.



③ Drains subhorizontaux

Lorsque les contraintes d'accessibilité du site ou les conditions de circulation interdisent la réalisation de tranchées, l'installation de drains subhorizontaux peut permettre de diminuer les pressions interstitielles et de décharger des aquifères localisés.

La technique consiste à réaliser de nombreux forages avec une faible pente sur l'horizontal 2° à 5° et à y placer des tubes crépines. Ces tubes sont généralement en PVC 50 à 80mmΦ, parfois en acier lorsque de grandes déformations sont susceptibles de se produire.

Cette technique peut s'employer dans de nombreuses configurations de glissement et dans de nombreuses formations géologiques. Les drains subhorizontaux permettent de drainer des versants instables dans les cas suivant :

Nappe de versant ; Couche et poches aquifères ; Circulation d'eau localisée dans des fractures, dans des couches de faible épaisseur.

Le glissement de Chatel-Guyon (Puy-De –Dome) par exemple s'est produit dans des formations de sable argileux surmontant des argiles et marno-calcaires. Il a été provoqué par la construction d'un remblai routier sur ces formations saturées. Pour la solution de stabilisation il a été décidé de réaliser une dizaine de drains subhorizontaux de pente 9°, de 40m de longueur.

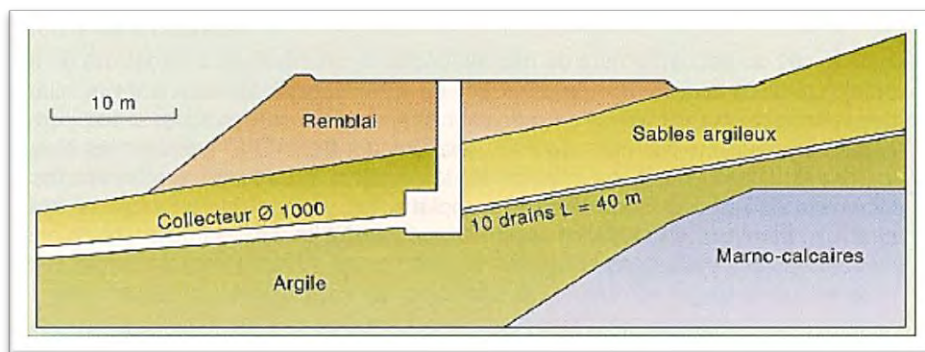


Figure 42 : Drainage du glissement de Chatel-Guyon (Puy-De –Dome).

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

④ Drains verticaux, puits et galeries drainantes

Les techniques de drains et puits verticaux sont peu fréquemment utilisées pour la stabilisation des glissements de terrain, en raison des difficultés d'évacuation des eaux drainées : Gravitation en profondeur vers des couches plus perméables ou vers le haut par pompage ou siphonage. Les puits et les drains verticaux permettent de couper un aquifère comme le ferait une tranchée drainante sans être limité en profondeur.

Les galeries drainantes constituent un autre type d'ouvrage profond à partir duquel il est possible, comme pour les puits, de forer des drains subhorizontaux qui augmentent le rayon d'action du drainage.

⑤ Eperons et contreforts, masques et bêches drainants

Ces ouvrages possèdent une fonction drainante en plus de leur fonction gravitaire. Leur dimensionnement consiste à prendre en compte, dans le calcul de stabilité, un niveau de nappe rabattu lié à la géométrie de l'ouvrage.

Les masques drainants sont des ouvrages en matériaux granulaires grossiers mis en place en parement de talus ; leur rôle est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante de terrain.

Les éperons drainants sont des sortes de masques discontinus ; s'il est inutile ou difficile de réaliser un masque, on se contente de faire des saignées remplies de matériau drainant régulièrement espacées.

⇒ Ouvrage de soutènement

Dans cette catégorie il y a deux types d'ouvrages : les ouvrages rigides (mur poids ou ancré) et les ouvrages souples (mur cellulaire, gabions, remblais renforcés par armature ou nappes).

① Ouvrages rigides

Ils ne sont pas les mieux adaptés à la stabilisation des glissements de terrain, du fait de leur incompatibilité avec toute déformation ; en outre, le dimensionnement doit prendre en compte les efforts très importants engendrés par le glissement.

② Les ouvrages souples

Ils sont des structures obtenues à partir des gabions, des murs cellulaires, ou de sol renforcé par fils, par armatures synthétiques ou métalliques, par nappes de géotextiles, par grilles métalliques ou synthétiques. Ces ouvrages fonctionnent comme les massifs poids décrits ci-dessus. Ces techniques, qui admettent les déformations du sol, sont utilisées plus couramment que les murs rigides.

⇒ Tirants d'ancrages

Le principe consiste à réduire les forces actives du glissement et à accroître les contraintes normales effectives sur la surface de rupture. Dans de nombreux cas, les tirants sont combinés à un mur ou à des longrines. En appelle tirant d'Ancrage injecté, une armature métallique constituée de tubes, barres, fils ou toron introduite dans un forage et scellée au terrain par des injections de coulis ou de mortier sous pression plus ou moins élevée. Les Tirants d'ancrage réalisés sont des tirants de 20 m et 16 m de longueur, de 120 mm de diamètre avec des barres HA40mm. L'utilisation de tirants précontraints suppose :

- Qu'on ait déterminé la force d'ancrage nécessaire par mètre linéaire de glissement pour assurer une valeur suffisante du coefficient de sécurité ;
- Qu'on justifie le choix et les caractéristiques des tirants.



Photo 45 : Stabilité du glissement de terrain au niveau du PK de la RN6 liaison FES-TAZA.

Source : <http://www.mtpnet.gov.ma/NR/rdonlyres/17F48F90-02BB-4DA2-B42A-2213394AF72B/891/404ConfortementduglissemendeterrainauniveaudelaR.pdf>

⇒ Renforcement par inclusions

Le renforcement par inclusions a été largement employé durant les dernières années comme une technique de stabilisation des pentes instables. La raison, il est aisé et rapide à mettre en œuvre et qu'il n'affecte pas la géométrie du site. On distingue deux catégories d'inclusions, en fonction de l'inertie des armatures utilisées :

Les clous et micropieux, constitués d'une armature de faible inertie (barres ou profilés métalliques par exemple) et d'un coulis d'injection, et placés obliquement ou verticalement

Les pieux et barrettes (fûts de béton armé, viroles en acier remplies de béton), qui sont des éléments de grande rigidité, mis en place verticalement.

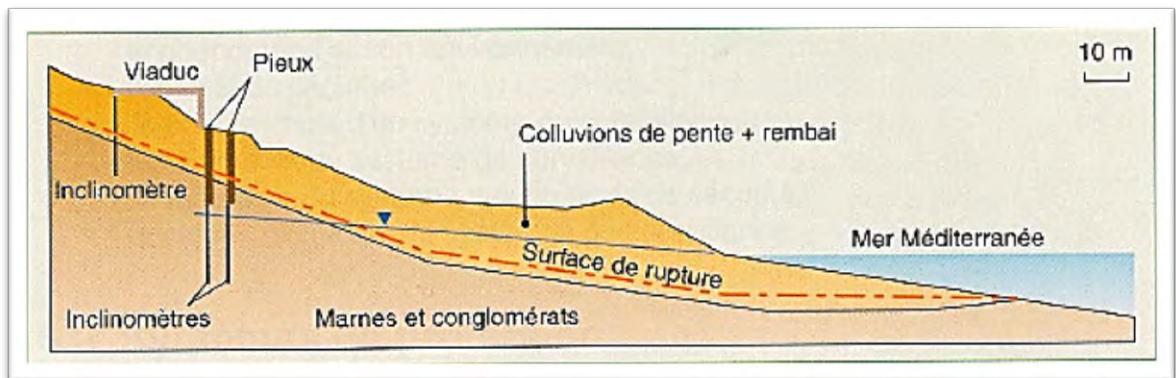


Figure 43 : Stabilité du glissement d'Aktéa (Grèce) à l'aide des pieux de 1m Φ .

Source : guide technique : stabilisation des glissements de terrain.

III. 2. STRATEGIE DE REHABILITATION PARASISMIQUE

La prévention du risque glissement de terrain dans le cadre bâti existant peut être efficace quand on la prend à l'échelle urbaine. Il est nécessaire d'évaluer la vulnérabilité aux mouvements de terrain de toute la zone. Cette évaluation ne serait se limiter aux bâtiments mais doit porter également les voiries, les réseaux utilitaires et les différents équipements.

La connaissance de la vulnérabilité au risque permet l'élaboration des scénarios de risque et de prendre les mesures de prévention nécessaires par la collaboration des spécialistes de nombreuses disciplines.

La réhabilitation parasismique d'une construction nécessite un diagnostic de vulnérabilité. L'objectif est d'évaluer la probabilité d'endommagement en fonction du niveau d'agressivité du risque sur le cadre bâti. En passant par les étapes suivantes :

- ✓ Inventaire et cartographie des constructions à travers des photos aériennes sur les lieux et sur des cartes.
- ✓ Identification d'ilots homogènes : les bâtiments de ces ilots à une même époque donc également même mode de construction.
- ✓ Typologie des constructions.
- ✓ Diagnostic de vulnérabilité de chaque type de bâtiment : la vulnérabilité est évaluée en fonction de degré d'endommagement dans le cadre bâti par le risque glissement de terrain.
- ✓ Diagnostic affiné : ce diagnostic est en fonction des données relatives à la nature du sol et par l'exposition à des effets de site (effets topographiques)...etc.

Et qui sont les mêmes étapes qui ont été utilisées pour le développement du chapitre VI

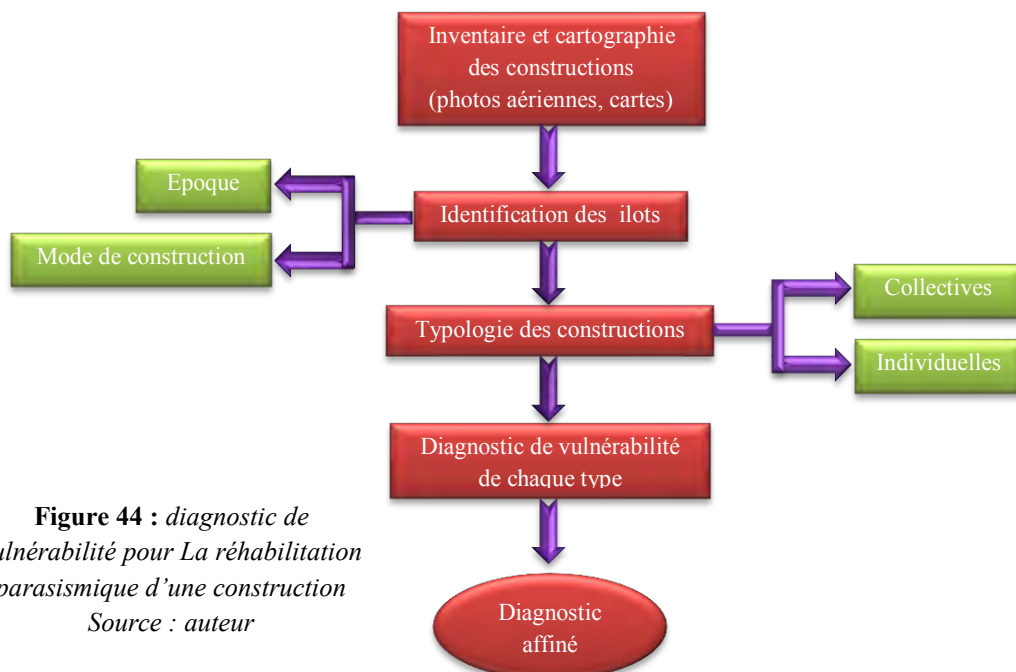


Figure 44 : *diagnostic de vulnérabilité pour La réhabilitation parasismique d'une construction*

Source : auteur

III. 2. 1. Amélioration du niveau de performance d'un bâtiment

III. 2. 1. 1. Renforcement

Le renforcement est appelé également « le confortement préventif ». Il est la stratégie la plus fréquente lors de la réhabilitation d'un bâtiment. Il contient les étapes suivantes :

- ✓ Redimensionnement, consolidation ou remplacement d'éléments structuraux.
- ✓ Ancrage efficace des éléments de contreventement horizontal et vertical (ce qui implique la création de chaînage).
- ✓ Création d'un nouveau système de contreventement couplé à la structure existante.
- ✓ Renforcement et liaisonnement des fondations.
- ✓ Traitement du sol d'assise. [Voire titre : III.1.1.5.].

III. 2. 1. 2. Amélioration de la dissipativité⁴⁶

La dissipativité d'une construction peut être améliorée de plusieurs manières :

- Augmenter la ductilité de la structure :
 - faire travailler les éléments structuraux à la flexion,
 - augmenter la section des porteurs verticaux,
 - prévenir les instabilités locales des éléments à parois minces (par raidissage),
 - autoriser un allongement notable des boulons d'ancrage,
 - supprimer les affaiblissements locaux, effets d'entaille et tout changement brusque de forme ou de section des éléments de contreventement,
 - réaliser une armature adéquate des éléments en béton armé,
 - supprimer le bridage des poteaux par des éléments rigides comme les allèges en maçonnerie ou les cloisons n'atteignant pas le plafond,
 - confiner les maçonneries par des chaînages,
- Utiliser des amortisseurs.

III. 2. 1. 3. Suppression ou redistribution des zones faibles

Les zones faibles même renforcés, il est intéressant et avantageux soit de les supprimer, soit de les déplacées.

- Le cas d'un RDC sur pilotis, un niveau ouvert constitue un niveau souple car sa rigidité latérale est très inférieure à celle des autres niveaux.

Le renforcement des poteaux n'est pas suffisant car il ne résout pas le problème complètement ; l'effet de niveau souple peut être : Supprimé, par l'ajout d'un contreventement en façade et par

⁴⁶ Milan Zacek: Vulnérabilité et renforcement (conception parasismique) ; 2004 ; 46p.

l'adjonction d'un noyau rigide central, ou en réduisant la rigidité des niveaux supérieurs par une façade légère découplée de l'ossature.

➤ Les bâtiments comportant des ailes, symétriquement disposées ou non, peuvent subir des dommages graves dans les angles en raison des déplacements importants des extrémités des ailes, cet effet on peut les supprimer par :

- fractionner la construction par des joints parasismiques
- placer des voiles transversaux aux extrémités des ailes afin de limiter leurs déformations, ou en modifiant la forme du bâtiment de manière à arrondir l'angle rentrant.

➤ Les dalles en porte-à-faux (balcons, auvents,...) sont en général assez vulnérables aux risques glissement de terrain. Cette situation peut être traitée de la manière suivante :

- supprimer les porte-à-faux en faisant porter les dalles des balcons ou de l'auvent par des voiles ou autres structures latérales,
- faire porter les balcons par des poutres en porte-à-faux, moins vulnérables au mouvement de terrain que les dalles en porte-à-faux.

III. 2. 2. Techniques de renforcement⁴⁷

Les techniques de renforcement ne sont pas spécifiquement parasismiques car elles sont indépendantes des motifs de renforcement. Elles peuvent être classées en plusieurs catégories.

⇒ Renforcement par addition de nouveaux éléments de construction

Voiles, palées de stabilité, contreforts extérieurs, chaînages, micropieux, parois enterrées,... etc.

La liaison entre la partie ajoutée et la structure existante est d'une importance capitale pour l'efficacité de la solution.

⇒ Amélioration de la résistance de la section transversale des éléments constructifs

- ✓ augmentation de section par enrobage,
- ✓ renforcement de l'armature,
- ✓ contre voiles,
- ✓ plaques d'aciers collés,
- ✓ tissu de fibres de carbone collé.

⇒ Renforcement par confinement

- ✓ chemisage des poteaux,
- ✓ corsetage des murs, poteaux, cheminées,...
- ✓ contre voiles bilatéraux solidarités.

⁴⁷ Milan Zacek: Vulnérabilité et renforcement (conception parasismique) ; 2004 ; 47,48p.

- ⇒ **Renforcement par précontrainte** (essentiellement pour les ouvrages en béton armé ou maçonnerie).
- ⇒ **Réalisation d'ancrages efficaces**
 - ✓ ancrage des planchers dans les chaînages,
 - ✓ ancrage des charpentes sur le niveau sous-jacent,
 - ✓ ancrage à la fondation des ossatures préfabriquées,
 - ✓ ancrage des équipements lourds.
- ⇒ **Réparation**
 - ✓ injection de fissures,
 - ✓ remplacement de béton et d'armatures détériorés,
 - ✓ remplacement des éléments de maçonnerie détériorés,
 - ✓ traitement de surface afin d'améliorer la durabilité du béton et des aciers.
- ⇒ **Traitement de sol visant à**
 - ✓ augmenter sa capacité portante,
 - ✓ prévenir les tassements importants en cas de séisme,
 - ✓ supprimer la susceptibilité de liquéfaction,
 - ✓ prévenir des mouvements de terrain : glissements, éboulements, affaissements, coulées lentes, etc.

Le choix des techniques de renforcement s'effectue selon les critères habituels : coût, rapidité de mise en œuvre, durabilité, réversibilité (possibilité de retour ultérieur en arrière, ce qui est parfois demandé pour les monuments historiques), disponibilité, compétence des entreprises locales, etc.

III. 3. OUTILS REGLEMENTAIRES LIES AUX RISQUES NATURELS

Les PPR plans de prévention des risques naturels prévisibles ont été institués par la **loi 22 juillet 1987** modifiée par la **loi n° 87-565 du 2 février 1995** relative au renforcement de la protection de l'environnement (loi Barnier) leur procédure d'élaboration a été fixée par le **décret n°95-1089 du 5 octobre 1995**. La loi Barnier a été intégrée dans les **articles L562-1** et suivants du code de l'environnement. Le PPRMT est le seul document réglementaire spécifique aux risques. La prévention et la gestion des risques naturels ont une importance capitale aussi bien à l'échelle locale que nationale.

L'évolution des textes en Algérie reflète un grand intérêt pour les problématiques ayant trait aux thématiques de développement durable, du renouvellement urbain et de la gouvernance territoriale. 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.

On peut lire dans l'article 11 que 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.

Les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes prennent en compte les risques suivants : les séismes, les risques géologiques, les inondations, les risques climatiques et les feux de forêts.

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 ainsi que dans les terrains d'emprise des canalisations.

Chaque plan général de prévention des risques majeurs fixe les zones frappées de servitude de non aedificandi, pour risque majeur ainsi que les mesures applicables aux constructions existantes.

Les dispositions pénales : toute infraction aux dispositions de construction dans les zones à risques , le citoyen sera punie d'un emprisonnement de un an à trois ans et d'une amende de trois cent mille dinars 300000DA à six cent mille dinars 600000DA ,ou l'une de ces deux peines seulement , en cas de récidive , la peine est portée au double.

▪ **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.

La ville de Constantine fait partie de la zone tellienne, caractérisée par une sismicité moyenne.

Les constructions en béton armé ne doivent pas dépasser les 14 mètres, soit 04 niveaux (R+4).

▪ **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 (article N°01).

Les effets des catastrophes naturelles sont les dommages directs causés aux biens, suite à la survenance d'un événement naturel d'une intensité anormale (article N°02).

◆ CONCLUSION

La prévention c'est l'élaboration des mesures scientifique et technique destinées à éviter la survenance et la dangerosité du risque glissement de terrain. Sur la base d'analyse de vulnérabilité, la prévention 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. La carte ZERMOS permet d'effectuer un zonage du territoire en fonction de l'intensité et de la gravité du phénomène. Ces cartes servent également à l'établissement des plans d'exposition aux risques PER du mouvement de terrain.

En l'an 1995, la loi Barnier (France) ; à pris le relais et la carte ZERMOS est devenue un PPR qui intègre le risque du glissement de terrain dans le PLU.

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.

Il est possible d'agir sur le risque du mouvement de sol de deux manières, en intervenant sur l'aléa ou sur les personnes et les biens menacés. Les mesures de protection mis en place visent à réduire au maximum l'aléa dans les zones affectées. La prévention permet de réduire la vulnérabilité au sein de ses secteurs, par l'information des populations, l'adoption de mesures d'urbanisme ou de mesures constructives. En matière des mesures constructives et selon notre étude en distingue des mesures techniques pour stabiliser le terrain, dans l'objectif de réduire les effets négatifs du mouvement de sol sur le cadre bâti. Parmi ces solutions on a : les différents types de terrassement, les systèmes de drainage, les ouvrages de soutènements...etc.

Au niveau du bâtiment, la prévention au risque du glissement de terrain nécessite une évaluation sur la vulnérabilité des constructions par ce phénomène, qui permet d'élaborer et de prendre les mesures nécessaires. Ainsi choisir la méthode de réhabilitation adéquate, pour le renforcement des bâtiments à travers la collaboration des spécialistes multidisciplinaire (architectes, urbanistes, ingénieur en génie civil, géologue...etc.).

Les références

- [39] : Fawzi Boudaqqa : Urbanisation et risques naturels à Alger et son aire métropolitaine.
- [40] : Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques ; 103p.
- [41] : Bureau de recherches géologiques et minières.
- [42] : Laboratoire central des ponts et chaussées.
- [43] : www.prim.net
- [44] : Mezhoud lamia : La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine ; thèse magistère, option : Aménagement des milieux physiques ,105p.
- [45] : Dossier d'information : mouvement de terrain ; 2004 ; 20p.
- [46] : Milan Zacek: Vulnérabilité et renforcement (conception parasismique) ; 2004 ; 46p.
- [47] : Milan Zacek: Vulnérabilité et renforcement (conception parasismique) ; 2004 ; 47,48p.

CONCLUSION PREMIERE PARTIE

Dans cette partie de ce mémoire nous constatons après une recherche sur le phénomène que le glissement de terrain est devenu un grand danger à travers ses effets destructeurs, surtout au niveau du cadre bâti. Il provoque l'effondrement et la destruction de plusieurs bâtiments et des infrastructures à des degrés différents. Ce risque se traduit par la jonction de plusieurs facteurs qui favorisent le déclenchement du risque mouvement de sol qu'ils soient naturels où anthropiques tels que : d'une part, la nature du sol, action d'eau et la topographie du terrain...etc. d'autre part, l'action de l'homme à savoir : le terrassement, les surcharges des terrains vulnérables au risque du glissement de terrain ainsi que certains critères qui ont engendré par la suite des dégâts importants au niveau du cadre bâti à la suite d'un glissement de terrain tels : la forme, l'élancement des bâtiments et la disposition des structures par rapport aux pentes...etc. La vulnérabilité au risque du glissement de terrain est également représentée par le degré d'endommagement du cadre bâti sous l'effet du risque. C'est le comportement de différentes structures vis-à-vis de la probabilité d'occurrence d'un glissement de terrain. L'évaluation de cette vulnérabilité au risque d'**instabilité de terrain** nécessite un diagnostic sur le cadre bâti dont l'objet est de mesurer le taux d'endommagement des structures affectées par le risque du glissement du terrain. Cette vulnérabilité est évaluée à la base de plusieurs méthodes quantitatives et qualitatives. Parmi ces méthodes, la plus utilisée par les organismes est la méthode d'endommagement qui permet d'estimer le degré d'endommagement des différents types de constructions face au risque d'instabilité de terrain. A travers cette évaluation nous aurons à choisir la technique et la méthode de confortement adéquates pour la gestion de ce risque.

En effet, il est possible d'agir sur ce risque par : l'intervention sur l'aléa, ou sur les enjeux. Les mesures de protection mises en place visent à réduire au maximum l'aléa dans les zones menacées. La prévention permet de réduire la vulnérabilité au sein de ces secteurs, par l'information des populations, ou de mesures constructives. Par ailleurs La cartographie de l'aléa glissement de terrain est nécessaire dans le cadre de l'élaboration des instruments d'urbanisme, il s'agit d'une prise en compte des risques naturels dans les documents d'urbanisme pour assurer la sécurité des biens et des personnes vis-à-vis de ce phénomène naturel particulier et surtout pour permettre la sensibilisation des acteurs locaux à mieux gérer l'espace et l'aménagement du territoire.



DEUXIEME

PARTIE

Phase

Analytique



INTRODUCTION DEUXIEME PARTIE

« Il existait de grandes villes dans la haute antiquité par exemple Trois, Thèbes, Babylone puis, Alexandrie et bien d'autres moins prestigieux sur la plupart des continents ! ».

Pendant des siècles, la plupart de ces villes se sont grandies lentement, alors qu'aujourd'hui tous les espaces urbains s'étalent rapidement.⁴⁸

Comme toutes les grandes villes du pays, Constantine a connu une croissance urbaine intensive. Elle est étroitement liée à, son histoire, et aux civilisations qui s'y sont installées, aux étapes de sa formation et de son développement et au rôle de commandement qu'elle a toujours exercé sur toute la région Est de l'Algérie.⁴⁹

En effet, la ville de Constantine a connu une consommation rapide de l'espace due à une extension urbaine effrénée et non maîtrisée ce qui a entraîné une saturation des terrains urbanisables et la surconsommation des terres agricoles.

Parmi les problèmes urbains dont souffre actuellement la ville figure un problème majeur, le risque du « **glissement de terrain** ». Le site de Constantine est affecté par ce phénomène, il a par le passé causé des dégâts important aux constructions et aux infrastructures.

Dans la deuxième partie de notre travail qui représente la partie analytique nous essayerons d'étudier les trois thématiques suivantes :

-Le premier chapitre nous traiterons les caractéristiques physiques du site dans le but de connaître les potentialités naturelles des versants à l'instabilité de terrain ainsi que les facteurs anthropiques qui peuvent jouer un rôle moteur dans l'apparition du phénomène glissement de terrain. Ensuite nous aborderons une approche analytique dans l'objectif de mieux comprendre les différentes étapes de l'évolution du site. Ainsi, on donne un aperçu sur la vulnérabilité du cadre bâti par le risque du glissement dans la ville de Constantine.

Enfin, nous essayerons de mettre l'accent sur la prévention et la gestion du risque glissement de terrain dans la ville de Constantine.

-Dans le deuxième chapitre nous traiterons de l'analyse urbaine sur l'aire d'étude cas de Boussouf et nous mettrons en relief les facteurs d'instabilité de terrain. Ainsi on donne un état des lieux sur la vulnérabilité du cadre bâti par le risque du glissement à Boussouf et les techniques de confortements proposés par des experts pour stabiliser le terrain.

-Dans le dernier chapitre nous allons essayer de présenter les résultats de notre enquête sur deux types de construction l'un collective et l'autre individuelle dans le but d'évaluer le degré de

⁴⁸ Bastier Jean et Bernard Dézert ; l'espace urbain, édition Masson, Paris 1980, p9.

⁴⁹ M. Larouk, Madinat Quacentina a dirassa fi djoghrafia el umran, p66.

dégradation pour les deux sites urbains exposés au risque du glissement de terrain à la base de certains paramètres conceptuels et techniques tels que : la configuration du plan de masse, la forme, la hauteur, la morphologie du terrain ainsi que la structure et la qualité des matériaux de construction et la mise en œuvre.

A l'issue de ce qui suit, nous présenterons une conclusion générale et des recommandations pour bien gérer le risque de glissements de terrain dans la ville de Constantine en générale et les deux sites en particulier.

Les références

[48] : Bastier Jean et Bernard Dézert ; l'espace urbain, édition Masson, Paris 1980, p9.

[49] : M. Larouk, Madinat Quacentina a dirassa fi djoghrafia el umran, p66.

CHAPITRE IV

Les caractéristiques physiques et l'urbanisation de la ville de Constantine

◆ INTRODUCTION

Historiquement, Constantine est un vieux site d'implantation humaine (2 500 ans). Métropole régionale depuis la Numidie Antique, elle demeura capitale de l'Est algérien, durant la colonisation française (1837-1962). Après l'indépendance du pays, Constantine conserva son statut de capitale de l'Est algérien. Au vu de sa situation géographique privilégiée, son poids administratif, économique, scientifique et culturel, en plus d'autres potentialités dont elle dispose, Constantine a toujours connu d'importants flux de population originaire de différentes régions de l'Est du pays. Troisième ville d'Algérie (466 000 habitants en 2002) après Alger au Centre et Oran à l'Ouest, la ville de Constantine abrite 60 % de la population de la wilaya, alors que sa superficie ne représente que 8 % (183 km²) de la surface totale de la wilaya.

En comparaison avec la densité de population à l'échelle de la wilaya (362 hab /km²), la ville de Constantine est marquée par une grande concentration de la population (2 617 hab /km²).

A côté des catastrophes naturelles qui ont ébranlé des villes Algérienne ces dernières années, Constantine est touchée pareillement par le phénomène de glissement de terrain qui affecte une superficie de 120 Ha, abritant 15 000 logements pour une population concernée estimée à 100 000 habitants.

En vue de connaître les potentialités naturelles des versants à l'instabilité et les caractéristiques urbaines et anthropiques de la ville de Constantine, les caractéristiques physiques du site seront présentées dans le présent chapitre. En outre, la vulnérabilité du cadre bâti et l'analyse des études élaborées afin d'atténuer et prévenir le risque du mouvement de terrain seront abordées.

IV. 1. Caractéristiques physiques du site

IV. 1. 1. Situation géographique du site

La ville de Constantine occupe une position géographique centrale dans la région. C'est une ville charnière entre le TELL et les Hautes plaines, au croisement des grands axes Nord-Sud (Skikda-Biskra) et Ouest-Est (Sétif-Annaba). Elle constitue en outre un nœud ferroviaire important reliant les principales villes de l'Est algérien. D'une superficie de 2 297,2 Km², la wilaya de Constantine ne représente que 0,09% de l'ensemble de la superficie du territoire national. Elle est entourée également par OUED RHUMEL sur trois côtés et bâtie sur un majestueux rocher situé sur les deux côtés du RHUMEL, ainsi cernée par de véritables obstacles naturels.

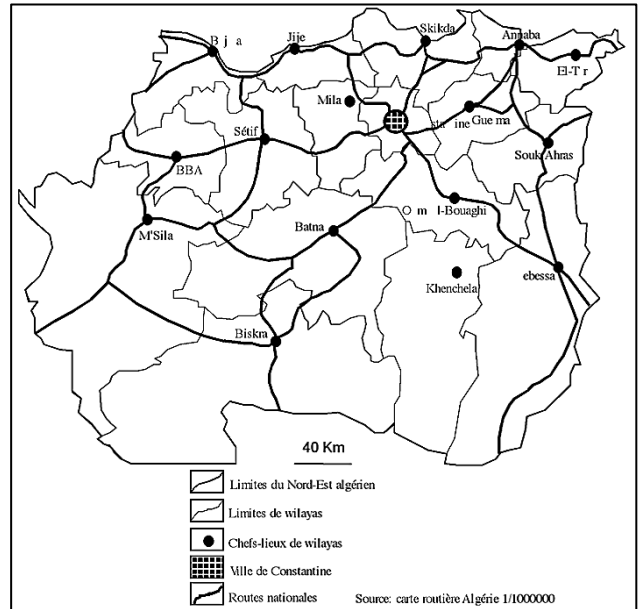
➤ **A l'échelle nationale**

Située au cœur du Nord-Est algérien, Constantine se trouve à 437 Km de la capitale du pays, 89 Km de Skikda, 156 Km d'Annaba. C'est une wilaya charnière entre le TELL et les hautes plaines, entre le Nord et le Sud.

➤ **A l'échelle régionale**

Constantine est limitée par la wilaya de Skikda au Nord, au Sud par la wilaya d'Oum el-Bouaghi, à l'Est la wilaya de Guelma et à l'Ouest par la wilaya de Mila.

Carte 1 : Nord-Est Algérien, situation géographique de la ville de Constantine.
Source : URBACO



➤ **A l'échelle locale**

Le dernier découpage administratif partage la wilaya de Constantine en 6 chefs-lieux de daïra composés de 12 communes :

<i>DAIRATES</i>	<i>COMMUNE</i>
CONSTANTINE	CONSTANTINE
KHROUB	KHROUB
	AIN SMARA
	OULED RAHMOUNE
AIN ABID	AIN ABID
	BEN BADIS
ZIGHOUD YUCEF	ZIGHOUD YUCEF
	BENI HAMIDANE
HAMMA BOUZIANE	HAMMA BOUZIANE
	DIDOUCHE MOURAD
IBN ZIAD	IBN ZIAD
	MESSAOUD BOUDJERIOU

Tableau 8 : Répartition et structure des communes de la wilaya de Constantine. Source : DPAT CNE.



Carte 2 : Situation administrative de l'espace communal. Source : PDAU

IV. 1. 2. Morphologie du site

La ville de Constantine s'étale sur un terrain caractérisé par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de plateaux (600 à 700 m d'altitude), de collines, de dépressions et de ruptures brutales, de pentes donnant ainsi un site hétérogène, responsable d'une urbanisation discontinue et différenciée.

IV. 1. 2. 1. Les éléments du relief

▪ Le rocher

Site exceptionnel par sa forme et sa position. Il constitue le premier noyau de la ville et celui de son environnement, il se trouve séparé des sites voisins au Sud-Est et au Nord-est par des gorges qui s'évasent du Sud au Nord.

▪ Les plateaux

➤ Les plateaux du Mansourah

Ce site a été urbanisé pendant l'époque coloniale, il est occupé surtout par l'emprise militaire. Il est limité par un réseau de cours d'eau à l'Ouest par OUED RHUMEL et le Sud-Ouest ; Sud-est et l'est par OUED BOUMERZOUG.

➤ Le plateau de Sidi M'cid

Situé au Sud-Ouest du rocher, séparé par les gorges de l'OUED RHUMEL.

➤ **Le plateau du Coudiat**

Situé au Sud-Ouest du rocher, fut urbanisé pendant la période coloniale.

➤ **Le plateau d'Ain el Bey**

Situé au Sud de la ville, il est en cours d'urbanisation, il est caractérisé par la stabilité de son terrain.

▪ **Les collines**

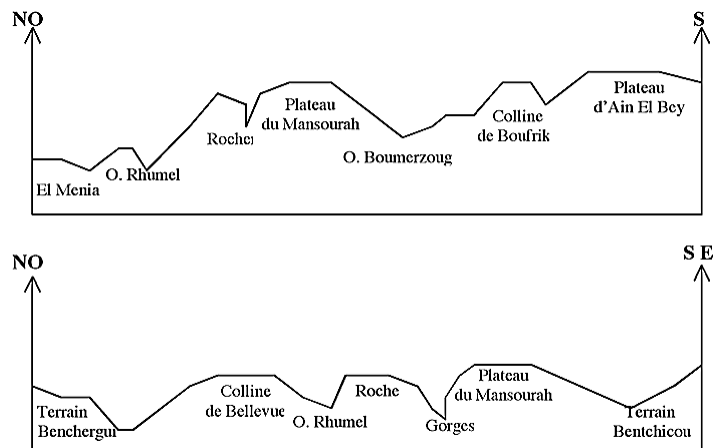
Comme BELLE VUE, SIDI MABROUK et BOUFRIKA, les deux collines sont caractérisées par l'instabilité liée au glissement de terrain.

▪ **Les vallées**

Les vallées du RHUMEL et de BOUMERZOUG ayant des formations d'âge quaternaire, généralement se sont des terrains inondables.

Figure 45 : *Ville de Constantine. Une topographie accidentée.*

Source : Rabah Boussouf, *Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive.*



IV. 1. 2. 2. La topographie

La partie Ouest de la ville de Constantine présente une large gamme de pentes, nous présentons les catégories utilisées par la DUC de la wilaya de Constantine qui sont comme suit :

⇒ **La catégorie (0 - 5)%**

Ce sont des terrains plats localisés à l'Est et au Sud-Est de la partie Ouest de la ville. Ils sont les plus exposés au risque d'inondations. Cette catégorie présente 16.83% de la superficie totale de la partie Ouest de la ville.

⇒ **La catégorie (6 - 10)%**

Localisée au Nord-Ouest et au Sud de la ville, ce sont des terrains de faible pente. Cette catégorie présente 1.87% de la superficie totale de la partie Ouest de la ville.

⇒ **La catégorie (11 - 20)%**

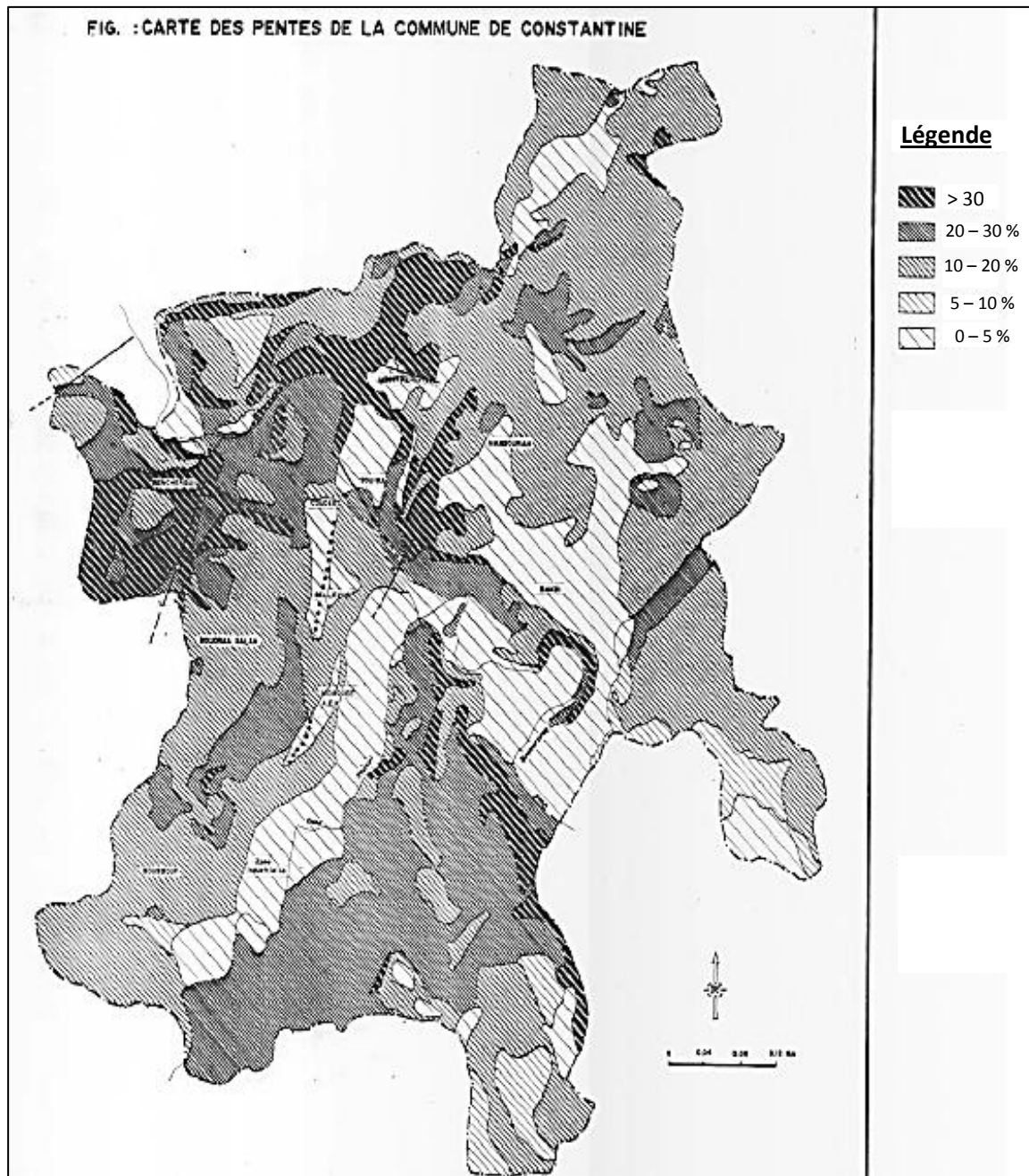
Elle représente 52.59% de la superficie totale de la partie Ouest de la ville. Cette catégorie est largement prédominante.

⇒ La catégorie (21 - 30)%

Elle occupe 18.58% de la superficie totale de la partie Ouest de la ville, cette catégorie est localisée au Nord-est de la partie Ouest de la ville.

⇒ La catégorie plus de 30%

Cette catégorie localisée à l'Ouest de la partie Ouest de la ville, représente 10.04% de la superficie totale de la partie Ouest de la ville.



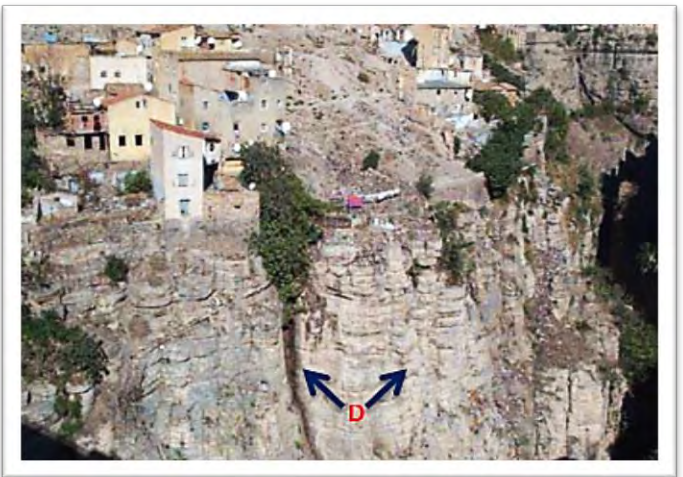
Carte 3 : La topographie de la commune de Constantine. Source : DUC.

IV. 1. 3. Cadre géologique régionale

Les mouvements en masse correspondent au facteur d'évolution géomorphologique le plus sensible dans la ville de Constantine et sa périphérie, bien que l'érosion ne soit pas négligeable dans les terrains les plus fragiles (argiles et marnes). Ces mouvements dont les plus importants touchent le tissu urbain ; il est utile de présenter les formations géologiques concernées par ces mouvements gravitaires et leurs caractéristiques morphologiques.

- le calcaire néritique forme, au centre-Nord de la ville, un plateau de faible déclivité Est. Il est délimité sur sa façade Nord, et le long du Rhumel, par des falaises très hautes (100 à 150m). Sa consistance rocheuse et massive, lui assure une bonne stabilité d'ensemble.

Photo 46 : *Le calcaire néritique en bancs demi-métriques du « Rocher » – A remarqué les diaclases verticales (D) et la morphologie résultante, sur la falaise source : DUC*



- les formations marno-calcaires et pélitiques, telliennes, affleurent largement le long de la frange Est de la ville, suivant des pentes moyennes de 20%. La pente forte de ce talus (30%) présente quelques replats caractéristiques des zones instables et renferme de gros blocs éboulés provenant du plateau calcaire.



Photo 47 : *Marnes telliennes à blocs et boules jaunes – Versant rive gauche de Boumerzoug La majorité des blocs est dégagée par l'érosion du versant. Source : DUC.*

- les flyschs, peu répandus, forment localement, des versants à pentes raides (30% et plus), au Nord de la route menant vers DJBEL EL OUAHCH et à CHAABET ERSASS, en rive gauche du Boumerzoug.

L'alternance grès-pélites, en bancs décimétriques, qui caractérisent ce flysch, lui confère une bonne armature d'ensemble et une bonne stabilité des versants.

Photo 48 : *Flysch massylien de Chaabet Ersass Rive gauche du Boumerzoug.*
Source : DUC.



- Le conglomérat rouge, miocène, se distingue par des falaises très hautes, situées en retrait des rives du Rhumel. Ces dernières sont localisées en particulier, en contrebas des replats de BELOUIZDAD KITOUNI et du BARDO, où leur épaisseur dépasse 80m. Cette formation, bien que consistante, est profondément creusée par quelques thalwegs dans les quartiers D'AOUNET EL FOUL - Maquisards, et plus en aval, par l'OUED MELLAH.



Photo 49 : *Conglomérat rouge miocène du Bardo remarquer la faille normale subverticale (F) qui sera commentée en tectonique.* Source : DUC.

Les indices d'instabilité de cette formation sont nombreux : fissurations et affaissements des zones de replats dominants les falaises (quartiers de BELOUIZDAD KITOUNI), écroulement de pans de falaises (EL MENIA), constructions endommagées.

- Les marnes et argiles miocènes occupent le sous bassin versant de CHAABET EL MERDJA (quartiers de BOUSSOUF, ZAOUCH ET BOUDRAA) et le versant de la rive droite du RHUMEL en contrebas du plateau d'AÏN EL BEY jusqu'à l'Université. Elles sont distribuées sur des pentes moyennes de 20%, comparables à celles des formations telliennes. Les mouvements gravitaires qui s'y développent sont de type fluage, en raison de la plasticité élevée de ces terrains. La caractéristique morphologique de ces glissements, qui se produisent notamment à proximité des cours d'eau, où les pentes sont les plus fortes (25 à 30%), est la topographie moutonnée des versants instables.



Photo 50 : Talus marneux de faible stabilité, en rive droite de Chaabet el Merdja.

G : Fluage et morphologie moutonnée, caractéristique. Source : DUC.

- Les plateaux calcaires quaternaires de MANSOURAH, SALAH BEY et AÏN EL BEY, sont à l'image du Rocher, de bonne stabilité. Seules les ruptures de pente, correspondant aux limites des plateaux, sont parfois sujettes aux écroulements de la dalle calcaire : Les blocs éboulés qui parsèment le talus Nord du plateau d'AÏN EL BEY ou ceux encore plus massifs du talus Ouest de MANSOURAH (en amont du pont de SIDI RACHED), témoignent de ce phénomène.

Photo 51 : Sables de base (S) du plateau calcaire de Salah Bey ;
C : Calcaire travertineux quaternaire.
Source : DUC.



- Les terrasses alluviales ne montrent pas d'instabilités particulières, à l'exception des talus de la terrasse récente qui sont exposés aux écroulements en période de crues.



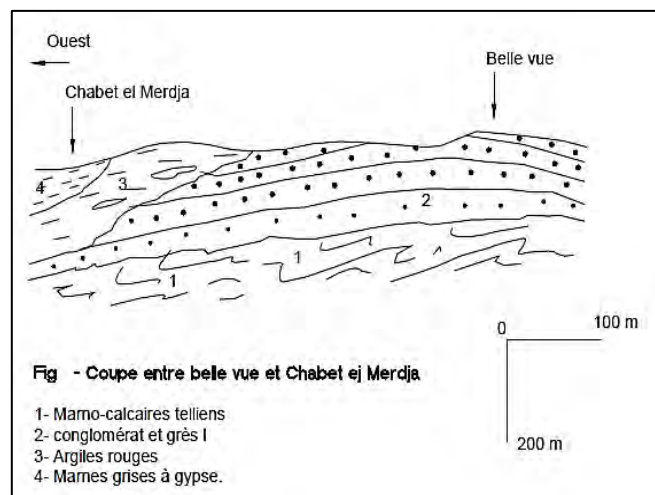
Photo 52 : Talus marneux de faible stabilité, en rive droite de Chaabet el Merdja.
G : Fluage et morphologie moutonnée, caractéristique. Source : DUC.

Plusieurs coupes de terrains ont permis de faire la lumière sur la succession des faciès néogène à Constantine et ses environs immédiats :

Coupe A, entre BELLEVUE et CHAABET HABET (EL MERDJA)

Montre les termes suivants :

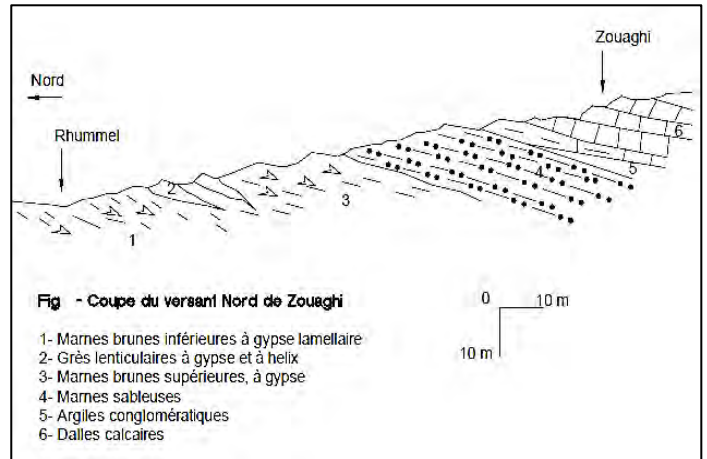
Figure 46 : Coupe entre Belle vue et Chaabet el Merdja. Source : DUC.



Coupe B, du versant Nord de ZOUAGHI

Vers la limite Sud de Constantine (en rive droite du Rhumel) la coupe suivante à été levée :

Figure 47 : Coupe du versant Nord de Zouaghi. Source : DUC.

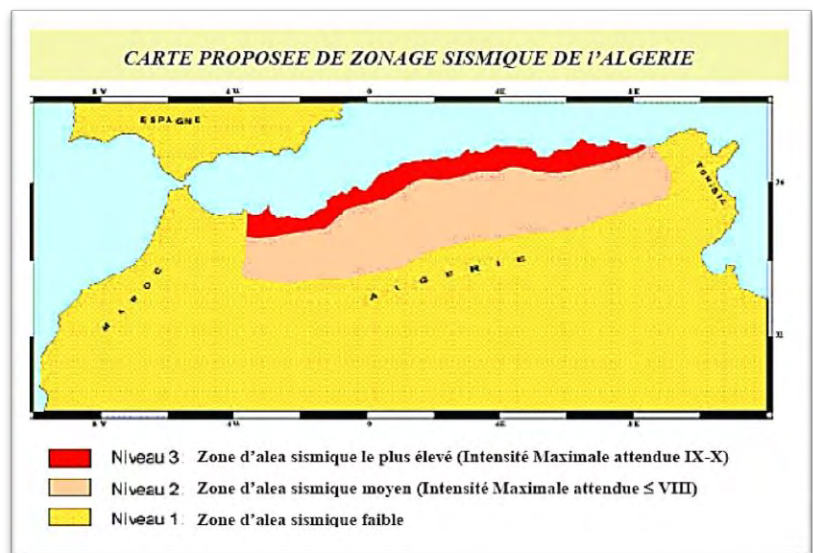


IV. 1. 4. La sismicité

La région de Constantine appartient au Nord de l'Algérie et cette dernière est connue historiquement comme une zone sismique très active. Elle rappelle sans cesse que la région Nord de l'Algérie est concernée par une activité sismique importante et qu'elle fait partie du quotidien dans la mesure où les secousses se produisent à l'Est, à l'Ouest ou au centre.

Elle se produit de façon continue, Près de 50 secousses chaque mois. D'après les études sismologique qui ont été faites, la région Tellienne est la plus exposée (**Zone III**), la région des Hauts Plateaux et la région de l'Atlas Saharien sont également sujettes à une faible sismicité (**Zone II**), la région saharienne présente une sismicité nulle ; La carte de zonage sismique du territoire Algérien élaboré par le CRAAG montre que notre région d'étude est située à la **Zone II**, zone d'aléa sismique moyen⁵⁰.

Carte 4 : Le zonage sismique du territoire Algérien. Source : CRAAG



⁵⁰ CRAAG : Centre de recherche en astronomie astrophysique et géophysique.

L'activité sismique est assez conséquente à Constantine, puisque l'exploitation de la sismicité historique prouve que la région a subi les effets de plusieurs chocs sismiques :

- Le 4 Août 1908 à 2h 11,
- Le 6 Août 1947 à 9 h 46,
- Le 27 Octobre 1985 à 20 h 35 (Ms = 6.0) : Ce tremblement de terre a causé la mort de cinq personnes et de 300 blessés, ainsi il a endommagé plusieurs constructions à la vieille ville de Constantine (SOUIKA), d'où la majorité des constructions ont été sérieusement touchées.

L'activité sismique modérée de la ville peut accentuer facilement la vulnérabilité des constructions exposées aux plusieurs aléas naturels ; parmi ces aléa on a le risque « glissement de terrain ».⁵¹

IV. 1. 5. Hydrographie

Les principaux cours d'eau qui traversent Constantine et sa banlieue sont d'Ouest en Est : OUED MELLAH, RHUMEL et BOUMERZOUG. Les deux derniers sont les plus importants. La configuration spatiale de ce réseau hydrographique est étroitement liée à la structure tectonique :

- À l'Ouest, le MELLAH et son affluent : CHAABET EL MERDJA coulent dans la zone axiale d'une structure synclinale faillée, orientée N10° à N20°.
- Au Sud, le RHUMEL et le BOUMERZOUG s'écoulent suivant les directions respectives N20° et N130°.

IV. 1. 6. Climatologie

L'eau est l'un des facteurs principaux qui influe sur l'instabilité de terrain car il participe à la modification des conditions d'équilibre du sol. Son rôle est le déclenchement du mouvement de terrain et pour cela il faut tenir compte des facteurs climatologiques : la pluviométrie de notre région d'étude.

IV. 1. 6. 1. La Répartition des Pluies

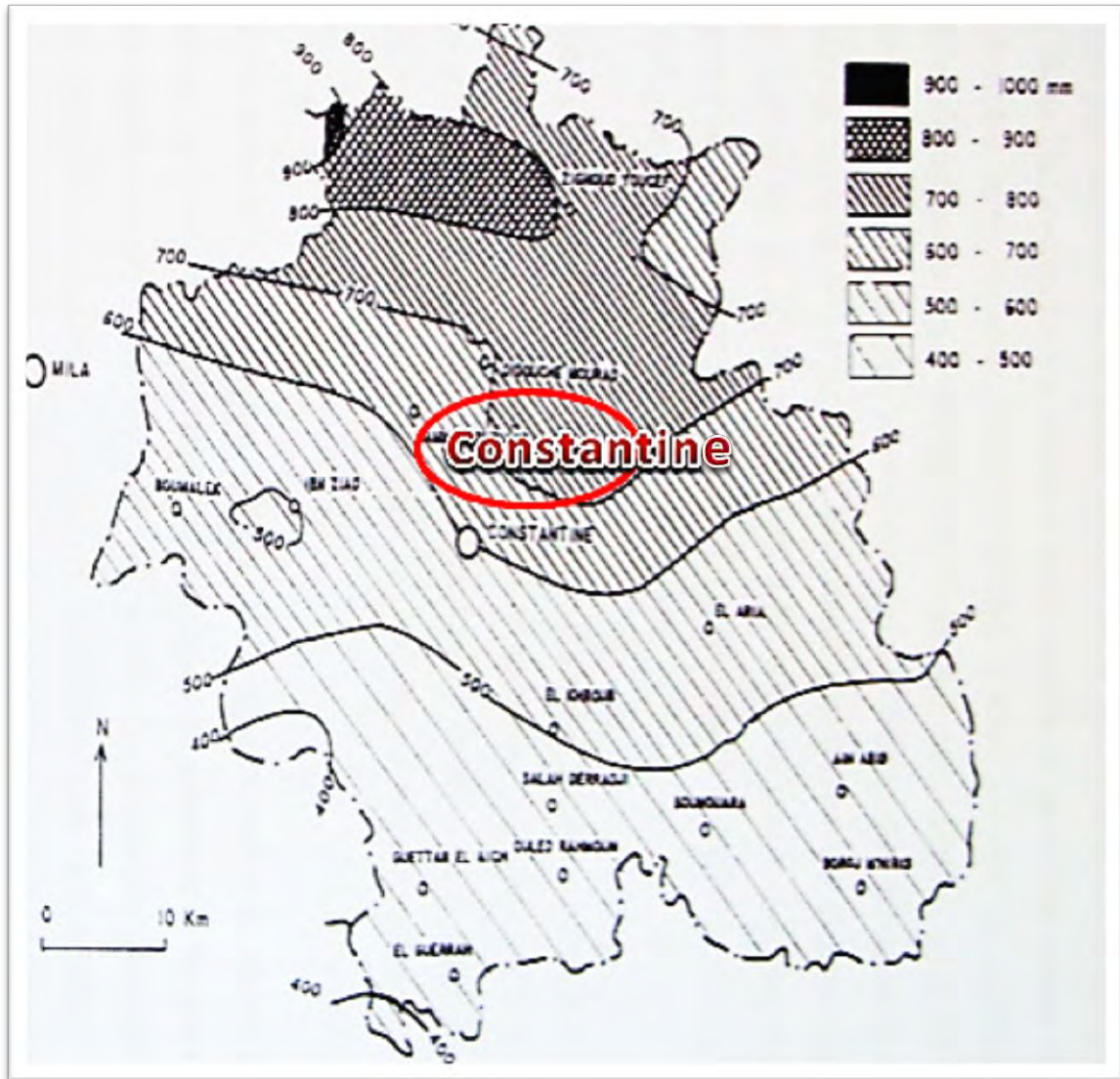
⇒ Une irrégularité des précipitations annuelles

La ville de Constantine est située dans une zone dont les pluies annuelles sont comprises entre 500 - 600mm et 600 - 700mm.

La carte pluviométrique de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) montre globalement une répartition décroissante des précipitations du Nord vers le Sud, et d'Ouest vers l'Est. En effet dans le groupement des communes, les précipitations varient entre 450mm et

⁵¹ Benazzouz et Boureboune : La vulnérabilité de la ville de Constantine face aux glissements de terrain.

500mm ; et le tableau suivant mentionne les variations annuelles des précipitations de la station d'Ain El Bey pour la période (2001-2010) :



Carte 5 : Pluviométrie de la wilaya de Constantine.

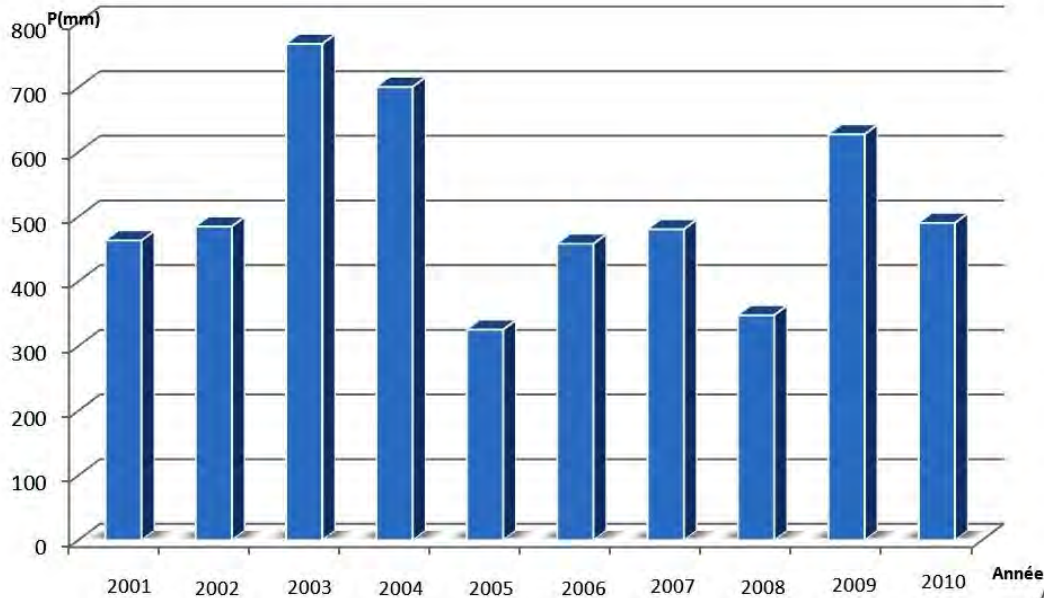
Source : L'Agence Nationale de Ressource Hydraulique (A.N.R.H)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
P (mm)	463.5	485.2	767.6	701.0	325.5	458.3	480.7	347.9	627.6	490.6

Tableau 9 : Les précipitations annuelles à Constantine (2001-2010).

Source : L'Office Nationale Météorologique de Constantine (O.N.M)

D'après le (tableau n°9) nous remarquons que la pluviométrie maximale a atteint les 767.6mm pour l'année 2003, tandis que la pluviométrie minimale est enregistrée en 2005 avec 325.5mm.



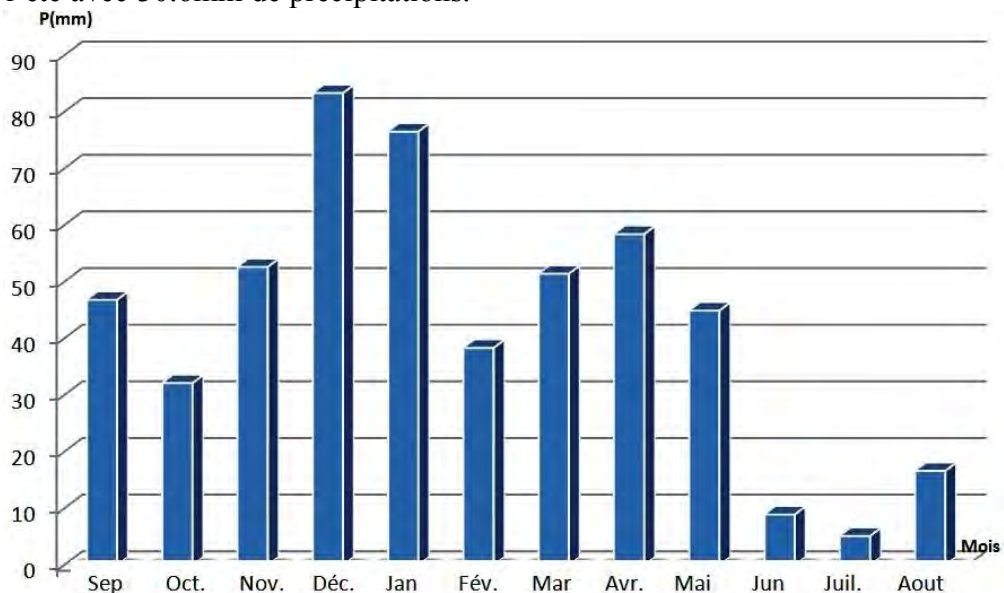
Graph 1 : représente les précipitations annuelles à Constantine. Source : Auteur.

⇒ Irrégularité des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

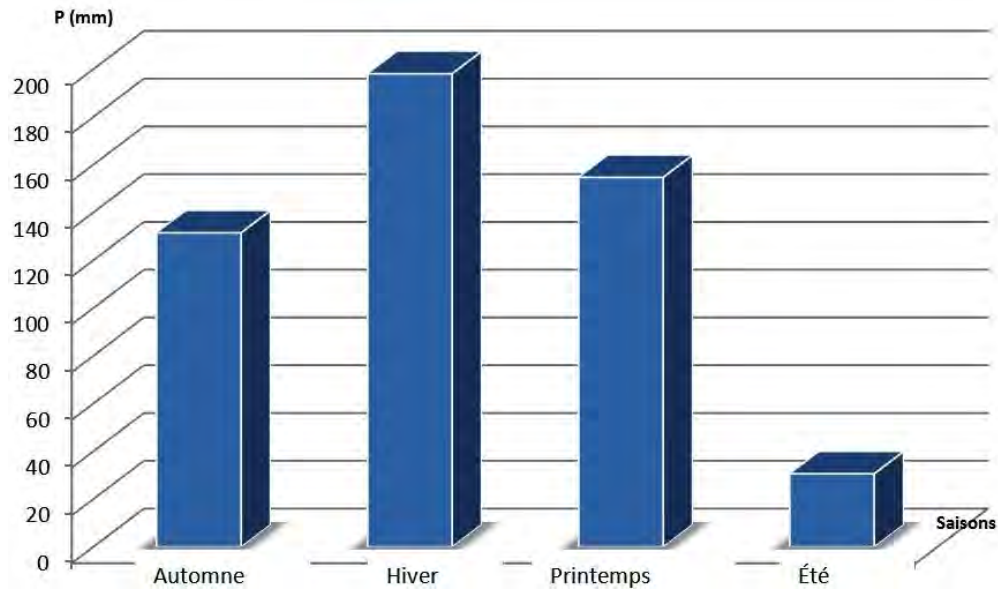
saïson	Automne			Hiver			Printemps			Été			Année
Année-mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOÛT	
Station Ain El Bey	46,8	32,1	52,6	83,3	76,5	38,3	51,4	58,4	44,9	8,9	5,1	16,6	514,9
	131,5			198,1			154,7			30,6			

Tableau 10 : Les précipitations moyennes saisonnières à Constantine (2001-2010).
Source : L'Office Nationale Météorologique de Constantine (O.N.M).

Pour la série (2001-2010) on note que la pluviométrie est importante au mois de décembre (plus de 83mm) tandis que le mois de Juillet est le plus sec avec 5.1mm de précipitation. La saison la plus pluvieuse concerne l'hiver avec 198.1mm de précipitations; et la plus sèche concerne l'été avec 30.6mm de précipitations.



Graph 2 : Représente Les précipitations moyennes mensuelles à Constantine (2001-2010).
Source : Auteur.



Graph 3 : Représente Les précipitations moyennes saisonnières à Constantine (2001-2010).

Source : Auteur.

IV. 1. 7. L'extension urbaine de la ville

La région de Constantine est située dans un environnement géomorphologique complexe et sur un des plus importants axes sismiques de l'est algérien. L'extension urbanistique sans précédent que connaît cette ville depuis l'indépendance a engendré une surcharge, des constructions sur des terrains fragiles souvent instables. Nous essayerons de voir les étapes d'urbanisation de la ville de Constantine.

Emmanuel Castells souligne que : « *l'étude du processus de l'urbanisation en Algérie, sous l'angle historique, nous semble le mieux indiqué pour nous conduire à mieux connaître le fait urbains.* »

Résumer l'histoire de la ville c'est mettre l'accent sur l'occupation qu'a connu la ville durant son histoire. En revanche nous signalons que les éléments sur l'extension urbaine de la ville durant la dynastie ottomane et l'occupation française restent les principales phases de l'extension urbaine de la ville de Constantine.

IV. 1. 7. 1. La ville sous la dynastie ottomane

Avec l'arrivée des ottomans en 1517, Constantine allait jouer pendant près de trois siècles le rôle de capitale du beylik de l'Est du pays. Elle a connu une stabilité politique et économique, ce qui a justifié l'accroissement du nombre de la population et son développement urbain, qui s'est manifesté par une densification du tissu urbain. Sous le royaume de Saleh Bey qui étendit la ville vers le Nord, il est responsable d'apports importants en urbanisme (voies de communication,

écoles, approvisionnement en eau...etc.).⁵² Sous cette dynastie, la ville a pris son image finale dont sa superficie a été estimée près de 30 hectares.

IV. 1. 7. 2. La ville sous l'occupation française

La colonisation a introduit dès la fin du 19^{ème} siècle des modes de vie différents et des méthodes marquées par un autre type d'urbanisation et d'urbanité. Ils ont découvert une ville perchée sur un rocher isolé par les gorges du RHUMEL et un paysage urbain qui porte la marque des principes fondamentaux de l'urbanisme arabo-musulman.

A partir de l'année 1837 la ville a connu des modifications profondes dans son tissu urbain dont tous les travaux entrepris dans la ville correspondent aux besoins de l'armée seulement.

En 1844 les premiers colons sont installés sur le rocher dans la partie Ouest, cet espace sera sujet à des opérations de mise en ordre, qui se matérialiseront par des plans d'alignement et d'élargissement des voies et de nouveaux bâtiments seront construits avec des pierres et des moellons dont le tissu urbain présentera un aspect régulier et très aéré. Par contre, la partie basse et Est de la ville est réservée aux autochtones et elle est caractérisée par un tissu urbain traditionnel irrégulier avec des ruelles tortueuses et des maisons modestes. Cette espace a connu des opérations de destruction et d'élargissement des voies : la percée de la rue de France en 1865 ; En 1860 la ville apparaît de nouveaux quartiers faubouriens près de la gare à El Kantara et faubourg Saint Jean, en 1868 autour de la colline du Coudiat Aty.

A partir de 1911 ils ont construit un groupe de villas sur les plateaux de Bellevue selon un type d'urbanisation moderne.

Avec l'augmentation de la population, l'autorité coloniale a envisagé de construire une ville européenne destinée aux européens sur le Coudiat Aty en 1921. D'autres ensembles faubouriens résidentiels vont apparaître ; Lamy en 1919 et Sidi Mabrouk en 1922. Ils ont défini les axes principaux d'extension de la ville.

Les algériens ont été toujours exclus des prévisions des autorités françaises en matière d'habitat ce qui a permis la prolifération des bidonvilles autour de la ville. Ces habitations informelles sont devenues un grand problème pour les autorités coloniales ; 1954 la ville assistait à une véritable explosion démographique dont l'origine fut alimentée par l'exode rural. Devant cette situation les autorités françaises ont opté pour la réalisation d'autres cités de recasement dans le but d'une résorption des bidonvilles.

⁵² M.COTE ; Constantine, cité antique et ville nouvelle, p17.

IV. 1. 7. 3. Plan de Constantine 1958

L'urbanisation prend la forme de grands ensembles d'immeubles, par la réalisation des cités évolutives destinées aux autochtones. Le choix de l'implantation est porté sur les terrains les moins coûteux, les moins favorables à l'urbanisation de la ville.

En 1960 seuls 8% de la population de Constantine a bénéficié des nouveaux logements dans le cadre de ce plan, quant au reste 47% de la population de la ville demeure concentrée dans des logements du secteur informel.

IV. 1. 7. 4. La ville après l'indépendance

L'urbanisation générée par l'accroissement démographique et la très faible production du logement ont accentué la prolifération de l'habitat précaire et des constructions informelles.

En parallèle, il y a des projets de construction de logements entamés pendant les dernières années de la colonisation.

Sur le plan spatial

La politique de construction de nouveaux logements urbains s'est matérialisée au début jusqu'à 1969 par l'application des programmes issus du plan de Constantine de 1958 à savoir les cités FADILA SAADAN, FILALI et BENBOULAIID dans la partie Sud-Ouest de la ville.

Durant la période qui correspond au premier plan quadriennal (1970-1973) où le secteur du logement n'était pas considéré comme une priorité de l'état, la ville a connu la prolifération des bidonvilles et de l'habitat précaire. Au cours de cette période des programmes spéciaux et complémentaires sont lancés dans l'urgence pour le relogement des sinistrés des glissements de terrains KAIDI ABDELLEAH en 1972.

Lieu ou rue	Nombre logements	Type de logements	Durée	Observation
Zia dia	68	Economique semi collectifs		Spécial sinistrés du terrain Sabatier terrain Kaidi Abdellah
Zia dia	385	Economique		
Cité Daksi	1148	Economique	06/1974	
Cité Daksi	400	Economique		
Totaux	2001			

Tableau 11 : Programme du Relogement des sinistrés du glissement de terrain Kaidi Abdellah.

Source : Mezhoud Lamia.

IV. 1. 7. 5. Les zones d'habitations nouvelles ZHUN

La phase 1974 - 1977 est caractérisée par un urbanisme planifié dominé par l'implantation des zones d'habitations urbaines nouvelles ZHUN, pour répondre à la grande demande en logement. C'est un programme de modernisation et l'élaboration des premiers PUD, qui

intègrent une notion prétendument nouvelle, celle des ZHUN (dont le circulaire n°335 du 19 février 1975). C'est ainsi que se sont créés les quartiers périphériques à l'Est et au Nord de la ville tels que les citées ZIADIA, SAKIAT SIDI YUCEF, DAKSI, 20 AOUT, du 5 JUILLET et BOUSSOUF au Sud-Ouest. Durant cette période, la ville de Constantine a bénéficié de 6 116 logements sociaux sur un total de 6 278 logements programmés.

Dans les années 1980, l'urbanisation de Constantine s'est déroulée en dehors du périmètre urbain avec le développement des zones d'habitat nouvelles comme : ZOUAGHI au Sud et BEKIRA au Nord et le lancement des lotissements privés et la multiplication des cités d'habitat précaires.

Par le manque de terrain urbanisable dans le périmètre urbain de la ville de Constantine l'extension urbaine a été transférée vers les petits centres : EL KHROUB, HAMMA BOUZIANE, AIN SMARA...etc.

IV. 1. 8. Le poids démographique

Comme toutes les grandes villes du pays, Constantine, en plus de l'explosion démographique naturelle, a connu un exode rural intensif. Après les années de la guerre de libération, la population rurale a abandonné la campagne pour vivre en milieu urbain en quête d'une vie plus décente et d'un confort tant convoité. Du fait des mouvements importants de population, Constantine a connu un rythme accéléré dans la consommation des terres pour la réalisation de projets d'habitat et des équipements. D'une superficie de près de 30ha, au début de la colonisation française en 1837, la ville est passée un siècle après (1937) à 234ha. Au début des années cinquante, elle a atteint 1 800ha. Après l'indépendance (1962), Constantine s'est progressivement étendue et la consommation des terres s'est amplifiée pour atteindre 2 558ha en 1977, 3 285ha en 1987, 4 547ha en 1993 et 5 138ha en 2000.

En dépit de ces contraintes, la ville a connu une consommation rapide de l'espace, due à une extension urbaine effrénée et non maîtrisée, en raison de plusieurs phénomènes, cela a entraîné une saturation des sites urbanisables, et une surconsommation de terres agricoles d'une manière générale.⁵³

« Les phénomènes ou aléa naturels génèrent des dommages : pertes en vies humaines, destructions de biens matériels, destruction ou altération de systèmes de production, atteinte à l'organisation sociale et institutionnelle, effets sur l'environnement »⁵⁴.

Le glissement de terrain est un risque destructeur qui provoque des dégâts humains importants. Ces derniers sont les plus vulnérables quand le mouvement est rapide, pour cela nous essayerons

⁵³ SCU : Schéma de cohérence urbaine de Constantine

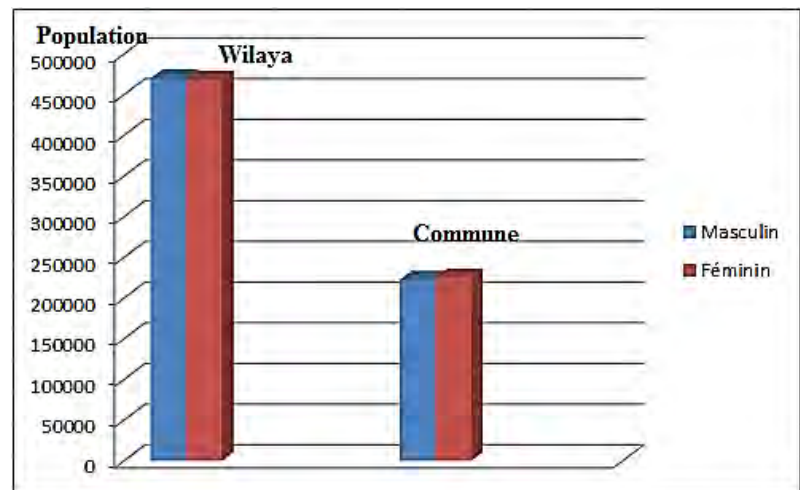
⁵⁴ Armines ; CGI

de montrer le taux d'accroissement de la population de la ville de Constantine, ainsi que la distribution spatiale des logements à travers les derniers recensements de RGPH 2008⁵⁵. L'objectif est d'évaluer le nombre des habitants qui sont en danger par ce phénomène naturel. Les résultats relatifs au recensement sont montrés dans les tableaux ci-dessous :

	Masculin	Féminin	Taux d'accroissement	Total
Wilaya	470262	468213	1.5	938475
Commune	222753	225621	-0.7	448374

Tableau 12 : Répartition de la population selon le sexe et le taux d'accroissement de la wilaya et la commune de Constantine. Source : ONS

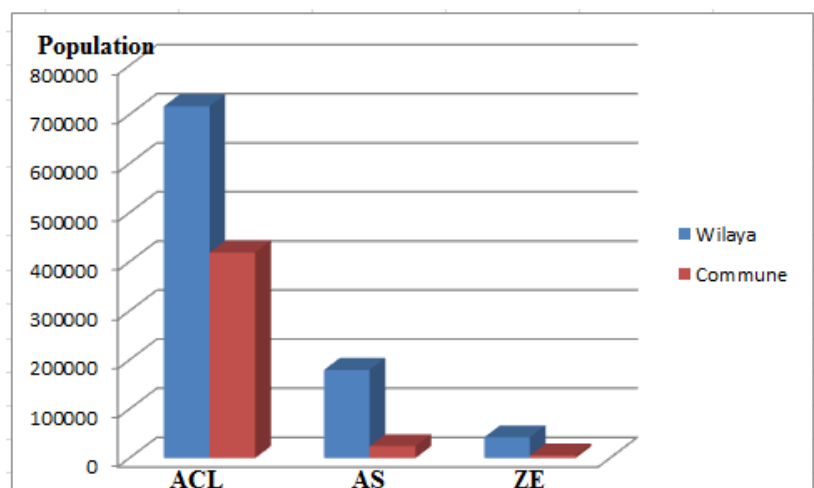
Graphe 4 : Représente la répartition de la population selon le sexe de la wilaya et la commune de Constantine. Source : traitement auteur.



	Agglomération Chef-lieu	Agglomération Secondaires	Zone éparses ZE	Total
Wilaya	716806	179539	42129	938475
Commune	418672	24358	5344	448374

Tableau 13 : Répartition de la population selon la dispersion. Source : ONS

Graphe 5 : Représente la répartition de la population selon la dispersion de la wilaya et la commune de Constantine. Source : traitement auteur.



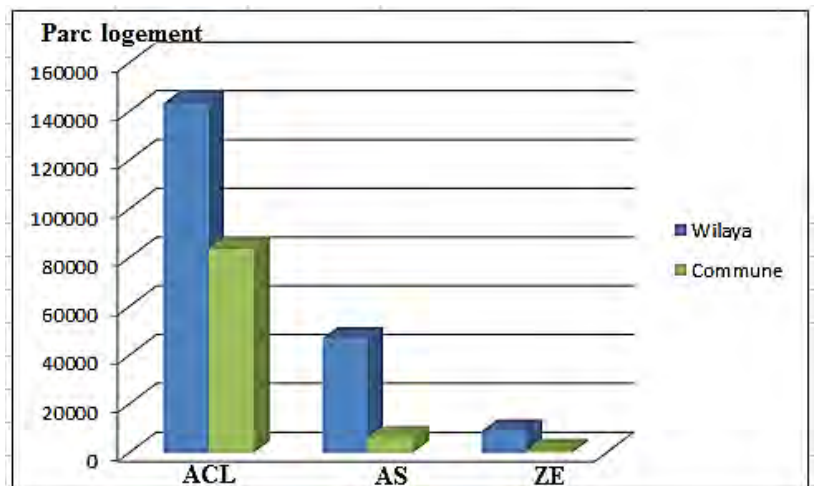
⁵⁵ ONS : Office National des Statistiques.

	Agglomération Chef-lieu	Agglomération Secondaires	Zone épars ZE	Total
Wilaya	143365	46932	8834	199631
Commune	83515	6191	984	90690

Tableau 14 : Répartition du parc logement selon la dispersion. Source : ONS

Selon le tableau n°13 et le tableau n°14 nous observons que le nombre d'habitants est plus grand dans l'agglomération chef-lieu que dans les autres zones urbains que ce soit au niveau de la wilaya ou de la commune. Pour la wilaya il a atteint environ 938475 habitants pour un parc de logements estimé à 199631logts. Et pour la commune de Constantine on conclut les mêmes constats que l'ACL est la zone le plus dense.

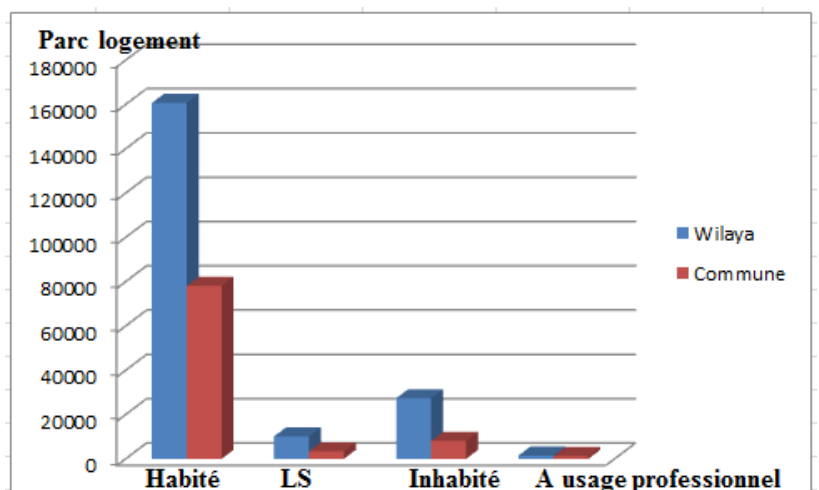
Graphe 6 : Représente la répartition du parc logement selon la dispersion. Source : traitement auteur.



	Habité	Logement secondaire	Inhabité	A usage professionnel	TOL	Total
Wilaya	160668	10102	27370	1491	5.8	199631
Commune	78043	3377	8039	1231	5.7	90690

Tableau 15 : Répartition du parc logement selon le statut d'occupation du logement, et le taux d'occupation du logement TOL. Source : ONS

Graphe 7 : Représente la Répartition du parc logement selon le statut d'occupation du logement. Source : traitement auteur.



IV. 2. Caractéristiques de vulnérabilité aux glissements de terrain

Plusieurs contraintes physiques caractérisent l'espace urbain de Constantine, à savoir, un site tourmenté, des versants à pente raide et des zones sensibles soumises aux glissements de terrain. Les glissements en site urbain de Constantine se sont développés avec une certaine régularité depuis la décennie des années 70⁵⁶, période durant laquelle a été marquée par un processus d'urbanisation intensif.

En 1999 la direction de l'urbanisme et de la construction a établi un bilan sur l'état de ces désordres, qui ont affecté une superficie du tissu urbain estimée à 120ha, et un patrimoine immobilier estimé à 15 000 logements, pour une population résidente évaluée à 100 000 habitants, répartis sur 18 sites représentés sur le tableau suivant :

Sites	Année d'amorce	Superficies des sites (ha)	Populations résidentes
BELOUZDAD KITOUNI KAIDI	1972	32	65.000
Mosquée EMIR ABDELKADER, BELLEVUE Ouest	1974 – 1977	29	5.000
Pont SIDI RACHED	1979	-	-
CILOC	1986 – 1988	15	5.000
BARDO	1988	15	10.000
EL MENIA – BOUDRAA SALAH	1988	29	15.000
Totaux		120	100.000

Tableau 16 : Représente les sites affectés par le glissement de terrain. Source : Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.



Photo 53 : Graves dégâts subis par une construction R+1 qui a été abandonnée par ses occupants, Site Boudrâa Salah. Source : POS ; 2003.

⁵⁶ Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.



Photo 54 : *Une façade fissurée d'un immeuble. Site Belouizded-kitouni. Source : Mezhoud Lamia, 2005.*

Photo 55 : *Route déformée et fissurée à Bousouf. Source : DUC*



Photo 56 : *Route du Bardo fissurée et affaissée. Source : Bougdal Rachid, 2007.*

Dans le but de stabiliser les mouvements de terrain et limiter ses effets sur le cadre bâti, et devant cette situation il s'est imposé une étude globale et approfondie sur ces sites.

Un programme d'étude et de confortement a été entrepris à partir de 1992 par le biais des services déconcentré des ministères de l'équipement et de l'habitat (DHW, DTP, DUC).⁵⁷

L'étude a porté essentiellement sur quatre missions, à savoir :

- Diagnostic de l'ensemble des sites affectés.
- Evaluation du glissement de terrain et expertise des constructions endommagées avec l'élaboration d'une carte de vulnérabilité aux risques naturels.
- Etude de confortement (les solutions préconisées).
- La mise en œuvre d'un dispositif de surveillance des déplacements en surface par GPS nivellement et en profondeur par inclinomètre. L'étude a dégagé 5 zones touchées par les glissements de terrain totalisant les 18 sites suivants :

Dénomination zones	Dénomination des sites	Surface des zones ^(Ha)
A	Belouizdad	262.95
	Kitouni Abdelmalek	
	Kaidi Abdelah	
B+E	Belle Vue (B)	328.84
	Mosquée Emir Abdelkader(B)	
	Cité du 20 Aout 1955(B)	
	Terrain université Mentouri (E)	
C	Cilloc	303.95
	Boussouf	
	Zaouch	
	Boudraa Salah	
	Bencherghi et RN27	
D	Bardo	65.40
	Place Krikri	
	Chemin Forestier	
	Culée et pont Sidi Rached	
	Total	961.14

Tableau 17 : Dénomination des sites de la ville de Constantine touchés par les glissements de terrains.

Source : Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.

L'étude fut lancée au mois d'avril 2001 par un bureau d'étude français SIMICSOL, le suivi et le contrôle des travaux sont assurés par sept bureaux d'étude techniques et le contrôle technique des constructions CTC- Est.

⁵⁷ Kadri Taoufique : Maitrise de la croissance urbaine, pour quel devenir ? Cas de Constantine, thèse de magistère, option : faits urbains et dynamique des villes, 2009 ; 46p.

Tableau 18 : Les Résultats de l'expertise de l'endommagement des constructions.

Zones	Classe vert	Classe orange	Classe rouge	Total
Zone A	1717	560	706+6BV	2983+6BV
Zone B	878	111	15	1004
Zone C	2496	06	355	2857
Zone D	179	81	123+1BV	383+1BV
Zone E	66	01	00	67
Total	5336	759	1199	7294+7BV
%	73.15	10	17	97.15

Cette étude a produit des documents cartographiques d'un intérêt majeur, tel que la carte et le plan de vulnérabilité aux glissements de terrain, dans la mesure où, ces documents permettent de mieux gérer l'avenir du développement de la ville.

⇒ La carte de vulnérabilité⁵⁸

La carte de vulnérabilité aux glissements de terrain est établie à l'échelle du **1/10 000^{ème}** et couvre l'ensemble du Plan Directeur d'Aménagement Urbain de la ville de Constantine.

Cette carte distingue trois zones géotechniques d'aptitude différente vis à vis des glissements de terrain : **zone 1 (couleur verte)**, **zone 2 (couleur orange)** et **zone 3 (couleur rouge)**. Les terrains laissés en **blanc** concernent les terrasses alluviales les plus basses des oueds et les plus exposées au risque d'inondation. Ce risque est un facteur non négligeable dans l'évaluation globale de la vulnérabilité de la ville de Constantine.

- **Zone 1 :** Cette zone regroupe les terrains de faible à moyenne déclivité. Les terrains correspondants sont, soit de nature sablo-graveleuse et limoneuse pour les terrasses alluviales, soit de nature rocheuse. Aucun indice d'instabilité n'est observé dans cette zone. Les constructions existantes n'y montrent pas de dégradations liées à des mouvements de sols. La zone 1 est donc naturellement stable et favorable à la construction.
- **Zone 2 :** Cette zone regroupe les terrains de déclivité moyenne à élevé (10 à 25 %) dont la stabilité des pentes est incertaine. Les terrains correspondants sont généralement de qualité médiocre : marnes miocènes plastiques et décomprimées en surface, remblais hétérogènes anciens, et sont pour la plupart, limitrophes des sites franchement instables.

Cependant, les indices d'instabilité tels que les escarpements de glissement, la fissuration ou les morphologies moutonnées, n'y sont pas franchement exprimés. Dans le bâti situé dans cette catégorie, les dégradations sont fréquentes mais restent superficielles (joints dilatés, clôtures et

⁵⁸ Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.

escaliers fissurés). Les sites les plus représentatifs de cette catégorie sont le secteur Sud de l'Université (Ecole d'architecture, cite universitaire MENTOURI, Institut paramédical), BOUDRAA SALAH et les versants Sud de Boussouf. La faible stabilité des pentes de la zone 2 pourrait être compromise par l'action anthropique (terrassements). Dans tous les cas, les projets d'aménagements sur des terrains appartenant à cette catégorie, devraient être soumis à des études détaillées de leur stabilité.

- **Zone 3** : Cette zone regroupe l'ensemble des glissements de terrain déclarés et les sites montrant des indices d'instabilité, escarpements de glissements, moutonnements, fissures très ouvertes. Les pentes topographiques sont moyennes à élevées.

Les terrains appartenant à cette zone sont hétérogènes, marnes et alternances argilo-conglomératiques, miocènes, marno-calcaires crétacés. Les constructions existantes y présentent de sérieux dommages, lorsqu'elles ne sont pas entièrement dégradées. Les quartiers et sites les plus représentatifs de cette classe sont : BELOUIZDAD KITOUNI KAÏDI ABDELLAH, CHEMIN FORESTIER-culée est du pont de SIDI RACHED, BEN CHERGUI, BOUDRAA SALAH, BARDO, BOUSSOUF, zone Sud de l'Université (versant rive droite du RHUMEL).

⇒ **Plan de vulnérabilité aux glissements de terrain de la ville de Constantine**

Le Plan de vulnérabilité de la ville de Constantine aux glissements de terrain, est établi à l'échelle du **1/5000^{ème}** et couvre l'ensemble de son Plan Directeur d'Aménagement Urbain (P.D.A.U).

❖ **Classification**

Le plan de vulnérabilité distingue sept (07) classes d'aptitude à la construction.

▪ **La classe 1**

Regroupe les sites les plus favorables à la construction. Les pentes y sont faibles. Aucun indice significatif d'instabilité n'y est observé. Les constructions existantes ne montrent pas de dégradations liées à des mouvements de sols. Cette classe qui occupe plus de 50% de la surface du PDAU en vigueur, est représentée par les quartiers urbanisés suivants: LA CASBAH, MANSOURAH, SIDI MABROUK, COUDIAT TOUIFEZ, DAKSI et GAMMAS. Elle regroupe, par ailleurs, des sites encore disponibles à la construction : DJEBEL OUAHCH, EL MENIA, BERDA, EMIR ABDELKADER, SISSAOUI et ZOUAGHI.

▪ **La classe 2**

Regroupe également des sites constructibles de moyenne à faible déclivité. Cette classe est représentée par :

- les sites de BARDO, MOSQUEE E. ABDELKADER, BELLEVUE et le plateau marneux situé au Sud de l'UNIVERSITE MENTOURI,

- Les sites non urbanisés de SARKINA à l'Est et les zones centre-Nord et Sud-Ouest du PDAU en vigueur.

▪ **La classe 3**

D'une stabilité incertaine. Elle correspond à des zones de déclivité moyenne (15 - 20 %) à élever (supérieure à 30 %). Les indices d'instabilité tels que les escarpements de glissements, la fissuration de constructions localisées dans cette classe, sont fréquentes mais restent superficielles : joints dilatés, clôtures et escaliers fissurés. Les sites appartenant à cette classe sont principalement les versants marneux de BOUDRAA, Université et Cité universitaire MENTOURI, Ecole d'Architecture, Institut paramédical et le versant Nord de ZOUAGHI. La faible stabilité de ces versants pourrait être compromise par les surcharges en remblais épais tels que ceux visibles dans l'enceinte de l'Ecole d'Architecture, et par des terrassements excessifs.

Cette classe est à éviter pour le mieux dans les nouveaux projets d'aménagement. Dans le cas de nécessité, comme pour le projet actuel d'étude du tramway, prévu entre ZOUAGHI et le centre-ville de Constantine, les études géotechniques doivent porter en premier lieu sur la stabilité des sites par des moyens appropriés : cartographie géotechnique détaillée, reconnaissance lithologique précise des horizons de fondation les plus stables, piézomètre et mesures inclinométriques au besoin. Les grands terrassements sont à proscrire sachant que la faible stabilité naturelle des versants peut conduire à leur rupture.

▪ **La classe 4**

La classe 4 délimite les sites d'instabilité certaine. Elle est subdivisée en deux sous-classes : **4a** et **4b**, voisines l'une de l'autre et ne diffèrent que par leur taux d'urbanisation.

➤ **La classe 4a**

Concerne les versants peu ou pas urbanisés, montrant de nombreux indices d'instabilité : escarpements de tête de glissements, moutonnement dans les marnes, fissuration du terrain, inclinaisons d'arbres, désordres dans les constructions existantes. Cette sous classe est largement répandue dans les formations marneuses de BEN CHERGUI, BOUDRAA, versant Sud-est de la CITE ZAOUCHE, versant Nord-est du plateau de ZOUAGHI, rive droite du RHUMEL, entre BOUSSOUF et l'Université MENTOURI, versant Nord de GAMMAS (lieu-dit BEN CHICOU). Elle est également reconnue dans les formations conglomératiques néogènes de KAÏDI jusqu'à

la « Poudrière », les marno-calcaires telliens du versant dominant la gare ferroviaire (Chemin forestier) et les flyschs crétacés du DJEBEL OUAHCH.

➤ **La classe 4b**

Regroupe les sites urbanisés qui ont fait l'objet d'une cartographie détaillée (à l'échelle du 1/2000ème) et d'une reconnaissance géotechnique spécifique (sondages équipés en piézomètres et inclinomètres). Il s'agit des sites de: BELOUZDAD KITOUNI, KAÏDI, la « Poudrière », Chemin forestier-culée Est du pont SIDI RACHED, BOUDRAA, ZAUCHE, BOUSSOUF, Université MENTOURI (versant occidental), BARDO. Ces sites sont caractérisés, outre les indices d'instabilité du terrain, par une dégradation importante du bâti et des infrastructures routières.

▪ **La classe 5**

Concerne l'ensemble des berges du réseau hydrographique dont l'encombrement par la construction, conduit à leur déstabilisation, puis par régression, à celle des versants voisins. Elle devient donc inconstructible, quelle que soit la qualité du sol et du sous-sol traversé par ce réseau.

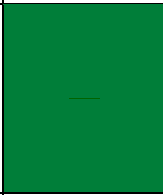


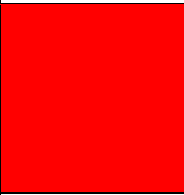
▪ **La classe 6**

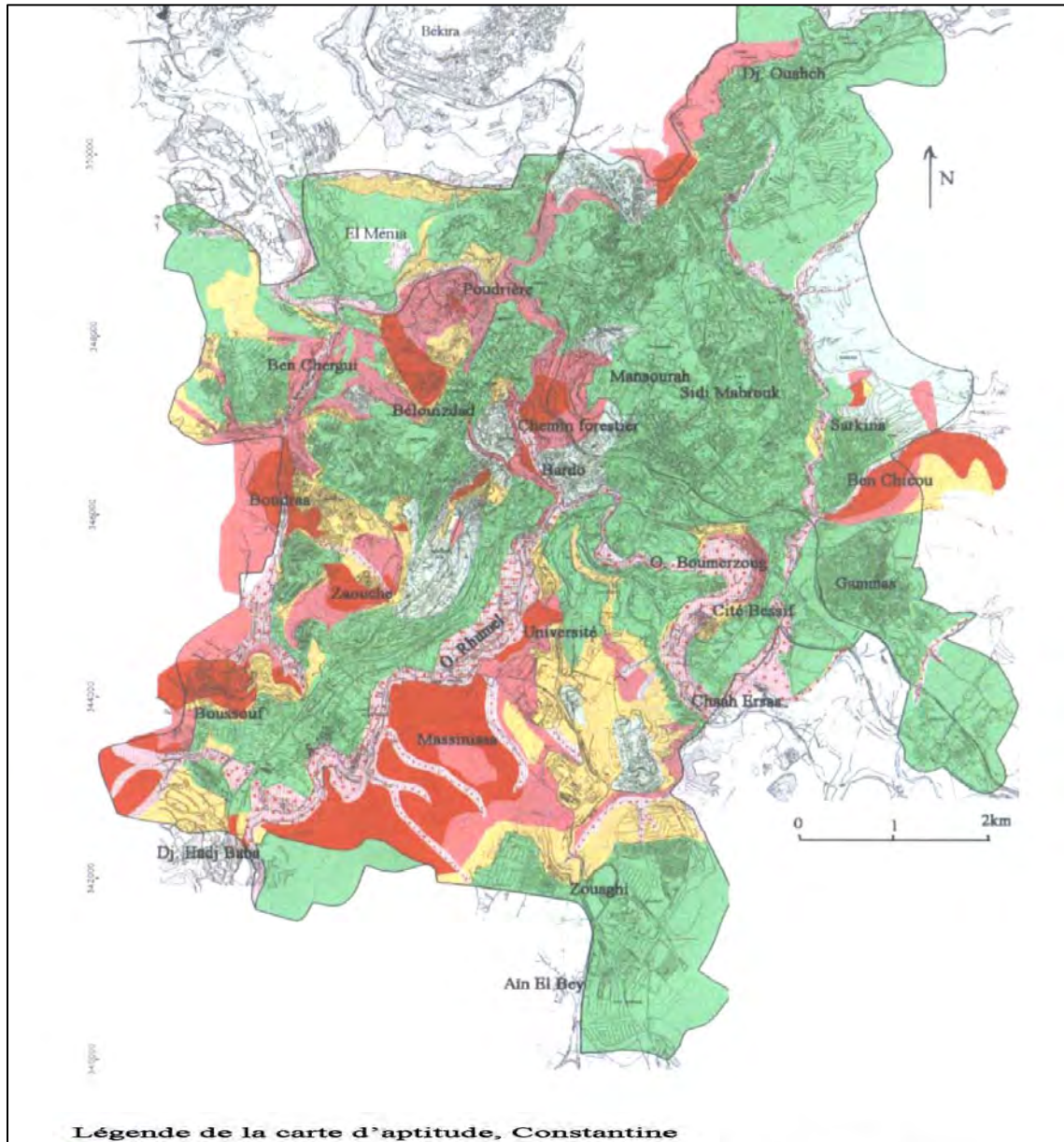
Délimite les terrasses alluviales les plus proches des cours d'eau et les moins élevées (3 à 4m) par rapport aux cotes des lits mineurs voisins. Ces terrasses sont fréquemment inondables. Les crues exceptionnelles de février et mars 2003 nous ont permis de vérifier partiellement cette exposition à l'inondation, en constatant une élévation minimale de 3m des eaux des oueds RHUMEL et BOUMERZOUG, en amont de leur confluence. Ce constat, ajouté à plusieurs témoignages des riverains, confirme l'inondabilité de ces basses terrasses.

▪ **La classe 7**




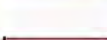

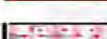


Délimite les terrasses alluviales, un peu plus élevées que les précédentes (4 à 6m), et situées légèrement plus en retrait des cours d'eau du RHUMEL et du BOUMERZOUG. Cette classe reste, d'après des témoignages locaux, exposée au risque d'inondation lors des crues exceptionnelles de ces cours d'eau telle que celle de 1957. Un habitat y est développé, en rive gauche du RHUMEL. La partie la plus basse de la zone industrielle, construite sur ces terrasses, est confrontée à ce risque.

Tableau 19 : Caractéristiques principales du plan de vulnérabilité aux glissements de terrain du PDAU de Constantine. Source : DUC.

Classe	Symbole sur plan au 1/5000	Lithologie	Localisations principales	Pentes	Indices d'instabilité	Aptitude à la construction
1		Calcaires néritiques du « Rocher » marno-calcaires telliens et terrasses alluviales	Casbah, plateau de Mansourah, Sidi Mabrouk, Koudiat Aty et Touiféz, Gammass, Zouaghi	Faibles	Rares, voire inexistantes	Bonne
2		Substratum stable sous recouvrement superficiel sensible en présence d'eau	Sarkina, Bellevue, Bardo, limite Nord du PDAU	Faibles à moyennes : 5 à 15%	Ravinement actif et rupture du talus fréquent lors des travaux de terrassement	Constructible sous réserve de préservation du drainage naturel et de réalisation correcte d'ouvrages d'assainissement
3		Marnes miocènes altérées, remblais anciens, marno-calcaires telliens fracturés	Boudraa, Bousouf, Université, versant Nord de Zouaghi	Variables	Rares, proximité des zones instables	Constructible en partie, sous réserve de reconnaissances géotechniques sur l'aptitude aux glissements de terrain
4a		Marnes et conglomérats miocènes, marno-calcaires telliens altérés	Belouzedd Kitouni versants de Chabet El Merdja, Massinissa, Chemin Forestier	Moyennes à fortes	Terrains remaniés fissuration, quelques constructions endommagées	Non constructible
4b		Marnes et conglomérats miocènes, marno-calcaires telliens altérés	Belouzedd Kitouni, Bousouf, Boudraa, Massinissa, Chemin Forestier, Région Sud de Riad	Moyennes à fortes	Escarpements, fissuration, morphologie ondulée, langues de glissement, constructions endommagées	Non constructible
5	Traits verticaux rouges	Marnes miocènes et marno-calcaires telliens	Berda, Nord de Gammass, Massinissa, Bousouf, Université	Talus de fortes pentes et rebords instables	Erosion régressive, active, des thalwegs	Non constructible
6	Traits croisés rouges	Terrasses alluviales basses	Oueds Rhumel et Boumerzoug, El Mellah, El Klab, Chabet El Merdja	Pentes très faibles à nulles	Erosion des talus des bordures des oueds, terrasses inondables	Non constructible
7	Traits croisés rouges discontinus	Terrasses alluviales d'altitude moyenne	Oueds Rhumel et Boumerzoug	Pentes très faibles à nulles	Terrasses exceptionnellement inondables	Inondabilité à évaluer plus précisément



Légende de la carte d'aptitude, Constantine

-  Classe 1 : Zone favorable à la construction. Pentcs stables, de faible déclivité. Terrains dominants : calcaire néritiques et lacustres, marmo-calcaires telliens, alluvions graveleuses
-  Classe 2 : Zone constructible à substratum marmo-calcaire stable, peu profond, formations superficielles sensibles au ravinement
-  Classe 3 : Zone de stabilité incertaine. Terrains dominants de caractéristiques géotechniques médiocres (marnes miocènes, remblais anciens, marmo-calcaires telliens)
-  Classe 4a : Zone instable, non constructible, à fréquents indices d'instabilité. Terrains dominants : marnes et conglomérats miocènes, marmo-calcaire telliens
-  Classe 4b : Zone instable, non constructible. Glissement de terrains avérés, actifs
-  Classe 5 : Zone non constructible à érosion active sur berges de talwegs. Terrains dominants : marnes miocènes et marmo-calcaires telliens. Risques d'écroulement à El Ménia
-  Classe 6 : Zone non constructible exposée au risque d'inondation. Basses terrasses alluviales
-  Classe 7 : Zone exceptionnellement inondable (risque à évaluer plus précisément). Terrasses d'altitude moyenne (5-6m).

Carte 6 : D'aptitude de Constantine aux études et travaux d'aménagement. Source : DUC.

IV. 3. La gestion du risque glissement de terrain à Constantine

Pendant longtemps, la gestion des risques naturels à Constantine, consistait à une prise en charge des familles sinistrées qui étaient relogées provisoirement dans des cités de transites. Installées pour la circonstance à la périphérie de la ville, sur les versants d'EL MENIA. Par la suite, et devant l'ampleur des dégâts aux constructions, la solution de la ville nouvelle s'est imposée sur le champ politique local. Le transfert de population, suppose la démolition des constructions les plus affectées. Toutes solutions passent par une étude intégrée des glissements de terrain à Constantine qui s'articule autour de la bonne connaissance des glissements à Constantine.

IV. 3. 1. La protection et la prévention, une gestion efficace des risques naturels

La gestion des risques effectuées de plusieurs façons ; quand la crise est proche, la prévision est fondamentale car elle permet de prévenir la population et de mettre en œuvre un système de pré alerte, puis d'alerte. La prévision traduit la préparation de la gestion de crise. La stratégie de prévision et de protection souhaitée à la ville de Constantine devrait prendre en compte les glissements de terrains et le confortement des constructions partiellement endommagées sur les différents sites affectées.⁵⁹ Cette stratégie sera appuyée sur la procédure de démolition des constructions totalement dégradées et le relogement des familles sinistrées. Entre 1998 et 2005, 287 bâtisses ont été démolies et l'évacuation de 633 logements et le relogement de 1 911 familles en dehors du périmètre urbain constantinois.⁶⁰

IV. 3. 2. La mise en œuvre d'un dispositif de surveillance des glissements de terrain

L'installation de système de mesure et de surveillance des différents paramètres des glissements de terrain qui ont pour but de pouvoir suivre les déplacements en profondeur et à la surface du sol et pouvoir prédire le déplacement du sol et d'alerter les autorités avant le déclenchement de la crise. A cet effet la stratégie de surveillance de glissement de terrain destiné à long terme consiste en un système de mesure qui comprend :

- Des sondages piézométriques pour la surveillance du niveau d'eau souterraine.
- Des sondages carottés équipés d'inclinomètres pour la surveillance des déplacements en profondeur

⁵⁹ Benazzouz et Boureboune : La vulnérabilité de la ville de Constantine face aux glissements de terrain.

⁶⁰ SCU

- L'installation des repères de déplacements GPS, et de points géodésiques sur les sites d'instabilité qui faciliteront la lecture du rythme des déplacements en surface des glissements.
- Des essais géotechniques de laboratoire sur les échantillons prélevés des carottes des sondages pour définir les paramètres d'identification et de résistance des matériaux constitutifs des glissements.

◆ CONCLUSION

Après l'analyse urbaine des caractéristiques physiques du site de Constantine, on constate que les facteurs qui conditionnent la stabilité des terrains, sont l'action conjointe de plusieurs facteurs qui permet le déclenchement du risque glissement de terrain dans la ville de Constantine. Elles sont d'origines naturelles et parfois anthropiques (causé par l'homme) ; parmi ces causes on a essentiellement :

❶ La nature lithologique du site

C'est le premier facteur qui provoque le risque du mouvement de terrain. Selon les résultats d'analyse géologique de la région d'étude, on constate que le site est constitué des conglomérats, des argiles sableuses de type argilo-marneuses, la liquéfaction de celles-ci peut engendrer l'instabilité des terrains.

❷ La topographie du site

C'est parmi les facteurs qui favorisent le déclenchement du glissement de terrain dans notre région d'étude ; le site de Constantine est marqué par un terrain très accidenté hétérogène responsable de l'instabilité des terrains dans certains cas.

❸ L'activité sismique

Selon les études sismologiques du territoire Algérien, le site de Constantine est situé sur un important axe sismique de l'Est Algérien, c'est l'un des causes qui favorise le déclenchement du mouvement de sol.

❹ Le facteur d'eau

C'est la cause principale du glissement de terrain dans notre région d'étude ; beaucoup de sol, mais surtout les sols fins et argileux, l'apport d'eau entraîne une baisse de résistance du sol, on a le cas de BOUSSOUF. L'infiltration des eaux de pluies et les fuites au niveau des réseaux d'AEP et d'assainissement ainsi que les eaux de surface, restent le facteur principal d'instabilité de la plupart des sites à Constantine.

⑤ L'urbanisation anarchique

L'extension urbaine que connaît la ville de Constantine depuis l'indépendance en raison de sa croissance démographique, a engendré une surcharge des constructions sur des terrains agricoles les plus vulnérables au risque glissement de terrain ; ainsi que les interventions de l'homme par des travaux de terrassements et les constructions des sites sur des remblais qui ont accéléré l'instabilité des terrains.

Tous ces facteurs naturels ou anthropiques conditionnent le déclenchement du risque glissement de terrain. Il a un impact direct sur le patrimoine immobilier et par conséquent il a engendré des dégâts importants. On conclut selon cette analyse que, la ville de Constantine présente une grande vulnérabilité aux glissements de terrain, cette vulnérabilité se décline en vulnérabilité physique ou structurelle.

Au niveau de la gestion du risque glissement de terrain dans notre aire d'étude on constate que la ville de Constantine est marquée par :

- ✓ L'absence des réglementations spécifiques des zones instables, et autres mesures de prévention ou de protection des risques naturels.
- ✓ La gestion se limitait à l'urgence des opérations d'évacuation ou de relogement des populations sinistrées lors de l'occurrence d'un glissement de terrain.

En effet, plusieurs quartiers dans la ville de Constantine sont affectés par le risque d'instabilité de terrain et qui est un impact direct sur les structures du cadre bâti.

Nous essayerons de prendre un cas précis qui montre la vulnérabilité du cadre bâti par le risque du glissement de terrain (le cas du BOUSSOUF).

Les références

- [50] : CRRAG. Centre de recherche en astronomie astrophysique et géophysique.
- [51] : Benazzouz et Boureboune : La vulnérabilité de la ville de Constantine face aux glissements de terrain.
- [52] : M.COTE ; Constantine, cité antique et ville nouvelle, p17.
- [53] : SCU : Schéma de cohérence urbaine de Constantine
- [54] : Armines ; CGI : « RISQUES NATURELS ET PRÉVENTION : Risques naturels et montagne ; Mouvements de versants et risques hydrologiques associés et induits.
- [55] : ONS : Office National des Statistiques.
- [56] : Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.
- [57] : Kadri Taoufique : Maitrise de la croissance urbaine, pour quel devenir ? Cas de Constantine, thèse de magistère, option : faits urbains et dynamique des villes, 2009 ; 46p.
- [58] : Les archives de la direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de Constantine.
- [59] : Benazzouz et Boureboune : La vulnérabilité de la ville de Constantine face aux glissements de terrain.
- [60] : SCU : Schéma de cohérence urbaine de Constantine



CHAPITRE V

Présentation et analyse du cas d'étude



◆ INTRODUCTION

Pendant les dernières années, les villes algériennes ont connu une explosion démographique importante, due à un fort exode rural du fait de la dégradation du cadre de vie en campagnes. Cette situation alarmante a conduit à une détérioration du cadre bâti dans les endroits généralement périphériques à la ville, ils vont jusqu'à occuper des terrains défavorables à la construction ce qui engendre par la suite de graves problèmes naturels et urbanistiques.

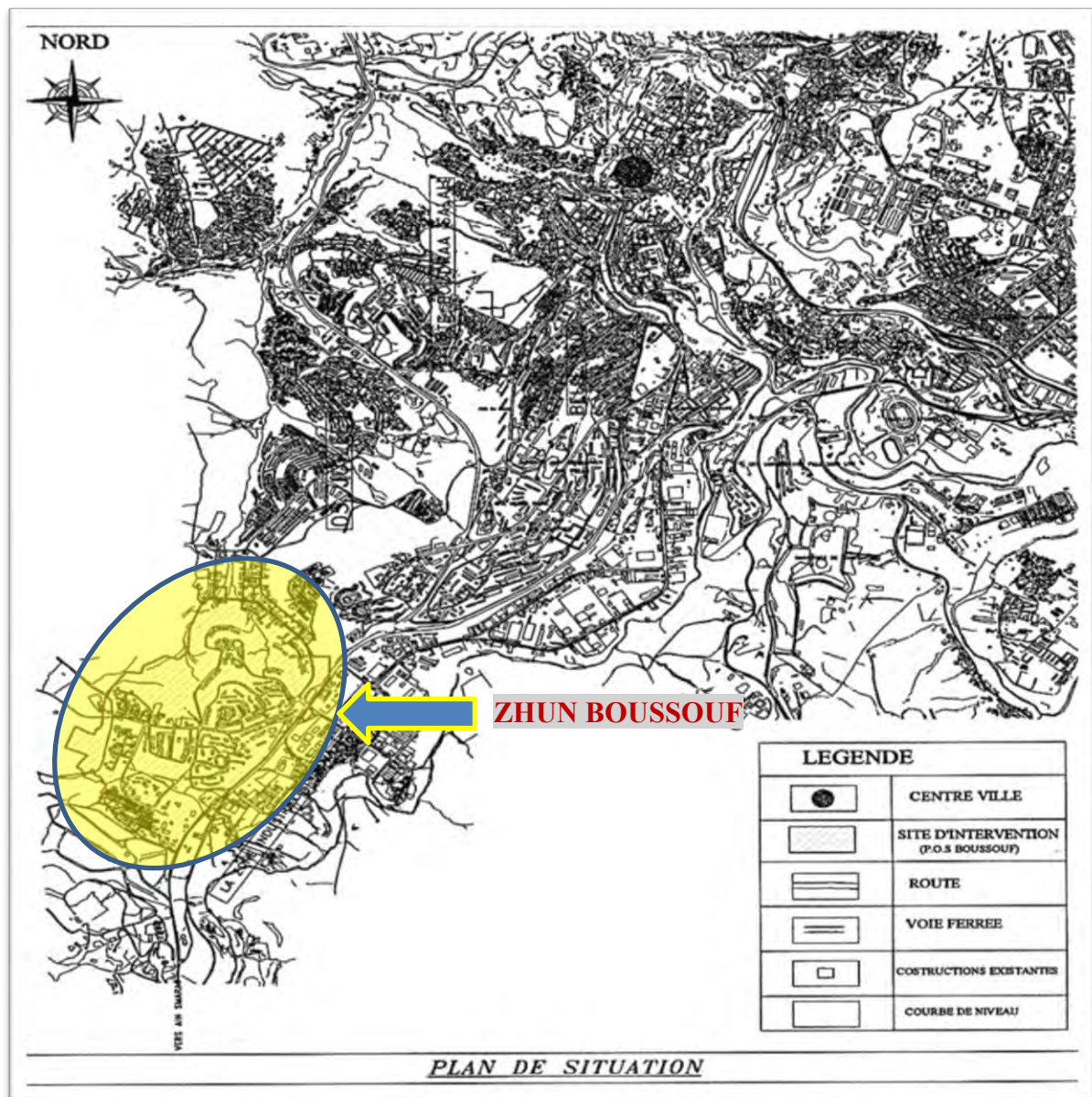
Le développement urbain de la ville de Constantine a connu une expansion considérable. Ce développement à conjugué à un accroissement démographique important a engendré une urbanisation accélérée. Toutes les urbanisations de cette dernière décennie ont été opérées sous forme d'une urbanisation nouvelle essentiellement sous forme d'extension urbaine en site vierge. De ce fait il apparaît que depuis l'approbation du plan d'urbanisme directeur de 1983, une quantité importante de terrains a été affectée à l'habitat. A partir de 1988 ces Z.H.U.N se sont accompagnées d'une urbanisation sous forme de lotissement. Ces extensions urbaines démesurées ont eu des effets négatifs sur l'urbanisation de la ville de Constantine.

Toutes ces opérations se sont implantées en périphéries urbaines sur des terrains agricoles ; (Cas de BOUSSOUF) ; le manque d'intégration de ces nouvelles extensions aux tissus urbains existants. Les zones d'habitat urbaines nouvelles ont été créés pour répondre à plusieurs préoccupations, à l'époque où l'urbanisation accélérée et spontanée a bouleversé tous les tissus urbains. Le glissement de terrain est un danger important et un obstacle pour prévoir une urbanisation des zones libres et une extension des tissus existants. La situation à Constantine avec le glissement de terrain mérite une attention particulière en raison de l'ampleur du phénomène observé et ses effets sur l'immobilier urbain plus précisément dans les zones périphériques ; on prend les ZHUN de BOUSSOUF comme cas d'étude. Dans le but de connaître les potentialités naturelles des versants à l'instabilité de terrain, l'étude nécessite une identification des caractéristiques physiques du site. À travers les résultats d'expertise menée par les services techniques de la direction de l'urbanisme et de la construction DUC de la wilaya de Constantine et avec la collaboration du CTC-Est, il a été déterminé les phases de l'extension urbaine d'une part et d'autre part a permis de déterminer l'état des constructions; évaluer la vulnérabilité structurelle et choisir la méthode de confortement adéquate.

PRESENTATION DE NOTRE AIRE D'ETUDE

V. 1. SITUATION ET LIMITE GEOGRAPHIQUE DE L'AIRES D'ETUDE

La cité BOUSSOUF est située dans la partie Sud-Ouest de la ville de Constantine, sur l'axe routier de la RN05. Elle est considérée comme étant dans la zone d'extension du côté Ouest d'après le plan d'urbanisme directeur de 1982. La ZHUN de BOUSSOUF s'étend sur une surface de 148.75 ha. La cité Boussouf est limitée au Sud par la promotion immobilière de BLIKAZ et le périmètre urbain de la ville de Constantine du côté Ouest. Par contre, elle est limitée du côté Nord et Nord-Est par la cité des frères ARAFA et la cité HACENE BOUDJNANA respectivement et du côté Est par la RN05.



Carte 7 : La carte de la situation : « cité Boussouf ». Source : DUC ; 2005.

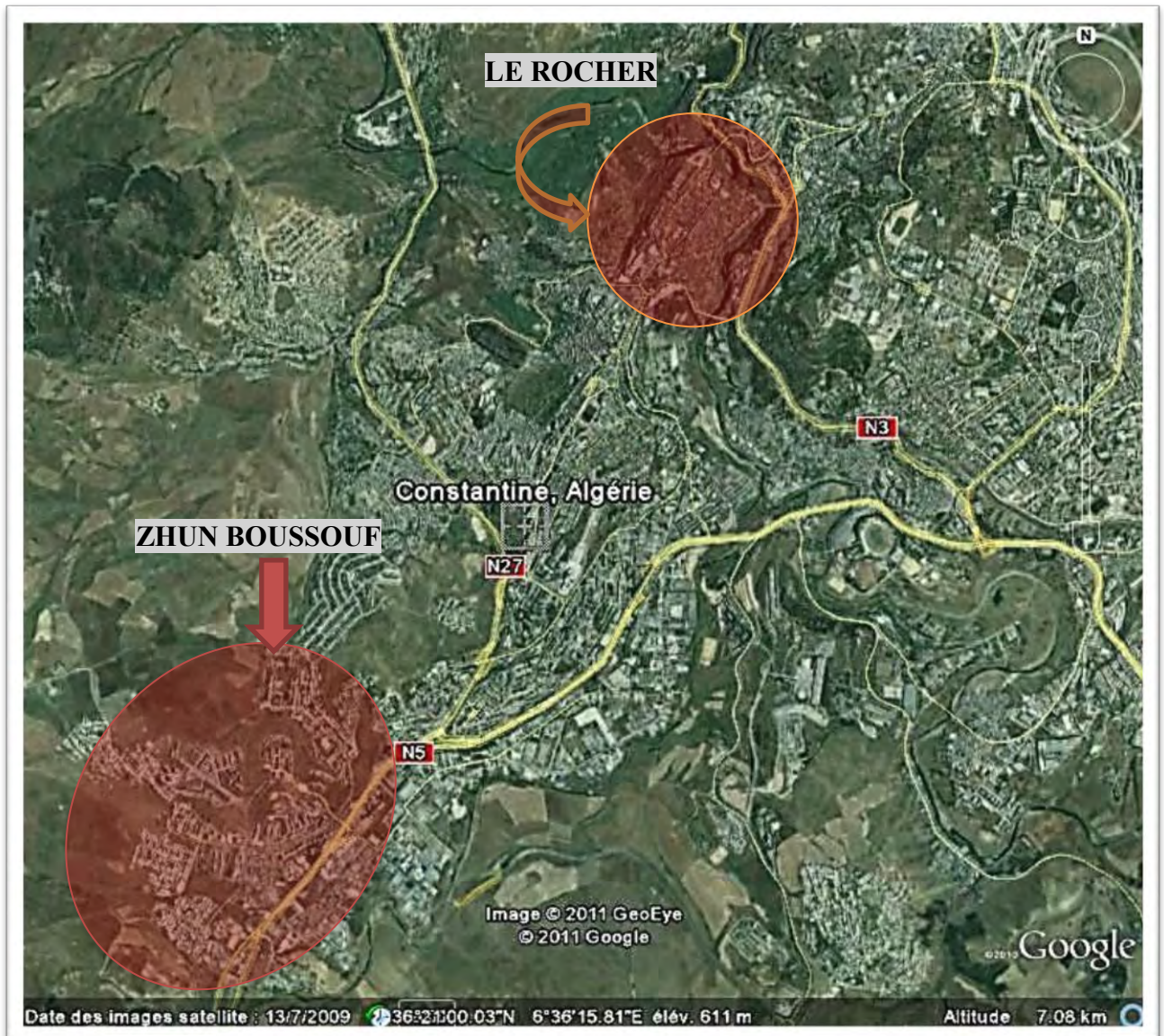


Figure 48 : Situation de la ZUHN BOUSSOUF-vue aérienne. Source : Google Earth ; 2011.

V. 2. OCCUPATION DES SOLS : DESCRIPTION DE L'HABITAT

Le site de la ZHUN de Boussouf peut être divisé en trois parties distinctes :

- **La partie haute** : occupe les plateaux de BOUSSOUF. Elle est formée par des constructions individuelles type (R+2 ; R+3).
- **La partie intermédiaire** : formée par plusieurs immeubles d'habitations occupant les thalwegs et versants des collines de BOUSSOUF ; Vers le Nord-Ouest on retrouve d'autres constructions privées, des villas.
- **La partie basse** : formée par des constructions privées (villas), elle forme une jonction avec le bâti constitué par des chalets de la cité ZAOUECHE. Ces bâtisses construites

dans le lit de CHAABET EL MERDJA et constituent un barrage artificiel qui perturbe l'écoulement naturel des eaux de ce cours d'eau.



Photo 57 : Vue d'ensemble du site de Boussouf - talweg Ouest (2005). La Structure moutonnée des versants à gauche de la photo et derrière les immeubles est un signe clair d'instabilité. Source : DUC ; 2005.

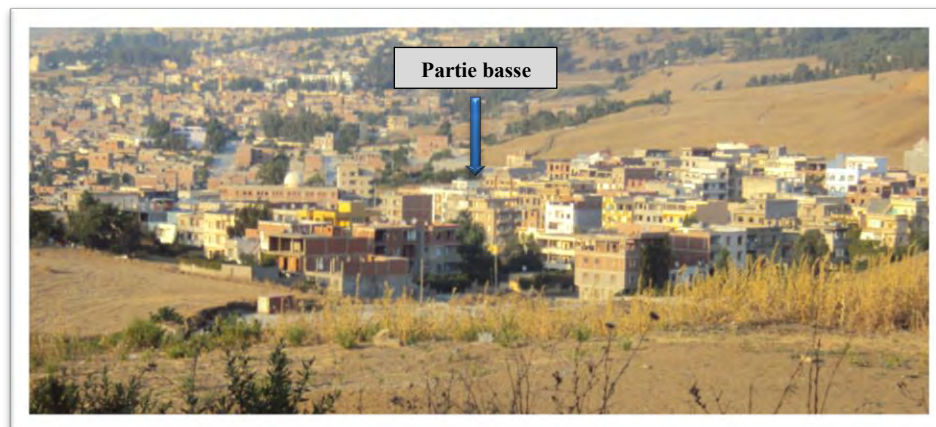
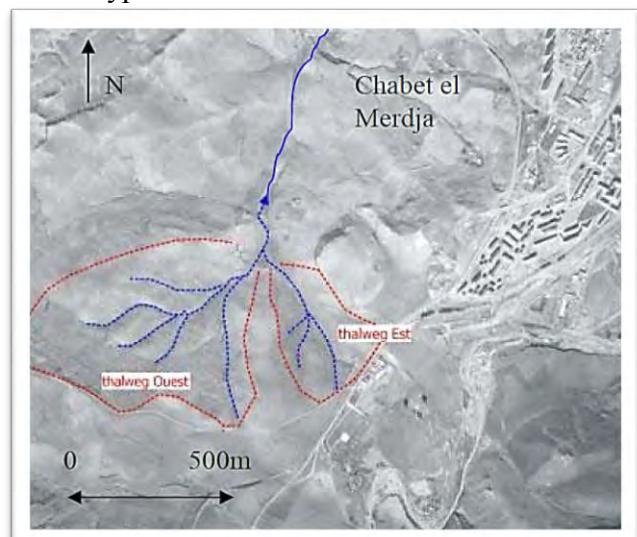


Photo 58 : Vue d'ensemble du site de Boussouf (partie basse). Source : Auteur 2011.

L'analyse des photos aériennes fournit quelques jalons de l'urbanisation de BOUSSOUF :

- **1972 :** le site de BOUSSOUF est dédié à l'activité agricole. Seul le côté amont de la RN05 est occupé par certains bâtiments de type industriel.

Photo 59 : Site de Boussouf en 1972 avec la délimitation des deux grands talwegs et du réseau hydrographique. On note l'absence totale d'urbanisation à l'exception de la zone de replat située à droite de la photo. Source : DUC, 2005



- **1980** : l'urbanisation se développe à l'amont de la RN5 et sur le plateau au Nord-Est par la construction d'une série de bâtiments sous forme circulaire.
- **1988** :
 - ✓ Au Nord-Est sont construits les chalets de Bois HACENE BOUDJNANA dans la pente avec une grande route qui a été réalisée dans le thalweg Est du site pour desservir le futur lotissement ZOUECHE.
 - ✓ Au centre de la zone la cité ABDELHAFID BOUSSOUF est construite sur un terrain relativement plat. Des immeubles ont été bâtis en tête de talus sur des remblais constitués par les matériaux argileux. Cette zone a été marquée par des traces de glissement de terrain.
 - ✓ Durant cette période quelques villas ont été réalisées au Sud-Ouest de la cité ABDELHAFID BOUSSOUF.

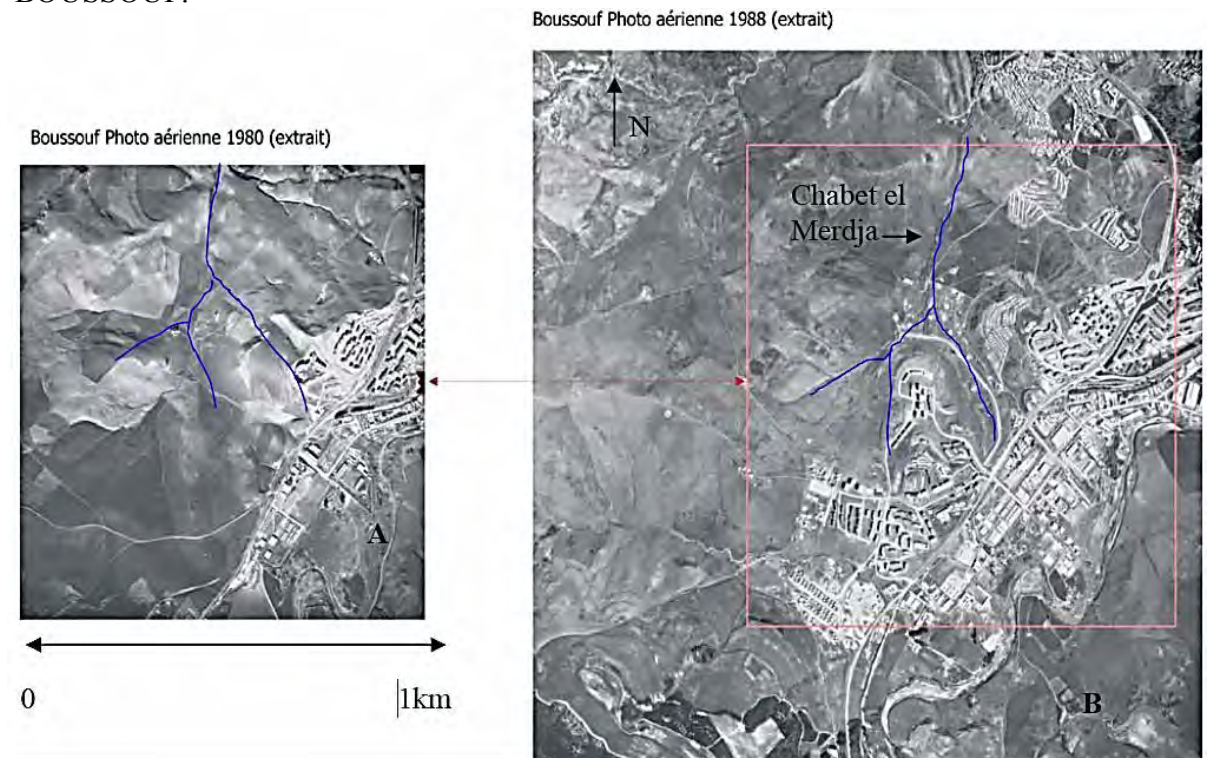


Photo 60 : Urbanisation évolutive du site de Boussouf entre 1980 (A) et 1988 (B). La partie "haute" est urbanisée et les talwegs Est et Ouest sont encore libres de construction. Des villas commencent à s'installer dans le lit de l'oued Chabet El-Merdja. Source : DUC ; 2005.

- **1995** : seulement le lotissement ZAOUECHE est en cours de construction dans le thalweg Est.
- **En 2002** : les constructions occupent tout le thalweg Est. Au Sud, l'oued CHAABET EL MERDJA est entièrement obstrué par des habitations dont le nombre a explosé.

A l'Ouest du quartier BOUSSOUF il est développé de nombreux bâtiments à plusieurs étages. Les bâtiments côté thalweg ont été construits dans la pente ou sur des remblais d'argile déversés en tête de talus. Dans le thalweg Ouest sur des terrains instables il a été érigé trois tours, une quarantaine d'immeubles de longueur variable et une école.

Cette urbanisation s'est considérablement accélérée entre 1995 et 2002, et a modifiée l'écoulement naturel des eaux de relief des terrains. Des villas et des immeubles recouvrent les oueds entraînant leur disparition. Des glissements de terrains ont été déclenchés par des facteurs anthropiques : terrassements (remblais ; déblais), suppression des drainages naturels, la rupture des canalisations du réseau d'eau et d'assainissement...etc.

La situation du bâti a peu évolué entre 2002 et 2005, à l'exception de quelques immeubles qui ont été construits sur des terrains glissants dans le thalweg Est.

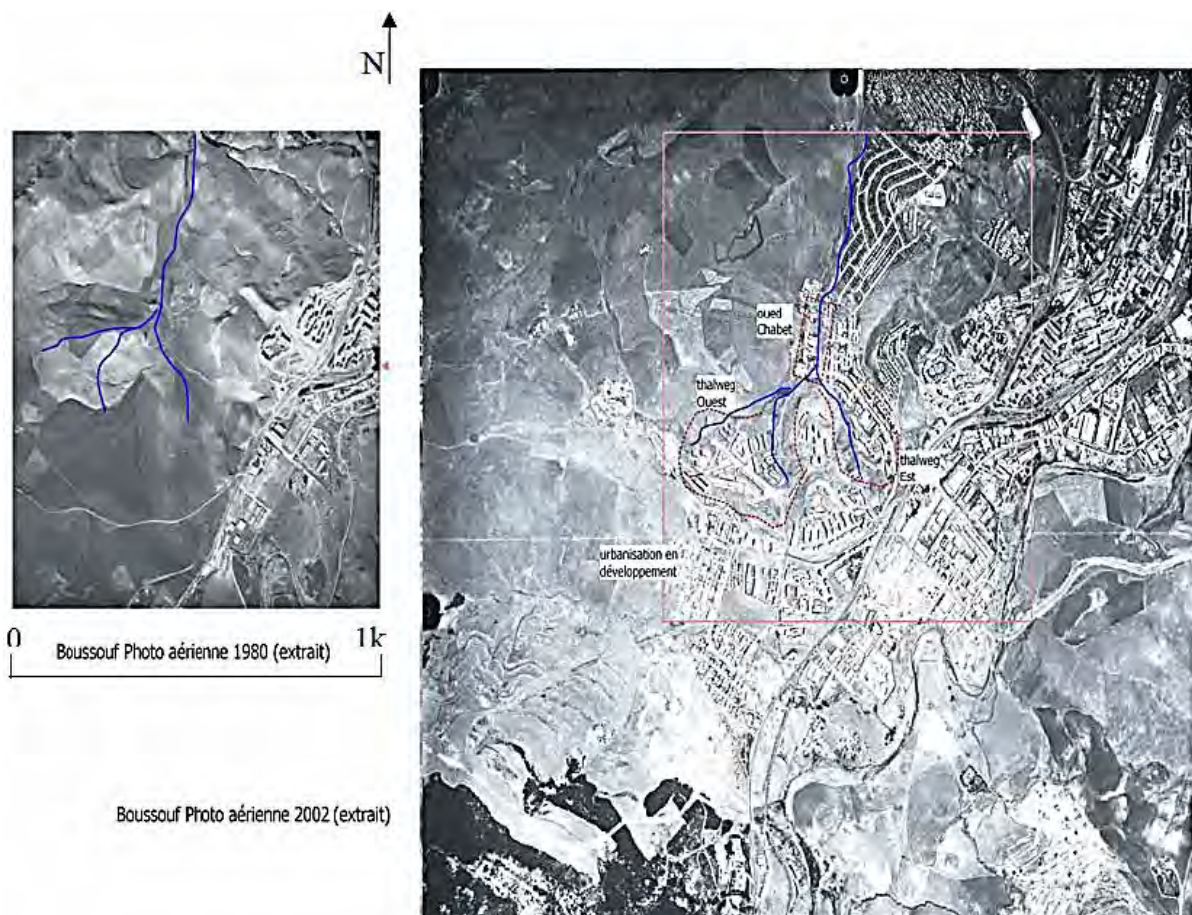


Photo 61 : *Urbanisation évolutive de Boussouf entre 1980 et 2002. Hormis quelques talus fortement instables, tout le site est urbanisé. Les thalwegs Est et Ouest et le lit de l'oued Chabet El-Merdja sont construits. Source : DUC ; 2005.*



Photo 62 : *La rupture des canalisations.*
source :DUC ;2003.

V. 3. TYPES D'HABITAT « ZHUN BOUSSOUF »

D'après notre analyse, la ZHUN BOUSSOUF s'étend sur une surface de 148.75ha sa capacité de logements prévue est de 3 821 logements dont 2 430 sont collectifs, 1 307 logements individuels sous forme : de lotissements et 84 chalets. En prenant les deux types d'habitats, la densité brute de la ZHUN est égale à 25.68 logement/ha.



Figure 49 : *Vue aérienne sur les tissus urbains à Boussouf.*
Source : Google earth



V. 3. 1. L'habitat collectif

Il est représenté par un ensemble de bâtiments à plusieurs niveaux et dont le nombre atteint 109 BT, offrant ainsi 2 430 logements répartis sur une surface totale égale à 102,6ha avec une densité de logements égale à 23,68 logements /ha. La surface habitable moyenne atteint 80m².



Figure 50 : Des vues aériennes sur le tissu collectif à Boussouf. Source : Google earth ;2011.

V. 3. 2. L'habitat individuel

V. 3. 2. 1. Les lotissements

L'habitat individuel est composé de 4 tranches réparties en deux parties :

- la partie Nord est celle où se trouve la troisième et la quatrième tranche.
- La partie Sud est celle où se trouve la première et la deuxième tranche, il faut noter que cette partie se caractérise par des constructions ordonnées et réalisées dans le cadre de coopératives immobilières (celle des médecins, et celle des militaires...).

Les constructions sont de hauteur variable de deux à cinq niveaux. Ce lotissement s'étend sur une superficie égale à 41,61 ha, composé de 1 307 logements avec une densité de logements égale à 31.41 logements/ha. Les constructions sont du type « villas » avec une recherche apparente dans le traitement des volumes et des façades suivant les capacités de chaque

acquéreur, l'aspect extérieur résultant ne laisse pas à désirer. Mais le problème majeur pour cette partie concerne les services techniques qui n'ont pas achevés leurs travaux extérieurs.



Figure 51 : Des vues aériennes sur le tissu individuel à Boussouf. Source : Google earth.

V. 3. 2. 2. L'habitat individuel sous forme de chalet

C'est un habitat à structure légère, il occupe seulement 4,54 ha, il est composé de 84 chalets d'où la densité qui est égale à 18,50 logement/ha. La surface réservée pour chaque chalet varié entre 104 et 109m² suivant le nombre de pièces vu qu'il y a des F3 et des F4, chaque chalet est entouré d'une parcelle de terre qui sera utilisée comme un jardin.



Figure 52 : Une vue aérienne sur le tissu individuel « chalet » à Boussouf. Source : Google earth.

V. 4. ANALYSE DEMO-ECONOMIQUE

Le diagnostic exhaustif de l'espace construit permet de dégager avec précision l'occupation du sol différenciant l'habitat, les équipements et les infrastructures ainsi qu'une analyse détaillée du bâti tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

D'après le recensement de 1998 la population du quartier de BOUSSOUF représente 16 022 habitants et se compose de 2 796 ménages, mais en 2008 elle a été évaluée d'après les estimations du DPAT à 22 000 habitants, elle est constituée de 3 700 ménages, on remarque une augmentation de 5 978 habitants.

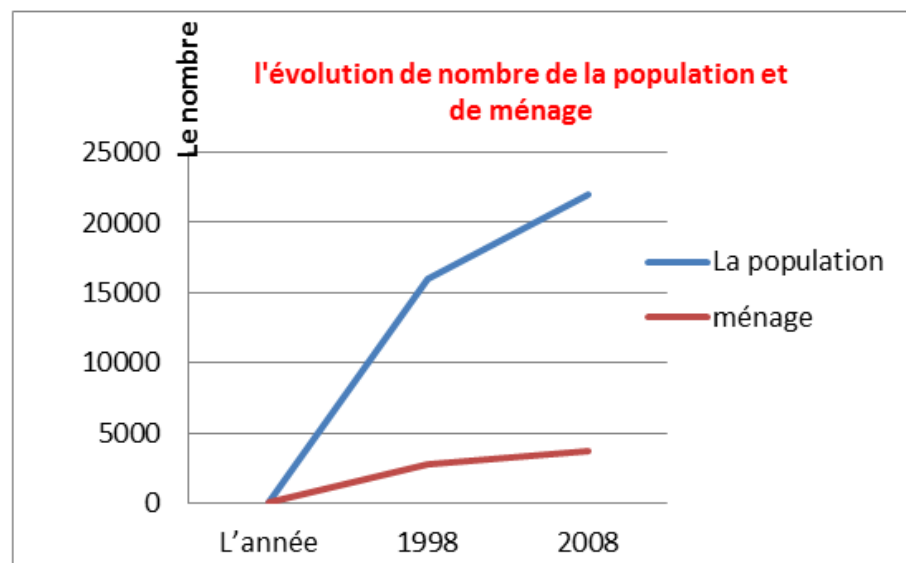
V. 4. 1. Etude démographique

V. 4. 1. 1. Répartition de la population et des logements dans la zone d'étude

Cette étude permet de donner une image réelle Pour connaître le taux de répartition de la population à travers la zone d'étude et la densité de la population dans chaque type d'habitat qui court plus de risque de glissement de terrain en se basant sur le recensement général des habitants et l'habitat de 1998 et l'estimation faite par la direction du DPAT en 2008.

	La population	ménage
L'année	Nombre	Nombre
1998	16022	2796
2008	22000	3700

Tableau 20: Taux de répartition de la population à travers la zone d'étude. Source : DPAT ; 2008.



Graphe 8: Taux de répartition de la population à travers la zone d'étude. Source : Auteur.

quartier	population	Superficie (ha)	Densité démographique (h/ha)
ZHUN	22000	148,75	147,89

Tableau 21 : Densité de la population. Source: DPAT 2008

On remarque que le quartier présente une forte densité démographique surtout à l'habitat collectif à cause de l'extension verticale sous forme d'immeuble dans une superficie restreinte, ce qui explique cette forte densité, contrairement aux lotissements qui ont une faible densité.

V. 4. 1. 2. Taux d'occupation des logements

Quartier	Nombre de logements	Population	TOL
ZHUN de Boussouf	3821	22000	5,75

Tableau 22: répartition des logements dans la zone d'étude.

Source : DPAT+ traitement personnelle

Le nombre de logements dans le quartier est de 3 821, répartie sur une superficie de 148.75HA, et que le plus grand nombre de logements est donné par habitats collectifs qui offre 2 430 logements donc 63.59% du total des types d'habitats.

	L'habitat collectif	L'habitat individuel	total
Nombre	2430	1391	3821
pourcentage	63.59%	36.40%	1 00%

Tableau 23 : Type d'habitat. Source : DPAT+ traitement personnelle.

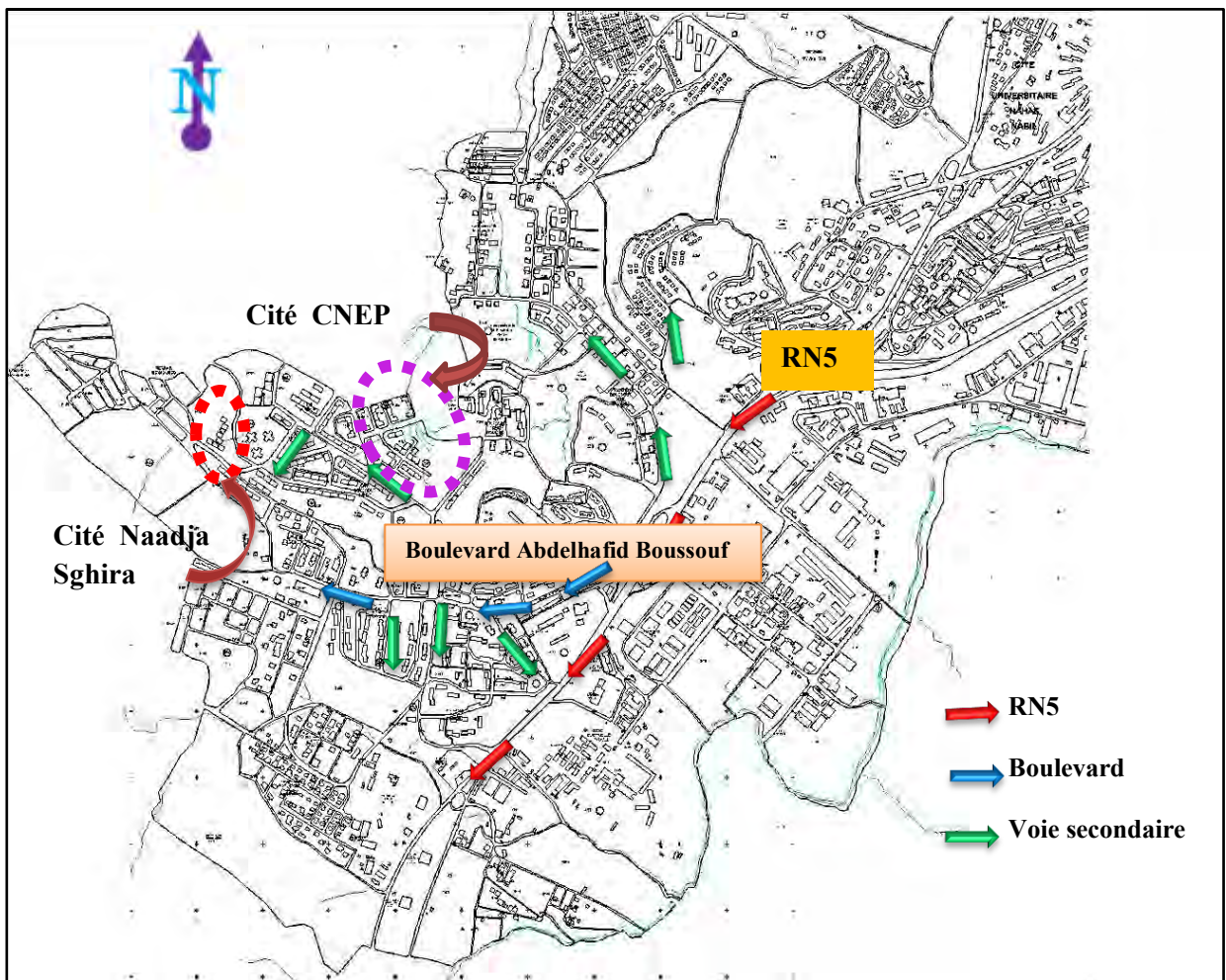


Graphe 9 : Type d'habitat. Source : Auteur.

V. 5. REPARTITION SPATIALE DES EQUIPEMENTS ET DES INFRASTRUCTURES

V. 5.1. La voirie

La voirie doit suivre une classification hiérarchique, c'est à dire le passage par étapes et par importance du flux et du trafic mécanique de la route primaire jusqu'à la route tertiaire et de desserte qui se termine normalement par des aires de stationnements de véhicules en passant par les routes secondaires qui ont le rôle de desservir la plus importante part de la circulation à l'intérieur de la cité.



Carte 8 : Répartition spatiale des voiries à Boussouf. Source : Auteur

V. 5.2. Les équipements

Les équipements sont une portion d'espace constituée d'une surface occupée d'un volume bâti où se déroulent des activités déterminées, avec leur propre organisation, leurs structures et leurs modalités de fonctionnement au service de la collectivité ou animées par celle-ci, on peut dire que le domaine des équipements est un domaine évolutif et en expansion. La disposition des équipements est très importante et doit être réfléchiée dès le départ à travers le plan

d'aménagement et le plan de composition urbaine ; Il faut éviter de combler les poches vides et les terrains résiduels par quelques équipements qui résultent d'une réflexion ponctuelle, qui ne peut pas donner satisfaction sur le plan urbain même si elle arrive à satisfaire quelques besoins de la population. Les équipements proposés au niveau de la Z.H.U.N de BOUSSOUF sont très insuffisants et ne s'adaptent pas à la taille de la cité.

Les équipements existants

N°	EQUIPEMENTS	N°	EQUIPEMENTS
01	École : SALAH RIGA	13	STATION D'ESSENCE
02	École : AISSOUSE RABAH	14	Salle de Sport
03	École : THANIME ABDELLAHE	15	Mosquée : EL WIHDA
04	École : SAÏD AZABI	16	Mosquée : AICHA OUM EL MOUAMININE
05	École : EL CHAHIDE ZIRED ISMAIL	17	Mosquée : EL ISLAH
06	École : BOURAGOUDE BACHIR	18	Boulangerie 1
07	CEM : ABDELHAFID BOUSSOUF	19	Boulangerie 2
08	LYCEE : MALEK HADAD	20	la Poste 1
09	TECHNICUM : ABDELHAFID BOUSSOUF	21	La Poste 2
10	POLYCNIQUE	22	Post Police
11	CLINIQUE : IBN ROCHD	23	Centre Commercial : EL MIZANIYA
12	CLINIQUE : EL YASMINE		

Tableau 24 : Répartition spatiale des équipements de la ZHUN Boussouf. Source : POS ; 2006.

V. 6. FACTEURS ACCENTUANTS LE RISQUE GLISSEMENT DE TERRAIN A BOUSSOUF

V. 6. 1. Facteurs naturels

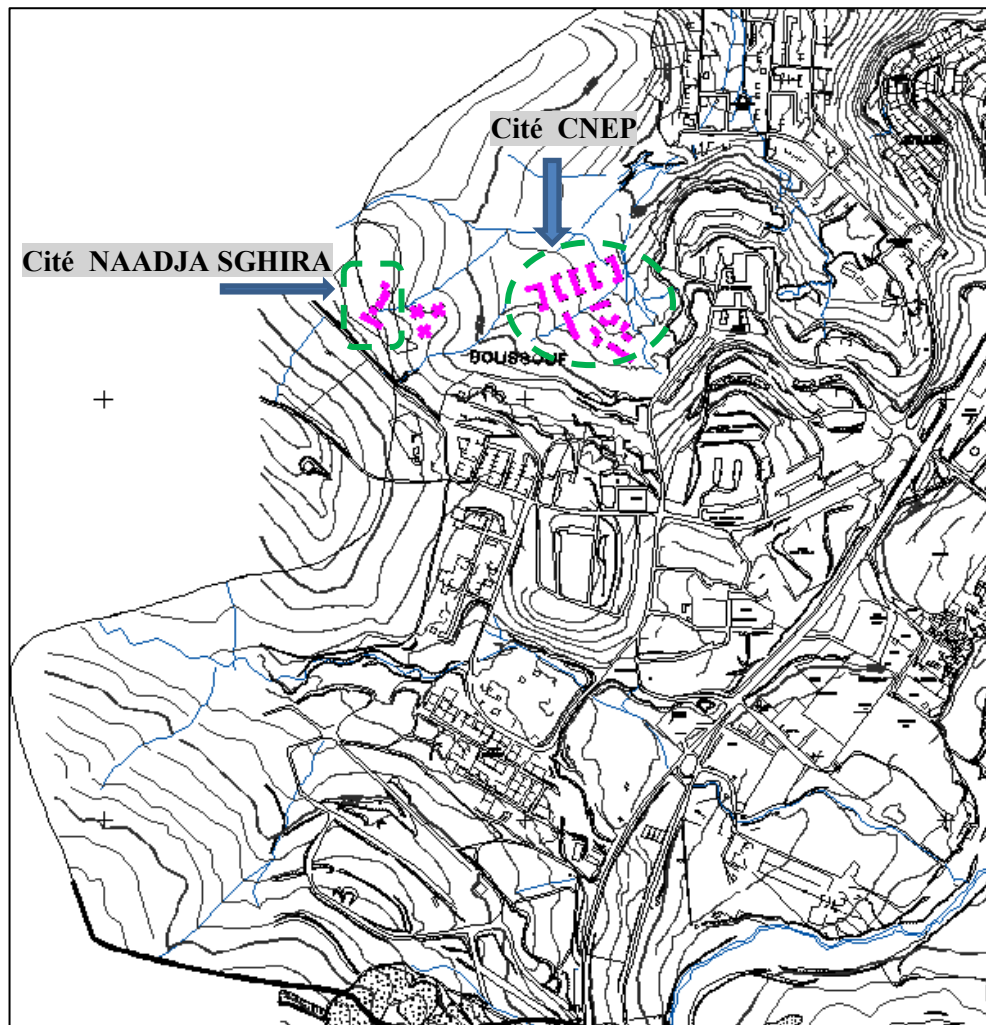
V. 6. 1. 1. La topographie du site

La pente demeure un facteur déterminant dans le déclenchement de tout mouvement gravitaire et toutes les forces hydrodynamiques intervenant parallèlement au sens général de la pente du versant. Le levé topographique est l'outil de base, il reproduit l'état physique existant, il donne :

- les limites du terrain concerné par l'étude.
- avec exactitude l'implantation des constructions à caractère habitat ou équipement divers et le tracé des routes existantes reproduites dans leurs dimensions réelles.

L'étude topographique du site permet notamment de bien connaître la distribution et d'avoir l'image du terrain, sa morphologie, ses pentes, ses contraintes naturelles et surtout le fonctionnement du réseau hydrologique. L'étude des sols fait ressortir leurs caractères pédologie et géotechniques en fonction des pentes. La topographie de la ZHUN BOUSSOUF

varie d'une zone à une autre. Elle est très accidentée dans la partie Sud-Ouest par exemple, avec des pentes qui peuvent atteindre 12% et elle présente des légères dénivellations dans la partie Nord-Est. C'est à ce niveau de l'analyse du site que peuvent apparaître les potentialités et contraintes de natures diverses ; comme la nécessité de remblais - déblais ou d'un réseau de drainage pour une plaine à terrain peu perméable ou l'assainissement : drainage d'une zone inondable (marais etc.)



Carte 9 : Levé topographique de la cité Boussouf. Source : DUC ; 2005.

V. 6. 1. 2. Les faits Géomorphologiques, géologiques et hydrogéologiques de BOUSSOUF

BOUSSOUF est situé à l'extrémité Sud-Ouest du PDAU de Constantine. Il est délimité, au Nord, par le quartier ZAUCHE, au Sud par les collines boisées (Dj. HADJ BABA), à l'Est par l'Oued RHUMEL et à l'Ouest par les bas piedmonts du massif ancien de CHETTABAHA.

Cette zone qui est le siège d'une urbanisation récente et dense, est caractérisée par une faible stabilité de ses versants argileux. Les travaux de terrassement ont souvent contribué à la déstabilisation de ces derniers, en générant une véritable menace pour une grande partie du bâti.

⇒ Géomorphologie ⁶¹

On peut distinguer cinq zones géologiques et géomorphologiques, notées de A à E suivant leur plus ou moins grande aptitude aux glissements de terrain et à l'inondation.

- ❶ **Zone A** : Un versant Nord, de pente moyenne 10 à 15 %, drainé par un réseau de talwegs confluant vers CHABET EL MERDJA, en direction de ZAOUCHE. Ce drainage naturel est entièrement perturbé par des constructions récentes. Cette zone, essentiellement argileuse, est instable, sachant que c'est la plus touchée et la plus urbanisée;
- ❷ **Zone B** : Un versant argileux, recouvert par des colluvions d'épaisseur variable, peu urbanisé, très raviné et limité par le plateau calcaire, boisé, méridional;
- ❸ **Zone C** : Un versant, argileux, de pente moyenne 10 à 15 %, limité au Sud par le plateau calcaire de ZOUAGHI. Le réseau hydrographique est représenté par des ravines étroites issues du plateau calcaire, qui sont soumises à une action érosive intense de leurs berges. Un écoulement superficiel diffus se produit à la faveur des fortes averses, pour compenser l'insuffisance de ce drainage naturel. Cet écoulement diffus et non contrôlé, est généralisé sur l'ensemble du site BOUSSOUF, suite aux actions anthropiques (imperméabilisation du terrain, obstruction de talwegs, stockage anarchique de remblais, terrassements,) qui ont contribué dans une large mesure à la déstabilisation des versants.
- ❹ **Zone D** : Une dépression topographique correspondant à une terrasse alluviale étroite, inondable, drainée par un petit affluent du RHUMEL : Oued MGHRAOUEL, orienté Est-Ouest.

Cette zone se raccorde en aval, à la terrasse alluviale, en partie inondable, du RHUMEL.

Elle forme également les fonds des talwegs Est et Ouest, au Nord de BOUSSOUF.

- ❺ **Zone E** : une aire centrale surélevée, peu inclinée, formée par des colluvions limoneuses denses, sur laquelle s'est développé le bâti le plus ancien.

⇒ Géologie

Les données géologiques sont la base de toute étude pour la construction d'immeubles. Elles permettent à l'urbaniste de déterminer avec exactitude le zonage nécessaire à la connaissance des sols et leur constructibilité. C'est un paramètre indispensable à prendre en compte pour l'étude

⁶¹ Rachid BOUGDAL : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord, thèse de doctorat, option : géologie appliquée, 2007 ; 147 ; 148p.

du développement future de la ville. La série stratigraphique est représentée par des formations superficielles quaternaires reposant en discordance sur des argiles épaisses du miocène post-nappes.

▪ **Les terrasses alluviales**

Ils sont de natures limoneuses et se développent le long d'Oued MEHEROUEL à une attitude de quelques mètres par rapport à la cote topographique du cours d'eau.

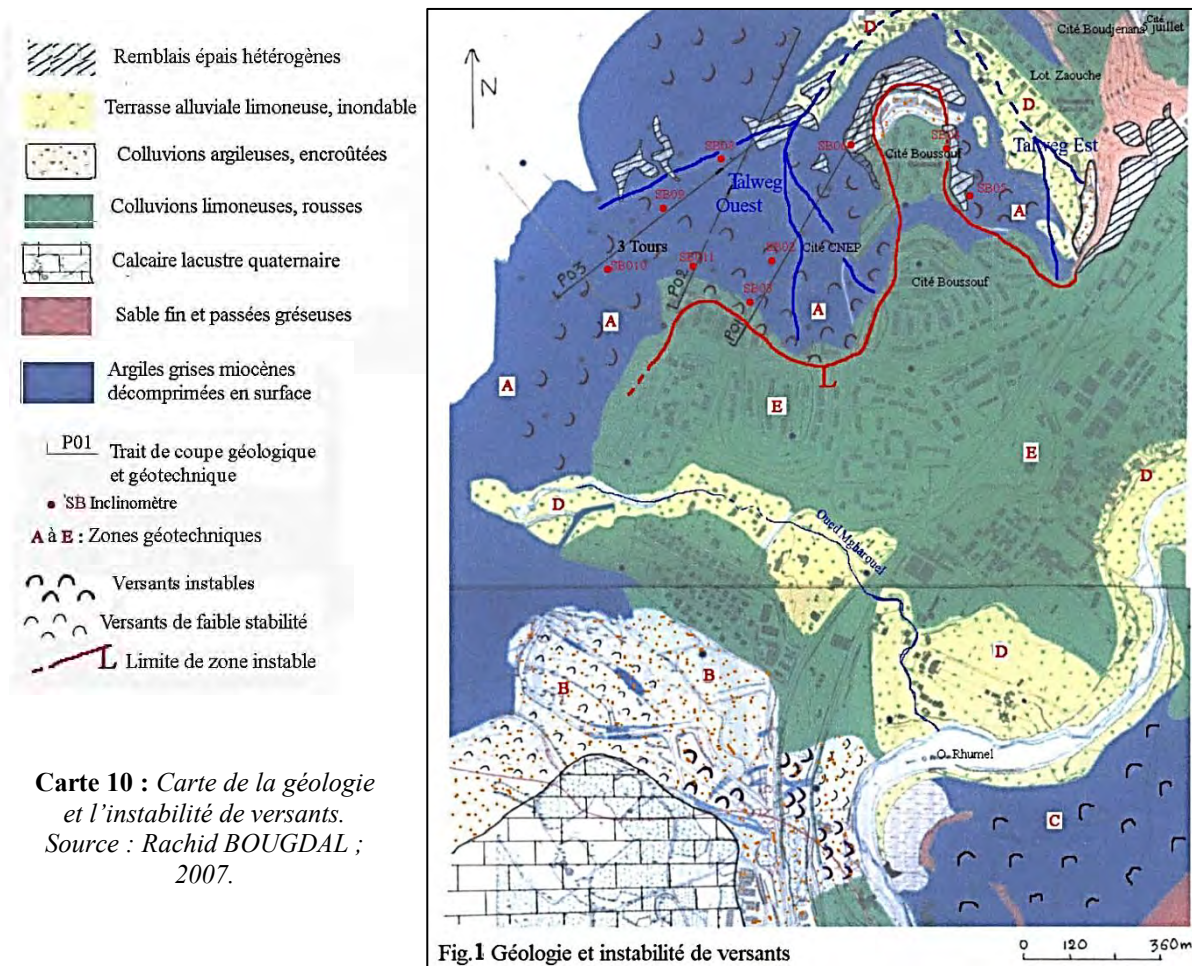
Elles existent au Nord, donnant naissance à CHAABET EL MERDJA, leur faible dénivelée par rapport aux cours d'eau leur confère le caractère de zones inondables.

▪ **Les colluvions**

Elles sont de nature hétérogène. Elles sont localisées dans la zone centrale de BOUSSOUF et sont largement rependues au Sud, sur le versant qui domine la rive droite d'Oued MHEROUEL.

▪ **Les argiles brunes à grises du miocène**

Elles forment le substratum de l'ensemble des terrains de BOUSSOUF, elles se distinguent des autres formations par des pentes naturelles qui ne dépassent pas 10 à 15% et une morphologie souvent moutonnée, signe de leurs fréquentes instabilités.



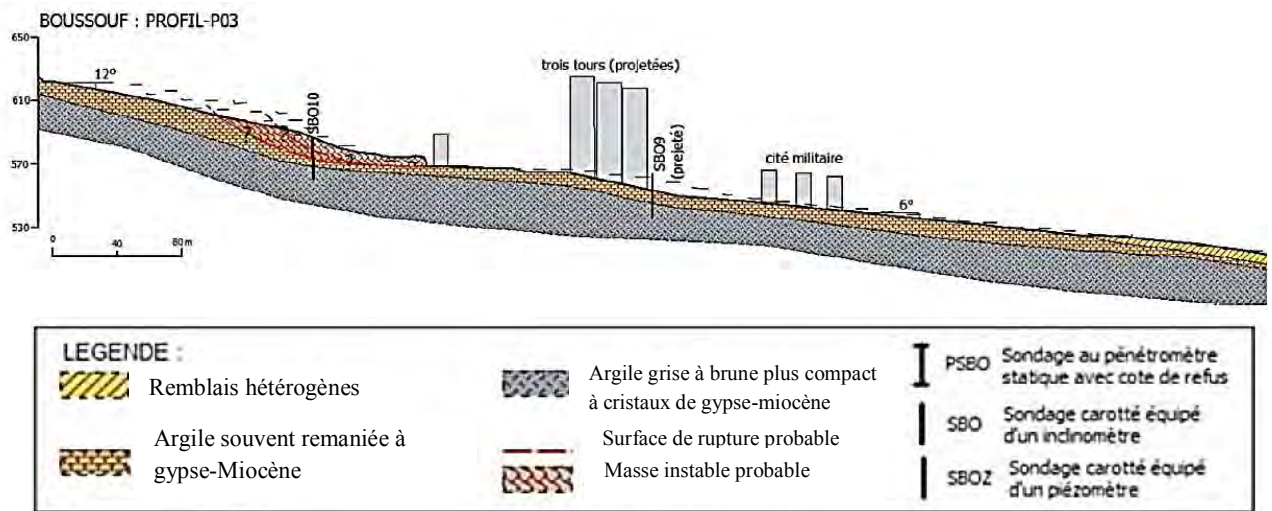


Figure 53 : Coupe géologique synthétiques P03. Source : DUC ; 2005.

⇒ **Aperçu hydrographique et hydrogéologique**

Le réseau hydrographique est représenté par Oued MHAROUEL et des ravines étroites soumises à une action érosive intense de leurs berges. Un écoulement superficiel est souvent généralisé sur l'ensemble des quartiers de BOUSSOUF, par suite à des actions anthropiques (terrassement, imperméabilisation du terrain, stockage de remblais...), qui contribuent dans une large mesure à la déstabilisation des versants.

Les eaux souterraines sont convenues dans les différentes formations de BOUSSOUF. Dans les argiles miocènes elles jouent un rôle important dans les mécanismes qui conduisent aux fréquents mouvements gravitaires observés. Cette présence d'eau est issue de l'infiltration des eaux météoriques mais aussi de nombreuses canalisations défectueuses (assainissement, AEP,...). La perturbation du réseau hydrographique par la construction, favorise la création de nombreuses aires de stagnation des eaux pluviales et leur infiltration.



Photo 63 : Sortie de drain et suintement d'eau sur un mur de soutènement. Le massif filtrant derrière le mur n'a pas été réalisé. Source : DUC.



Photo 64 : Sous-sol de bâtiment constamment inondé, baignant dans la nappe superficielle des argiles décomprimées miocènes (zone A). Source : DUC.

V. 6. 1. 3. Géotechnique

L'étude géotechnique a pour but de faire ressortir les caractéristiques générales des sols, d'identifier les formes morphologiques et de délimiter les différents terrains afin de les classer des plus favorables, aux défavorables à la construction, d'indiquer les conditions de leur constructibilité et enfin d'éliminer les zones à grands risques (Glissement de terrain par exemple). Des différentes analyses des caractéristiques du site BOUSSOUF⁶², nous pouvons classer les terrains de la manière suivante :

⇒ Les terrains favorables à la construction

Les parties sommitales sont constituées par des argiles limoneuses. La pente est de 5 à 12 %. Les travaux au sol sont faciles. La capacité portante est de 2,5 bars à 1,5 mètre de profondeur. Ces terrains sont aptes à recevoir des constructions du type R+4. Autres terrains de même classement, sont situés au nord et constitués d'argiles limoneuses à marnes. Ces terrains sont sujets à une convergence des écoulements d'eau de surface. La pente est entre 5 et 8 %. Les travaux au sol sont faciles. La capacité portante est de 1,5 bar à 2,5 mètres de profondeur. Ces terrains sont favorables pour des constructions R+4.

Les terrains situés au sud sont constitués d'argiles limoneuses. La pente varie entre 15 et 25 %. Les travaux au sol sont moyennement faciles à la réalisation vu la pente. La réalisation des murs de soutènement est nécessaire et qui dépasse les 02 mètres. La capacité portante est de 1 bar à 1,5 mètre. Ces terrains sont favorables aux constructions du type R+2.

⇒ Les terrains moyennement favorables ou conditionnellement favorables à la construction

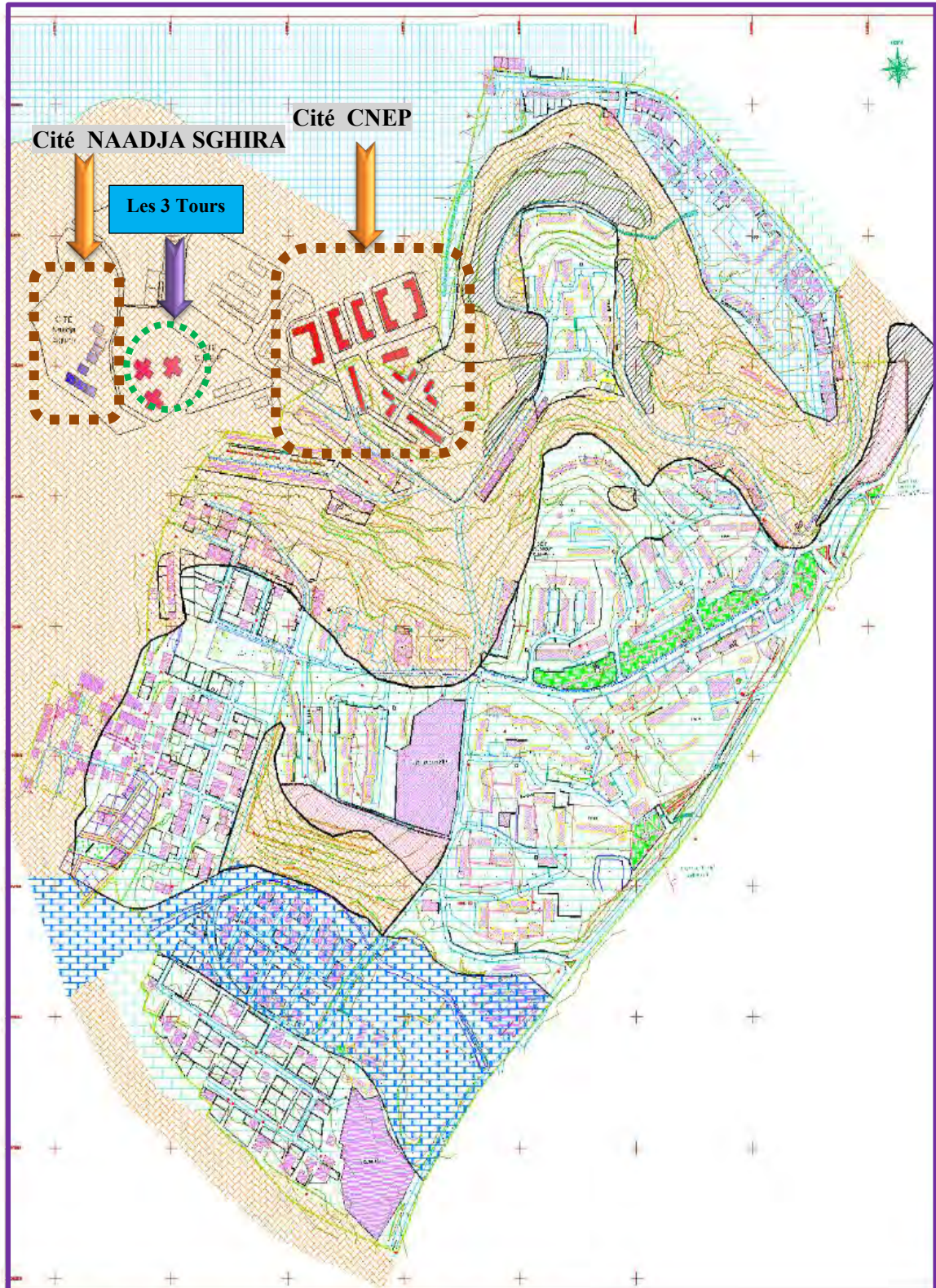
Sont constitués d'alluvions d'Oued reposant sur les argiles limoneuses. Ces terrains sont inondables. La pente est entre 2 et 5 %. Les travaux au sol sont faciles. Les terrains sont favorables en profondeur et nécessitent une protection contre les eaux d'Oued MEHAROUEL. Ces terrains sont favorables pour des constructions R+1.

⇒ Les terrains défavorables à la construction

Sont constitués d'argiles limoneuses et argiles à marnes organiques. Cette surface présente des loupes de glissement et une érosion intensive. La pente est supérieure à 15 %. Ces terrains sont défavorables à la construction et à risques sismiques élevés. Il importe d'éviter toute nouvelle construction. (Voir la carte n°11).

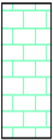






⁶² POS : Plan d'occupation des sols, 2006.

PLAN D'OCCUPATION DES SOLS *BOUSSOUF*



CARTE : GEOTECHNIQUE ECH : 1/2000

Carte 11 : Géotechnique du quartier BOUSSOUF. Source : POS.2006

<u>LEGENDE</u>	
<p><u>TERRAIN FAVORABLE A LA CONSTRUCTION</u></p>  <p>-Colluvions argileuses rouges , sable fin, argiles grises à gypse très altérées en surface du miocène post-nappes formant des terrains surélevés de faible d'élitivité (pente inférieures à 10%) et naturellement bien drainés.</p>	<p><u>TERRAIN DEFAVORABLE A LA CONSTRUCTION</u></p>  <p>-Alluvions de la terrasse de l'oued mehroual. pente 2 à 5%. inondable par les crues de l'oued.</p>
<p><u>TERRAIN CONDITIONNELLEMENT FAVORABLE A LA CONSTRUCTION</u></p>  <p>-Argiles limoneuses a marnes a passée sableuses . -Fortes arrivées d'eau de pluie -Pentes de 5 à 8% . -Nécessite de drainage et canalisation des eaux de surfaces.</p>  <p>-argiles grises à gypses: Terrain conditionnellement favorables sous réserve de faire des reconnaissances géotechniques sur l'aptitude aux glissements pour l'ensemble du terrain(en amont et en aval)et à condition d'appliquer les recommandations de l'étude des glissements de terrains élaborée par le BET EEG-SIMECSOL notamment le retalutage selon profil P2</p>  <p>-Remblais hétérogènes; Terrains Conditionnellement favorables: à condition d'évacuer ces remblais et sous réserve de faire des reconnaissances géotechniques sur l'aptitude aux glissements pour l'ensemble du terrain(en amont et en aval)et sous réserve de faire l'étude du sol qui fixera les conditions éventuelles de constructibilité.</p>	 <p>-Argiles grises à gypses sur des terrains en pente supérieur à 10 %. Terrains affectés par de nombreux glissements de différentes natures.</p>  <p>-Remblais Hétérogènes</p>

V. 6. 2. Les facteurs anthropiques

L'occupation historique du site de Constantine, depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours, a induit des modifications dans sa morphologie naturelle. L'extension progressive de la ville, dans des terrains meubles (conglomérats, argiles, marnes...etc.), ont entraîné des changements remarquables de la topographie du terrain.

- Dans le quartier de BOUSSOUF, siège d'une urbanisation actuelle intense, les terrassements dans le milieu marneux, particulièrement sensible à l'érosion, ont provoqué un changement notable du drainage naturel : modification des pentes d'écoulement.
- Les routes d'accès aux lotissements du quartier BOUSSOUF ont été créés superficiellement dans ces marnes décomprimées et très plastiques.
- Les obstructions du réseau naturel de drainage des eaux superficielles, qui génèrent un ravinement actif et des stagnations d'eau fréquentes.
- Les fuites d'eau souterraine à partir d'un réseau d'assainissement et d'AEP, souvent défectueux.
- La surcharge du sol par les matériaux de remblai stockés sur place, le plus souvent en tête de versant.

V. 7. DESCRIPTION DES INSTABILITES, ZONES AFFECTEES, ZONES SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTEES

Parmi les nombreux glissements de terrains étudiés à l'échelle de la ville de Constantine, ceux de BOUSSOUF sont les plus préoccupants en égard aux grandes surfaces mobilisées et au tissu urbain dense, touché et menacé. Les argiles miocène qui affleurent sur des grandes surfaces à BOUSSOUF sont altérées, très plastiques et propices au mouvement gravitaire qui s'exprime sous différentes formes : glissement de terrain, solifluxion, fluage.

L'évaluation de la stabilité de BOUSSOUF est exprimée par une carte des instabilités à l'échelle 1/2000^{ème} et les coupes géologiques synthétiques dans laquelle il ressort l'aptitude des différentes zones aux glissements de terrain.

Analyse par zone

L'aptitude des différentes zones aux glissements de terrain est indiquée par le niveau de vulnérabilité de chaque zone géomorphologique vis-à-vis des glissements de terrain. Les différentes zones sont présentées suivant leur degré de vulnérabilité décroissant :

❶ Zone A

Cette zone correspond au secteur bâti le plus vulnérable, sachant qu'il renferme un habitat dense (plusieurs cités en R+5, de construction récente) et qu'il est affecté par plusieurs glissements de terrain à sa périphérie⁶³. Les travaux de terrassement et les différentes constructions ne permettent pas de bien d'apprécier le comportement du terrain ;

* La nouvelle cité CNEP montre un bâtiment (R+5) située dans la zone A et qui est visiblement incliné avec des joints excessivement dilatés et des murs de soutènement rompus.

Photo 65 : Immeuble incliné de la cité CNEP. Source : DUC.



⁶³ Rachid BOUGDAL : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord ; thèse de doctorat, option : géologie appliquée, 2007 ; 153p.

* A environ 200 m au Sud des trois tours, en zone A, l'évolution d'un glissement de terrain, a entièrement détruit quelques maisons en cours de réalisation.

Photo 66 : Destruction d'une maison en cours de construction par suite d'évolution d'un glissement de terrain.

Source : DUC.



* La zone Sud-Ouest correspond à un versant argileux incliné de 10 à 15 % vers l'Est. Une urbanisation actuelle des maisons individuelles gagne les pentes de stabilité critique. Les terrassements excessifs et l'absence de drainage efficace constituent une véritable menace pour ces constructions.

Photo 67 : Constructions réalisées sur un versant de pente de stabilité critique sans drainage suffisante.

Source : Rachid BOUGDAL ; 2007.



❷ Zone B

Elle est située en rive gauche du RHUMEL. Elle correspond à un versant peu urbanisé. Elle présente une aire occidentale, argileuse franchement instable et une aire orientale de faible stabilité recouverte superficiellement de colluvions.

A proximité du RHUMEL, les talus de la RN5 en amont et en aval sont affectés par des glissements et la chaussée présente aussi des signes de dégradation par fissuration et affaissement.

③ Zone C

Cette zone est située également en rive droite du RHUMEL en aval du plateau calcaire de ZOUAGHI. Une grande partie de cette dernière est affectée par les glissements de terrain. Dans cette zone le glissement affecte aussi la culée Est du pont de franchissement du RHUMEL.

Photo 68 : Dégradation de la culée rive droite du pont de franchissement du Rhumel

S : Escarpements de glissement ; *M* : masse glissée déstabilisant la culée du pont sur l'oued Rhumel.

Source : Rachid BOUGDAL ; 2007.



Photo 69: Dégradation au niveau du pont Rhumel. Source : Auteur, 2011.

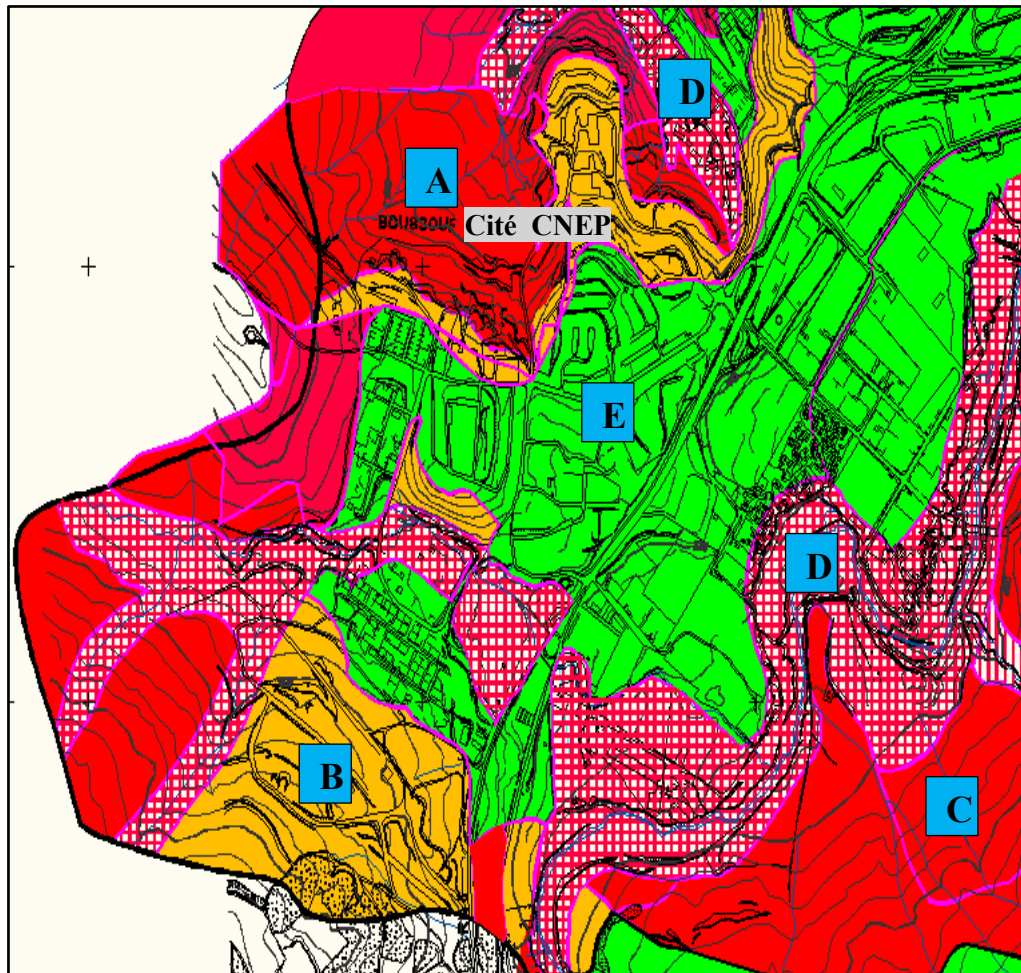


④ Zone D

Elle correspond à une dépression topographique orientée Est-Ouest et longée par Oued MHAROUEL, un affluent du RHUMEL. Une urbanisation récente des constructions individuelles exposées aux fréquentes inondations en période humide.










⑤ Zone E

Elle correspond au secteur central surélevé de BOUSSOUF de faible déclivité. L'urbanisation y est ancienne et ne montre pas de désordre ni d'indice d'instabilité des pentes. Elle est bien drainée par les versants limitrophes ce qui explique sa bonne stabilité d'ensemble.



Carte 12: plan de vulnérabilité aux glissements de terrain coté Boussouf. Source : DUC.

LEGENDE

- | | | |
|---|--|---|
|  | Classe 1 : Zone favorable à la construction. Pente faible, stable terrain dominants : calcaires néritiques, marno-calcaire telliens, calcaires lacustre plio-quaternaires et terrasses alluviales. (Zone1, carte de vulnérabilité) |  <p>Echelle 1/5000</p> |
|  | Classe 2 : Zone constructible, à substratum stable, peu profond Formations superficielles sensibles au ravinement (Zone1, carte de vulnérabilité) | |
|  | Classe 3 : Zone de stabilité incertaine. Terrains dominants de caractéristiques géotechniques médiocres : Marnes miocènes, remblais anciens, marno-calcaires telliens (Zone2, carte de vulnérabilité) | |
|  | Classe 4a : Zone instable. non constructible, à fréquents indices d'instabilité Terrains dominants : marnes et conglomérats miocènes, marno-calcaire telliens. (Zone3, carte de vulnérabilité) | |
|  | Classe 4b : Zone instable. non constructible, glissements de terrains actifs actuels (Zone3, carte de vulnérabilité) | |
|  | Classe 5 : Zone instable. non constructible à érosion active sur berges de thalwegs Terrains dominants : marnes miocènes et marno-calcaires telliens. (Zone3, carte de vulnérabilité) | |
|  | Classe 6 : Zone non constructible exposée au risque d'inondation. Terrasse alluviales basses des oueds | |
|  | Classe 7 : Zone exceptionnellement inondable (à étudier plus en détail) Terrasse alluviales d'altitude moyenne 5 à 6 m. | |

V. 8. TRAITEMENT DES INSTABILITES - CONFORTATION ⁶⁴

L'instabilité des terrains de la ZHUN BOUSSOUF est liée à deux facteurs essentiels :

Les facteurs naturels, tel que : la nature argileuse des terrains, la géométrie (la topographie), la présence des eaux souterraines d'une part et les facteurs anthropiques suite aux opérations d'urbanisation d'autre part. D'après les études élaborées par le BET EEG SIMICSOL, les techniques de confortation qui pourraient être mises en œuvre pour faire face au problème de l'instabilité des terrains de la ZHUN de Boussouf se résument dans les points suivants :

V. 8. 1. Substitution

Substitution totale ou partielle, des matériaux susceptibles au glissement par un bon matériau frottant est une solution très efficace pour stabiliser un glissement de terrain (voire le chapitre III).

V. 8. 2. Retalutage

L'adoucissement de la pente, augmente son coefficient de sécurité. Sur le site de BOUSSOUF, les pentes moyennes sont variées entre 8 à 12 % pour les pentes instables reconnues ; le retalutage ne peut avoir qu'un effet limité sur les grands glissements.

V. 8. 3. Soutènement

Les constructions de BOUSSOUF ont nécessité la réalisation de nombreux murs de soutènement pour stabiliser les terrains des pentes autour des constructions. Mais le mur de soutènement dans notre cas est incapable d'arrêter un glissement de grande profondeur où le terrain en mouvement passe au-dessus du mur de soutènement.

V. 8. 4. Ancrage et clouage

La difficulté d'ancrer des tirants dans les terrains argileux ne permet pas d'envisager une solution de confortation par ancrage. Le clouage est bien adapté au traitement d'instabilité et la régression des glissements de terrain ; mais au niveau de BOUSSOUF le clouage ne peut pas être envisagé pour stabiliser les grands glissements. Dans cet esprit, il est insignifiant de penser que des fondations ancrées en profondeur dans les terrains argileux peuvent garantir la stabilité des constructions.

V. 8. 5. Drainage

L'objectif du drainage est de diminuer la pression interstitielle dans les talus, lorsque la nappe est basse et ce afin d'éviter qu'elle ne remonte au-dessus d'un niveau prédéfini.

⁶⁴ Etude de confortement site de Boussouf BET EEG SIMECSOL(ARCADIS) ; DUC ; 2005.

Galeries drainantes

Les galeries drainantes prolongées par des drains subhorizontaux, permettent un drainage plus efficace qu'elles se trouvent réalisées en profondeur, sous les surfaces de rupture reconnues ou potentiel. Elles peuvent s'affranchir en partie des problèmes de profondeur. C'est certainement la solution de drainage profond, la mieux adaptée au site de BOUSSOUF.

V. 8. 6. Mise en œuvre des solutions de confortation

L'urbanisation du site de BOUSSOUF présente un caractère récent et comprend de nombreux immeubles et tours qui sont des structures rigides qui admettent peu des déformations avant de se fissurer. Pour éviter l'évolution des désordres et réparer efficacement les bâtiments qui le méritent, il est nécessaire d'arrêter les déplacements. Aucune des solutions de confortatives listées ci-dessus, ne nous permet de garantir l'arrêt des déplacements dans des conditions réalistes.

En effet, plusieurs aspects spécifiques à ce site, rendent improbable un arrêt rapide et définitif des déplacements parmi ces aspects il y a :

- la difficulté d'installer les différents systèmes de confortation dans cette zone très urbanisée.
- les glissements de terrain sont profonds, ce qui limite l'efficacité des solutions de drainage par tranchée.
- l'adoucissement des pentes augmente leur coefficient de sécurité, mais insuffisamment pour garantir la stabilité complète des versants du site de BOUSSOUF.

V. 9. LIMITATION DE LA REGRESSION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN (TRAVAUX)

Il s'agit de protéger dans la mesure du possible les habitations et les immeubles situés à la limite des zones instables, de l'effet de la régression des instabilités.

V. 9. 1. Evacuation des remblais et adoucissement des pentes

Pour augmenter le coefficient de sécurité et éviter la régression des instabilités, il s'agit d'évacuer les remblais et d'adoucir les pentes pour leur faire retrouver une pente voisine de 10°. Ceci entraînerait le déplacement de deux écoles, la démolition de plusieurs immeubles habités dans le Thalweg Est et des villas au Sud-Ouest. Pour limiter les démolitions de ces zones il est proposé de mettre en œuvre un clouage en tête de talus après l'adoucissement de sa pente.

V. 9. 2. Plantation d'arbre

La végétation des talus et la plantation d'arbre ont pour effet de participer à la stabilisation des terrains et à la maîtrise des eaux pluviales. Cette solution devrait être envisagée pour tous les talus du site de BOUSSOUF.

V. 9. 3. La mise en place d'un dispositif de surveillance

Le contrôle de l'efficacité de ces aménagements nécessite la mise en place d'un dispositif de surveillance de la régression des instabilités constitués de :

- ✓ Cheminements de nivellement de précision en tête des talus. Entourer le site de BOUSSOUF.
- ✓ Le dispositif de surveillance par GPS.
- ✓ Placer 9 inclinomètres en crête de talus pour détecter les éventuels déplacements du sol.

◆ CONCLUSION

Parmi les nombreux glissements de terrains étudiés à l'échelle de la ville de Constantine, ceux de BOUSSOUF sont les plus préoccupants en égard aux volumes de terre en mouvement et au tissu urbain dense et récent, qui a été menacé. Selon les résultats d'analyse, on a remarqué que l'apparition du risque glissement de terrain a été engendrée à travers l'action des multiples facteurs naturels et anthropique. Parmi ces facteurs on a :

- ❶ La nature argileuse du site
- ❷ La topographie du terrain, le site est marqué par un terrain très accidenté.
- ❸ La présence des eaux souterraines. Le contact avec le sol de nature argileuse favorise le déclenchement du risque glissement de terrain. Ce sont les causes naturelles d'une part.

D'autre part il y a les facteurs anthropiques qui représentent les différents interventions de l'homme, en distingue : les terrassements, les constructions sur des remblais et des déblais, tout en n'oubliant pas la destruction au niveau des réseaux divers d'AEP et d'assainissement.

L'ensemble de ces facteurs a provoqué le risque du mouvement de terrain dans le site de BOUSSOUF.

Après l'analyse des études qui ont été faits par le BET SIMICSOL, on a constaté que ; la conjointe de ces causes permet l'apparition du risque à BOUSSOUF et qu'il a un effet négatif sur le cadre bâti, en plus que certains de ces constructions se trouvent sur des terrains de glissement actif qui subiront des graves désordres et que ces constructions ne peuvent être sauvegardées.

Malheureusement, l'étude montre aussi que la stabilisation définitive de la partie du site de BOUSSOUF, de stabilité précaire, indiqué en rouge sur la carte de vulnérabilité, ne peut être garantie par une mise en œuvre de solution confortative, et la mise en place d'un nouveau réseau d'eau potable et d'assainissement.⁶⁵

La régression des glissements des terrains peut être évitée par l'adoucissement de la pente et le clouage de la crête du talus lorsqu'elle se rapproche des constructions. De même qu'il y a lieu de prévoir le reboisement qui participe à la stabilisation des terrains.

En fin et pour assurer la stabilité de ces zones, la démolition d'habitations qui se trouvent dans la zone rouge doit être envisagée.

⁶⁵ DUC : Direction de l'Urbanisme et de la construction ; 2006.

Les références

[61] : Rachid BOUGDAL : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord, thèse de doctorat, option : géologie appliquée, 2007 ; 147 ; 148p.

[62] : POS : Plan d'occupation des sols, 2006.

[63] : Rachid BOUGDAL : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord ; thèse de doctorat, option : géologie appliquée, 2007 ; 153p.

[64] : Etude de confortement site de Boussouf BET EEG SIMECSOL(ARCADIS) ; DUC.

[65] : Direction de l'Urbanisme et de la construction ; 2005.

CHAPITRE VI

**La vulnérabilité du
cadre bâti par le
risque glissement
de terrain cas
d'étude**

◆ INTRODUCTION

Après l'analyse qu'on a eu à expliquer dans le chapitre précédent, les facteurs intervenant dans la stabilité des terrains de la cité BOUSSOUF sont principalement les suivants :

- la nature argileuse du terrain.
- la présence d'eau (eau souterraine).
- la géométrie de terrain (la topographie) laquelle est marquée par un terrain très accidenté qui favorise le déclenchement du risque glissement de terrain.

A ces facteurs naturels, il existe également des facteurs anthropiques causés par l'homme et engendrés par les travaux d'urbanisation, à savoir : les terrassements, les surcharges de la pente (remblais, déblais), les destructions dans les différents réseaux d'assainissement l'AEP et EU.

Ainsi, l'impact constaté sur le bâti de la cité BOUSSOUF, trouve en partie sa réponse dans les cas de facteurs énumérés. A travers les données générales se rapportant au terrain de BOUSSOUF nous essayerons d'étudier de manière approfondie le cas des cités CNEP et la cité NAADJA SGHIRA qui sont sur l'assiette de terrain de BOUSSOUF. De ce fait, le présent chapitre est composé d'une première partie qui consiste à présenter les différentes caractéristiques géomorphologique du site. Par contre dans la deuxième partie elle est consacrée à l'élaboration d'une analyse des effets du glissement de terrain sur les différents types de constructions étudiés. Partant de ces données et à la base de notre enquête sur les différents types de construction de bâtiments disponibles dans notre site, l'objectif de notre étude consiste à établir une étude comparative du comportement de différents types de construction à savoir : cité CNEP (bâtiments collectifs), cité NAADJA SGHIRA (construction individuelle) et les bâtiments collectifs type Tours.

Pour établir cette étude comparative certains paramètres ont été définis et pris en compte pour l'élaboration de cette étude tels que : la configuration du plan masse, l'aménagement du plan masse, la topographie du terrain, la forme, la hauteur, la structure des bâtiments...etc.

Analyse des différents types de constructions :

CITE CNEP ET CITE NAADJA SGHIRA de BOUSSOUF

VI. 1. PRESENTATION DES CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES DU SITE

VI. 1. 1. La situation géographique

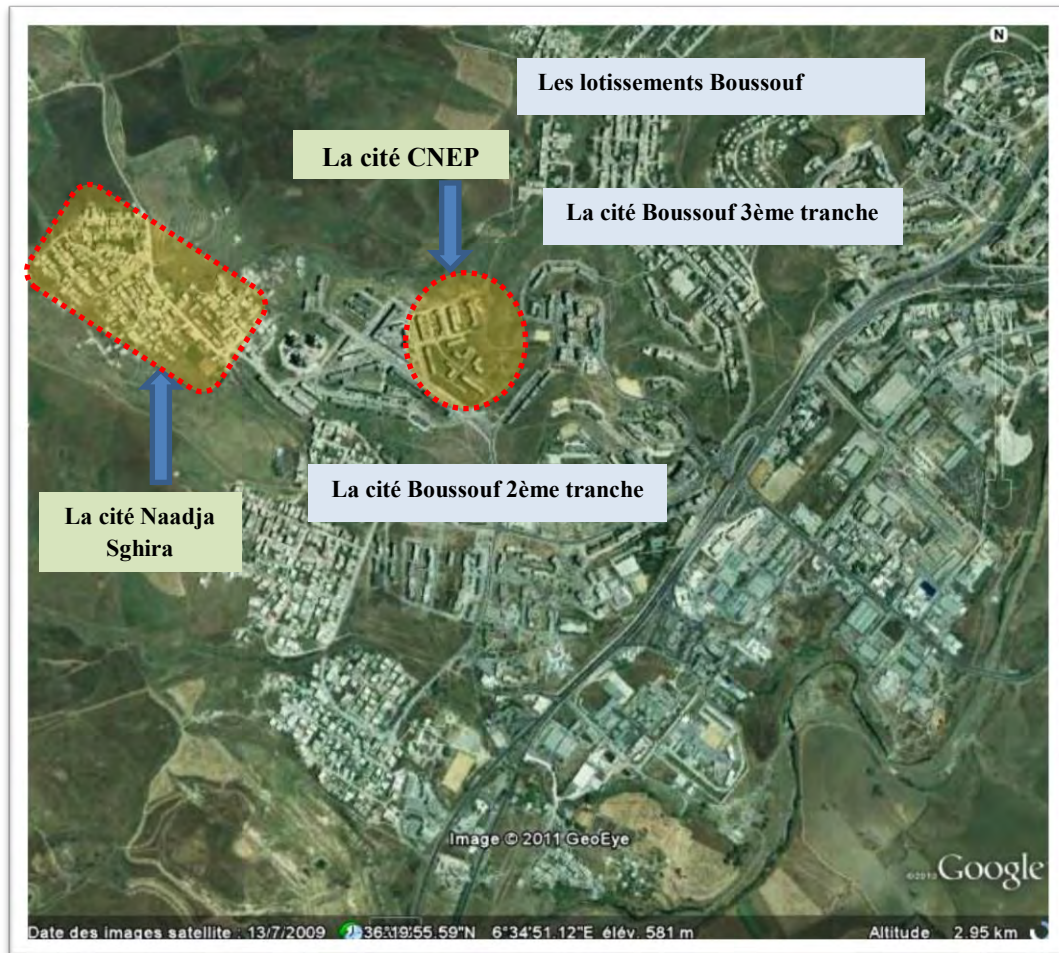


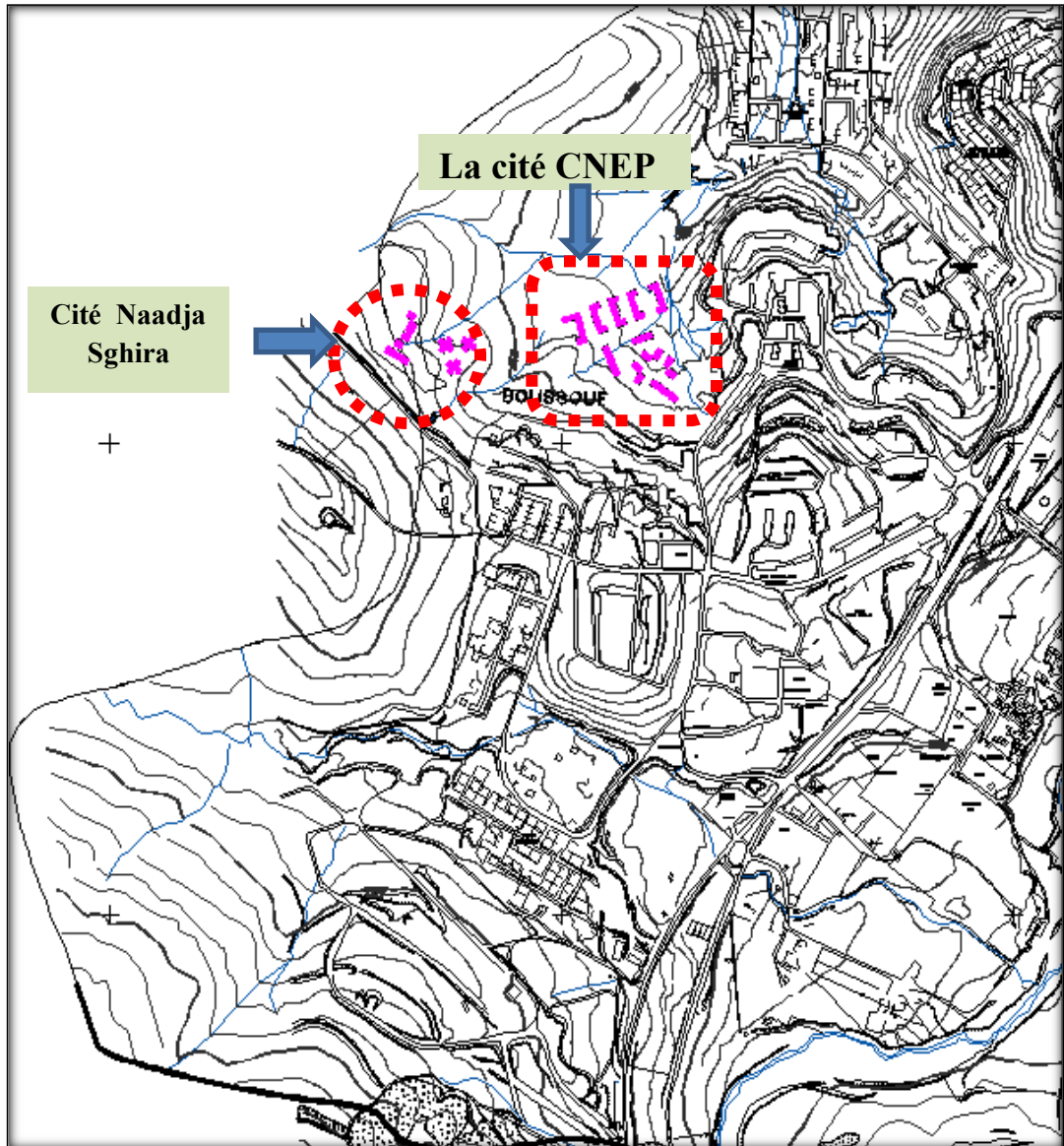
Figure 54 : Vues aérienne sur la situation géographique de la cité CNEP et cité Naadja Sghira.

Source : Google earth, 2011.

La cité CNEP représente le tissu collectif dans notre cas d'étude. Elle est composée d'un ensemble de bâtiments à plusieurs niveaux R+5 et dont le nombre atteint 26 bâtiments. Elle est limitée au Nord par les lotissements BOUSSOUF quatrième tranche, à l'Ouest par la cité NAADJA SGHIRA, à l'Est par la cité BOUSSOUF troisième tranche et au Sud par la cité BOUSSOUF deuxième tranche. Par contre la cité NAADJA SGHIRA représente le tissu individuel et se situe à l'extrémité Ouest du BOUSSOUF et elle est limitrophe à la cité CNEP.

VI. 1. 2. La topographie du site

Les ZHUN de BOUSSOUF se caractérisent par un terrain très accidenté et plus particulièrement la cité CNEP et celle de Naadja Sghira. Cette caractéristique du site est bien illustrée dans la carte du levé topographique de l'aire d'étude.



Carte 13 : Levé topographique de la cité CNEP. Source : DUC ; 2005.

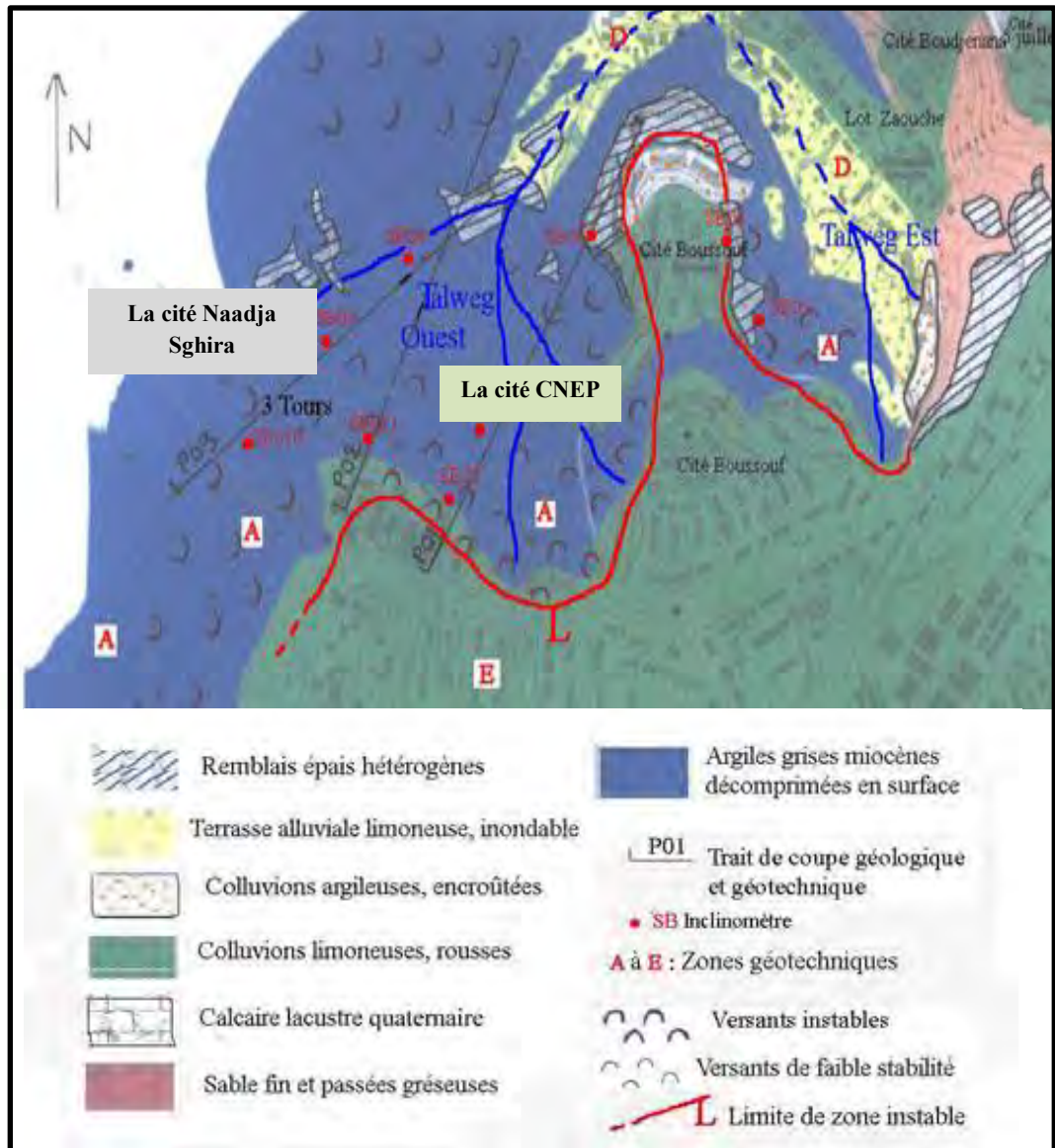
VI. 1. 3. Les faits Géomorphologiques, géologiques

⇒ Géomorphologie

Selon l'analyse détaillée dans le chapitre précédent, la cité CNEP et la cité Naadja Sghira sont situées dans la zone A. Elles se situent sur un versant, de pente moyenne de 10 à 15 %, drainé par un réseau de talwegs affluant vers Chabet El Merdja, en direction de Zaouche. La zone en question, se caractérise par un terrain argileux et instable, et se trouve que c'est la zone la plus touchée par le risque glissement de terrain et la plus urbanisée.

⇒ Géologie

La carte géologique de Boussouf montre que la composition du terrain de la cité CNEP et la cité Naadja est constituée des *argiles brunes à grises du miocène*.

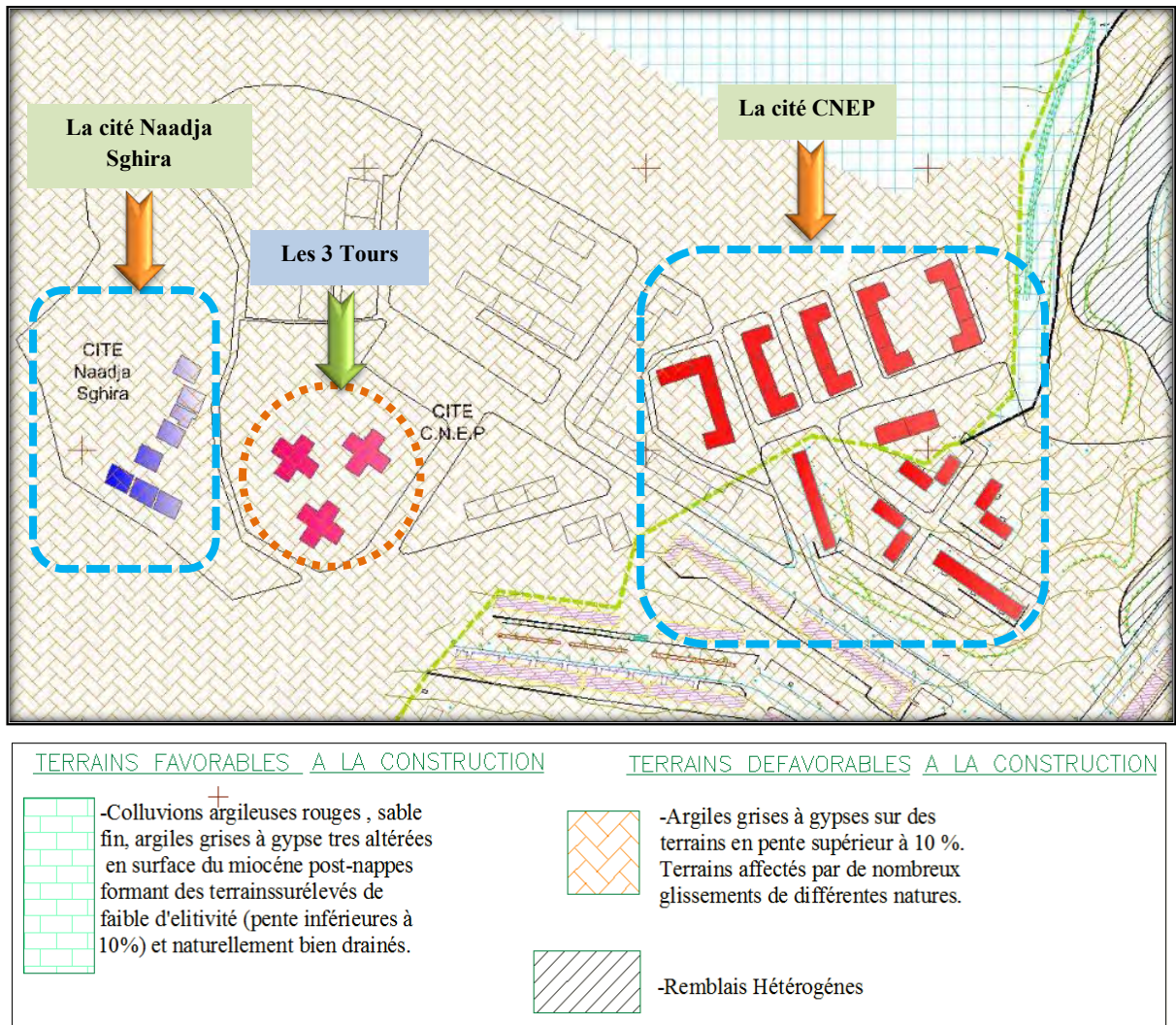


Carte 14 : géologie et l'instabilité du versant cité CNEP. Source : DUC.

VI. 1. 4. Géotechnique

L'étude géotechnique a pour but de faire ressortir les caractéristiques générales des sols, qui délimite les différents terrains afin de les classer des plus favorables aux défavorables à la construction.

D'après la classification des terrains du quartier Boussouf établi par les services concernés de la direction d'urbanisme et de la construction, on distingue que la cité CNEP et la cité Naadja Sghira sont situées dans **les terrains défavorables à la construction**.



Carte 15 : géotechnique du terrain cité CNEP. Source : DUC+ traitement personnelle.

VI. 2. METHODE D'INVESTIGATION DU CAS D'ETUDE

L'analyse des paramètres influents sur les différents types de constructions lors du glissement de terrain dans le site de BOUSSOUF est établie selon les étapes suivantes :

Le site de notre cas d'étude a été divisé en quatre zones selon le type de construction à savoir :

Le type collectif pour les deux zones 1 et 2 ainsi que le bâtiment tours à (R+17) dans la zone 3, et la zone 4 qui représente le type de construction individuelle. Chaque zone est caractérisée par certaines particularités qui se résument dans les points suivantes :

- La configuration spatiale du plan masse de la zone 1 est marquée par une disposition ouverte et éclatée des bâtiments, par contre la disposition des bâtiments dans la zone 2 est trop renfermée.

- Les bâtiments de la zone 1 sont disposés d'une manière éparpillée par rapport au sens des courbes de niveaux du terrain.
- La zone 2 est composée de bâtiments à deux formes urbaines barre et angle de même hauteur.
- Pour la troisième zone, elle contient trois tours de (R+17) dont la structure est de système mur porteur.
- Pour l'élaboration de notre investigation le choix de l'échantillon d'étude a été fixé sur une maison de (RDC+2) dont la structure est en poteau poutre avec des voiles en béton armé.

-Pour l'élaboration de cette investigation une méthode de travail qui consiste à établir des fiches techniques des échantillons a été développée (voir annexe A1).

Dans la première étape on présente une description générale des différents types de bâtiments dans laquelle on aborde les caractéristiques conceptuels et techniques de l'échantillon.

Par contre dans la deuxième partie, un diagnostic de l'état des lieux des constructions affectées par les effets du glissement de terrain est présenté.

Dans la troisième partie nous traiterons les résultats du diagnostic des différents échantillons de l'étude comparative et nous présentons les mesures nécessaires à prendre en considération, pour faire face au risque et atténuer les dégâts du bâtiment analysé. A l'issue de ces étapes et à la base des résultats dégagés de notre diagnostic, nous essayerons de mettre en relief les éléments de constructions du bâtiment et leurs comportements face au risque du glissement de terrain, tout en tenant compte des paramètres :

- ❶ la configuration du plan masse
- ❷ l'aménagement extérieur du plan masse.
- ❸ la disposition des bâtiments par rapport à la pente.
- ❹ la forme des bâtiments.
- ❺ la hauteur des bâtiments.
- ❻ le type des structures.
- ❼ la qualité des matériaux et la mise en œuvre.

L'objectif de cette investigation est de chercher à bien comprendre et maîtriser l'impact des différents paramètres influents sur le comportement des bâtiments lors d'un glissement de terrain à fin de freiner ou du moins réduire l'effet de dégradation qui peut en résulter.

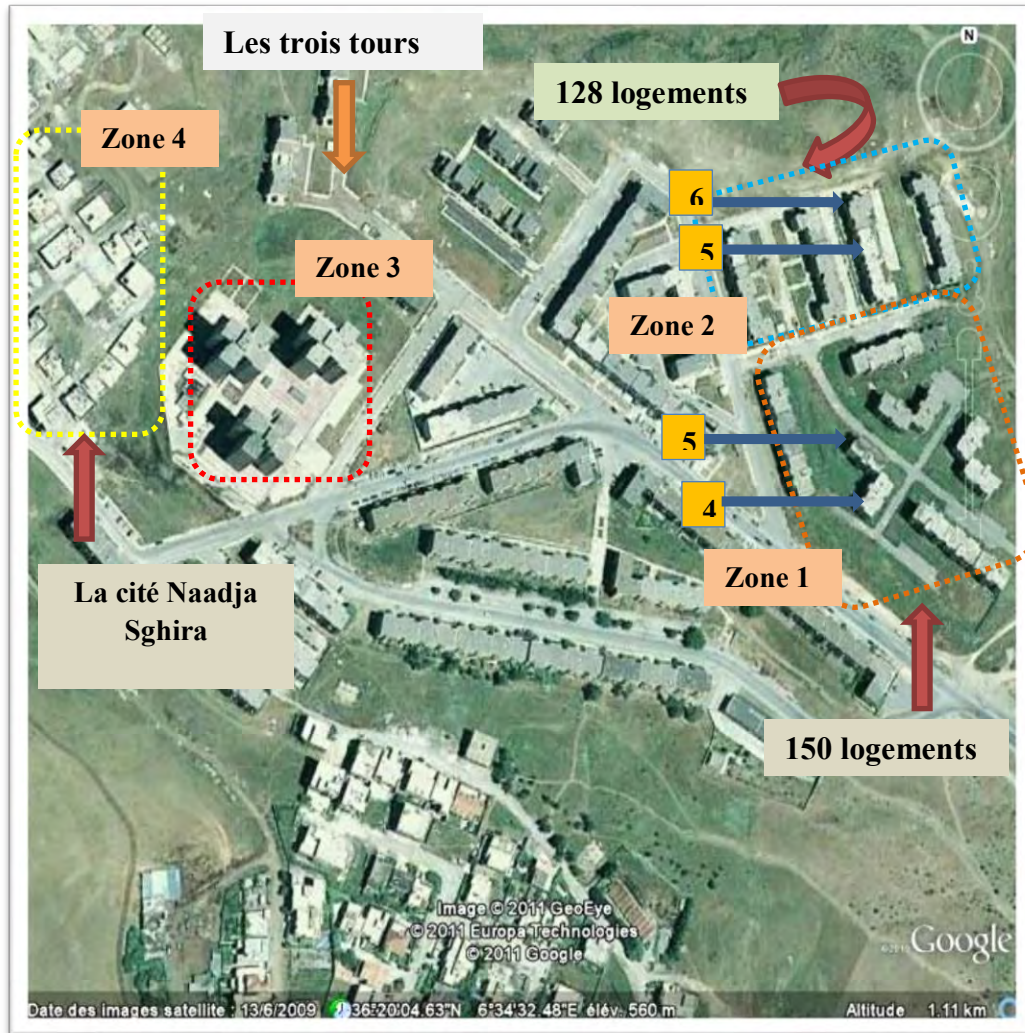


Figure 55 : Vues aérienne présente les quatre zones d'étude

Source : Google earth, 2011.

VI. 3. ANALYSE DE CAS D'ETUDE

VI. 3. 1. Analyse de la zone 1

L'analyse a été établie en tenant compte de la disposition des bâtiments par rapport au sens de la pente. D'après le plan masse, la disposition de l'axe longitudinal du bâtiment n°4 se trouve perpendiculaire aux courbes de niveau. Par contre le deuxième bâtiment n°5 se trouve dans une position parallèle au sens de la pente. (Voir la carte topographique n°13).

Echantillon n°1 de la zone 1:

Bâtiment n°4 (150 logements, Cité CNEP, Boussouf) Constantine. (Voir annexe1, p: 201)

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARACTERISTIQUES CONCEPTUELLES

Plan et élévation [croquis ou photos]

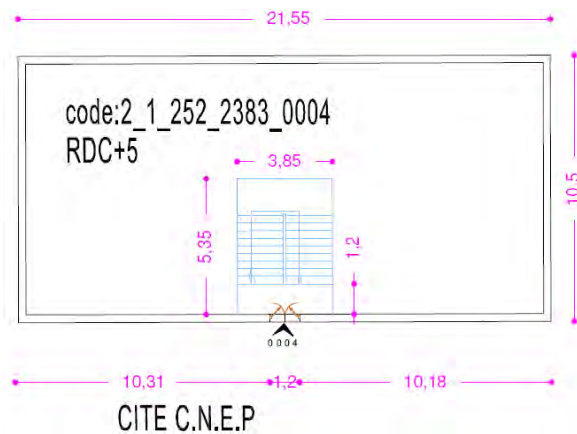


Figure 56 : Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°4. Source : Google earth ; 2011.



Photo 70 : Bâtiment n°4 dans la cité CNEP 150 Logements. Source : Auteur ; 2011.

Le bâtiment d'étude est de type collectif et à usage d'habitation. Les caractéristiques géométriques de celui-ci sont marquées par : une forme régulière (bâtiment barre), symétrique selon un axe en hauteur de 18m en six étages et avec des ouvertures disposées de façon alignée selon un axe vertical tout au long de la façade.

D'autre part le bâtiment en question est disposé de manière que l'axe longitudinal est perpendiculaire aux courbes de niveau sur une pente supérieure à 10%.

⇒ LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES

Au niveau de ces critères et à la base de notre enquête, il est relevé que la structure de notre échantillon est de type poteaux-poutres (portique) et que le matériau utilisé est le parpaing aussi bien pour l'enveloppe extérieure que pour le cloisonnement et le remplissage des murs.

Par ailleurs il est relevé par contre une absence totale des différents réseaux d'assainissement les eaux pluviales, les eaux usées et les eaux vannes (EP, EU, EV).

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE

Sur le plan de l'évaluation du degré de dégradation sous l'effet du glissement de terrain on constate d'après notre investigation sur le bâtiment échantillon, que :

L'environnement immédiat de la construction est devenu en mauvais état, que ce soit au niveau des murs de soutènement, ou au niveau des réseaux d'assainissement. De plus, il y a des affaissements dans les trottoirs et les revêtements des rues.

Par contre pour l'ensemble de la construction, l'ouvrage est intact et les éléments porteurs (poteaux et poutres) sont en bon état. Dans ce cadre aucune déformation ou apparition des fissures n'a été enregistré, même pour les planchers à hourdis en béton armé. Seulement il est à noter qu'il y a eu une ouverture du joint de rupture entre les deux blocs (bâtiment n° 4 et n°5).

③ LA TROISIEME PARTIE : Synthèse

D'après nos observations et les enquêtes effectuées sur le site et à la base d'une analyse des données de la direction de contrôle technique de construction de Constantine (CTC), on conclut que le niveau de dégradation du bâtiment, au glissement de terrain, est légèrement dégradé et par conséquent ne nécessite qu'une intervention légère.



Photo 71 : *Affaissement au niveau de la rue ; et montre le sens du glissement de terrain.
Source : Auteur ; 2011*



Photo 72 : le disjointement du mur de soutènement par le glissement du sol.

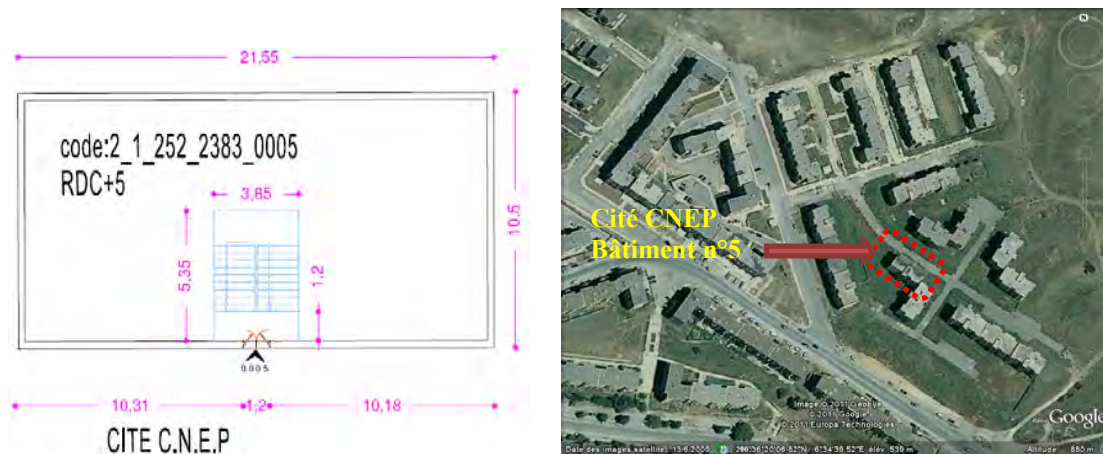
Source : Auteur ; 2011.



Photo 73 : Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm. Source : Auteur ; 2011.

Echantillon n°2 de la zone 1:**Bâtiment n°5 (150 logements, Cité CNEP, Boussouf) Constantine. (Voir annexe1,p: 205)****❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION****⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELLES**

Plan et élévation [croquis ou photos]

**Figure 57 :** Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5. Source : Google earth ; 2011.**Photo 74 :** Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 150 Logements. Source : Auteur ; 2011.

L'étude a porté sur un autre bâtiment à usage d'habitation de type collectif. Les caractéristiques géométriques de cet immeuble sont marquées par : une forme régulière (bâtiment barre), symétrique par rapport à son axe transversale, une hauteur de 18m développée en six étages et un alignement des ouvertures sur un axe verticale tout le long de la façade.

Par ailleurs, l'axe longitudinal de l'échantillon d'étude est disposé d'une manière parallèle au sens de la pente qui est supérieur à 10%. En plus, sur le plan horizontal le bâtiment est assemblé à un deuxième bâtiment (Bâtiment n°4 de 150 logements) par un point de contact.

⇒ **LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES**

D'après notre diagnostic sur le bâtiment en question, il est relevé que le type de structure est identique à l'échantillon précédent, c'est à dire en poteaux-poutres. A propos l'enveloppe extérieure de la construction, ainsi que, pour le cloisonnement et le remplissage des murs, le matériau utilisé est le parpaing. Il est à noter que pour l'évacuation des eaux pluviales, vannes et usés qu'il y a une absence totale de tous les types des descentes.

② **LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE**

La vulnérabilité de l'environnement immédiat de notre construction d'étude au glissement de terrain est marquée par : les mauvais états qui se sont présentés surtout au niveau des murs de soutènement et sur les différents réseaux d'assainissements. Aussi il est constaté des affaissements au niveau des trottoirs et les revêtements des rues.

Pour l'ensemble de l'ouvrage et selon notre diagnostic on constate plusieurs cas de figures de dégradation sous l'effet du glissement de terrain tels que : le basculement et le tassement du bâtiment (voir photo n°77).

Au niveau des éléments porteurs, on a relevé des cassures et écrasements et des fissurations que ce soit pour les éléments de structures horizontales que pour les éléments de structure verticales du bâtiment.

Rajouté à cela, il y a l'ouverture du joint de rupture entre les deux bâtiments d'étude n°4 et n°5 de 150 logements.

③ **LA TROISIEME PARTIE : Synthèse**

Selon notre enquête et l'analyse sur terrain des différents paramètres concernant notre construction échantillon on constate que l'immeuble est menacé de ruine et il demande une intervention lourde à travers différentes techniques de confortement et réhabilitation.



Photo 75 : *Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm. Source : Auteur ; 2011.*



Photo 76 : *Absence des descentes pour les différents réseaux d'assainissement. Source : Auteur ; 2011.*



Photo 77 : *Basculement du bloc 5. Source : Auteur ; 2011.*



Photo 78 : *Affaissement de la plate-forme du bloc5. Source : Auteur ; 2011.*



Photo 79 : *Dégradation au niveau des escaliers
Source : Auteur ; 2011.*



Photo 80 : *Déplacement au niveau des regards
Source : Auteur ; 2011.*

VI. 3. 2. Analyse de la zone 2

Dans la zone 2, on a pris deux échantillons en fonction de leur forme

D'après le plan masse, la forme du bâtiment n°5 est de forme barre. Par contre le deuxième bâtiment n° 6 elle est de forme d'angle. (Voir la Fig. n°55).

Echantillon n°1 de la zone 2 :

Bâtiment n°5 (128 logements, Cité CNEP, Boussouf) Constantine. (Voir annexe1,p: 209)

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELLES

Plan et élévation [croquis ou photos]

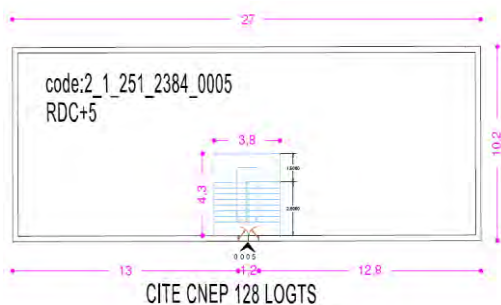


Figure 58 : *Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5. Source : Google earth ; 2011.*



Photo 81 : *Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 128 Logements. Source : Auteur ; 2011.*

Le bâtiment choisi est à usage d'habitation de type collectif. Il est de hauteur de 18 m conçu sur six niveaux avec une forme régulière (bâtiment barre), symétrique selon son axe transversal.

Les percements sont disposés de façon alignée selon un axe vertical tout le long de la façade.

En effet, la disposition de notre bâtiment d'étude sur le site est placée d'une manière parallèle aux courbes de niveaux sur une pente qui est supérieure à 10%. Il est assemblé aux autres bâtiments par un joint dans les côtés transversaux de notre échantillon.

⇒ LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES

A la base de notre diagnostic sur le bâtiment, on note que le type de structure de celui-ci est une structure à voile en béton armé avec des dalles pleines

Pour le cloisonnement et le remplissage des murs, ils sont réalisés avec des voiles en béton armé contrairement à l'enveloppe extérieure qui est fabriquée en béton armé. Au niveau des différents réseaux d'assainissement il y a seulement les descentes et les chutes des eaux vannes.

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE

Les conséquences du glissement de terrain sont présentées dans l'environnement immédiat de notre bâtiment. En effet, on a relevé le mauvais état des murs de soutènement et des différents réseaux d'assainissements, ainsi que des affaissements qui ont affecté les trottoirs et les revêtements de rues.

Après enquête sur terrain, on a constaté l'ouverture du joint de rupture entre les blocs constituant l'ensemble du bâtiment échantillon.

③ LA TROISIEME PARTIE : Synthèse

A la base de notre analyse sur terrain et les différentes enquêtes concernant notre échantillon d'étude et les données prises de la direction de CTC de Constantine on est constaté que le bâtiment d'étude est légèrement dégradé et ne nécessite qu'une intervention légère.

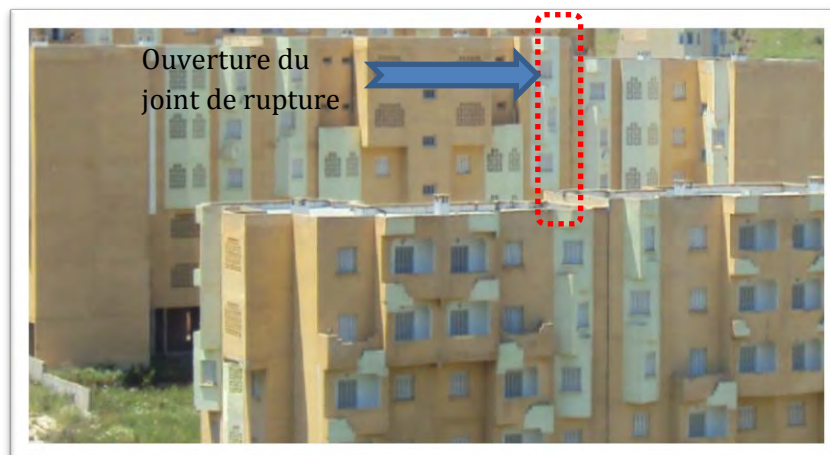
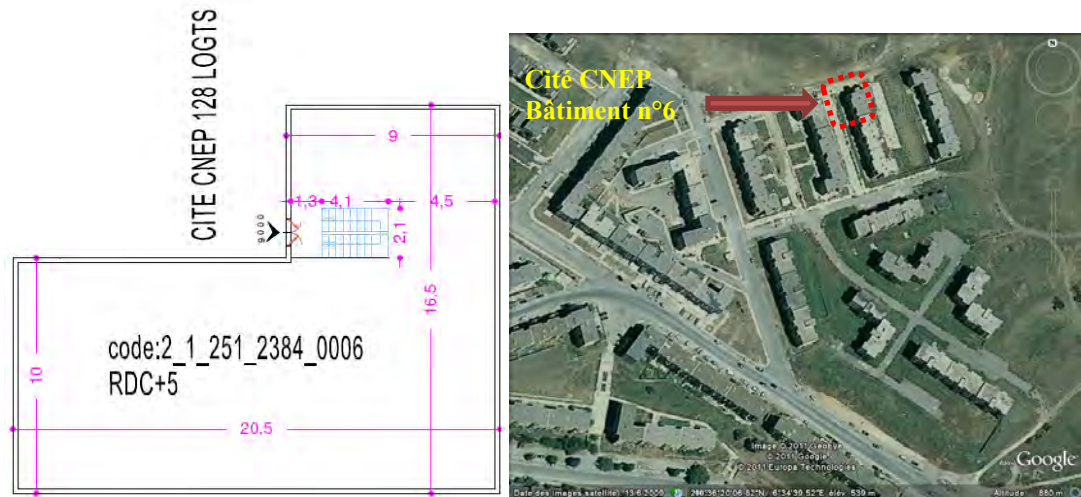


Photo 82 : Vue sur le bâtiment n°5 montre l'ouverture du joint de rupture entre les deux blocs
Source : Auteur ; 2011.

Echantillon n°2 de la zone 2 :**Bâtiment n°6 (128 logements, Cité CNEP, Boussouf) Constantine. (Voir annexe1, p: 213)****❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION**Localisation : *Cité CNEP bâtiment n 06 BOUSSOUF Constantine (128 logements).***⇒ LES CARACTERISTIQUES CONCEPTUELLES**Plan et élévation [croquis ou photos]**Figure 59** : *Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°6. Source : Google earth ; 2011.***Photo 83** : *Bâtiment n°6 dans la cité CNEP 128 Logements. Source : Auteur ; 2011.*

L'immeuble d'étude est à usage d'habitation avec des locaux commerciaux. Il est caractérisé par une forme régulière (bâtiment angle), d'une hauteur de 18 m développé en six niveaux, avec des ouvertures alignées selon un axe vertical tout au long de la façade.

La disposition du bâtiment en question est mise d'une manière parallèle au sens des courbes de niveaux avec une pente supérieure à 10%. Il est assemblé à l'autre échantillon d'étude bâtiment n°5 des 128 logements par un joint de rupture dans le côté transversal.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES**

Selon l'enquête et le diagnostic de l'immeuble choisi, il est relevé que le type de structure utilisé est identique au bâtiment n°5. Ce dernier est en voile en béton armé avec des dalles pleines.

Pour l'utilisation des matériaux, il est fait usage du béton armé pour l'enveloppe extérieure de la construction et des voiles en béton armé pour le cloisonnement et le remplissage des murs.

Concernant les différentes descentes et chutes d'eau, on note la présence des conduites d'évacuation pour l'eau pluviale, l'eau usée et l'eau vanne.

② **LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE**

Dans cette partie d'étude et à la base de notre enquête sur le niveau de dégradation sous l'effet du glissement de terrain, on constate plusieurs conséquences destructives qui se sont présentées dans l'environnement immédiat de la construction d'étude : les murs de soutènement et les réseaux d'assainissements sont en mauvais états, ainsi que des affaissements qui touchent les trottoirs et les revêtements des rues.

Pour l'ensemble de la construction, on a observé plusieurs traces de dégradation, qui se sont caractérisées sous forme de tassement et de basculement au niveau du bâtiment échantillon.

En effet, aucun signe de dégradation n'est apparu dans les éléments de structure verticaux, il demeure au contraire pour les éléments de structure horizontaux l'apparition d'affaissements de certaines dalles dans notre échantillon.

En plus, il y a l'ouverture du joint de rupture entre les bâtiments 5 et 6 des 128 logements.

③ **LA TROISIEME PARTIE : Synthèse**

Après l'analyse et l'enquête effectué sur les différents critères du bâtiment échantillon on a constaté que le bâtiment est fortement dégradé. Il est menacé de ruine, demande une intervention lourde nécessitant confortement et réhabilitation urgente.



Photo 84 : *La façade principale. Source : Auteur ; 2011.*



Photo 85 : *Le cloquage de peinture. Source : Auteur ; 2011.*

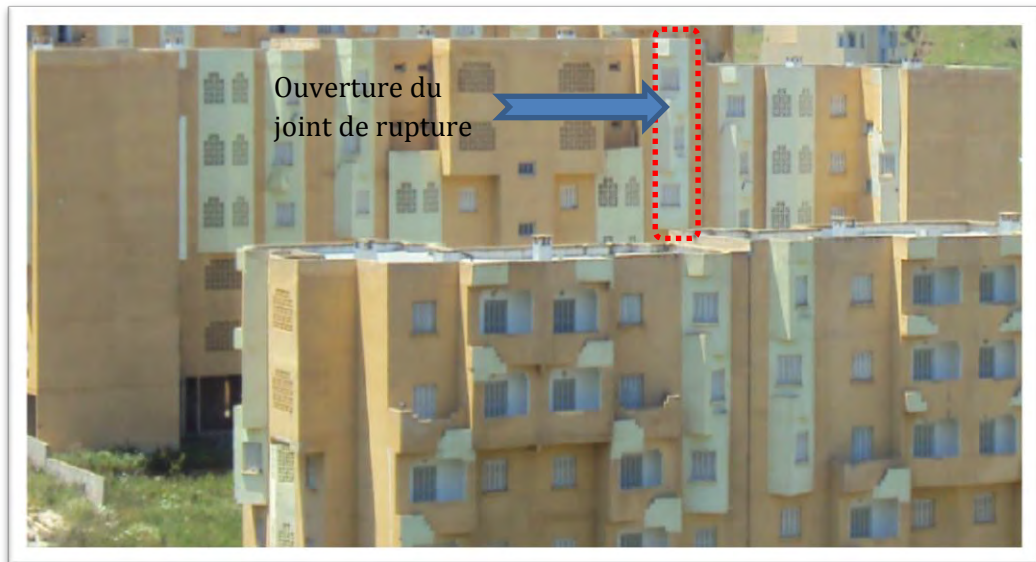


Photo 86 : *Vue sur le bâtiment n°6 montre l'ouverture du joint de rupture entre les deux blocs*
Source : Auteur ; 2011.

VI. 3. 3. Analyse de la zone 3

Dans la zone 3, on a pris un échantillon de tours en fonction de leur structure et leur hauteur (R+17). (Voir la Fig. n°55).

Echantillon n°1 de la zone 3:

Tour n°2, Cité CNEP, Constantine (Voir annexe 01 ; p : 217)

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELLES

Plan et élévation [croquis ou photos]

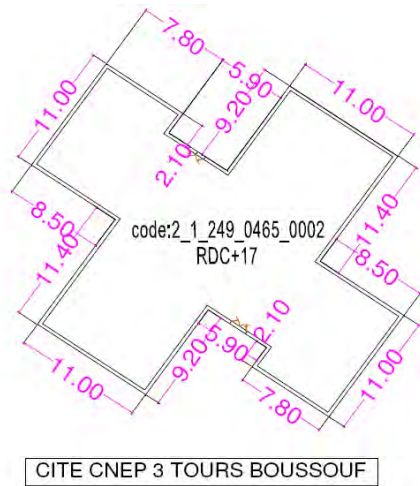


Figure 60 : Vue aérienne sur la localisation de la Tour du CNEP. Source : Google earth ; 2011.



Photo 87 : les 3Tours du CNEP. Source : Auteur ; 2011.

On a pris pour notre diagnostic comme échantillon une tour à usage d'habitation de type collectif. Elle est d'une forme régulière, symétrique selon un axe avec une hauteur de 54 m et

conçu sur 18 étages. Ainsi la tour est marquée par des percements alignés sur un axe vertical tout au long de l'immeuble.

⇒ **LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :**

Selon notre analyse sur terrain et à la base de notre enquête, on a constaté que le type de structure de cette échantillon est du système murs porteurs avec des dalles pleines.

Le matériau utilisé pour l'enveloppe extérieure est le parpaing, par contre le cloisonnement et le remplissage des murs, sont fabriqués en briques creuses.

En effet, dans ce cas d'étude on constate la présence des différents descentes et chutes d'eau pluvial, l'eau usée et de l'eau vanne.

② **LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE**

Au plan évaluation du niveau de dégradation au risque du glissement de terrain sur le bâtiment d'étude, il est relevé que l'environnement immédiat de la tour est en mauvais état que ce soit pour les murs de soutènement que pour les différents réseaux d'assainissement ainsi que les affaissements qui affectent les trottoirs et les revêtements des rues.

Contrairement à l'ensemble de la construction, on note que l'ouvrage est intact il y a seulement un tassement léger.

Les éléments porteurs verticaux et horizontaux sont en bon état et de ce fait aucune destruction ou détérioration n'est à signaler.

③ **LA TROISIEME PARTIE : Synthèse**

Après élaboration du diagnostique sur la tour échantillon on note que l'ouvrage est en bon état, donc il n'est pas menacé de ruine il ne demande qu'une légère intervention.



Photo 88 : Tassement des escaliers extérieurs. Source : Auteur ; 2011.

VI. 3. 4. Analyse de la zone 4

Dans la zone 4, on a pris un échantillon de type individuel en fonction de leur hauteur Et leur structure. (Voir la Fig. n°55).

Echantillon n°1 de la zone 4 :

Construction n°32, quartier Naajas Sghira Boussouf, Constantine (Voir annexe1,p: 221)

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELLES

Plan et élévation [croquis ou photos]



Figure 61 : *Vue aérienne sur la localisation de la construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.*

Source : Google earth ; 2011



Photo 89 : *La construction individuelle dans la cité Naadja Sghira. Source : Auteur ; 2011.*

L'analyse de la zone 4 est à effectuer sur un bâtiment de type individuel à usage d'habitation. Les caractères géométriques de celui-ci est d'une forme régulière de hauteur 13.99 m réalisé sur

quatre niveaux avec des ouvertures qui sont placées de façon alignées sur un axe vertical tout le long de la façade.

⇒ LES CARATERISTIQUES TECHNIQUES

A la base de notre étude sur l'échantillon on a constaté que le type de structure de cet ouvrage est du système portique (poteaux- poutres) avec des voiles en béton armé. Par rapport aux éléments de structure horizontaux on remarque que deux types de structure sont utilisés pour la réalisation des planchés : des dalles en hourdis en béton armé ainsi que des dalles pleines.

Par ailleurs, le matériau de construction t utilisé est le parpaing pour l'enveloppe extérieure et la brique creuse pour le cloisonnement et le remplissage des murs. En ce qui concerne les descentes et les chutes d'évacuations, on note qu'il y a seulement les conduites des eaux usée et des eaux vannes.

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE

A la base du diagnostic sur l'échantillon, il est enregistré que l'environnement immédiat de notre bâtiment est en mauvais état, on distingue des affaissements au niveau des trottoirs et les revêtements des rues. Par contre, pour l'ensemble de la construction on a remarqué que l'ouvrage d'étude est intact de même pour les différents éléments de structure quel que soit les éléments de structure verticaux que les éléments de structure horizontaux.

③ LA TROISIEME PARTIE : Synthèse

Après diagnostic du bâtiment étudié, il est constaté que l'ouvrage est en bon état et ne demande aucune intervention de confortement ou de réhabilitation.



Photo 90 : Affaissement de la rue et les revêtements des trottoirs. Source : Auteur ; 2011.

VI. 4. SYNTHESE DU DIAGNOSTIQUE

VI. 4. 1. Configuration du plan masse

Dans cette partie, nous essayerons de prendre un échantillon qui illustre la différence entre la configuration. Pour ce faire, il a été pris en considération les deux zones urbaines du tissu collectif de la cité CNEP, à savoir les zones 1 et 2 voir (Fig. n°55).

C'est ainsi qu'à la base des résultats de notre diagnostic, les observations relevées et les conclusions qui en découlent, nous constatons : Que le groupement des bâtiments sur le site constitue un élément important dans leur comportement face aux différentes sollicitations induites par le sol.

VI. 4. 1. 1. Configuration éparpillée : Zone 1 (150 logements)

▪ *Au plan structurel*

Contrairement à la zone 2, les bâtiments de la zone 1 sont disposés de façon éparpillée. En effet chaque bâtiment travaille différemment et il n'est accolé aux autres bâtiments que par un point.

▪ *Au plan technique*

Le terrassement est fait séparément pour chaque bâtiment. Ceci représente un facteur négatif pour le bâtiment et surtout son comportement face au glissement de terrain.

Ainsi et à travers de ce qui ressort des deux zones étudiées, nous constatons que malgré la même nature du sol (argileuse), et la même hauteur des bâtiments (R+5), la configuration des bâtiments de la zone 2 offre une meilleure résistance à l'instabilité du terrain.

VI. 4. 1. 2. Configuration renfermée : Zone 2 (128 logements)

▪ *Au plan structurel*

Nous avons relevé que les bâtiments sont implantés de façon renfermée et sont accolés l'un à l'autre avec également un certain ordre dans leur disposition.

▪ *Au plan technique*

L'existence d'un même terrassement pour les trois bâtiments. Cette particularité donne généralement un avantage au bâtiment à mieux résister face au risque.

VI. 4. 2. L'aménagement extérieur du plan masse

Dans ce cadre nous avons pris en considération dans notre diagnostic sur le comportement structurel des aménagements face aux risques de glissement de terrain. Ces aménagements touchent essentiellement, les murs de soutènement, les VRD, les escaliers...etc.

Nous avons relevé que ces aménagements sont considérablement affectés par le phénomène naturel et se traduisent par :

- ❶ L'affaissement des voiries et les revêtements des trottoirs.
- ❷ La dégradation au niveau des regards d'assainissement
- ❸ La fissuration dans les escaliers de transition entre les différents niveaux du plan de masse.
- ❹ Disjointement et déplacement des murs de soutènement.

La dégradation ainsi constaté revient de notre point de vue au non-respect des normes de conception et le nombre insuffisant des techniques de confortement tel que les murs de soutènement pour stabiliser le terrain. D'ailleurs nous constatons également un manque flagrant dans le système de drainage qui reste un facteur négatif, car l'existence d'eau joue un rôle principal dans le déclenchement du glissement de terrain et surtout avec le contact du sol de nature argileuse comme cela a été déjà développé dans la première partie de notre document voir Chapitre I [I.1.4.1]. Rajouté à ces points négatifs nous notons en partie qu'il a probablement la cause de la mauvaise qualité des matériaux de construction utilisées.

VI. 4. 3. La pente (la topographie)

Pour l'étude de ce facteur, on se doit de prendre un échantillon de bâtiments qui nous permettrait de montrer le rôle et l'impact de la disposition des bâtiments par rapport au sens de la pente et le comportement structurel de ces derniers face au glissement de terrain.

Pour ce faire nous avons opté pour les deux bâtiments 4 et 5 de la zone 1 et qui sont de même structure (portique : poteau- poutre), mais avec une différence dans la disposition sur le terrain en pente. A travers les conclusions du niveau de dégradation de ces derniers (bâtiments 4 et 5) qui fait ressortir une légère dégradation pour le bâtiment 4 et une forte dégradation pour le bâtiment 5, nous constatons que le bâtiment 4 qui est disposé perpendiculairement au sens de la pente résiste mieux face au risque mouvement de terrain que le bâtiment 5 qui est disposé parallèlement à la pente.

Ceci confirme bien ce qui a été traité précédemment dans le chapitre 2 (II.2.2.1) en ce qui concerne les critères de vulnérabilité par le risque du glissement de terrain, plus précisément, sur l'implantation des constructions sur un terrain en pente.

VI. 4. 4. La forme du bâtiment

En général, le comportement d'un bâtiment est influencé par la forme. En effet certaines configurations amplifient considérablement les sollicitations dues aux mouvements du terrain, et donc créent de mauvaises conditions de résistance. Pour la vérification de ce phénomène ou facteur, il est nécessaire de prendre un échantillon de bâtiment, de même structure, et de même disposition par rapport au sens de la pente mais avec seulement une différence dans la forme des

bâtiments. Dans notre cas nous avons choisi les bâtiments de la zone 2 et plus précisément les bâtiments 5 et 6 de la cité 128 logements (voir la fig. 55).

A travers les conclusions que nous avons tiré de notre diagnostique sur le comportement structurel de ces deux bâtiments, il ressort que le bâtiment barre 5 est légèrement dégradé par rapport au bâtiment angle 6 qui est fortement dégradé face au glissement de terrain. Ceci nous ramène à conclure que la forme des bâtiments joue un rôle important dans leur comportement face au glissement de terrain. Ce faisant la forme des bâtiments doit être simple, symétrique et régulière que possible pour éviter des contraintes dues à la torsion, laquelle est concentrée généralement au niveau de l'angle droit de décrochage. Comme traité dans notre chapitre 2 (II.2.2.3*régularité en plan), la forme idéale du bâtiment se doit d'être rectangulaire car elle convient très bien aux différentes sollicitations des terrains.

VI. 4. 5. La hauteur

Dans cette partie de notre étude nous aborderons le paramètre ayant trait à la hauteur de construction et son comportement face au risque et nous essayerons de démontrer l'avantage dégagé à travers les bâtiments ayant le moins d'étages.

Pour le traitement de ce facteur nous avons pris deux cas d'étude de tissus différents, l'un collectif au niveau de la cité CNEP et l'autre de l'individuel, c'est-à-dire une construction de la cité Naadja Sghira. Dans ce cadre et malgré le même type de structure pour les deux tissus : système portique, une même disposition par rapport au sens de la pente et de nature argileuse du sol, mais avec des hauteurs de bâtiments différents, nous constatons à la base de notre conclusion de diagnostic que la construction de type individuel de hauteur minimum 2 à 3 étages, résiste mieux par rapport aux bâtiments plus élevés de la cité CNEP (R+5).

Ceci vérifie l'aspect théorique que nous avons déjà développé dans le chapitre 2 voir [II.2.2.3*élancement géométrique important].

VI. 4. 6. La structure

L'efficacité du comportement parasismique d'une construction est directement liée à la nature du système porteur. Pour la vérification pratique de cette caractéristique nous essayerons de prendre plusieurs échantillons de bâtiments ayant une même disposition au sens de la pente, et une même nature du sol, mais avec cependant une différence dans la structure.

Pour ce faire notre étude sur le terrain a porté sur trois bâtiments répartis sur les trois zones 1,2 et 3. De par les résultats de notre diagnostique pour chaque bâtiment, il est constaté ce qui suit :

- ✓ Le bâtiment construit en mur porteur, à savoir la tour, résiste mieux au risque du glissement de terrain malgré la grande hauteur de celle-ci (R+17) « Zone 3 »
- ✓ Le bâtiment en voile résiste, également au risque du glissement de terrain. « Zone 2 »
- ✓ Le bâtiment de la « zone 1 » qui est construit en portique par contre subi une forte dégradation.

Nous pouvons conclure que la nature du système porteur joue un rôle important dans le comportement structurel des différents types de constructions face au risque glissement de terrain ainsi que le rôle efficace du contreventement par voile dans la conception des bâtiments. Voir chapitre 2 [II.2.2.4*Contreventement par voile] ; le contreventement permet d'assurer une stabilité horizontale et verticale de la structure lors de mouvement de terrain qui, rappelons-le, a des composantes dans les trois directions.

VI. 4. 7. La qualité des matériaux et la mise en œuvre

Pour l'étude de ce paramètre et à la base des résultats de notre diagnostic et des observations sur site, nous constatons que la majorité des pathologies de désordres des différents bâtiments par le risque du glissement de terrain sont affectées surtout au niveau des remplissages extérieurs, et des différents éléments décoratifs, ce qui nous amène à conclure que la cause principale de cette dégradation est due à la qualité des matériaux et à la mise en œuvre.

Enfin sans une mise en œuvre de qualité de la part de l'entrepreneur, la construction par des points faibles au niveau de la qualité des matériaux ou par des assemblages d'éléments précaires peut s'effondrer, et conduit rapidement à la ruine de la construction.⁶⁶

VI. 4. 8. Les percements

Au niveau des percements nous avons remarqué que les ouvertures des quatre zones sont disposées d'une façon alignée. Dans les règlements parasismique les baies d'ouverture dans les façades sont plus favorables si elles sont superposées et de dimensions modérées.⁶⁷

◆ CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons essayé de répondre à la question principale de notre recherche, sur laquelle notre thème est fondé : « **Comment peut-on sauvegarder le cadre bâti ?** ». Quelle est la situation des constructions menacées par le glissement de terrain ?

Quels sont les éléments structurels et non structurels utilisés en matière de prévention et de gestion des risques naturels liés aux glissements de terrain ?

⁶⁶ Guy BESACIER : « La prise en compte du risque sismique dans les constructions » **Risques Infos n°13** - Juin 2002

⁶⁷ Idem.

La réponse à ces questions a nécessité l'analyse d'un ensemble de paramètres qui permettent de diminuer le degré d'endommagement des constructions par le risque du glissement de terrain. Après les résultats de l'enquête effectuée sur les deux types de constructions : collectif « **la cité CNEP** », individuels « **la cité Naadja Sghira** » et suite aux résultats du diagnostic il ressort que la conception architecturale des constructions joue un rôle important dans le comportement des bâtiments face au risque du glissement de terrain. En outre, nous avons constaté qu'effectivement la vulnérabilité du cadre bâti au risque du glissement de terrain est liée également à plusieurs éléments de base et qui, sont les suivants :

- ❖ La configuration du plan de masse est un paramètre essentiel dans le comportement des bâtiments face au risque du glissement de terrain.
 - la disposition des bâtiments d'une façon ordonnée et renfermée est meilleure que celle dont les bâtiments sont disposés d'une manière éparpillée et éclatée.
- ❖ Les bâtiments disposés perpendiculairement au sens de la pente résistent mieux face au risque par rapport aux bâtiments qui sont disposés parallèlement à la courbe de niveau.
- ❖ Pour offrir une meilleure résistance aux mouvements de terrain, les ouvrages doivent de préférence avoir, des formes simples.
- ❖ Le grand élancement des bâtiments dans un terrain instable peut engendrer des dégâts importants, pour cela on doit essayer de minimiser les hauteurs des constructions.
- ❖ La structure et ses éléments doivent avoir une ductilité suffisante, pour pouvoir dissiper une grande part de l'intensité du mouvement de terrain. Il faut choisir la structure convenable à la nature et le type lithologique du sol. Ainsi que l'efficacité du contreventement qui doit être mis dans les trois directions et à tous les niveaux de la construction.
- ❖ La rigidité et la ductilité des matériaux permettent de limiter les problèmes de stabilité des constructions par le risque du glissement de terrain.

Les références

[66] : Guy BESACIER : « La prise en compte du risque sismique dans les constructions »

Risques Infos n°13 - Juin 2002

[67] : Idem.

CONCLUSION DEUXIEME PARTIE

Au terme de cette deuxième partie, on a constaté que la ville de Constantine est marquée par des caractéristiques physiques qui permettent l'émergence du risque d'instabilité de terrain. En effet il apparaît plusieurs causes qui favorisent le déclenchement de ce dernier. Dans ce cadre on distingue des facteurs d'origine naturels tels que : la nature lithologique du site, la topographie du terrain et l'activité sismique,...etc. De même qu'il y a des facteurs anthropiques causés par l'homme tels que : le terrassement, les surcharges des pentes et l'urbanisation anarchique sur des terrains souvent instables. De cet état de fait il existe plusieurs sites à Constantine qui sont touchés par le phénomène du glissement de terrain, dont celui de notre cas d'étude, le terrain de la ZHUN de Boussouf, qui est marqué par des terrains agricoles, fréquemment instables. A ce niveau on a enregistré selon l'analyse du site qu'il y a plusieurs causes qui participent à l'apparition de ce risque et qui ont eu un effet négatif sur le cadre bâti. Certains bâtiments de ce site sont menacés de ruine, surtout, ceux qui se trouvent sur les terrains de glissement actif.

L'objectif de l'élaboration d'une investigation de la dégradation du cadre bâti sur les deux sites échantillons est de bien comprendre l'impact des différents critères de construction sur le comportement structurel des bâtiments lors d'un glissement de terrain dans le but de réduire et éventuellement éliminer l'effet de destruction qui peut en résulter.

D'après notre analyse sur terrain, on a constaté que la vulnérabilité du cadre bâti face au risque du mouvement de terrain est liée à plusieurs paramètres qui sont les suivants :

- Selon notre enquête, on a constaté pour la configuration du plan de masse que les bâtiments disposés d'une manière ordonnée et renfermée, résistent mieux que ceux placés d'une façon éparpillée.
- Les bâtiments qui sont disposés d'une façon où l'axe longitudinal est perpendiculaire au sens des courbes de niveaux se comportent mieux par rapport aux immeubles qui sont placés parallèlement au sens de la pente.
- Les bâtiments doivent de préférence prendre la forme simple, car les constructions d'une forme régulière et simple résistent mieux qu'aux autres formes géométriques dans l'occurrence d'un glissement de terrain.
- La résistance des bâtiments est garantie par la minimisation de la hauteur de nos constructions.
- Notre enquête a également permis de conclure que le type de structure d'un ouvrage est important dans le comportement structurel d'un bâtiment. En générale, on doit choisir une structure convenable à la nature du sol.

- Les matériaux de constructions et la mise en œuvre permettent aussi de limiter les différents endommagements qui affectent le patrimoine immobilier par le risque du glissement de terrain.

Ce faisant, il y a nécessaire la compréhension et la maîtrise des critères de vulnérabilité pour déterminer les bâtiments et les structures les plus vulnérables vis-à-vis du glissement de terrain d'une ville. Selon l'analyse sur terrain et la recherche théorique sur le risque du glissement de terrain et ses effets sur le cadre bâti, nous avons constaté que ces critères jouent un rôle important dans l'apparition des signes de dégradation au niveau du patrimoine immobilier. L'application de ces critères permet d'une part, de réduire et de freiner l'impact de ce risque sur le bâti. D'autre part, ils permettent de bien choisir la technique adéquate au site.



CONCLUSION

GENERALE

ET

RECOMMENDATIONS



CONCLUSION GENERALE

Les glissements de terrain sont des phénomènes naturels. Ils se caractérisent par des déplacements lents (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) d'une masse de terrain cohérente tout le long d'une surface de rupture généralement courbe ou plane. Ils sont provoqués le plus souvent par la présence et l'écoulement des eaux dans le sol. En effet, les glissements en question ont pour cause la conjonction de plusieurs facteurs, dont le plus important est la présence d'eau.

Les glissements de terrain font partie des risques naturels les plus menaçants pour les infrastructures et les personnes. Constantine est la ville Algérienne la plus concernée à un degré où des interventions urgentes sont plus que nécessaires.

Actuellement Constantine est concernée par ce problème très spécifique de glissement de terrain entraînant l'effondrement d'un certain nombre d'habitation et la menace de destruction de beaucoup d'autre. D'après les études, les observations et les enquêtes effectuées auprès des organismes concernés, il ressort que le glissement de terrain est dû à la conjonction d'un certain nombre de causes à savoir : fragilité naturelle des lieux, infiltration du réseau de distribution d'eau, qui entraîne dans le sous-sol une perte très importante (au moins 40% de ce précieux liquide), et qui mine par conséquent les fondations des habitations.

Le premier glissement de terrain à Constantine remonte à l'année 1972, il a affecté plusieurs quartiers de la ville de Constantine et sa périphérie, en général des quartiers à forte densité de population tel que : Belouizdad, Belle vue, Ciloc, Boussouf...etc. Ce phénomène affecte un tiers du tissu urbain de la ville, soit une superficie de 120 Ha touchant une population de 100000 habitants pour un parc de 15000 logements.

Ces glissements sont dus à l'action conjointe de plusieurs facteurs naturels et anthropiques qui permet le déclenchement du risque entre autres:

- ❶ La situation sur un important axe sismique, Constantine est classée dans la zone II de moyenne intensité qui peut accentuer la vulnérabilité des constructions exposées au glissement de terrain.
- ❷ La nature lithologique du site qui est constitué de conglomérats, des argiles sableuses de type argileux-marneuses, dont le rapport avec l'eau peut engendrer l'instabilité des terrains.
- ❸ Une topographie très accidentée dont les replats sont bordés par de fortes pentes aux dénivellations importantes qui favorisent l'apparition du phénomène.

- ④ Le facteur d'eau : est parmi les causes principales de déclenchement du risque glissement de terrain dans la ville de Constantine, car l'action de l'eau provoque des modifications dans les propriétés chimiques de la roche d'argile ou la réhydratation, ce qui rend le terrain moins résistant.

Par ailleurs, il y a d'autres causes anthropiques qui ont accentué le risque et ce à travers l'urbanisation anarchique non contrôlée sur les versants, et en raison de sa croissance démographique ayant engendré une surcharge des constructions sur des terrains agricoles, en général, vulnérables au glissement de terrain. D'autre part, les différents travaux de terrassements (déblais, remblais) ont quelque peu accéléré l'apparition du risque. A cela viennent s'ajouter, les spécificités du sol, les déperditions hydriques dues, essentiellement à la vétusté du réseau d'alimentation en eau potable. Même au niveau des réseaux d'assainissements, la majorité de ces derniers sont très anciens et complètement détériorés ce qui favorise l'instabilité du sol.

Tous ces facteurs naturels et anthropique, causé par l'homme, conditionnent le déclenchement du risque glissement de terrain et ont un impact direct sur le cadre bâti en provoquant des dégâts importants.

La prévention des risques représente les mesures techniques et scientifiques destinées à éviter la survenance et la dangerosité du risque mouvement de terrain.

La prévention des risques en Algérie et plus particulièrement à Constantine, notre aire d'étude, est marquée éventuellement par l'absence des réglementations spécifique des zones instables, et des mesures de prévention ou de protection aux risques naturels, malgré l'existence des instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Les conséquences de cette défaillance au niveau de ces règlements se traduisent par des désordres, qui ont affecté plusieurs constructions localisées, surtout, dans, la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine.

L'objectif de notre travail est l'évaluation de la vulnérabilité structurelle du patrimoine immobilier. Il consiste à évaluer le degré de dégradation des constructions des éléments exposés au risque à travers l'étude de certains paramètres tels que : la configuration du plan de masse, la morphologie du terrain, la forme, la hauteur et la structure du bâtiment, la qualité des matériaux de construction et la mise en œuvre ...etc. Dans ce contexte, nous nous sommes en partie, basés sur les résultats d'expertise menés par la direction de l'urbanisme et de la construction DUC, avec la collaboration du contrôle technique de l'Est CTC-Est. En effet et à la base des résultats de notre diagnostique, il est démontré que l'instabilité est très importante à cause de plusieurs facteurs qu'ils soient naturels ou anthropique. Dans ce cadre on distingue :

D'une part, la nature argileuse du site, qui est marquée par un terrain très accidenté, ainsi que la présence des eaux souterraines qui favorisent l'apparition du risque. D'autre part il y a les différentes interventions de l'homme qui sont à l'origine de l'instabilité de terrain. Compte tenu de ces facteurs et en se basant sur l'évaluation des résultats d'analyse faits par le BET SIMECSOL, La stabilité définitive des terrains vulnérables à Boussouf, ne peut être garantie par la mise en œuvre des solutions confortatives. Le site est affecté par des glissements dont les déplacements sont rapides, et pour assurer la stabilité de ces zones, la démolition d'habitation qui se trouve dans la zone rouge doit être envisagée.

Après l'analyse des différents échantillons de notre site d'étude nous avons constaté le comportement structurel face au mouvement de sol à la base d'analyse de plusieurs paramètres : la forme des bâtiments, leur hauteur, leur disposition par rapport au sens de la pente, le type de structure ainsi leur configuration au plan de masse...etc. Tous ces paramètres ont joué 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.
- L'élancement de bâtiment doit être limité, surtout, dans les zones classée en rouge.
- Il est nécessaire de choisir un type de structure convenable à la nature du sol.
- Il est important de prendre en considération la disposition des bâtiments par rapport au sens de la pente. Il est également préférable de disposer la construction perpendiculairement au sens de la pente.
- Pour la configuration des plans de masse, l'étude montre 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 éclatée ou 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.
- Entretien des différents réseaux d'eaux et d'assainissement.
- Traiter les instabilités déclarées dans les zones vulnérables à travers les différentes méthodes de confortement qu'elles soient au niveau du sol ou au niveau du cadre bâti.
- Entretien des systèmes de drainage mis en place dans le cadre du traitement d'un mouvement de terrain.
- 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 une partie importante de la ville de Constantine.
- 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.



BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGE

- **BASTIER JEAN ET BERNARD DEZERT** ; l'espace urbain, édition Masson, Paris 1980, p384.
- **BESSON.L, (1996)** : « *les risques naturels en montagne traitement, prévention, surveillance* » Ed : Artès-Publial, Grenoble, 438p.
- **BLANDIER, PATRICIA-GRAND ATELIER-D'ABEAU, (2003)** : « *Urbanisme et aménagement : Objectifs et problématique* », Paris, Ministère de l'écologie et du développement durable(MEDD), collection conception parasismique, cahier3, 100p.
- **CALVINO, A (collab)-comité français de géologie de l'ingénieur, EVARD, HENRI ,(2000)** : « *Guide technique pour la caractérisation de l'aléa dû aux mouvements de terrain* », Paris ; collection environnement, les risques naturels, 1 vol.91p.
- **CHALINE, CLAUD-DUBOIS, MAURRY, JOCELYNE, (2004)** : « *Les risques urbains* », Paris, Géographie ; 208p.
- **COTE. M, (2006)** : « *Constantine : Cité antique et ville nouvelle* », Ed : Média plus Constantine, 122p.
- **FLAGEOLLET, JEAN CLAUD, (1989)** : « *Les mouvements de terrain et leur prévention* » Ed : Masson, Paris, Milan, Barcelone(Géographie), 224p.
- **GILLES SEVE, PIERRE POUGET, (1998)** : « *Stabilisation des glissements de terrain* », Guide technique, technique et méthode des laboratoires des ponts et chaussées, ministère de l'équipement des transports et du logement, Ed : Laboratoire centrale des ponts et chaussées, Paris, 91p.
- **Guide technique, (1999)** : « *L'utilisation de la photo-interprétation dans l'établissement des plans de prévention des risques lié aux mouvements de terrain* », Paris, Environnement, 1 vol .128p.
- **Guide d'utilisation des cartes de zones de contraintes et d'application du cadre normatif (2005)**: « *cartographie des zones exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles* », Saguenay-Lac-Saint-Jean, le ministère des affaires municipales et régions (MAMR), la sécurité publique (MSP) et de transport (MTQ), Gouvernement du Québec, 68p.
- **JEAN PAUL AMAT, CHARLE LE CŒUR, LUCIEN DORIZE, (2008)** : « *Eléments de géographie physique*», collection Amphi, 2^{ème} édition, cours documents travaux dirigés, 460p.

- **LAROUY-CASTERA, XAVIER OURLIAC, JEAN-PAUL**, (2004) : « *Risque et urbanisme : risque naturels, risque technologique prévention, responsabilité* », Paris, Le Moniteur, Guide juridique.237p.
- **MILAN ZACEK** ; (2003) : « *conception parasismique* », Paris, Ministère de l'écologie et du développement durable(MEDD), collection conception parasismique, cahier1, 96p.
- **MILAN ZACEK**, (2004) : « *vulnérabilité et renforcement* », Paris ; Ministère de l'écologie et du développement durable(MEDD), collection conception parasismique, cahier 2, 66p.
- **MILAN ZACEK**, (2004) : « *guide d'évaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants* », Paris, Ministère de l'écologie et du développement durable(MEDD), collection conception parasismique, cahier 2-a, 46p.
- **PIVOT, CATHERINE(DIR), RYCHEN, FREDERIC(DIR)**, (2003): « *La gestion des risque à l'horizon 2020* », Paris, 195p.
- **WILFREDO CARAZAS AEDO - ALBA RIVERO OLMOS**, "*réhabilitation: guide de construction parasismique*", Ed : CRA Terre, France, 15p.
- **VARNES DJ.** (1984): « *Landslide Hazard Zonation. A Review of Principles and Practice.* » UNESCO, Paris, 63p.

PUBLICATIONS ET ARTICLES ET RAPPORTS

- **AICHOUB BOUDJEMAA** : « *Remise en cause des politiques urbaines de la ville Algérienne, face à la crise du foncier : le cas de Constantine* ».
- **ALEXANDER DE.** (2005): *Vulnerability to Landslides. Landslide Hazard and Risk.* Wiley, Chichester, p 175-198.
- **ARAB RABAH, ZERMANI MESSAOUD, TABTI SAÏD** : « *contributions des géo-synthétiques dans le traitement des glissements de terrain* », Premier Symposium Méditerranéen de Géo engineering «SMGE09», 20 et 21 juin 2009.
- **ARMINES ; CGI** : « *RISQUES NATURELS ET PRÉVENTION : Risques naturels et montagne ;Mouvements de versants et risques hydrologiques associés et induits. Évaluation des méthodes et moyens de prévention et analyse des retours d'investissement. Information préventive* » ARMINES : Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels/CGI : Centre de Géologie de l'Ingénieur de l'École des Mines de Paris.
- **BELMOUDEN .Y, LESTUZZI .P**, Rapport de Recherche : « *évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants en suisse* », 2006, 83p.

- **BELOUAR .A, BENAÏSSA .A, BOULFOUL .A, ET CHIKOUCHE.F** : « *aléa retrait-gonflement des argiles désordres dans le bâti cas de M'Sila (Algérie)* », Colloque National : Pathologie des Constructions : Du Diagnostic à la Réparation Département de Génie Civil, 25 et 26 Novembre 2008.
- **BENABBAS.C, ZEGHDOUD.O, BOUMEDOUS.S** : « *Particularités morphogéologiques, néotectonique et instabilité des terrains en Algérie Orientale (Cas du Constantinois)* », Colloque International Directions contemporaines dans l'étude du Territoire. Gestion des risques naturels et anthropique, Bucarest 24-31 mai 2007.
- **BENABBAS KAGHOUCHE SAMIA** : « *L'urbanisation et le risques naturels et industriels en Algérie : Inquiétudes actuelles et futurs* », Séminaire international-ville et risques urbains 5-6 mai 2009.
- **BENAZZOUM.M ET BOUREBOUNE.L** : « *La vulnérabilité de la ville de Constantine face aux glissements de terrain* ».
- **BENBOUHEDJA BENCHIHEUB ASMA** : « *La vulnérabilité aux risques urbains et comportements sociaux vers une meilleure gestion des risques par la préparation et la prévention* », Séminaire international-ville et risques urbains- 5-6 mai 2009.
- **BENDADOUCHE.H ; LAZIZIS** : « *Pathologie des glissements de terrain (Région de Bejaia)* », Novembre 2008.
- **BOUDAQQA FAWZI**: « *Urbanisation et risques naturels à Alger et son aire métropolitaine* ».
- **BOUSSOUF RABAH** : « *Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive* ».
- **CARTIER G., DELMAS Ph.**, (1984), Les mécanismes de mouvements de terrain : nécessité de la mesure des déplacements. Colloque "Mouvements de terrain", Caen.
- **CATHERINE MOULIN, CHRISTIAN CHAPEAU** : « *Le glissement de la Salle en Beaumont (Isère)* ».
- **CAUDRON MATTHIEU** : « *Mouvements de terrain et déformations d'un bâtiment consécutif à un fontis : approche expérimentale et numérique* », 2007.
- **Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement**, rapport : « *L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie : inquiétudes actuelles et futures* ».
- **CRUDEN DM, VARNES DJ** ;(1996): "Landslide types and processes". Chap3, InTurner, A.K. Schuster, R.L.(eds), landslide: investigation and mitigation. Transportation research

Board- national research council, special report 247, Washington, D.C, national academy press, p 36-75.

- **DERGHOUM.R, M.MEKSAOUINE** : « *influence des points de perte des réseaux hydrauliques sur les glissements de terrain (cas du Ciloc de Constantine)* ».
- **DEROUICHE ALI, HOCINE SHOUT** : « *L'eau et les glissements de terrains à Constantine - Algérie nord - orientale: impact sur les infrastructures* », Journal International Environnemental Conflict Management, 2010.
- **Direction générale de la protection civile, Service de prévention** : « *Rapport sur le Glissement de terrain de la ville de Constantine* ».
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2003)** : « *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, Géologie de la ville de Constantine et de ses Alentours* », 29p.
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2003)** : « *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, géomorphologie de la ville de Constantine et de ses Alentours* », 19p.
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2003)** : « *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, hydrogéologie des glissements de terrain* », 69p.
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2005)** : *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, site de Boussouf.*
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2003)** : *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, site de Boudraa Salah, expertise des constructions endommagées.*
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine - DUC (2003)** : « *Etude des glissements de terrain de la ville de Constantine, site de Belle vue, expertise des constructions endommagées* ».
- **Direction de l'urbanisme et de la construction - wilaya de Constantine – DUC (2006)**: « *Plan d'occupation du sol site de Boussouf* ».
- **Dossier d'information** : « *Les mouvements de terrain* », ministère de l'écologie et du développement durable ; 2004, 24p.
- **GARCIA JEAN-FRANÇOIS** : Rapport final de PFE : « *Elaboration d'une méthode d'évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments* », 2007, 68p.

- **Groupe URBACO –wilaya de Constantine-** : « *Schéma de cohérence urbaine de Constantine* ».
- **Guide général** : « *Les risques majeurs* », ministère de l'écologie et du développement durable, 2004, 68p.
- **Guide méthodologique** : « *Plan de prévention des risques naturels : risques mouvements de terrain* » ; ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, ministère de l'équipement et des transports et de logement, Paris, 1999,74p.
- **JEAN-CLAUDE THOURET ET ROBERT D'ERCOLE** : « *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales* ».
- **JEAN-MICK DESHOMMES ; CLAUDE PREPETIT** : « *Rapport sur le glissement de terrain à Musseau, impasse Avalon* », Novembre 2008.
- **LABIODH, FODIL** : conséquences socio-économiques, étude quantitative et qualitative de trois sites instables à Mila, 2009.
- **MATE/METL (1997) Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR): Guide général.**
Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, (MATE), Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (METL). La Documentation Française, Paris.
- **Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement** : « *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation Algérie 2020* », Volume1, 2003, 247p.
- **Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement** : « *Le risque sismique et le redéploiement des activités et de l'urbanisation, le nouveau dispositif législatif et réglementaire* » ; Volume2, 2003, 221p.
- **NATHALIE MAZZONI, MOYON, KATIA SONTAG**, (2006) ; Rapport d'activité : « *Risque de mouvement de sols : Analyse des systèmes urbains et ruraux et de gestion de crises* », conseil général des Alpes-Maritimes et groupe d'intérêt scientifique centre universitaire pour une agence des risques, 59p.
- **Organisme National de Contrôle Technique de la Construction de l'Est-CTC-** : « *étude d'expertise technique du vieux bâti de la wilaya de Constantine* ».
- **PIERRE THIERRY, FLORENCE RIVET, EMILIE VANOUDEUSDEN** ; « *évaluation quantitative du risque « mouvements de terrain » à l'échelle urbaine* », France 2010.
- **Plan de prévention du risque mouvements de terrain Chaville** ; direction départementale de l'Équipement Hauts-de-Seine, Atelier Urbanisme et Habitat, 2005, 30p.

- **Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements de terrain** (glissements et chutes de blocs), Commune de MILLAU, direction départementale de l'équipement de l'Aveyron service de l'aménagement du territoire, 2007, 22p.
- **Rapport AFPS** : « *Le séisme du 21 mai 2003 en Algérie* », Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD/DPPR/SDPRM), juil. 2003, 92p.
- **Rapport** : « *L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie : inquiétudes actuelles et futures* », Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2003, 98p.
- **Règles parasismiques Algériennes** ; RPA -version 2003, Ministère de l'habitat document technique réglementaire DTR B C 2 48.
- **SERRADJ MOHAMED LYES, FADEL ABDELOUAHAB** : « *Glissements de terrains et mutation urbaine à Constantine* ».
- **UNDRO** (United Nations Disaster Relief Coordinator), (1979): Natural Disasters and Vulnerability Analysis in Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979), UNDRO, Geneva.
- **VARNES DJ**, (1978): « slope movement types and processes ». In :schuster, R.L.Krizek, RJ(eds) « landslides : Analysis and control» transportation research Board- national research council 176, Washington, D.C, national academy press, p11-33.

REVUES

- **AHMED SLIMI ET JEAN-PIERRE LARUE** : « *risques de glissement et aménagements : l'exemple du glissement d'un remblai autoroutier à l'ouest de Bouira (grande Kabylie, Algérie)*», Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, 2010, volume IV, 87-106p.
- **BESSON.L**, (2005) : « *Les études techniques conduisant à préciser l'aléa*». Risque Infos : les mouvements de terrain, Bulletin de liaison N°16, Juin, Institut des risques majeurs, p7-10.
- **CHERIF RAHMANI** : « *La Croissance urbaine en Algérie* » ; Annales de Géographie, Année 1986, Volume 95, Numéro 528, p. 257 – 259.
- **ERCOLE ;(1994)** : la vulnérabilité des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, mode d'analyse, revue. Géographie Alpine n°4
- **FREDERIC LEONE, M. JEAN-PIERRE ASTE, M. ERIC LEROI** : L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrains : pour une meilleure quantification du risque/ The

évaluation of vulnerability to mass movements : towards a better quantification of landslide risks In: Revue de géographie alpine. 1996, Tome 84 N°1. pp. 35-46.

- **FREDERIC LEONE & FREDDY VINET** : « *La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluations des risques naturels* », Collection « Géorisques » n° 1, pp 8-24.KIJU
- **GLADE T. (2003)** *Vulnerability assessment in landslide risk analysis*. Die Erde, vol. 134, p. 121-138.
- **GUY BESACIER**, (Juin 2002) : « *La prise en compte du risque sismique dans les constructions* » Risques Infos n°13.
- **INERIS** : Le magazine de l'institut national de l'environnement industriel et des risques : « *Mouvement de terrain une problématique préoccupante* ».n°27 ; septembre 2010.
- **MANCHE.Y (1997)** : propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles, In Revue de géographie Alpine, Vol.85, n°2, pp49-62.
- **MAQUAIRE O. ET AL.** (2006) : *Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque "glissement de terrain"*. Revue Internationale de Géomatique, Vol spécial, n°4/2006.
- **MARMIR, KACIMI.M, BOULARAK.M** : « *Les mouvements de terrain dans la région de Mila (Algérie nord-orientale) : impact sur les infrastructures* », Revista de geomorfologie – vol. 10, 2008, p. 51-56
- **MICHEL GUEFFON**, (2005) : « *Les travaux de prévention actifs contre les glissements de terrain : stabilisation et drainage des zones instables* ». Risque Infos : les mouvements de terrain, Bulletin de liaison N°16, Juin, Institut des risques majeurs, France, p13-16.
- **REQUILLART, J P**, (2005) : « *La prise en compte du risque « mouvement de terrain» dans l'urbanisme et l'aménagement du territoire* ». Risque Infos : les mouvements de terrain, Bulletin de liaison N°16, Juin, Institut des risques majeurs, France, p.10-13.
- **SEBASTIEN GOMINET**, (2005) : « *Définitions et typologie des mouvements de terrain* ». Risque Infos : les mouvements de terrain, Bulletin de liaison N°16, Juin, Institut des risques majeurs, p4-5.
- **TOULEMONT MARCEL** : « *Qualification de l'aléa « mouvement de terrain » dans le cadre des études préalable à la cartographie réglementaire des risques naturels prévisibles* », Géologie Alpine ; mém.h.s n° 15-1990, p 231-249.

MEMOIRES ET THESES

- **AMIRECH HAMZA**, (2001) : « *L'eau, le substrat, la tectonique et l'anthropisation dans les phénomènes érosifs du tell Nord-Constantinois* », thèse de doctorat, option : Géomorphologie, 227p.
- **ARAMA YASMINA**, (2007) : « *Péri urbanisation, métropolisation et mondialisation des villes l'exemple de Constantine* », thèse de doctorat d'État, option Urbanisme, 291p.
- **BOUCHERIT SIHEM** : « *L'utilisation du Projet Urbain dans la requalification des grands ensembles* », thèse magistère, option : urbanisme, 270p.
- **BOUDJABI NAOUEL HANANE**, (2005) : « *Les stratégies de la reconstruction de la ville sur la ville analyse d'un cas d'étude : Constantine* », thèse magistère, option : urbanisme, 319p.
- **BRUNO MARTINS-CAMPINA**, (2005) : « *Le rôle des facteurs géologiques et mécaniques dans le déclenchement des instabilités gravitaires : exemple de deux glissements de terrain des Pyrénées Atlantiques (Vallée d'Ossau et Vallée d'Aspe)* », thèse de doctorat, option : géologie appliquée, 290p.
- **CHEDAD SOUHILA**, (2009) : « *Apport de l'étude hydrogéologique dans l'étude et le traitement des glissements de terrains cas du site de Bougaa. Algérie Nord orientale* », thèse magistère, option : Géologie, 130p.
- **CHIBANI MOUNIA** : « *effet de l'instabilité du terrain sur le bâti cas réel de l'université* » Mentouri de Constantine, Magister en Génie Civil, Option : Mécanique Des Matériaux, Des Sols Et Des Structures, 119p.
- **DORINE ETIENNE**, (2007) : « *Evaluation quantitative et cartographie du risque "glissement de terrain" Application au Bassin de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence - France)* », mastère 2, Spécialité "Risques Technologiques et Naturels" - Parcours "Risques naturels" Université Louis Pasteur - Strasbourg 1, 58p.
- **FANNY ARNAUD**, (2007) : « *Influence de la végétation arborée sur l'activité de glissements de terrain superficiels Exemple du bassin de Barcelonnette, Alpes de Haute Provence (04)* », mémoire de master recherche « géosciences, environnement et risques » et d'ingénieur ENGEES, 70p.
- **GUEDIRI KHEDIDJA**, (2001) : « *Croissance démographique et urbanisation- cas de Constantine* », thèse magistère, option : Urbanisme, 237p.

- **GUILLARD CLEMENCE**, (2009) : « *Evaluation et cartographie du risque glissement de terrain d'une zone située au nord de Lisbonne* », Mémoire du Master « Systèmes Territoriaux, Développement Durable et Aide à la Décision », 59p.
- **KADRI TAOUFIQUE**, (2009) : « *Maitrise de la croissance urbaine, pour quel devenir ? Cas de Constantine* », thèse de magistère, option : faits urbains et dynamique des villes, 247p.
- **LADGHEM CHIKOUCHE FADILA**, (2009) : « *Prévention du risque mouvement de terrain par l'utilisation des paramètres géotechniques* » ; thèse magistère, option: Géotechnique, 132p.
- **LEONE E**, (1996). — Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Thèse de doctorat, Université J. E Fourier, Grenoble et Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 286 p.
- **LEZZAR SAMIR** : « *Le vieillissement prématuré du patrimoine d'habitation : Construction, entretien et législation* », thèse magistère, option architecture ; 148p.
- **MAROUK MESSAOUD**, (2010) : « *Recherches pour un atlas de Constantine, approche statistique et thématique* », thèse de doctorat d'État Option : Cartographie et aménagement du territoire, 372p.
- **MEZHOUD LAMIA**, (2006) : « *La vulnérabilité aux glissements de terrain et les enjeux dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine* », thèse magistère, Option : Aménagement des milieux physiques, 149p.
- **MILOUS IBTISSEM**, (2006) : « *La ville et le développement durable identification et définition des indicateurs de la durabilité d'une ville -cas de Constantine-* », thèse magistère, option : Urbanisme, 359p.
- **NAÏT-AMAR NADRA**, (2005) : « Une solution à la question de la congestion de Constantine : ville nouvelle Ali Mendjeli. », thèse magistère, option : Urbanisme, 223p.
- **NICOLAS BIGAY**, (2009) : « *Evaluation quantitative et cartographique des conséquences potentielles directes de « l'enjeu économie » face aux risques hydro-géomorphologiques Application au bassin de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence, France)* », Première année Master, Spécialité Analyse Economique et Gouvernance des Risques, 62p.
- **OLIVIER MAQUAIRE**, (2002) : « *Aléa géomorphologique (mouvement de terrain)* » ; faculté de géographie, université Louise Pasteur Strasbourg, Mémoire de recherche, 223p.

- **RACHID BOUGDAL**, (2007) : « *Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord* », thèse de doctorat, Spécialité : Géologie appliquée, 203p.
- **SAEIDI ALI**, (2010) : « *La vulnérabilité des ouvrages soumis aux aléas mouvements de terrains ; développement d'un simulateur de dommages* », thèse de doctorat Spécialité : Génie Civil – Hydro systèmes – Géotechnique ; 211p.
- **SEDDIKI AHMED**, (2008) : « *Analyse de la stabilité des pentes sous séisme* », thèse magistère, option géotechnique, 96p.
- **SLIMI AHMED**, (2008) : « *Mouvement de terrain et ravinements dans le bassin supérieur de l'oued Djemaa (versant sud du Djurdjura, Algérie)* », thèse de doctorat, option : Géographie-physique, 309p.
- **THOMAS LEBOURG**, (2000) : « *Analyse géologique et mécanique de glissements de terrain dans des moraines des Pyrénées centrales et occidentales (France)* », thèse de doctorat, spécialité : géologie appliquée, 369p.

LES ARTICLES DES JOURNAUX NATIONAUX

- **Adel L** : « *Glissement de terrain. Constantine en danger* », Le Soir d'Algérie.
- **Article** : « *Constantine –Menace de glissement de terrain* », Info Soir : 09 - 12 – 2004.
- **Article** : « *Glissement de terrain à Constantine- plus de 100000 personnes menacées-* », Info Soir : 13 - 01 – 2006.
- **Article** : « *Constantine ; des bâtisses en danger* », Info Soir : 13 - 02 – 2005.
- **Article** : « *Comprendre le phénomène de glissement de terrain* », Info Soir : 10 - 07 – 2011.
- **FARID BOUMALIT**: « *Constantine : glissements de terrain Dans l'attente de l'irréparable ?* », Info Soir : 10 - 06 – 2004.
- **IKRAM GHIOUA** : « *Le glissement menace la cité du 20- Août - Constantine* », L'Expression : 22 - 04 – 2008.
- **IKRAM GHIOUA** : « *ça glisse-Constantine* », L'Expression : 08 - 12 – 2004.
- **ILHEM TIR** : « *Constantine/identification des zones affectées par le glissement de terrain : le CTC remis en cause ?* », Le Soir.
- **I T** : « *14 maison détruites et 160 familles menacées-glissement de terrain à Constantine* », Le Temps d'Algérie : 31 - 08 – 2010.
- **NOURI NESROUCHE** : « *Glissement de terrain à Constantine-ville : Y a-t-il magouille dans le plan d'évacuation ?* », Le Matin.

- **R N** : « *Constantine : Le phénomène de glissement de terrain à l'étude* », Le Financier : 09 - 07 – 2011.
- **R N APS** : « *Une batterie de mesures prise –glissement de terrain à Constantine-* », Liberté : 16 - 01 – 2006
- **WAHIBA KHEDACHE** : « *Le glissement de terrain ; causes multiples et dégâts considérables* », El Watan : 24 - 05 – 2006.

CYBEROGRAPHIE

<http://www.argiles.fr>.

www.prim.net

<http://www.brgm.fr>

<http://www.csdivonne.fr.st>

<http://www.atlas.nrcan.gc.ca>

<http://www.bdmvt.net>

<http://www.irma-grenoble.com>

<http://www.sieng.ch>

http://www.mementodumaire.net/01risques_naturels/RN4.htm

<http://www.zone-ufo.com>

www.constantine.free.fr

www.UNESCO09/most/kharoufi.htm.

http://www.moselle.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Notice_cle1d1a2c.pdf

http://www.habiter-ici.com/IMG/PDF/fiche_pratique_02_pente.PDF

<http://www.mtpnet.gov.ma/NR/rdonlyres/17F48F90-02BB-4DA2-B42A>

[2213394AF72B/891/404ConfortementduglissementdeterrainauniveaudelaR.pdf](http://www.mtpnet.gov.ma/NR/rdonlyres/17F48F90-02BB-4DA2-B42A2213394AF72B/891/404ConfortementduglissementdeterrainauniveaudelaR.pdf)

<http://www.undp.org/cpr/disred/documents/publications/rdr/francais/appendice.pdf>



ANNEXES



Annexe n°01 : fiches techniques du diagnostic (travail de terrain)**Echantillon n°1: Bâtiment n 04 (150 logements, Cité CNEP, Boussouf)****Constantine.****❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION****⇒ LES CARACTERISTIQUES CONCEPTUELS****Caractéristique des plans de masses***-Densité et composition des bâtiments*Compact Eclaté Semi éclaté *-Etude de groupement des bâtiments*Collective individuelle *-Environnement de la construction*

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non ▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non **Caractéristique du bâtiment d'étude :****Usage :**Logement Administration Commercial Scolaire Autres **Occupation:**Totalemment occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée **Caractéristiques géométriques :***-Forme en plan :* Régulière Irrégulière à préciser : Bâtiment barre*-Symétrie selon 1 axe :* Oui Non *-Forme en élévation :* Nombre de niveaux Hauteur de niveau *-Hauteur hors sol* **La disposition de percement :**Aligné Eparpillé **Situation dans le site :***-Pente Générale :* Plat Modérée < 10% Forte > 10% *-disposition par rapport à la pente :* Parallèle Perpendiculaire

Environnement de la construction :

- Construction isolée : Oui Non
- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal
- Joint : Oui Non Dimension 15 cm

Plan et élévation [croquis ou photos]

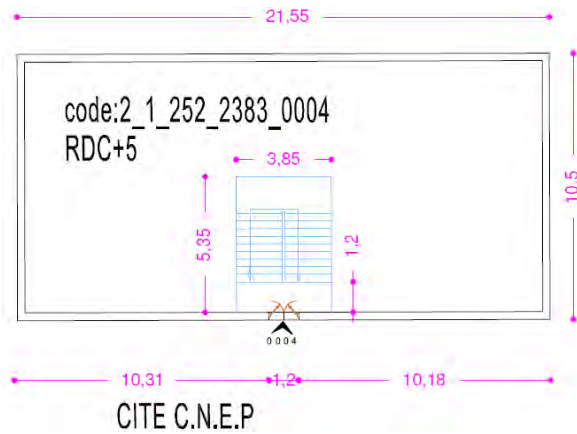


Figure : Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°4. Source : Google earth ; 2011.



Photo : Bâtiment n°4 dans la cité CNEP 150 Logements. Source : Auteur ; 2011.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :**

Structure Verticale :

- Système poteaux – poutres Voiles
- Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :

- Planchers à Hourdis ou en Béton Armé
- Plancher à dalle pleine

Maçonnerie (enveloppe extérieure):

Murs en briques de terre cuite Toubs Parpaing

Cloisonnement et remplissages :

Briques creuses Parpaing

Assainissement :

-Présence de descentes et chutes : EP EU EV Combinaisons de chutes

-Proximité d'un regard : Oui Non

Parements extérieurs :

-Briques creuses - Briques de terre cuite
 -Briques pleines - Pierre calcaire
 -Enduits -Parpaings

Couvertures/Bardages/Etanchéité :

-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible
 -Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse accessible

Menuiserie :

Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium

Escalier

-Forme : Escaliers droits Escaliers Tournants

-Structure escaliers :

Structure en maçonnerie simplement appuyée
 Structure en BA simplement Appuyée

-Matériau de revêtement

Granito cimentage Terre cuite

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUEEnvironnement immédiat de la construction :

-Mur de soutènement Bon état Etat moyen Mauvais état

-Réseau d'assainissement : Bon état Etat moyen Mauvais état

- Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :

 Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement

-Tassement

-Glissement de terrain

Éléments porteurs verticale :

	Poteau	Poutres	Voile
<input checked="" type="checkbox"/> Éléments porteurs intacts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, à dalle pleine
<input checked="" type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Affaissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation Aucune fissuration Apparition de fissure

Ouverture des joints de rupture :

Oui Non

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui Non

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESE

Niveau de dégradation des constructions :

Bon état
 Légèrement dégradé
 Moyennement dégradé
 Fortement dégradé

Construction menaçant ruine (IMR) :

Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input checked="" type="checkbox"/>
Bâtiment à conforter	Bâtiment à réhabiliter	Classement de l'intervention	
Oui	Oui	Légère	<input checked="" type="checkbox"/>
Non	Non	Moyenne	<input type="checkbox"/>
		Lourde	<input type="checkbox"/>

Echantillon n°2: Bâtiment n 05 (150 logements, Cité CNEP, Boussouf) Constantine.

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELS :

Caractéristique des plans de masses :

-Densité et composition des bâtiments

Compact Eclaté Semi éclaté

-Etude de groupement des bâtiments

Collective individuelle

-Environnement de la construction

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non

▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non

Caractéristique du bâtiment d'étude :

Usage :

Logement Administration Commercial Scolaire Autres

Occupation:

Totalement occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée

Caractéristiques géométriques :

-Forme en plan : Régulière Irrégulière à préciser : Bâtiment barre

-Symétrie selon 1 axe : Oui Non

-Forme en élévation : Nombre de niveaux Hauteur de niveau

-Hauteur hors sol

La disposition de percement :

Aligné Eparpillé

Situation dans le site :

-Pente Générale : Plat Modérée < 10% Forte > 10%

-disposition par rapport à la pente : Parallèle Perpendiculaire

Environnement de la construction :

- Construction isolée : Oui Non
- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal
- Joint : Oui Non Dimension

Plan et élévation [croquis ou photos]

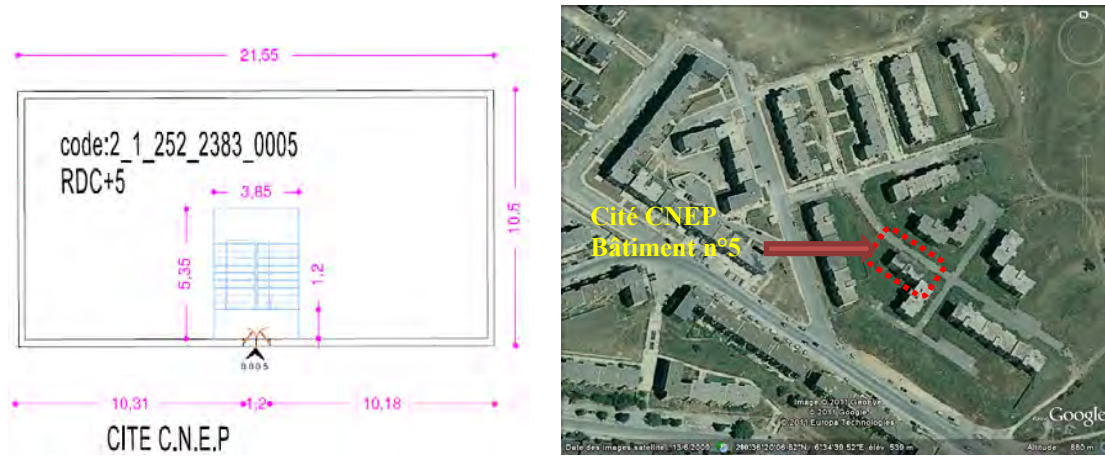


Figure : Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5. Source : Google earth ; 2011.

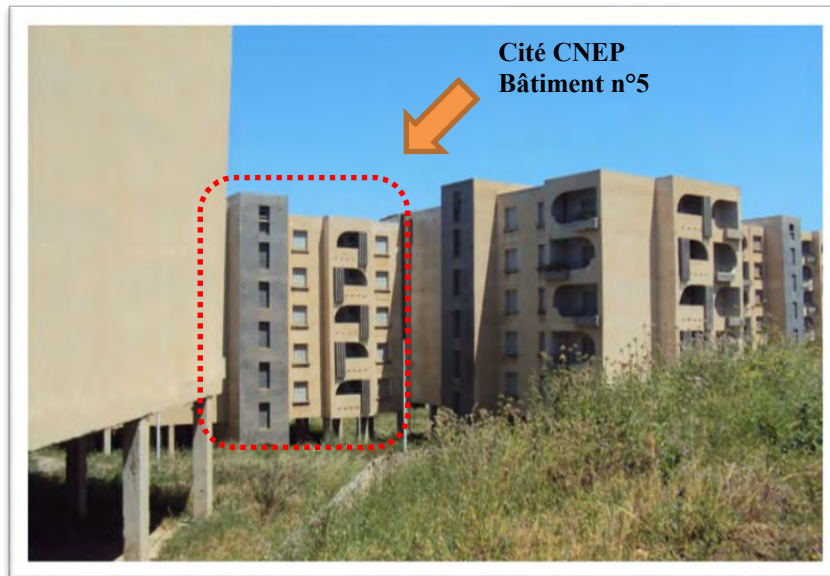


Photo : Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 150 Logements. Source : Auteur ; 2011.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :**

Structure Verticale :

- Système poteaux – poutres Voiles
- Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :

Planchers à Hourdis ou en Béton Armé

Planchers à dalle pleine

Maçonnerie :

Murs en briques de terre cuite Toubs Parpaing

Cloisonnement et remplissages :

Briques creuses Parpaing

Assainissement :

-Présence de descentes et chutes : EP EU EV Combinaisons de chutes

-Proximité d'un regard : Oui Non

Parements extérieurs :

-Briques creuses - Briques de terre cuite

-Briques pleines - Pierre calcaire

-Enduits -Parpaings

Couvertures/Bardages/Etanchéité :

-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible

-Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse accessible

Menuiserie :

Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium

Escalier

-Forme : Escaliers droits Escaliers Tournants

-Structure escaliers :

Structure en maçonnerie simplement appuyée

Structure en BA simplement Appuyée

-Matériau de revêtement

Granito Cimentage Terre cuite

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUEEnvironnement immédiat de la construction :

-Mur de soutènement Bon état Etat moyen Mauvais état

-Réseau d'assainissement : Bon état Etat moyen Mauvais état

- Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :

Oui Non

Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement
 -Tassement -Glissement de terrain

Éléments porteurs verticale :

	Poteau	Poutres	Voile
<input type="checkbox"/> Éléments porteurs intacts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, dalle pleine
<input type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Affaissement	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation Aucune fissuration Apparition de fissure

Ouverture des joints de rupture :

Oui Non

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui Non

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESE

Niveau de dégradation des constructions :

Bon état
 Légèrement dégradé
 Moyennement dégradé
 Fortement dégradé

Construction menaçant ruine (IMR) :

	Oui	Non
Bâtiment à conforter	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bâtiment à réhabiliter		
Oui	<input checked="" type="checkbox"/>	
Non	<input type="checkbox"/>	
Classement de l'intervention		
Légère		<input type="checkbox"/>
Moyenne		<input type="checkbox"/>
Lourde		<input checked="" type="checkbox"/>

Echantillon n°1 : Bâtiment n 05 (128 logements, Cité CNEP, Boussouf)**Constantine.****❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION****⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELS :**Caractéristique des plans de masses :*-Densité et composition des bâtiments*Compact Eclaté Semi éclaté *-Etude de groupement des bâtiments*Collective individuelle *-Environnement de la construction*

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non ▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non Caractéristique du bâtiment d'étude :Usage :Logement Administration Commercial Scolaire Autres Occupation:Totalemnt occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée Caractéristiques géométriques :*-Forme en plan :* Régulière Irrégulière à préciser : Bâtiment barre.*-Symétrie selon 1 axe :* Oui Non *-Forme en élévation :* Nombre de niveaux Hauteur de niveau *-Hauteur hors sol* La disposition de percement :Aligné Eparpillé Situation dans le site :*-Pente Générale :* Plat Modérée < 10% Forte > 10% *-disposition par rapport à la pente :* Parallèle Perpendiculaire Environnement de la construction :*- Construction isolée :* Oui Non

- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal

- Joint : Oui Non Dimension

Plan et élévation [croquis ou photos]

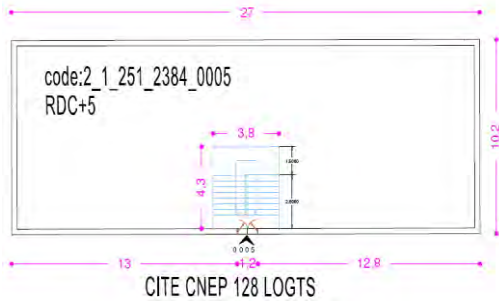


Figure : Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°5. Source : Google earth ; 2011.



Photo : Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 128 Logements. Source : Auteur ; 2011.

⇒ LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :

Structure Verticale :

Système poteaux – poutres Voile

Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :

Planchers à Hourdis ou en Béton Armé

Planchers à dalle pleine

Maçonnerie :

Murs en briques de terre cuite Béton armé Parpaing

Cloisonnement et remplissages :

Voile en BA Parpaing

Assainissement :

-Présence de descentes et chutes : EP EU EV Combinaisons de chutes

-Proximité d'un regard : Oui Non

Parements extérieurs :

-Briques creuses - Briques de terre cuite
 -Briques pleines - Pierre calcaire
 -Enduits -Parpaings

Couvertures/Bardages/Etanchéité :

-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible
 -Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse accessible

Menuiserie :

Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium

Escalier

-Forme : Escaliers droits Escaliers Tournants

-Structure escaliers :

Structure en maçonnerie simplement appuyée

Structure en BA simplement Appuyée

-Matériau de revêtement

Granito Cimentage Terre cuite

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUEEnvironnement immédiat de la construction :

-Mur de soutènement Bon état Etat moyen Mauvais état

-Réseau d'assainissement : Bon état Etat moyen Mauvais état

- Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :

Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement

-Tassement -Glissement de terrain

Eléments porteurs verticale:

	Poteau	Poutres	Voile
<input checked="" type="checkbox"/> Eléments porteurs intacts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, à dalle pleine
<input checked="" type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Affaissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation Aucune fissuration Apparition de fissure

Ouverture des joints de rupture :

Oui Non

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui Non

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESE

Niveau de dégradation des constructions :

Bon état
 Légèrement dégradé
 Moyennement dégradé
 Fortement dégradé

Construction menaçant ruine (IMR) :

Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
Bâtiment à conforter	Bâtiment à réhabiliter
Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
Non <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
	Classement de l'intervention
	Légère <input checked="" type="checkbox"/>
	Moyenne <input type="checkbox"/>
	Lourde <input type="checkbox"/>

Echantillon n°2 : Bâtiment n 06 (128 logements, Cité CNEP, Boussouf)**Constantine.****❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION**Localisation : Cité CNEP bâtiment n 06 BOUSSOUF Constantine (128 logements).**⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELS :**Caractéristique des plans de masses :*-Densité et composition des bâtiments*Compact Eclaté Semi éclaté *-Etude de groupement des bâtiments*Collective individuelle *-Environnement de la construction*

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non ▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non Caractéristique du bâtiment d'étude :Usage :Logement Administration Commercial Scolaire Autres Occupation:Totalemnt occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée Caractéristiques géométriques :*-Forme en plan :* Régulière Irrégulière à préciser : Bâtiment angle.*-Symétrie selon 1 axe :* Oui Non *-Forme en élévation :* Nombre de niveaux Hauteur de niveau *-Hauteur hors sol* La disposition de percement :Aligné Eparpillé Situation dans le site :*-Pente Générale :* Plat Modérée < 10% Forte > 10% *-disposition par rapport à la pente :* Parallèle Perpendiculaire

Environnement de la construction :

- Construction isolée : Oui Non
- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal
- Joint : Oui Non Dimension

Plan et élévation [croquis ou photos]

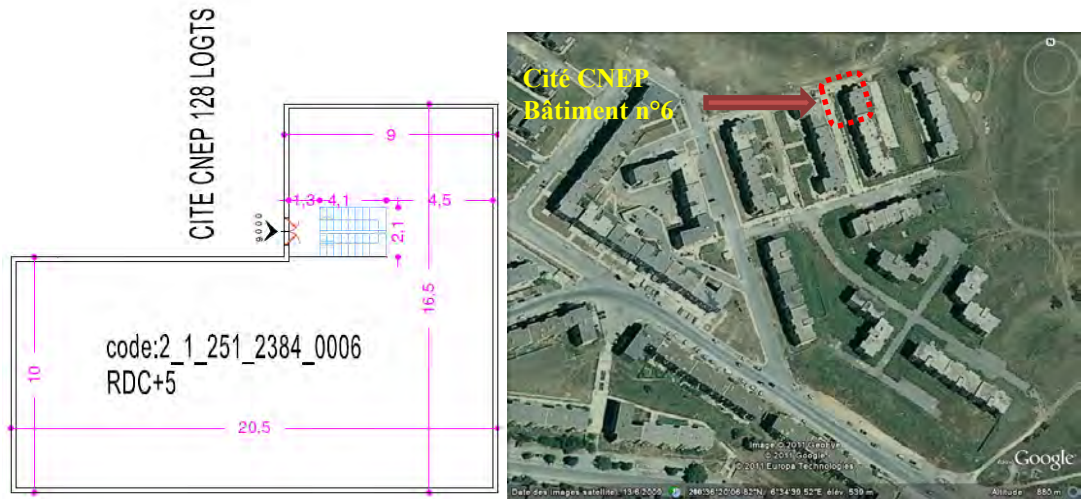


Figure : Vue aérienne sur la localisation du bâtiment n°6. Source : Google earth ; 2011.



Photo : Bâtiment n°6 dans la cité CNEP 128 Logements. Source : Auteur ; 2011.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :**

Structure Verticale :

- Système poteaux – poutres Voiles
- Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :Planchers à Hourdis ou en Béton Armé Planchers à dalle pleine Maçonnerie :Murs en briques de terre cuite Béton armé Parpaing Cloisonnement et remplissages :Voile en BA Parpaing Assainissement :*-Présence de descentes et chutes :* EP EU EV Combinaisons de chutes *-Proximité d'un regard :* Oui Non Parements extérieurs :-Briques creuses - Briques de terre cuite -Briques pleines - Pierre calcaire -Enduits -Parpaings Couvertures/Bardages/Etanchéité :-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible -Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse accessible Menuiserie :Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium Escalier*-Forme :* Escaliers droits Escaliers Tournants *-Structure escaliers :*Structure en maçonnerie simplement appuyée Structure en BA simplement Appuyée *-Matériau de revêtement*Granito Cimentage Terre cuite **② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUE**Environnement immédiat de la construction :*-Mur de soutènement* Bon état Etat moyen Mauvais état *-Réseau d'assainissement :* Bon état Etat moyen Mauvais état *- Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :*Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement
 -Tassement -Glissement de terrain

Éléments porteurs verticale :

	Poteau	Poutres	Voile
<input checked="" type="checkbox"/> Éléments porteurs intacts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, à dalle pleine
<input type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Affaissement	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation Aucune fissuration Apparition de fissure

Ouverture des joints de rupture :

Oui Non

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui Non

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESENiveau de dégradation des constructions :

Bon état
 Légèrement dégradé
 Moyennement dégradé
 Fortement dégradé

Construction menaçant ruine (IMR) :

	Oui	Non	Classement de l'intervention	
Bâtiment à conforter	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Légère	<input type="checkbox"/>
Bâtiment à réhabiliter	Oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Moyenne	<input type="checkbox"/>
Oui	<input checked="" type="checkbox"/>		Lourde	<input checked="" type="checkbox"/>
Non	<input type="checkbox"/>			

Echantillon n°1 : Tour n°2, Cité CNEP, Constantine**❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION****⇒ LES CARACTERISTIQUES CONCEPTUELS :**Caractéristique des plans de masses :*-Densité et composition des bâtiments*Compact Eclaté Semi éclaté *-Etude de groupement des bâtiments*Collective individuelle *-Environnement de la construction*

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non ▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non Caractéristique du bâtiment d'étude :Usage :Logement Administration Commercial Scolaire Autres Occupation:Totalemment occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée Caractéristiques géométriques :*-Forme en plan :* Régulière Irrégulière à préciser : Tour.*-Symétrie selon 1 axe :* Oui Non *-Forme en élévation :* Nombre de niveaux Hauteur de niveau *-Hauteur hors sol* La disposition de percement :Aligné Eparpillé Situation dans le site :*-Pente Générale :* Plat Modérée < 10% Forte > 10% *-disposition par rapport à la pente :* Parallèle Perpendiculaire

Environnement de la construction :

- Construction isolée : Oui Non
- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal
- Joint : Oui Non Dimension

Plan et élévation [croquis ou photos]

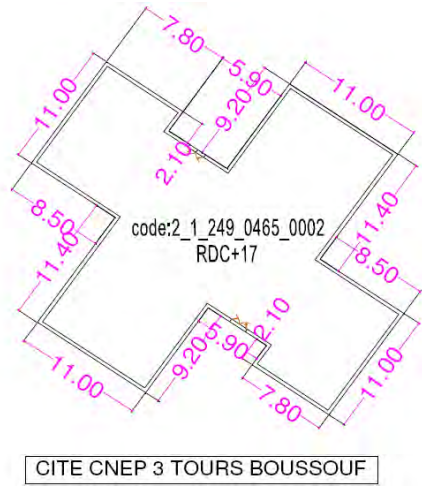


Figure : Vue aérienne sur la localisation de la Tour du CNEP. Source : Google earth ; 2011.



Photo : les 3Tours du CNEP. Source : Auteur ; 2011.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :**

Structure Verticale :

- Système poteaux – poutres Voiles
- Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :

- Planchers à Hourdis ou en Béton Armé
- Planchers à dalle pleine

Maçonnerie

Murs en briques de terre cuite Toubs Parpaing

Cloisonnement et remplissages :

Briques creuses Parpaing

Assainissement :

-Présence de descentes et chutes : EP EU EV Combinaisons de chutes

-Proximité d'un regard : Oui Non

Parements extérieurs :

-Briques creuses - Briques de terre cuite
 -Briques pleines - Pierre calcaire
 -Enduits -Parpaings

Couvertures/Bardages/Etanchéité :

-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible
 -Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse inaccessible

Menuiserie :

Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium

Escalier

-Forme : Escaliers droits Escaliers Tournants

-Structure escaliers :

Structure en maçonnerie simplement appuyée

Structure en BA simplement Appuyée

-Matériau de revêtement

Granito cimentage Terre cuite

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUEEnvironnement immédiat de la construction :

-Mur de soutènement Bon état Etat moyen Mauvais état

-Réseau d'assainissement : Bon état Etat moyen Mauvais état

-Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :

Oui Non

Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement

-Tassement (léger) -Glissement de terrain

Eléments porteurs verticale:

	Poteau	Poutres	Voile
<input checked="" type="checkbox"/> Eléments porteurs intacts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, à dalle pleine
<input checked="" type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Affaissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation <input type="checkbox"/>	Aucune fissuration <input checked="" type="checkbox"/>	Apparition de fissure <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--	--

Ouverture des joints de rupture :

Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
------------------------------	------------------------------

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
------------------------------	------------------------------

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESE

Niveau de dégradation des constructions :

Bon état	<input checked="" type="checkbox"/>
Légèrement dégradé	<input type="checkbox"/>
Moyennement dégradé	<input type="checkbox"/>
Fortement dégradé	<input type="checkbox"/>

Construction menaçant ruine (IMR) :

	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
Bâtiment à conforter	Bâtiment à réhabiliter	Classement de l'intervention
Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Légère <input checked="" type="checkbox"/>
Non <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>
		Lourde <input type="checkbox"/>

Echantillon n°1 : Construction : N°32, quartier Naajas Sghira Bousouf, Constantine

❶ LA PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION

⇒ LES CARATERESTIQUES CONCEPTUELS :

Caractéristique des plans de masses :

-Densité et composition des bâtiments

Compact Eclaté Semi éclaté

-Etude de groupement des bâtiments

Collective individuelle

-Environnement de la construction

▪ Présence de Soutènement :

Oui Non

▪ Distance/construction : Hauteur

▪ Réseaux divers (Drainage) :

Oui Non

▪ Reboisement (implantation des arbres)

Oui Non

Caractéristique du bâtiment d'étude :

Usage :

Logement Administration Commercial Scolaire Autres

Occupation:

Totalement occupée Moyennement occupée Inoccupée Abandonnée

Caractéristiques géométriques :

-Forme en plan : Régulière Irrégulière à préciser :

-Symétrie selon 1 axe : Oui Non

-Forme en élévation : Nombre de niveaux Hauteur de niveau

-Hauteur hors sol

La disposition de percement :

Aligné Eparpillé

Situation dans le site :

-Pente Générale : Plat Modérée < 10% Forte > 10%

-disposition par apport à la pente : Parallèle Perpendiculaire

Environnement de la construction :

- Construction isolée : Oui Non
- Assemblage du bâtiment : côté longitudinal par un point côté transversal
- Joint : Oui Non Dimension

Plan et élévation [croquis ou photos]



Figure : Vue aérienne sur la localisation de la construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.

Source : Google earth ; 2011



Photo : La construction individuelle dans la cité Naadja Sghira. Source : Auteur ; 2011.

⇒ **LES CARATERESTIQUES TECHNIQUES :**

Structure Verticale :

- Système poteaux – poutres Voiles
- Système murs porteurs Système mixte portiques/murs porteurs

Structure Horizontale :

- Planchers à Hourdis ou en Béton Armé
- Planchers à dalle pleine

Maçonnerie :

Murs en briques de terre cuite Toubis Parpaing

Cloisonnement et remplissages :

Briques creuses Parpaing

Assainissement :

-Présence de descentes et chutes : EP EU EV Combinaisons de chutes

-Proximité d'un regard : Oui Non

Parements extérieurs :

-Briques creuses - Briques de terre cuite
 -Briques pleines - Pierre calcaire
 -Enduits -Parpaings

Couvertures/Bardages/Etanchéité :

-Tuile plate -Complexe d'étanchéité P, Terrasse inaccessible

-Tuile creuse - Complexe d'étanchéité sous carrelage P, Terrasse accessible

Menuiserie :

Fenêtre Bois Fenêtre Aluminium

Escalier

-Forme : Escaliers droits Escaliers Tournants

-Structure escaliers :

Structure en maçonnerie simplement appuyée

Structure en BA simplement Appuyée

-Matériau de revêtement

Granito Cimentage Terre cuite

② LA DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSTIQUEEnvironnement immédiat de la construction :

-Mur de soutènement Bon état Etat moyen Mauvais état

-Réseau d'assainissement Bon état Etat moyen Mauvais état

- Affaissement dans les trottoirs et les revêtements des rues :

Bon état Etat moyen Mauvais état

Pour l'ensemble de la construction :

-Ouvrages intacts -Basculement

-Tassement -Glissement de terrain

Eléments porteurs verticale:

	Poteau	Poutres	Voile
<input checked="" type="checkbox"/> Eléments porteurs intacts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Disparition ou enrobage insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cassure/Ecrasement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Déformation/Flambement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Apparition de fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Structure Horizontale :

	Pl, à hourdis/BA	Pl, à dalle pleine
<input checked="" type="checkbox"/> Aucune dégradation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Affaissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fléchissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cloisonnement et remplissage :

Déformation	<input type="checkbox"/>	Aucune fissuration	<input checked="" type="checkbox"/>	Apparition de fissure	<input type="checkbox"/>
-------------	--------------------------	--------------------	-------------------------------------	-----------------------	--------------------------

Ouverture du joint:

Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input checked="" type="checkbox"/>
-----	--------------------------	-----	-------------------------------------

Les fissurations dans les ouvertures « fenêtres et portes »

Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input checked="" type="checkbox"/>
-----	--------------------------	-----	-------------------------------------

③ LA TROISIEME PARTIE : SYNTHESE

Niveau de dégradation des constructions :

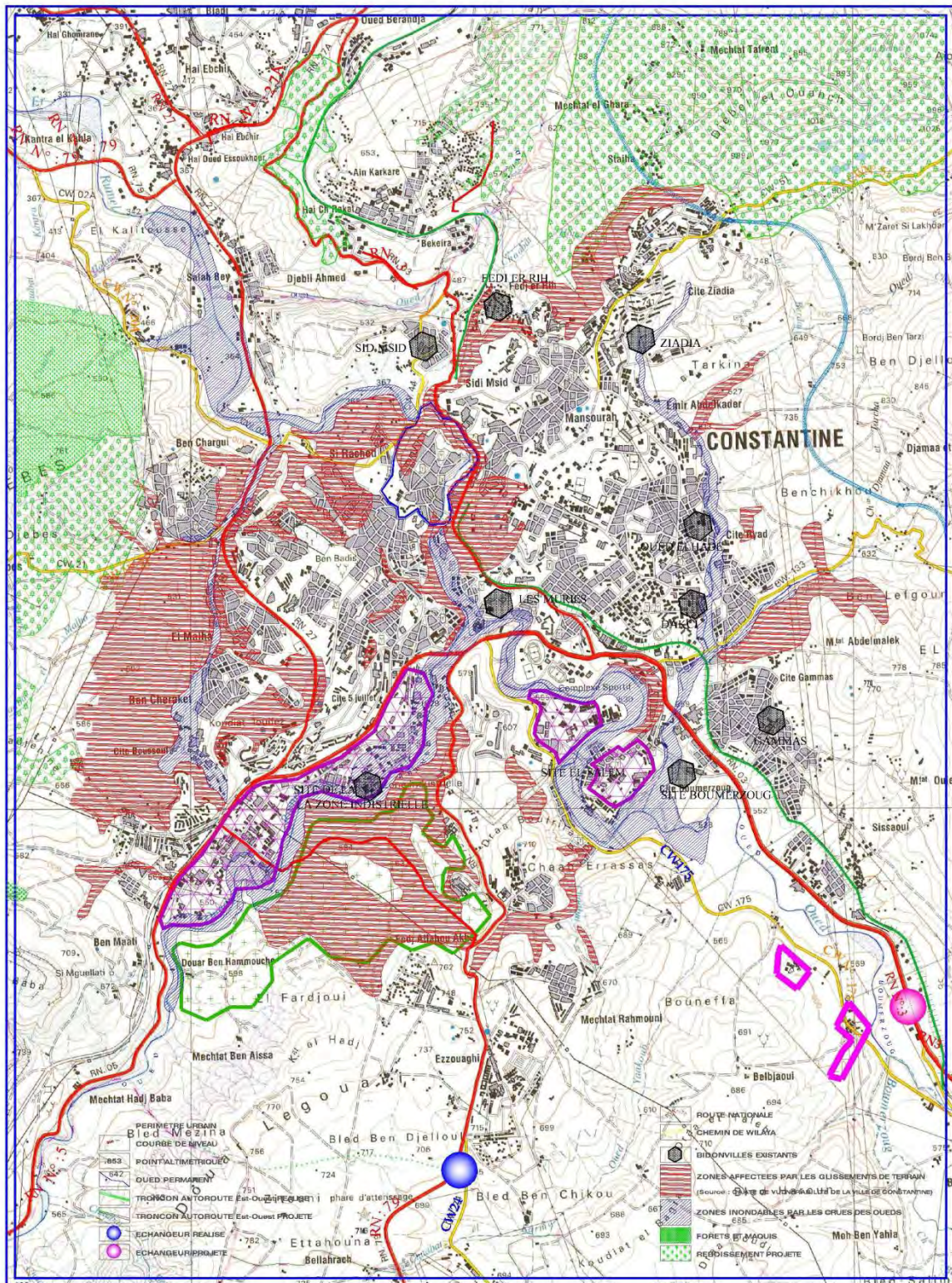
Bon état	<input checked="" type="checkbox"/>
Légèrement dégradé	<input type="checkbox"/>
Moyennement dégradé	<input type="checkbox"/>
Fortement dégradé	<input type="checkbox"/>

Construction menaçant ruine (IMR) :

Bâtiment à conforter	Oui	<input type="checkbox"/>	Bâtiment à réhabiliter	Non	<input checked="" type="checkbox"/>	Classement de l'intervention
Oui	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Légère	<input type="checkbox"/>	
Non	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	<input checked="" type="checkbox"/>	Moyenne	<input type="checkbox"/>	
				Lourde	<input type="checkbox"/>	

Annexe n°02 : données des zones de glissement de terrain au niveau de l'agglomération de Constantine

ALEAS NATURELS



Carte : Les Aléas naturel. Source : SCU de la wilaya de Constantine

Année d'évacuation	Programme	Quartier	Nombre de bâtisses		Observations
			démolies	à démolir	
1995	APC	KITOUNI	03	—	Achevées
1998	APC	BELOUZDED	01	—	Achevée
2001-2002	511 logements	BELLEVUE	05	—	Achevées
		BELOUZDED	10	03	10 Achevées 03 Squattées
		KITOUNI	—	12	Squattées
		MAQUISARDS	—	39	Squattées
2003	300 logements	BELLEVUE	—	01	Local commercial non évacué
		BELOUZDED	23	03	23 Achevées 03 Squattées
		KITOUNI	04	03	04 Achevées 03 Squattées
		POUDRIERE	05	—	Achevées
		MOULIN LAVIE	12	02	12 Achevées 02 Squattées
2004	250 logements	BENCHERGUI	10	—	Achevées
		CHALETS SOTRACO	45	13	45 Achevés 13 Squattés
		POUDRIERE	00	—	Achevées
2004-2005	550 logements	BOUDRAAS	00	—	En cours d'achèvement
		BENCHERGUI (MENIA)	—	50	Opération de relogement non entamée
		POUDRIERE	00	—	Achevés
		CHALETS SOTRACO	—	75	Opération de relogement non entamée
		S/TOTAL	428	201	
TOTAL	1611 logements	—	629		

Tableau : Les actions prise par les autorités lors des glissements de terrain. (1995-2005).

Source : Schéma de Cohérence Urbaine de la wilaya de Constantine (SCU).

<i>N°</i>	<i>SITES</i>	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>POPULATION CONCERNEE</i>	<i>ETUDE</i>	<i>COUT TRAVAUX (DA)</i>
<i>01</i>	<i>TERRAIN BELOUIZDED</i>	<i>31</i>	<i>60.000</i>	<i>A L'ARRET</i>	<i>/</i>
<i>02</i>	<i>BELLEVUE EMIR ABDELKADER</i>	<i>28</i>	<i>5.000</i>	<i>TERMINEE</i>	<i>330.000.000</i>
<i>03</i>	<i>BELLEVUE CILOC</i>	<i>05</i>	<i>3.500</i>	<i>TERMINEE</i>	<i>400.000.000</i>
<i>04</i>	<i>EL-MENIA BOUDRAA SALAH</i>	<i>20</i>	<i>15.000</i>	<i>A L'ARRET</i>	<i>120.000.000</i>
<i>05</i>	<i>AIN-EL-BEY UNIVERSITE</i>	<i>07</i>	<i>/</i>	<i>AXE ROUTIER A CONSOLIDER</i>	<i>30.000.000</i>
<i>06</i>	<i>CHEMIN FORESTIER</i>	<i>05</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>10.000.000</i>
<i>07</i>	<i>BOUSSOUF</i>	<i>03</i>	<i>4.200</i>	<i>/</i>	<i>60.000.000</i>
<i>08</i>	<i>ZAOUCH</i>	<i>10</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>10.000.000</i>
<i>09</i>	<i>BARDO</i>	<i>15</i>	<i>15.000</i>	<i>TERMINEE</i>	<i>80.000.000</i>
<i>10</i>	<i>SAINT JEAN SABATIER</i>	<i>50</i>	<i>60.000</i>	<i>A L'ARRET</i>	<i>20.000.000</i>
	<i>TOTAL</i>	<i>174</i>	<i>162.700</i>	<i>/</i>	<i>1.060.000.000</i>

Tableau : Situation des zones de glissements de terrain au niveau de
L'agglomération de CONSTANTINE

Source : "Monographie de la Wilaya de Constantine".
Étude arrêtée au 31.01.97.

Annexe n°03 : ARTICLES DE PRESSES

Constantine : glissements de terrain Dans l'attente de l'irréparable ?

Danger Des études devaient être terminées ce mois-ci pour une évaluation exacte du phénomène. Un retard est accusé par la société française.

Le phénomène des glissements de terrain à Constantine, remonte, selon des études spécialisées en la matière, au début du siècle dernier : 1910 en ce qui concerne le mont Sidi-Rached, par exemple, qui subit la pression de millions de tonnes de terre du plateau de Mansourah qui le jouxte, nous apprend-on à la Duch.

Dix-huit sites touchés par le phénomène ont été répertoriés et répartis selon cinq zones, englobant de nombreux quartiers huppés de la ville, tels ceux de Belouizdad, Bellevue, la cité des Ciloc, Boussouf, le Bardo, le terrain de l'université et la liste est loin d'être exhaustive. Ce sont, en effet, plus de 15 000 logements qui seraient donc menacés d'effondrement à tout instant, «les glissements étant aussi imprévisibles que les tremblements de terre», nous confie un cadre de la direction de l'urbanisme.

La population ciblée, quant à elle, avoisinerait les 100 000 âmes, réparties sur une superficie «mouvante» estimée à 15% de la superficie globale de la commune. Pour les cadres de l'urbanisme, les glissements sont dus à plusieurs facteurs, dont la topographie des sols, la nature des couches géologiques, le contexte sismique ainsi qu'à d'autres, dits «exogènes», que sont les déperditions d'eau des réseaux d'assainissement ou d'AEP, ou encore les travaux de déforestation ou de terrassement à grande échelle. Les conséquences sont visibles parfois à l'œil nu. Pour exemple, cet immeuble d'une dizaine d'étages de l'avenue Kitouni-Abdelmalek, dont les façades présentent des fissures de plus de quarante centimètres, qui a, fort heureusement, été évacué.

Pour d'autres sites, le phénomène est plus latent, donc plus dangereux. C'est le cas du boulevard Belouizdad où plus de 200 logements ont été évacués à la hâte.

Ce n'est qu'en 2001 que l'Etat, après bien des tergiversations, a lancé un avis d'appel d'offres en vue, dans un premier temps, d'une étude approfondie de la situation. C'est un bureau d'études français, la société Simecsol, qui sera retenue en 2002 pour une durée des études qui devait s'étaler sur 25 mois, soit une échéance fixée à juin 2004. Et donc qui devrait arriver à son terme. Quatre missions essentielles lui ont été dévolues : un diagnostic de l'ensemble des sites touchés par les glissements ; une évaluation de l'impact des glissements avec une expertise des constructions et l'établissement d'un plan de vulnérabilité aux risques naturels ; une étude des solutions de confortement des sols ; une surveillance de l'évolution des mouvements des terrains dans le temps.

Le bon déroulement des études aurait été, selon les services de la Duch, souvent perturbé par les intempéries, ce qui tend à justifier que le projet Simecsol ne serait pas bouclé dans les délais prévus. «A l'heure actuelle, tient-on à nous préciser, plusieurs Avant-projets sommaires (APS) nous sont parvenus de Simecsol mais ceux-ci ont fait l'objet de réserves de la part de la Duch.»

Ces propositions concernent les sites les plus importants en densité de population que sont Belouizdad, Bellevue, Rahmani-Achour ou le chemin Forestier. «Les ingénieurs de Simecsol, nous confie un cadre de la Duch, agissent en tant que techniciens et, de fait, leurs propositions sont lourdes financièrement. Ce ne sont pas des gestionnaires, c'est pour cela que nous leur retournons leurs dossiers pour les forcer à envisager des solutions plus à notre portée.» En d'autres termes, aucune solution concrète n'est envisageable à court terme, hormis les «marchandages». En décembre dernier, un éboulement s'est produit au niveau de l'avenue Aouati-Mustapha. Des tonnes de terre et des blocs de granit ont réduit

en bouillie quatre véhicules en stationnement. L'incident s'est produit à 3 heures du matin, il n'y avait, fort heureusement, personne aux alentours à ce moment-là. Dès lors, les questions qui se posent sont les suivantes : les risques que présente ce phénomène ne sont-ils pas pris à la légère ? Faudra-t-il que l'irréparable se produise pour que l'on accorde enfin aux glissements de terrain une attention plus en rapport avec leurs conséquences et dommages, même éventuels ?

Farid BOUMALIT

Info SOIR : 10 - 06 - 2004

Une batterie de mesures prise Glissement de terrain à Constantine

En plus du programme gouvernemental destiné au relogement des habitants des zones à glissement, la wilaya dispose d'un plan spécial pour faire face aux situations d'urgence qui pourraient surgir et qui prévoit autant le secours et l'évacuation que le relogement des sinistrés. La wilaya de Constantine, qui dispose désormais et grâce à l'étude effectuée en 2005 sur la question de données précises sur ses nombreuses zones à glissement, habitations menaçant ruine et habitations précaires, a pris toute une batterie de dispositions relatives à ce sujet. En plus du programme gouvernemental destiné au relogement des habitants des zones à glissement, la wilaya dispose d'un plan spécial pour faire face aux situations d'urgence qui pourraient surgir. Ce plan prévoit autant les secours et évacuations que le relogement des sinistrés. Si Constantine est devenue célèbre pour ses nombreux quartiers à glissement qui totalisent 15 000 logements abritant quelque 100 000 âmes, les habitations classées rouge et présentant un risque dans l'immédiat sont au nombre de 300.

En plus de ces habitations pouvant s'écrouler d'un moment à l'autre, Constantine compte quelque 10 000 habitations précaires classées rouge, également, nécessitant une surveillance soutenue. Le wali de Constantine a affirmé à l'APS que le dossier figure au premier plan des préoccupations des autorités concernées qui œuvrent à sa prise en charge par le biais du programme normal du gouvernement qui réserve un quota aux habitants des zones de glissements selon des priorités minutieusement étudiées dans chaque programme de distribution de logement social.

D'ailleurs, un quota de 400 logements est destiné à cette catégorie de population à la nouvelle ville Massinissa et ce, juste après l'Aïd El Adha. D'autres formules de prise en charge sont également prévues et mises en œuvre à chaque fois que possible jusqu'à la résorption totale du problème. Le chef de l'exécutif de la wilaya a, dans ce sens, précisé que la réalisation du programme de un million de logements du président de la République va contribuer grandement à l'amélioration de cette situation qui n'a fait que s'aggraver au fil du temps.

Le deuxième axe de prise en charge des habitants de ces zones est un plan d'urgence.

La Direction de l'urbanisme et de la construction (DUC) a indiqué qu'elle a aménagé quatre terrains dans les communes de Constantine, Didouche Mourad, Benbadis et Aïn Abid. D'une superficie totale de 15 hectares, ces terrains peuvent recevoir en cas de situation d'urgence 2 250 chalets avec les commodités nécessaires à la vie quotidienne.

La protection civile à laquelle échoit un rôle de premier plan dans la prise en charge des catastrophes naturelles dispose, affirment les responsables de cette institution, de toutes les données nécessaires parmi lesquelles des plans de 13 quartiers menacés de glissement, ce qui ne manquera pas de lui faciliter la tâche en cas de nécessité d'intervention.

R N APS

LIBERTE : 16 - 01 - 2006

Le glissement de terrain

Causes multiples et dégâts considérables

En termes scientifiques, le glissement de terrain désigne le déplacement vers le bas et l'extérieur d'une masse de sol provenant d'un terrain en pente.

Le glissement peut s'appliquer à une masse de terre d'à peine quelques mètres de cubes jusqu'à plusieurs millions de cubes. Il survient dans les pentes naturelles comme dans les pentes aménagées ; le glissement de terrain est à l'origine de plusieurs dégâts : perte de vies humaines, destruction de propriétés et dégradation de la valeur des propriétés ; une baisse de productivité des terres ne peut être épargnée et l'interruption dans le système de circulation de transport est évidente quand le glissement se passe dans une zone de circulation. Le glissement de terrain peut se produire en quelques minutes, ou s'étendre sur plusieurs mois, voire des années. Les principales causes de glissement de terrain sont l'érosion naturelle, l'accumulation de poids au niveau de la partie supérieure de la pente et l'accroissement de la pression exercée sur la pente. Ces deux derniers facteurs interviennent lors des activités humaines et naturelles telles que les travaux d'excavation d'origine humaine et les pluies diluviennes. Les séismes peuvent aussi être à l'origine des glissements de terrain de grande envergure. Il est à noter que ce genre de glissements ne se produit pas nécessairement pendant les secousses et que le mouvement et le glissement du sol peuvent se produire un certain temps après l'activité sismique. Les avalanches de neige dans les pays froids ont également engendré des dégâts matériels et des pertes humaines. En effet, le glissement de terrain est dû en grande partie au nombre important de processus différents de l'activité humaine et naturelle. Chute de pierre ou de roches, glissement de terre ou coulées de terre, tous sont des formes de glissement et de rupture de terrain qui peuvent constituer un danger réel sur le devenir des vies et des constructions. Comme en témoignent les différents glissements de terrain qui ont eu lieu dans les différentes villes d'Algérie, le glissement de terrain dans notre pays s'avère un problème énorme, qui nécessite une prise en charge réelle. Constantine, Skikda, Alger et Oran sont les villes les plus touchées par le mouvement de terrain : succession de glissement de terrain et de chaussées, affaissement du sous-sol et des démolitions en perspective, une situation qui perdure et qui fait couler beaucoup d'encre à chaque fois qu'elle se manifeste. Des pertes humaines causées par ce phénomène sont enregistrées, et des dégâts matériels sont engendrés. En effet, l'accalmie de ce phénomène doit susciter un travail de recherche qui permettrait de cerner les proportions de cet énorme problème qui, pour l'instant, ne semble concerner que les villes citées auparavant.

Constantine : Le phénomène de glissement de terrain à l'étude

Le phénomène de glissement de terrain, affectant depuis plus d'une décennie plusieurs cités de la ville de Constantine, fait actuellement l'objet d'une étude approfondie effectuée par le laboratoire national de l'Habitat et de la construction, a indiqué à l'APS le wali. Il s'agit d'une "contre-expertise" qui devrait revenir sur les résultats de l'étude d'expertise effectuée en 2004 par l'entreprise française EEG-Simecsol, spécialisée dans l'étude des sols, a souligné le wali faisant part de la "fragilité" de cette étude dont les résultats n'ont pas pu, à ce jour, être exploités. L'établissement d'un diagnostic précis et détaillé relatif à la nature du glissement de terrain qui continue de menacer cette ville vieille de 2.500 ans était devenu "plus qu'urgent" dès lors que des cités entières sont aujourd'hui prises en otage par cette plaie d'apparence naturelle, a-t-il souligné. Un matériel de pointe sera utilisé par le laboratoire national chargé d'établir ce rapport-diagnostic sur l'étendue de la superficie affectée et la nature du glissement détecté, a indiqué de son côté le directeur de la Construction et de l'urbanisme. Selon lui, l'étude de fond qui sera effectuée par ce laboratoire devra prendre en considération toutes les particularités géologiques, géomorphologique et hydrogéologiques pour aboutir à des résultats fiables susceptibles d'être exploités pour stopper cette hémorragie qui frappe une bonne partie de la ville de Constantine. Le directeur de la Construction et de l'urbanisme. A indiqué que la cité de Boussouf a été prise comme un premier "échantillon" par ce laboratoire qui devra par la suite se pencher sur le cas des quartiers, Bellevue, Belouizdad, 20 Août et Ciloc, notamment.

R N

Le Financier : 09 - 07 - 2011



RESUME



SUMMARY

The region of Constantine was marked by a very rugged terrain, located on a major axis seismic. The risk of landslide is among the urban problems currently affecting the city. It caused the collapse and destruction of several houses, estimated at 15000 dwellings in an area of 120ha. The main causes that contribute to the emergence of this risk are : the lithologie of the site, a very rugged topography and the action of water which is considered among the main factors in the development of the risk of ground movement. To this there are also unplanned urbanization in area often unstable.

This paper presents a range of responses to the questions related to the impact of landslides on the built environment and makes recommendations for conceptual and technical management and prevention of the risk of landslides.

Risk prevention is the technical and scientific measures to prevent the occurrence and dangerousness risk landslide. Risk prevention in Algeria, especially in Constantine, our study area is marked by the absence of specific regulations unstable areas, and measures of prevention or protection to natural hazards, despite the existence of instruments urban planning and land use. The consequences of this failure in these regulations result in disorder, which affected several buildings located, especially in the western part and south-west of the city of Constantine. The study focused on the impact of landslides on the built environment, see the structural behavior of different types of buildings facing the risk. The basis of the results of this study it was found that the instability of the ground Boussouf is due, firstly, clayey soil, marked by rough terrain and the presence of water. In addition there are human causes which have increased the risk and this through the uncontrolled urbanization of agricultural land, vulnerable to landslides. To this are added the water loss mainly due to the dilapidated state of the network of water supply and sanitation. After analyzing the different types of construction site Boussouf, it appears that the structural behavior against the ground motion also depends on various design parameters and techniques. These play a key role in the behavior of buildings and evaluating the degree of degradation of the built environment towards risk. The analysis of these parameters and interpretation of diagnostic results shows that indeed it is necessary to consider the following : limited the slenderness of the buildings, choose the simple form, opt for the judicious arrangement of buildings in relation to direction of the slope, taking into account the configuration of the ground plane, regularly assess the hazard, maintaining the various networks of water and sanitation and drainage systems...In addition to technical and scientific, the actions of information and public awareness and mastery of prevention and risk management by local officials and the public authority is required. The administration of development must therefore know as precisely as possible precautions in hazardous areas through a national policy on prevention and risk management of natural and integrated into the content of planning instruments and planning.

Keywords: Movement of land-landslide-Constantine-degradation - the built-vulnerability-prevention.

RESUME

La région de Constantine est marquée par un relief très accidenté, située sur un important axe sismique. Le risque du glissement de terrain est parmi les problèmes urbains dont souffre actuellement cette ville. Il a entraîné l'effondrement et la destruction de plusieurs habitations, estimées à 15000 habitations sur une surface de 120Ha. Les principales causes qui participent à l'émergence de ce risque sont : la nature lithologique du site, une topographie très accidentée et l'action de l'eau qui est considérée parmi les facteurs principaux dans l'apparition du risque de mouvement de terrain. A cela il y a également l'urbanisation anarchique sur des zones souvent instables.

Ce mémoire présente un éventail de réponses aux questions qui ont lien avec l'impact du glissement de terrain sur le cadre bâti et propose des recommandations d'ordre conceptuel et technique de gestion et de prévention au risque de glissement de terrain.

La prévention des risques représente les mesures techniques et scientifiques destinées à éviter la survenance et la dangerosité du risque mouvement de terrain. La prévention des risques en Algérie et plus particulièrement à Constantine, notre aire d'étude, est marquée par l'absence des réglementations spécifiques des zones instables, et des mesures de prévention ou de protection aux risques naturels, malgré l'existence des instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Les conséquences de cette défaillance au niveau de ces règlements se traduisent par des désordres, qui ont affecté plusieurs constructions localisées, surtout, dans, la partie Ouest et Sud-Ouest de la ville de Constantine.

L'étude a porté sur l'impact du glissement de terrain sur le cadre bâti, voir le comportement structurel de différents types de constructions face au risque. A la base des résultats de cette étude, il a été constaté que l'instabilité du terrain de Boussof est due, d'une part, à la nature argileuse du sol, marqué par un terrain très accidenté, ainsi que la présence d'eau. D'autre part il y a des causes anthropiques qui ont accentué le risque et ce à travers l'urbanisation anarchique sur des terrains agricoles, vulnérables au glissement de terrain. A cela viennent s'ajouter les déperditions hydriques dues essentiellement à la vétusté du réseau d'alimentation en eau potable et des réseaux d'assainissement. Après analyse des différents types de constructions du site de Boussof, il ressort que le comportement structurel face au mouvement du sol dépend en outre de divers paramètres conceptuels et techniques. Ces derniers jouent un rôle déterminant dans le comportement des bâtiments et de l'évaluation du degré de dégradation du cadre bâti face au risque. L'analyse de ces paramètres et l'interprétation des résultats du diagnostic montrent qu'effectivement il y a lieu de tenir compte des points suivants : limiter l'élancement des bâtiments, choisir la forme simple, opter pour la disposition judicieuse des bâtiments par rapport au sens de la pente, tenir compte de la configuration du plan de masse, évaluer régulièrement l'aléa, entretenir les différents réseaux d'eau et d'assainissement ainsi que les systèmes de drainage.... Outre les mesures techniques et scientifiques, l'action d'information et de sensibilisation du grand public et une maîtrise de prévention et de gestion du risque par les élus locaux et le pouvoir public est indispensable. 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 naturelle et intégrée dans le contenu des instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire.

Mots clés : Mouvement de terrain, glissement de terrain, Constantine, dégradation, cadre bâti, vulnérabilité, prévention.