

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Boudiaf M'sila  
Institut De Gestion Des Techniques Urbaines  
Département : Génie Urbain  
Filière : Gestion Des Techniques Urbaines  
Option : Génie urbain

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de :**

**MASTER ACADEMIQUE**

***Thème***

**Le risque glissement de terrain dans la commune  
de Mila, causes et effets :**

**Cas de la cité des 185 logements, lotissement  
Boulmerka, Mila**

**Présenté par :**

**Imene DJERFAOUI**

**Proposé et dirigé par :**

**Mr Foudil LABIOD**

**Année universitaire : 2015 / 2016**

*A mes très chers parents Sources de mes joies,  
Secrets de ma force*

*Imene*

# REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, notre Créateur de m'avoir donné la force pour accomplir ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Je tiens dans un premier temps à remercier mon promoteur Monsieur F. LABIOD, pour sa disponibilité, ses idées et conseils, ainsi que pour son aide précieuse.

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes que j'ai rencontré durant ma visite au terrain d'étude à Mila (OPGI et APC) d'avoir mis à ma disposition des informations et des explications nécessaires à la bonne réalisation de ce travail, je remercie particulièrement ma chère copine Narimane de m'avoir accompagné à Mila et de m'avoir partagé les moments difficiles.

J'adresse mes remerciements à mes chers copines et collègues pour leur aide, leur soutien et pour les moments agréables qu'elles m'ont fait partager.

Ce travail n'aurait pu aboutir sans l'aide de nombreuses personnes que me pardonnent celles que j'oublie ici, mais j'aimerais adresser un remerciement particulier à Monsieur le Chef de département E.A. DERRAF pour son aide et conseils judicieux. Je remercie aussi les enseignants du département Génie urbain pour leurs aides et orientations tout au long de la période de ma formation à l'institut de la Gestion des Techniques Urbaines.

Mes dernières pensées iront vers mes parents, qui m'auront permis de poursuivre mes études jusqu'à aujourd'hui.

***Imene DJERFAOUI***

# Résumé

Les études des risques naturels est d'une importance cruciale dans l'aménagement du territoire, l'extension et l'étalement urbain. La réussite de tous projets de construction ou d'aménagement est entre autre conditionnée par la qualité et la viabilité de l'étude du risque. L'ignorance et la méconnaissance des paramètres physiques inhérents au site surtout pour la construction des bâtiments conduisent à des situations dangereuses. La présence d'éléments vulnérables d'ordre humain ou matériel conduisent à des situations de risque. L'exemple pris dans ce mémoire est une illustration parfaite de cette situation.

Le présent travail a été réalisé dans le cadre de la préparation de mon mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master académique dans le domaine de gestion des risques naturels dans le milieu urbain.

Résultant d'une combinaison d'actions naturelles et entropiques, l'aléa glissement de terrain observé au niveau de la cité des 185 logements à Mila a fait l'objet de cette étude.

A l'issue d'un travail de terrain en grande partie, une analyse de l'aléa glissement de terrain survenu au niveau de ce site a été faite afin de déterminer les différentes causes et mécanismes responsables du déclenchement de ce mouvement. L'examen du désordre et des dégâts observés sur différents éléments exposés a été réalisé exprimant ainsi la vulnérabilité des enjeux. Enfin, une petite synthèse pour mesurer le risque ou les conséquences de cet aléa sur un secteur clé de cette wilaya qui est l'habitat.

Mots clés :

**Risque, aléa, vulnérabilité, glissement de terrain**

# Table des matières

<b>Liste des Images</b> .....	iv
<b>Liste des Photos</b> .....	iv
<b>Liste des Figures</b> .....	v
<b>Liste des Cartes</b> .....	vi
<b>Liste des Coupes topographiques</b> .....	vi
<b>Liste des Tableaux</b> .....	vii
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
1. Introduction .....	2
2. Problématique.....	3
3. Choix de la zone d'étude .....	5
4. Méthodologie .....	5
5. Objectifs .....	6
<b>Chapitre I : Approche théorique</b> .....	7
Introduction .....	8
I.1. Vocabulaire lié aux risques naturels : concepts et définitions .....	8
I.2. Ville et urbanisme : concepts et définitions .....	12
I.3. Déclenchement du processus de glissement de terrain et typologie .....	13
I.3.1. Les quatre grandes phases temporelles d'évolution d'un glissement de terrain.....	16
I.3.2. Typologie des glissements de terrain : exemple de quelques cas rencontrés dans la commune de Mila.....	17
I.3.2.1. Les glissements superficiels par translation ou glissement en plan.....	18
I.3.2.2. Les glissements rotationnels.....	19
I.3.2.3. Les glissements complexes.....	19
I.3.2.4. Les coulées de boue et les coulées argileuses .....	19
<b>Chapitre II : Présentation de la zone d'étude</b> .....	22
Introduction .....	23

II.1. Les caractéristiques physico-géographiques de Mila .....	23
II.1.1. Situation géographique .....	23
II.1.2. Cadre administrative .....	24
II.1.3. Cadre topographique d'ensemble .....	26
II.1.4. Cadre géomorphologique et topographique de la ville de Mila et sa périphérie ...	27
II.1.5. Cadre géologique et structural .....	31
II.1.5.1. Le remplissage post nappe néogène .....	33
II.1.6. Analyse climatique .....	37
II.1.6.1. Les précipitations.....	38
II.1.6.2. La température .....	41
II.1.6.3. L'enneigement .....	42
II.1.6.4. Le vent .....	44
II.1.6.5. Synthèse climatique .....	45
II.1.7. Le réseau hydrographique .....	46
II.1.7.1. Les eaux de surface.....	46
II.1.7.2. Les eaux souterraines.....	47
II.1.8. Occupation du sol couvert végétal.....	47
II.2. Evolution socio-urbaine de la ville de Mila.....	48
II.2.1. Historique de la ville de Mila .....	48
II.2.1.1. Histoire ancienne .....	48
II.2.1.2. Présence turque 1515-1830 .....	49
II.2.1.3. Présence française 1830-1962 .....	49
II.2.2. Evolution de la ville de Mila .....	53
II.2.2.1. Dédoublément urbain et évolution de la ville depuis la colonisation.....	56
Conclusion du deuxième chapitre .....	58
<b>Chapitre III : Projet d'étude - <i>Le risque glissement de terrain au niveau de la cité des 185 logements lotissement Boulmerka - Mila</i> .....</b>	<b>60</b>

Introduction .....	61
III.1. L'aléa glissement de terrain et désordres observés au niveau de la cité des 185 logements .....	61
III.1.1. Localisation .....	61
III.1.2. Les différents facteurs de prédispositions responsables de cette instabilité ou du déclenchement de l'aléa glissement de terrain niveau du site d'étude.....	64
III.1.2.1 Les données géologiques et hydrogéologiques .....	64
III.1.3. Les caractéristiques géotechniques et minéralogiques .....	69
III.1.3.1. L'analyse granulométrique.....	69
III.1.3.2. Analyse minéralogique.....	70
III.1.3.3. Les limites D'ATTERBERG .....	73
III.1.4. Les données topographiques .....	73
III.1.5. Les conditions météorologiques exceptionnelles .....	73
III.1.6. Les actions anthropiques .....	74
III.2. Les conséquences, effets directes et indirectes : la vulnérabilité .....	75
III.2.1. L'endommagement et les désordres observés ou vulnérabilité structurelle.....	75
III.2.1.1. La fissuration des murs .....	76
III.2.1.2. Un dispositif de pieux .....	79
III.2.1.3. Gestion des eaux par drainage.....	80
III.2.2. La vulnérabilité économique : Impacts financiers .....	81
III.2.3. La vulnérabilité corporelle ou la présence humaine.....	81
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>85</b>
RECOMMANDATIONS.....	86
CONCLUSION .....	87
<b>Bibliographie.....</b>	<b>88</b>

## Liste des Images

Image 1 Situation géographique de Mila dans un contexte national et international source : Google earth .....	24
Image 2 Situation administrative de Mila Source : Google earth - l'Est algérien.....	25
Image 3 Les grands ensembles topographiques commune de Mila Source : Google earth ..	26
Image 4 Le remplissage marin .....	33
Image 5 Eaux de surface Source: Google earth.....	47
Image 6 Localisation de la cité des 185 logements, Mila Source Google Earth.....	62

## Liste des Photos

Photo 1 Exemple des Glissement en plan le poteau incliné en témoin, limite Est PDAU- Mila .....	19
Photo 2 Exemple de Coulée boue catastrophique à Taiwan .....	20
Photo 3 Exemple de coulée argileuse sur un talus de route .Contournement Nord Est Mila...	21
Photo 4 Vue d'ensemble de la ville de Mila .....	28
Photo 5 Enneigement du 28/01/2005 centre-ville Mila .....	44
Photo 6 Le Rempart Byzantine .....	50
Photo 7 La Porte Principale (Bab El Bled) .....	51
Photo 8 La fontaine romaine (Ain El Bled) .....	52
Photo 9 Statue M'lou.....	52
Photo 10 L'intérieur de la mosquée Sidi Ghanem (première mosquée en Algérie) .....	53
Photo 11 Vue générale sur le centre-ville .....	56
Photo 12 Projet 185 logements en cours de réalisation sur une assise argileuse profonde.....	62
Photo 13 Glissement superficiel qui a affecté la route d'accès coté Est de la cité.....	63
Photo 14 Les six premiers blocs sont habités actuellement, distribués en 2011 .....	64
Photo 15 Travaux de terrassement pour la réalisation de la CASNOS centre-ville Mila ; le niveau piézométrique est 1.5 m, les volumes d'eaux arrivées en surface sont dégagées avec un moteur hors site. ....	65
Photo 16 Enneigement exceptionnel de janvier 2005 .....	74
Photo 17 Dilatation des joints des deux derniers blocs affectant tout la hauteur du bâtiment et se prolonge jusqu'aux longrines non visibles sur la photo.....	76
Photo 18 Fissures apparentes sur les balcons.....	77

Photo 19 Basculement et distorsion de plus de 30cm entre deux panneaux formant le voile Le plâtre témoin (en blanc) a été placé après la réalisation des pieux.....	78
Photo 20 Dispositif de pieux installé pour stabiliser le site .....	79
Photo 21 Les 32 logements réhabilités pour être distribué en Juillet 2016.....	80
Photo 22 Le glissement de terrain au lotissement nord de Mila. Cité Tyayba.....	83
Photo 23 Un glissement de terrain qui menace l’hôpital de Mila et quelques habitations .....	83
Photo 24 Un nouveau glissement de terrain qui menace quelques blocs ;cité Mila lagdima...	84
Photo 25 Des glissements de terrain qui menacent plusieurs habitations lotissement privé à l’ouest de la cité Boulmerka.....	84

## Liste des Figures

Figure 6 Processus engendrant un risque naturel .....	14
Figure 7 Schéma simplifiant de la typologie des glissements selon la surface de rupture .....	17
Figure 1 Schémas représentant l'évolution géologique de la région Source : Kacimi said ;avril 2013 .....	32
Figure 2 Moyennes annuelle des précipitations (1980 - 2006) .....	38
Figure 3 Répartition mensuelle des précipitations (1980-2006) .....	40
Figure 4 Moyennes mensuelles des températures (2000-2007) (Source : A.N.R.H Constantine) .....	42
Figure 5 Nombre de jours d'enneigement pour Constantine et ses environs .....	43
Figure 8 Coupe litho-stratigraphique S.1.A <sup>1</sup> .....	66
Figure 9 Coupe litho-stratigraphique S.2.A <sup>1</sup> .....	67
Figure 10 Coupe litho-stratigraphique SL5.....	68
Figure 11 Résultat de l'analyse de l'échantillon DLP 01 analysé par les RX.....	71
Figure 12 Résultat de l'analyse de l'échantillon DLP 02 analysé par les RX.....	72

## Liste des Cartes

Carte 1 Carte des grands éléments de relief du bassin de Mila, source : carte topographique Constantine au 1/200000 .Source rapport de stage : Barik Djillali avril 2012.....	27
Carte 2 Carte des sols de Constantine au 1/200000 .....	32
Carte 3 Cadre géologique et géotechnique de Mila Echelle : 1/14000 source : thèse Maich .....	36
Carte 4 vents dominants Echelle: 1/14000 source : thèse Maich.....	45
Carte 5 Axe antique source : thèse Boumeaza .....	54
Carte 6 La ville avant la colonisation française source : mémoire Achaa .....	55
Carte 7 Naissance du village colonial source : mémoire Achaa .....	55
Carte 8 Naissance des quartiers spontanés Sud-Ouest et élargissement des bourgs ruraux source : mémoire Achaa .....	57
Carte 9 1970 Avènement de l'indépendance source : mémoire Achaa.....	57
Carte 10 1980 Développement de la ville après l'indépendance source : mémoire Achaa	58

## Liste des Coupes topographiques

Coupe topographique n° 1 Marachou-Boufouh (Nord/Sud), source Google earth.....	29
Coupe topographique n° 2 Pole universitaire Mila- Sidi Khenenou (Ouest/Est), source: Google earth .....	31

## Liste des Tableaux

Tableau 1 Les différentes classes de pentes en pourcentage.....	30
Tableau 2 Répartition et pourcentage des différents faciès rencontrés .....	34
Tableau 3 Coordonnées des stations pluviométriques retenues .....	38
Tableau 4 Répartition annuelle des précipitations (1980-2006) .....	39
Tableau 5 Moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles (1980 - 2006).....	40
Tableau 6 Station de Mila : Moyennes Mensuelles et Annuelles des températures période (2000-2007).....	41
Tableau 7 Sondage S.1.A <sup>1</sup> .....	66
Tableau 8 Sondage S.2.A <sup>1</sup> .....	67
Tableau 9 Sondage SL5.....	68
Tableau 10 Montants des Différents travaux de stabilisation réalisés au niveau de la cité des 185 logements (Source OPGI de Mila). .....	81
Tableau 11 Nombre d'habitants, cité des 185 logements. Source enquête de terrain.....	82

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **1. Introduction**

L'intérêt porté aux risques naturels et aux catastrophes naturelles ne cesse de croître durant ces dernières décennies. Leurs fréquences et leurs étendues géographiques inquiètent de plus en plus nombreux pays qui sont situés malgré eux dans des espaces géographiques à risque.

D'après les responsables de l'Organisation Météorologique Mondiale(OMM), notre planète subit d'innombrables assauts au cours d'une année : de l'ordre de 100 000 orages, 10 000 inondations, des milliers de séismes, d'incendies de forêts, de glissements de terrain, d'avalanches, de tornades, et des centaines d'éruptions volcaniques, de cyclones tropicaux, d'épisodes de sécheresse et d'infestations acridiennes. Seules les plus dramatiques de ces catastrophes font les gros titres de la presse internationale, mais en réalité la majorité de ces aléas causent des pertes en vies humaines et des dégâts matériels considérables.

D'après les chiffres recueillis par les sphères onusiennes, les grandes catastrophes naturelles<sup>1</sup> entre 1991 et 2005 ont provoqué des pertes économiques d'un montant supérieur à 1040 milliards de US\$, soit près de 70 milliards de US\$ annuellement, et des pertes couvertes par les assurances de l'ordre de 262 milliards de US\$ soit 17 milliards de US\$ par an. D'autres catastrophes moins importantes ont fait doubler au moins le montant de ces pertes. Par rapport aux années soixante, la charge des pertes économiques a été multipliée par six, et celle des pertes couvertes par les assurances, par 32. Avant 1987, un seul sinistre avait coûté plus de deux milliards de US\$ au secteur des assurances. Depuis, ce montant a été atteint pour 32 catastrophes naturelles dont 9 se sont produites au cours des années 2004 et 2005<sup>2</sup>

L'Organisation des Nations Unies a proclamé la période de 1990-1999 la Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN). Dans le cadre de cette Décennie, des experts de nombreux domaines ont commencé à façonner le cadre mondial pour les risques de catastrophes et leur gestion. Un intérêt particulier a été accordé par l'introduction de plusieurs concepts liés aux risques de catastrophe, y compris les dangers, la vulnérabilité et l'exposition et la nécessité de réduire les risques de catastrophe pour un développement plus durable des communautés du monde entier. De nombreuses organisations du système des Nations Unies ont exécuté des activités sous les auspices de cette Décennie.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Pierre Ozer, 2008. Introduction aux risques naturels

<sup>2</sup> Swiss Re, 2006. Natural catastrophes and manmade disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses. Sigma No 2/2006. 39 p.

<sup>3</sup> UN SPIDER knowledge portal : <http://www.un-spider.org>

L'Algérie par sa position géographique est soumise à plusieurs aléas naturels générateurs de risque tel que : les séismes (cas de séisme de Boumerdes en 2003), les inondations réparties à travers tout le territoire national (Nord, haut plateaux et le grand sud comme les inondations de Tamanrasset, Tindouf et Bayedh), les glissements de terrain (exemple Mila, Bouira, Medéa), la sécheresse et la désertification. Cela signifie que l'Algérie représente un vaste pays exposé aux différents risques naturels, d'où la nécessité d'une stratégie de protection rigoureuse vu la grande diversité du territoire et les enjeux soumis à ces différents aléas.

A cet effet le cadre juridique s'est doté de la loi du 04-20 du 25/12/2004 relative à la prévention des catastrophes et la gestion des risques naturels dans le cadre de développement durable. Depuis, les divers sujets de recherche se multiplient autour de telle problématique ayant pour objectifs la connaissance et la gestion de risques naturels et leur intégration dans divers projets d'aménagement du territoire.

A l'échelle nationale et régionale, la région de Mila est considérée parmi les wilayas les plus vulnérables. Elle est soumise à divers aléa à savoir, les inondations par ruissellement urbain et les glissements de terrain qui prédominent l'ensemble des communes situées dans sa partie nord. Plusieurs sites, se trouvent dans un état critique. L'évolution spatiale de l'aléa glissement de terrain et les pertes économiques enregistrés inquiètent les autorités locales pour la contrainte imposée au rythme de croissance et de développement de cette nouvelle wilaya. Les secteurs clés dans cette wilaya qui souffrent, les plus touchés sont les travaux publics, l'habitat, et divers réseaux (électricité, gaz, eau...). Pour expliciter cette réalité de conjonction entre le phénomène anthropique d'urbanisation et l'aléa glissement de terrain, la cité des 185 logements située dans le lotissement Boulmerka est choisie pour montrer un modèle d'application de l'équation du risque glissement de terrain dans la commune de Mila. Elle est partagée entre ses deux paramètres fondamentaux qui sont les causes qui définissent un ensemble de facteurs qui se rapportent à l'aléa tandis que le deuxième volet montre les effets et les conséquences de l'aléa sur les enjeux où la cité des 185 logements représente la vulnérabilité.

## **2. Problématique**

Les problèmes de stabilité de pentes sont observées à travers des signes d'endommagement présents sur les constructions, les talus de routes et chaussées, ainsi divers réseaux comme les conduites d'eau potable, gaz et lignes électriques.

Les glissements de terrain vu leur grande variété, leur intensité et leur répartition spatiale un peu particulière posent un sérieux handicap pour l'extension urbaine et le développement économique et social de ce chef-lieu de Wilaya issu du dernier découpage administratif de 1984. Cette cadence accélérée a augmenté considérablement le nombre d'éléments exposés dans toutes les directions et surtout dans les zones d'extension urbaines. Les besoins vitaux en matières de logements que ce soit privé ou étatique et la grille d'équipements administratifs, techniques et services demeurent encore loin d'être satisfaites. De nombreux choix et interventions portent sur des sites instables dont les conséquences n'ont pas tardé à dévoiler incompatibilités et insuffisances. En effet certaines pentes naturelles avec des formations argileuses à caractéristiques géotechniques peuvent devenir instables à tout moment. Une rupture peut être catastrophique et provoque des pertes en vies humaines et économiques considérables. C'est le cas des deux derniers blocs situés dans la partie aval de la cité des 185 logements.

La commune de Mila vu ses caractéristiques climatiques, géologiques, géomorphologiques et anthropiques sont autant de facteurs favorables à divers mouvements de terrain de diverses ampleurs. Ces facteurs de prédispositions rendent ces phénomènes hydro-géomorphologiques trop complexes par leurs mécanismes de ruptures ainsi que leurs évolutions inopinées dans le temps et dans l'espace. En général, leurs manifestations peuvent être appréhendées à travers des cicatrices d'arrachement parfois fraîches d'actualité parfois anciennes adoucies avec le temps, dans d'autres endroits des boursoufflures ou fluages témoignent une autre forme de dynamique profonde au quelle il faut prêter attention et méfiance. A l'intérieure comme à l'extérieure du périmètre urbain de cette ville, plusieurs habitations collectives ou individuelles témoignent de cette gravité, les divers réseaux se trouvent parfois hors état d'usage pour plusieurs jours voir quelques semaines, (AEP, électricité, gaz)

La méconnaissance et l'ignorance des causes et facteurs déclenchant de ces mouvements ont conduit parfois à des situations très critiques, voir dangereuses c'est le cas de la cité des 185 logements, un projet qui a été achevé mais a connu un glissement profond qui a entraîné deux blocs, en causant des dégâts considérables sur la structure et la stabilité générale de toute la cité.

Dans le cadre de ce mémoire la zone d'étude choisie schématisant l'équation du risque à travers l'aléa glissement de terrain, et la vulnérabilité (la cité 185 logements) fera le détail pour expliquer cette problématique liée aux aléas naturels en Algérie et à Mila particulièrement.

Afin d'arriver à cette fin, un travail de terrain a pris une grande part à travers une analyse qualitative pour déterminer les causes directes et indirectes de déclenchement et d'activation de l'intensité de l'aléa au niveau de ce site et ses effets tangibles et intangibles ou conséquences sur divers enjeux, la collecte des informations auprès des services concernés à savoir l'habitant (OPGI) est primordial puisque ils représentent le maître de l'ouvrage. Plusieurs interrogations méritent d'être posées afin de cerner une telle problématique. Quels sont les causes et les facteurs de prédisposition responsables du déclenchement de cette instabilité ? Peut-on hiérarchiser différentes causes de la rupture ? Est-ce que le facteur naturel prédomine ? L'action humaine est-elle suffisante dans de telle situation ? Les signes d'endommagement retracent-elles la réalité de l'intensité de ce glissement de terrain ? Les effets et les conséquences ont-elles servi de leçon pour les responsables du secteur de l'habitat et les autorités locales pour réduire l'impact de l'aléa glissement de terrain sur divers enjeux ? Comment tracer une stratégie locale pour que de telle situation ne se reproduisent pas ?

Les réponses à ces différentes questions structureront ce mémoire et montreront l'intérêt que porte de tel sujet qui pose des problèmes qui se répètent un peu partout à l'échelle nationale, leur connaissance mérite d'être élargie dans les milieux universitaires comme réflexion en matière de prévention et de gestion des risques naturels particulièrement dans les milieux urbains et les zones périurbaines.

### **3. Choix de la zone d'étude**

Dans le cadre de la préparation de mon mémoire de fin d'étude portant sur la gestion des risques naturels dans le milieu urbain, la commune de Mila a été choisie, un périmètre urbain contient plusieurs sites qui se trouvent dans une situation critique, le site de la cité de 185 logements est un exemple typique qui explique la contrainte liée au glissement de terrain et les problèmes rencontrés par le secteur de l'habitation publique et privé.

### **4. Méthodologie**

Pour répondre et cerner cette problématique liée au risque glissement de terrain, l'approche utilisée reste une approche descriptive qualitative à travers une analyse détaillée sur les causes de l'activation de l'aléa du glissement de terrain dans cette commune. Cette approche est faite en se basant sur la collecte des informations aux prés du secteur de l'habitant, des mémoires et thèses, les documents cartographiques (cartes topographiques, cartes géologiques, ...), de même par les signes d'endommagement et de rupture relevés à travers la structure des blocs et quelques aménagements externes. Une approche pour mesurer le risque glissement de terrain dans cette zone. et une autre approche quantitative de la vulnérabilité peuvent être

appréhendées à travers les pertes économiques comptabilisées pour les mesures de confortement et de traitement de l'instabilité ou de l'aléa glissement de terrain au niveau de ce site.

## **5. Objectifs**

Cette étude a pour but de :

- Décrire les causes de l'instabilité liée aux glissements de terrain dans cette région et en particuliers dans la cité de 185 logements :
- Identifier les différents types d'instabilité des pentes.
- Déterminer l'action de l'homme et ses répercussions sur la stabilité générale du site en situation précaire.

# **Chapitre I : Approche théorique**

## **Introduction**

Chaque discipline dispose d'un langage, d'une terminologie ou d'un vocabulaire qui lui est propre en passant de la médecine à la géologie, la philosophie, l'architecture, l'urbanisme et autres disciplines et domaines scientifiques. Dans notre domaine qui est les risques naturels dans le périmètre urbain, un vocabulaire s'impose partagé entre quelques concepts qui se rapportent au vocabulaire des risques naturels et celui de l'urbanisme.

### **I.1. Vocabulaire lié aux risques naturels : concepts et définitions**

#### *Aléa naturel :*

Processus ou phénomène naturel qui peut causer des pertes de vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, des dommages aux biens, la perte de moyens de subsistance et de services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement. La connaissance de l'aléa passe par une analyse de ses spécificités spatiales (dynamique, sa fréquence, son intensité, vitesse, intensité, magnitude...).

#### *Vulnérabilité :*

Susceptibilité d'un système d'enjeux à subir des dommages sous l'action d'un danger. La caractérisation de la vulnérabilité ne fait pas l'objet d'une standardisation dans le domaine de la gestion des risques, la vulnérabilité peut être attachée au degré relatif de perte de valeur de l'enjeu quand il est affecté par un aléa de nature et d'intensités données, elle est généralement exprimée sur une échelle de 0 (pas de perte) à 1 (perte complète). Elle correspond alors au niveau des dommages prévisibles engendrés le phénomène considéré (entre 0 et 100 %).

#### *Enjeux :*

Ensemble des éléments (population, bâtiments, infrastructures, patrimoine environnemental, activités et organisations) pouvant être exposés au danger. Les enjeux sont susceptibles de subir des dommages ou des préjudices. Sous l'effet d'un danger, les enjeux sont définis par leur valeur et leur vulnérabilité, dont la détermination constitue une étape de l'évaluation des risques.

#### *Risque<sup>4</sup> :*

Selon le référentiel **ISO Guide 73 – Vocabulaire du management du risque** –qui a été revu lors du développement de la norme **ISO 31000:2009 – Management du risque — Principes et lignes directrices**, la nouvelle définition abandonne la vision de l'ingénieur (« *le risque est*

---

<sup>4</sup> Définition ISO « risque » Selon le référentiel ISO Guide 73 – Vocabulaire du management du risque [norme ISO/IEC 13335-1 (11/2001)] qui a été revu lors du développement de la norme ISO 31000:2009.

la combinaison de probabilité d'évènement et de sa conséquence ») pour coupler les risques aux objectifs de l'organisation : « **le risque est l'effet de l'incertitude sur les objectifs** ». Dans le langage courant, le risque est « un danger éventuel plus ou moins prévisible »<sup>5</sup> ou « un danger, inconvénient plus ou moins probable auquel ou est exposé »<sup>6</sup>. La définition scientifiquement du risque inclut une double dimension : celle des aléas et celle des pertes, toute deux probabilisées. En conséquence, un risque se caractérise par deux composantes : le niveau de danger (probabilité d'occurrence d'un évènement donnée et intensité de l'aléa) et la gravité des effets ou des conséquences de l'évènement supposé.

***Catastrophe :***

Rupture grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société impliquant d'importants impacts et pertes humaines, matérielles, économiques ou environnementales que la communauté ou la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources.

***Analyse de risques :***

Démarche dont la finalité consiste à identifier la mise en danger (les sources potentielles de dommage) pour estimer les risques. Elle consiste à utiliser l'information disponible pour établir des scénarios résultant de l'occurrence d'un aléa, et déterminer la probabilité et l'amplitude de ses conséquences sur les individus et la population, les biens matériels et l'environnement, du fait des aléas.

***Identification des risques :***

Le processus permettant de trouver, lister et caractériser les éléments du risque. Le processus d'identification des risques considère le système à étudier, ses limites et son environnement. Cela consiste à prendre en compte les fonctions à satisfaire, les menaces et les vulnérabilités comme point de départ pour une analyse plus en profondeur [norme ISO/IEC 13335-1 (11/2001)].

***Evaluation des risques :***

Etape du processus général de gestion du risque, succédant à l'étape d'analyse de risque, au cours de laquelle des valeurs et des jugements intègrent le processus de décision, de manière explicite ou implicite, en prenant en considération l'importance des risques estimés et des conséquences sociales, environnementales et économiques qui leur sont associées. Méthodologie pour déterminer la nature et l'étendue des risques à travers une analyse des risques potentiels et l'évaluation des conditions existantes de la vulnérabilité qui, associées, pourrait affecter les populations, établissements, services, subsistance.

---

<sup>5</sup> Petit Robert ; 1996.

<sup>6</sup> Petit Larousse ; 1997.

***Gestion des risques :***

Approche systémique et pratique managériale pour limiter les dommages et les pertes potentiels : La gestion des risques comprend l'évaluation des risques et leur analyse, ainsi que la mise en œuvre de stratégies et d'actions spécifiques pour les contrôler, les réduire et les transférer. La gestion des risques est une question essentielle pour des secteurs clés tels que l'approvisionnement en eau, l'énergie.

***Réduction des risques :***

L'application choisie de techniques appropriées et de principes de gestion pour réduire soit la probabilité d'occurrence d'un aléa, soit celle de ses conséquences, soit les deux. On emploie aussi parfois le terme de mitigation des risques.

***Mitigation des risques :***

Dans le domaine de la gestion des risques, la mitigation consiste à réduire les dommages afin de les rendre supportables économiquement du moins par la société. En matière de prévention de certains risques naturels, et à la différence des risques technologiques, on verra qu'on ne peut empêcher certains phénomènes de se produire. La mitigation de ces risques est donc l'action qui conduit à réduire l'intensité de certains aléas (inondations, coulées de boue, avalanches...) et la vulnérabilité des enjeux pour faire en sorte que le coût des dommages liés à la survenue de phénomènes climatologiques ou géologiques soit supportable par la société.

***Exposition au risque :***

Qualifie la situation dans laquelle les enjeux sont soumis au danger ou sont susceptibles de subir les conséquences d'un aléa redouté.

***Mesures structurelles/non structurelles :***

*Mesures structurelles* : Toute construction physique visant à réduire ou à éviter les impacts éventuels des aléas, ou l'application de mesures d'ingénierie pour assurer des structures ou systèmes résistants et résilients aux aléas.

*Des mesures non structurelles* : Toute mesure ne comportant pas de construction qui utilise les connaissances et la pratique visant à réduire les risques et les impacts, en particulier par le biais de politiques et de lois, par la sensibilisation du public, la formation et l'éducation.

***Prévention :***

Ensemble d'activités permettant d'éviter complètement l'impact négatif des aléas, et de minimiser les catastrophes environnementales, technologiques et biologiques qui leur sont associées : La prévention (c'est-à-dire la prévention des catastrophes) exprime le concept et l'intention d'éviter complètement les effets négatifs éventuels par le biais de mesures prises à l'avance. Par exemple, les barrages ou les digues, qui éliminent les risques d'inondation,

les études d'ingénierie sismique et qui assurent la survie et la fonction d'un bâtiment en cas de tremblement de terre. Très souvent, l'absence totale de pertes n'est pas possible et la tâche se transforme en mesures d'atténuation. C'est en partie pour cette raison que les termes de prévention et d'atténuation sont parfois utilisés de manière interchangeable.

***Résilience :***

La capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base. La résilience désigne la capacité à "revenir" ou à "rebondir" après un choc.

***Dommages :***

Conséquence d'un événement sur les biens, les personnes et les fonctions d'un système, les dommages peuvent être exprimés en termes humains, financiers, économiques, sociaux ou environnementaux.

***Gravité :***

Mesure de l'intensité des conséquences susceptible de résulter de l'occurrence d'un événement indésirable (ou d'un aléa). La gravité peut aussi être utilisée en phase de prévision : c'est alors une évaluation de l'impact probable du danger.

***Impact :***

Conséquence de l'événement affectant les enjeux, l'impact dépend de l'aléa et de la vulnérabilité des enjeux, dans le domaine des risques, l'impact est en général négatif.

***Fréquence :***

Une mesure de vraisemblance exprimée comme le nombre d'occurrences d'un événement de nature et d'intensité données pendant une certaine durée (par exemple fréquence annuelle) ou rapporté à un nombre donné de tirages [Ref-TC32].

***Intensité :***

Expression de l'amplitude du phénomène menaçant, évaluée ou mesurée par ses paramètres physiques. Elle intervient dans l'évaluation de l'aléa (intensité de l'aléa sismique, intensité du choc d'un véhicule sur un ouvrage...).

***Accident majeur :***

Événement d'importance majeure tel qu'une émission, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours d'une activité entraînant pour la santé humaine ou pour l'environnement. À l'intérieur de la zone d'activité un danger grave, immédiat ou différé par extension, un accident majeur peut caractériser la succession d'événements imprévus

susceptibles de mettre en péril une activité humaine ou avoir un impact socio- économique notable, sans toucher ni à la santé, ni à l'environnement.

## **I.2. Ville et urbanisme : concepts et définitions**

**La ville** : est un milieu physique où se concentre une forte population humaine et dont l'espace est aménagé pour faciliter et concentrer son activité : (habitat, commerce, éducation, politique, culture, etc.) .

**Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU)** : Le PDAU constitue l'instrument de planification urbaine à moyen et à long termes, il représente un document qui fixe les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire d'une commune, d'une partie de commune ou d'un ensemble de communes, notamment en ce qui concerne l'extension de la ou des agglomérations intéressées<sup>7</sup>.

**Le plan d'occupation du sol (POS)** : Le POS fixe de façon détaillée les droits d'usage des sols et de construction, de ce fait, toute implantation de lotissements doit être obligatoirement conforme aux dispositions du POS et aux descriptions du PDAU<sup>8</sup>.

**Le plan d'urbanisme directeur (PUD)** : Le plan d'urbanisme directeur avait un programme général sans détail sa durée est de (20ans), il se basait essentiellement sur les statistiques démographiques (nombre d'habitation), de la structure économique (assure l'équilibre entre le nombre d'habitation et l'offre d'emploi). Il s'intéressait aussi aux surfaces affectées aux activités économiques ainsi que la structure spatiale et le zonage.<sup>9</sup>

**Le plan communal de développement (PCD)** : Son rôle est à l'échelle locale, il a été lancé par le 2<sup>ème</sup> plan quadriennal (1974,1977). C'est un programme financier renouvelable chaque année. Le PCD avait comme objectifs :

- ✚ L'amélioration des équipements sociaux.
- ✚ Le développement de l'agriculture.
- ✚ Le développement de l'industrie.<sup>10</sup>

**Le schéma national d'aménagement du territoire (SNAT)** : Le SNAT initié selon les articles 07 et 08 de la loi n 01-20 du 12 /12/2001, relative à l'aménagement et au développement durable

---

<sup>7</sup> JACQUIGNON L., DANAN Y.-M., Le droit de l'urbanisme, Eyrolles, 6ème éd., 1978

<sup>8</sup> SAIDOUNI M, Eléments d'introduction à l'urbanisme. Edition casbah 2001. P156

<sup>9</sup> NEDJAI F, Les Instruments D'urbanisme Entre Propriétaire Foncier Et Application Cas D'étude : La Ville De Batna, Thèse de Magister, 2012.

<sup>10</sup> Idem 10.

du territoire. Il est établi par l'état pour une période de 20 ans et évalué et actualiser périodiquement tous les cinq ans. Il règle la distribution des activités est du peuplement à travers le territoire national, en visant une distribution équitable des richesses, notamment pour les grandes infrastructures intellectuelles économique, de transport et de communication.<sup>11</sup>

***Le schéma régional d'aménagement du territoire (SRAT) :*** Défini par l'article 03 de la loi 01-20 du 12/12/2001, initié par l'état et approuvé par voie législative pour 20 ans et actualisé tous les cinq ans. Il est l'instrument d'aménagement et de développement durable du territoire à l'échelle inter-wilaya, il concerne un ensemble de wilayas ayant des caractéristiques physiques et des vocations de développement similaires.

***Le plan d'aménagement de wilaya (PAW) :*** Le PAW est un instrument d'aménagement et du développement à l'échelle de la wilaya. Il est initié par l'APW l'étude comprend 03 phases (Evaluation territorial et diagnostic, Schéma prospectif d'aménagement et de développement durable, et plan d'aménagement par aire de planification), il est de ce fait l'instrument phare qui éclaire le pouvoir décisionnel sur le plan des orientations majeurs inhérentes à l'espace micro-régional. Sa position charnière entre les schémas nationaux et régionaux et les plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme lui confère une force d'orientation des efforts locaux puisant dans les directives nationales et régionales et alimentant à son tour les tendances wilayates et communales.<sup>12</sup>

***Le lotissement :*** Contrairement aux zones d'habitat urbaines nouvelles, les lotissements sont caractérisés par un étalement horizontal avec une occupation totale des sols, institués par la loi n 82-02 du 06/02/82 relative au permis de construire et au permis de lotir.<sup>13</sup>

### **I.3. Déclenchement du processus de glissement de terrain et typologie**

Les risques naturels se traduisent par la combinaison entre l'aléa qui est le phénomène naturel potentiel et la vulnérabilité des éléments exposés à ce phénomène, liée à la présence anthropique (Alexander, 2005). Des études menées récemment montrent que les dommages liés aux processus naturels ont augmentés durant les dernières décennies (Crozier et al. 2005 ; Puissant et al. 2006) On pourrait penser que la multiplication du nombre de phénomènes ou l'augmentation de leur intensité est la cause principale de cet accroissement des

---

<sup>11</sup> SAIDOUNI M, Eléments d'introduction à l'urbanisme. Edition casbah 2001, P143

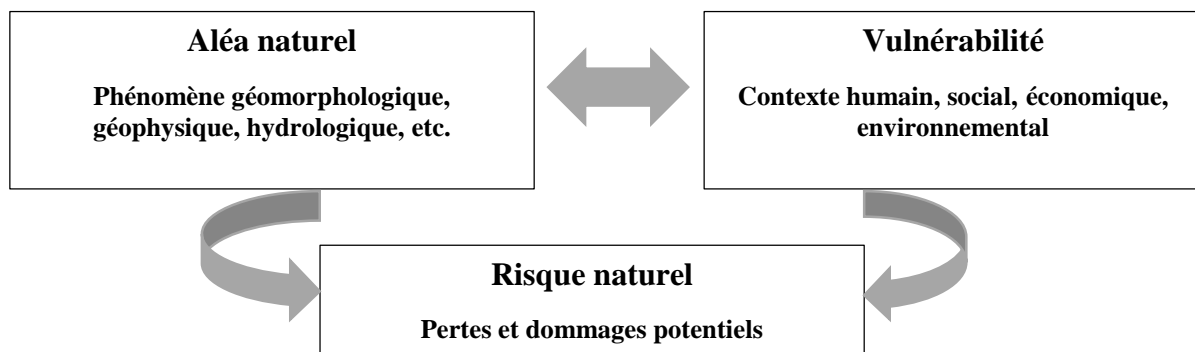
<sup>12</sup> Plan d'aménagement de wilaya (PAW). A.N.A.T. (agence nationale d'aménagement du territoire).

<sup>13</sup> NEDJAI F, Les Instruments D'urbanisme Entre Propriétaire Foncier Et Application Cas D'étude : La Ville De Batna, Thèse de Magister, 2012, P45

conséquences et des préjudices. Cependant, à l'échelle humaine, ces modifications de l'aléa ne sont pas les plus significatives. A l'inverse, la vulnérabilité liée à la présence de l'homme est en constante évolution. L'augmentation du niveau de vie, la densification des infrastructures, l'élargissement des zones habitées ou la mobilité croissante sont autant d'éléments qui rendent la société de plus en plus exposée (Maquaire, 2002). Les glissements de terrain sont des phénomènes géomorphologiques présents dans de nombreuses régions du globe. Ils constituent un risque majeur pour les populations et leurs biens, car ils peuvent engendrer des dommages conséquents et provoquer dans certains cas des catastrophes.

Les volumes de sol mis en jeu sont très variables, ils dépendent de la profondeur de la surface de glissement, allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de profondeur de même pour leurs dimensionnement, ils peuvent aller de quelques dizaines de mètres carrés à des centaines ou milliers de mètres carrés. Ainsi, l'extension des glissements de terrain peut varier du simple glissement de talus très localisé, au mouvement de grande ampleur concernant l'ensemble d'un versant. Les vitesses de déplacements sont lents (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) en comparaison avec des mouvements de terrain rapides et brutaux tels que les chutes de blocs ou les laves torrentielles<sup>14</sup>

Le risque naturel résulte du croisement d'un aléa naturel et d'une vulnérabilité. Le risque "glissement de terrain" est ainsi lié à la fois à la présence d'un évènement ou aléa qui est la manifestation d'un phénomène naturel hydro-géomorphologique, et également à l'existence d'enjeux multiples. (Maquaire et al. 2006) (Voir figure n°6).



*Figure 1 Processus engendrant un risque naturel*

La définition de l'aléa que nous retiendrons est celle donnée par le PPR "Plan de Prévention des Risques" "mouvement de terrain". Un glissement de terrain est un

---

14 Dorine ETIENNE ; 2007. ; Evaluation quantitative et cartographie du risque "glissement de terrain" Application au Bassin de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence - France) Master 2 Mention Géosciences, Environnement, Risque Spécialité "Risques Technologiques et Naturels" - Parcours "Risques naturels" Université Louis Pasteur - Strasbourg 1- France

déplacement généralement lent (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour), sur une pente, le long d'une surface de rupture identifiable, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables. Les profondeurs de glissement peuvent être très variables (MATE/METL, 1999). La caractérisation de l'aléa nécessite de connaître la localisation, la surface ou volume de matériaux mobilisables, le type et la rapidité du phénomène potentiel ainsi que de déterminer la probabilité d'occurrence pour une période donnée (Bonnard et al. 2004).

L'augmentation de la teneur en eau d'un terrain argileux est étroitement liée aux conditions météorologiques : on mit le doigt le plus souvent sur des infiltrations ou des remontées de nappes phréatiques consécutives ou à des précipitations importantes (intenses et/ou prolongées), ou après une période de neige importante auxquelles la fonte des neiges intervient directement dans le processus. Les glissements spectaculaires déclenchés après la vague d'enneigement exceptionnelle de 2004-2005 sont déclarés s'inscrivent dans un contexte particulier à la suite de de la fonte du manteau neigeux exceptionnel qui a couvert tout le bassin de Mila. Trois périodes de neige d'une semaine pour chacune pendant un même hiver ! Si l'on doit le plus souvent attribuer l'augmentation de la teneur en eau d'un terrain à des causes naturelles, il arrive aussi qu'elle soit liée à la présence de l'homme et à ses activités, par exemple en cas de fuites dans les réseaux d'AEP, voire de rupture, de canalisations souterraines, ou de concentration de rejets en eau après une imperméabilisation des surfaces. Ce qui explique de manière catégorique que l'eau est l'élément moteur de déclenchement des glissements de terrain.

Les figures ci- dessous expliquent le processus et quelques conditions ou causes physico-mécaniques responsables du comportement des sols argileux et d'apparitions des glissements de terrain. Les roches et les sédiments peuvent naturellement contenir de l'eau. La place qu'elle occupe dans une masse donnée s'exprime en pourcentage du volume total : c'est ce qu'on appelle la teneur en eau. Il existe des valeurs seuil à partir desquelles les matériaux vont changer de comportement, du fait de la perte de cohésion entre les particules.(voir plus chapitres ) On distingue ainsi :

1. la limite de plasticité, qui désigne la teneur en eau à partir de laquelle une masse solide adopte une consistance comparable à celle d'une pâte et se déforme
2. la limite de liquidité, qui est le pourcentage d'eau au-delà duquel la masse se liquéfie et coule

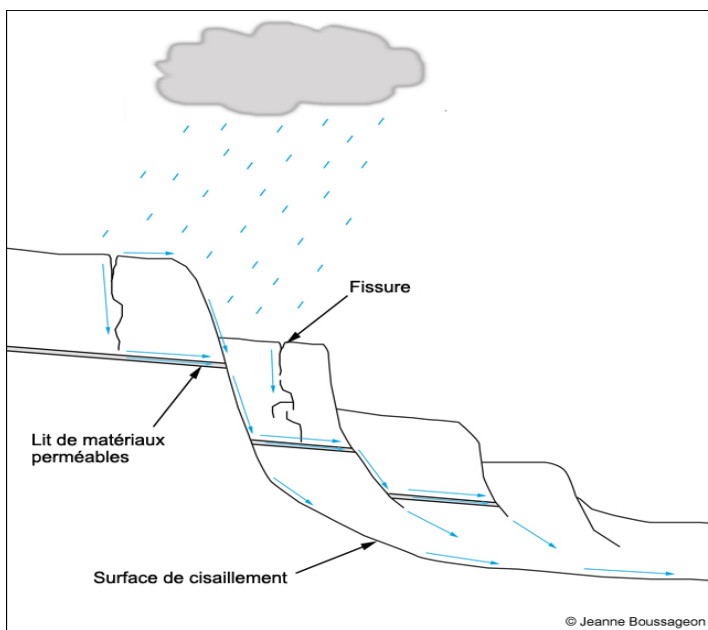
Les terrains argileux peuvent contenir naturellement jusqu'à 30% d'eau et plus. Or leur limite de liquidité est très proche de cette valeur, car elle est estimée à une teneur en eau comprise

entre 32 et 45% environ. Autrement dit, l'infiltration de très faibles quantités d'eau peut parfois suffire à ramollir le sol, voire à déclencher des coulées.

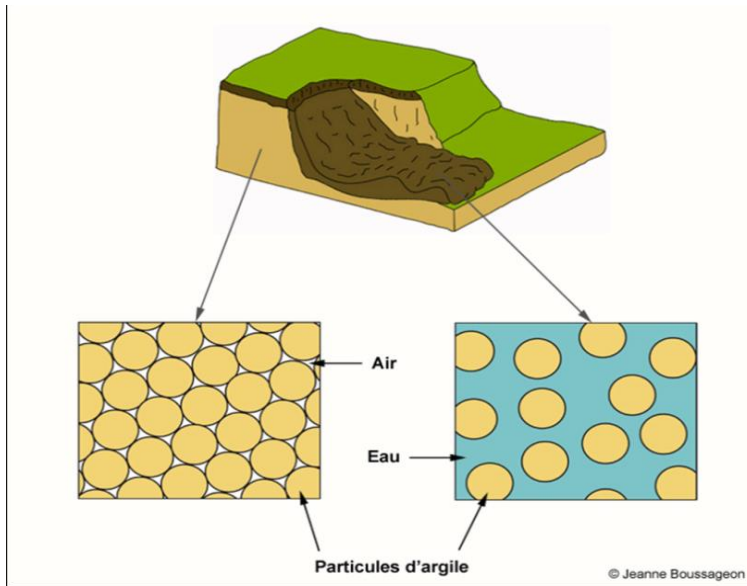
### **I.3.1. Les quatre grandes phases temporelles d'évolution d'un glissement de terrain**

Généralement dans la nature l'évolution des glissements des terrains dépend de certains facteurs physiques inhérents au site qui favorisent l'une phase citées ci-après :

- **Phase 1** : stabilité : le rapport entre les forces de gravité et de cohésion est équilibré
- **Phase 2** : mouvements lents : la perte de cohésion entraîne un déplacement de la masse qui se met à glisser, généralement lentement (de quelques millimètres à quelques centimètres par an), mais qui peut cependant s'arrêter temporairement si les contraintes diminuent ; cette situation peut se maintenir pendant plusieurs années ou dizaines d'années
- **Phase 3** : accélération continue : la contrainte est constante et devient trop importante, si bien que les déplacements s'amplifient
- **Phase 4** : rupture : il y a départ des matériaux à des vitesses parfois très élevées.



Après un événement pluvieux ou neigeux il y a apport considérable d'eau dans le sol ce qui augmente les forces gravitaires ou hydro-dynamiques favorisé surtout par la présence des fissures et des pentes fortes



Un nouveau comportement des sols commence en passant à différents d'un sol argileux : Etat solide ; état plastique ; état liquide c'est la perte de cohésion

**I.3.2. Typologie des glissements de terrain : exemple de quelques cas rencontrés dans la commune de Mila**

La perte de cohésion qui en résulte peut entraîner la formation d'une zone de discontinuité, ou surface de cisaillement, dont la forme peut varier selon la nature des terrains : Une typologie est dressée selon la forme de la surface de rupture .La classification utilisée ici est une version simplifiée pour permettre une meilleure compréhension des phénomènes rencontrés.

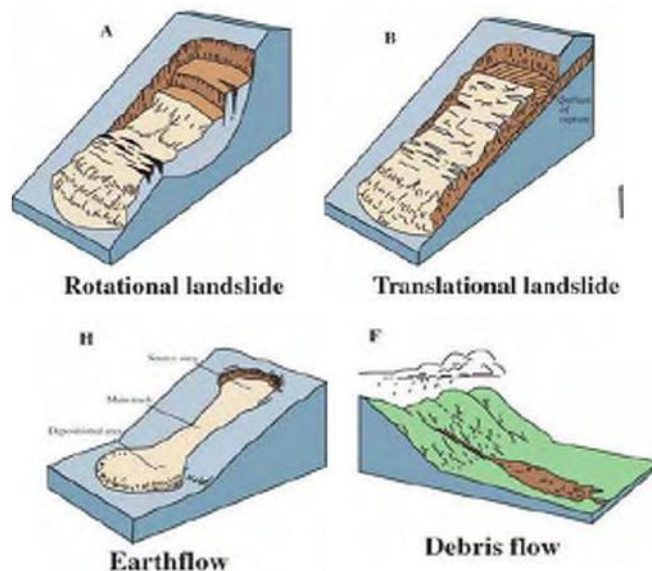


Figure 2 Schéma simplifiant de la typologie des glissements selon la surface de rupture<sup>15</sup>

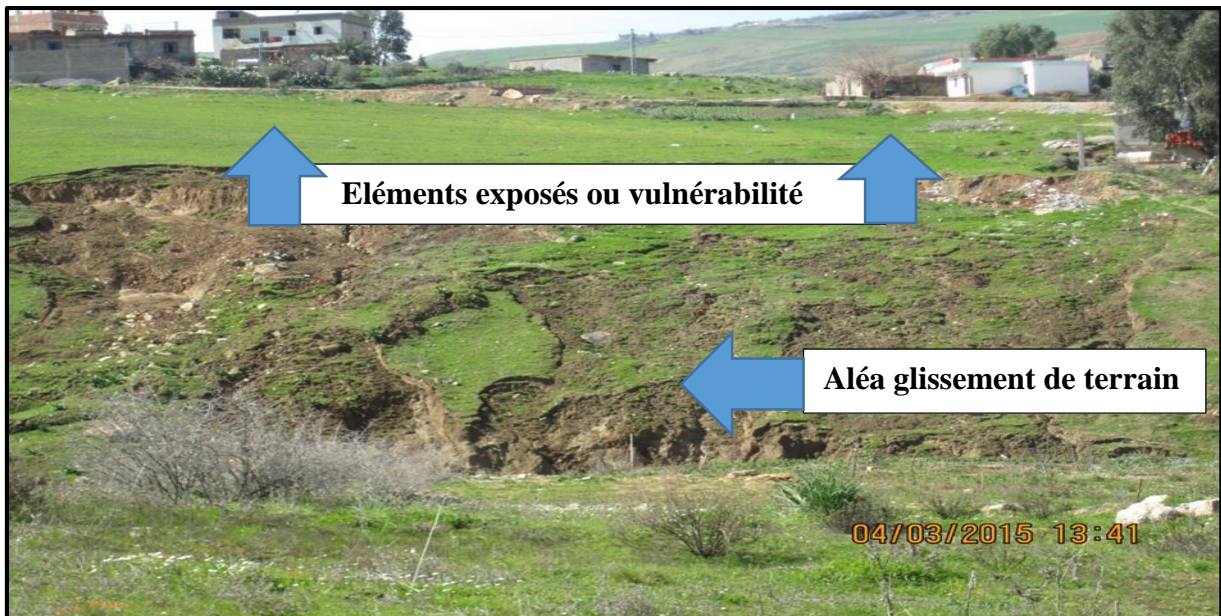
<sup>15</sup> Dorine ETIENNE ; 2007. ; Evaluation quantitative et cartographie du risque "glissement de terrain" Application au Bassin de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence - France) Master 2 Mention Géosciences, Environnement, Risque Spécialité "Risques Technologiques et Naturels" - Parcours "Risques naturels" Université Louis Pasteur - Strasbourg 1- France

- A : Glissement rotationnel
- B : Glissement en plan ou translationnel
- H : Glissement coulée
- F : Glissement torrentielle

***1.3.2.1. Les glissements superficiels par translation ou glissement en plan***

Ces mouvements de pente sont caractérisés par une surface de glissement peu profonde, généralement inférieure à 1,5 mètre, et sont la plupart du temps de faible dimension, soit de quelques dizaines de mètres de largeur tout au plus (photos n°1). Ils n'affectent généralement que le versant lui-même sans en toucher le sommet, mais leurs débris peuvent s'étaler à des distances parfois considérables en fonction de leur consistance à l'état remanié.

Les sols impliqués sont constitués la plupart du temps par la partie superficielle et altérée du dépôt argileux et se limitent parfois au décollement de la couverture végétale. Cette portion superficielle des sols est plus perméable et présente des caractéristiques mécaniques différentes des matériaux intacts situés plus en profondeur. Ce changement dans les propriétés contrôle la majeure partie de la position du plan de rupture qui adopte alors une forme plus ou moins plane parallèle à la pente, ce qui provoque un mouvement des débris par translation.



*Photo 1 Exemple des Glissement par translation, cité Tyayba, limite Nord PDAU -Mila*



*Photo 1 Exemple des Glissement en plan le poteau incliné en témoigne, limite Est PDAU-Mila*

### ***1.3.2.2. Les glissements rotationnels***

Les glissements rotationnels sont plus profonds. Ils sont caractérisés par la forme concave de leur surface de rupture sur laquelle la masse qui glisse subit un mouvement de rotation, d'où leur appellation (voir figure n°7). Ils se produisent généralement dans des sols relativement homogènes pour lesquels il n'existe pas de discontinuité trop marquée qui pourrait contrôler la position de la surface de rupture.

Ces glissements ne sont déclenchés par des variations météorologiques rapides que lorsque leur surface de rupture est relativement profonde, ou lorsque des conditions particulières existent dans la superposition des couches de sol (par exemple, présence d'un lit drainant situé en profondeur et relié plus loin à la surface du terrain). Généralement, le déclenchement de ces glissements nécessite de longues périodes d'alimentation de la nappe d'eau souterraine, comme à l'hiver et au printemps.

### ***1.3.2.3. Les glissements complexes***

Leur surface de rupture représente une certaine complexité entre glissement en plan et glissement rotationnel, une forme chaotique est observée le long du versant traduisant une dynamique conjuguée entre certaines forces hydro-gravitaires opérant parallèlement à la pente mobilisant différentes formations argileuses que ce soit en profondeur ou en surface.

### ***1.3.2.4. Les coulées de boue et les coulées argileuses***

Amorcées par des glissements superficiels ou rotationnels généralement les coulées de boue constituent l'événement post-rupture de ces glissements. Caractérisées par un écoulement presque liquide des débris, elles peuvent prendre des dimensions très variables dépendamment de nombreux facteurs : dimensions du glissement initial, consistance des débris, géométrie

de la pente, position du point d'amorce du glissement, état du sol superficiel et du terrain sur le versant, etc. Cependant, les coulées de boue sont, d'une façon générale, le type le plus fréquent de glissement provoqué par des pluies diluviennes dans le monde. La pente et la bande de terrain située au pied du talus constituent la zone à risque. Lorsque des éléments sont situés dans cette zone, leur vulnérabilité est très élevée.



*Photo 2 Exemple de Coulée boue catastrophique à Taiwan*

Le terme « coulée argileuse » est utilisé un peu abusivement dans la pratique pour décrire tous les mouvements de terrain rétrogressifs, où les débris argileux atteignent par remaniement un état relativement liquide lors de leur déplacement. Bien qu'elles soient très peu fréquentes comparativement à d'autres types de glissement, les coulées argileuses peuvent représenter néanmoins un risque majeur parce qu'elles peuvent affecter de façon subite et rapide de grandes superficies de terrain pouvant atteindre des dizaines d'hectares (voir photo n°2).



*Photo 3 Exemple de coulée argileuse sur un talus de route .Contournement Nord Est Mila*

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

## **Introduction**

La wilaya de Mila est issue du dernier découpage administratif de 1984, elle s'étend sur une superficie totale de 348000 ha, dont 294300 ha sont réservés à l'agriculture soit 85% et les forêts couvrent 33570 ha, soit 10% de la superficie totale de la wilaya situées principalement dans sa limite nord. Administrativement, elle se compose de 13 daïra et 32 communes, sa population s'élève à 780.000 personnes. Le chef-lieu de wilaya se trouve au Nord-Est de la wilaya et occupe une superficie de 130.60 km<sup>2</sup> et concentre une population de 62698 ha. Ce dernier fera notre zone d'étude et plus précisément la partie urbaine et les problèmes liés aux glissements de terrain avec une étude détaillée d'un site qui est la cité des 185 logements. Certainement la présence de ce phénomène hydro-géomorphologie est étroitement lié aux caractéristiques physiques qui particularisent cette zone de bassin. Le rythme d'extension urbaine en est une autre cause qui amplifie ce phénomène.

Certainement les caractéristiques des différents paramètres physico- géographiques à savoir les données climatiques, géologiques, topographiques, géomorphologiques, bioclimatiques orientent de façon permanente la région de Mila à être un bassin à risque de glissement de terrain et surtout ces dernières décennies. L'extension urbaine dans toutes les directions a multiplié le nombre d'éléments exposés et les situations à risque.

## **II.1. Les caractéristiques physico-géographiques de Mila**

### **II.1.1. Situation géographique**

La ville de Mila est située dans l'Est algérien, à environ 391 Km d'Alger au Nord-Est d'Alger, à peu près 80 Km au Sud de Jijel et à une quarantaine de kilomètres au Nord-Ouest de Constantine (voir image n°1). Elle est construite sur un bassin qui fait partie du grand bassin néogène de Constantine, qui correspond à une dépression fermée intra- montagnard, ce bassin est limité au Nord par la chaîne Tellienne, et au sud par les hautes plaines.

On trouve ce dernier divisé en deux par les Monts néritiques constantinois qui donnent la chaîne numidique au Nord. Elle comporte la chaîne de zaiagha au Nord-Ouest, Mssid Aicha au Nord, Sidi Driss jusqu'au col des oliviers (Kentour) au Nord-Nord Est.

Au Sud l'Est nous trouverons Djebel El Ouach et les moles néritiques, pour finir par la chaîne de Chettaba au Sud puis le Mont de Ferdjioua au Sud-ouest. La commune de Mila est située dans le couloir dit « intramontagnard » et s'intègre totalement au bassin du même nom qui est le prolongement du grand bassin néogène de Constantine dans sa partie nord-ouest.



Image 1 Situation géographique de Mila dans un contexte national et international source : Google earth

La commune de Mila est située dans le couloir dit « intramontagnard » et s'intègre totalement au bassin du même nom qui est le prolongement du grand bassin néogène de Constantine dans sa partie nord-ouest. Elle se trouve en contact avec les deux grands ensembles physiques ; la zone montagneuse du nord, maillon de la chaîne numidique et les hautes plaines constantinoises au Sud-Est, cette situation géographique confère à la commune de Mila une position du carrefour d'échange et de transit très dynamique entre le nord montagneux et hautes plaines au Sud-Est et donne à l'agglomération chef-lieu plusieurs atouts pour jouer un rôle moteur dans l'armature urbaine future de la région.

### II.1.2. Cadre administrative

La wilaya de Mila est située au centre d'une vaste Wilaya, dont elle est le chef-lieu et qui est limitée par : (voir image n° 2)

- Au Nord, par la wilaya de Jijel.
- Au Nord-Est, par la wilaya de Skikda.
- A l'Est, par la wilaya de Constantine.
- Au Sud-Est, par la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- Au Sud, par la wilaya de Batna.
- A l'Ouest, par la wilaya de Sétif.



Image 2 Situation administrative de Mila Source : Google earth - l'Est algérien

Quant à la situation de Mila dans sa propre wilaya, elle est limitée par :(voir image n°3).

- Au Nord, par la commune de Grarem et Sidi-Merouane
- Au Sud, par les communes de Sidi-Khelifa.
- A l'Est, par les communes d'Ain-Tinn.
- A l'Ouest, par les communes de Zeghaïa, Ahmed Rachedi et Oued Endja.

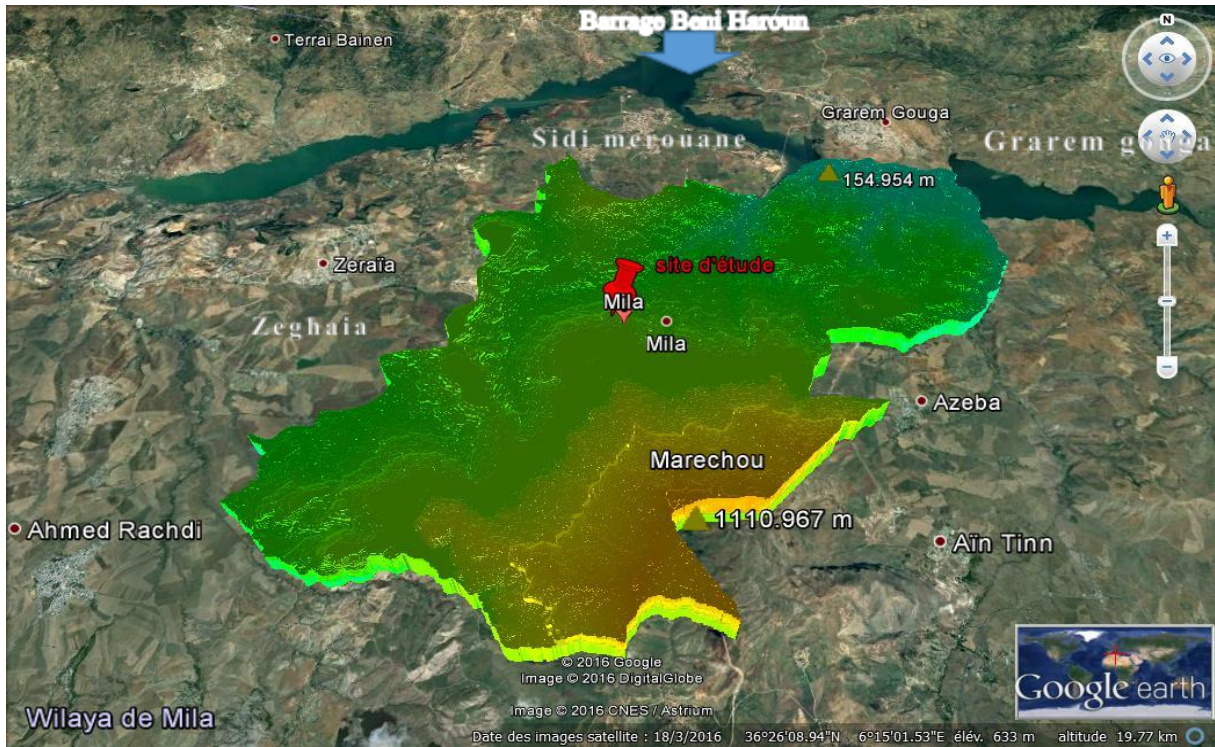
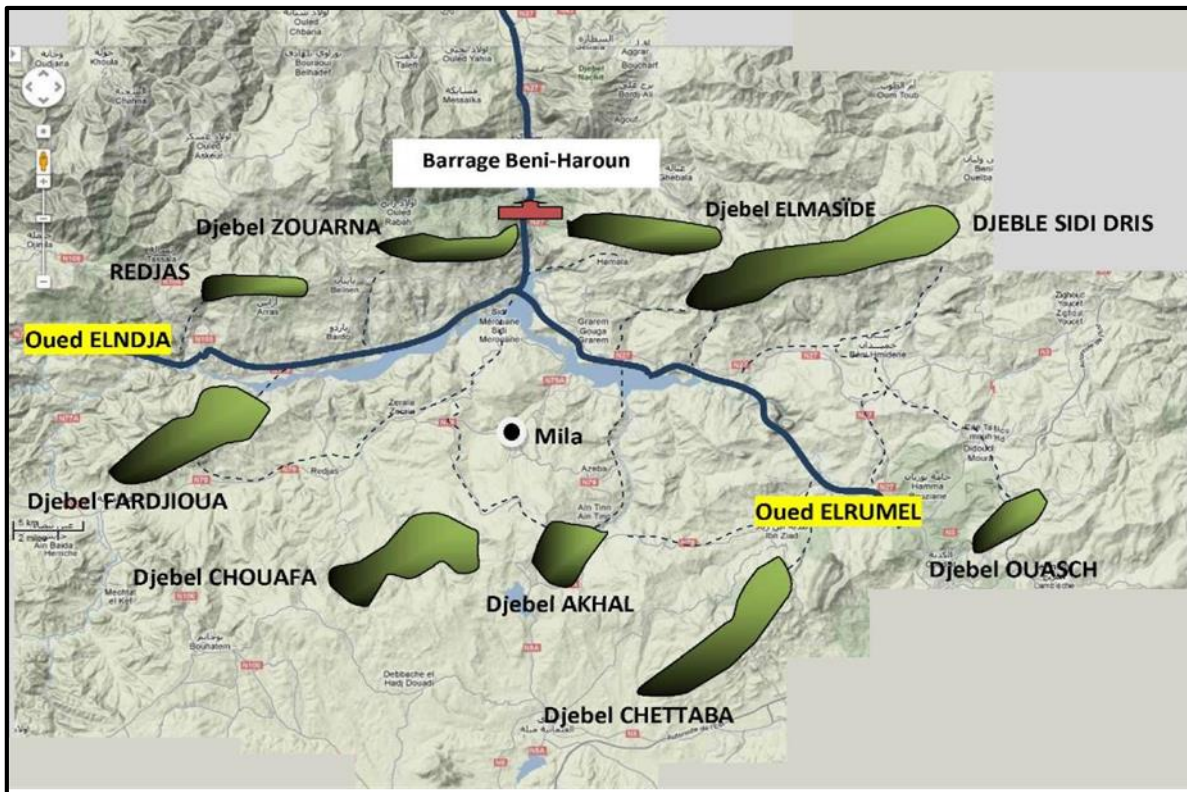


Image 3 Les grands ensembles topographiques commune de Mila Source : Google earth

### II.1.3. Cadre topographique d'ensemble

Le terrain d'étude fait partie du bassin versant Rhumel-Kébir qui appartient à la zone septentrionale du bassin néogène Constantine-Mila, commence de Ain M'Lila jusqu'à Ferjioua, il est entouré par des chaînes de montagne qui sont (voir carte topographiques n°1)

- Au nord limité par la chaîne numidique qui composé de:
  - Djeble Arres (1296 m)
  - Djeble zouargha (1235 m)
  - Djeble msid Aicha (1388 m)
  - Djeble Sidi ldriss (1364 m)
- Au Sud-Est on trouve:
  - Djeble El-Ouach (1282 m)
  - Djeble Chattaba (1316 m)
  - Djeble Lakhhal (1230 m)
- Au Sud-Ouest
  - Djeble Ferdjioua (1081 m)
  - Djeble Chaouafa (09)
  - Djeble Lakhhal (1230 m)



Carte 1 Carte des grands éléments de relief du bassin de Mila, source : carte topographique Constantine au 1/200000 .Source rapport de stage : Barik Djillali avril 2012

#### II.1.4. Cadre géomorphologique et topographique de la ville de Mila et sa périphérie

C'est le cadre morpho-structural qui ceinture toute la zone d'extension du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la ville de Mila. C'est un relief de bas piémont, dominé au Sud par des versants plus ou moins prolongés dépassant des centaines de mètres, ils continuent les prolongements des versants Nord du plateau de Maracho, les altitudes oscillent aux alentours de 1100 à 1200 m ,le degré de pente demeure important par endroit pour dépasser les 25% surtout aux environs du quartier "Chaabat" , lotissement Boulmerka , Ben Mahdjoub et Ben Kara situées dans la zone d'extension Ouest . Ils sont couverts par une couverture argileuse importante, interrompue par des petits affleurements de calcaire à silex par endroits. Les altitudes les plus basses sont recensées au niveau de oued Mila avoisinant les 180m (voir carte n° 1).



*Photo 4 Vue d'ensemble de la ville de Mila*

L'étude du site revêt une importance capitale en urbanisme, dans la mesure où elle ne permet de connaître avec précision les possibilités de constructibilité et d'extension future. Chaque ville possède son propre site, avec ses caractéristiques propres, ordonnant la ville selon des règles naturelles bien établies. C'est la configuration propre des lieux occupés par une ville et qui lui fournit les éléments de la vie matérielle et les possibilités d'extension : ravitaillement en eau, nature du sol et matériaux de construction.

A cette définition jugée restrictive on préfère plutôt celle-là :

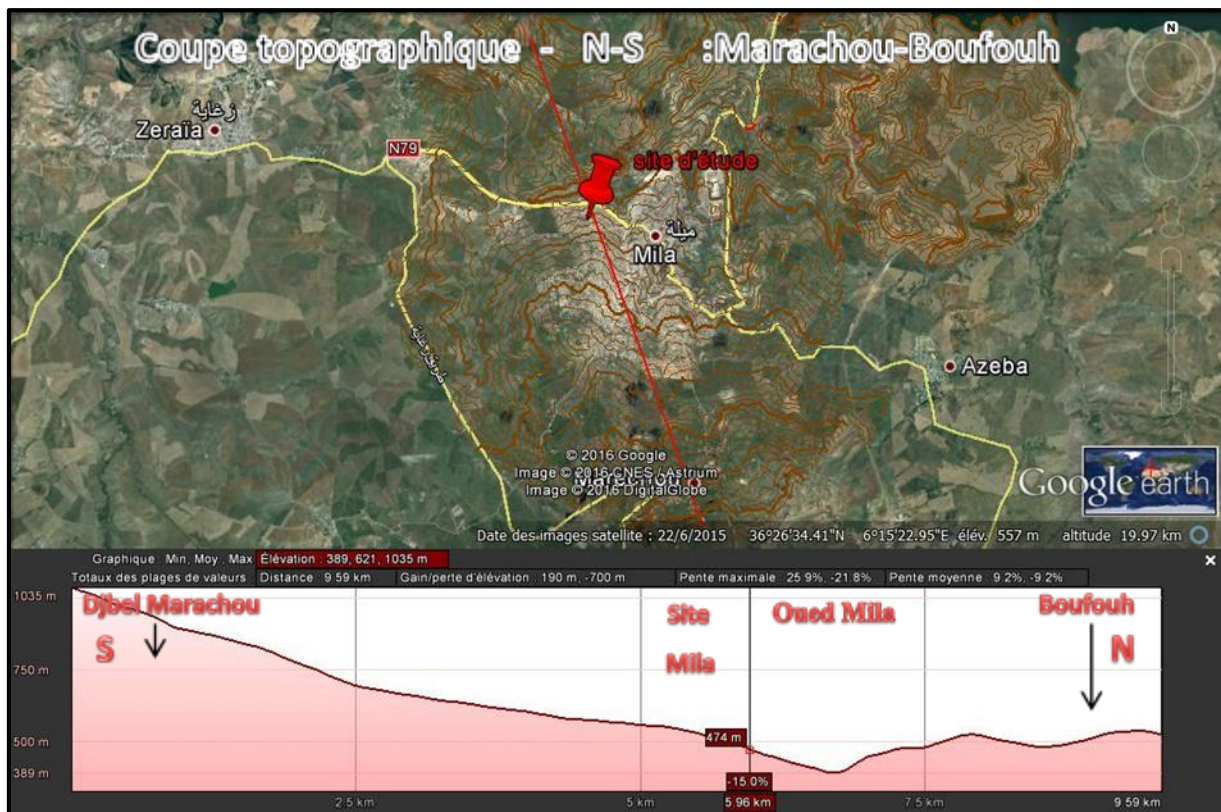
**« Ensembles des faits physique, géologie, relief, climat, hydrologie, sol et végétation, qui constituent le cadre, l'assise d'une ville »<sup>16</sup>**

La ville de Mila est initialement construite sur un replat topographiquement bien marqué au niveau de l'artère principal reliant Constantine à Ferdjioua. C'est le premier berceau qui a donné les premiers noyaux pour les civilisations romaines, bizertines, arabo-musulmanes, françaises. Après l'indépendance, sur les hauteurs et les versants à pentes fortes dépassant les

<sup>16</sup> Pelletier, J. et Delfante, Ch. (1994), *Villes et urbanisme dans le monde*. Paris, Masson (Coll. « Initiation aux études de géographie »), 2e édition, p 16

30% des quartiers périphériques voient le jour à partir des années soixante-dix du siècle dernier et qui continueront jusqu'aujourd'hui. Plus loin encore et à tour d'horizon, des chaînes de montagnes s'imposent pour fermer le relief du grand bassin de Mila (voir carte n°1). Les limites naturelles sont : à l'Ouest et au Nord-Ouest oued Mila, à l'Ouest oued el Kherba, au Nord -Est le forêt d'El Mediouss et Oued el Mkhaued, au Sud l'ensemble montagneux ou plateau de Marachou.

En effet, pour l'architecture urbaine, les pentes sont un atout non négligeable dans la composition d'ensemble intégrés aux sites et dans la création des paysages. Dans la mesure où les pentes individualisent les sites urbain et les différencient de la platitude monotone des sites des plaines marécageuses et du moment que " l'architecture est un jeu de volumes assemblés sous l'effet de la lumière "<sup>17</sup>, les pentes sont recherchés par celle-ci qui permet ainsi de " combiner " entre le jeu formé par les pentes et celui des volumes créés.



*Coupe topographique n° 1 Marachou-Boufouh (Nord/Sud), source Google earth*

Cette topographie a en outre une importance considérable dans le choix d'implantation des villes dans la mesure où elle a des conséquences sur :

<sup>17</sup> Le Corbusier

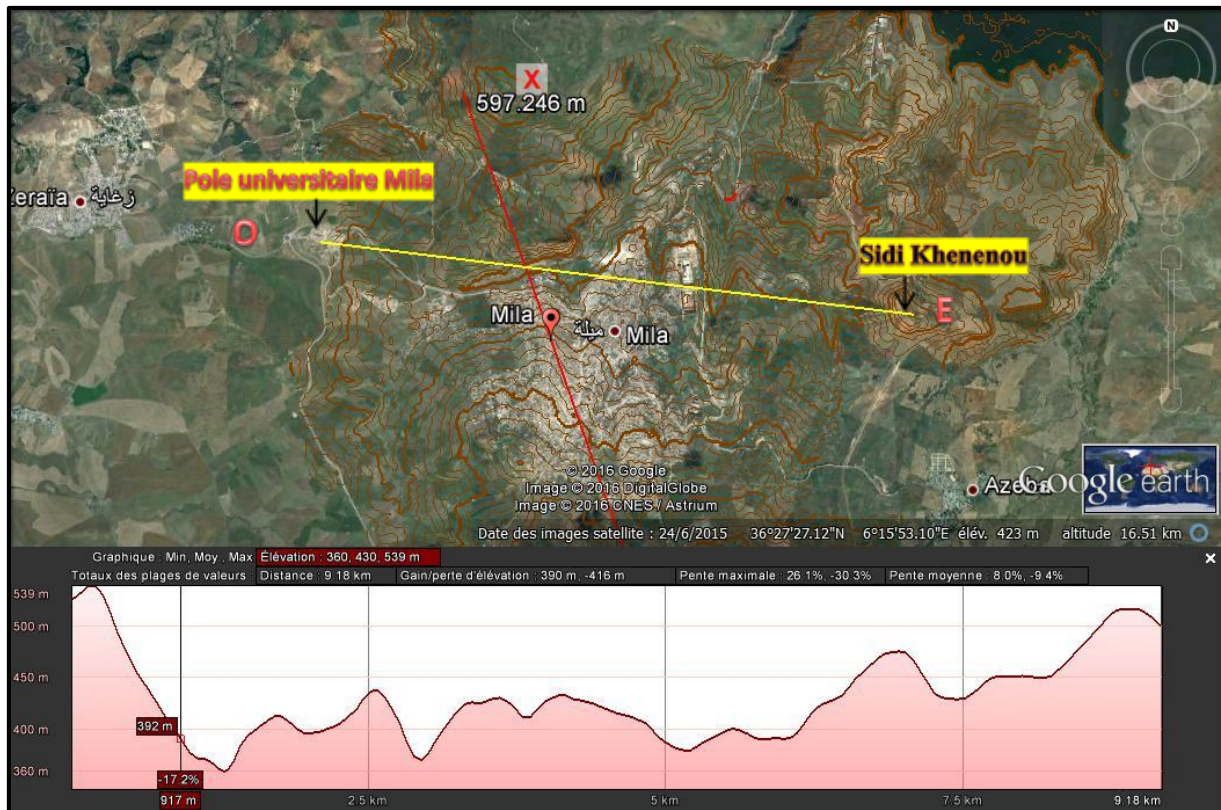
- L'aspect de la ville qui, en règle générale, doit s'adapter dans la disposition des voiries : rues en lacets ou courbes, zonage car les pentes trop raides sont peu, ou pas, utilisées du tout.
- Il est très difficile d'apprécier le coût réel des pentes car les paramètres en cause sont très nombreux, mais il est généralement admis cependant qu'au-delà de 20% les difficultés de l'établissement d'un quartier deviennent prohibitives sur le plan foncier.
- Les contraintes et les dommages générés par endroits aux constructions en pentes

Le traitement architectural est l'un des plus difficiles en urbanisme et les solutions y sont appropriées. Cependant, le site en pente offre une qualité architecturale telle que ce handicap à lui seul peut, s'il est convenablement exploité, donner une image de marque à la ville mais il faut mesurer entre temps les différentes contraintes imposées aux sites

Les différentes classes choisies répondent à certains objectifs et s'adaptent mieux à la réalité du terrain. Le tableau ci-après montre les différentes catégories des classes de pentes retenues et leurs pourcentages respectifs, les pentes supérieures à 12 % occupent presque plus de 60 % de la superficie totale de la zone d'étude ce qui explique parfaitement la corrélation déclivité et déclenchement des mouvements de masse, donc ces données topographiques sont favorables pour tous les processus gravitaires qui trouveront des conditions idéales tels que les glissements de terrains et le ravinement

Classe de pente	Superficie en Km2	Superficie en %	Localisation et répartition
0 - 3	11	16	Au centre et au Nord de la ville de Mila
3 - 12	24	37	Bassin versant d'oued el Kherba RN79 entre oued el Mkhaoed et oued Bordjia à l'Est
12 -25	29	44	La partie Sud la RN 79 jusqu'à la limite Sud du périmètre, versants de O.Mila,O.Bordjia O.Mkhaoed chaabat Messoussa .
25 – 45	2	2	Versants Sidi khenenou, Draa Lahmar, Sidi Boukhzer, Draa el Madiouss. Corniches rocheuses de Marachou.

*Tableau 1 Les différentes classes de pentes en pourcentage*



Coupe topographique n° 2 Pole universitaire Mila- Sidi Khenenou (Ouest/Est), source: Google earth

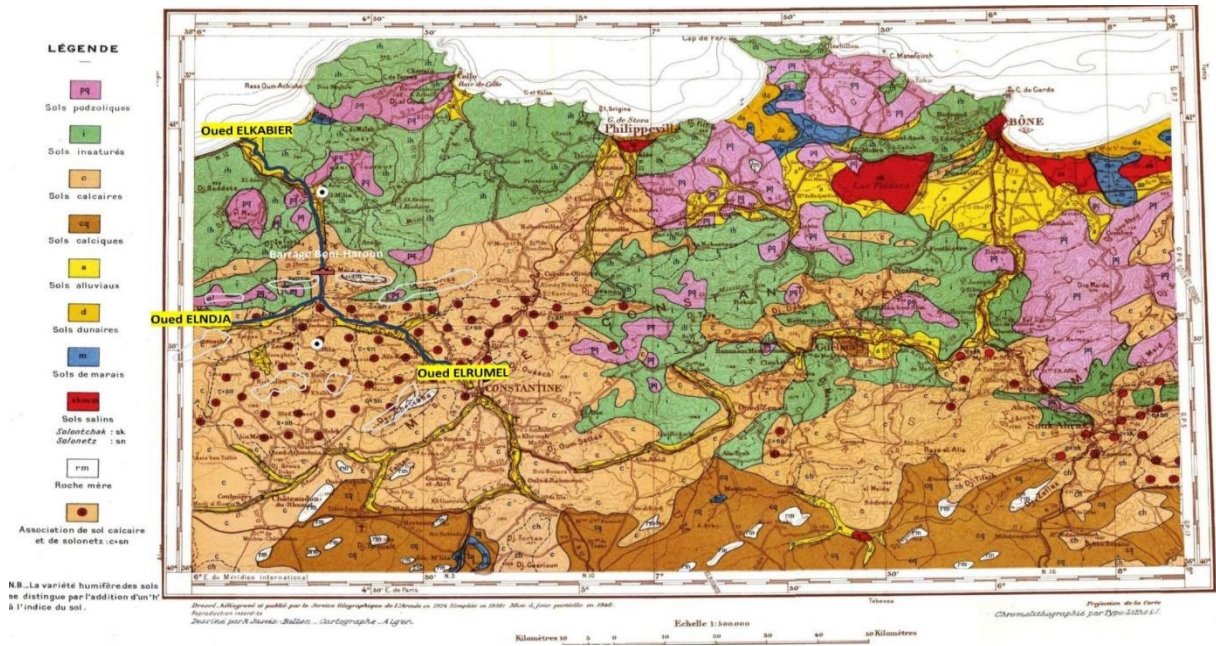
D'autres paramètres physiques géologiques et climatiques définissent cette zone et peuvent jouer un rôle déterminant.

### II.1.5. Cadre géologique et structural

La région d'étude fait partie de l'avant-pays de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale. Elle constitue une zone charnière entre, au Nord, le domaine interne allochtone, caractérisé par des nappes de charriages, à vergence sud, en relation avec une tectonique compressive.

Le bassin néogène de Mila subdivise en quatre grands unités (voir figure n°1) :

- 1) le substratum jurassique
- 2) le trias
- 3) domaine des nappes
- 4) le remplissage poste nappe du bassin qui constitue l'assise géologique de la ville de Mila et de ses communes limitrophes.



Carte 2 Carte des sols de Constantine au 1/200000

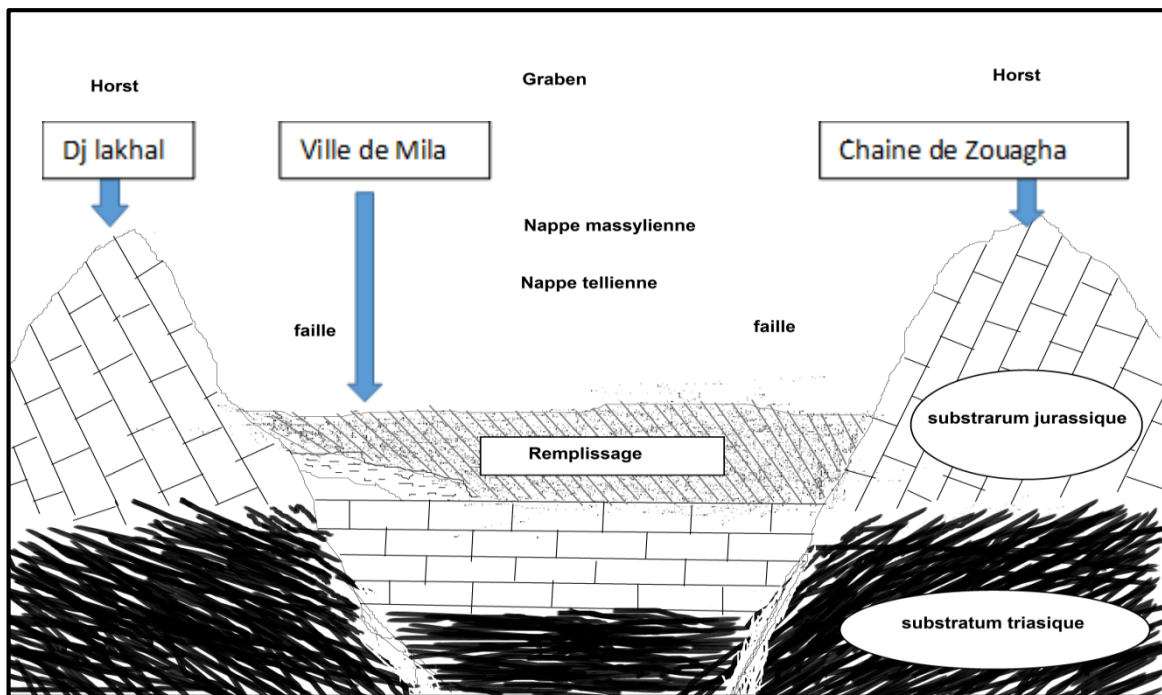


Figure 3 Schémas représentant l'évolution géologique de la région Source : Kacimi said ; avril 2013

**II.1.5.1. Le remplissage post nappe néogène**

On trouve deux séries dans le remplissage qui sont datées de néogène (miocène et pliocène).

**a) La série marine :**

Le remplissage marin a été observé entre oued el Mkhued et Oued el Borjia à l'est de la ville de Mila . Plus à l'ouest les séries marines prédominent en allant vers Zghaia ,Redjas et Ferdjioua plus à l'Ouest . L'image suivante à l'entrée de Zeghaia illustre cet état :



*Image 4 Le remplissage marin*

La série marine due à la transgression marine caractérisé par :

- Les péllites : à la base de la série marine de remplissage on trouve des filets d'argiles noirâtres déposés directement sur les flyschs massyliennes, à l'intérieur des péllites on trouve des fissures remplies de gypse.
- Au-dessus de gisement des péllites on trouve une alternance des marnes grises bleues et des grès.

**b) La série continentale :**

Au niveau de oued Mila se situe la base de la série de remplissage continentale qui est datée de Valézien et se caractérise par la série stratigraphique suivante ; Une intercalation des conglomérats fins et des conglomérats grossiers de couleurs rougeâtres et d'une matrice argileux-sableux.

- Surmontée par un dépôt gréseux (marne).
- Au-dessus de dépôt gréseux on trouve les argiles de Sidi Khnenou de couleur rouge.
- Surmonté par les calcaires lacustres de Sidi Merouane.

➤ Au sommet on trouve les argiles de Smendou.

**c) Les formations quaternaires**

Les terrains se rapportant au quaternaire sont variés, donnés essentiellement par des accumulations de galets et blocs de tailles variables, atteignant parfois plusieurs mètres, noyés dans des masses argileuses sans aucune stratification visible ; parfois éparpillés surtout au pied des versants des hauteurs de Marachou et Ouled Bouhama . Ils prennent parfois un certain alignement qui témoignent une certaine typologie de coulés boueuses, parfois avec un aspect chaotique exprimant des mises en places lors des épisodes humides du quaternaire très agitées. S'ajoutent aussi la formation de bons sols généralement argileux bien évolués de couleur noirâtre à brunâtre.

Ce qui nous intéresse, c'est la nature lithologique des différentes formations géologiques dominantes et leurs propriétés, mécanique, minéralogique et géotechniques (voir troisième partie) qui interviennent dans l'évolution générale de la zone.

Le tableau suivant exprime les répartitions des différents faciès rencontrés.

<b>Faciès rencontrés</b>	<b>Nature du faciès</b>	<b>Pourcentage</b>
Calcaires lacustres	Dure	20
Grés et conglomérats	Moyen	10
<b>Argiles ou pélites de Mila</b>	<b>Tendre</b>	<b>68</b>
Alluvions de terrasse	Tendre	2

*Tableau 2 Répartition et pourcentage des différents faciès rencontrés*

Les données géologiques sont la base de toute étude pour tous projets de construction, d'aménagement ou autre. 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 du développement future de la ville.

De façon générale, le classement des zones urbanisables a Mila s'établit comme suit :

**I** sols constructibles

**II**- sols moyennement constructibles

**III**- sols constructibles sous conditions

**IV**- sols inconstructibles

a. *Sols constructibles (catégorie I).*

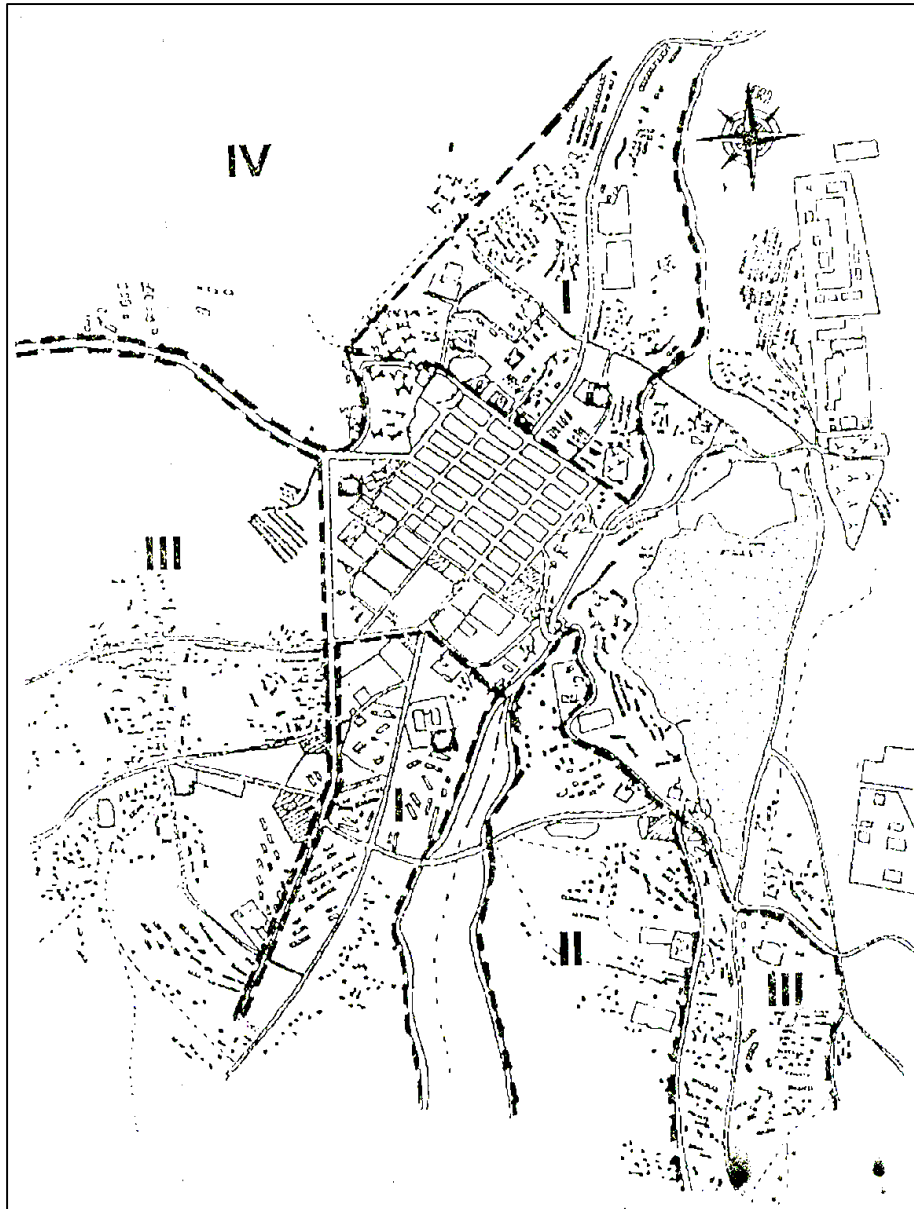
Ce sont tous les terrains situés sur les argiles mi-pliocènes des terrains se trouvant dans l'environnement immédiat de la ville, s'étalant du Sud au Nord. Ces terrains présentent des pentes inférieures à 5 % (à 12 %) et une portance allant jusqu'à 1,8 kg/cm<sup>2</sup>, pouvant ainsi supporter des immeubles de 4 à 5 niveaux (voir carte n°3).

b. *Sols moyennement constructibles (catégorie II) :*

Terrains composés d'argiles mi-pliocènes et de blocs calcaires, avec cependant présence souterraine d'eau à une profondeur n'excédant pas deux mètres. Ces terrains sont situés au Sud-Est de la ville et présentent des pentes variant entre 5 à 15 % et ont une portance pouvant aller jusqu'à 1,5 kg /cm<sup>2</sup>, pouvant ainsi supporter des constructions de 3 à 4 niveaux, nécessitant cependant un drainage périphérique pour la protection contre les eaux souterraines.

c. *Sols constructibles sous conditions (catégorie III) :*

Terrains composés d'argiles mi-pliocènes et calcaires en blocs recouverts de limon et d'argile grise, atteignant jusqu'à 2.00 m de profondeur avec présence d'eau à 1.00 m de profondeur en plusieurs endroits. Ces terrains situés à l'ouest de la ville, présentent des pentes variant entre 15 et 25 % et ont une portance ne dépassant guère de 0,8 kg /cm<sup>2</sup>. Ils peuvent ainsi supporter des constructions n'excédant pas deux à trois niveaux, mais en prenant soin de garantir une stabilisation des pentes, avec construction de murs de soutènement, ainsi qu'un drainage périphérique systématique pour la protection contre les eaux superficielles, provenant des précipitations, mais aussi contre, les eaux souterraines se trouvant à faible profondeur.



Carte 3 Cadre géologique et géotechnique de Mila Echelle : 1/14000 source : thèse Maich

d. Sols inconstructibles (catégorie IV) :

Terrains affectés de glissements apparents sur pentes assez raides. Ils sont constitués d'argiles calcaires en blocs localement déplacés. Les dépôts colluviaux des ont une épaisseur de 2à3m. Ces terrains situés au nord-ouest de la ville. Présentent des pentes supérieur à 25 % et ont une portance assez faible ne dépassant guère  $0,4\text{kg}/\text{cm}^2$ , ce qui rend tout projet de construction très difficile.

Néanmoins, et si des précautions spéciales sont prises (drainage, fondation spéciale), des constructions pourraient être tolérées, mais leur coût serait important .cette zone pourrait éventuellement être aménagée cependant pour les loisirs.

À ce stade de l'étude, il serait bon de remarquer que la présence de gros blocs de calcaire, constatés dans le sol, pourrait inciter à utiliser la pierre dans les constructions et on se demande, à juste titre, que si toutes les civilisations passées dans la ville ont utilisé ce matériau de choix dans la construction de la ville antique Pourquoi les constructeurs de la ville ne l'utilisent plus ? Etant donnée sa grande disponibilité, les avantages tant physiques et économiques ou architecturales sont si grands qu'il serait plus que bénéfique d'y investir. Le calcaire grossier est connu pour être une excellente pierre à bâtir.

Les argiles de la région ont tellement servi, par le passé, de matériaux pour la fabrication de tuiles et de brique dont la vieille ville coloniale, et mêmes les anciennes demeures des quartiers périphériques, sont pourvues, et il serait tout aussi profitable de réactiver cette filière. Il est à rappeler aussi que l'utilisation de ces matériaux « nobles », et qui plus est, abondent dans la région, donnerait un cachet particulière à la ville et constitue un atout majeur pour son développement futur.

À titre d'exemple, et jusqu'à l'apparition relativement récente du béton, les villes en brique sont sûrement les plus nombreuses dans le monde<sup>18</sup>

#### **II.1.6. Analyse climatique**

Les phénomènes climatiques sont moins visibles dans la ville parce qu'ils interviennent essentiellement au second degré, mais leurs conséquences sur les plans et les dispositions dans les architectures urbaines jouent un rôle primordial. Généralement, le climat de Mila est sub-humide ; les pluies sont irrégulières mais relativement abondantes, de même les températures ne dépassent guère la moyenne nationale.

Notre étude des différents paramètres climatiques est basée sur la collecte des informations recueillies essentiellement aux prés de l'agence nationale des ressources hydriques, direction régionale de Constantine (ANRH). Les trois stations retenues se situent entre 15 et 35Km plus à l'Ouest de notre zone d'étude .Elles sont fonctionnelles depuis une trentaine d'années, leurs coordonnées sont les suivantes :

---

<sup>18</sup> Pelletier, J. et Delfante, Ch. (1994), *Villes et urbanisme dans le monde*. Paris, Masson (Coll. « Initiation aux études de géographie »), 2e édition, p 17

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)
		X (m)	Y (m)	
Redjas	100201	712	357.45	300
Mechtat Ouled Seradj	100206	800	360.3	350
Fedj Mzala	100203	791.2	350	580

Tableau 3 Coordonnées des stations pluviométriques retenues

Actuellement on note aussi la présence d'une nouvelle station à l'intérieur de la ville de Mila, elle est opérationnelle depuis 10 ans seulement, ce qui limite sa représentativité. Les différents paramètres climatiques retenues et analysés sont les précipitations, les températures et l'enneigement d'autres facteurs seront mentionnés brièvement.

### II.1.6.1. Les précipitations

#### a. Les moyennes annuelles des précipitations

A partir des données indiquées par le tableau suivant on s'aperçoit qu'une petite variabilité existe d'une station à une autre pour la lame des précipitations enregistrées pour le cumul des moyennes annuelles pour la période 1980-2006, elles sont réparties comme suit :

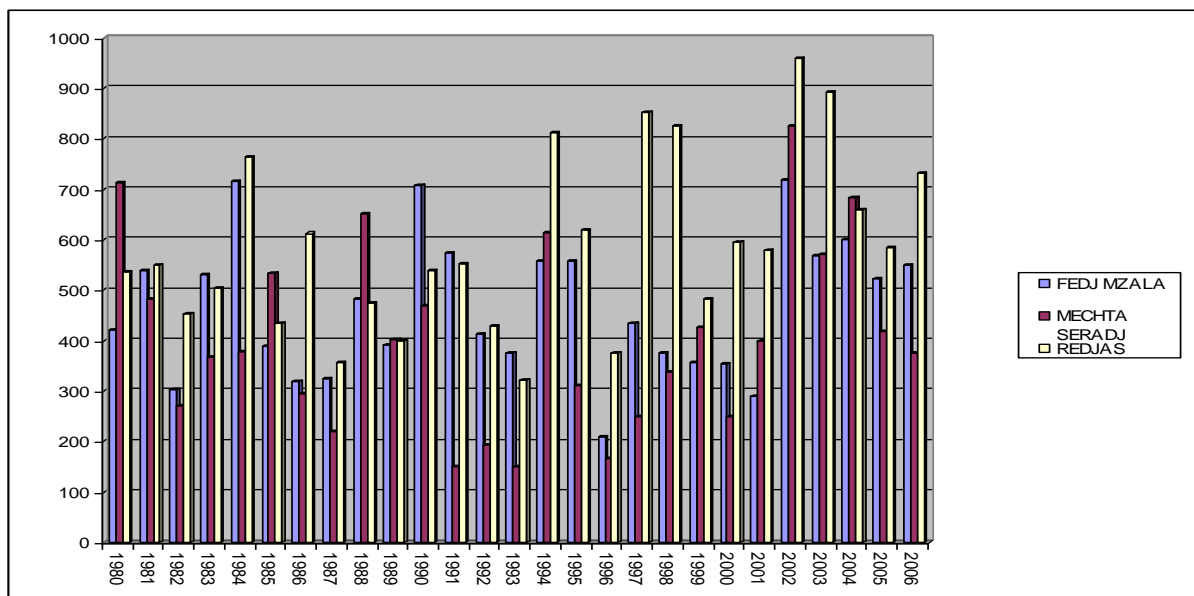


Figure 4 Moyennes annuelle des précipitations (1980 - 2006)

La moyenne annuelle pour la station de Fedi Mzala est de 466 mm, pour la station de mechtat Ouled Seradj est de 406 mm, tandis qu'à la station de Redjas, elle est située à quinze kilomètres plus à l'Ouest de la limite administrative de la commune de Mila, le total des moyennes annuelles est de 588 mm, donc une augmentation de plus de 182 mm.

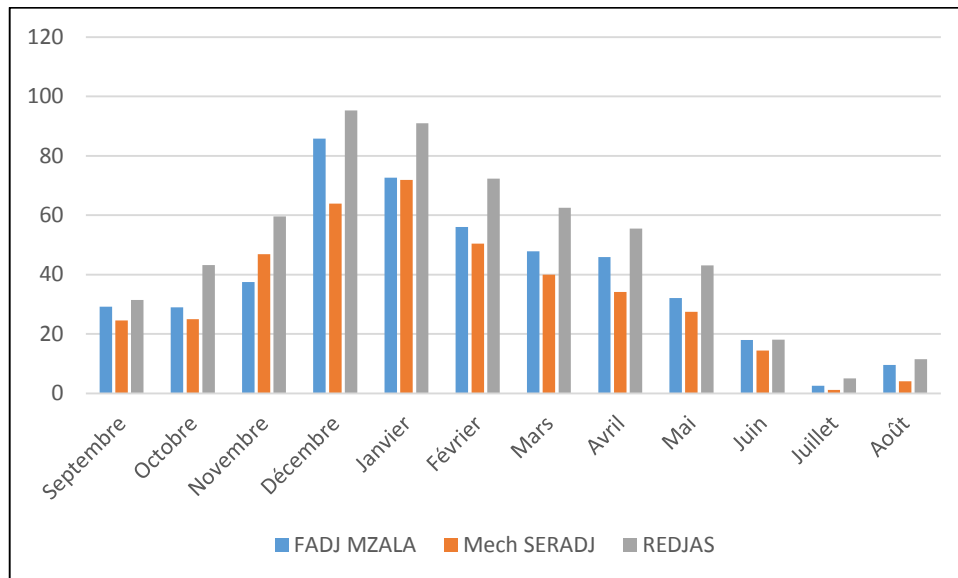
<b>ANNEE</b>	<b>FEDJ MZALA</b>	<b>MECHTA SERADJ</b>	<b>REDJAS</b>
1980	422,30	711,70	534,90
1981	538,50	481,80	549,60
1982	302,30	271,40	453,10
1983	531,00	366,90	503,60
1984	715,00	377,50	764,50
1985	388,00	532,50	435,60
1986	318,50	295,70	612,50
1987	325,50	220,90	355,60
1988	483,20	652,00	475,30
1989	392,80	403,50	400,70
1990	708,50	468,40	538,90
1991	572,50	149,70	551,00
1992	413,00	192,80	429,60
1993	375,50	150,40	322,50
1994	557,60	614,00	812,20
1995	556,60	310,70	618,50
1996	210,50	167,00	375,40
1997	435,50	248,50	853,40
1998	375,00	337,00	824,10
1999	357,30	425,20	481,60
2000	354,00	249,90	593,90
2001	291,00	400,30	579,18
2002	719,00	826,60	958,30
2003	569,40	571,50	893,00
2004	600,10	684,40	658,10
2005	523,20	418,50	584,40
2006	550,50	374,70	732,90
<b>TOTAL</b>	12 586,30	10 903,50	15 892,38
<b>MOYENNE</b>	466,16	403,83	588,61
<b>Moyenne région</b>	486,20 mm		

*Tableau 4 Répartition annuelle des précipitations (1980-2006)*

**b. Les moyennes mensuelles des précipitations**

La répartition des moyennes mensuelles pour la période évoquée exprime des graphes ou histogrammes en forme pyramidale (voir figure n°8), avec des pics bien apparents répartis entre les deux mois de décembre et janvier avec des maximums enregistrés par la station de Redjas 95.25 mm et 90.97 mm sont répartis entre les mois de décembre et janvier, suivie des données de la station de Fedj M'zala avec 85. 80 mm et 72.63 mm pour les deux premiers mois

d'hiver. Les valeurs de la station de mechtet Olued Seradj viennent en dernier lieu avec des valeurs respectives de 63.90 mm pour le mois de décembre et 71.87 mm pour le mois de janvier (voir tableau n° 5).



*Figure 5 Répartition mensuelle des précipitations (1980-2006)*

Station mois	FADJ MZALA	Mech SERADJ	REDJAS
<b>Septembre</b>	29,21	24,60	31,49
<b>Octobre</b>	29,00	24,98	43,19
<b>Novembre</b>	37,54	46,84	59,61
<b>Décembre</b>	85,80	63,90	95,25
<b>Janvier</b>	72,63	71,87	90,97
<b>Février</b>	55,98	50,46	72,31
<b>Mars</b>	47,87	39,92	62,51
<b>Avril</b>	45,89	34,10	55,44
<b>Mai</b>	32,07	27,50	43,14
<b>Juin</b>	18,00	14,39	18,07
<b>Juillet</b>	2,56	1,18	5,09
<b>Août</b>	9,60	4,12	11,54
<b>Module annuel</b>	<b>466,16</b>	<b>403,83</b>	<b>588,61</b>
<b>Module mensuel</b>	<b>38,85</b>	<b>33,65</b>	<b>49,05</b>

*Tableau 5 Moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles (1980 - 2006)*

*II.1.6.2. La température*

Année	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy annuelle
2000	8,00	8,00	9,50	17,98	21,53	23,89	22,65	29,18	24,76	18,55	14,85	11,70	17,55
2001	10,39	9,94	16,70	14,75	18,92	25,73	28,75	28,55	23,69	20,25	20,10	12,75	19,21
2002	12,00	11,42	13,68	16,01	20,76	26,77	27,06	27,00	23,65	20,73	14,98	12,21	18,86
2003	7,51	8,19	13,25	15,93	19,38	27,74	30,08	30,73	24,13	21,02	15,20	9,68	18,57
2004	10,57	12,51	13,77	14,90	18,12	24,28	28,55	30,24	25,20	22,85	13,31	10,76	18,76
2005	7,79	7,33	13,93	16,07	22,45	26,78	29,54	27,74	24,66	21,45	14,83	10,13	18,56
2006	8,67	11,25	16,35	20,62	24,93	28,69	27,00	27,00	22,25	17,40	14,00	9,75	18,99
2007	13,43	14,41	12,10	16,34	20,28	25,07	28,66	28,89	24,85	20,09	13,84	10,18	19,01
T° <sub>moy</sub>	9,80	10,38	13,66	16,58	20,80	26,12	27,79	28,67	24,15	20,29	15,14	10,89	18,69

*Tableau 6 Station de Mila : Moyennes Mensuelles et Annuelles des températures période (2000-2007)*

Les températures ont une influence directe et générale dans une ville, lorsqu'elles sont extrêmes, dans la mesure où elles influencent les matériaux de construction, sur le phénomène de retrait des argiles avec des fissures apparentes sur différents sols de la région, aussi sur les murs des maisons. Les influences de la chaleur sont cependant bien évidentes que ce soit pour le cadre bâti ou bio-végétal de cette zone.

Un deuxième paramètre qui nous aide à mieux définir le type de climat de cette région, les données relatives à ce facteur température ont été relevées à partir de la station de Mila sur une période courte (2000-2007), mais elles peuvent être représentatives quand même. Les moyennes inter- annuelles pour cette période oscillent entre 17.55 C° et 19.21 C° soit une moyenne de 18.69 C°, ce qui exprime un climat relativement doux (voir tableau précédent). Ces moyennes inter- annuelles n'expriment en rien la réalité des écarts saisonniers et mensuels, si on se réfère aux données du tableau précédent relatif aux moyennes mensuelles des températures, on s'aperçoit qu'un grand contraste saisonnier existe réellement entre un été sec et chaud qui s'étale sur presque quatre mois (juin à septembre), le mois le plus chaud est par excellence le mois d'août où tous les maxima sont enregistrés et qui dépassent parfois les 40 C°.

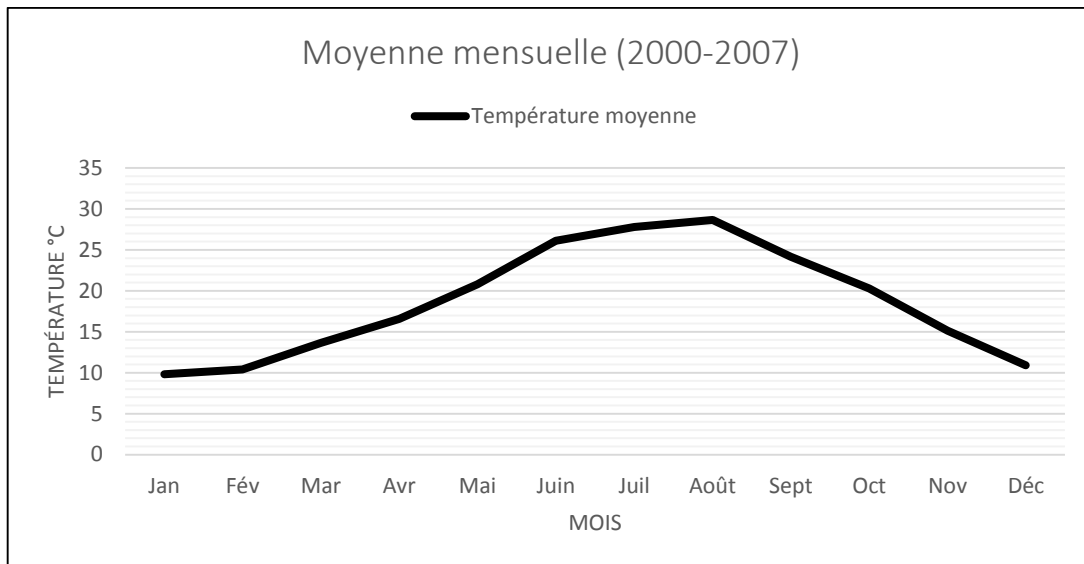


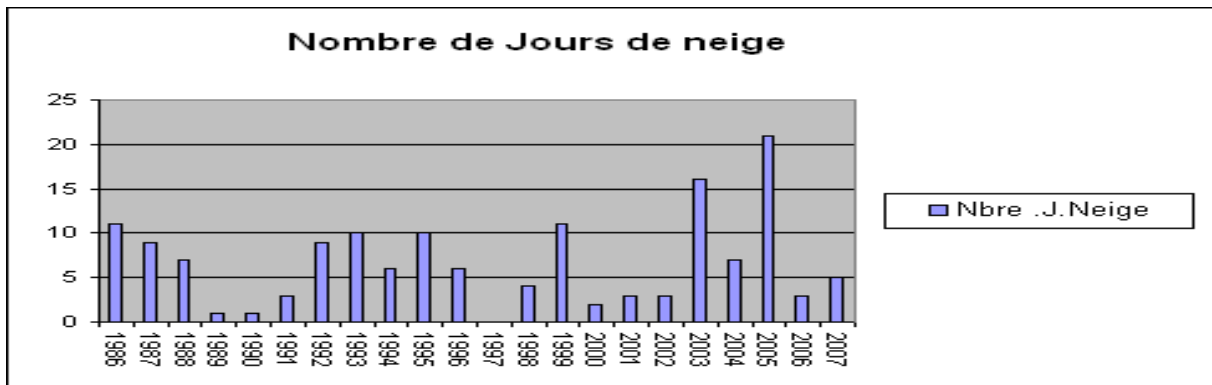
Figure 6 Moyennes mensuelles des températures (2000-2007) (Source : A.N.R.H Constantine)

Par opposition à cette saison, on remarque un hiver froid qui spécifie globalement les mois de décembre, janvier et février où les températures les plus faibles sont enregistrées, elles sont généralement comprises entre 7.33C° et 13C°, les minima atteignent le zéro et parfois moins. Ce dénote cette irrégularité pour ces trois mois d'hiver d'une année à une autre, l'exemple des années 2001, 2002, 2004 et 2007 où les températures sont anormales par rapport à la moyenne des autres années pour la même saison ce qui montre les caprices et les irrégularités du climat méditerranéen.

### II.1.6.3. L'enneigement

L'enneigement constitue un paramètre climatique important par le nombre de jours de neige et les conséquences qui en résultent. La fonte des couches de neiges sera transformée en un grand apport hydrique très important qui sert à l'alimentation directe des nappes en augmentant ainsi les réserves hydriques de la région surtout le secteur de Marachou, les fluctuations des niveaux piézométriques de la zone sont en étroite dépendance avec ces apports. Les épaisseurs des couches de neiges enregistrées relatives à la période hivernale de 2005 sont exceptionnelles qualifiées de centennales et d'après les témoignages des personnes très âgées de la localité. Elle restera sans doute une année de référence dans les annales climatiques. Les couches de neiges dépassant les 1.5 ou 2 mètre par endroit, si on parle d'une moyenne, on peut estimer à 0.50 m comme épaisseur moyenne à l'échelle de toute la région (voir figure n°5). Ces grandes quantités de neige tombées ; répétées trois fois pour ce même hiver 2004. 2005, réparties sur les trois mois de décembre, janvier, février ; presque de même durée et de même intensité. Les conséquences directes ont été imminentes sur tout le paysage géomorphologique de la région. Des signes de ruptures, d'instabilités et d'endommagements ont été observés

partout à l'intérieur comme à l'extérieur du périmètre urbain. Les habitations, les routes, divers réseaux gaz, électricité, alimentation en eau potable ont été sérieusement affectés par endroits (voir figure ci-après),



*Figure 7 Nombre de jours d'enneigement pour Constantine et ses environs.*

Toutes les formes et les modalités de circulations des eaux en milieu poreux sont permises pour arriver au stade final de sursaturation voir un état liquidité .Les différentes formations superficielles ont été soumises à des grandes contraintes hydriques pour atteindre des comportements rhéologiques extrêmes.

A ce stade finales plusieurs lois hydromécaniques interviennent surtout si les caractéristiques minéralogiques et géotechniques des différentes formations superficielles interviennent favorablement. (Ces différentes relations feront l'objet d'une étude détaillée dans le troisième chapitre). Le témoignage recueilli sur place auprès des citoyens confirme cette corrélation entre cette vague nivale et le déclenchement de toutes les instabilités. Ces conditions météorologiques sont responsables de la majorité des désordres enregistrés à travers plusieurs sites affectant routes, logements et autres infra structures socio-économiques



*Photo 5 Enneigement du 28/01/2005 centre-ville Mila*

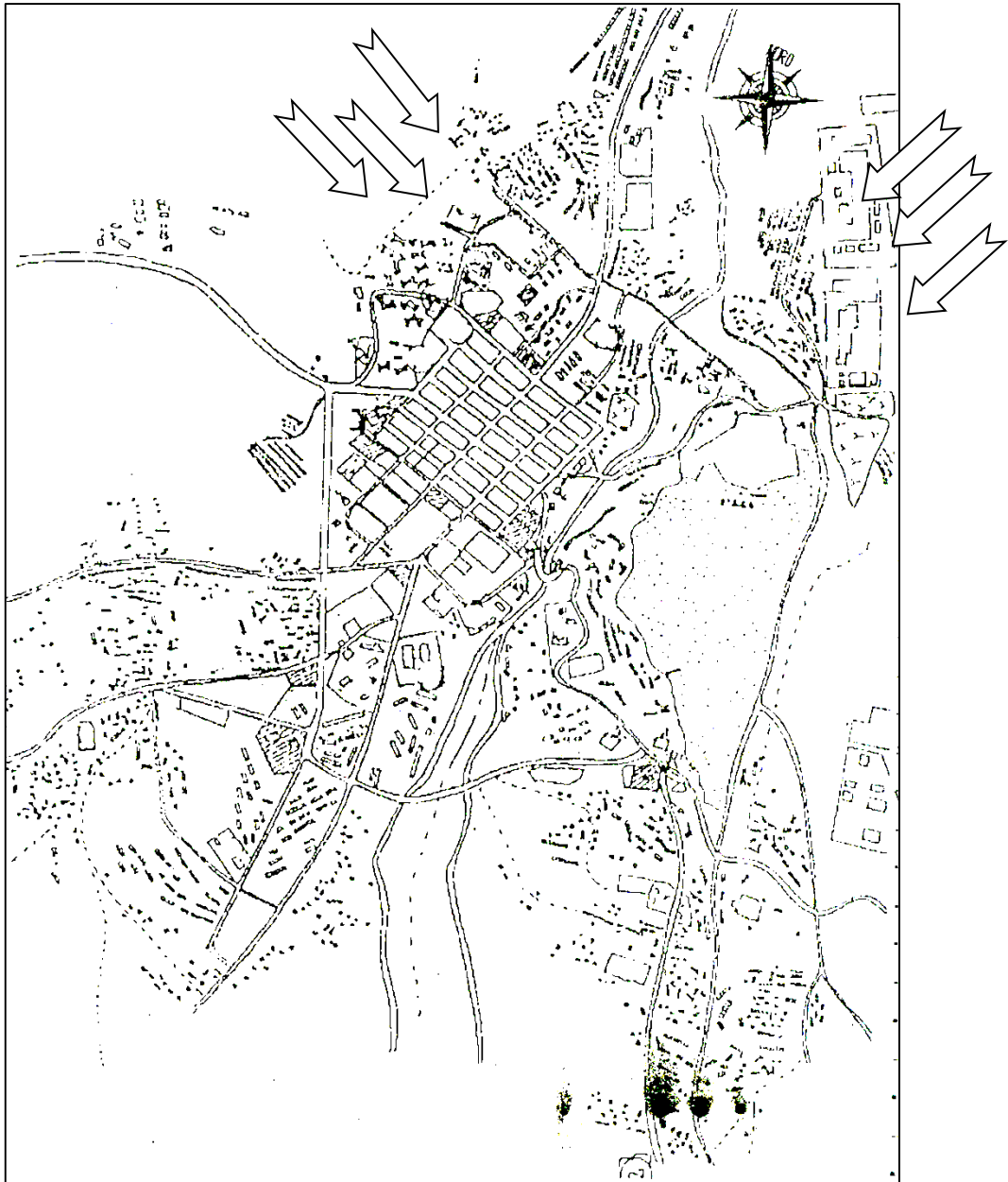
#### ***II.1.6.4. Le vent***

Le vent n'est qu'un élément secondaire dans les sites urbains, dans la mesure où il n'a jamais empêché l'implantation des villes, même si parfois il les a rendus pénibles à vivre, dans les vallées où les plaines qu'il balaie. Cependant, c'est une donnée qui peut s'avérer assez importante pour les urbanistes, dans la mesure où elle peut influencer la conception de leur plan de masse : orientations de voies piétonnes par exemple, emplacement de tels équipements ou aire de jeu (stade de football, par exemple).

Quoiqu'il soit, l'étude des vents dominants dans la ville de Mila fait ressortir des directions différentes variant du Nord- Ouest à Nord-Est à la direction Sud. Les vents du Nord générés par un large couloir formé par les montagnes surplombant la région de Beni Haroun, au nord de Mila.

Les données recueillies montrent que :

- Les vents Nord-Ouest et Nord-Est s'étendent sur la période allant du mois de novembre au mois de juin.
- Les vents du Sud et du Sud-Ouest et du Sud Est s'étendent sur la période allant du mois de juillet au mois de septembre (voir carte n° 4).



Carte 4 vents dominants      Echelle: 1/14000      source : thèse Maich

#### **II.1.6.5. Synthèse climatique**

Les précipitations, les températures, l'enneigement, le vent sont des paramètres météorologiques responsables de tout un équilibre climatique et de temps à autre c'est tout à fait le contraire ils sont générateurs de déséquilibres et de catastrophes. Leurs effets négatifs ne sont observés qu'au-delà de certaines limites, comme les inondations, les sécheresses les vagues de froid et enneigement exceptionnelle, les glissements de terrain et tous mouvements en masse Leurs actions et influences directes sur le milieu physique sur l'homme ses biens, ses équipements et son cadre de vie d'une manière générale.

### **II.1.7. Le réseau hydrographique**

L'histoire des villes et souvent étroitement liées à l'existence de cours d'eau ayant été, soit à l'origine de la naissance, soit à celle de leur prospérité. De même, les cours d'eau trop important ont maintes joué un rôle destructeur et c'est ainsi que, pour le devenir des villes, les éléments hydrologiques ont un impact majeur sur leur physionomie et sur l'aménagement urbain et l'accélération des processus érosifs de ravinement, de sapement des berges et de transport des matières solides .Ce réseau peut être subdivisé en :

#### ***II.1.7.1. Les eaux de surface***

Un réseau très dense partagé entre oueds, chaabats et ravins, très actif en période hivernale pouvant survenir essentiellement lors de précipitations importantes, elles sont susceptibles d'être à l'origine de crues ou d'inondations, causant des dégâts parfois considérables aux différentes infrastructures de la cité. La ville de Mila pour sa part, traversée par des cours d'eau de très faible débit à écoulement saisonnier en période hivernale, on y trouve (voir image n°5) :

*Oued Mila* : Traverse la Ville, il est constitué de deux branches.

- 1ère branche : sépare la vieille ville du village colonial.
- 2ème branche : sépare la vieille ville de la zone industrielle.

*Oued el kherba* :

- 1ère branche : sépare le lotissement Boulmerka du site universitaire.
- 2ème branche : traverse le site du Bourkaibe.

*Oued Makraoued* : Délimite la ville du côté Est.

*Oued el Bordjia* : Délimite la limite du PDAU dans sa partie Est

Parallèlement à ces oueds s'associent avec un nombre important de « chaabats » bien encaissées, avec des rives en forme de « V » caractérisées par une évolution latérale importante. Leur position géographique dans les zones d'extension du périmètre urbain de première importance, a fait que certains chaabats ont été complètement envahies par des aménagements ou constructions comme chaabat Bou kaid, chaabat Hadjar Soukhera au centre et à l'Est de la ville de Mila, chaabat Bou Had dans le centre Ouest de la ville a été aménagée en un grand fossé bétonné puis couvert pour être exploiter et servir à des aménagements urbains. Du côté Ouest et hors périmètre urbain on trouve chaabat Bou Dja et chaabat Messoussa.

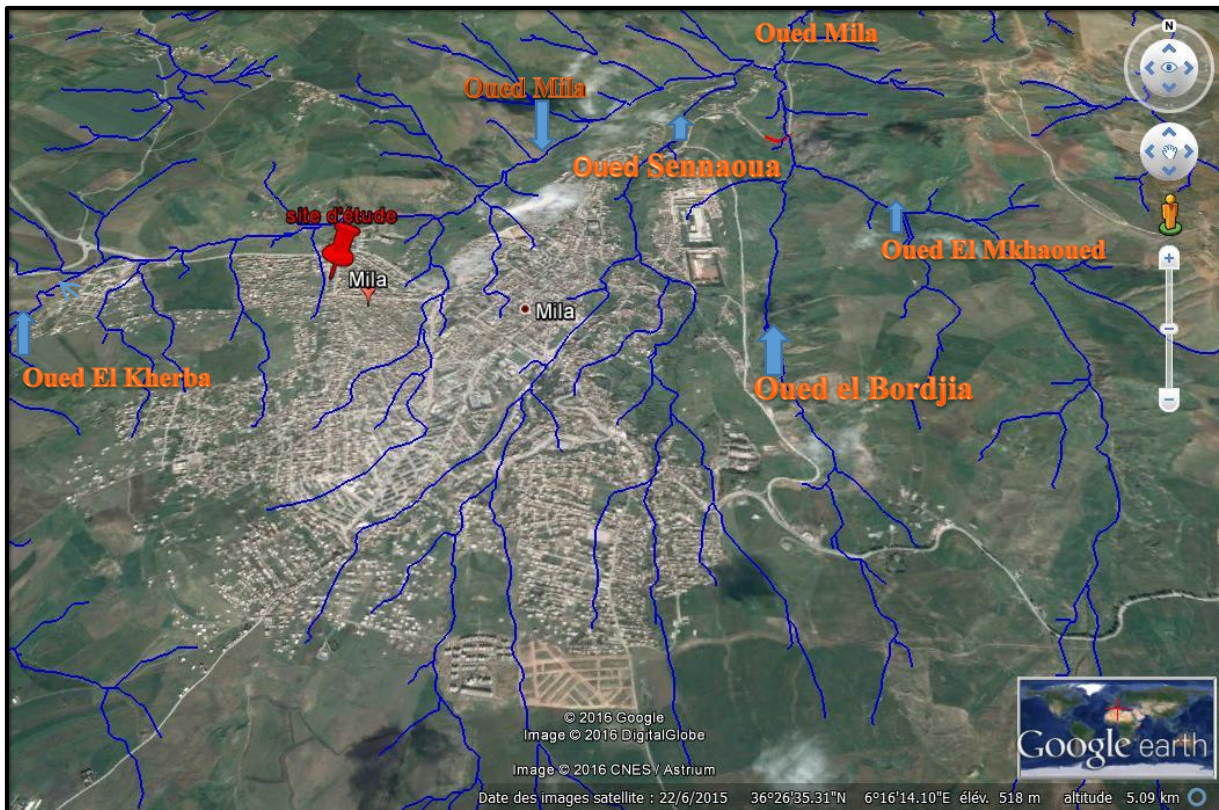


Image 5 Eaux de surface Source: Google earth

Donc la densité et l'organisation du réseau hydrographique accentuent toutes les formes d'instabilités des versants et les glissements des terrains tout au long de ces écoulements. Le profil topographique de direction Est-Ouest confirme cette morphologie vallonnée par un réseau hydrographique dense avec une érosion différentielle bien apparente. Le rôle de la végétation naturelle et des actions anthropiques ne peuvent être négligées.

#### **II.1.7.2. Les eaux souterraines**

Pouvant s'attaquer à la stabilité des sols, ces eaux, provenant des profondeurs de la terre, sans nuisibles pour les fondations des constructions. Pour y remédier, l'assainissement du terrain d'assiette est nécessaire est indispensable avec notamment, un drainage périphérique systématique des constructions, à l'appui. Par les eaux souterraines existent à Mila à des profondeurs moyennes variant de 1.00 à 2.00m dans les zones Sud et Ouest de la ville comme relevé précédemment. Par contre, la ville de Mila bénéficie pour son alimentation de sources diverses situées aux monts la surplombant de Marachau (Milev, les 1000 sources d'eau), et grâce à sa position privilégiée au milieu d'une vaste région agricole bien irriguée.

#### **II.1.8. Occupation du sol couvert végétal**

Deux caractéristiques fondamentales pour le bassin versant de l'oued Mila, la première c'est la nature juridique des terres, environ 80% de la superficie totale des terres appartient

au domaine privé, la deuxième c'est l'absence totale du couvert végétal réduit à quelque verger à l'intérieur du périmètre urbain et un reboisement dans la limite Nord de cette commune connu par la forêt El Madiouss. Le rôle actif et passif du couvert végétal pour la stabilité des sols argileux dominant toute la commune est quasiment insignifiant. Les cultures céréalières occupent presque la totalité des terres ou bons sols de ce bassin.

## **II.2. Evolution socio-urbaine de la ville de Mila**

### **II.2.1. Historique de la ville de Mila**

#### **II.2.1.1. Histoire ancienne**

Mila à 464 m d'altitude est situé sur un petit affluent du *Rhummel*. Fut une ville importante dans l'antiquité, elle formait une confédération, dite des quatre colonies, dont le territoire était très vaste.

La fondation de la ville de Mila remonte au 3ème siècle de l'ère chrétienne, elle aurait été fondée en **256** après- JC, selon certains historiens. Elle fut l'un des quatre grands castellums qui assuraient la protection de Cirta Regina (Constantine) aux côtés de Rusicada (Skikda), Chullu (Collo) et Cui cule (Djemila). Cette ville a pris plusieurs noms dans sa longue histoire. La mémoire écrite lui en retient entre autres ceux de *Milev*, *Mulium*, *Molium*, *Médius*, *Milo* ou *Milah*.

Vers **360**, elle eut pour évêque Saint Optât, auteur d'un traité célèbre contre les donatistes, fort nombreux à cette époque en Afrique.

Dans la guerre contre les Vandales, Mila fut conquise par Bélisaire sous l'empire de Justinien, ce grand bâtisseur qui y construisit de grands monuments à pierres taillées dans les montagnes environnantes. Des aqueducs et de vastes jardins apparurent. La ville est d'ailleurs jusqu'à présent clairsemée de jardins. La cité conserve encore les pans de murs ou de colonnes de la vieille cité romaine.

Milev fut affublée de l'épithète de « Reine des céréales et du lait », Léon l'Africain, ce géographe arabe du 16ème siècle, converti sous le pontificat de Léon X, affirme qu'elle fut construite par les Romains et se trouve à 12 milles de Constantine ; distance certes inférieure de l'actuelle ; mais n'en est pas tellement éloignée. Le géographe parle du mur qui entoure Mila fut également le siège de deux conciles chrétiens tenus en août **402** et octobre **416** le dernier concile a été tenu par Saint Augustin

La christianisation de la région s'est faite à grande échelle après la défaite des Vandales par les Byzantins. Cette présence Byzantine a duré jusqu'en **674**, soit 55 ans après l'Hégire, date à laquelle elle fut conquise à nouveau par Abou Mouhadjer Dinar qui y séjourna pendant deux ans. Certains lui attribuent la construction de la mosquée de « Sidi Ghanem » l'une des plus vieilles mosquées d'Algérie, au minaret de 365 marches. Son emplacement a été révélé par des fouilles dans l'enceinte de l'église romaine.

Au 10<sup>ème</sup> siècle, Mila a joué un grand rôle, elle fut la première principauté des Aghlabides conquise par les Koutamas, ces tribus guerrières de ces régions montagneuses. A la naissance de la civilisation fatimide Abou Obeid Allah le chiite en a fait le point de départ d'une civilisation qui s'étendra jusqu'à Damas et maîtrisera totalement la méditerranée et ses provinces septentrionales, construira les deux plus grandes flottes de l'époque de 200 bâtiments chacune.

### **II.2.1.2. Présence turque 1515-1830**

**Kasbah et mosquée de Rahmana :** A l'époque turque, la région de Mila relevant du Beylik de l'est a connu des troubles permanents en raison de la lourdeur du Kharadji imposé aux habitants par le pouvoir du Bey. Cette instabilité n'a pas empêché les mariages mixtes dont se caractériser particulièrement la ville de Mila.

### **II.2.1.3. Présence française 1830-1962**

L'Indicateur Bérard précise qu'en 1867, Mila, ou résidaient 20 Français comportait :

- ✓ Maison de Commandement
- ✓ Bureau arabe
- ✓ Bureau de poste et station télégraphique
- ✓ Centre créé en 1874 dans le département l'arrondissement de Constantine

**Commune de plein exercice en 1880 :** Juste à côté des verges séparant l'ancienne ville de la nouvelle. Cette dernière est constituée d'ancienne maison de l'ère coloniale. Au centre de cette partie se trouve un merveilleux jardin public où des arbres centenaires sont le refuge des cigognes, des allées, des fleurs de toutes sortes, une gloriette, un statut représentant un petit enfant avec un veau. Avant pouvait avoir des gazelles mais avec le temps elles ont disparu. La dernière partie est uniquement composée de bâtiment ce qui a un peu fait perdre à la ville son charme et ses champs de blé dont elle en était fière. On peut remarquer çà et là des villas de charmantes petites maisons et même des édifices.

La ville recèle d'énormes trésors en poteries, monnaies, statuts et autres vestiges révélant une histoire riche. Toutes les maisons sont anciennes et les ruelles sont pavées et tortueuses on peut voir encore l'entrée romaine, la fontaine "Ain El Bled", le rempart byzantin. Des zaouïates, et des mosquées. Une citadelle qui fut utilisée par les Français comme caserne, Actuellement c'est le musée de la ville.

En quittant Mila par le nord on peut admirer un paysage fascinant après 25 km juste après le barrage de Béni Haroun : des montagnes, des chutes d'eau et un Hammam naturel (Béni Haroun) on peut prendre un bain et déguster de succulentes brochettes.

En rétrospective l'histoire de la ville de Mila apparaît à travers quelques images :

**Le Rempart Byzantine :** Le livre des édifices de Procope nous apprend que Milev fut fortifié par le soin de l'empereur Justinien. L'enceinte fut faite alors subsiste encore aujourd'hui, remaniée, il est vrai sur bien des points, mais parfaitement reconnaissable dans toutes ses parties. Elle entoure la ville arabe comme elle en entourait jadis la ville byzantine. L'atlas de Delamare donne un plan exact de ce vaste ouvrage défensif : dont le développement est environ 1200 m. La construction est faite d'après le système byzantin ordinaire avec emploi de matériaux d'époque antérieure. Ces tours qui sont en saillies selon l'usage ont de 7m 50 à 9m 60 de hauteur.



*Photo 6 Le Rempart Byzantine*

**La Porte Principale (Bab El Bled) :** S'ouvrait au nord entre deux tours rectangulaires de 7 m 50 de front de 5 m 60 de saillie, elle est large de 3m 90 profonde de 2m 50 et l'arcade qui la

surmonte est bien conservée ; planquée de construction parasite, elle est encore de porte de la ville arabe (Bab El Bled).



*Photo 7 La Porte Principale (Bab El Bled)*

**La fontaine romaine (Ain El Bled) :** La rue est affermée par la fontaine romaine qui constitue l'essentiel du mobilier urbain du vieux Mila. Cette fontaine est considérée comme le monument le plus ancien de la cité ; parmi les rares à garder jusqu'à nos jours les conduites d'origines. Au-dessous du niveau de la ville a environ (-7m) ; elle est faite presque entièrement en briques pleines par rapport à l'ensemble de la ville ancienne ; la fontaine est bien conservée, le mur de soutènement auquel elle adossée est en grosses pierres ; bien taillées très régulièrement de même ; les escaliers qui mènent à la ville sont faits de pierres de taille. La fontaine demeure un vestige de grande valeur par son côté pratique et par son histoire.



*Photo 8 La fontaine romaine (Ain El Bled)*

**Statue M'lou :** Statue M'lou découverte en 1880 par un lieutenant français pendant les fouilles des années 1879-1880 à la vieille ville de Mila. Se trouve actuellement à la caserne de la vieille ville .c'est une grande statue en marbre représente une femme assis.



*Photo 9 Statue M'lou*

**La mosquée Sidi Ghanem :** L'une des plus vieilles mosquées en Algérie son emplacement a été révélé par les fouilles archéologique faits en 1969-1970 Par R.Doukali dans l'enceinte basilic romaine .certaines sources attribuent sa construction au grand conquérant musulman (abou EL mouhadjer dinar) lors de la conquête musulmane 59 de l'hégire (679).



*Photo 10 L'intérieur de la mosquée Sidi Ghanem (première mosquée en Algérie)*

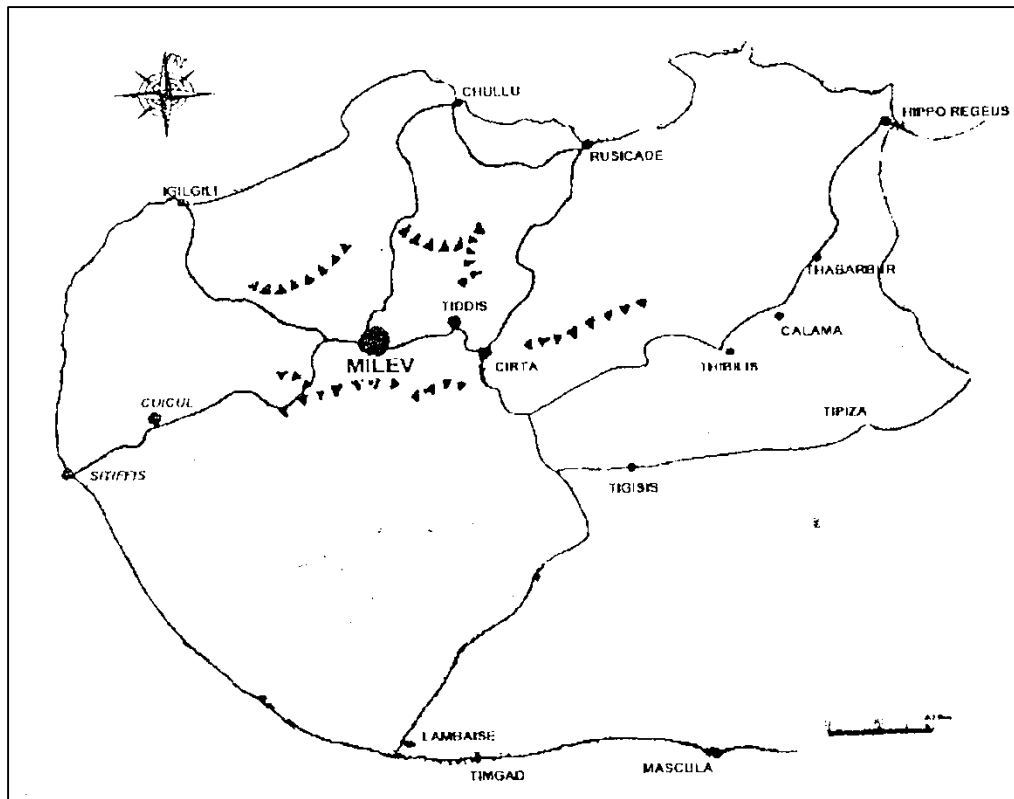
### **II.2.2. Evolution de la ville de Mila**

Afin d'avoir une idée claire de la ville, et connaître ainsi ses perspectives de développement ainsi que l'ampleur de ces mutations, une lecture de la ville s'impose et semble être le meilleur moyen possible pour ce faire.

Située dans une région très fertile et connue pour son agréable climat, la ville de Mila a de tout temps l'objet de convoitises et a vu passer de nombreuses civilisations.

Ainsi les historiens rapportent que la création de la ville, a son emplacement actuel dès les premiers royaumes numides, remonte à deux ou trois siècles avant Jésus-Christ.

A l'origine Milo, du nom d'une reine milevienne numide, la ville prit le nom milev, signifiant étymologiquement « les milles sources d'eau », a l'invasion romaine. A cette époque la ville, faisant partie d'une puissante confédération autonome formée de Cirta (Constantine), Rusicade (Skikda) et Chullu (Collo), occupait une position stratégique située sur l'axe Cirta-Sitiffis (voir carte n°5), qu'elle contrôlait énergiquement, et connut un développement urbain considérable entre le II<sup>ème</sup> et le VI<sup>ème</sup> siècles.



Carte 5 Axe antique

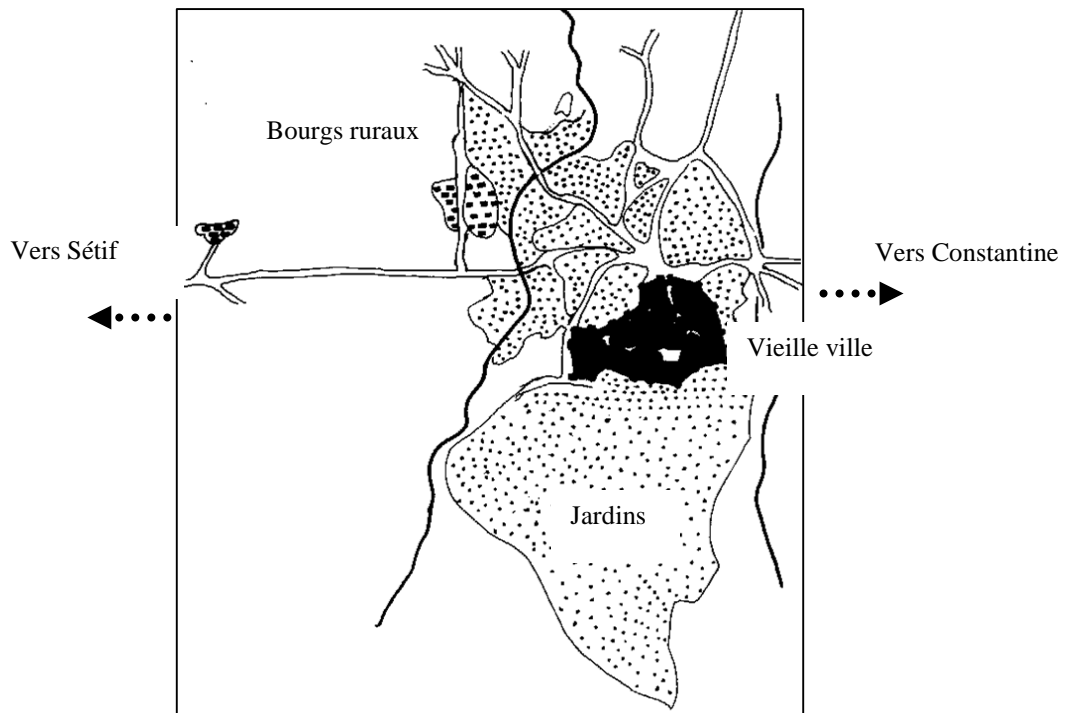
source : thèse Boumeaza

Avec la chute de l'empire romain, les vandales envahirent la ville et furent défaits à leur tour par les byzantins. Ces derniers utilisèrent les débris de la cité romaine pour construire leur citadelle et la fortifier d'une muraille en 589. L'existence byzantine s'étala sur deux siècles (VI<sup>ème</sup> – VIII<sup>ème</sup> siècles).

Dès lors, l'empire musulman naissant allait s'y opposer fermement et l'arrivée, en l'an 55 de l'Hégire correspondant à l'année 674 après Jésus-Christ, du compagnon du prophète Abou Mouhadjir Dinar, sonna le glas de l'empire byzantin. Ce dernier y construisit un palais et une mosquée connue actuellement sous le nom de mosquée Sidi Ghanem, considérée comme l'une des plus vieilles d'Algérie, ce qui a conféré à la ville un nouveau cachet et un nouveau statut dans la région, entraînant un essor démographique et urbanistique sans précédent.

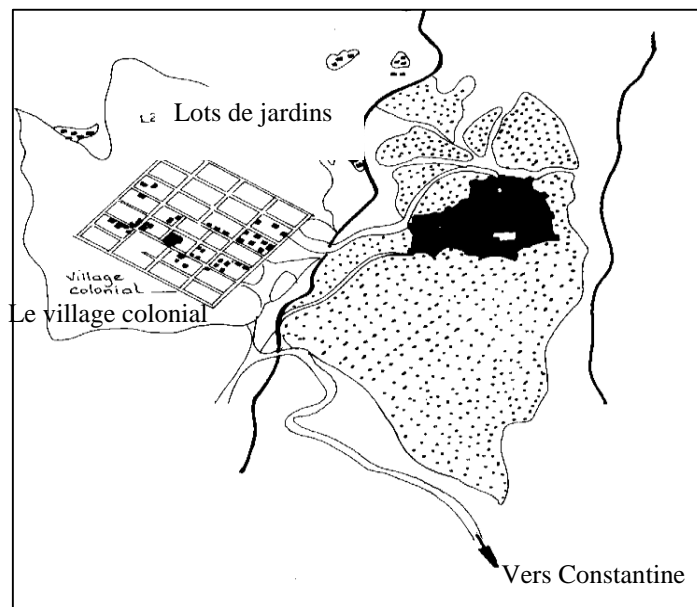
Elle est devenue ainsi un important siège administratif. Cependant à partir du XII<sup>ème</sup> siècle, les Banou Hafs ont jeté leur dévolu sur Constantin, reléguant ainsi Mila au second plan. La ville s'appelait à cette époque Milah signifiant étymologiquement « la belle ».

À l'époque turque, des XVI<sup>ème</sup> siècles Mila devient makhzen du bey de Constantine. (voir carte n° 6).



Carte 6 La ville avant la colonisation française source : mémoire Achaa

Après l'occupation turque de la ville, les français l'occupèrent à leur tour en date 04/07/1837 et en 1876, il édifiaient leur propre cité, l'actuel centre colonial, situé sur l'autre rive de l'Oued Ennar , à l'Ouest de l'antique Milev, qui prit ainsi le nom de Mila signifiant en latin « pomme ». La nouvelle ville créée était destinée aux colons d'origine européenne, établissant ainsi une ségrégation entre population autochtone et population européenne (voir carte n°7).



Carte 7 Naissance du village colonial source : mémoire Achaa



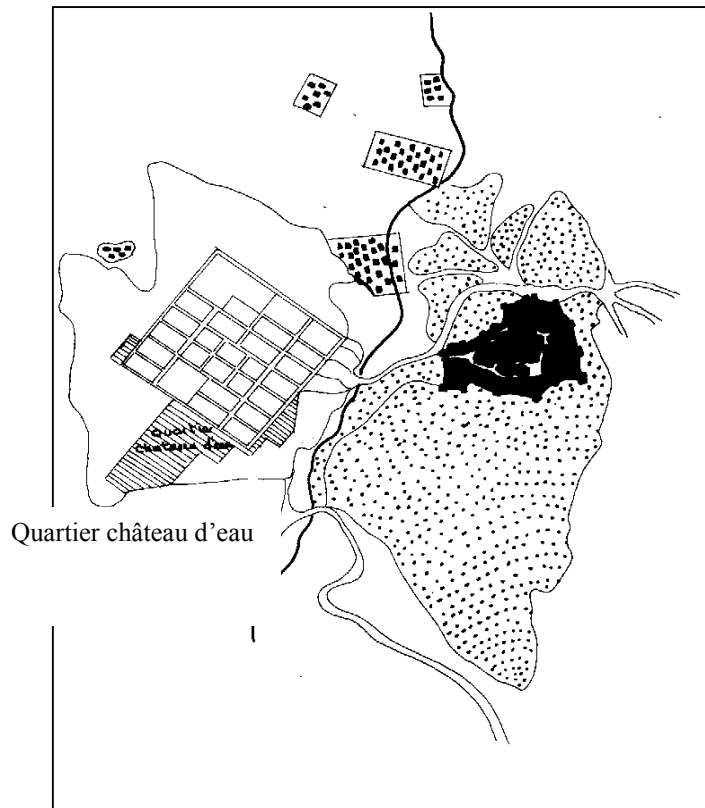
*Photo 11 Vue générale sur le centre-ville*

Donc Mila devient le nom de toute l'agglomération et Milah fut marginalisée et changée par le « le vieux Mila ». Après l'indépendance, elle connut une urbanisation anarchique et un développement des quartiers spontanés et des structures urbaines

#### ***II.2.2.1. Dédoulement urbain et évolution de la ville depuis la colonisation***

Depuis 1937, la ville vit une marginalisation de son noyau historique avec la naissance du village colonial Et la croissance des bourgs ruraux et les quartiers spontanés depuis 1954 suite à l'exode rural dû à la guerre de libération nationale (voir carte n° 8).

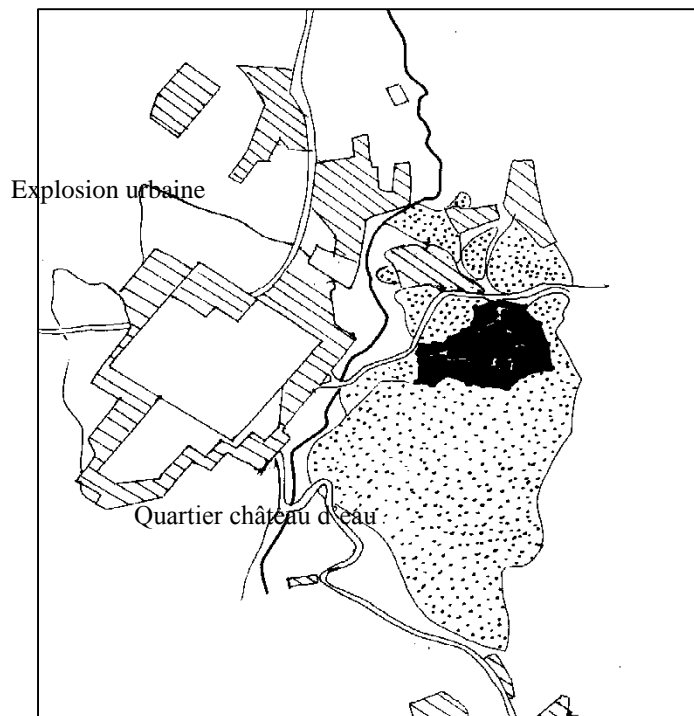
Entre 1962 et 1974, l'exode vers le village colonial et la construction à ses alentours s'accroît d'une manière étonnante (voir carte n° 9).



Quartier château d'eau

Carte 8 Naissance des quartiers spontanés Sud-Ouest et élargissement des bourgs ruraux

source : mémoire Achaa

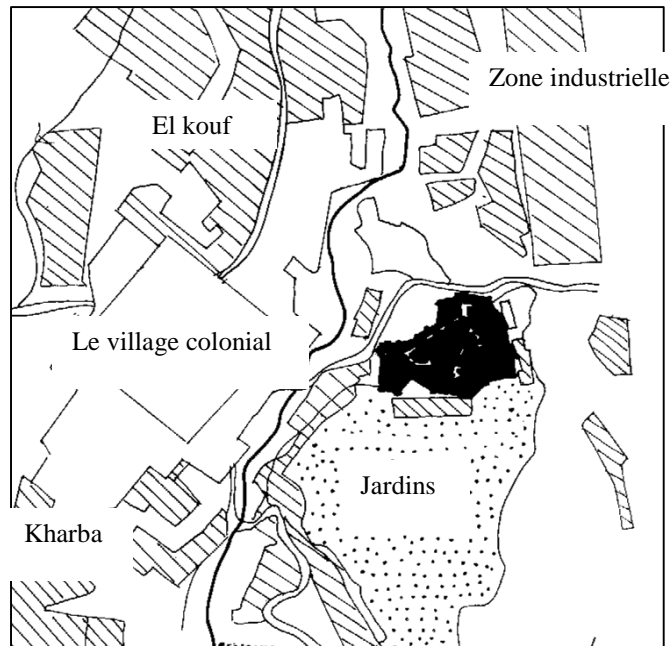


Explosion urbaine

Quartier château d'eau

Carte 9 1970 Avènement de l'indépendance

source : mémoire Achaa



*Carte 10 1980 Développement de la ville après l'indépendance source : mémoire Achaa*

Entre 1974 et 1984, on assiste à un retour vers l'ancien centre par l'installation de la zone industrielle à sa proximité Nord-Est (voir carte n° 10).

Depuis 1984, Mila devient chef-lieu de wilaya et vit un éclatement urbain dans tous les sens avec une dé-marginalisation "spontanée" du vieux centre.

### **Conclusion du deuxième chapitre**

A partir de l'analyse des différents paramètres physiques caractérisant la commune de Mila, on conclut que tous les facteurs interviennent et concourent dans un seul sens qui est l'instabilité et le déséquilibre général qu'on peut observer à l'intérieur comme à l'extérieur du périmètre urbain. Leurs influences et leurs complémentarités dans la dynamique générale du site est inévitablement indissociable. Les caractéristiques et les valeurs intrinsèques propres à chaque facteur expliquent une certaine taxonomie de prédispositions qualitatives et quantitatives aux mouvements de terrain et en particulier les glissements de terrain, en réalité leurs différentes interactions sont aussi variables et aussi complexes dans le temps et dans l'espace.

L'exemple des données topographiques représentées par la déclivité élevée en général est un facteur déterminant dans le déclenchement et l'activation des formes d'instabilité des versants.

Le cadre morfo structurale actuelle illustre et exprime parfaitement un contraste lithologique entre les principaux axes du relief .La dominance de la fraction argileuse et argilo

marneuse constitue une véritable assise propice à toutes vulnérabilités (les faciès tendres intéressent plus de 70% de la superficie totale de cette commune).

Les conditions hydrogéologiques ont permis l'existence des grands réservoirs naturels d'eaux qu'on peut qualifier de grandes nappes perchées sur les hauteurs aux environs de Marachou. La présence d'un bon nombre de puits témoigne l'existence d'un bon niveau piézométrique à partir de deux mètres de profondeur, le substrat marneux imperméable offre un toit imperméable presque toujours en état de saturation qui donne une surface très humide et fortement altérée propice aux déclenchements de tous les mouvements gravitaires.

La densité du réseau hydrographique et son organisation offre une instabilité générale surtout de ma moitié nord de cette zone d'étude

Les différents paramètres climatiques révèlent à priori un caractère agressif et inhabituel fortement exprimé ces dernières années à travers les pluies torrentielles, les sécheresses et canicules et sécheresses prolongées et les enneigements exceptionnels.

L'eau demeure l'élément moteur et la principale force de rupture et d'instabilité surtout si les conditions géo-mécaniques et géotechniques des sols sont favorables.

L'ensemble de ces paramètres physiques constituent sans doute des conditions idéales pour le déclenchement de glissements de terrain qui symbolise encore une fragilité et sensibilité de tout le bassin de Mila à l'égard de cet aléa naturel. Ces facteurs permanents sont des facteurs de prédispositions qui ont donné des glissements de différentes ampleurs et de différents âges. Leur méconnaissance et leur ignorance conduisent à des situations parfois inacceptables. Une contrainte naturelle au quelle il faut prêter attention en adoptant différents projets aux réalités des sites. L'intensité et la fréquence de cet aléa doivent - être connue, mesurée et quantifier. Le facteur anthropisation est sérieusement mis en évidence par les multiples actions d'extensions, projets d'habitats, de routes, d'infrastructures, d'équipements, investissements et de promotions ont augmenté considérablement le nombre d'enjeux présent dans des situations à risque. Ce qui signifie que les différents types de vulnérabilités augmentent proportionnellement aux rythme d'un développement économique et sociale et d'une croissance urbaine incontrôlée.

Les conséquences et les résultats de l'interaction de l'ensemble de ces facteurs de prédisposition propices aux déclenchements de l'aléa glissement de terrain et les facteurs d'anthropisation représentant les enjeux qui sont parfois très vulnérables. Le site des 185 logements situé dans le lotissement Boulmerka –Mila illustre parfaitement l'équation du risque lié à l'aléa naturel glissement dans cette commune. Cet exemple fera le détail du prochain chapitre. .

**Chapitre III : Projet d'étude - *Le risque glissement  
de terrain au niveau de la cité des 185 logements  
lotissement Boulmerka - Mila***

- **Causes**
- **Effets**

## **Introduction**

Gérer un risque naturel passe par une meilleure compréhension des mécanismes et les causes de fonctionnement de l'aléa naturel. Dans ce contexte, le présent travail de fin d'études Master académique propose de mieux comprendre certains mécanismes et causes impliqués dans l'activité du glissement de terrain survenu dans la cité des 185 logements, lotissement Boulmerka commune de Mila. Ce travail permet d'illustrer des actions anthropiques qui accentuent le processus entre temps amplifie le nombre d'enjeux présent sur site et dans le périmètre urbain d'une manière générale. Connaître leur fonctionnement s'avère nécessaire. En partant des différentes méthodes proposées actuellement, nous proposerons une tentative d'explication et d'évaluation des conséquences potentielles intégrant des données qualitatives et quantitatives vont nous permettre plus ou moins de qualifier le risque lié aux glissements de terrain au niveau de ce site.

### **III.1. L'aléa glissement de terrain et désordres observés au niveau de la cité des 185 logements**

#### **III.1.1. Localisation**

A la sortie Ouest de la ville de Mila, sur le côté droit de la route reliant Mila –Ferdjioua, les premiers lotissements furent créés par l'agence foncière locale vers les années 80 connu par lotissement Brik Mohamed Tahar et lotissement Ben Mahdjoub. Un troisième lotissement privé connu par le lotissement Boulmerka au nom de son propriétaire voit le jour vers les années quatre-vingt-dix. Le lancement de ce projet de 185 logements a été au début de l'an 2000 par l'OPGI de Mila comme maître d'ouvrage. Le site choisi représente une poche vide de quelques centaines de mètres carrés, mitoyenne entre les lotissements cités au paravent (voir image n°6). Après l'an deux mille, d'autres lotissements sont lancés plus au Sud, tous de natures privés!. Lotissements Ben Maamar, Tnia, Ben Kara etc. Cela signifie que les terrains privés à hautes potentialités agricoles situés en zones d'extension se sont transformés en un peu de temps en plusieurs lotissements.



Image 6 Localisation de la cité des 185 logements, Mila Source Google Earth



Photo 12 Projet 185 logements en cours de réalisation sur une assise argileuse profonde

C'est un projet composé de huit blocs de type R+4 et R+5 pour un total de 185 logements à caractère social. Sous la contrainte de la rareté du foncier dans commune, le terrain prend

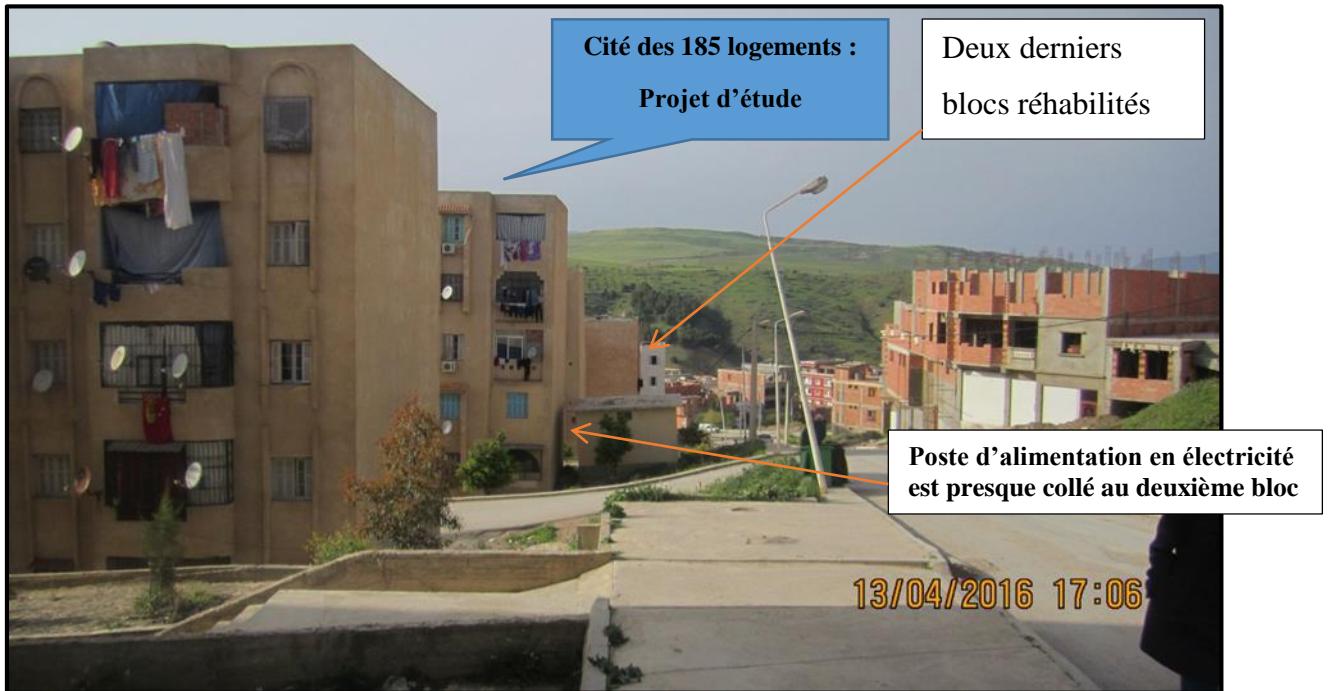
l'allure d'un rectangle d'une trentaine de mètres de largeur et plus d'une centaine de mètres de longueur. Cela signifie que les huit bâtiments seront alignés sur un même axe de direction Sud-Nord, le terrain est argileux à base de remblais quaternaire de plusieurs dizaines de mètres de profondeur, la pente moyenne est de 25%. On note aussi absence de tout couvert végétal protecteur ou de tous aménagements ou de protection à titre préventif (voir paramètres de prédispositions). La réaction du site n'a pas tardé à dévoiler un nouveau comportement avec la présence de nouvelles contraintes physiques imposés à l'encontre de l'équilibre initial .Un glissement de terrain de surface et sub-surface a affecté tout le versant avec des variations d'intensité d'amont en aval. Quelques indices et formes d'endommagements, apparaissent surtout sur les derniers blocs partie avale expliquent ce processus : fissures, voile inclinée, poteaux ; murs, même les escaliers intérieurs.



*Photo 13 Glissement superficiel qui a affecté la route d'accès coté Est de la cité*

Pour expliciter cette situation de risque lié au glissement de terrain , nous allons d'abord analyser l'aléa glissement de terrain survenu au niveau de ce site tout en déterminant les différentes causes et mécanismes responsables du déclenchement de ce mouvement de terrain ou facteurs de prédisposition inhérents à ce site favorisation cet aléa qu'on peut qualifier de facteurs permanents. Ces facteurs ne peuvent être générateur de mouvement qu'on présence d'un autre facteur dynamique qui est l'eau principe force motrice des sols argileux (voir plus haut facteur de déclenchements d'un glissement de terrain). Le deuxième volet de ce travail consiste à examiner de près les désordres et les dégâts observées sur différents éléments exposés

exprimant ainsi la vulnérabilité des enjeux, enfin une petite synthèse pour mesurer le risque ou les conséquences de cet aléa sur un secteur clé de cette wilaya qui est l'habitat.



*Photo 14 Les six premiers blocs sont habités actuellement, distribués en 2011*

### **III.1.2. Les différents facteurs de prédispositions responsables de cette instabilité ou du déclenchement de l'aléa glissement de terrain niveau du site d'étude**

On entend par là tous les facteurs naturels de prédispositions intervenant au niveau de ce site qui sont responsables directement ou indirectement dans le déclenchement du processus des ruptures et des désordres recensés. Ces facteurs intervenants se répartissent entre facteurs naturels et facteurs anthropiques. Ils se résument en :

#### ***III.1.2.1 Les données géologiques et hydrogéologiques***

Les calcaires lacustres mio-pliocènes fissurés et perméables favorisent la présence d'une nappe aquifère importante généralement emprisonnée par les marnes sous-jacentes situées à quelques mètres de profondeurs. Ainsi un grand nombre de nappes perchées se sont formées sur les hauteurs au Sud de la ville de Mila, allant de Ain Tine à Marachou, alimentées directement à partir des fortes précipitations et de la fonte des neiges enregistrées chaque année. A l'intérieur comme à l'extérieur de la ville les niveaux piézométriques relevés pour quelques dizaines de puits varient entre 2 et 6 mètres de profondeur. La photo suivante montre cette réalité où le niveau piézométrique est presque à deux mètres.



*Photo 15 Travaux de terrassement pour la réalisation de la CASNOS centre-ville Mila ; le niveau piézométrique est 1.5 m, les volumes d'eaux arrivées en surface sont dégagées avec un moteur hors site.*

La nature lithologique des différentes formations géologiques est déterminée à partir de trois sondages carottés, des techniques de reconnaissances pour mieux définir les formations géologiques relevées par sondage jusqu'à une profondeur de dix-huit mètres. Les résultats obtenus montrent que les différentes formations géologiques sont dominés par une fraction argileuse ou pélitiques qui remontent au plio quaternaire d'origine continental, essentiellement de couleur grise avec des intercalations de sel de gypse, par endroits on note la présence des blocs de calcaires de différentes tailles et avec un léger encroûtement.

Des séries argileuses très importantes occupent la totalité de la zone du lotissement. Les différentes caractéristiques et épaisseurs apparaissent à travers les logs stratigraphiques les coupes litho- stratigraphiques obtenues à partir des trois carottages révèlent ce qui suit :

Date d'essai : 11-2004

Réalisé par : LNHC Oum El Bouaghi

Profondeur : 18 :

Niveau piézométrique : 2m ; Source OPGI Mila

Profondeur	Description des faciès	Observations
0 - 0.5m	Remblais	
0.5 - 5m	Argile brune indurée avec fissure sub verticale	Présence de fissure sub verticale
5m - 10m	Argile brune –jaune induré	
10m - 18m	Argile brune sombre	

Tableau 7 Sondage S.1.A<sup>1</sup>

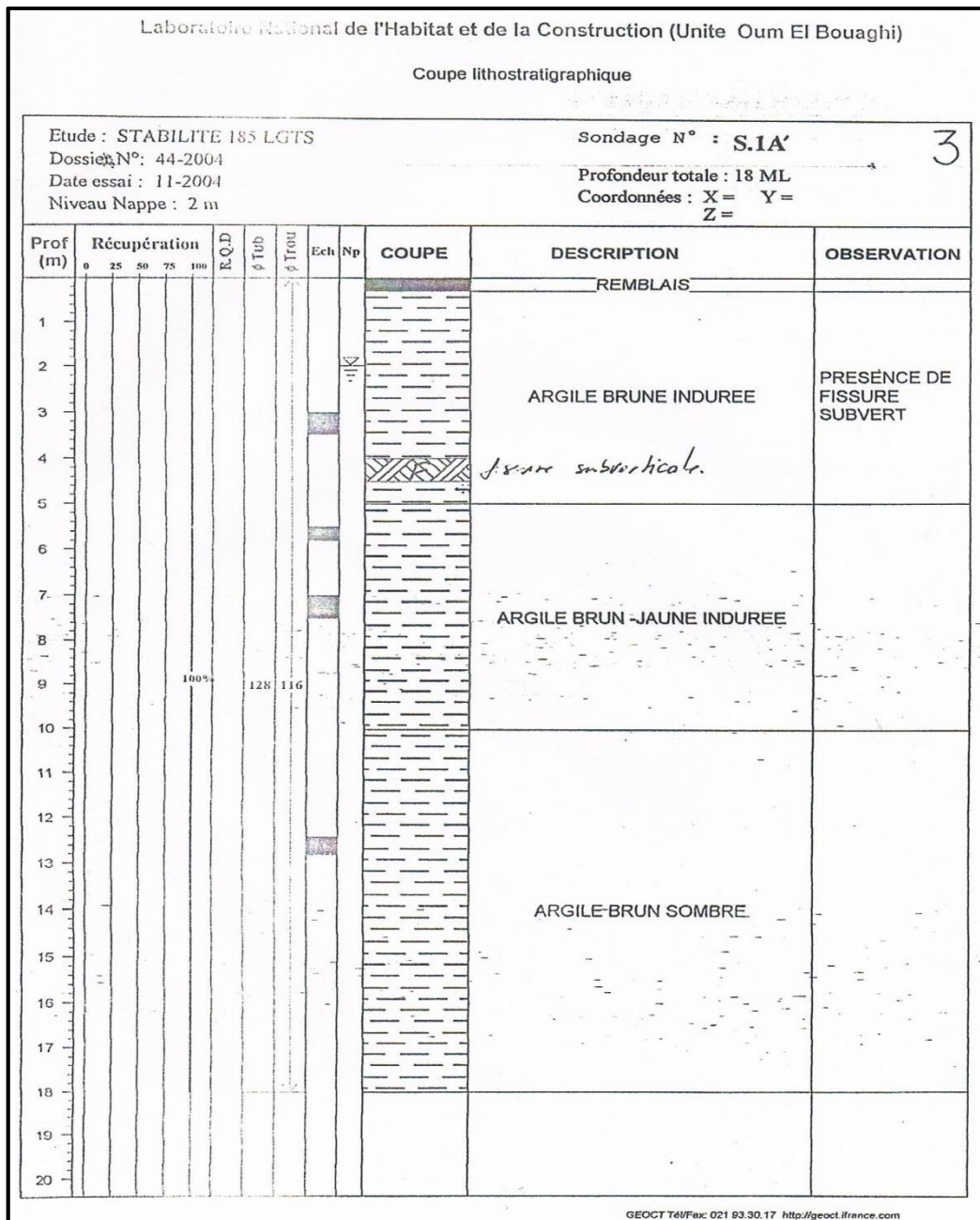


Figure 8 Coupe litho-stratigraphique S.1.A<sup>1</sup>

Date d'essai : 11 / 2004

Réalisée par LNHC Oum El Bouaghi

Profondeur totale : 18 m

Niveau piézométrique : 2m ; Source OPGI Mila

Profondeur	Description des faciès	Observations
0 - 1m	Remblais	Argile, sable, quartz
1 - 5m	Argile brune indurée	Froissée par endroits
5 - 12m	Argile brune - jaunâtre peu plastique	Froissées par endroits
12-18m	Argile brun sombre plastique	Présence de fissures sub verticales

Tableau 8 Sondage S.2.A<sup>1</sup>

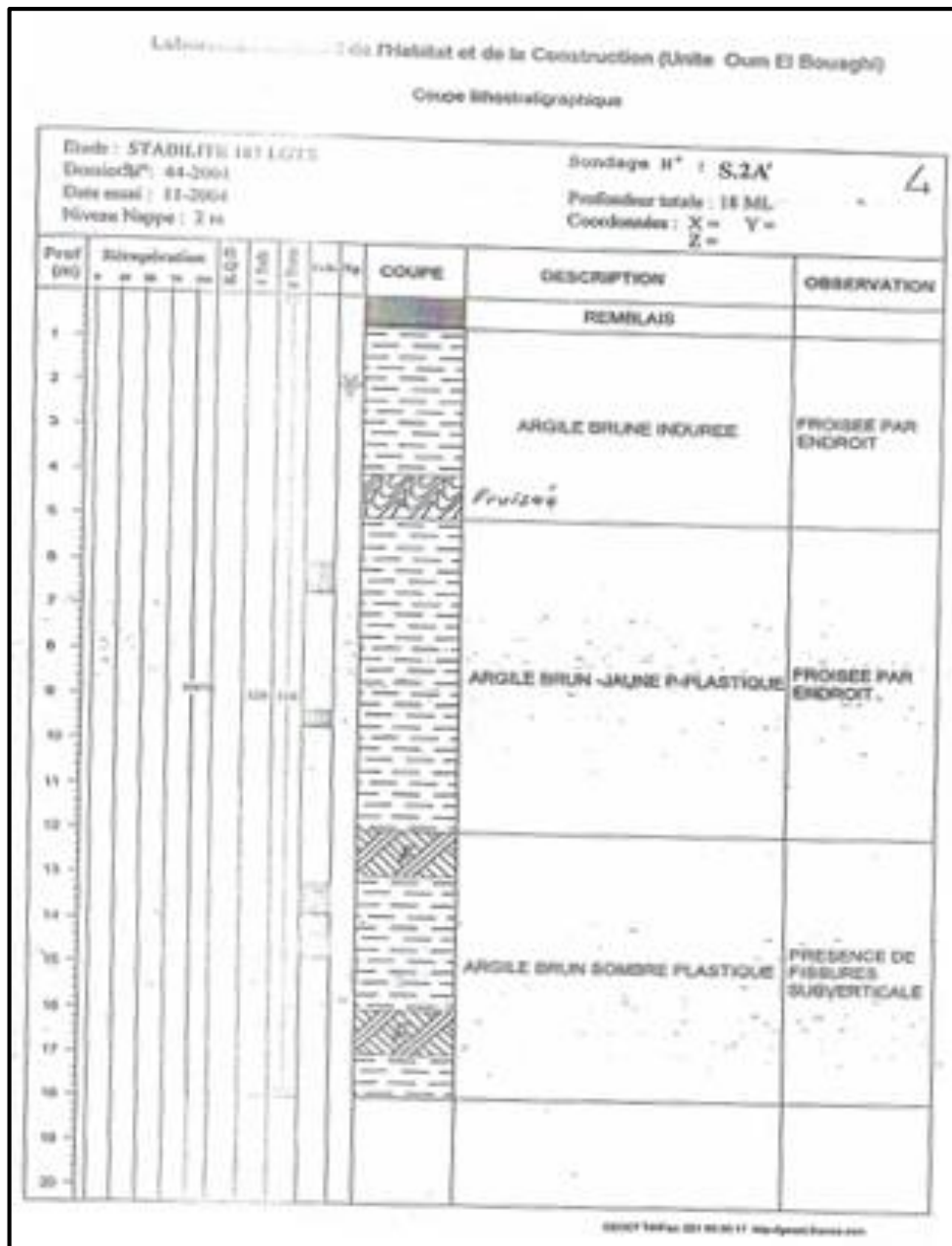


Figure 9 Coupe litho-stratigraphique S.2.A<sup>1</sup>

Date d'essai : Fin 2006

Réalisé par LNHC Oum El Bouaghi

Niveau piézométrique : 1.5 m

Profondeur : 15 m ; source OPGI Mila

Profondeur	Description	Observations
0 -1 m	Remblais	
1-6 m	Argile brune indurée	Froissée par endroit
6 -12.5m	Argile brune jaune peu plastique	Froissée par endroit
12.5 - 18 m	Argile brun sombre plastique	Présence de fissures sub- verticales

Tableau 9 Sondage SL5

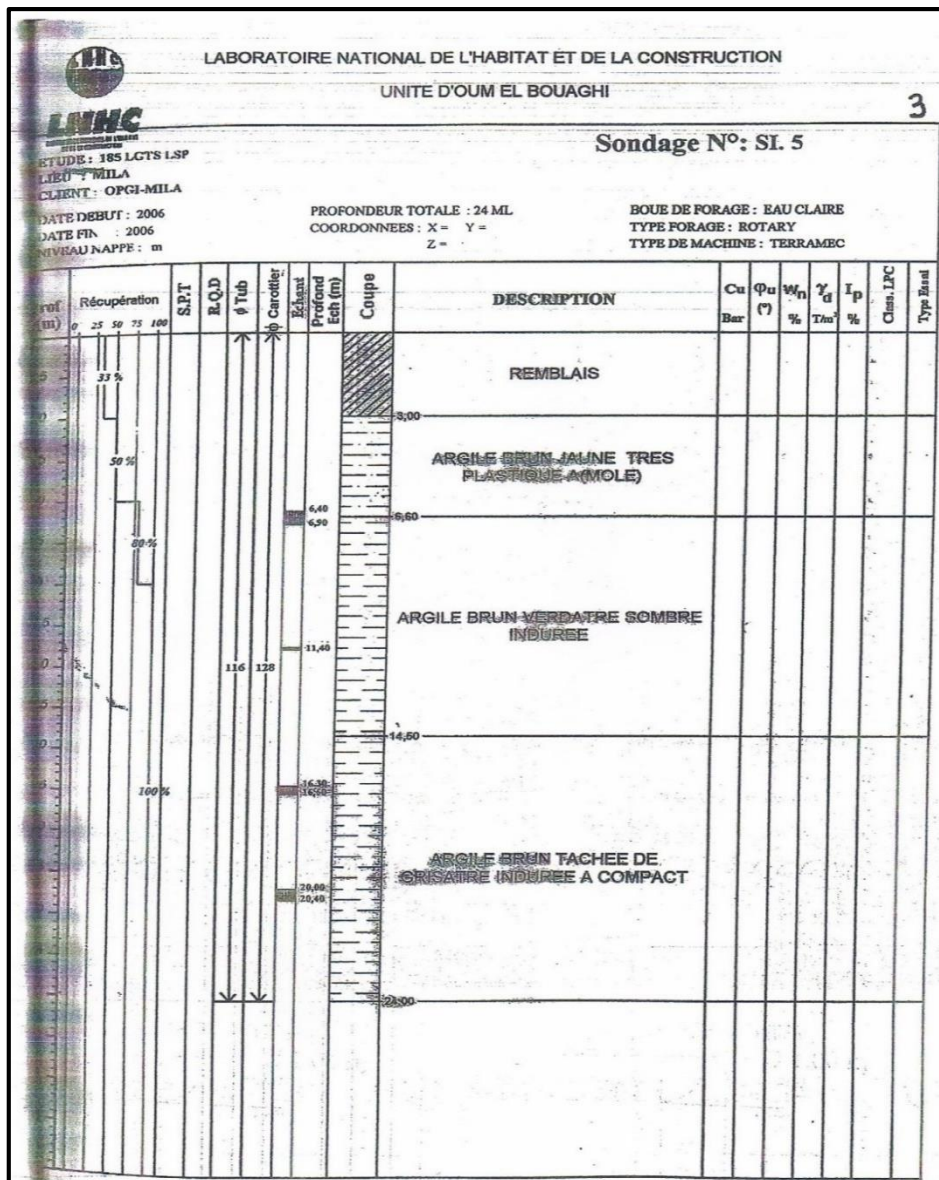


Figure 10 Coupe litho-stratigraphique SL5

Ce qui frappant ici c'est la présence d'une grande assise géologique à base d'argile de couleur variée autour de la couleur brunâtre jusqu'à 18 mètres de profondeur (bien sur ce qui a été relevé par les sondages), cela signifie que les épaisseurs des formations argileuses sont encore loin d'être déterminées.

Donc ces conditions géologiques et hydrogéologiques caractérisant ce site sont favorables pour le déclenchement de toutes les instabilités de terrain surtout si d'autres facteurs caractéristiques géotechniques et géo mécaniques interviennent favorablement.

### **III.1.3. Les caractéristiques géotechniques et minéralogiques**

Les essais de laboratoires et les différentes analyses réalisés vont nous permettre de faire une identification approfondie des sols existants dans ce site et mieux définir les types de sols existants, leurs natures, leurs propriétés et divers comportements.

Ces essais et analyses ont été réalisés au niveau du laboratoire national de l'habitat et de la construction (LNHC -siège à Oum EL Bouaghi). Sa renommée et sa crédibilité à l'échelle nationale font que ces données sont fiables et confirmées à plusieurs reprises.

#### ***III.1.3.1. L'analyse granulométrique***

Elle constitue une première étape importante pour toute identification de la granulométrie du sol or la taille des particules influe directement sur la distribution des vides et sur le mode d'agencement des particules ou de la microstructure du sol. Les différents comportements et réactions hydromécaniques dépendent en premier lieu en fonction de cette granulométrie comme la perméabilité, les limites d'Atterberg, la résistance au cisaillement etc. Les résultats obtenus des échantillons analysés par densimétrie au niveau du laboratoire de la FSTGAT (Université Houari Boumèdiène –Alger) révèlent la prédominance la fraction argileuse et argilo limoneuse c'est-à-dire des grains de diamètres inférieurs à 80 µm. Presque toutes les courbes granulométriques sont semblables, ce qui exprime une certaine uniformité des sols. La fraction fine occupe des pourcentages entre 65 % et 70% des passants à 80 µm. Les échantillons prélevés à proximité de ces blocs et analysés par le laboratoire national de l'habitat et de la construction (LNHC) montrent des caractéristiques granulométriques d'un sol argileux.

Un autre facteur déterminant pour divers comportements qui conduisent un sol à la rupture ce sont ses caractéristiques minéralogiques, les argiles gonflantes comme les montmorillonites sont plus actives et plus sensibles à l'eau et aux instabilités.

### ***III.1.3.2. Analyse minéralogique***

La détermination de la structure de base et du cortège minéralogique dominant d'un sol reste déterminante dans certains comportements d'instabilités ou de rupture. Les échantillons d'argiles prélevés à proximité des derniers blocs endommagés soumis aux rayons X révèlent la dominance des Montmorillonite et la Kaolinite. Leurs caractéristiques générales se résument en :

- **La Kaolinite**

Ce minéral argileux possède deux couches un tétraèdre et un octaèdre (**Te-Oc ou 1/1**), ce minéral dioctaédrique dans lesquels les substitutions sont pratiquement inexistantes et très limitées. La cohésion de la structure est assurée par des liaisons d'hydrogène, l'espacement basal est de  $7\text{\AA}$ , ( $d=7\text{\AA}$ ) Ce qui signifie que ce minéral est inerte à l'eau, sa stabilité est remarquable d'où son exploitation pour diverses activités artisanales et industrielles.

- **La montmorillonite**

Sa structure cristalline de base est de type **2/1** ou **Te/Oc/Te**, elle a trois couches, une couche octaédrique comprise entre deux couches tétraédriques. La distance inter foliaire est de  $10\text{\AA}$  ( $d= 10\text{\AA}$ ) ce qui signifie que les liaisons entre les feuillets seront affaiblies par les quantités d'eau qui peuvent être admises Donc c'est une argile expansive, sensible à l'eau avec un grand pouvoir d'adsorption ce qui favorise inévitablement des formes de ruptures.

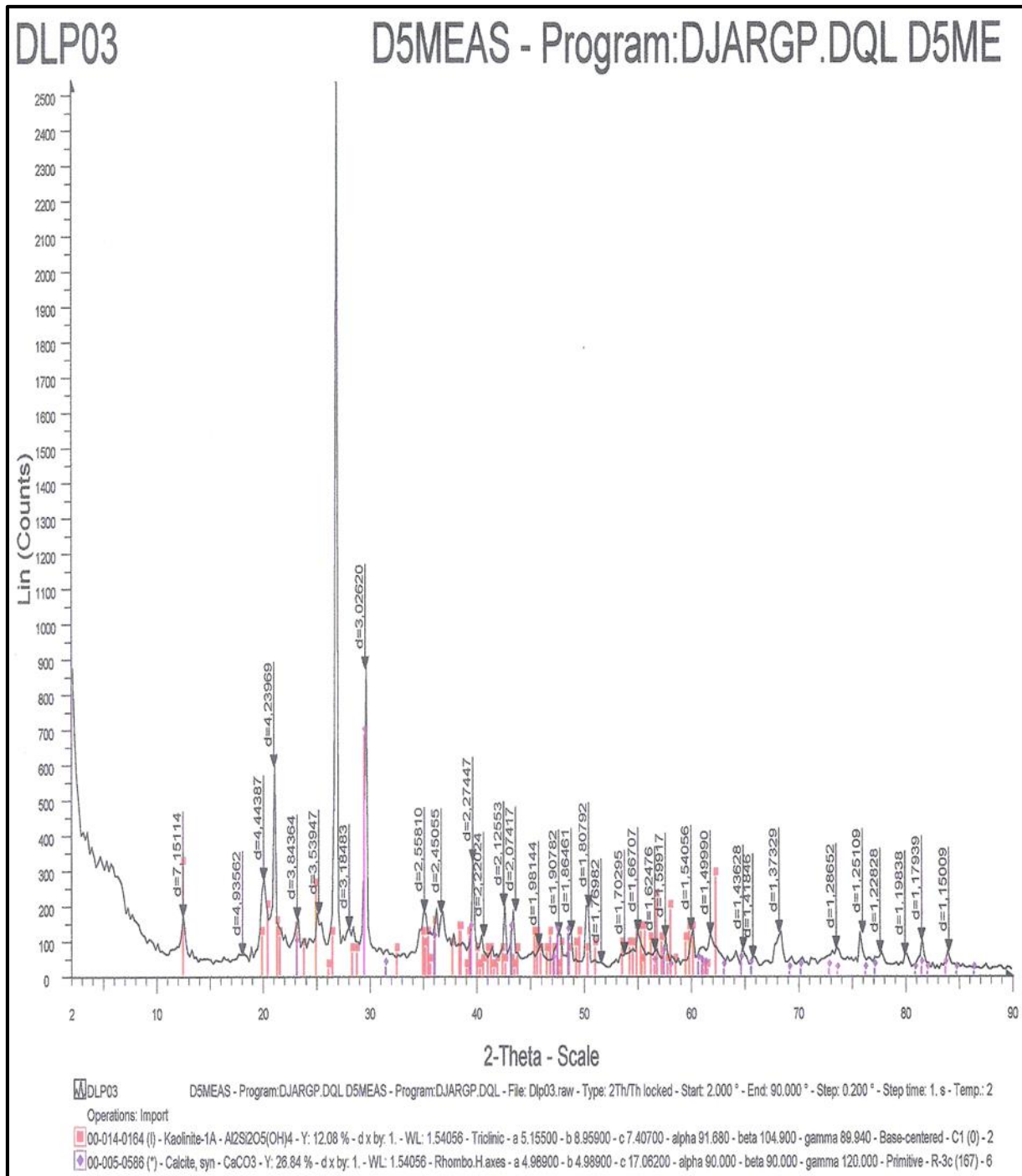


Figure 11 Résultat de l'analyse de l'échantillon DLP 01 analysé par les RX<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Mémoire de magister labiod foudil ; 2009, Etudes des mouvements de terrain dans le bassin de Mila, causes et conséquences IST –USTHB – Alger

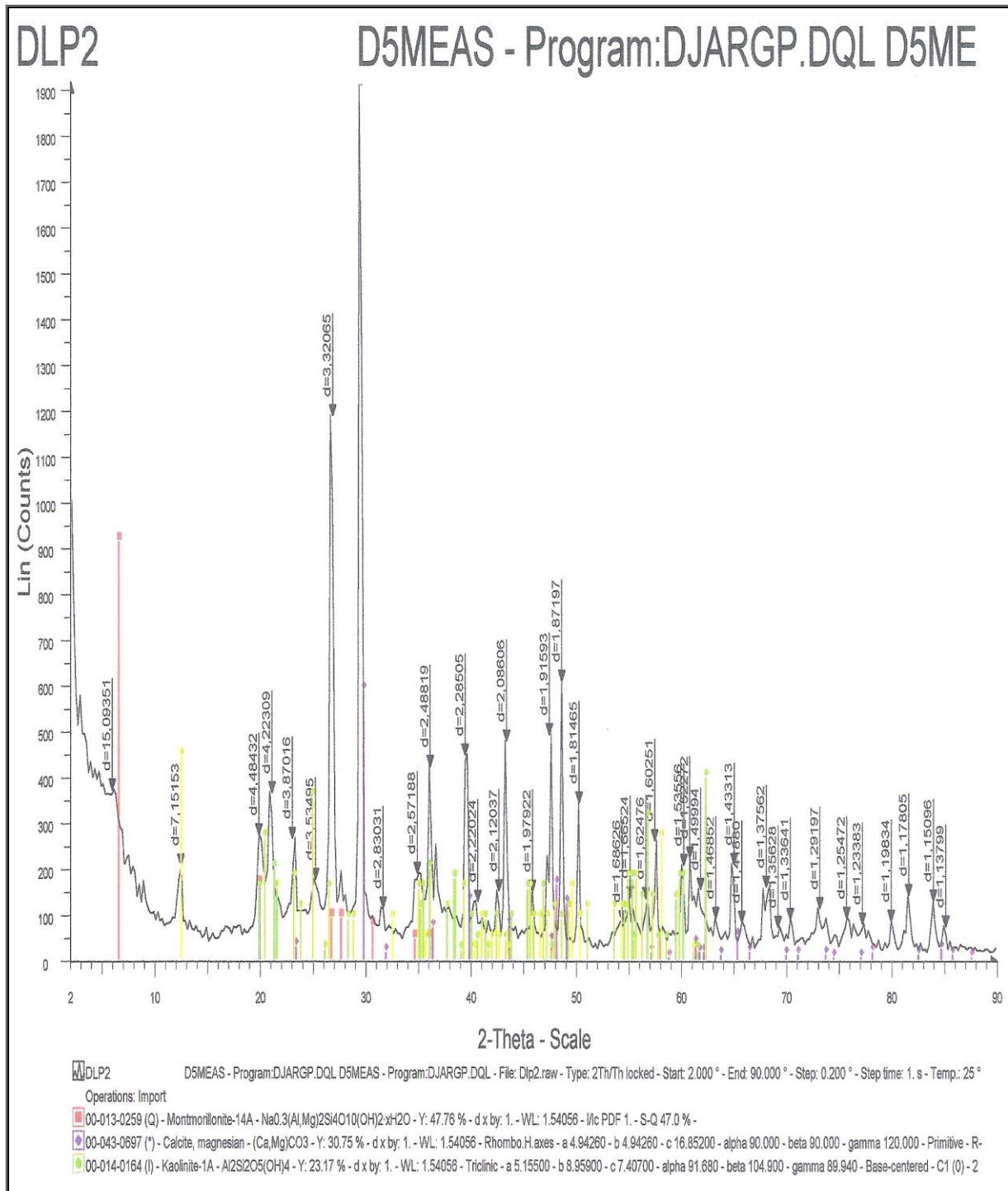


Figure 12 Résultat de l'analyse de l'échantillon DLP 02 analysé par les RX<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Mémoire de magister labiod foudil ; 2009, Etudes des mouvements de terrain dans le bassin de Mila, causes et conséquences - IST –USTHB – Alger

### **III.1.3.3. Les limites D'ATTERBERG**

Les différents changements et passages d'un état à un autre : solide, plastique et liquide sont atteintes et mesurées à partir des différentes teneurs d'eau utilisées lors des essais de laboratoires .Ces différents essais ont été réalisés à l'aide de la boîte de Casagrande, les valeurs obtenues sont :

Les limites de plasticité ( $W_p$ ) sont variables entre 25.56 et 31 % - moyenne = 28.28 %

Les limites de liquidité ( $W_l$ ) sont comprises entre 48 et 67.20 % - moyenne = 57.60 %

L'indice de plasticité ( $I_p$ ) est compris entre 21 et 41.94 % - moyenne = 31.47 %

Les teneurs en eau obtenues sont comprises entre 17 et 24 % (valeurs assez élevées).

Donc on a affaire à des sols argileux plastiques (moyenne de  $IP= 31.47$  %)

L'intensité du processus déclencheur est importante si d'autres facteurs interviennent favorablement comme les caractéristiques topographiques ou le degré de déclivité joue un rôle moteur dans l'accélération des forces gravitaires.

### **III.1.4. Les données topographiques**

Les données topographiques sont responsables de l'allure générale de tout le versant compris entre quartier el Kherba en amont et oued Mila en aval. Ce versant se caractérise essentiellement par un profil concave régulier, étiré sur environ deux kilomètres interrompu par des petites exagérations de profil ou de degré de pente par endroits limités comme entre le premier bâtiment en amont en forme de « u » et le bloc suivant .La pente générale est comprise 12 et 25 % (voir carte des pentes). La déclivité détaillée relevée au niveau du site des 185 logements est répartie comme suit :

- Une pente de 12.90 % de la tête de talus au sondage N°3A
- Une pente de 16.95 % du sondage N° 3A au sondage 2
- Une pente de 13.75 % du sondage N° 2A au sondage N°1A

Ces relevés de détails expriment la réalité de la forte déclivité de ce versant avec une pente moyenne de 14.53% .Elle a facilité toutes les actions gravitaires et activations des forces hydro dynamiques opérant parallèlement à la pente. Donc on peut définir une certaine pente limite pour le déclenchement de ces instabilités et les désordres observés aux niveaux de la majorité des blocs de cette cité. Ces facteurs sont amplifiés surtout si un autre processus intervient, c'est la quantité ou le volume d'eau présent dans ces formations argileuses à caractéristiques géotechniques médiocres.

### **III.1.5. Les conditions météorologiques exceptionnelles**

L'hiver 2005 a connu une période d'enneigement exceptionnel par sa durée, les épaisseurs enregistrées et par sa répartition spatiale qui a touché presque tout le nord du pays.

Dans la région de Mila, les épaisseurs ont dépassé les deux mètres sur les hauteurs de Marachou tan disque au niveau de ce quartier la hauteur de la neige avoisine le mètre (voir photo.17).



*Photo 16 Enneigement exceptionnel de janvier 2005*

Toutes les formations superficielles sont dans un état de sursaturation totale. Les valeurs obtenues lors d'essais de laboratoires (limites d'Atterberg) seront largement dépassées, les grandes quantités d'eaux mélangées avec ces épaisseurs importantes relevées par les sondages carottés vont sont favorables pour l'activation des glissements de terrain que ce soit en surface ou en profondeur. La réaction de tout le versant sera imminente, des mouvements de glissements de terrains se sont déclenchés entraînant une partie du versant. Les conséquences directes sont observées à travers quelques habitations individuelles, et sur les deux derniers bâtiments de la cité des 185 logements. Ces déformations aussi affectent un tronçon de la route Mila – Ferdjioua, de même que les murs de clôtures de quelques unités de la zone industrielle sont sérieusement fissurés.

#### **III.1.6. Les actions anthropiques**

Le rôle du facteur humain est déterminant dans le déclenchement de ces phénomène hydro-géomorphologique, il se trouve qu'il est dans une situation où il est responsable et victime. Responsable d'abord pour son choix injustifié pour un tel site, par ces travaux de terrassement excessif, par l'alignement et le nombre exagéré des bâtiments a implanté dans un site pareil, l'ignorance des mesures préventives et autres carences et insuffisances.

Les qualificatifs de l'ampleur, l'intensité et l'évolution spatio temporel de cet aléa peuvent être apprécié au fil du temps à travers une instrumentation du site avec un équipement

technique adéquat afin de surveiller toute évolution spatio- temporelle du site en surface et en profondeur. La vulnérabilité peut être aussi appréciée qualitativement et quantitativement à travers les conséquences sur divers enjeux exposés et les expressions d'endommagement recensés et les pertes économiques comptabilisées.

Ces appréciations qualitatives orientent de manière définitive que l'aléa glissement au niveau de ce site peut être qualifié d'aléa fort puisque tous les critères vont dans ce sens. Ces conséquences vont sans doute dévoiler d'avantage ce classement.

### **III.2. Les conséquences, effets directes et indirectes : la vulnérabilité**

Le deuxième volet de ce mémoire représente les conséquences et les effets de l'aléa glissements de terrain sur les différents éléments exposés et leurs vulnérabilités respectives. Une confrontation grandeur nature entre un ensemble de facteurs de prédispositions caractérisant l'aléa en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité de fréquence. De même un ensemble de pathologies de ruptures et de perte économique vont être analysé pour en déduire la vulnérabilité des biens à travers une approche technique et socio-économique.

L'expression de la vulnérabilité peut être représentée par un taux d'endommagement. Dans certains cas, cette mise en relation conduit à la détermination d'un degré d'endommagement, conformément à des données normalisées suivant les états. Classiquement, le degré d'endommagement s'exprime comme un taux compris entre 0 et 1, ou de 0 à 100% .Ce taux peut être associé à une valeur de l'unité, ce qui permet d'obtenir une estimation du montant des pertes affectées. Dans notre cas d'étude ce degré d'endommagement est estimé à partir des montants alloués aux différentes actions de réhabilitation ou des mesures structurelles déployées. Les types de conséquences qui ont affecté la zone peuvent être réparties en :

- enjeux structurels qui correspondent aux conséquences physiques sur les biens, les infrastructures, les bâtiments ou l'occupation du sol
- enjeux corporels considèrent les hommes dans leur intégrité physique et traduisent alors la vulnérabilité humaine.
- La vulnérabilité économique

Au cœur de ces pertes, l'homme ou la présence humaine représente une valeur inestimable et irremplaçable, un capital à protéger et à sauver à tout prix.

#### **III.2.1. L'endommagement et les désordres observés ou vulnérabilité structurelle**

Cette vulnérabilité structurelle traduit implicitement les conséquences directes de ce glissement matérialisées par les pathologies et les formes de ruptures observées le long de ces

huit blocs de la cité des 185 logements et tout particulièrement au niveau des deux derniers bâtiments, on note surtout : c'est une forme d'appréciation et de qualification du risque.

**III.2.1.1. La fissuration des murs**

Ce sont des fissures d'ordres millimétriques visibles surtout sur les murs porteurs des différents blocs et qui sont principalement liées à des gauchissements de la structure superficielle provoqués essentiellement par des tassements différentiels et des poussées profondes exercées surtout sur les derniers blocs déstabilisés.

▪ **l'ouverture des joints de rupture :**

Les différents joints présents ou joints de jonctions entre deux unités formant un bloc sont sérieusement endommagés. La photo 17 illustre parfaitement cet état de distorsion et d'étirement.

▪ **Basculement des blocs :**

Ce phénomène a touché les deux derniers blocs ou un basculement vers le Nord est bien visible accompagné d'un étirement vers le côté Est surtout sur le dernier bloc. Des affaissements et cassures apparaissent sur les deux derniers poteaux formant la moitié droite du réz de chaussée côté Est.



*Photo 17 Dilatation des joints des deux derniers blocs affectant tout la hauteur du bâtiment et se prolonge jusqu'aux longrines non visibles sur la photo*

▪ **Ruptures et fissures des longrines :**

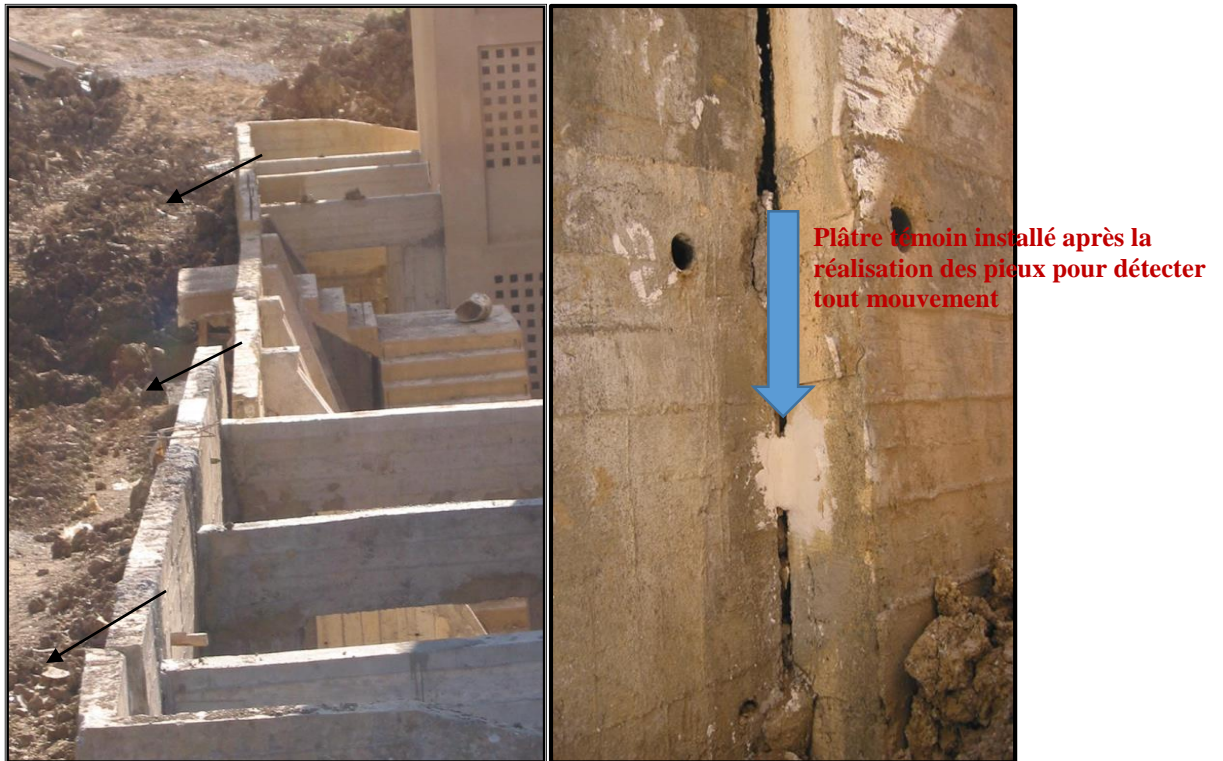
Un cisaillement du ferrailage est observé surtout sur les fondations du dernier bloc, le mouvement est tellement profond et les contraintes exercées sont énormes qu'elles ont provoqué des entorses très notables, même les escaliers intérieurs n'ont été épargnés, des affaissements dans la plate-forme montrent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



*Photo 18 Fissures apparentes sur les balcons*

▪ **Le mur de soutènement**

Afin de stopper les premiers signes de désordres apparus après l'hiver 2003 surtout au niveau dans la partie aval de cette cité, il est décidé la réalisation d'un mur de soutènement en béton armé (voile) de part et d'autre des deux derniers blocs formant les trente-deux logements. Ce dispositif d'urgence a été réalisé en fin 2003 dans l'espoir d'arrêter les premiers signes de ruptures apparus durant l'hiver 2003. Pendant l'hiver exceptionnel de 2004/2005 ce dispositif a complètement cédé sous les effets des grandes charges et poussées exercées par les blocs et les mouvements de terrains. Les forces déstabilisatrices qui opèrent parallèlement à la pente deviennent nettement supérieures aux forces de résistances. Ce qui se traduit négativement sur la valeur du facteur de sécurité (**FS**).



*Photo 19 Basculement et distorsion de plus de 30cm entre deux panneaux formant la voile Le plâtre témoin (en blanc) a été placé après la réalisation des pieux*

En l'absence d'une grille d'évaluation du degré d'endommagement adopté par les autorités que ce soit à l'échelle internationale ou nationale à l'exception pour quelques aléas naturels comme les séismes. Pour l'aléa glissement de terrain, les appréciations des services de CTC de la direction régionale de Constantine ont été catégorique sur l'impossibilité de loger des gens dans les 32 logements sérieusement mis en causes après différents indices recensés sur place. Cela signifie que le taux d'endommagement peut être évalué à supérieur à 0.2 ou 0.3 /1. Le report de toute attribution est officiellement retenue. Des mesures de résilience s'avèrent obligatoires. Il faut apporter des mesures et travaux de renforcement et des consolidations touchant des travaux internes comme externes. La distribution a eu cet été 2016, la photo ci-dessous témoigne cet événement.

Après les événements météorologiques exceptionnels de 2005, le mouvement du glissement du terrain a continué à aggraver de plus en plus l'instabilité du site et accentuer les dégâts et toutes les pathologies de ruptures continuent à évoluer d'où la nécessité de trouver une troisième alternative qui serait plus efficace. Le travail de génie urbain préconisé pur ce site est les pieux forés, une technique déjà utilisée par les autorités locales pour d'autres sites instables (voir photo 20)

### *III.2.1.2. Un dispositif de pieux*

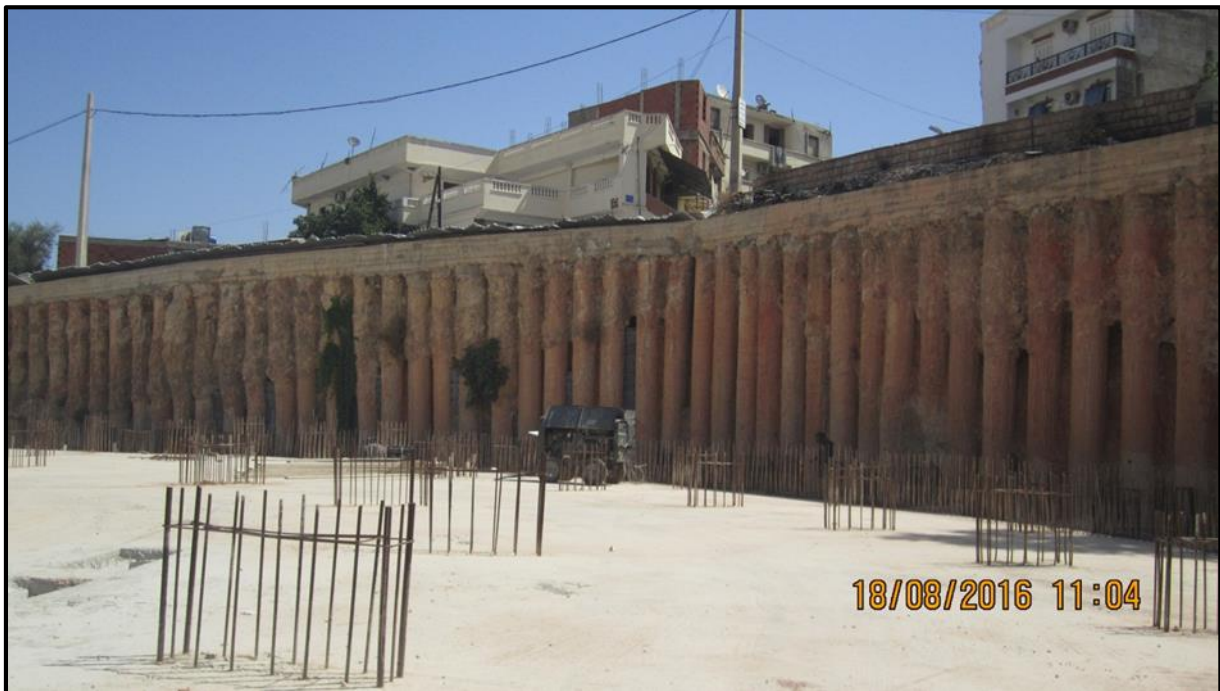
En 2006, devant l'écho provoqué par ce sinistre et les rumeurs qui commencent à inquiéter les autorités locales des mesures plus efficaces doivent être apporté et à n'importe quel prix, d'où l'idée de l'installation d'une série de pieux. Cette technique est couramment utilisée pour stabiliser des projets de grandes envergures, le principe se résume dans la pénétration des pieux forés à une profondeur de vingt mètres puis remplis de béton armé à forte dose (dosé à 400 kg/m<sup>3</sup>). La répartition de ces pieux a porté essentiellement sur la partie avale du glissement où les efforts sont très importants.

- **La première ligne des pieux :**

La mise en place d'un premier dispositif de vingt pieux, disposés en quinconce juste après le sixième bloc situé dans la partie frontale du terrain en mouvement.

- **La deuxième ligne :**

La réalisation d'une deuxième ligne de pieux en une seule rangée juste avant le dernier bloc, elle composée de dix pieux alignés sur un même axe Est – Ouest.



*Photo 20 Dispositif de pieux installé pour stabiliser le site*

- **La troisième ligne :**

Cette une troisième ligne, elle est composée aussi de dix pieux disposés suivant la même orientation générale implantée juste avant les deux derniers blocs.

Après la réalisation des aménagements préconisés surtout les pieux dans la partie avale de la cité, les six premiers blocs sont affectés en 2010, reste les deux derniers blocs qui feront l'objet de travaux de confortement et protection pour être distribué en Juillet 2016 !

### *III.2.1.3. Gestion des eaux par drainage*

D'après les niveaux relevés par différents piézomètres pour les années de 2005 et 2006 varient entre 0.80m et 2.50 m. l'existence d'un tel niveau en permanence nécessite un drainage en profondeur pour évacuer convenablement l'excès d'eau. Les eaux pluviales ruissellent et convergent de plus en plus vers les fondations et les semelles surtout des deux blocs situés plus en aval où la concentration sera le plus Cette eau est à l'origine de la rupture du mur de soutènement et de déclenchement des premières ruptures au niveau des fondations.

Différents ouvrages ont été réalisés.

- **la collecte et le drainage des eaux de surface :**

Ce sont des aménagements réalisés sur toute la périphérie des huit blocs, des caniveaux, des bordures et un dallage en béton armé d'une grande partie des surfaces entre ces blocs. Ils permettent de collecter et limiter l'infiltration des eaux de pluie et éviter toutes infiltrations excessives et saturations des terrains. Les eaux superficielles captées sont connectées aux principaux drains périphériques.

- **les drains en profondeurs :**

Ce sont des drains peu profonds d'environ deux mètres de profondeur disposés parallèlement aux huit blocs ,réalisés en béton armé ,d'environ quarante centimètres de largeur , recouverts en surface par un dallage et matérialisés par des regards d'entretiens tous les vingt



*Photo 21 Les 32 logements réhabilités pour être distribué en Juillet 2016*

### **III.2.2. La vulnérabilité économique : Impacts financiers**

Malheureusement les impacts liés directement à l'aléa glissement de terrain sont toujours négatifs, leurs enjeux socioéconomiques sont parfaitement mis en évidence à travers les pertes financières. D'abord par les montants déjà consommés pour la réalisation des différents ouvrages de protections surtout les pieux qui reviennent très chers, ensuite du grand désespoir des demandeurs de logements en attente depuis plusieurs années. Ces montants supplémentaires vont sans doute gonfler l'enveloppe initiale du projet.

Les montants facturés pour les différents travaux réalisés au niveau du site des 185 logements ressortent dans le tableau suivant :

<b>Nature des travaux</b>	<b>Montants en DA</b>	<b>Observations</b>
<b>Murs en voiles</b>	5.000.000	achevés
<b>Pieux</b>	40.000.000	achevés
<b>Drainages</b>	2.000.000	achevés
<b>Travaux de renforcement et réhabilitation des 32 logements</b>	15.000.000	achevés
<b>Total</b>	<b>62.000.000</b>	

*Tableau 10 Montants des Différents travaux de stabilisation réalisés au niveau de la cité des 185 logements (Source OPGI de Mila).*

### **III.2.3. La vulnérabilité corporelle ou la présence humaine**

Les personnes ne sont pas considérées de la même manière que les autres éléments exposés .Pour déterminer l'enjeu humain, nous prenons alors le nombre potentiel de personnes présentes dans les bâtiments en période de crise ou de la survenance de l'évènement redouté. D'après les chiffres relevés sur site, le nombre de locataire est le suivant :

<b>BATIMENT</b>	<b>Nombre de logements</b>	<b>Nombre d'habitants</b>	<b>OBSERVATIONS</b>
<b>BATIMENT 1</b>	50	195	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 2</b>	20	78	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 3</b>	20	83	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 4</b>	20	85	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 5</b>	20	87	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 6</b>	25	97	Distribué en mars 2010
<b>BATIMENT 7</b>	15	58	Distribué en juillet 2016
<b>BATIMENT 8</b>	15	55	Distribué en juillet 2016
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>738</b>	

*Tableau 11 Nombre d'habitants, cité des 185 logements. Source enquête de terrain*

En plus de cette vulnérabilité directe, certains effets intangibles sont à noter comme le sentiment de peur et d'insécurité qui plane puisque une grande partie des habitants est au courant du problème. Un sentiment de méfiance occupe certains esprits vu les expériences vécues et les insuffisances relevées. Cette perception sociale des habitants n'est pas à l'heure actuelle intégrée dans l'évaluation du risque "glissement de terrain". Bien que cette information soit plutôt qualitative que quantitative, elle est un élément important dans l'étude des conséquences corporelles puisqu'elle influe sur les comportements humains. Cet objectif nécessite un travail d'enquête sur le site d'étude. Vu cette concentration d'éléments exposés structurelles et non structurelles et ses conséquences directes et indirectes, la vulnérabilité peut être qualifiée de vulnérabilité forte. D'autres sites se répartissent un peu partout à l'intérieur comme à la périphérie de la ville amplifiant d'avantages des situations à risque lié aux glissements de terrain (voir Photos ci –après)



*Photo 22 Le glissement de terrain au lotissement nord de Mila. Cité Tyayba*



*Photo 23 Un glissement de terrain qui menace l'hôpital de Mila et quelques habitations*



*Photo 24 Un nouveau glissement de terrain qui menace quelques blocs ;cité Mila lagdima*



*Photo 25 Des glissements de terrain qui menacent plusieurs habitations lotissement privé à l'ouest de la cité Boulmerka*

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

## **RECOMMANDATIONS**

- Favoriser l'application d'une approche de gestion des risques de glissements de terrains en mettant en place des mesures de prévention, de préparation, d'intervention et de rétablissement. Cette approche conduit à une meilleure connaissance des risques.
- La nécessité des autorités locales à intégrer les avis des spécialistes dans toutes les procédures d'aménagement du territoire afin d'inscrire les projets d'habitat ou d'équipements publics dans une logique de durabilité
- Mener des actions préventives et d'aménagement du territoire à travers la hiérarchisation du risque glissement de terrain à l'échelle national (cartographie) et sa prise en considération dans différentes études, cahiers des charges, documents et instruments d'urbanisme.
- Etablir des plans de surveillance des zones sujettes aux glissements de façon naturelle en organisant des inspections afin de détecter les signes imminents de danger, selon un calendrier qui dépend du niveau de risque.
- Sensibiliser et responsabiliser les citoyens, les entreprises, les municipalités ainsi que le gouvernement en fonction de leur niveau respectif de responsabilité face aux risques de glissement ou aux conséquences des glissements de terrains.
- Optimiser l'utilisation des ressources humaines, matérielles, financières et informationnelles consacrées à la sécurité civile par les municipalités et par le gouvernement.
- Adopter une approche d'indemnisation des gens affectés par le glissement de façon adéquate et équitable.

## **CONCLUSION**

En conclusion, on peut dire que les différents paramètres et les causes directes et indirectes responsables du déclenchement de l'aléa glissement de terrain au niveau de ce site sont partagés entre facteurs naturels prédisposés pour ce genre d'instabilité associés à des facteurs anthropiques qui ont aggravé la situation par des actions inappropriées et irréfléchies. Dans le détail on peut retenir quelques points essentiels comme :

- Absence totale de toute étude d'impact intégrée et pluridisciplinaire
- Etudes et rapports de sols trop simplifiés
- La négligence totale des paramètres de stabilité du site.
- Réalisation de huit blocs de type R+5 et R+4 alignés sur un même axe.
- La pente moyenne du versant est de 25 %.
- Les travaux de terrassement excessifs sans atteindre le bon sol.
- Incompatibilité des fondations avec la réalité du site.
- Caractéristiques géotechniques médiocres des sols
- La forte intensité du processus déclencheur (enneigement 2005)

Les photos à la fin de ce mémoire illustrent belle et bien la notion d'aléa, la notion de vulnérabilité, deux composantes essentielles de l'équation des risques naturels. Les formes et les indices d'endommagement témoignent la gravité et la criticité de la situation au niveau de ce site d'étude et d'autres endroits aussi. Ces situations expriment un risque fort puisque la ville multiplie, amplifie, diversifie les facteurs de vulnérabilité, éléments moteurs du fonctionnement de la ville elle-même, de ses logiques d'organisation spatiale et de dynamique territoriale. Les aspects économiques, sociaux et organisationnels, le patrimoine, les éléments environnementaux peuvent être des facteurs de vulnérabilité

L'importance accordée à de tels sujets de recherches mérite un approfondissement dans ce domaine qui est encore loin d'être satisfait que ce soit en termes de mesures techniques, réglementaires et sociales. Ces facteurs ont fait de cette ville de Mila un espace vulnérable parce, que dans plusieurs situations, le risque est parfois accepté contre un logement ou un emploi ou une tranche action foncière illicite dans des sites de glissements de terrain. Même les autorités participent au choix des projets dans de nombreux sites inappropriés ce qui a conduit vers des situations socio-économiques inacceptables sur tous les plans. Le retour d'expérience, la prévention, la prévision, la culture du risque, la planification et le contrôle des territoires sont autant de remèdes à proscrire pur de telle région.

## **Bibliographie**

1. Ozer, P. (2008). **Introduction aux risques naturels.**
2. Swiss, Re. (2006). **Natural catastrophes and manmade disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses.** Sigma No 2/2006, p 39.
3. **UN SPIDER knowledge**, portal : <http://www.un-spider.org>
4. ISO Guide 73 – **Vocabulaire du management du risque** [norme ISO/IEC 13335-1 (11/2001)] qui a été revu lors du développement de la norme ISO 31000:2009.
5. **Petit Robert.** (1996).
6. **Petit Larousse.** (1997).
7. Jacquignon, L. Danan, Y. (1978). **Le droit de l'urbanisme**, Eyrolles, 6ème éd.
8. Saidouni, M. (2001). **Eléments d'introduction à l'urbanisme.** Edition casbah. p 143, 156.
9. Nedjai, F. (2012). **Les Instruments D'urbanisme Entre Propriétaire Foncier Et Application Cas D'étude : La Ville De Batna**, Thèse de Magister. p 45.
10. Plan d'aménagement de wilaya (PAW). A.N.A.T. (Agence Nationale d'Aménagement du Territoire).
11. Pelletier, J. Delfante, Ch. (1994), **Villes et urbanisme dans le monde.** Paris, Masson (Coll. « Initiation aux études de géographie »), 2e édition, p 16, 17.
12. Etienne, D. (2007). **Evaluation quantitative et cartographie du risque "glissement de terrain" Application au Bassin de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence - France)**, Mémoire Master Recherche : Risques Technologiques et Naturels. France : Université Louis Pasteur - Strasbourg 1
13. Labiod, F. (2009). **Etudes des mouvements de terrain dans le bassin de Mila, causes et conséquences.** Thèse de Magister. Alger : Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediène.
14. Gleyze, J-F. (janvier 2002). **Le risque** .Institut géographique national - Laboratoire COGIT. p 259
15. Barik, D. (avril 2012). **Rapport du stage de Mila.** Master 01 : Géomorphologie appliqué. Faculté des sciences de la terre et de la géographie et de l'aménagement du territoire. p 35.
16. Kacimi, S. (avril 2013). **Etude de l'instabilité de terrain (glissement de terrain).** Rapport du stage Master 01 : Géomorphologie appliquée. Faculté des sciences de la terre et de la géographie et de l'aménagement du territoire. p 43
17. Demers, D. et al. (2010). **La gestion des risques de glissements de terrain dans les sols argileux au Québec**