

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques.

Département de Géologie

Mémoire de projet de fin d'études Pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de
la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie des bassins sédimentaire

**Sujet : Etude d'aléa glissement de terrain des
régions Ain El Hammam, Tigzirt, Azazga**

(Tizi Ouzou)

Réalisé par : MERZOU D Mekioussa

Soutenu publiquement le : 20 Janvier 2022

Devant le Jury :

Mr Kardache.R	Docteur (UMMTO)	Président
Mme.DANDANE.M	Maitre-assistante (UMMTO)	Examinatrice
Mr. AMROUCHE.F	Maitre-assistant (UMMTO)	Promoteur
Mr. MANSOUR. Y	Doctorant (USTHB)	Co-promoteur

L'année universitaire 2020/2021

Remerciements

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :

En premier à Dieu pour tout !

Je tiens à remercier mon promoteur Mr Amrouche F de m'avoir proposé ce sujet de mémoire et de m'avoir orienté pour à fin de le réaliser.

Je tiens à remercier mon Co-Promoteur Mr MANSOUR Y de m'avoir aidé à réaliser le travail en usant de ces connaissances et de son expérience. Et sa disponibilité durant nos sorties sur le terrain.

Je tiens à remercier Mr SI HADJ Yacine responsable à la direction de l'urbanisme de l'architecture et de la construction de la wilaya de Tizi Ouzou.

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui auront à juger et apprécier ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

En dernier je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amies et amis qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Dédicaces

C'est avec toute mon affection que je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers,

A la mémoire de mes chers grands parents : bien que vous ne soyez plus présents à mes côtés, je sens votre présence dans mon cœur, mon âme et mes souvenirs... Que dieu vous accueille dans son vaste paradis.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences, et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, ma chère maman.

A l'homme, qui doit ma réussite et tout mon respect, mon cher père.

A la mémoire de ma chère cousine Yasmine que le dieu la garde dans son vaste paradis.

A mes tantes et mes oncles du côté paternel et maternel, que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tout(es) mes cousins (es) paternel et maternel : Merci pour vos encouragements tout au long de mes études.

A mes chers amis (ies) : Antinia, Mila, Melissa, Soussa, Syphax, Ghania, Katia, Muhamed, Fouad.

A toutes personnes chères à mon cœur

SOMMAIRE

Introduction.....	4
Résumé	5
Abstract.....	5
But de travail.....	6
Méthodologie	6
Problématique	7
CHAPITRE I	6
GENERALITES	6
Introduction.....	9
I. Situation Géographique de la Kabylie	10
I.1 La Grande-Kabylie	10
I.2. La Petite-Kabylie.....	11
II. Géologie Régional	11
II.1 L’orogène Alpin	11
II.3. Aperçu lithologique sur l’Atlas Tellien ou la chaîne des Magrébides	12
II.3.1. Un domaine interne ou le tell septentrional	13
III.Contexte géographique, géologique, hydrologique et géomorphologique	24
III.1. Situation Géographique	24
III.2.Aspect Géologique.....	24
III.3. Aspect Hydrologique	32
III.4. Aspect Morphologique de la Kabylie	34
CHAPITRE II	5
RISQUES GEOLOGIQUE.....	5
Introduction.....	43
I. Type de mouvement de terrain	43

I.1. Les mouvements rapides	43
I.1.1 Les éboulements et chutes de blocs	43
I.1.2 Les coulées boueuses	44
II.2. Les mouvements lents	48
I.2.1. Retraits et gonflement des argiles	48
II 2.2. Les fluages	49
II.2.3. La solifluxion	50
II.2.4. Les affaissements	51
II.2.5. Les effondrements	52
II.2.6. Le fauchage	54
II.2.7. Les tassements.....	55
II.2.8. Les glissements de terrains	56
III. La différenciation des glissements de terrains	58
IV. Les facteurs provoquant un Glissement de Terrain	61
IV.1. Les facteurs passifs ou invariables	61
IV.2. Les facteurs actifs ou variables.....	62
V. Action de l'eau sur la stabilité des pentes.....	63
V.1.Les infiltrations d'eau dans le sol	63
V.2. Les écoulements souterrains	64
V.3. Les écoulements superficiels (ruissellements).....	64
VI. Les effets des eaux sur les glissements.....	64
VII. Influence des actions sismiques sur les glissements de terrain	65
Conclusion	67
CHAPITRE III.....	68
LES GLISSEMENTS DE TERRAINS	68
Introduction.....	69
I. Localisation de la zone d'étude (Tizi-Ouzou).....	69

I.1- Géologie et Lithologie de La Wilaya	72
I.2 L'Hydrologie de la wilaya de Tizi Ouzou	75
II. Les glissements de terrain les plus connus dans la wilaya de Tizi-Ouzou	75
II.1 Tizirt.....	76
II.1.1 Situation géographique	76
II.1.2. Glissements de terrains au niveau de la région de Tizirt	77
II.1.3. Les principales causes des mouvements de terrains de la région de Tizirt	78
II.1.4. Facteurs déclenchant le glissement de la région de Tizirt.....	82
Conclusion	87
II.2. Ain el hammam	88
II.2.1. Situation géographique	88
II.2.2. Glissements de terrains au niveau de la région d'Ain el hammam	88
II.2.3. principales causes des mouvements de terrains de la région d'Ain el hammam	90
Conclusion	95
II.3. Azazga.....	96
II.3.1. Situation géographique	96
II.3.2. Glissements de terrains au niveau de la région d'Azazga.....	96
II.3.3. Principales causes des mouvements de terrains de la région D'Azazga	97
Conclusion	103
III. Projeter les trois régions de glissements sur la carte géologique de Tizi Ouzou	104
III.1 Etapes de production d'une carte	104
III.1.1. Géoréférencement.....	104
Notion de géoréférencement.....	104
III.1.2. Manière de géoréférencement.....	105
III.1.3. Enregistrement d'une couche x,y comme classe d'entités.....	105

III.1.4. Mise en page	107
CONCLUSION GENERALE	110
RECOMMANDATION	113
Liste des figures	115
Liste des tableaux	118
Références bibliographiques.....	119



INTRODUCTION

Introduction

L'évolution du Nord Algérien est le résultat d'efforts orogéniques complexes créant un domaine formé des reliefs et des bassins. Cette architecture s'exprime très nettement dans la marge Algérienne et dans différentes unités structurales des bassins Néogènes comme celui de Tizi Ouzou ; son origine a été identifiée par les anciens géologues et géophysiciens, elle est due principalement aux réseaux de fractures profondes réagissant à l'immense force de compression fournie par le rapprochement des deux plaques Africaine et Européenne.

Actuellement ce rapprochement s'exprime le long de l'atlas tellien par des phases tectoniques compressives N-S à NNW-SSE en définissant des blocs tectoniques orientés NE-SW, délimités par des décrochements dextre E-W profonds. Cette intensité des déformations le long de l'atlas tellien, est attestée par de récents tremblements de terre ce qui pourra provoquer des glissements de terrains aussi.

La nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition des risques géologiques tout comme l'eau et la pente. Les roches affectées sont très variées (roche marneuse, argileuse, schisteuse, formation tertiaire altérées, colluvions...) mais globalement la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable. La saturation des terrains en eau (présence des sources souterraines, fortes précipitation, fonte de la neige, mauvais système de drainage des eaux usées...) joue un rôle moteur ou déclencheur du glissement.

Les régions qui ont fait l'objet de ce mémoire sont situées dans le bassin Néogène de Tizi Ouzou qui fait partie des zones internes du domaine tellien. Cette étude est basée essentiellement sur les investigations sur le terrain, à fin de cerner l'aspect des terrains.

Introduction

Résumé

Les glissements de terrain dans les formations meubles sont répandus en Algérie et particulièrement en Kabylie. En effet, la morphologie du Nord algérien, caractérisée essentiellement par des montagnes de pentes raides, donne souvent lieu à des mouvements de terrains d'intensité variable. Les cas de désordre liés à cet aléa sont de plus en plus nombreux et leurs conséquences de plus en plus lourdes. Les facteurs à l'origine de ces glissements sont principalement liés à la structure géologique, aux conditions hydro-climatologiques et à la topographie de la région. . La présente communication a pour objectif d'initier une base de données locale au niveau de la Kabylie (Tizi-Ouzou) en regroupant les différentes caractéristiques des glissements de terrains les plus connus (Tigzirt, Ain El hammam, Azazga) afin de déterminer les couches géologiques responsables de ces glissements en projetant les coordonnées X,Y de ces glissement sur une carte géologique de Tizi Ouzou.

Abstract

Landslides in loose formations are widespread in Algeria and particularly in Kabylia. Indeed, the morphology of the Algerian North, characterized essentially by mountains of steep slopes, often gives rise to land movements of varying intensity. The cases of disorder related to this hazard are increasingly numerous and their consequences are increasingly heavy. The factors at the origin of these landslides are mainly related to the geological structure, the hydro-climatological conditions and the topography of the region. The present communication aims to initiate a local database at the level of Kabylia (Tizi-Ouzou) by gathering the various characteristics of the most known landslides (Tigzirt, Ain El hammam, Azazga) in order to determine the geological layers responsible for these landslides by projecting the X,Y coordinates of these landslides on a geological map of Tizi Ouzou.

INTRODUCTION

But de travail

L'objectif de ce présent travail est de procéder à une étude détaillée sur les glissements de terrain dans les régions les plus touchées par le phénomène glissement de terrain qui sont : Tizirt, Ain El Hammam, Azazga à fin de les présenter sur une coupe lithologique faites avec le logiciel AUTOCAD qui est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire et ensuite les projeter sur une carte géologique de Tizi Ouzou en utilisant les coordonnées X, Y des glissements. Afin de déterminer quelle couche géologique glisse et est-ce que c'est la même couche qui glisse dans chaque région ou bien ça diffère d'une région à une autre.

Méthodologie

Afin de mener à bien cette étude, nous avons eu à suivre les étapes suivantes :

Ce documenté sur les régions concernées et la Kabylie en générales.

Préparer un inventaire de terrain.

Préparer tout le matériel qu'il faut avant de partir sur le terrain (boussole, mètre ruban, HCL, marteau, carnet, crayon, et le GPS)

Une fois sur le terrain faut bien observer afin de déterminer le type de roches, prendre le pendage des couches, mesurer l'épaisseur des couches avec le mètre ruban, les représenter sur un carnet, chercher des indices d'instabilité, parler avec les habitants de la région pour mieux analyser faut surtout bien se repérer avec le GPS et prendre les coordonnées de chaque glissement.

Une fois que le travail de terrain est terminé on passe aux coupes et à la projection des coordonnées sur la carte géologique de Tizi Ouzou. Et enfin déterminer les couches géologiques qui glissent lors d'un glissement.

INTRODUCTION

Problématique

Ces dernières années, la cartographie des zones de mouvements de terrains a fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde, Cependant, le Risque des Mouvements de Terrains est considéré comme risque naturel majeur qui touche plusieurs zones à travers le monde, causant en effet des centaines de milliards de dollars en dommages économiques, agricultures, et patrimoines, ainsi des centaines voire même des milliers de morts et blessés chaque année.

Par ailleurs, l'Algérie du Nord n'est pas à l'abri de ce désastre en vue de :

La forte concentration de population,

Les terrains sont accidentés à pentes fortes,

La lithologie tendre/cassante (argiles, marnes, schistes...)

La néotectonique (présence de failles visibles où cachées)

Le réseau hydrographique encaissant et large et la pluviométrie (900 et plus mm/ans)

L'aménagement non planifié des établissements mobiliers ou publics et des travaux de déblaiement et de remblais.

Ces paramètres jouent le rôle d'un précurseur pour le déclenchement de plusieurs types de Mouvement de terrain tels que les glissements de terrain, les éboulements rocheux, les coulées de boue, la solifluxion... et qui se manifestent dans plusieurs localisations à travers les willayas du Nord, citons, par exemple, ceux de, Tizi Ouzou, de Mila, Médéa de Boumerdes, d'Alger, ... Cependant, les Mouvements de terrain, qui sont des phénomènes géologiques et géomorphologiques touchant plusieurs localisations du tell Algérien, peuvent engendrer d'importante perte en vie humaine et des dommages conséquents aux biens et même provoquer dans certains cas des catastrophes inestimables. Dans ce cadre de risque, notre travail a pour but de proposer de projeter les glissements des trois régions les plus touchées par le glissement en Kabylie sur une carte géologique à l'aide d'un logiciel QGIS. Et de déterminer qu'elle couche géologique glisse souvent et qui cause problème.



CHAPITRE I

GENERALITES

Introduction

On distingue plusieurs « Kabylie » : Grande-Kabylie, Petite Kabylie et Kabylie de Collo ou numidique. Elles sont toutes « comprimées » entre quatre grands espaces naturels : la Méditerranée au Nord, les Hauts Plateaux au Sud, l'Algérois à l'Ouest et le Constantinois à l'Est. Elles correspondent au Tell de l'Algérie orientale, soit 13 000 km² (0,6 % du territoire de l'Algérie).

Cette chaîne de montagnes se subdivise, d'Ouest en Est, en quatre massifs : la Kabylie du Djurdjura à l'Est d'Alger ; la Kabylie des Babors sur la rive droite de la Soummam ; la Kabylie des Bibans à l'Est de l'Oued Sahel ; la Kabylie de Collo ou numidique à l'Ouest de Annaba et au Nord du Constantinois.

La kabylie constitue une région naturelle homogène par ses traits physiques (90 % de relief montagneux), son climat (plus de 1 000 mm par an de pluviométrie), sa couverture végétale (60 % de forêts et maquis), son peuplement (densité supérieure à 250 habitants au km²), son habitat, ses sols et sous-sols, son degré élevé de sismicité.

I. Situation Géographique de la Kabylie

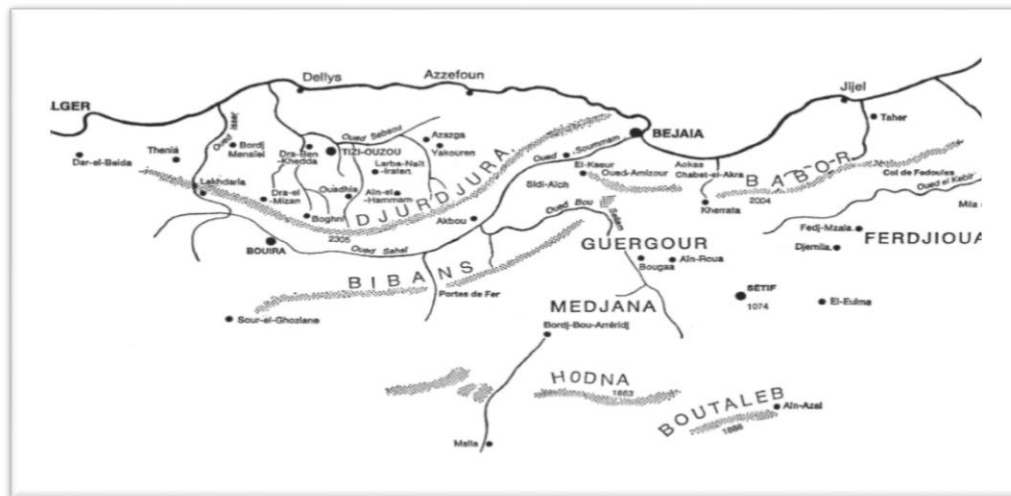


Figure 1 : La carte Géographique de la Kabylie.

Source (E. B and M. Dahmani, "Kabylie: Géographie", Encyclopédie, 2003)

I.1 La Grande-Kabylie

(5 000 km²) est délimitée au Nord par la mer Méditerranée (100 km de littoral desservi par la RN24, comptant trois petites agglomérations portuaires : Delys, Tigzirt et Azzefoun), à l'Ouest par la dépression formée par l'oued Sahel, et au Sud/Sud-Est par la chaîne du Djurdjura, en arc de 60 km de longueur environ, culminant à 2 308 m, au sommet de Lalla Khedidja. La « capitale » régionale étant Tizi-Ouzou.

Entre le Djurdjura (traversé par six cols) et la Méditerranée, l'espace est divisé en plusieurs zones naturelles : le massif littoral, la dépression du Sébaou (*asif n Emrawa, asif n Sabaw*) longé par la RN12, le massif central traversé par plusieurs oueds et axes routiers longitudinaux, la dépression de Draa El Mizan, longée par la RN30.

I.2. La Petite-Kabylie

(5 000 km²) est divisée en quatre zones géographiques homogènes :
La dépression centrale formée par la vallée Sahel-Soummam, longée par la RN 26, reliant la ville portuaire de Bejaia à Bouira (*Tubirett*), porte des Hautes-Plaines orientales ;

Le versant Sud du Djurdjura formant la limite occidentale avec la Grande-Kabylie ;

La chaîne des Babors à l'Est, culminant au sommet du « Grand-Babor » à 2004 m ;

La chaîne des Bibans au Sud-Est (traversée par la RN5) ; elle sépare la Petite-Kabylie du Constantinois et du Hodna et la wilaya de Bordj-Bou-Argeridj de celles de Bejaia et Bouira. Elle culmine à 1 840 m au sommet du Djebel Maadhid

II. Géologie Régional

II.1 L'orogène Alpin

L'orogène alpin des maghrebides (Aubouin et D.Delga, 1971) forme une chaîne littorale de plus de 2000 km de long, entre le détroit de Gibraltar et les Apennins, sur une largeur de 150 km environ. Il est constitué d'Ouest en Est par le Rif au Maroc, par les Kabylie et le Tell en Algérie et en Tunisie, par la partie septentrionale de la Sicile, par la Calabre en Italie et les cordillères bétiques en Espagne.

Cet orogène représente la partie septentrionale de l'Algérie et forme les domaines de l'Atlas Tellien en forme d'anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, situées à l'intérieur de l'anneau et représentées aujourd'hui par différents massifs, dispersés long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sa périphérie. (Figure 1)

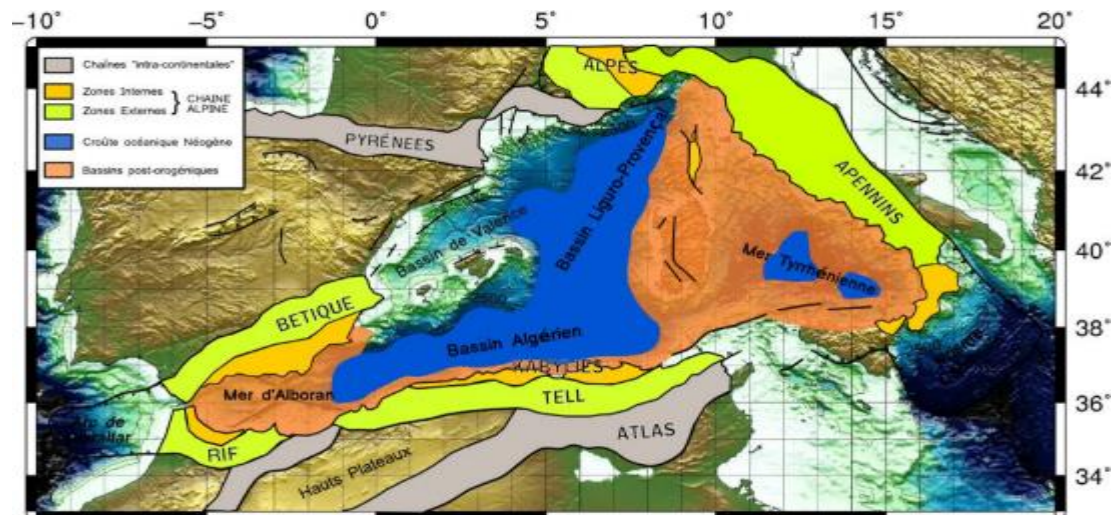


Figure 2: Principaux domaines structuraux de la Méditerranée occidentale [modifié d'après Frizon de Lamotte et al. 2000 et Billi et al, 2011]

II.3. Aperçu lithologique sur l'Atlas Tellien ou la chaîne des Magrébides

Plusieurs dénominations lui ont été attribuées : Atlas Tellien, chaîne Alpine d'Afrique du Nord, chaîne des Magrébides (terme repris par A. Saadallah en 1992). Elle fait partie de l'orogène Alpin périméditerranéen d'âge Tertiaire, en Algérie cette chaîne se développe sur près de 1400km ; de puis la frontière Marocaine à l'Ouest jusque à la frontière Tunisienne à l'Est. L'atlas Tellien est subdivisé en trois domaines paléogéographiques distincts :

Un domaine interne situé à l'intérieur de l'anneau ;

Un domaine externe situé à sa périphérie ;

Le domaine des flyschs (domaine allochtone mis en place par un charriage) qui est le résultat des déformations polyphasées Mésocénozoïques.

En Algérie, l'atlas tellien montre du nord au sud les domaines suivants :

II.3.1. Un domaine interne ou le tell septentrional

A / Le socle kabyle ou les Kabylide

Ce substratum a connu plusieurs appellations : socle anté - Silurien (Durand, Delga, 1952-55), socle cristallin (Durand Delga, 1969 ; Bossière, 1980 et Bouillin, 1984), et enfin le cristallin de Kabylies, (Saadallah, 1992), Il apparait sous forme de trois pointements amygdalites: (massif de Chénoua à l'Ouest, Grande Kabylie au centre, Petite Kabylie à l'Est (entre Jijel et Skikda)

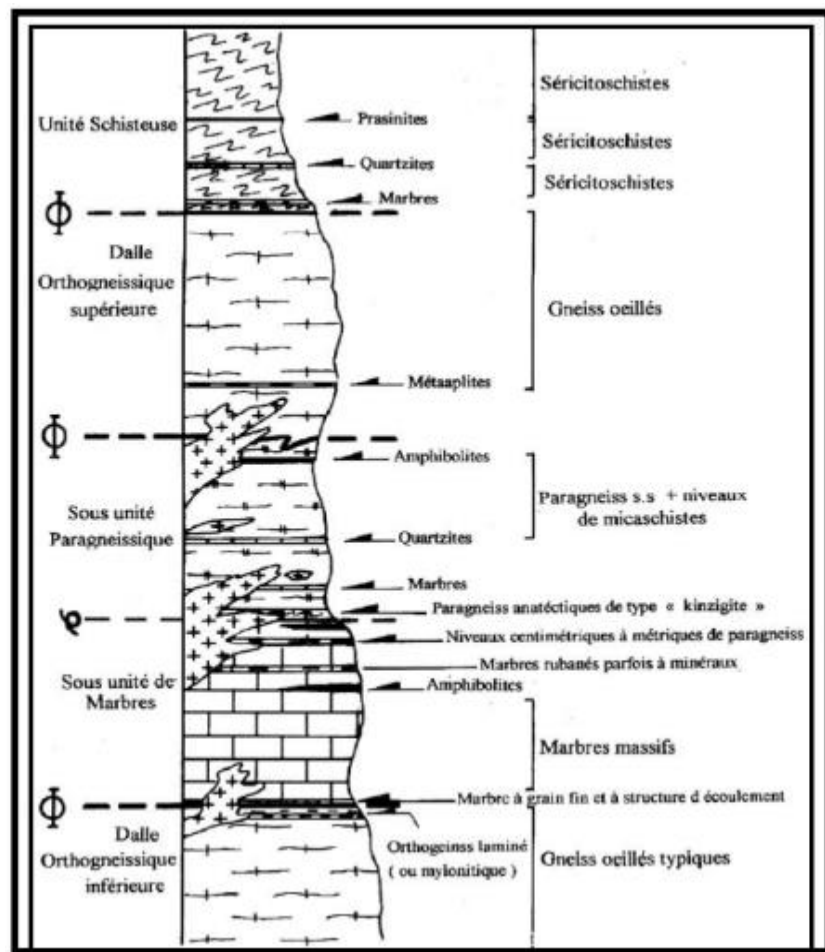


Figure 3 : log synthétique des différents ensembles tectono-métamorphique du socle Kabyle (GANI, 1988)

Dans la région de Tizi-Ouzou, le massif de grande Kabylie (Saadallah, 1992, 1996; Raymond, 1976, Gery, 1981, Gelard, 1976), représente la zone d'affleurement la plus étendue représentée par les massifs de (Laarbaa Nath Irathen, Ain El Hammam, Mekla, djebel Baloua et sidi Ali BouNaab), le massif d'Ait Aissa Mimoun est composé de terrains Paléozoïque du Cambrien, Ordovicien et Sillurien est également rattaché au socle Kabyle (Géry, 1981). Ce dernier est composé de formations métamorphiques avec des granites syn-tectoniques recoupé par endroits par des granites et des Aplopegmatites post-tectonique.

Saadallah et Caby, (1996), subdivisent le socle de la grande Kabylie en trois grands ensembles :

La Grande Kabylie Orientale, limitée à l'Est par l'accident de Souama et à l'Ouest par celui d'Oued Aissi. Sur le plan Géométrique, elle présente une pile tectonométamorphique avec des niveaux structuraux les plus profonds.

La Grande Kabylie Centrale et Occidentale se situe entre l'Accident de l'Oued Aissi et le contact chevauchant du Sud de Sid Ali Bou Naab. Cet ensemble forme la suite de la pile tectono-métamorphique de la grande Kabylie orientale vers le haut, Le massif de Sid Ali Bou Naab est limité par un accident décrochevauchant a pendage vers le W-NW avec des niveaux de profondeurs extrudés à froid en dernier lieu au sein de l'unité des paragneiss. Cette subdivision récente du socle cristallin dans la région de la grande Kabylie a permis de distinguer ses formations métamorphiques et structurales, qui sont regroupées dans les unités suivantes (Bossiere, 1980, Raymond, 1976 et Saadallah et Caby, 1996) :

Le massif de Beloua constitué essentiellement de deux unités : les para-gneiss et les schistes.

Le massif d'Ait Aissa Mimoun est constitué de formations Cambro-ordoviciennes épimétamorphiques. Ces unités tectoniques sont séparées par des contacts cataclastique sa fort pendage orientés NW-SE. -Le massif de Sidi Ali Bou Naab, constitué généralement de granite orienté, de son encaissant et de sa semelle blasto-mylonitique.

Ces unités distinctes en grande Kabylie ont permis à Saadallah en (1992), de définir une pile tectono-métamorphique de 5 unités délimitées par des contacts ductiles et d'autres contacts de nature magmatiques et cataclastique de bas en haut en il propose la succession suivante :

L'unité des para-gneiss avec les membres a minéraux a la base et les gneiss ouillés inférieur sous-jacents formant la semelle.

La nappe de Sidi Ali Bou Naab constituée de granite avec son encaissant en extrusion cataclasique dans les para-gneiss.

Unité des micaschistes avec les gneiss oeillés sous-jacents.

Unité des schistes satinés.

Les Granites et les Aplopégmatites recoupant toute la pile tectonométamorphique.

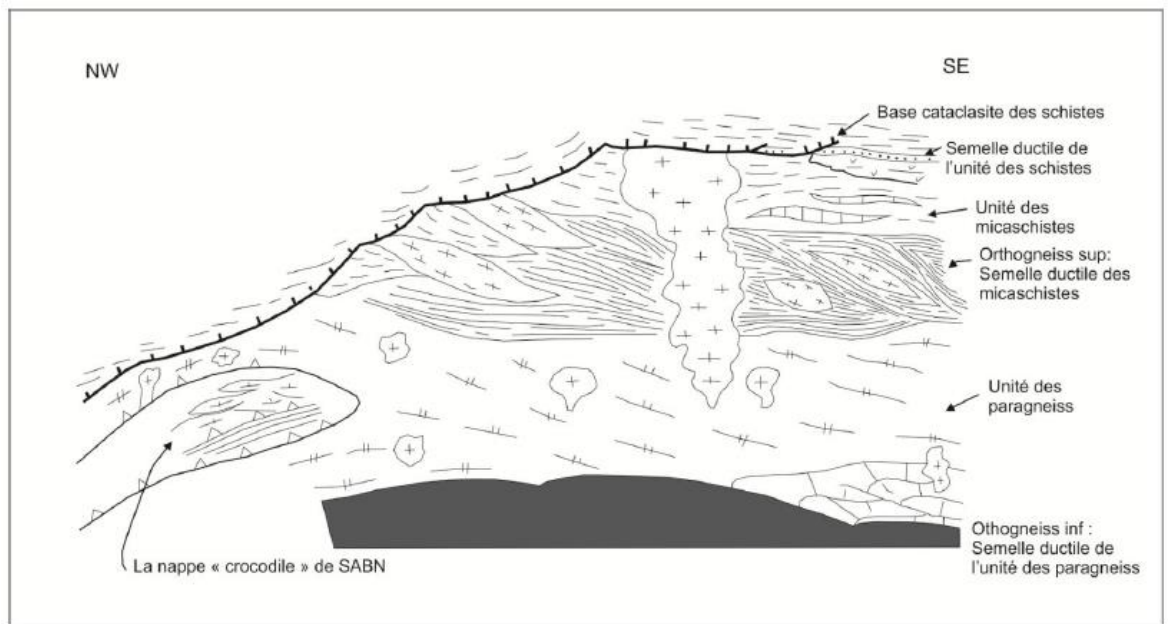


Figure 4 : Figure coupe synthétique et schématique illustrant la pile tectonique du cristallin de G. Kabylie (Saadallah, 1992)

B/ Dorsale Kabyle : Formant la bordure sud du socle Kabyle, plusieurs appellations ont été attribuées à cette ensemble, Chaîne liasique (Ficheur, 1903), La dorsale Kabyle (Durand Délga, 1969), ou chaîne calcaire (Glangeaud, 1932), du fait de sa sédimentation à dominance carbonatée du Lias inférieur Calcaireux. Elle se présente sous forme d'écailles d'âge Trias à Eocène moyen (Lutétien). Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques kilomètres de largeur.

Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au cap Ténès : Ou elle correspond à un pli anticlinal à cœur liasique qui domine la mer et les formations de flysch plus méridional suite à l'absence du substratum

Paléozoïque et du socle métamorphique. Ce massif de la dorsale kabyle représente un époinement ou sont représentés les termes les plus superficiels du domaine kabyle (Belhai, 1996).

Il montre une série stratigraphique très différentes en comparaison avec Les autres massifs de la chaine calcaire qui est représenté par une seule unité équivalente à l'unit médiane du Djurdjura et à l'externe de Chenoua, (Belhai, 1996).

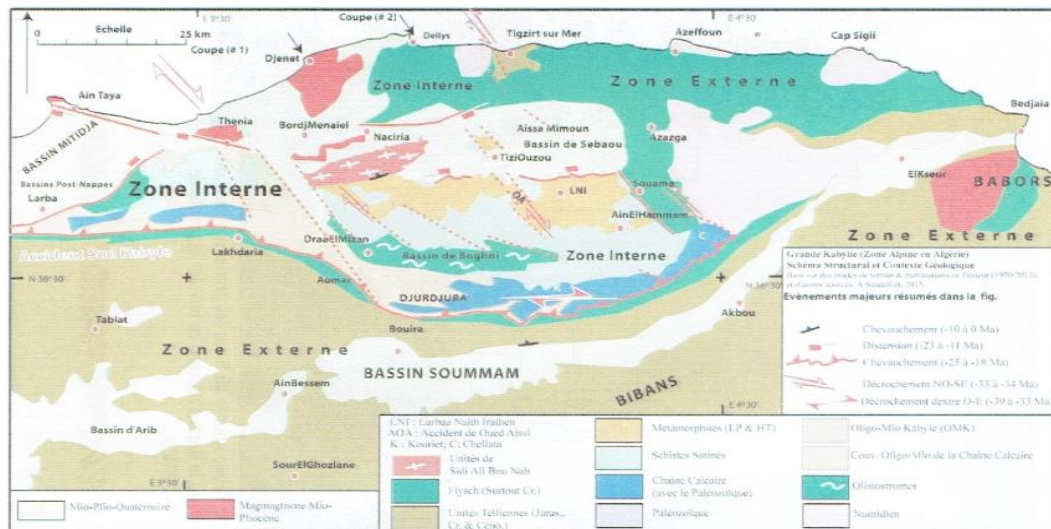


Figure 5: le cristallin de la grande Kabylie ; (Saadallah, 2016)

Troisième affleurement : la chaine calcaire du Djurdjura

Elle s'étend d'Ouest en Est sur environ 50km de long avec une largeur qui n'excède pas 10km et une direction orographique ENE-OSO. Elle est formée par le massif du Djurdjura (Coutelle, 1979) à l'Ouest et par le massif de Chellata (Gélard, 1979) à l'Est. Ces deux massifs sont séparés l'un de l'autre pas le décrochement sénestre d'Orientation N010du col de Chellata (Gélard, 1979).

Le Djurdjura est constitué par un ensemble d'écailles redressées à vergence sud et aux contenus sédimentaires très différents. Les principales écailles correspondantes aux différentes unités (e.g ; unité de Tikjda). En outre, il est admis que les écailles du Djurdjura se présentent actuellement dans leur ordre paléogéographique. (Dommergues et al, 2008).

De point de vue tectonique, le massif de Chellata (Gelard, 1979) présente une structure plus complexe que celle de Djurdjura, mais on y identifie aisément et

unités internes et médianes. L'élément le plus marquant de la série sédimentaire de la chaîne calcaire de grande Kabylie est la puissante formation calcaire, datée du lias inférieur et désignée sous le nom de « calcaires massifs ». Cette formation dont l'épaisseur dépasse souvent la centaine de mètres dans les unités médianes, correspond localement dans sa partie supérieure des méga-brèches qui sont interprétées comme les écroulements d'escarpements nées du jeu de failles normales liés à la principale phase de rifting Liasique (Naak, 2010). Au toit de la formation des « calcaires massifs », il est observé en certains points des plaques ou lentilles de calcaire rougeâtres, plus ou moins argileux et/ou noduleux, de type « Ammoniticorosso ».

Le modèle paléogéographique retenu pour la chaîne calcaire au cours du Jurassique inférieur est celui d'une marge passive, en phase de rifting, située sur la bordure méridionale du microcontinent AlKaPeCa (Boullin, 1986, et 1992, Naak et al, 2010).

Le rifting aurait débuté au trias et retrouve dans cet ensemble à l'échelle du Maghreb. (Bracene, 2002).

Le modèle AlKaPeCa suppose l'existence au cours de Mésozoïque d'un microcontinent interne au domaine téthysien occidental mais actuellement largement disloqué. Ce concept qui permet notamment d'expliquer la remarquable similitude des unités tectoniques de la chaîne calcaire des Bétiques, rifaine, Kabyle et Péloritaine a été proposé par Bouillin et al. (1986), puis développé et précisé par de nombreux auteurs (Ziegler 1988 ; Andrix et al, 1989 ; Guerrea et al, 1993 ; Cattaneo et al. 1999 ; Michard et al. 2002, Naak et al, 2010).

Selon le modèle de Michard et al. (2002), le microcontinent AlKaPeCa est cerné au Jurassique terminale de toutes parts par des espaces océaniques ou au moins en cours d'océanisations, au sud, il s'agit du sillon maghrébin qui sépare le microcontinent AlKaPeCa de la Meseta Nord-Africaine. Une position hypothétique pour la chaîne calcaire est proposée sur la marge sud du microcontinent (Michard, 2002).

Les travaux récents de Saadallah et al en (1996), ont remis en cause la subdivision de la chaîne calcaire du Djurdjura en unités (interne, médiane, et externe), qui est basée sur les critères paléogéographiques et sur l'absence de séries isopiques (même faciès et même âge), afin de pouvoir proposer leur propre concept au profit d'unités tectoniques, attribuées aux ensembles rocheux délimité par des

interfaces d'origine tectoniques. Ces unités tectoniques sont regroupées en unités suivantes :

Les unités septentrionales : elles sont accolées au cristallin Kabyle au Nord et représente les unités les plus internes. Il s'agit des unités du Rocher du Corbeau, des Kouriet, de Tiassassine et d'azrou Aicha.

Les unités médianes

Elles forment la partie centrale de la structure du Djurdjura qui est représenté par les unités de Tikejda, Ras Timedouine et la structure complexe du Heidzer.

L'unité méridionale

Constituée de Lalla Khedidja est accolée aux flysch crétaçés du flanc sud du Djurdjura par un chevauchement d'âge Miocène inférieur.

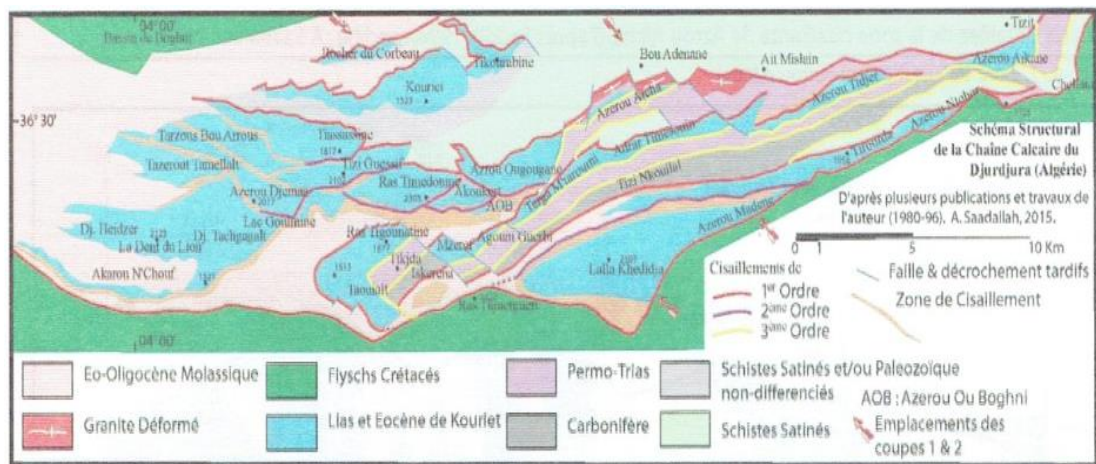


Figure 6 : Schéma structurale de la chaîne calcaire (Djurdjura) ;(Saadallah 2016)

Quatrième affleurement : La dorsale de la Petite Kabylie : Chevauché par le socle Kabyle, elle repose en contact anormal sur les flyschs (Raoult 1974), ses formations du côté sud, un contact anormal sépare la Dorsale kabyle du domaine des flyschs. Les formations du domaine interne chevauchent le domaine des flyschs et le domaine externe tellien. (Bouillin, 1977, *in* Dahmani et al 2016)

L'unité interne : représenté par des dépôts littoraux ou épicontinentaux caractérisés par une série sédimentaire conglomératique à la base passant à des calcaires au sommet d'âge allant du PermTrias au Néocomien, à partir de là cette unité est restée émergée jusqu'au Paléocène, puis vient le dépôt des calcaires néritiques à partir de l'Eocène.

L'unité médiane : constituée de dépôts plus profond ou elle monte à la base la même série citée dans l'unité interne qui atteint le Barrémien, du Crétacé supérieur à l'Eocène on retrouve des dépôts carbonatés marno-calcaire à microfaunes pélagiques notamment benthique au Lutétien supérieur.

L'unité externe : caractérisée par des formations détritiques du Crétacé et de l'Eocène montrant essentiellement des radiolarites à partir du Dogger, (Bouillin, 1977). Ces formations sédimentaires traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque on passe de l'unité interne vers l'unité externe (Durant-Delga, 1969 ; Raoult, 1974 ; villa, 1980, Lahondhère, 1987 ; Bouillin, 1977), qui sont différenciés à partir du Néocomien en admettant une couverture grés-micacée d'âge Praibonien à Oligocène supérieur (Raoult 1969).

- Le cinquième affleurement : le constantinois, ou ses unités externe et médiane sont bouleversée par la phase fini-Lutétienne décrite par J.F. Raoult, et sont désolidarisées de leur substratum, elles ont ensuite été plissées et chevauchées par le socle Kabyle.

C / Le domaine des flysch : Le mot Flysch ou Flyschen est d'origine Allemand. Il signifie << les terres incultivables >>. Studer en 1827 employa pour la première fois le terme de flysch pour décrire une formation de grés et de schistes d'âge crétacé supérieur, développée dans la vallée de la Cime en Suisse. En Algérie ce domaine est représenté par des dépôts marins profonds, mis en place dans le bassin Maghrébin, par des courants de turbidité d'âge Crétacé-Paléogène.

Ils affleurent dans les zones littorales entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie) sur 800km de longueur, et se présentent en trois positions structurales distinctes, (Bouillin ,1986,in Dahmani safia 2016)

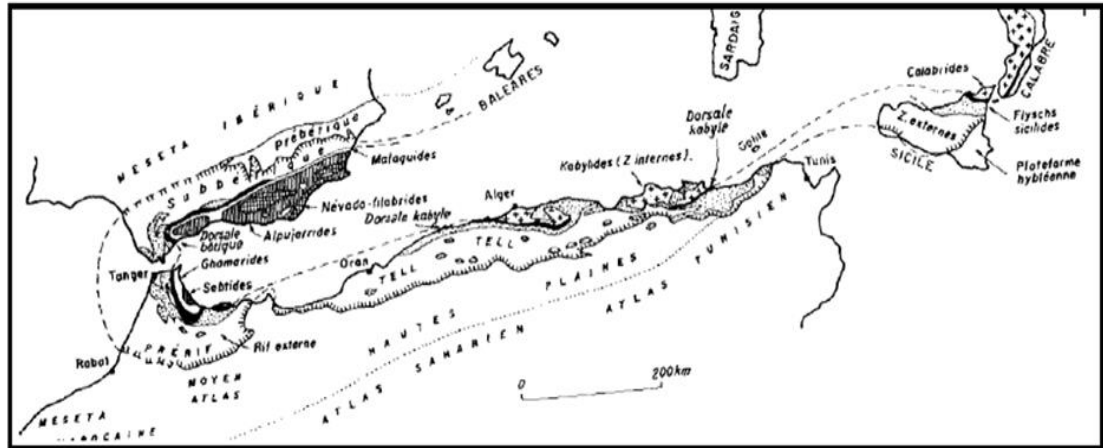


Figure 7 : l’orogène Alpin périméditerranéen (d’après Durand-Delga, 1969)

En position interne, superposés aux massifs kabyles, c’est-à-dire rétro-charriées sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles.

En position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs sud-kabyle).

En position très externe, sous forme de masse isolées flottant sur le Tell charriées jusqu’à une centaine de kilomètres au sud.

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs Mauritaniens et les flyschs Massyliens auxquels s’ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs Numidiens d’âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur.

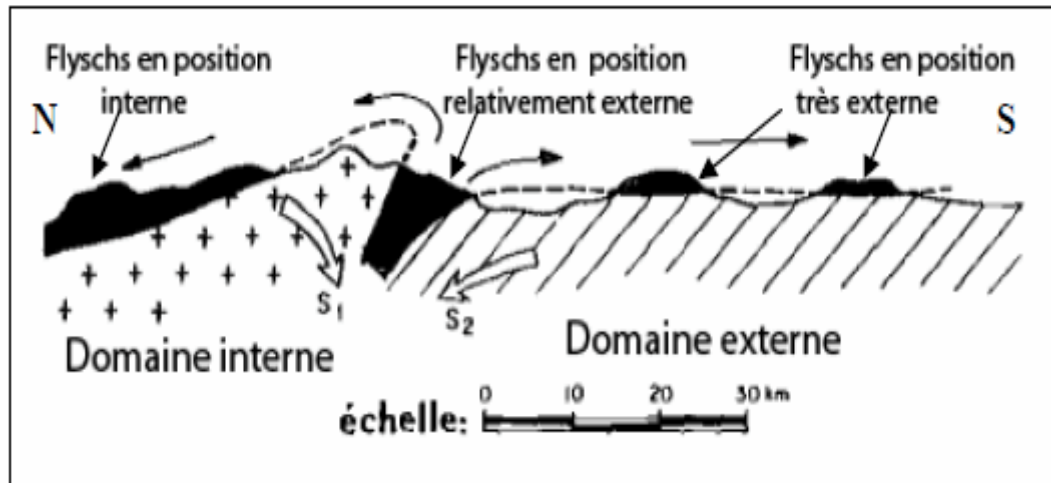


Figure 8 : Figure : position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Magrébides

Flysch Massylien, (Bouillin, 1977 ; Lahondère, 1987):

La série massylien est située au Nord du Kef Sidi Driss, elle s'est déposée près de la marge africaine (proximal), (Raoult, 1969) a utilisé le terme Massylien pour désigner les flyschs schisto –quartzeux Albo Aptien de Glangeaud (1932). Ce flysch comporte un ensemble de dépôts qui comportent de bas en haut les termes suivants :

- Des calcaires sableux et des argiles du Néocomien sur 10m.

- Un flysch pélito-quartzeux où dominent les couleurs vertes : c'est le flysch « Albo-Aptien » pouvant atteindre 300m d'épaisseur. Il est surmonté par des calcaires fins Jaunâtres du Vraconien, épais de quelques mètres.

Des Phtanites noirs et blancs sur 20m (Cénomaniens et Turoniens), localement remplacés par des brèches polychromes (J. F. Raoult, 1974).

Des formations tertiaires aujourd'hui décollées et repoussées plus au Sud (série d'Ain el Kerma) comprennent des argiles vertes et des niveaux de siléxites. Cet ensemble atteint l'Oligocène inférieur.

Tous les critères sédimentologiques montrent que les formations massyliennes se sont déposées dans une zone profonde et sans doute à substratum océanique (Bouillin, 1986). Le

flysch massylien d'origine plus méridionale surmonte très généralement le flysch Maurétanien.

Flysch Mauritanien, (Bouillin ; 1977) :

Ces dépôts occupent une position interne déposés près de la marge Européenne (distal) (Bouillin, 1986) d'âge Crétacé –Eocène, il est relativement épais et représenté par des argiles noires, débris calcaires parfois gréseux, pélites, un flysch calcaire du Néocomien, un flysch à gros bancs de grés jusqu'à l'Albien moyen et un flysch à micro brèches calcaires plus ou moins sableuses de l'Albien supérieur au Lutétien. Au-dessus se dépose durant l'Oligocène une série grés-micacée puissante débutant par un flysch à micro-brèches rousses et atteignant le passage Stampien-Aquitainien.

La série Mauritanienne constituée de bas en haut :

- a) de radiolarites rouges du Dogger-Malm au Jurassique terminal.
- b) d'un flysch schisto-gréseux d'âge Crétacé inférieur (Néocomien à l'Albien). C'est le flysch de type Guerrouch.
- c) d'un Cénomaniens conglomératique à bandes silicifiées blanches très caractéristiques, Suivi d'une série d'âge Sénonien à Lutétien supérieur plus ou moins conglomératique.
- d) D'une puissante série grés-micacée débutant par un flysch à micro brèches rousses et atteignant le passage Stampien-Aquitainien. La série Cénomaniens et la puissante série grés-micacée constituent le flyschs de Penthievre.

Flysch Numidien :

Ce terme a été proposé par E. Ficheur, (1890) pour distinguer la trilogie suivante :

Des argiles versicolores à Tubotomaculum dites : argiles sous Numidiennes

Des bancs de grés épais à grains hétérogènes.

Des argiles, marnes et silexites appelées supra Numidiennes.

Appelé aussi dépôts Hémipélagiques (Thomas et al, 2010), Ils occupent la position structurale la plus élevée et ne sont pas marqués par la tectonique antérieure (Miocène

inférieure) (Wildi 1983). En Algérie, ils couvrent les nappes Telliennes au Sud et le bloc Kabyle au Nord.

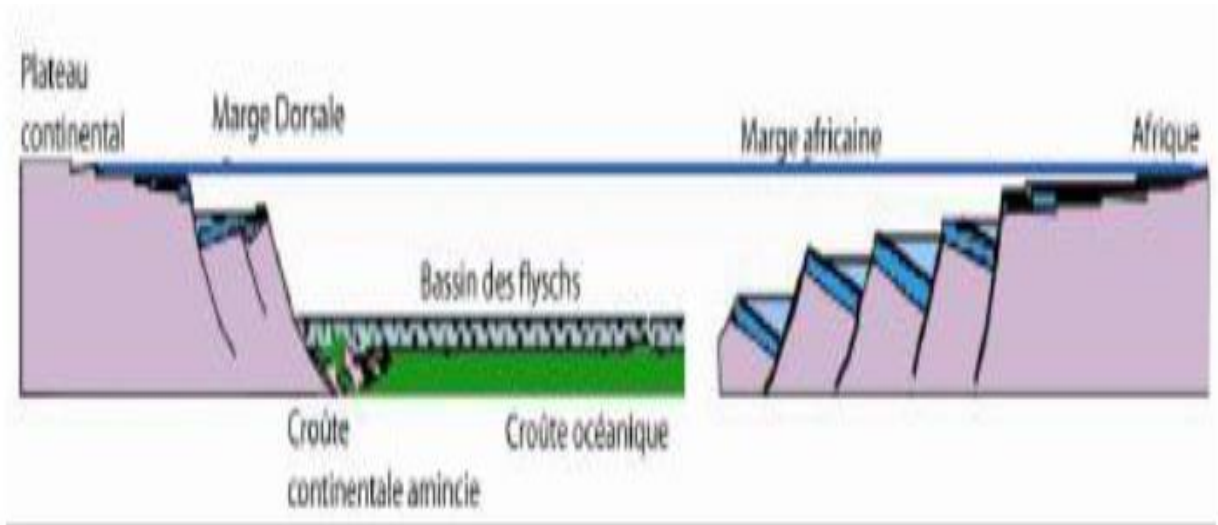


Figure 9 : Position paléogéographique des flyschs maghrébins (Bouillin, 1986 in Amellal Dalia et al 2015)

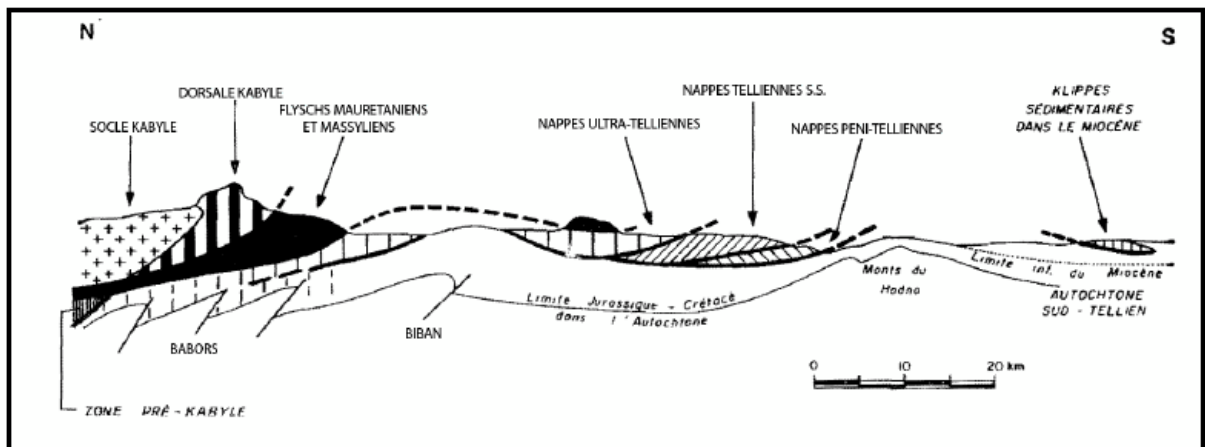


Figure 10 : coupe générale synthétique des Magrébides de l'Est algérien.

III. Contexte géographique, géologique, hydrologique et géomorphologique

III.1. Situation Géographique

Tizi Ouzou est située à 88 km à l'est de la capitale Alger, à 93 km à l'ouest de Béjaïa, à 52 km à l'est de Boumerdès et à 39,5 km au nord-est de Bouira. Les coordonnées géographiques de la commune au point central de son chef-lieu valent respectivement $36^{\circ}43'00''$ Nord et $4^{\circ}03'00''$ Est.



Figure 11 :Figure : situation géographique de Tizi Ouzou

III.2. Aspect Géologique

La région de la Kabylie, qui est située dans les zones internes de la chaîne des Magrébides, est connue pour sa diversité géologique ; elle est limitée au sud par les formations métamorphiques de Grande Kabylie qui forment trois grands ensembles : le massif de Beloua et Aïssa Mimoun, le massif de Sidi Ali BouNab et le massif de grande Kabylie. Au Nord par les terrains sédimentaires constitués par le miocène inférieur, Oligomiocène marin suivi du crétacé inférieur et crétacé supérieur marin. A l'Est et au Nord-est, par les grès quartzitiques du Numidien. Au centre, une vaste zone déprimée correspond au synclinal de Tizi-Ouzou où sont venus s'empiler les séries tendres de l'Eocène « post-nappe ».

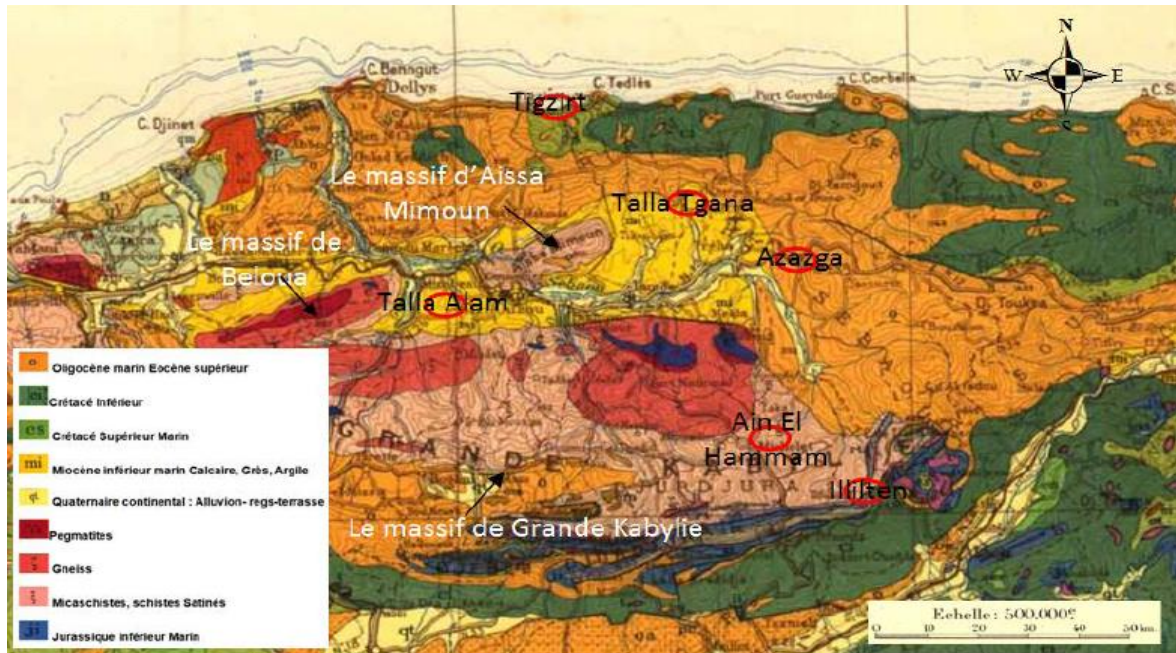


Figure 12 :.Extrait de la carte géologique de l'Algérie 1/ 500 000 éditions 1951/ 1952 M. G. Bétier

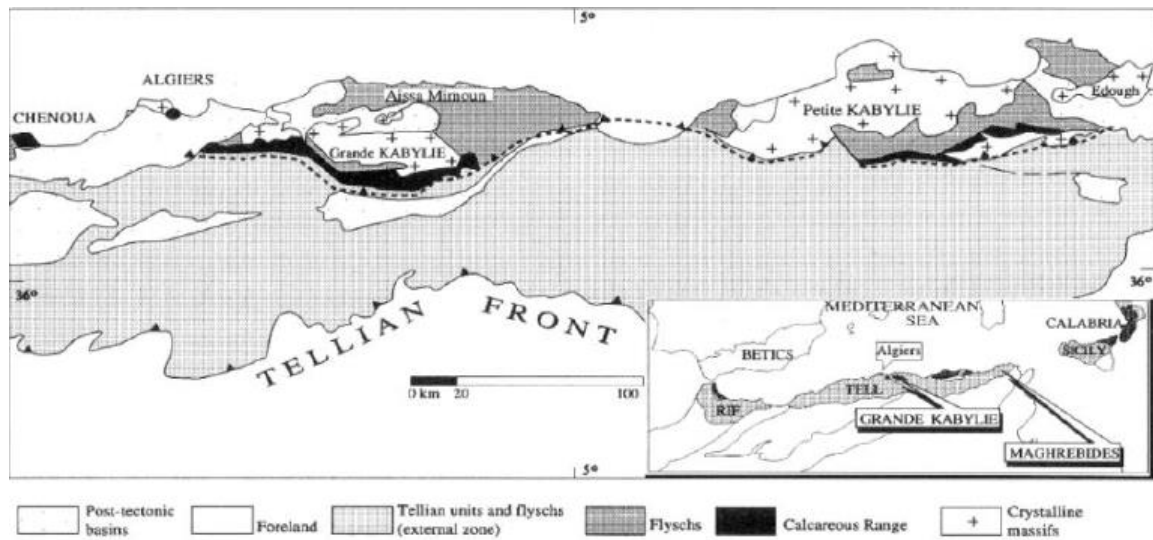


Figure 13 : Schéma structural simplifié de la zone centrale des Magrèbides illustrant la position de la dorsale calcaire (en noire) limitant les zones internes et externes de la chaîne. SAADALLAH et al., (1996).

A /Aperçu stratigraphique du bassin miocène de Tizi-Ouzou

Le miocène post nappe repose en discordance sur le socle kabyle, sur l'oligo-miocène kabyle et sur les nappes de flyschs nord kabyle.

a/ Le socle kabyle :

Il forme les djebels de Beloua, d'Aissa Mimoun, et de Sidi Ali Bou Naab. Les unités des terrains métamorphiques forment le socle qui a été subdivisées en trois ensembles superposés (Bossière, 1980) : un socle gneissique très métamorphisé (gneiss fin et oillé), surmonté par un niveau de schistes satinés faiblement métamorphisés et des schistes argileux et siliceux peu affecter par ce métamorphisme.

Dans le bassin de Tizi-Ouzou, le socle Kabyle est représenté sous forme d'ilots dans les unités suivantes :

Djbel Beloua : il représente La série schisteuse affleurant dans sa partie orientale, qui couvre toute la partie sud du socle Kabyle et du djebel Beloua. Elle a une épaisseur d'environ 2 km représentant une série épi-métamorphique surmontant les unités du complexe gneissique qui repose en continuité concordante sur les micaschistes sous-jacents (Saadallah, 1992) ou en contact tectonique (Bossière, 1980).

Cette série est caractérisé par des séricito-schistes (schistes satinés) sous forme d'alternance centimétrique à décimétrique avec des niveaux détritiques à grains de quartz, des quartzites et des tufs plagioclasiques. Les chlorites et les séricines soulignent la schistosité.

Des lentilles métriques à décamétriques de porphyroïdes concordantes avec la schistosité se manifestent souvent (Bossière 1980, Saadallah 1992 et Gélard, 1979). Ces porphyroïdes sont composés de gros cristaux de quartz, albite et séricite cicatrisant les cassures et le tout baignant dans une matrice cristalline fine. D'autres lentilles encaissent des schistes amphiboliques dont la para-genèse est proche du faciès schiste vert (Bossière, 1980) et ne l'excède pas (Saadallah et al, 1996).

Djebel Aissa Mimoun: Représenté par une série schisteuse à la base surmonté par des dépôts du paléozoïque par l'intermédiaire d'une zone broyée. Ces dépôts de différents termes du cambrien supérieur jusqu'au carbonifère, sont constitué généralement par des formations schisto-gréseuses à la base, surmontées par des formations volcano-

sédimentaires. Au Djurdjura, il constitue le substratum de la dorsale interne (Raymond, 1971;Gélar, 1976 et Gery, 1983 in in DHMANI safia et al 2016).

Les deux séries sont couvertes tectoniquement par des sédiments paléozoïques fossilifères ordoviciens (Unité de djebel Aissa Mimoun) à faible degré de métamorphisme probablement allochtones (Raymond, 1977 et Chelleitz et al, 1999).Vers sa prolongation Sud-Ouest affleure une bande granitique au contact des blastomylonites de Sidi Ali Bou Nab (SDBN) (Bossière, 1980 et Saadallah, 1992 in DHMANI safia et al 2016).

Djebel Sid Ali bou Nab : Très bien décrit dans les travaux de Saadallah (1992), il est représenté par un ensemble de terme tectono-métamorphique qui regroupe :

Des gneiss qui affleurent le long de la ligne de crête sur le flanc sud de ce massif

Des schistes à biotite qui constituent l'encaissant du granite affleurent en auréole qui est discontinue autour des granites. -Des cornéennes provenant de la transformation des schistes au contact du granite.

Des blastomylonites qui sont en continuité avec les schistes à biotites affleurent sur le versant sud en position inférieure.

Des micaschistes à biotites et grenat avec des marbres qui affleurent sur le versant sud de ce massif et surtout dans la partie Est, ils semblent constituer la base de l'édifice de Sid Ali Bou Nab.

Ces unités de Sid Ali Bou Nab, sont prise en sandwich par les para-gneiss affleurant sur le versant nord de ce massif avec une tendance à se refermer à l'extrémité Est de ce massif. Cette unité est décrite par Saadallah, (1992), sous le nom de nappe Crocodile.

b/ Les Flyschs :

Les flyschs du haut Sébaou :

Datés du crétacé inférieur à l'Est, elles sont considérées comme un ensemble chevauchant le bâti cristallin (Gelard, 1979), témoigne la présence d'un accident important cataclastique limitant le cristallin à l'Est, connue sous le nom de l'accident de Souamaa. et antérieur aux dépôts de l'O.M. K, suggère la possibilité de considérer les flyschs du haut de Sébaou comme étant accolés au bâti cristallin Kabyle (Gelard, 1979).

Les flyschs chaotiques du bassin de Boghni : Limitant le cristallin Kabyle à l'Ouest et au sud, ces flyschs d'âges Miocène présentent souvent un aspect d'Olistostromes avec des « radeaux » du Numidien au-dessus. Ainsi deux rapports tectoniques coexistent entre le cristallin et les flyschs, (Saadallah, 1992) :

Ils peuvent être accolés le long d'un accident décrochant, probablement dextre, d'orientation NW-SE postérieur (ou contemporain) au chevauchement des flyschs. Par ailleurs la forme du bassin de Boghni semble être façonnée par cet accident.

Les flyschs surmontent le cristallin du côté sud.

c/ L'oligo-miocène Kabyle (O.M.K)

Cet ensemble stratigraphique regroupe toutes les formations géologiques allant de l'oligocène au miocène inférieur (Burdigalien inférieur). Il est composé de gneiss et de marnes à silexites et de conglomérats contenant des galets de socle. L'âge de cette formation a été établi sur la base de datations des foraminifères, (Gelard et al. 1973 ; Bison et Gelard, 1975 ; Gery, 1983), et correspond à l'intervalle P17-N5 de la classification de Blow (1969). Les niveaux de silexites ont été datés de 19+ -1MA (Rivière et al. 1977 in

d/Le Miocène post-nappes

Les épaisseurs et les faciès du miocène post-nappe sont très variables dans le bassin de Tizi-Ouzou. Raymond (1976) reconnaît un cycle inférieur ou cycle 1, et un cycle supérieur ou cycle 2 ; et le cycle 3 formant le Pliocène.

B /Aperçu sur la tectonique du néogène dans le bassin de Tizi-Ouzou

Raymond (1976, 1981), a montré que le bassin de Tizi-Ouzou avait été affecté par une tectonique post-nappe, il a pu identifier, depuis la partie centrale du bassin jusqu'à la mer méditerranéenne. Une succession d'anticlinaux et synclinaux et de failles orientés N70°. Les plis dans le bassin ou dans sa bordure septentrionale, sont généralement droits et présentent des déversements vers le sud.

Le Miocène marin du Nord de la Grande Kabylie est affecté par des plis et des failles. Les structures les plus spectaculaires intéressent la région de Tizi-Ouzou et de Dellys, qui ont été décrites en détail par D. Raymond (1976). Un certain nombre d'entre elles étaient connues antérieurement en particulier par les travaux de P. Muraour (1955). Au cœur du bassin néogène de Tizi-Ouzou, le Miocène se trouve engagé dans les plis affectant le socle

sous-jacent. L'axe des plis s'oriente régulièrement suivant une direction N 70. Les plis d'ampleur plurikilométrique, sont du Sud au Nord :

Le synclinal de Tizi-Ouzou – Oued Aguer gour

L'anticlinal des Aïssa Mimoun –Djebel Belloua qui se prolonge à l'Ouest par celui de Sidi Ali Bou Nab.

Le synclinal de l'Oued Stita-Tadmaït

L'anticlinal du Drâ Karrouch, prolongé à l'Ouest par celui de Naciria.

Dans la région littorale, à l'Ouest de Dellys, toujours suivant une direction N 70, le Miocène Post-nappes est vigoureusement redressé à la verticale et plissé (D. Raymond y a reconnu quatre plis sur un segment d'environ 3 km). Au centre du bassin miocène, ce sont des plis droits, aigus présentant une tendance au déversement vers le Sud (anticlinal du Drâ Karrouch). Par contre dans la région de Dellys, il s'agit de plis systématiquement déversés vers le Nord. (M. O. Aite, 1997). A l'Est, près d'Azazga, la tectonique affectant le Miocène est plus discrète. Cependant, le Miocène y est localement verticalisé, déversé ou même renversé comme dans le secteur de Taguercif et de Aghribs. Au Sud de ce village, la bordure septentrionale du bassin miocène renversée vers le Sud. Le Miocène l'envers : supporte les grès numidiens du massif des Aghribs. Le contact stratigraphique post-nappes, Miocène- grès numidiens se trouve ainsi ployé et renversé (J .P. Gélard. 1979).

Au Nord de la Grande Kabylie, une importante phase de compression SSE-NNW se manifeste donc cartographiquement par la genèse de plis plurikilométriques (M.O. Aite, 1997).

C/ les phases tectoniques identifiées dans le bassin de Tizi-Ouzou et les déformations post-nappes engendrées

D'après les travaux de M.O. AITE et al (1991), mise en évidence à partir des données cartographiques, deux phases de structuration post-nappes :

1 - Une phase de distension responsable :

Au Sud, de la formation du fossé de la Soummam;

Au Nord, de l'installation du bassin molassique de Tizi-Ouzou;

Au NW (dans la région de Dellys et Cap Djenet) de la mise en place de coulées basaltiques pendant le remplissage miocène.

2 - Une phase de compression postérieure au dépôt du Miocène post-nappes qu'elle déforme avec:

Des plis affectant solidairement socle et Miocène dans le bassin de Tizi Ouzou

Le plissement de l'édifice de nappes dans le Massif de l'Akfadou;

Le chevauchement tardif des nappes sur le Miocène continental de la Soummam ;

Le serrage et le redressement de la chaîne calcaire. Dans une autre étude réalisée par Aite et al, (1991). Quatre directions post-nappes et paléocontrainte enregistrées dans le bassin miocène de Tizi-Ouzou et ont été identifiées dans son ensemble :

Compression NNW – SSE (épisode 1) :

Cet épisode est le plus ancien de ceux reconnus dans le bassin de Tizi-Ouzou. Il a été observé sur les sites de Drâ-Karrouch de Hiddouda et du Sidi Ali Bou Nab. Au SE du Dra-Karrouch, la schistosité est congénère de la formation du pli d'axe moyen N 80. Elle s'accompagne de diaclases serrées de direction subméridienne, assimilées à des fentes de tension qui sont et contemporains de la schistosité (J. M. Suzzoni. M. O. Aite, J.P. Gélard. B. Géry. 1989). Ce système est composé de plans qui sont essentiellement des failles inverses pures et des failles, inverses à composante décrochantes. Cet épisode génère les plis N 50 à N 80 et les chevauchements associés. Il se place après le Langhien-Serravallien et avant le Pliocène inférieur.

Distension EW à NW –SE (épisode 2) : C'est sur le flanc SE du Dj. Sidi Ali Bou Nab que cet épisode s'observe le mieux. Il s'exprime par des failles normales N 027 à N 070. Une faille normale N 165 à rejet pluri décamétrique qui sectionne le contact entre le socle kabyle et le miocène est également identifiée.

Les failles normales de cet épisode de distension recoupent le contact chevauchant du socle du Djebel Sidi Ali Bou Nab sur le Miocène post-nappes. Il est donc postérieur à l'épisode de compression précédent.

Compression NNE-SSW (épisode 3) : Ces effets sont observables sur plusieurs sites : Djebel Sidi Ali Bou Nab, Drâa Karrouch, Bezerou et Tikobaine. L'identification de cet épisode se fait de façon diverse :

Une famille de microdécrochements dextres associés à des microfailles normales et des fentes de tension (Sidi Ali Bou Nab et Drâa Karrouch); plans décrochants dextres et sénestres associés (Tikobaine). Il est clair que ces plans n'ont pas été tous générés au cours de l'épisode mais qu'une partie d'entre eux et ont été réactivés.

L'analyse des recoupements de micro-fractures montrent que cet épisode est plus récent que la distension NW-SE.

Compression NW –SE (épisode 4) :

Observable sur plusieurs sites (Dj. Si di Ali Bou Nab, au Drâa Karrouch et à Bezerou) L'épisode est assez bien caractérisé par des micro-décrochements dextres et sénestres associés.

Au Sidi Ali Bou Nab les décrochements ont été caractérisés sur les jeux potentiels grâce certaine déformations dont des joints de Riedel associés, mais ces plans n'ont pas montré de stries. Toute fois les directions d'allongement et de raccourcissement les plus probables ont pu être estimés. La direction de contrainte maximale approximative à était identifier.

Les épisodes 3 et 4 sont probablement postérieurs au Pliocène inférieur. Il est probable que l'épisode 4 se prolonge actuellement.

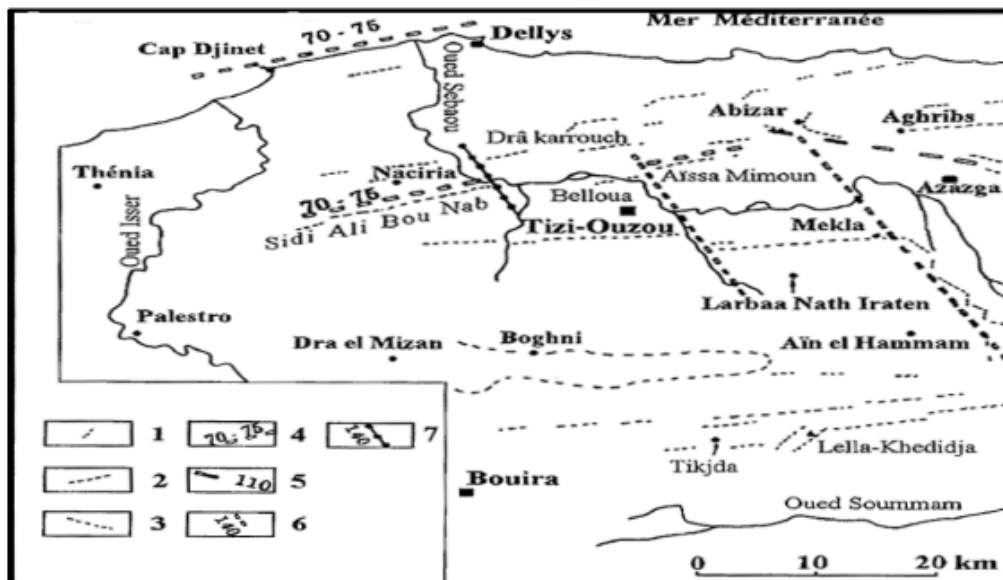


Figure 14 : Carte des linéaments affectant la Grande Kabylie (Gélar, 1979, in AMELLAL Dalia 2014)

Légende : 1à 3 = directions des lignes structurales et/ou métamorphiques (1=N020°E, 2=N070°E, 3=N110°E).4a6=direction des zones linéamentaires (4=N070°E, 5=N110°E, 6=N140°E). 7= décrochement séparent Sidi Ali Bou Nab du Belloua tel que défini par Bossiere et Raymond (1975).

G.&C. ODIN 1990	EPOQUE	ETAGE	BLOW	unités lithostratigraphiques	Périodes tectoniques zones internes	Direction des contraintes	Trajectoire de l'Afrique par rapport à l'Europe selon BEVET <i>et al.</i> , 1989	
0	PLEISTOCENE	CALABRIEN	N23	Péninsule de Dellys	Cycle 3	↖ ↗	↖ ↗	
1			N22					Période 5 P 5
2			N21					Période 4 P 4
3	PLIOCENE	ZANCLIEEN	N19	Lacune	Cycle 2	↖ ↗	↖ ↗	
4			N18					Période 3 P 3
5			N17					Période 2 P 2
6	MIOCENE	MIOGENE	N16	Lacune	Cycle 1	↖ ↗	↖ ↗	
7			N15					Période 1 P 1
8			N14					
9			N13					
10			N12					
11			N11					
12			N10					
13			N9					
14			N8					
15			N7					
16	BURDIGALIEEN	BURDIGALIEEN	N6	Mise en place des nappes	Cycle 1	↖ ↗	↖ ↗	
17			N5					
18			N4					
19	AQUITANEN	AQUITANEN	N3	Champs-Miscocette kabyle	Cycle 1	↖ ↗	↖ ↗	
20			N2					
21	CHATTEN	CHATTEN	N1	Granodiorites de Thénia	Cycle 1	↖ ↗	↖ ↗	
22			N0					
23			N-1					
24			N-2					
25			N-3					
26			N-4					

Tableau 1 : Résumé des principales périodes tectoniques mises en évidence dans les zones internes avec les champs respectifs des paléo-contraintes, (Aite, 1994).

III.3. Aspect Hydrologique

L’Algérie a traversé une période de sécheresse durant les années 1990 et allant jusqu’à 2001. Par ailleurs, des déplacements lents ont été observés au niveau des différents sites instables pendant cette période (état de stabilité apparente). Depuis les années 2000 d’importantes précipitations ont été observées ; ces dernières ont rechargé progressivement les nappes. L’importante couverture neigeuse de l’hiver 2011 (d’une épaisseur supérieure à 1 m) qui a été suivie par d’intenses pluies a complètement saturé le terrain et a conduit à la réactivation catastrophique des glissements. Les précipitations dans cette région sont irrégulières et torrentielles pouvant atteindre un maximum de 1200 à 1400 mm/an (Figure 4), des couvertures neigeuses demeurent plusieurs mois dans les sommets des montagnes.

Les zones de glissement sont alimentées par des eaux d’origine naturelle, (précipitations et couvertures neigeuses) et des eaux d’origine anthropique (fuites sur les réseaux d’eau potable et d’eaux usées, rejets directs de celles-ci dans le milieu naturel) (Bougdal, 2013).

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

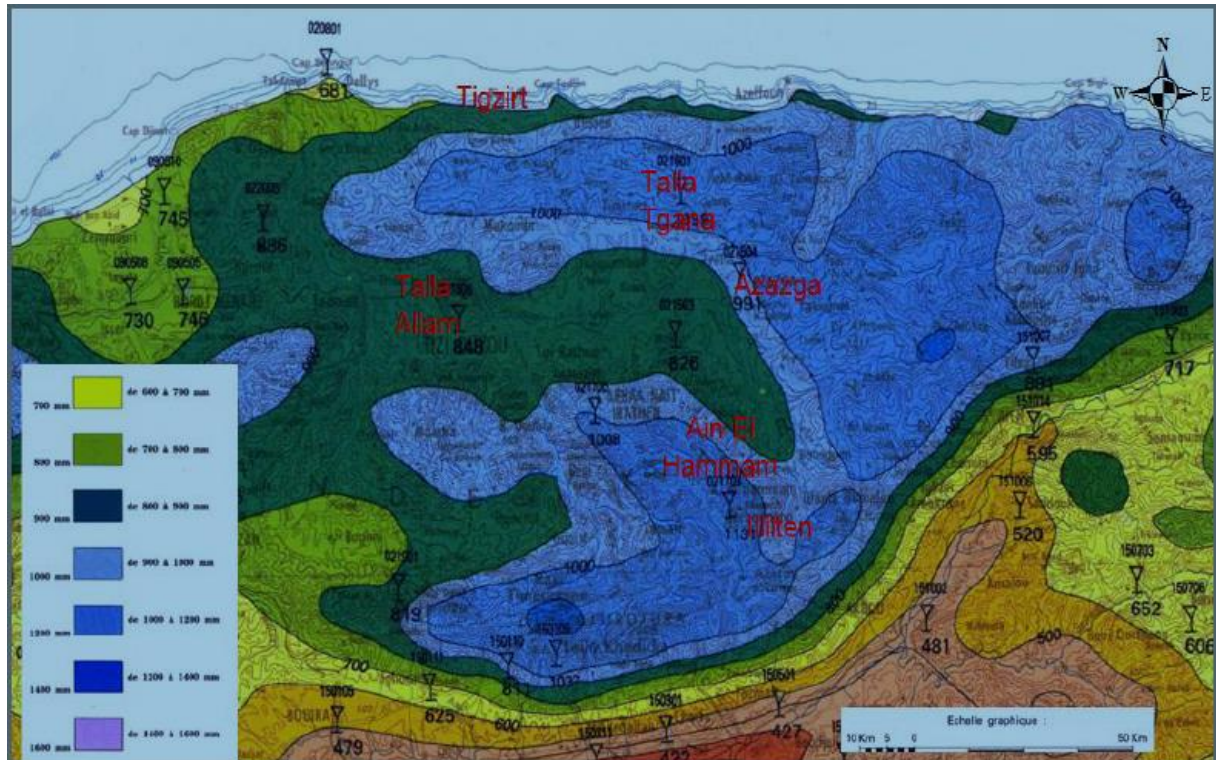


Figure 15 : Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord moyenne annuelle, 1993, INCT.

L'hydrologie constitue un élément important dans l'étude des glissements de terrain de la wilaya de Tizi-Ouzou, puisqu'elle représente l'une des causes principales de celui-ci.

III.4. Aspect Morphologique de la Kabylie

A L'échelle du Maghreb, la Kabylie (Algérie) est considérée comme une région asismique. L'étude détaillée des données de la sismicité historique et instrumentale de cette région montre une activité sismique modérée depuis au moins un siècle et demi ($M_s = 5,0$). Les observations géomorphologiques faites sur le versant sud du massif kabyle, s'appuyant sur l'analyse d'images satellites, de photos aériennes et de la topographie, nous ont permis de démontrer la présence d'une activité tectonique quaternaire le long de la rupture de pente au sud de ces massifs. Elle correspond à la réactivation de chevauchements d'âge miocène qui se manifestent par des escarpements d'au moins 10 m affectant le glacis d'âge quaternaire ainsi que les cônes de déjection. Ces escarpements sont interprétés comme des ruptures probablement associées une Correspondance et part succession de séismes de forte magnitude. Les observations que nous décrivons se situent dans la région de Tazmalt et de Bouira où ces déformations sont les plus spectaculaires. L'ampleur des déformations quaternaires qui affectent l'ensemble de cette région considérée jusqu'à l'heure actuelle comme asismique.

Le Sud des massifs kabyles se caractérise par des reliefs importants dont l'altitude moyenne est de l'ordre de 1 500 m avec des sommets pouvant atteindre 2 300 m (Djebel Djurdjura) dominant la vallée de la Soummam.

La rupture de pente correspond à la localisation des chevauchements majeurs des unités internes sur les unités externes et les formations plus récentes du Miocène post-nappent. Tihay avait indiqué la présence de terrasses alluviales du Quaternaire ancien et moyens déformés dans la région de Bouira associées à une remobilisation quaternaire des chevauchements miocènes. Ces déformations intéressaient toute la bordure sud des massifs kabyles fournissant ainsi un argument pour montrer que les forts reliefs de la Kabylie ne peuvent s'expliquer que par une activité tectonique importante au cours du Quaternaire.

Les changements climatiques de ces dernières décennies ont affectés très profondément la géomorphologie et la géotechnique de l'environnement, ce qui donne naissance aux mots risque, danger, ou encore instabilité qui apparaissent régulièrement dans les publications internationales dont le sujet concerne de près ou de loin l'évaluation du risque d'instabilité des terrains (Yasser El-Shayeb, 1999) que ce soit glissements de terrain, éboulements rocheux, solifluxions, affaissements, séismes ou inondations...

Ces phénomènes constituent un handicap pour l'environnement et provoquent chaque année des pertes en vies humaines et des biens, des dommages en économie et en subsistances à travers le monde. (Esmail Tazik, 2014, Murat Ercanoglu, Candan Gokceoglu,)

A decorative border resembling a scroll, with a blue outline and small circular motifs at the corners and ends of the vertical bars.

CHAPITRE II

RISQUES GEOLOGIQUE

Introduction

Les risques géologiques regroupent à la fois les risques liés aux volcans, aux séismes et aux mouvements de terrain.

L'intention des chercheurs et des autorités publiques s'est tournée ces dernières années vers un phénomène naturel qui ne cesse de s'amplifier et de causer des désordres de plus en plus importants. Ce phénomène que l'on dit naturel est un déplacement du sol qui peut-être plus ou moins brutal, et cela sous l'effet d'influences naturelles et météorologiques (tels l'érosion, la pesanteur, les séismes...) ou anthropiques (tels l'exploitation de matériaux, déboisement, terrassements, surcharges...)

I. Type de mouvement de terrain

I.1. Les mouvements rapides

Ils se propagent brutalement et ils se déclenchent soudainement, ils regroupent les chutes de pierres et de blocs, les éboulements, et les coulées boueuses. (Clément DESODT et al 2017 les glissements de terrains modélisations et prévision)

I.1.1 Les éboulements et chutes de blocs

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

Zakia 2018 Modélisation et évaluation du risque lié aux mouvements de terrain par approche géomatique. Cas de quelques zones telliennes.)

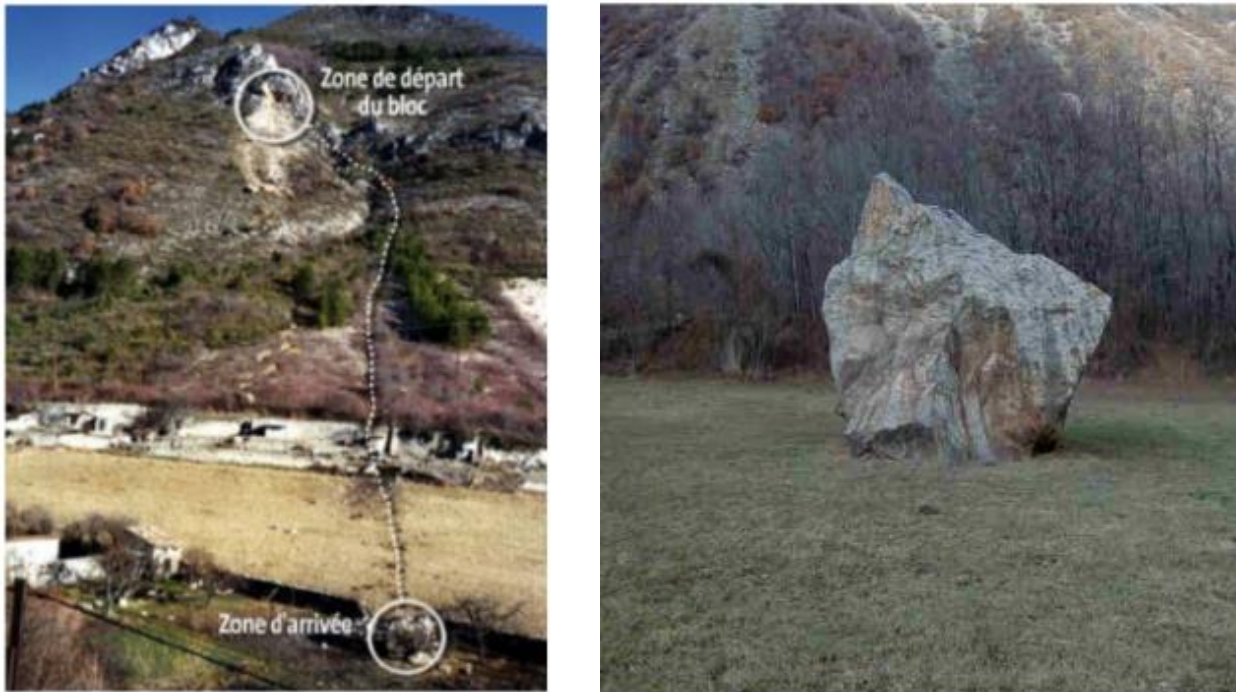


Figure 16 : les deux photos montrant les chutes de blocs

1.1.2 Les coulées boueuses

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années. (Clément DESODT et al 20120 les glissements de terrains modélisations et prévision)



Figure 17 : La coulée de boue de la région ILLILTEN (DIAB DJEFFAL. I 2011)



Figure 18 : coulée de Boue sur la RN15 vers Bouira.

➤ **L'effet des incendies 2021 sur le sol**

La végétation contribue à la stabilisation des sols, en augmentant leur résistance au cisaillement. De nombreuses recherches ont démontré l'effet néfaste du déboisement sur l'activation ou la réactivation des glissements de terrain. Cependant la végétation arborée peut maîtriser uniquement les glissements d'une profondeur inférieure à deux mètres selon une étude faite par (Berger et *al.* en 2006). De plus, sur un glissement déjà en activité la végétation augmente les infiltrations et les écoulements latéraux, aussi les racines déstabilisent le sol en créant des chemins facilitant l'infiltration de l'eau.

Il faut noter aussi l'effet du vent qui peut déraciner les arbres et perturber le sol en laissant des vides qui favorisent les infiltrations.

Les coulées boueuses peuvent être aussi engendrées après les feux tels est le cas des coulées qui se sont produites cet hiver 2021 et 2022 au niveau de Thakhoukhth sur la route nationale N30 qui mène vers Beni Yenni et Ouacif après des fortes précipitations. Ces coulées sont le résultat d'un assèchement complet du sol et la disparition des forêts suite à des incendies du 19 Aout 2021. Les racines des arbres et des arbustes peuvent contribuer à améliorer la cohésion du sol, et une pente peut être fortement déstabilisée en cas de disparition soudaine de la végétation. C'est le cas de ces coulées.

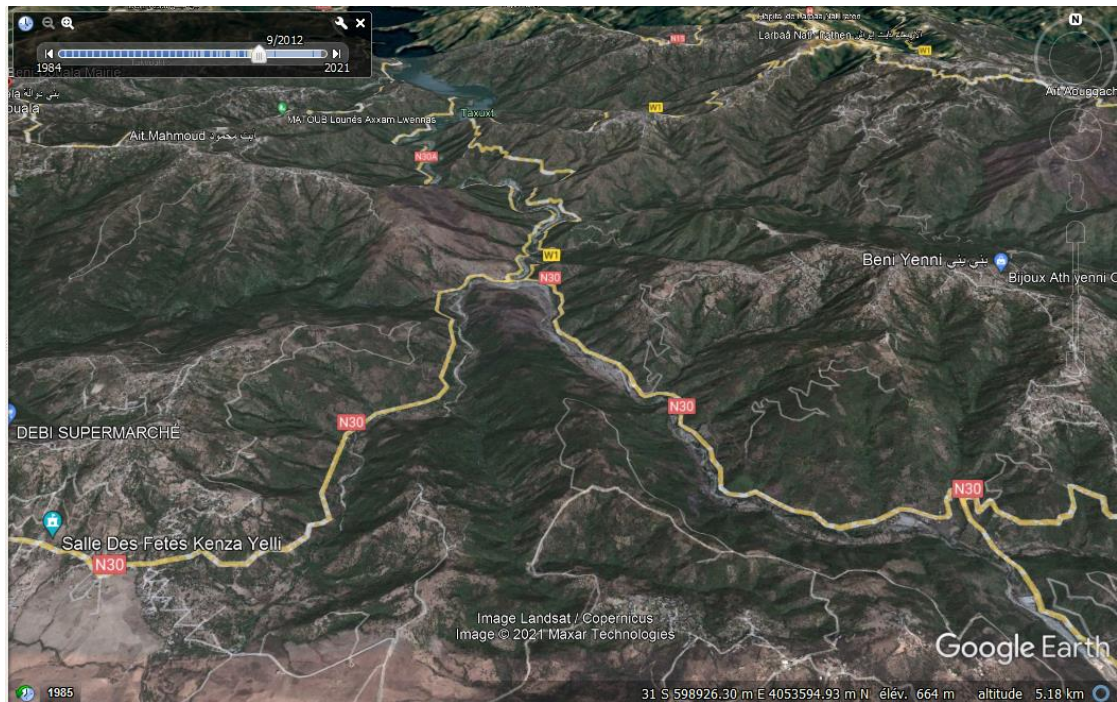


Figure 19 :photo prise à partir de Google Earth des régions touchées avant l’incendie.



Figure 20 :photo prise à partir de Google Earth des régions touchées après l’incendie

II.2. Les mouvements lents**I.2.1. Retraits et gonflement des argiles**

Ce phénomène entraîne des déformations progressives du terrain, ces dernières ne sont pas très visibles par l'homme, il regroupe les tassements, les affaissements, les glissements, le fluage, le retrait-gonflement, le fauchage... (HADDADI Hayet 2014)

Ces catastrophes sont de plus en plus courantes à cause des effets des activités humaines, les cas de désordres dans lesquels on peut attribuer une partie des causes l'urbanisation dans des zones à risque, au déboisement des forêts, à l'abandon des prairies...sont très nombreux (HADDADI Hayet 2014)

Les mouvements de terrain précèdent les tremblements de terre et les éruptions volcaniques, si on fait un bilan sur quelques décennies. Cela a conduit à accroître les recherches pour mieux connaître leurs causes et leurs mécanismes, afin de pouvoir prévenir et prendre des précautions contre ces catastrophes.

Le retrait gonflement des sols est défini comme étant : « des mouvements de terrains différentiels de petite amplitude, provoqués par des variations de volume de certains sols argileux lorsque leur teneur en eau se modifie ». Il se manifeste essentiellement dans des milieux à climat tempéré au cours des périodes de sécheresse prolongée. La tranche la plus superficielle de sol, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures. (HADDADI Hayet 2014, cartographie des glissements de terrains de la wilaya de tizi Ouzou)

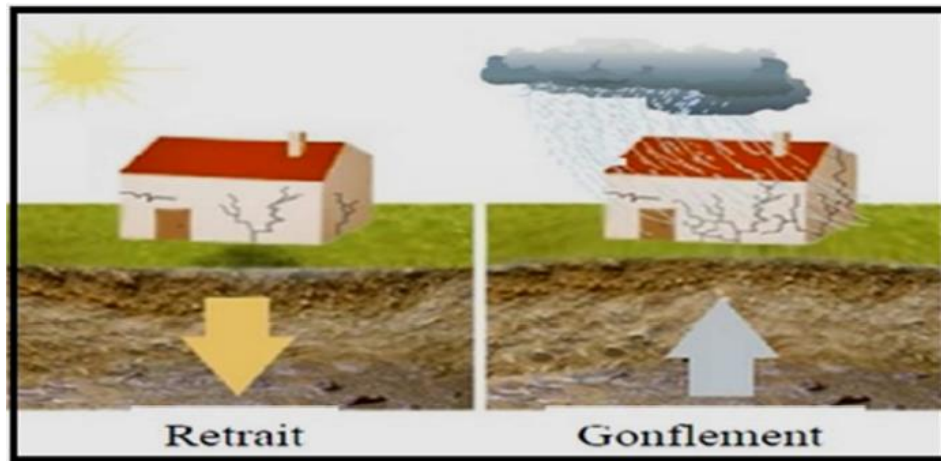


Figure 21 :Retrait et gonflement (LASHEB.M)

II 2.2. Les fluages

Le fluage est une déformation lente et irréversible d'un terrain qui subit des contraintes continues, sans surface de rupture nette (sauf au stade ultime, à la rupture du sol) et sans variation apparente de sollicitation mécanique ou hydraulique.

C'est un phénomène qui affecte en général certaines pentes naturelles argileuses, le déplacement dans le massif en mouvement sont continus mais les vitesses faibles et qui présente une dépression vers le haut et un bombement vers le pied. (HADDADI Hayet 2014)



Figure 22 : Phénomène de fluage (LASHEB.M 2013 in HADDADI hayet 2014)



Figure 23 : flUAGE sur la route au niveau du village Ait Atelli(Larbaa nath irathen)

II.2.3. La solifluxion

Il s'agit d'un phénomène superficiel dû aux variations volumétriques d'un sol au cours des saisons (gel-de gel) en montagne.

La solifluction est un flUAGE des couches de sol superficielles en relation avec les cycles de gel et de dégel. Lors de mouvements de versants dus au flUAGE ou au glissement, il est souvent difficile de conclure de façon univoque à la présence d'une surface de glissement continue. Ces processus sont souvent étroitement liés à de véritables glissements de terrain ; c'est pourquoi ils peuvent être assimilés à ces derniers. (HADDADI Hayet 2014)



Figure 24 : Phénomène de solifluxion.

II.2.4. Les affaissements

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

Lié à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle (phénomène de dissolution ou de suffusion de la roche par l'eau) ou anthropique (exploitation souterraine) (HADDADI Hayet 2014)

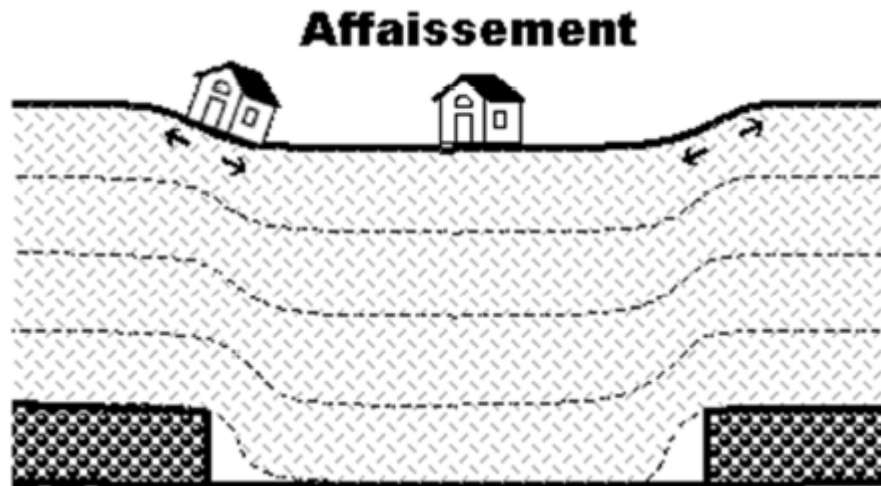


Figure 25 : Les affaissements du sol (PRIM.NET)



Figure 26 : affaissement de la route vers larbaa nath irathen

II.2.5. Les effondrements

Les effondrements se manifestent par des déplacements verticaux instantanés de la surface du sol par rupture brutale de cavités souterraines préexistantes, naturelles ou artificielles, avec ouverture d'excavations grossièrement cylindriques. Lié à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle (phénomène de dissolution ou de suffusion de la roche par l'eau) ou anthropique (exploitation souterraine) HADDADI Hayet 2014)

Effondrement

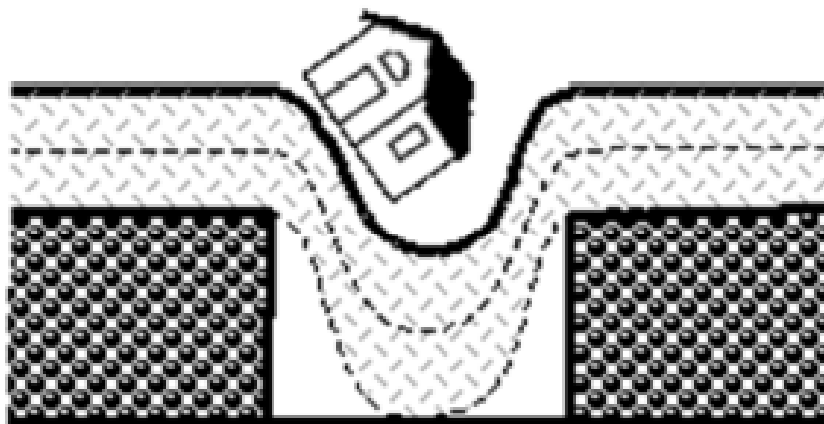


Figure 27 : les effondrements du sol (PRIM.NET)

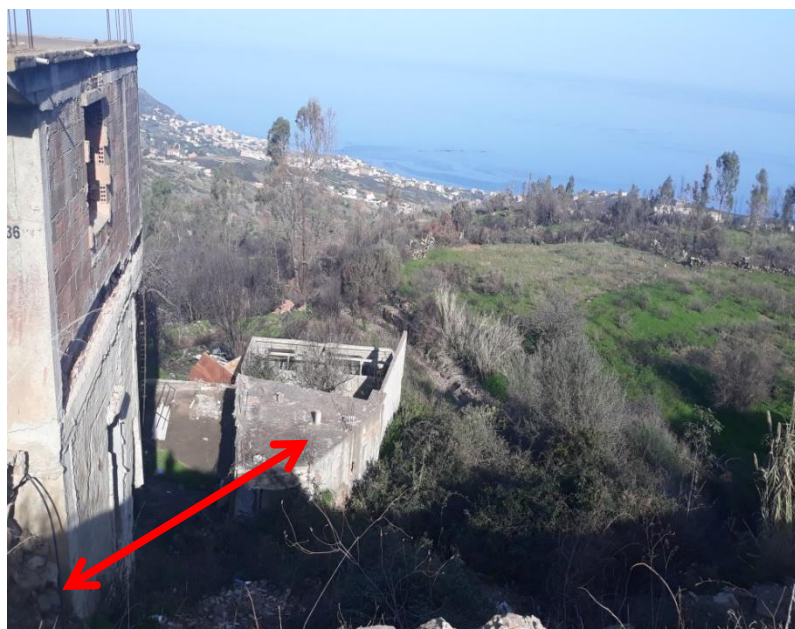


Figure 28 : déplacement d'une partie d'une maison suite à un effondrement du sol au village Iknache.



Figure 29 : déplacement d'une maison entière suite à un effondrement du sol au village Iknache.

II.2.6. Le fauchage

Est un basculement vers l'aval des têtes de couches rocheuses en place, inclinées ou même subverticales, sous l'effet de la gravité. Ce phénomène affecte surtout des formations litées, schisteuses ou paquetées, même en gros bancs... Ce phénomène se produit dans les roches traversées de discontinuités en direction quasi parallèle à l'axe de la vallée, et à fort pendage.

Un fauchage accentué de versant engendre une désorganisation importante du massif, qui peut favoriser la formation ultérieure d'une surface de rupture et l'évolution en glissement ou en éboulement ; les volumes affectés peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers de mètres cubes, avec des profondeurs observées jusqu'à une centaine de mètres en générale le mouvement est lent et progressif quelques centimètres par an jusqu'à quelques centimètres par mois. (HADDADI Hayet 2014)



Figure 30 : Phénomène de fauchage (JAHANGIR E.2010).

II.2.7. Les tassements

Les tassements latéraux sont très distincts puisqu'ils se produisent habituellement sur des pentes très douces voire même sur des terrains plats. Le mouvement dominant est celui d'une extension régressive latérale accompagnée d'un cisaillement ou de fentes de tension. La rupture est provoquée par la liquéfaction de sédiments à l'état solide (habituellement des sables et des silts). Le déclenchement du phénomène est souvent dû à un mouvement rapide du sol, comme lors d'un tremblement de terre, mais il peut également être artificiellement induit. Ces mouvements se déclenchent sans que des indices de surface soient préalablement clairement identifiables.

Les tassements par retrait se produisent sur les versants couverts de certains types d'argiles pouvant donner lieu à d'importantes variations de volume en cas de sécheresse durable ou de la succession de plusieurs années déficitaires en eau. Ce phénomène de retrait/gonflement des sols, aggravé par la présence d'arbres ou d'arbustes au voisinage des habitations, peut-être à l'origine de dégâts très importants sur les constructions et infrastructures. Il est cependant sans danger pour l'homme compte tenu de la lenteur et de la faible amplitude des déformations occasionnées. (HADDADI Hayet 2014)

Il s'agit principalement de diminution de volume de certains sols sous l'effet de charges ou d'assèchement.

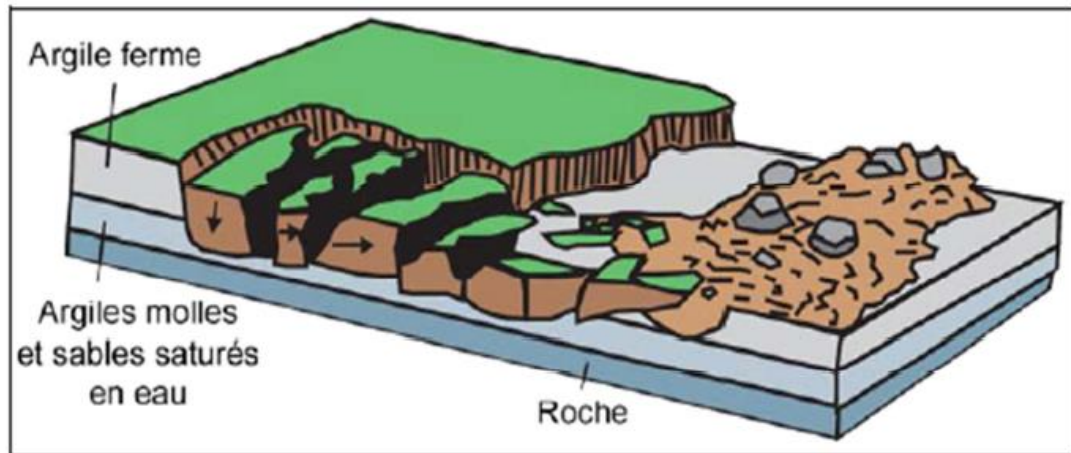


Figure 31 : Phénomène de tassement latéral (Institut d'études géologiques des Etats-Unis)

II.2.8. Les glissements de terrains

On appelle glissement de terrain le déplacement plus ou moins rapide vers le bas et l'extérieur de masse de terre, éventuellement de roches, le long d'une pente. La surface de rupture c'est-à-dire la partie de la pente qui a glissé peut-être rotationnelle si elle est de forme incurvée ou plane si elle est droite. (Sara Gilbert,2017)

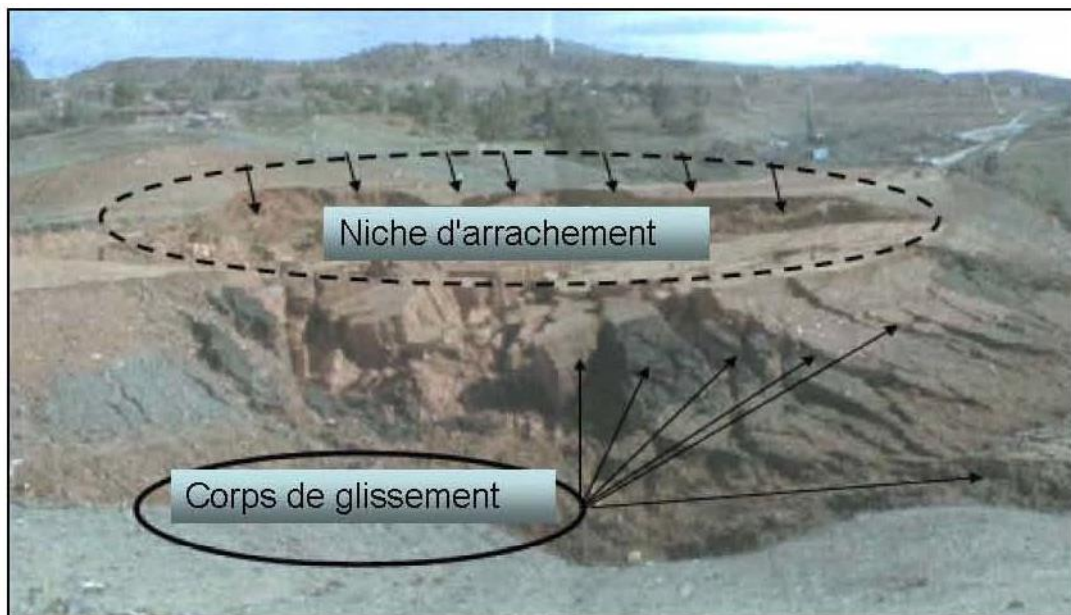


Figure 32 : Glissement de terrain à l'ouest de Bouira. (journal AL WATAN)

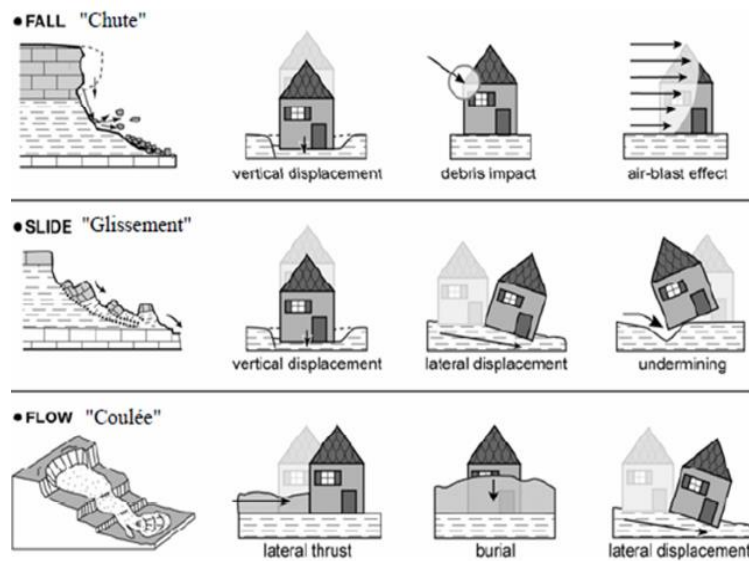


Figure 33 : Des impacts liés aux glissements de terrain (DORINE E 2007)

La masse de terre qui a glissée garde sa consistance. Elle se différencie en cela de la coulée de boue qui n'a plus de forme.

Le glissement de terrain peut être superficiel ou profond et concerner tout un pan de montagne par exemple.

Un glissement de terrain est dangereux et destructeur non seulement par le glissement du terrain lui-même mais aussi par l'accumulation en bas de la pente de terre, de roche et de débris divers.

Les indices caractéristiques pouvant être observés dans les glissements de terrain sont généralement la formation d'une niche d'arrachement, des fissurations, des bourrelets (au pied), des arbres basculés ou tordus, des zones de rétention d'eau... comme on peut observer aussi une coulée d'un matériau remanié à forte teneur en eau dans la partie aval du glissement (coulée boueuse).

Il peut se produire sur des pentes modérées à raides, il se produit généralement dans des terrains meubles, il se différencie par leur forme et leur vitesse. (Sara Gilbert,2017)

III. La différenciation des glissements de terrains

A/ selon la forme

On distingue principalement deux formes du glissement de terrain :

Ils se produisent généralement dans des terrains meubles homogènes (argileux et silteux) ou dans des roches homogènes où les discontinuités géologiques sont insuffisantes pour influencer la forme de la surface de glissement. La masse se déplace vers l'aval le long d'une surface assimilée généralement dans les calculs de stabilité à un arc de cercle.

a) Les glissements rotationnels simples

Ces types de glissements sont très fréquents et sont en général de volume limité. Ils sont caractérisés par un basculement de la masse glissée le long d'une surface de rupture dont la forme est parfois assimilable à un cylindre. Ils se produisent principalement dans des terrains meubles homogènes surtout argileux et silteux, et parfois dans les roches homogènes où il n'y a pas de discontinuités géologiques suffisamment persistantes, ou si la fracturation est suffisamment intense pour permettre une telle surface de glissement. . (Sara Gilbert,2017, les glissements de terrains (vive la Terre),saunders Book Company,P24.

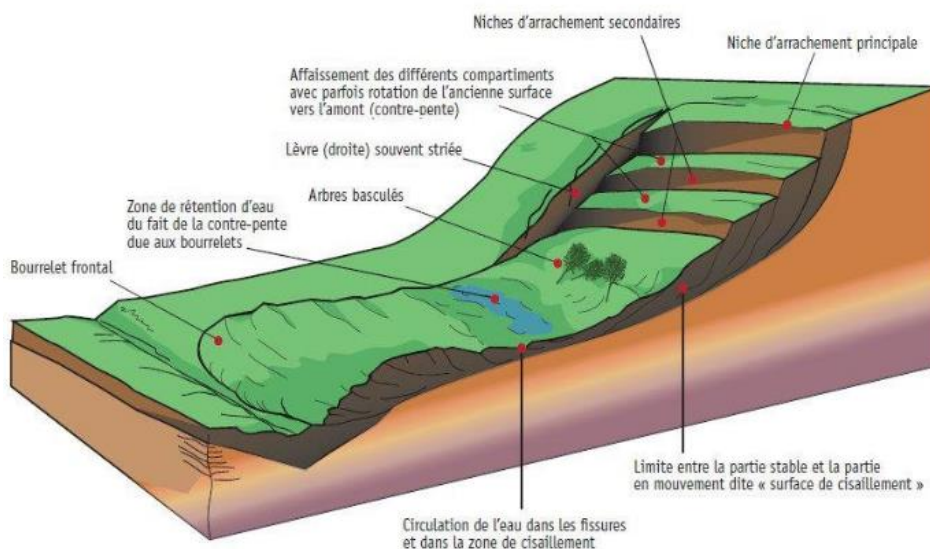


Figure 34 : glissement rotationnel. (PRIM.NET)

b) Glissements translationnels (plans)

On rencontre ce type de glissements généralement dans les sols stratifiés ou dans les roches fissurées il se produit le long du joint de stratification (il se produit généralement au contact entre le substratum et le matériau de couverture).

L'ensemble des couches se déplacent selon une surface de rupture plus ou moins plane. L'épaisseur des terres glissées peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. (Sara Gilbert,2017).

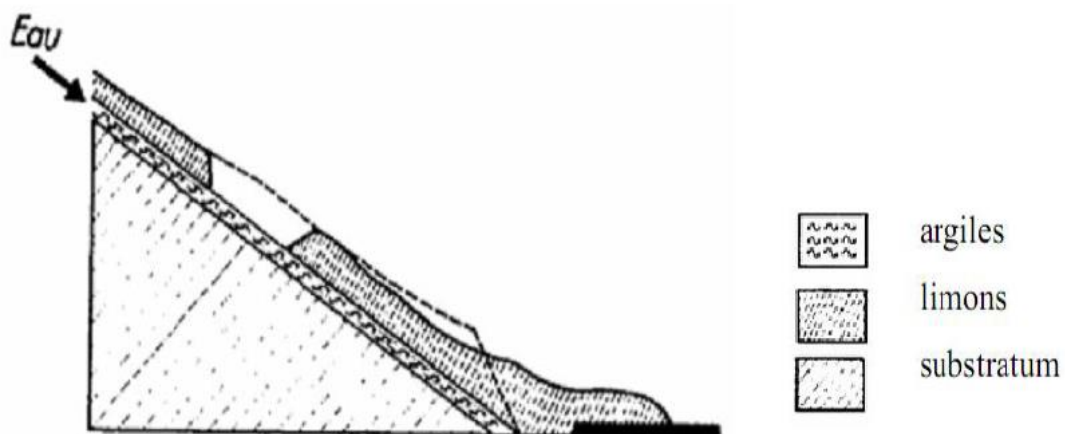


Figure 35 : glissement translationnel. (PRIM.NET)

Dans certains cas les glissements sont plus complexes, ils résultent d'un emboîtement de glissements rotationnels, dans ce cas la surface de rupture globale n'est plus circulaire (glissements par escaliers, glissements régressifs), on rencontre généralement ce type d'instabilité dans des terrains hétérogènes et anisotropes.

c) Les glissements rotationnels complexes

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

Les causes de déclenchement sont principalement le résultat d'une activité intense de l'eau qui est engendrée soit par un ou des pics d'intensité des pluies, soit par l'action retardée

des eaux de pluie sur la nappe de fracture. On observe en général la formation d'une marche d'escalier à l'amont et d'un bourrelet de pied à l'aval. (Sara Gilbert,2017)

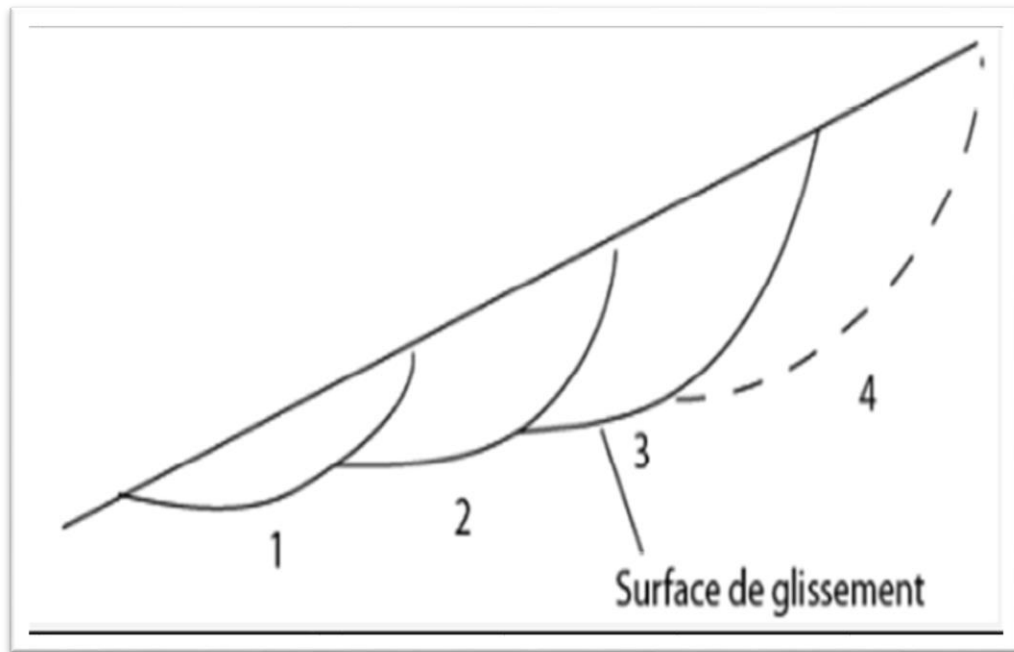


Figure 36 : Glissement rotationnel complexe (M'ZOUGHEM K. ET CHENAFI W, 2006).

B/selon la vitesse :

On distingue :

a) Glissement de terrain permanent

C'est un mouvement qui s'étend sur une longue période, la masse de terre se déplace régulièrement vers l'aval le long d'une surface de rupture existante, avec des phases d'accélération et de réactivation.

b) Glissement de terrain spontané

C'est un mouvement relativement rapide qui se produit contrairement au glissement permanent le long d'une nouvelle surface de glissement, il se déclenche de manière subite avec des vitesses instantanées élevées, la teneur en eau étant insuffisante pour induire la liquéfaction du matériau (le sol garde une partie de sa cohésion) donc une surface de glissement peut être observée (pas de coulée). (Sara Gilbert,2017)

IV. Les facteurs provoquant un Glissement de Terrain**IV.1. Les facteurs passifs ou invariables**

Généralement faciles à évaluer, on distingue :

a) La géologie du site

Un glissement peut concerner le substratum rocheux (roches fissurées, les roches marneuses, roches schisteuses...) ou les couches de sol superficielles (couverture d'altération, les marnes, les argiles) (Sara Gilbert,2017)

b) La structure du matériau

C'est l'étude des différentes roches et sols rencontrés, elle doit faire apparaître des informations essentielles tels les types de couches rencontrées (la présence de niveaux altérés, alternance de roches dures (compactes) et tendres, l'alternance de couches altérés et résistantes), la nature des joints de stratification, le pendage des couches, la présence de failles et de plissements... (Sara Gilbert,2017)

c) La lithologie du site

Elle étudie les caractéristiques des sols et roches existants sur le terrain, telle la composition, la texture, les caractéristiques mécaniques, la perméabilité, la susceptibilité d'altération...

d) La morphologie du site

Définition de toutes les formes pouvant révéler l'existence de mouvements de terrain (telle la pente topographique du terrain) et leurs mécanismes (bourelets, fissures, arbres inclinés...), l'âge des formations topographiques du site car le potentiel du risque de glissement de terrain peut être calculé aussi en évaluant l'âge de formation des pentes (pour une ancienne topographie le risque d'instabilité est inférieur par rapport à une topographie plus récente car l'ancienne a déjà résisté aux actions (sismiques, climatiques...) qui ont affecté le versant). De plus, l'emplacement et le type d'instabilité pouvant affecter le versant peuvent être déterminés en analysant la topographie du terrain tel l'inclinaison de la pente, son aspect, sa direction et sa courbure (Sara Gilbert,2017)

IV.2. Les facteurs actifs ou variables**a) Les facteurs climatiques**

La pluie, la neige, le gel, le vent sont des facteurs variables et incontrôlables pouvant déclencher ou accélérer le processus glissement de terrain par l'effet de l'érosion, altération du sol ou de la roche, circulation d'eau en surface, augmentation de la pression interstitielle, arrachement des arbres...)

b) Facteurs accidentels (vibrations, tremblements de terre...)

Les vibrations créées dans le sol par ces actions accidentelles et la modification des conditions aux limites (augmentation des efforts) peuvent être à l'origine du déclenchement ou de la réactivation d'un glissement de terrain.

Référence Djerbal Lynda 2010 dynamique d'évolution du glissement de terrain de Ain Al hammam, LGEA ,P183,fig70,T85)

c) Facteurs anthropiques

Modification de l'hydrologie : les pertes des réseaux hydrauliques, toute modification de l'hydrologie par une activité humaine.

Modification du relief : terrassement (suppression d'une butée, augmentation de la pente, surcharge du versant par un remblai).

Les surcharges dues aux structures qui constituent un moment moteur. (Référence Djerbal Lynda 2010)



Figure 37: glissement de terrain sur la route nationale N°9.

V. Action de l'eau sur la stabilité des pentes

L'une des principales causes du déclenchement des glissements de terrain étant d'origine hydraulique, la compréhension du fonctionnement hydrologique des pentes instables est nécessaire dans l'étude des mouvements de terrain.

V.1. Les infiltrations d'eau dans le sol

Elles engendrent des actions déstabilisatrices qui peuvent être résumées par :

L'accroissement du poids volumique des sols par augmentation de la teneur en eau (augmentation du degré de saturation)

Le changement du comportement rhéologique du sol (le sol peut passer d'un état solide à l'état visqueux).

L'action mécanique exercée par les pressions de l'eau sur la cohésion de la masse de sol engendrée par la diminution de la succion qui joue un rôle cohésif,

L'augmentation du niveau de la nappe d'eau qui peut être importante, ce qui fait chuter le coefficient de sécurité (le mouvement peut être nul ou faible sous une certaine hauteur piézométrique donnée, une augmentation de cette hauteur peut déstabiliser le versant et déclencher un mouvement de terrain). Référence Djerbal Lynda 2010)

V.2. Les écoulements souterrains

Ils jouent aussi un rôle défavorable très important dans l'activation des glissements de terrain, les raisons liées à ce phénomène, pouvant déstabiliser le terrain sont généralement :

L'action des pressions de courant qui exercent une poussée sur le matériau qu'elle traverse (le freinage de l'écoulement de l'eau, qui se met sous pression et engendre une poussée sur le sol).

Le colmatage du terrain résultant des dépôts, des particules fines se trouvant en suspension dans l'eau, dans les interstices du milieu poreux, ce phénomène diminue la perméabilité du matériau et engendre une augmentation de la pression interstitielle.

L'érosion souterraine qui diminue la résistance mécanique du sol et augmente la perméabilité du milieu et les débits d'eau.

V.3. Les écoulements superficiels (ruissellements)

Ils donnent lieu à une érosion externe, qui risque de modifier la géométrie du versant, ce qui modifie les conditions de stabilité.

VI. Les effets des eaux sur les glissements

L'eau joue un rôle important dans le déclenchement des glissements de terrain. En fait les précipitations d'eau (pluie, neige, eau de ruissellement...) tendent à s'infiltrer dans le sol par gravité, cette eau circule dans le sol mais son écoulement peut être bloqué par une couche

de sol de moindre perméabilité et donner lieu à des écoulements latéraux, et l'eau qui ne s'est pas infiltrée ruisselle en surface. Mais en présence de la végétation, une partie de ces précipitations est interceptée par le couvert végétal, et la vitesse de précipitation sera freinée car l'eau atteint le sol par égouttement des feuilles et écoulement sur le tronc, ce qui permet d'éviter l'érosion et de protéger le sol.

De plus, elle réduit l'énergie de l'eau en ruissellement superficiel, et les racines de ces arbres absorbent une partie de l'eau du sol, ce qui permet d'extraire l'eau contenue dans le sol (la végétation joue le rôle d'une pompe), mais cette action existe uniquement en période de végétation c'est donc une action limitée dans le temps et diminue avec l'âge de l'arbre.

D'autre part la présence de ces dernières favorise l'infiltration car la perméabilité du sol augmente en présence de la végétation, et l'eau de pluie est retenue par le tapis végétal pendant une durée suffisante pour s'infiltrer, et cela constitue un facteur défavorable qui peut entraîner une instabilité du versant. (Sara Gilbert,2017)

VII. Influence des actions sismiques sur les glissements de terrain

Elles sont à l'origine de nombreuses instabilités et mouvements de versants, l'origine des instabilités est la structure géologique du sol, mais peuvent aussi prévenir d'une sollicitation sismique (dynamique) qui induit l'apparition des forces d'inertie (d'origine sismique), la génération de surpressions interstitielles, la réduction des caractéristiques mécaniques du sol, une désorganisation de l'hydrologie et de la structure du versant... Il faut aussi prendre en considération les effets de site qui sont liés à la structure géologique du versant et la topographie qui provoque une amplification importante de l'effort sismique cette amplification est due aux phénomènes de réflexion, de réfraction, et de diffractions des ondes de volume et de surface. Elles apportent des modifications sur les caractéristiques du signal (durée de vibration, et l'amplitude de l'effort) et son spectre de réponse.

Ces effets peuvent entraîner une amplification très importante de l'effort, les rapports d'amplitude crête/base varies de 3 à 5 et peuvent atteindre 10 dans certains cas particuliers, ce rapport dépend de la morphologie et de la pente du terrain, ainsi que des propriétés mécaniques du sol, donc une prise en compte de l'amplification de l'accélération sismique dans la

modélisation et l'analyse des glissements de terrain s'avèrent nécessaire pour permettre une meilleure compréhension du phénomène.

Les mécanismes de rupture des pentes sous séisme sont souvent très difficiles à évaluer en raison de la complexité de la géologie locale et du manque d'informations sur le comportement rhéologique et hydrologique des matériaux. Les séismes peuvent provoquer des glissements dans des pentes initialement stables ou instables, ces glissements sont semblables à ceux dus aux causes habituelles (statiques), il s'agit des mécanismes de rupture par cisaillement des talus et pentes naturelles, ces derniers dépendent de la forme de la surface de rupture (plane, circulaire, logarithmique...). Sous l'effet du séisme, deux facteurs déclenchants peuvent avoir lieu :

La diminution des caractéristiques du matériau et de sa résistance au cisaillement sous l'effet des vibrations sismiques.

Les effets du site qui conduisent à une amplification de l'effort (réflexion, réfraction et diffractions des ondes) Référence (Djerbal Lynda 2010)

On peut citer comme exemples de glissements provoqués (déclenchés) par une accélération sismique : le séisme de Guatemala en 1976 où on a recensé plus de 10 000 glissements et le séisme de Loma Prieta en Californie en 1989 où se sont produits plus de 1000 glissements et éboulements. Ou le plus récent le glissement dans la wilaya de Mila en Algérie.



Figure 38 : deux photos qui montre le glissement de terrain de Mila. (journal al Watan)

Conclusion

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



CHAPITRE III
LES GLISSEMENTS DE TERRAINS

Introduction

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

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

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

I. Localisation de la zone d'étude (Tizi-Ouzou)



Figure 39 situation de la wilaya de Tizi Ouzou dans la région Nord du pays

La wilaya est une zone étendue sur plus de 295793 ha, accessible de l'Ouest par la RN12 et la RN24 La wilaya de Boumerdes, Alger et Bejaia, et par la RN 25 et la RN30, de côté Sud vers la wilaya de Bouira.

Elle compte 1 127 607 habitants, soit 10,5% de la population de la région Nord-centre et elle occupe le deuxième rang en terme démographique juste après Alger.

Le chef-lieu de la wilaya (la ville de Tizi-Ouzou) se trouve à une centaine de Kilomètres à l'est d'Alger, la capitale.

Elle est comprise entre la latitude 36° 28' et 36° 55' Nord, et la longitude 03° 45' et 04° 31' Est.

La wilaya de Tizi Ouzou est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par la chaîne du Djurdjura, à l'est par le massif de l'Akfadou et à l'Ouest par les collines et les vallées. Administrativement, elle est limitée à l'est par la wilaya de Bejaia, à l'ouest par la wilaya de Boumerdes et au sud par la wilaya de Bouira.

Par ailleurs, les terrains choisis pour l'étude des glissements de terrains sont :

Ain el Hammam, azazga, tizirt; qui se caractérisent par le développement des mouvements de terrains, à savoir les glissements de terrain et les coulées boueuses.

1. Le relief de Tizi Ouzou

Le relief est marqué par la succession et la juxtaposition de différents ensembles topographiques.

.2 La chaîne côtière

D'orientation Est-Ouest, elle se présente en forme d'arc montagneux parallèle au littoral, traversée par des dépressions synclinales. On trouve l'altitude maximale dans la partie Est de Djebel Targot (**1278 m**). Constitue plusieurs unités telles que :

- **Massif côtier de Tizirt** : peu accidenté ou les pentes varient entre 3 % et 25 % et une l'altitude moyenne qui ne dépasse pas 300 m.
- **Massif d'Azzefoune** : occupe la partie Nord-est de la wilaya, il est accidenté dominé en pentes supérieures à 12.5 % à l'exception de l'embouchure des petits oueds côtiers (oued Si Ahmed Youcef).

- **Zone collinaire d'Azazga** : Elle présente une topographie accidentée, d'altitude qui varie entre 200 et 800 m. Elle est constituée de la sous-zone de la région d'Azazga et de celle de la forêt de Béni-Ghorbi.

2 Les Pentes

Le facteur pente combiné à d'autres composants du milieu (l'occupation du sol, la lithologie, l'hydrologie, la pluviométrie, etc...) représente le facteur prépondérant dans l'estimation de la sensibilité des terres à l'érosion hydrique, les glissements de terrain, l'éboulement rocheux, les coulées de boue, la solifluxion...

Ensembles physiques	Pente (en %)	Pourcentage par rapport à la superficie totale de la wilaya
Plaine	0 à 3	6,24
Bas piémonts	3 à 12,5	10,50
Hauts piémonts	12,5 à 25	31,42
Très hautes montagnes	25	51,84

Tableau 2 : pourcentage de pentes par rapport aux ensembles physiques de la wilaya de Tizi-Ouzou (source documents de la DUCH)

La lecture du tableau 01 représentant les pentes pour la wilaya de Tizi-Ouzou montre que plus de 83% du territoire de la wilaya est composé de terrains "difficiles" à pentes fortes et très fortes où 51.84% de la surface de la wilaya est présentée par des pentes très fort > 25%, en revanche les pentes faibles (0 à 3%) ne présentent que 6.24% de la surface totale. En effet, cette dernière se situe essentiellement dans la vallée de l'oued Sebaou et la dépression de Draa el Mizane.

Par ailleurs, selon une étude faite par la CENEAP, 55 communes sont classées à prédominance de terrain ayant une pente forte (> 25% du territoire de la willaya).

En conclusion, on peut dire que la wilaya de Tizi-Ouzou s'étend sur un territoire très accidenté, dominé par des ensembles montagneux, cette difficulté des terrains traduit les différentes localisations des mouvements de terrains existant dans la Wilaya ainsi que l'importance d'utiliser ce facteur pour l'évaluation de ces derniers.

I.1- Géologie et Lithologie de La Wilaya

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe dans la chaîne nord atlasique, plus précisément dans le Tell septentrional qui présente une structure particulièrement complexe et diversifiée où les différentes formations sédimentaires ont subi des déformations tectoniques dues aux mouvements orogéniques alpins de la fin de l'ère tertiaire et quaternaire. Cette tectonique cassante est particulièrement marquée par la présence d'importantes failles dans la partie sud de la wilaya, qui correspondent à la terminaison occidentale de la chaîne de Djurdjura.

Pour la géologie de la wilaya, nous ne distinguons que les formations géologiques qui se présentent principalement dans 3 grandes catégories de reliefs.

La chaîne côtière

Elle forme un vaste synclinal parallèle à la mer que l'on peut suivre de la Mitidja jusqu'à Akfadou, constituée essentiellement de terrain Oligo-miocène.

Les dépôts alluvionnaires du quaternaire

Ils reposent sur un substratum tertiaire de marnes éocène, elle forme la plaine alluviale de l'Ouest Sebaou présentant une dépression qui s'étend d'Est en Ouest entre Freha et Tadmait et du Nord au Sud entre la chaîne côtière et le massif central Kabyle.

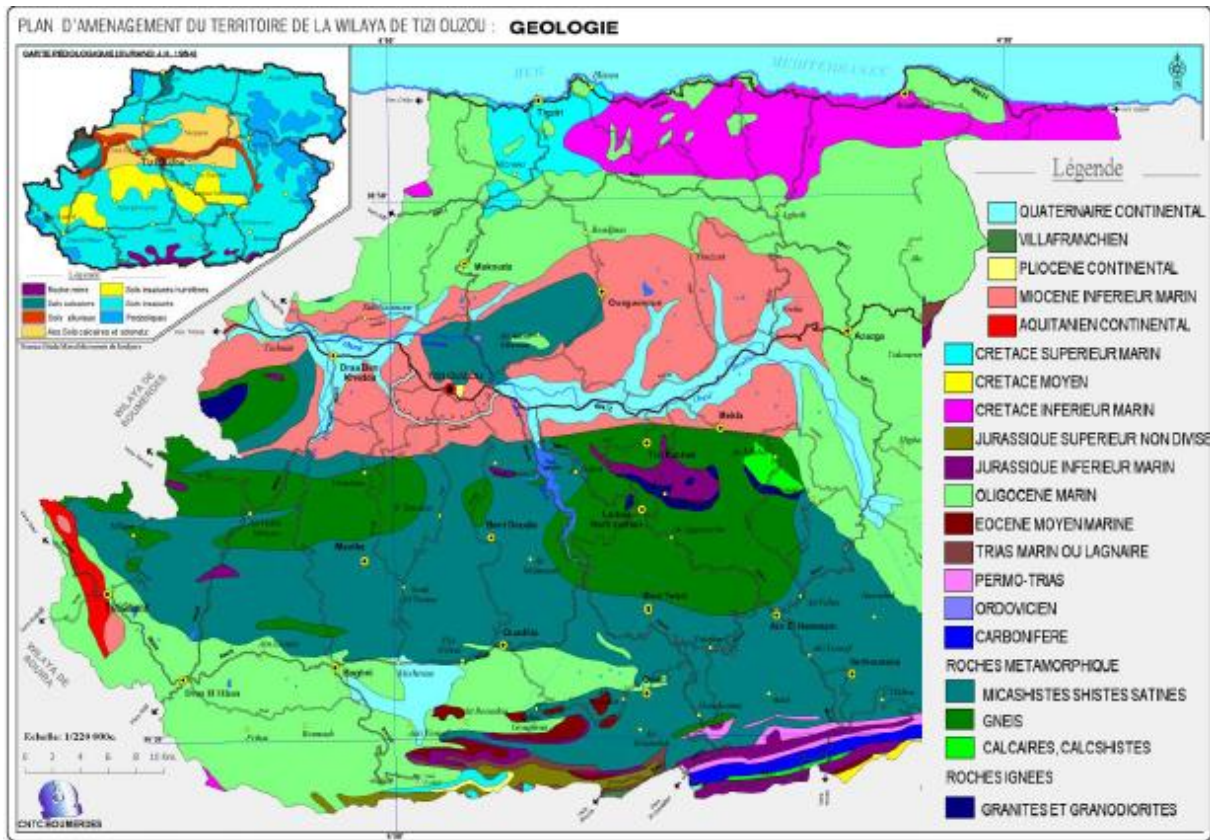


Figure 40 : carte lithologique de la wilaya de Tizi-Ouzou. (PAW T-O. 2012).

Selon la carte lithologique établie par BNEDER (PAW T-O 2012), plus de la moitié de la wilaya repose sur les argiles et les marnes qui occupent de vastes superficies. Paradoxalement les grès et les schistes représentent près de 30% du total de la wilaya, et le reste est composé d'Alluvions quaternaires le long des vallées, d'Éboulis, de Calcaires, et de micaschistes.

Les argiles sahéliennes elles sont constituées d'argile marneuse qui occupe la partie du bassin miocène de l'oued Sebaou sur la rive droite Tamda et Freha, et la partie basse de la dépression de Tizi-Ouzou entre l'oued Aïssa et l'oued Bougdoura. Cette formation repose directement sur des marnes carténiennes, ils sont des sols lourds, hydro morphes. Cette formation peut être décortiquée en 07 sous-groupes de formations argileuses :

- **Les argiles et les grès du numidien inférieur** : qui repose sur des argiles verdâtres, intercalées par des petits lits de grès, elles sont d'épaisseur variable qui donne lieu à un terrain argileux où les glissements de terrain et les coulées de boue sont fréquents.

Elles occupent les dépressions de Draà El Mizan, de Boghni et de l'oued Boubhir.

- **Les marnes du carténien** : Ces marnes constituent un sol raviné et dénudé, formant des talus abrupts, ou les couches intérieures passent insensiblement à des grès tendres, ils occupent la majeure partie de la dépression du Sebaou, notamment dans la région des Béni Djennad. En revanche, dans la partie Sud-est de la wilaya, c'est surtout les dépôts marneux de l'oligocène qui dominent, ces dépôts sont constitués de marnes très tendres, cela peut être expliqué par l'abondance de nombreux glissements de terrain tels qu'« Ait Frah ainsi qu'à l'Est de Takhoukt.
- **Les alluvions récentes** : ils sont constitués par les dépôts limoneux des crues des oueds Sebaou et Aïssi, ce qui donne naissance à des sols épais et riches.
- **Les alluvions anciennes** : ils sont représentés par des terrasses caillouteuses et limoneuses, qui constituent des dépôts trouvés tout au long de la bordure de l'ouest d'Azzefoune formant la plaine qui s'étend de part et d'autre de l'embouchure de l'oued Mleta, et on les rencontre également dans une partie de la vallée Sebaou.
- **Les éboulis** : ils sont généralement gréseux et proviennent des reliefs constitués de grès numidien.
- **Les calcaires** : situé dans la partie sud de la wilaya, dont le lias calcaire se compose de calcaire compact et dont certains bancs sont dolomitiques (dures). C'est l'un des principaux dépôts de la chaîne de Djurdjura, localisé au niveau des Djebels Ras Timediouine, Azrou Ougounane et Azrou Nathor.
- **Les grès du numidien** : Ces dépôts occupent surtout les régions forestières, étalés sur de grandes surfaces aux pieds des masses rocheuses.

I.2 L'Hydrologie de la wilaya de Tizi Ouzou

Le territoire de la wilaya est dominé par un réseau hydrographique composé d'un chevelu dense, bien hiérarchisé, et dont la majorité des oueds sont encaissés et présentent un régime irrégulier pendant toute l'année, mais ils sont souvent en crue ; ce réseau est marqué principalement par l'Oued Sebaou qui recueille à travers ses affluents l'essentiel des eaux en provenance du Djurdjura. En parallèle, on trouve plusieurs qui coupent ce territoire, mais qui sont moins importants tel que : Oued Djemaa, Oued Bougdoura, Assif-El Hammam, Oued-Aissi, oued Ksari, et oued Rabta.

Par ailleurs, la wilaya se situe entre deux grands BV selon la subdivision de l'ANRH: le BV côtiers Algérois (code : 02) qui est largement dominant, et se subdivise en huit sous bassins versants qui sont :

1) Côtier Tizirt 2) Côtier Cap Sigli 3) Oued Sebaou amont : 4) Oued Sebaou rebta 5) Sebaou sebt 6) Sebaou maritime 7) Oued Aissi 8) Oued Bougdoura

Et le Bassin Versant d'Isser : qui est d'une inférieure superficie et n'occupe qu'une infime partie du territoire de la wilaya, et qui est représenté que par le sou BV d'Isser maritime.

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

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

II.1.2. Glissements de terrains au niveau de la région de Tizirt

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

Zone défavorable à l'urbanisation : ces terrains étaient considérés stables et des constructions peuvent être normalement érigées.

Zones incertaines : sur ces terrains, l'urbanisation est autorisée sous certaines conditions, (Etudes de sols).

Zones défavorables : les constructions sur ces terrains seront interdites à titre conservatoire, jusqu'à l'exécution d'une étude géotechnique spécifique.

Les glissements de Tizirt se manifestent sur trois zones ayant subi, ces dernières années, des déformations importantes (zone Est, zone centrale, zone Ouest). La zone centrale présente les mouvements de terrains très actifs. Ces instabilités ont engendré des auscultations et fissurations des constructions ainsi que des affaissements de route.

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

Période	Importance des désordres	Indices de glissements
Hiver 1970	Importante	Routes lézardées- légères fissurations dans certaines constructions- Inclinaison des pylônes électriques.
1981-1985	Très importante	Apparition de fissuration importantes sur des maisons – Basculement d'une maison individuelle et fissuration d'autres construction.
Hiver 1990	Moyenne	Route lézardée- Trottoirs inclinés.
Hiver 2001	Très importante	Dislocation de plusieurs maisons individuelles- Tassements différentiels ayant causé des désordres dans les bâtiments
Hiver 2008	Très importante	Affaissement de l'avenue Ahmed Chafai - Développement d'une fissure large avec un affaissement d'environ 70cm – Rupture de plusieurs réseaux (AEP) enterrés- inclinaison des pylônes électriques.
Depuis 2010	moyennes	Déformation de la RN24 dans 3 zones – Basculement d'une maison individuelle R+2 – Apparition de fissures dans plusieurs maisons.

Tableau 3 : Historiques des glissements de la commune de Tizirt

II.1.3. Les principales causes des mouvements de terrains de la région de Tizirt

❖ La géologie

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

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

Les sondages carottés et le profil sismique réfraction réalisé par la DUCH de la wilaya de Tizi Ouzou ont mis en évidence la lithologie suivante, formant la région.

- **Unité tellienne**

Se compose essentiellement de :

Complexe marnes-biomicrocrites qui est l'Alternance de niveaux de marnes grises olivâtres et calcaires gris clair se débitant en fines plaquettes d'aspect grumeleux. Microfaciès typique, des biomicrocrites montrant une alternance entre les lits du microcrites pures et lits constitués de débris organiques.

Calcaires marneux à incrustations qui est la variation régionale de la série type :

Série à conglomérats et galets vont de l'Ouest vers l'Est au sein de l'unité tellienne.

- **Formation numidiennes**

On a :

Les Argiles sous numidiennes qui débutent par les argiles ferrugineuses légèrement calcareuses alternant avec des argiles surmontées d'argiles noirâtres à rares bancs de quartzites. Argiles et quartzites alternant en bancs métriques.

Les Grès numidiens qui se présentent par des quartziteux, se poursuit par des grès ortho quartzites typiques en bancs métriques séparés fréquemment par des minces lits pélitiques. Rares passées centimétriques de quartz roulés.

Les formations des plages : quaternaire récent, composées de sables fins ou des plages de galets, avec l'existence d'une phase d'érosion active du littoral.

Les colluvions sont des blocs de grès numidiens, friables à ciment calcaire enrobés dans une matrice argilo-limoneuse plastique particulièrement visible de part et d'autre de la RN72 et le long de RN24.



Figure 42 : photo montrant les grès Numidien au niveau de Tizirt Sur Mer.

❖ La Géomorphologie

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

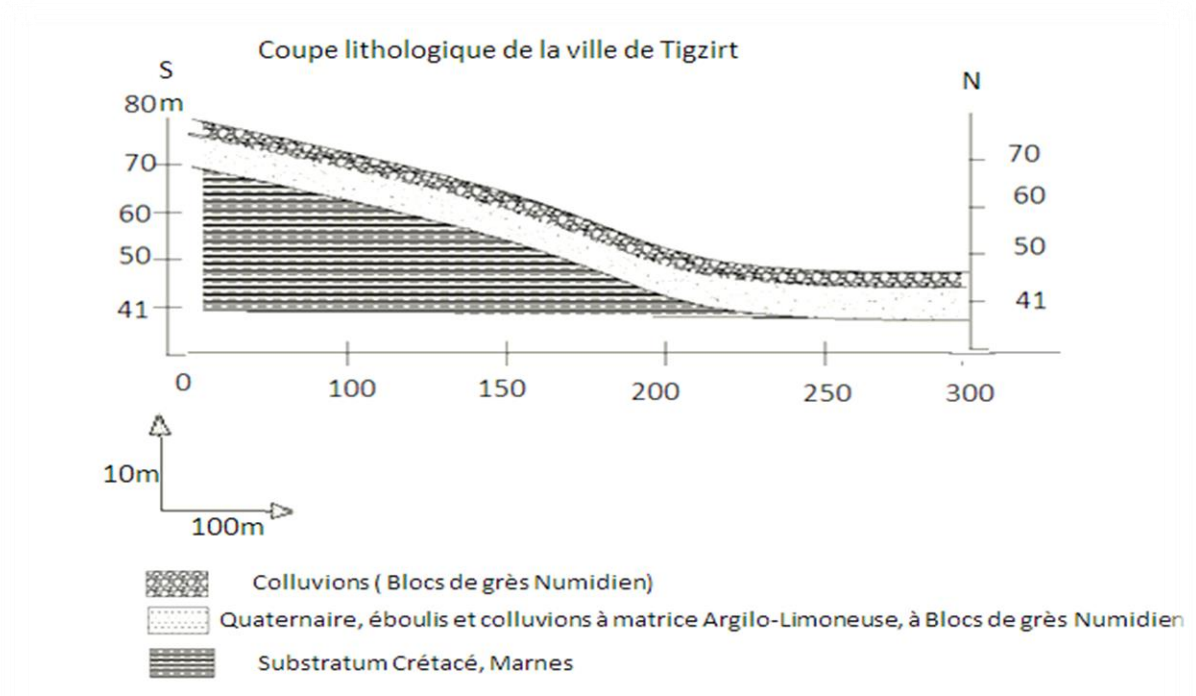


Figure 43 : coupe lithologique de la ville de Tizirt

❖ Cadre climatique

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

- Pluviométrie : la région de Tizirt subit annuellement des quantités d'eau importantes qui varient d'une année à une autre. Le PDAU de la région a enregistré des précipitations annuelles maximales d'environ 1040mm à 1100mm.
- Température : La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminante dans la différenciation au sein d'un même méso climat. Du mois de Janvier au mois d'Aout les températures moyennes mensuelles augmentent d'une façon significative, par la suite il y'a diminution jusqu'au mois de Janvier.

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

❖ Hydrologie

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

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

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

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

Le réseau hydrographique de Tizirt se constitue principalement de deux cours d'eaux saisonnières, l'un déversant à la plage de Feraoun à l'Est et l'autre à la plage Tassalast à l'Ouest. Des infiltrations d'eaux souterraines créent des couches savons entre les couches perméables et les couches peu perméables qui favorisent l'instabilité du versant.

❖ Sismicité

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

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

II.1.4. Facteurs déclenchant le glissement de la région de Tizirt

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

Indices observés sur le terrain



Photo 1

les flèches indiquent l'espace de déplacement



Photo 2

Figure 44 : les deux photos 1 et 2 montrent l'effondrement de deux maisons suite à un glissement suite à un glissement de terrains au village Ikneche (Tigzirt)



Figure 45 : photo montrant un escarpement de la route indiquant la direction du glissement.



Figure 46 : photo montrant un soulèvement de la route dans le centre de la ville de Tizirt.



Figure 47 : photo montrant des fissurations au niveau d'un mur d'une maison au centre de Tizirt.



Figure 48 : photo des fissurations d'un mur d'une grande bâtisse et un renforcement des poteaux suite à un glissement de terrain.



Figure 49 : photo montrant la déstabilisation de la façade et la porte de la maison dans la zone ouest de Tizirt



Figure 50 : photo montrant des arbres inclinés à la zone centre de Tizirt.



Photo1



Photo 2

Figure 51 : photo 1 et 2 montrant une fracturation des murs de l'hôtel de Mizrana (Tizirt)

Conclusion

Les mouvements de terrains peuvent surgir à n'importe quel moment si la nature du sol ou sous-sol présentent peu de cohésion qui sont par nature instable. De même un sol présentant des couches discontinues de nature différente aura tendance à glisser. Un sol argileux ou marneux saturé d'eau sera susceptible de glisser vers le bas de la pente (diminution de la résistance du sol) qui est le cas dans la ville de Tigzirt Sur Mer connu avec un climat très froid en hiver et très chaud en été, les glissements de terrains sont déclenchés à cause de sources d'eau souterraine qui est bloquée entre les grès numidiens et argiles du sous numidiens et à forte pluviométrie l'eau en pénétrant dans le sol exerce une poussée verticale qui peut déstabiliser le terrain. la situation est d'autant plus dangereuse si la quantité d'eau qui pénètre dans la terre est supérieure à celle qui s'en écoule, ou la sécheresse des sols en été qui provoque le retrait des argiles ce qui explique qu'une terre trop sèche peut perdre sa cohésion, s'effriter et glisser en présence de pente qui est assez importante entre 20 et 25%, les argiles ont tendance à glisser au-dessus des grès ce qui provoquera des coulées boueuses. Et on a les éboulis (colluvions) qui sont l'altération des grès qui provoque des glissements ou des éboulements dans la ville.

Les indices des glissements sont visibles en surface tels que l'escarpement important de la route de la ville de Tigzirt, des fissures sur des bâtisses, des maisons, ou même des arbres complètement inclinés en suivant la direction du glissement. (Figures précédentes).

II.2. Ain el hammam

II.2.1. Situation géographique

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

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

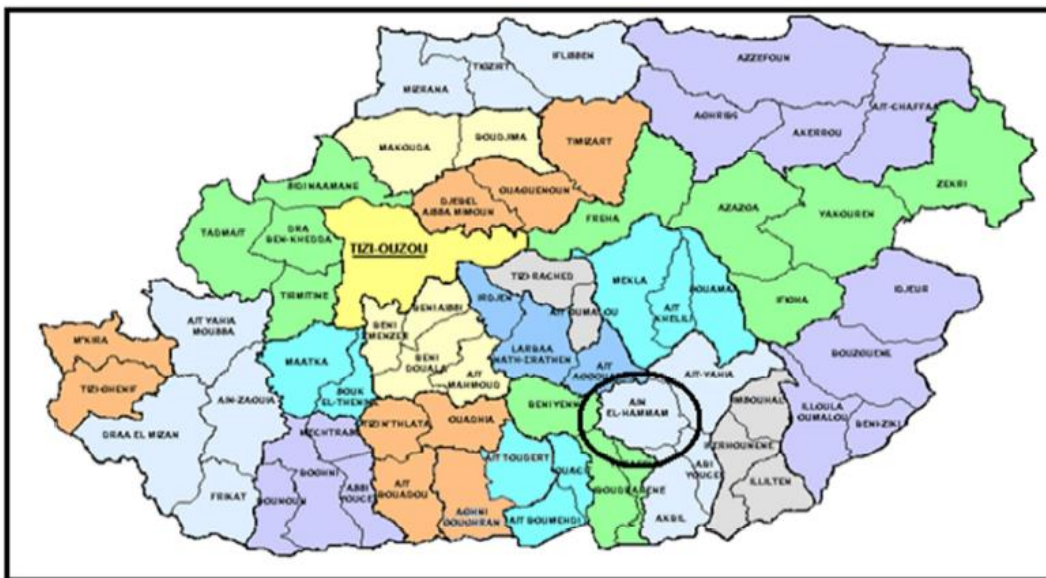


Figure 52 : Situation de la région d'Ain el hammam sur une carte de Tizi Ouzou

II.2.2. Glissements de terrains au niveau de la région d'Ain el hammam

C'est un versant naturel instable qui touche 12ha dont deux sont en zone fortement urbanisée. Ce glissement met en danger la vie de toute une population, pour cela des études géotechniques très avancées sont consacrées pour le stabiliser.

L'historique des glissements de terrain d'Ain el hammam se résume par :

Période	Importance des désordres	Indices de glissements
Décembre 1969	Très importante	les indices les plus visibles ont été localisés au Nord-Ouest de l'ancienne ville le mouvement a provoqué des désordres dans la route N° 15, les bâtiments et le remblai du marché
1990	Très importante	Des bâtiments (R+5) ont été édifiés le long du boulevard Colonel Amirouche Des instabilités ont été signalées dans le site (lors de la construction du bâtiment de la BDL. L'école située en amont a connu des désordres dans la structure et dans la maçonnerie, des affaissements localisés...).
2002	Moyenne	Les désordres réapparaissent
2004-2005	Importante	Des nouveaux désordres sont apparus après les précipitations abondantes de l'hiver de 2004-2005.
2006	Importante	Suite de fortes pluies orageuses plusieurs bâtiments du boulevard Colonel Amirouche ont subi des désordres. Un léger affaissement de la petite route descendante au sud-est a été observé, ce qui démontre que le mouvement affecte aussi le versant. Les mouvements, pendant cette période allant jusqu'à novembre 2008, ont été relativement lents (centimétriques à décimétriques).
Novembre 2008	Importante	Les déplacements pendant cette période ont été de grande ampleur (dislocation d'immeubles et d'ouvrages de soutènement, des désordres dans les chaussées, la rupture des réseaux hydrauliques...)

		Sous l'effet des infiltrations issues des réseaux hydrauliques défectueux et des précipitations, un risque de poursuite et d'aggravation des mouvements ne serait pas exclu.
Mai et Juin 2009	Importante	Plusieurs immeubles ont été évacués et démolis, et depuis la vitesse du mouvement a diminué surtout en partie située à l'amont du marché. Dans le versant, les déplacements sont toujours visibles et des signes de mouvements sont apparents.

Tableau 4 : l'historique des glissements de Ain Al Hammam. (DUC Tizi Ouzou)

II.2.3. principales causes des mouvements de terrains de la région d'Ain el hammam

❖ **La géologie**

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

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

Un ensemble schisteux : il est constitué de schistes satinés et de micaschistes.

Un ensemble gneissique : contenant les gneiss oeillés et les gneiss fins.

Un ensemble intrusif : il est formé de granites, de pegmatites et d'aprites.

Des roches basiques : s'exprimant par des amphibolites.

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

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

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

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

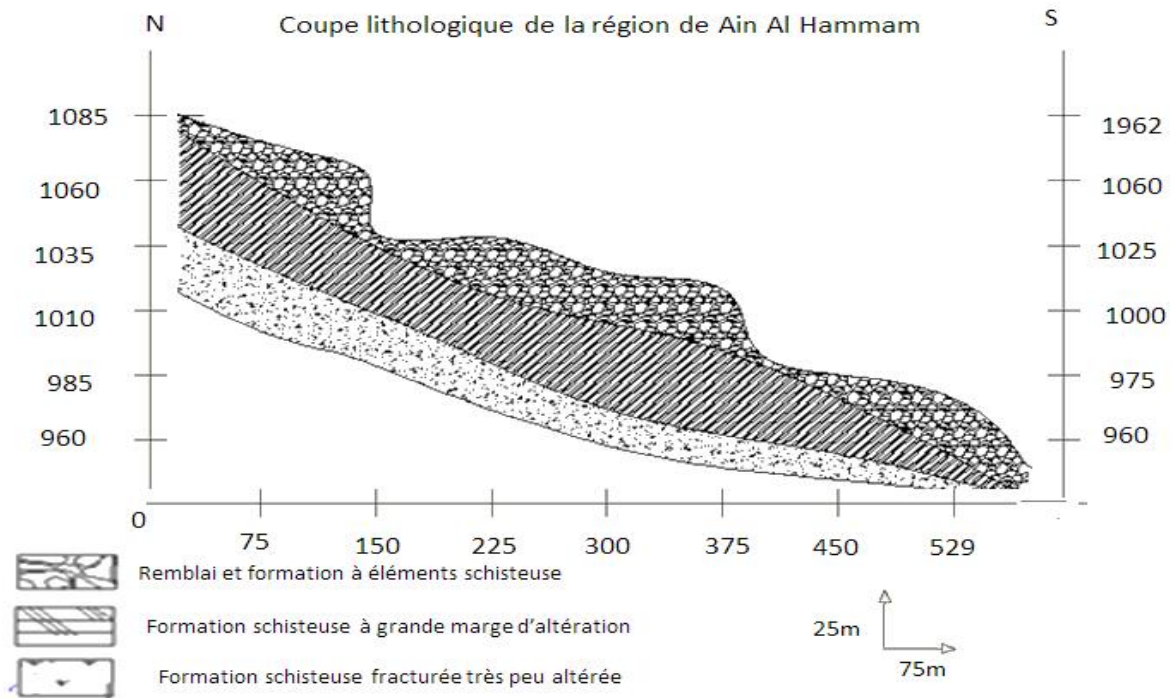


Figure 53 : photo du socle paléozoïque

Géomorphologie

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

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



❖ Cadre climatique

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

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

❖ Hydrologie

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

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

❖ La sismicité

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

❖ L'urbanisation

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

Indices observés sur le terrain

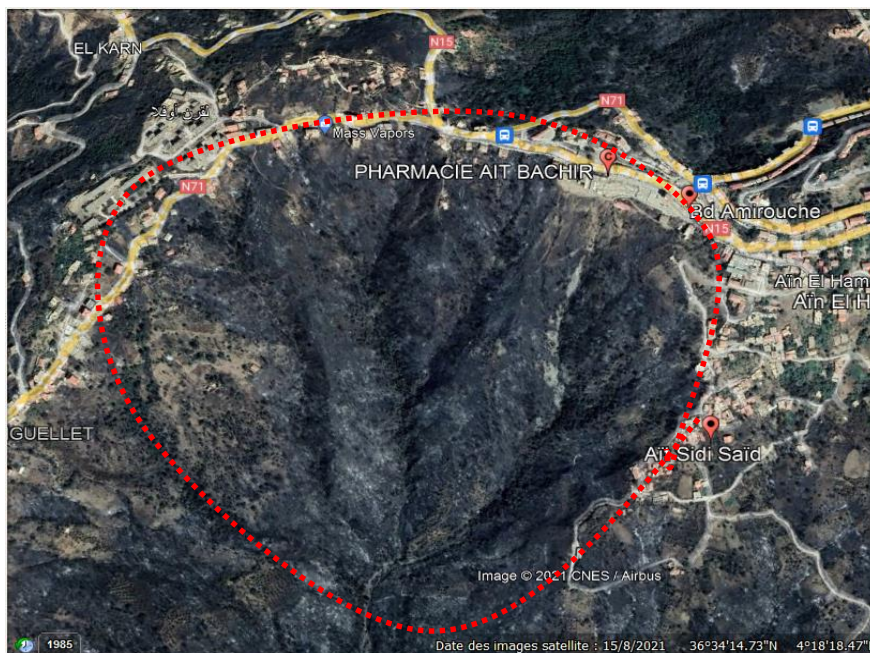


Figure 55 : photo du glissement de Ain El Hammam en forme de portion de fromage

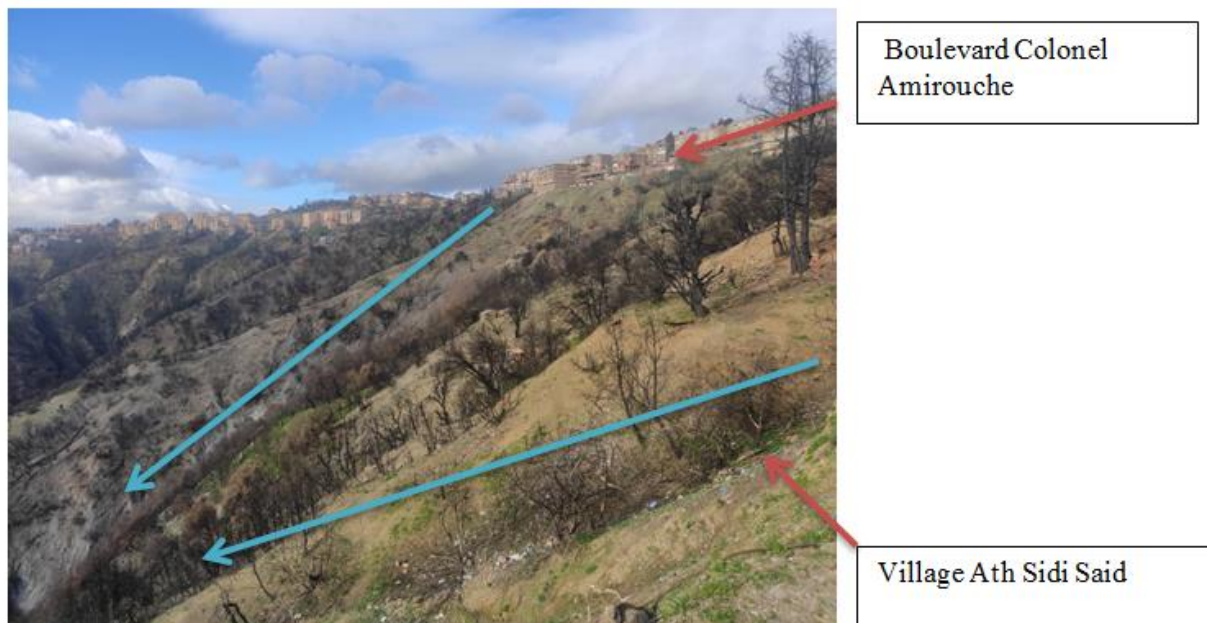


Figure 56 : photo montrant le Glissement du village Ath Sidi Said.



Figure 57 : photo montrant un escarpement de la route du village Ath Sidi Said.

Conclusion

Le glissement de Ain Al Hammam est très étendu il affecte une pente collinaire importante et une zone urbaine, de nombreux facteurs peuvent être l'origine de ses glissements. On a des facteurs anthropiques et climatiques. La conjonction de ses deux facteurs provoquerai des glissements ou simplement la réactivation des glissements au niveau de la région et étant donné que la région connaît souvent des fortes pluies et des chutes de neige importante avec une altitude de 2030m et l'impact humain qui a accentué le phénomène en construisant anarchiquement sur des couches (terrains) pas favorable telles que les formations schisteuses du socle métamorphique à grande marge d'altération et au-dessous, des formations schisteuses très peu altérée et fracturé qui ont la même direction que la pente et des remblais en surface qu'on peut voir sur les coupes réalisé sur la région de Ain Al Hammam. Ce qui explique qu'en présence de forte précipitation ou présence d'une source d'eau souterraine ou des écoulements en surface et même les eaux usées en générant de l'ammoniaque qui est une matière savonneuse elle peut favoriser le glissement de terrain.

Comme le cas du village de Ait Sidi Said qui présente un glissement assez important en forme de portion de fromage il s'étend du village jusqu'au marché du boulevard Amirouche et qui présente des indices d'instabilité en surface comme l'escarpement des routes du village et des gabions inclinés.

II.3. Azazga

II.3.1. Situation géographique

Azazga est située sur la route nationale 12, appelée aussi la route de la Kabylie, qui relie Thenia à Béjaïa via Tizi-Ouzou, Yakouren et Adekar.

Azazga est situé en amont d'Acif Sebaou (le Fleuve Sébaou), entre Tizi-Ouzou et Yakouren.

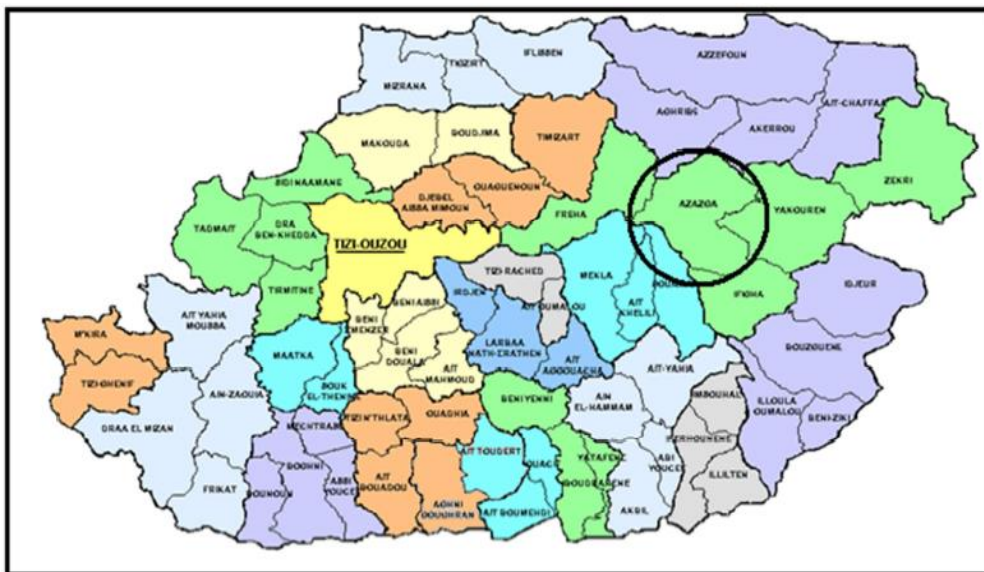


Figure 58 : Situation de la région d’Azazga sur une carte de Tizi-Ouzou

II.3.2. Glissements de terrains au niveau de la région d’Azazga

La région d’Azazga a connu plusieurs mouvements de terrains de différents types remontant à plusieurs années.

Période	Importances des désordres	Indices de glissements
22-02-1973	Très importante	La coulée a obstrué un ravin (Ighzer Boulina), déplacé et parfois englouti quelques arbres sur une centaine de mètre.
19-02-1973	Importante	Le glissement a affecté la partie nord de la ville d’Azazga. Le plus important s’est produit au nord-

		ouest de la ville et le second, de moindre envergure, aux abords du cimetière chrétien.
08-04-1974	Moyenne	Ce glissement est une réactivation du glissement antécédent (1973) ; 183 maisons détruites 100 autres sérieusement affectées et 690 sinistrés ont été dénombrés. La reprise de ces mouvements s’est amplifiée suite à de fortes chutes de pluie.
1985	Très importantes	23 habitations et locaux professionnels ont été endommagés, la RN12 a été fermée à la circulation, des lézardes sont apparues dans certains quartiers de la ville. Donc la reprise de ces mêmes mouvements a entraîné d’importants désordres affectant les habitations (une centaine) et les édifices publics.
Mars 2012	Très importante	La réactivation du glissement en mars 2012 Il a engendré des dégâts matériels considérables.

Tableau 5 : l’historique des glissements de Azazga.

II.3.3. Principales causes des mouvements de terrains de la région D’Azazga

❖ **La géologie**

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

Le flysch crétacé : qui occupe la majeure partie de la région, est en partie masqué à l’Ouest par le miocène et chevauché à l’Est par le numidien.

Les argiles sous numidiennes : ce sont des argiles rouges et vertes, à bancs décimétriques de Grés, datées de l’oligocène, elles affleurent à l’Est et au Nord-est de la ville.

Les grés numidiens : constituent les principaux reliefs du Djebel Abed à l’extrémité

Est de la région. Des bancs massifs, découpés en panneaux par un système de failles, sont visibles immédiatement à l'Est de la ville. Ces panneaux sont effondrés par rapport au numidiens en place (relief du Djebel Abed).

Les éboulis numidiens : des blocs de grés de toutes tailles parfois emballés dans une matrice argilo-sableuse, arrachés au relief du Djebel

Abed, forme des nappes d'éboulis se répandant largement dans les secteurs centre, nord –est et sud-est.



Figure 59: photographie des Argiles Rouges sous numidiennes. RN12 à proximité de l'hôpital.



Figure 60 : photo montrant Altération Eboulis- Marnes-Argiles rouges (route évitement Azazga) Source : DUC Tizi Ouzou



Figure 61 : les flyschs crétaé trouvé a Azazga.

❖ La géomorphologie

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

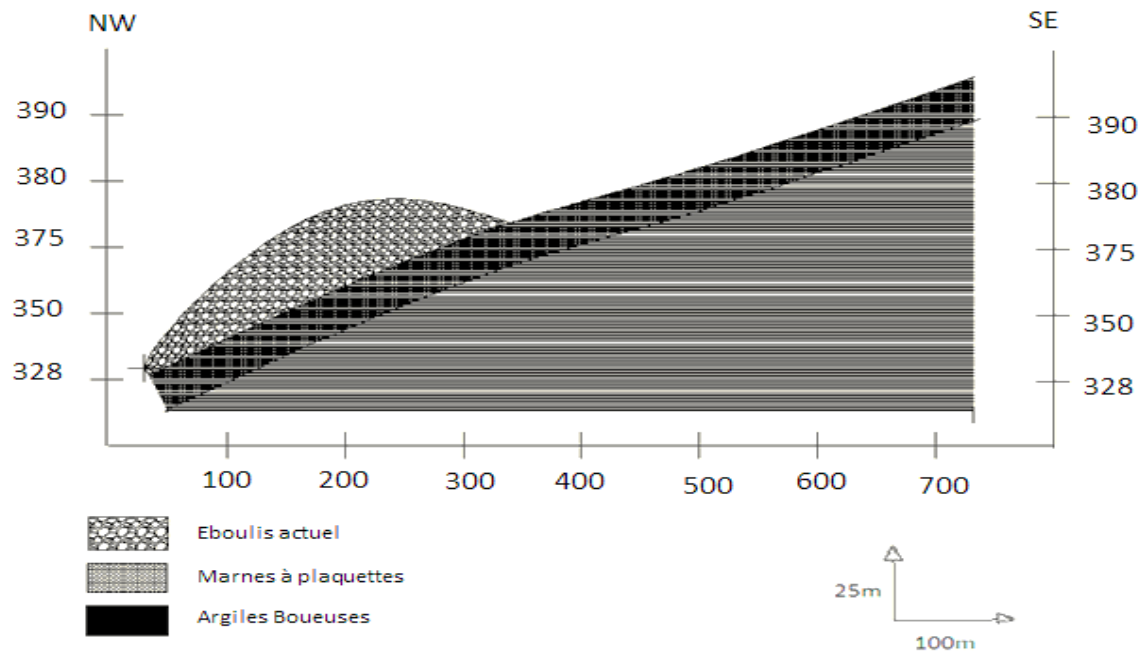


Figure 62: coupe lithologique de la ville d'Azazga

❖ Cadre climatique

Le climat de la région de Tizi-Ouzou est celui d'une moyenne montagne méditerranéenne, la pluviométrie est assez élevée mais inégalement répartie pendant l'année.

Elle fait apparaître l'opposition d'une saison hivernale relativement humide et une saison estivale beaucoup plus sèche.

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

La température de la région est caractérisée par :

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

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

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

❖ **Hydrologie**

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

Il existe une présence d’eau souterraine sous forme de nappes pelliculaires, qui se développent en période pluviale, dans les éboulis du Numidien constitués de grés grossiers altérés à matrice argilo-limoneuse peu sableuse. L’infiltration de ces eaux dans les niveaux sous-jacents à savoir les flyschs et les argiles miocènes forme des niveaux d’eau souterraine sous forme de nappes semi-profondes.

❖ **La sismicité**

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

Les désordres induits par les séismes au niveau du sol, représentent la cause principale des dégâts. Ils sont de diverses natures. Parfois le résultat est la combinaison de plusieurs types de désordres. Tout phénomène sismique se manifeste par des vibrations au niveau du sol généré

par les ondes sismiques et l'apparition de failles en surface, lorsque les séismes sont de fortes magnitudes. Les instabilités liées aux séismes concernent entre autres :

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



Figure 63 : photo montrant la déstabilisation du siège de l'ADE de la ville d'Azazga (Ighil Bouzel)

Indices observés sur le terrain



Figure 64 : photo montrant le soulèvement d'une partie du siège de l'ADE d'Azazga (Ighil Bouzel)



Figure 65 : photo montrant la fissuration d'un mur d'une maison à Azazga.

Conclusion

Pour la ville d'Azazga, La nature géologique des terrains en place est un des principaux facteurs d'apparition de ces phénomènes tout comme l'eau et la pente. Les matériaux affectés sont très variés (les éboulis du Numidien constitués de grès grossiers altérés à matrice argilo-limoneuse, les flyschs et les argiles miocènes). Mais globalement, la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement de ces phénomènes. Pour qu'un phénomène de glissement de terrain puisse prendre naissance, la présence simultanée de plusieurs facteurs est requise. Autant l'instabilité de versant est d'une grande ampleur, autant le nombre de facteurs implique dans sa genèse. Tels que la fonte des neiges et les précipitations qui sont assez importantes au niveau de la ville surtout durant la période hivernale d'eau plus pluvieuses ; ce qui a pour conséquence directe le déplacement de la masse sous son propre poids. Sans oublier le facteur anthropique qui est provoqué par l'homme en construisant sur des terrains instables qui sont à l'amont du glissement.

III. Projeter les trois régions de glissements sur la carte géologique de Tizi Ouzou

III.1 Etapes de production d'une carte

Puisque la carte utilise une symbolique conventionnelle, pour transmettre un message, on peut la considérer comme un langage. Mais alors, pourquoi avoir créé un autre système de communication différent de l'écriture ou des mathématiques ?

En fait, ces deux modes de communication sont des systèmes linéaires qui ne délivrent leur message qu'au terme du développement et ne permettent pas non plus la superposition.

Au contraire, le langage graphique est un système spatial qui possède en propre certaines particularités : un message aisément structure grâce aux capacités particulières de notre perception visuelle.

III.1.1. Géoréférencement

Notion de géoréférencement

Le géoréférencement est un processus permettant d'établir une relation entre les entités affichées dans votre système d'information géographique et leur position dans le monde réel.

La terre est sphérique, et les cartes étant plates, la conversion de positions géographiques sur une surface de la terre en une surface plate nécessitant une formule mathématique appelée **projection cartographique**

Pour bien exploiter les données sur notre **SIG** on utilise un système de coordonnées projetées (**UTM**) ou géographiques (**WGS 84**).

Le géoréférencement transforme des données spatiales en données géographiques. Le géoréférencement peut correspondre à trois types d'opérations différentes :

La transformation des données spatiales en données géographiques par la déclaration d'un système de coordonnées,

La transformation d'un système de coordonnées géographiques a un autre.

La transformation des données spatiales en coordonnées géographiques par transformation algébrique.

III.1.2. Manière de géoréférencement

Les coordonnées X, Y décrivent des points sur la surface du globe tels que les emplacements de bouches d'incendie dans une ville, ou les points où sont recueillis des échantillons d'eau. On peut rassembler facilement les données de coordonnées x,y à l'aide d'un GPS (et souvent également, une valeur d'altitude [z]).

Pour ajouter une table de coordonnées x,y à la carte, au globe ou à la scène, la table doit contenir deux champs : l'un regroupant les coordonnées x et l'autre, les coordonnées y. Les valeurs contenues dans les champs peuvent représenter tout système de coordonnées et les unités telles que la latitude et la longitude ou les mètres. Le champ regroupant les coordonnées z qui active géométrie 3D est facultatif.

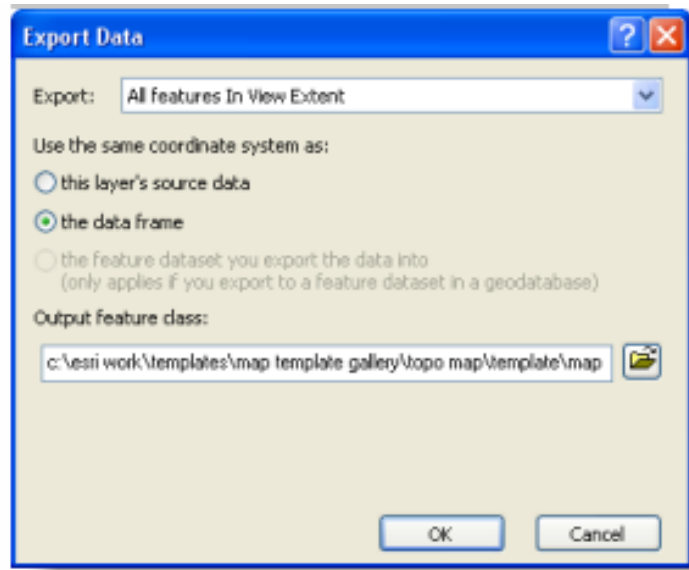
Les champs doivent être numériques. Si les champs ne sont pas numériques, par exemple, lorsque la valeur de coordonnées est stockée en degrés, minutes et secondes (ex -120 13 58), les coordonnées sont converties et affichées en degrés décimaux.

Une fois les données ajoutées à la carte, au globe ou à la scène, elles deviennent une couche d'événements x,y et se comportent comme toute autre couche d'entités ponctuelles. Ainsi, vous pouvez décider de l'afficher, construire sa symbologie, en définir l'échelle visible ou afficher un sous-ensemble d'entités en fonction de certains critères.

III.1.3. Enregistrement d'une couche x,y comme classe d'entités

On peut les enregistrer à l'aide des étapes suivantes :

1 Cliquez avec le bouton droit sur le nom de la couche x,y et sélectionnez **Données > Exporter des données**. La boîte de dialogue **Exporter des données** s'ouvre.



2 Définissez le système de coordonnées en sortie et spécifiez l'emplacement et nom de la nouvelle classe d'entités.

3 Cliquez sur **OK** pour enregistrer la nouvelle classe d'entités.

La deuxième partie de la vectorisation des Toponymie : dans cette partie il fallait d'abord préparer un fichier Excel dans lequel sont mentionnées les positions géographiques des trois régions étudiées des Toponymies de la région d'étude.

Nom de la région	X	Y
AZAZGA	621549.38	4067703.38
AIH EL HAMMAM	616987.50	4047731.28
TIGZIRT	600836.60	4083323.03

Figure 66 : Fichier Excel des toponymies des régions étudiées.

Après la préparation des fichiers Excel, il est intégré dans ArcMap, suivant les méthodes propres et finales, les points de localisation géographiques de chaque élément principal affichés en ArcMap.

Ce dernier doit être exporté sur ArcGIS sous format shapefile, ce qui sera interprété par le logiciel SIG comme des unités vectorielles (points) représentant les Toponymies de la carte au format vecteur réalisée sur une base raster publiée. Dans le but de convertir le fichier Excel en fichier shapefile, il faut suivre les étapes ci-dessous :

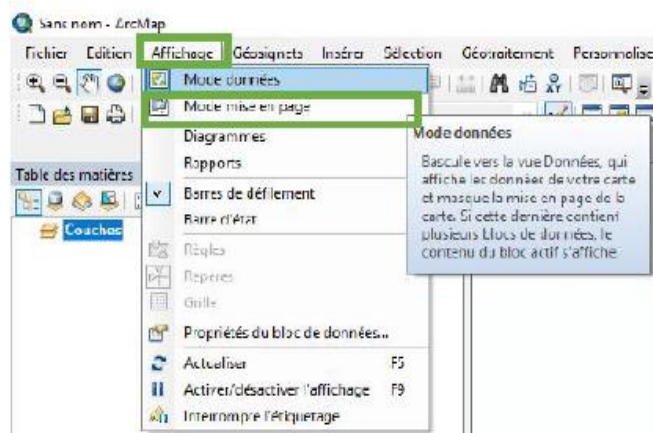
Fichier → Ajouter des données → Ajouter des données XY → Choisir la table
 → modifier la référence spatial en choisissant « système de coordonnées projeté. → Ok.

III.1.4. Mise en page

ArcGis nous permet de créer efficacement des mises en page qui peuvent être présentées à d'autres utilisateurs via une image imprimée ou un document PDF.

La mise en page d'une carte est une combinaison de plusieurs éléments nécessaires dans une carte, à savoir :

- ❖ Un Titre
- ❖ Une légende
- ❖ Une flèche d'orientation Nord
- ❖ Une échelle graphique et/ ou numérique
- ❖ Des cartes de localisation ou des grilles de coordonnées géographiques et / ou cartographiques.
- ❖ Une source : auteur (s), années...

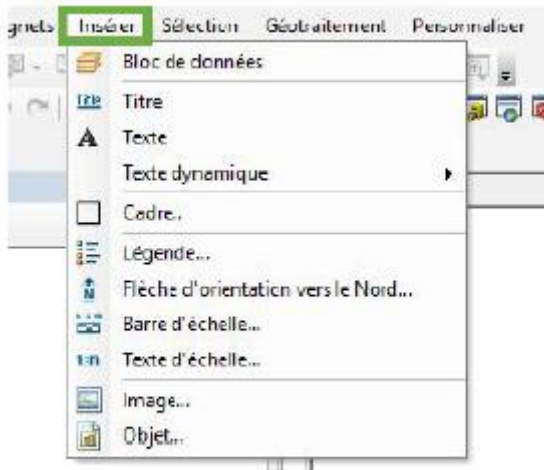


Pour peaufiner le projet, on sélectionne la mise en page dans le menu :

Affichage → Mode mise en page → ou en cliquant sur le symbole de mise en page.

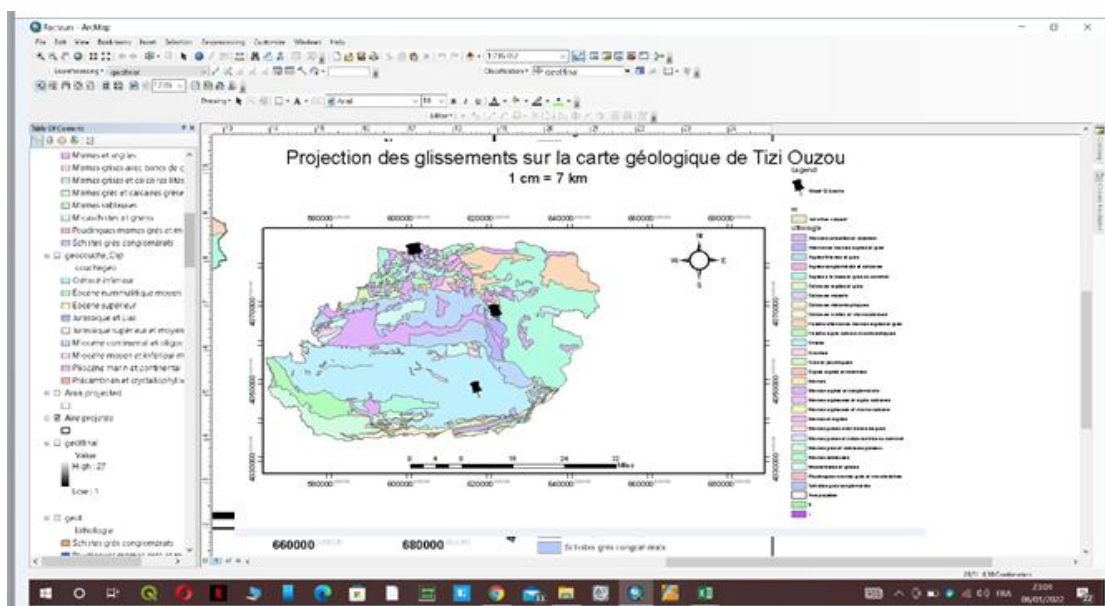
Pour ajouter des éléments indispensables à notre carte, il faut aller dans le menu, puis :

Insérer → et ensuite sélectionné l'item désiré.



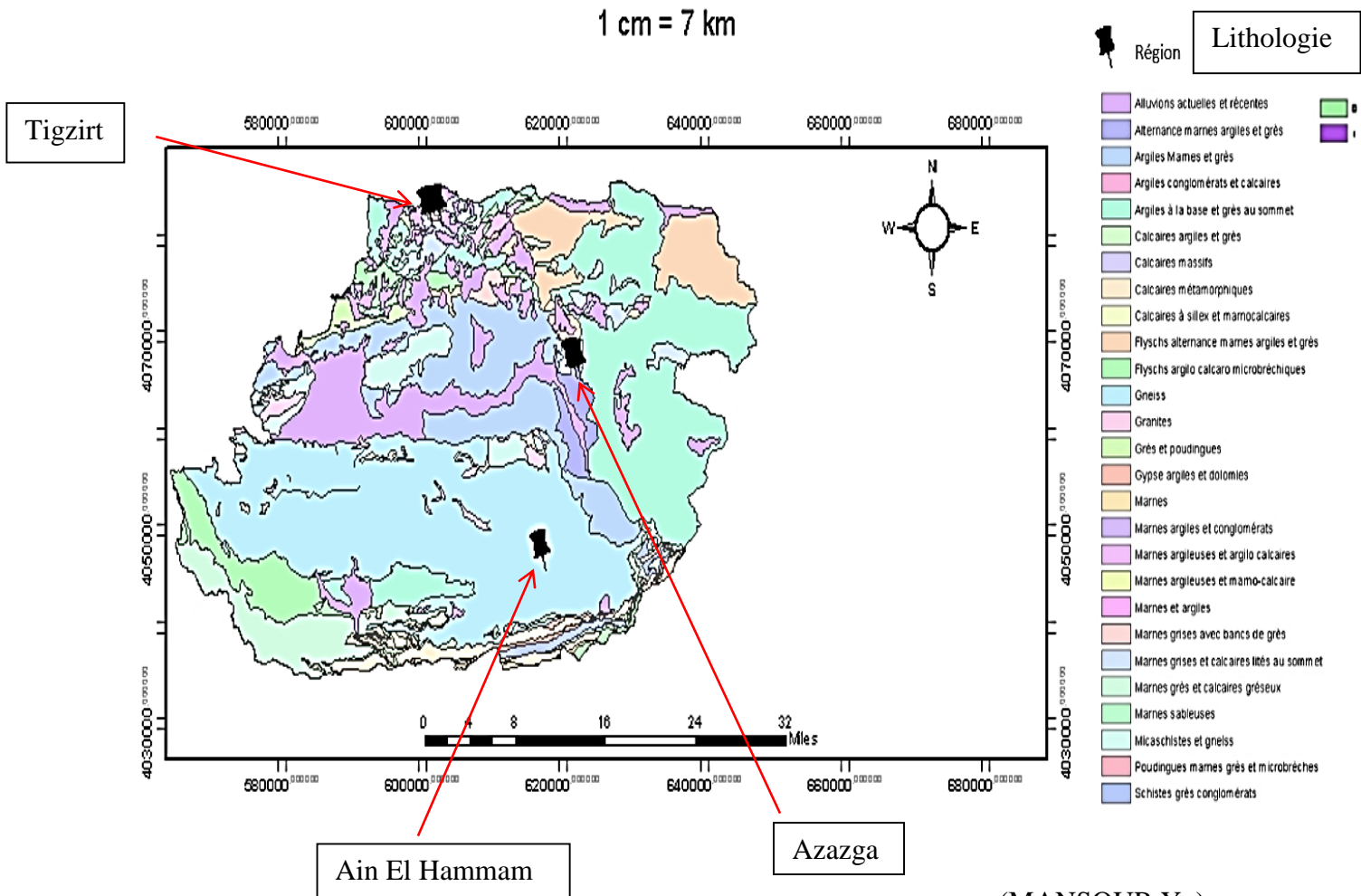
Lorsque la mise en page est terminée, on a le choix entre imprimer (menu fichier → imprimer) ou bien d'exporter cette mise en page afin de pouvoir l'insérer dans un document.

Pour exporter : menu fichier → Exporter la carte.



Projection des glissements sur la carte géologique de Tizi Ouzou

1 cm = 7 km



(MANSOUR.Y)

Figure 67 : projection des glissements sur la carte géologique de Tizi Ouzou

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and small circular motifs at the top corners.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les glissements de terrains constituent un des phénomènes naturels les plus insaisissables ; qui touchent les pentes instables. Une multitude de facteurs interagissent dans ce type de mouvement de terrain. En se basant sur les études géologiques et géomorphologiques des régions et l'analyse de l'historique des différentes conditions climatiques et anthropiques qui ont précédé et accompagnent les différentes phases d'activité du mouvement, les facteurs probables de ces glissements ont été définis. Ces facteurs déjà caractérisés par de nombreux auteurs (Slosson et al. 1992 ; Azimi et Desvarreux 1996) peuvent être regroupés en deux grandes catégories selon Campy et Macaire (1989): les facteurs passifs regroupent les facteurs liés à la géologie, la géomorphologie et l'hydrologie du site. Les facteurs géologiques s'agissent d'un ensemble de facteurs liés à la structure et à la nature lithologique des différentes formations géologiques affectées par le glissement de terrain : leur épaisseur, leur granulométrie, leur minéralogie.

Dans le cas du glissement de Ain El Hammam Le mouvement de terrain affecte une formation schisteuse très altérée. La roche friable se débite en plaquettes selon les plans de la schistosité principale. En outre, l'inclinaison de ces plans de schistosité se trouve dans le sens de la pente, ce qui favorise le glissement des feuillets les uns sur les autres. Ce glissement est accentué par la présence d'eau qui joue le rôle de lubrifiant. Avec la présence de plusieurs écoulements de type torrentiel et semi-permanent ; La présence d'une nappe phréatique et l'eau usées qui dégagent des produits chimiques comme l'ammoniaque qui joue le rôle savon contribuent considérablement à l'érosion du versant et à l'activité du mouvement et la suppression de buté par l'homme.

Contrairement à la ville de Tigzirt et Azazga, les glissements de terrains sont déclenchés à cause des sources d'eau souterraine qui sont bloquées entre les grés numidiens et argiles du sous numidiens et à forte pluviométrie l'eau en pénétrant dans le sol exerce une poussée verticale qui peut déstabiliser le terrain en présence de pente.

L'extension urbaine qui s'est réalisée sur les terrains les plus vulnérables de la ville ; Ces terrains sont généralement instables et offrent des prédispositions au déclenchement du glissement de terrain.

Après avoir étudié le contexte géologique des glissements des trois régions de la Kabylie (Ain El Hammam, Tigzirt, Azazga) et les projeter sur une carte géologique de la wilaya de Tizi Ouzou on a constaté que le mécanisme de glissement dans la ville de Ain El Hammam se produit probablement sur les Gneiss qui est une couche géologique, du socle métamorphique.

CONCLUSION GENERALE

Dans la ville de Tizirt la couche géologique qui glisse c'est les alluvions (bloc de grès du numidien mélangé à une matrice argileuse), d'âge Crétacé.

Dans la ville d'Azazga la couche géologique est caractérisée par l'alternance de Marnes Argile et Grès du Numidien.

On constate qu'entre les trois régions étudiées que le mécanisme de glissement des flysch est le même dans la ville d'Azazga et Tizirt. Contrairement à la ville de Ain Al Hammam ou on constate que c'est le socle qui glisse.

RECOMMENDATION



RECOMMANDATION

Après ce travail je tiens à recommander de :

Eviter de construire sur des terrains argileux.

Bien faire les fondations comme le cas de Tizirt et Azazga faut approfondir les fondations et construire sur les grès du numidien. Même si c'est un R+1 pour qu'il ne soit pas touché par les glissements rotationnel (petite à moyenne superficie)

Diminuer les constructions sur les zones susceptibles de bouger.

Placer des GPS dans ces terrains ces glissements pour surveiller leurs déplacements et essayer de les contrôler.

Construire une berme ou un mur de protection au niveau des bas des pentes.

Liste des figures

Figure 1 : La carte Géographique de la Kabylie.	10
Figure 2: Principaux domaines structuraux de la Méditerranée occidentale [modifié d'après Frizon de Lamotte et al. 2000 et Billi et al, 2011]	12
Figure 3 : log synthétique des différents ensembles tectono-métamorphique du socle Kabyle (GANI, 1988).....	13
Figure 4 : Figure coupe synthétique et schématique illustrant la pile tectonique du cristallin de G. Kabylie (Saadallah, 1992).....	15
Figure 5: le cristallin de la grande Kabylie ; (Saadallah, 2016)	16
Figure 6 : Schéma structurale de la chaine calcaire (Djurdjura) ;(Saadallah 2016).....	18
Figure 7 : l'orogène Alpin périméditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969).....	20
Figure 8 : Figure : position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaine des Magrébides.....	21
Figure 9 : Figure : Position paléogéographique des flyschs maghrébins (Bouillin, 1986 in Amellal Dalia et al 2015)	23
Figure 10 : Figure : coupe générale synthétique des Magrébides de l'Est algérien.	23
Figure 11 :Figure : situation géographique de Tizi Ouzou	24
Figure 12 :.Extrait de la carte géologique de l'Algérie 1/ 500 000 éditions 1951/ 1952 M. G. Bétier.....	25
Figure 13 : Schéma structural simplifié de la zone centrale des Magrébides illustrant la position de la dorsale calcaire (en noire) limitant les zones internes et externes de la chaîne. SAADALLAH et al., (1996).....	25
Figure 14 : Carte des linéaments affectant la Grande Kabylie (Gélard, 1979, in AMELLAL Dalia 2014).....	31
Figure 15 :Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord moyenne annuelle, 1993, INCT.	33
Figure 16 : les deux photos montrant les chutes de blocs	44
Figure 17 : La coulée de boue de la région ILLILTEN (DIAB DJEFFAL. I 2011)	45
Figure 18 : coulée de Boue sur la RN15 vers Bouira.....	45
Figure 19 :photo prise à partir de Google Earth des régions touchées avant l'incendie.	47
Figure 20 :photo prise à partir de Google Earth des régions touchées après l'incendie	47

Figure 21 :Retrait et gonflement (LASHEB.M).....	49
Figure 22 : Phénomène de fluage (LASHEB.M 2013 in HADDADI hayet 2014).....	49
Figure 23 : fluage sur la route au niveau du village Ait Atelli(Larbaa nath irathen)	50
Figure 24 : Phénomène de solifluxion.....	51
Figure 25 : Les affaissements du sol (PRIM.NET)	52
Figure 26 : affaissement de la route vers larbaa nath irathen.....	52
Figure 27 : les effondrements du sol (PRIM.NET)	53
Figure 28 : déplacement d'une partie d'une maison suite à un effondrement du sol au village Iknache.	53
Figure 29 : déplacement d'une maison entière suite à un effondrement du sol au village Iknache.	54
Figure 30 : Phénomène de fauchage (JAHANGIR E.2010).	55
Figure 31 : Phénomène de tassement latéral (Institut d'études géologiques des Etats-Unis) ..	56
Figure 32 : Glissement de terrain à l'ouest de Bouira. (journal AL WATAN).....	56
Figure 33 : Des impacts liés aux glissements de terrain (DORINE E 2007)	57
Figure 34 : glissement rotationnel. (PRIM.NET).....	58
Figure 35 : glissement translationnel. (PRIM.NET)	59
Figure 36 : Glissement rotationnel complexe (M'ZOUGHEM K. ET CHENAFI W, 2006). 60	
Figure 37: glissement de terrain sur la route nationale N°9.....	63
Figure 38 : deux photos qui montre le glissement de terrain de Mila. (journal al Watan).....	67
Figure 39 situation de la wilaya de Tizi Ouzou dans la région Nord du pays	69
Figure 40 : carte lithologique de la wilaya de Tizi-Ouzou. (PAW T-O. 2012).....	73
Figure 41 : la situation géographique de la région de Tizirt sur une carte de Tizi-Ouzou.....	76
Figure 42 : photo montrant les grès Numidien au niveau de Tizirt Sur Mer.	80
Figure 43 : coupe lithologique de la ville de Tizirt	80
Figure 44 : les deux photos 1 et 2 montrent l'effondrement de deux maisons suite à un glissement suite à un glissement de terrains au village Ikneche (Tizirt).....	83
Figure 45 : photo montrant un escarpement de la route indiquant la direction du glissement. 83	
Figure 46 : photo montrant un soulèvement de la route dans le centre de la ville de Tizirt. . 84	
Figure 47 : photo montrant des fissurations au niveau d'un mur d'une maison au centre de Tizirt.....	84
Figure 48 : photo des fissurations d'un mur d'une grande bâtisse et un renforcement des poteaux suite à un glissement de terrain.	85

Figure 49 : photo montrant la déstabilisation de la façade et la porte de la maison dans la zone ouest de Tizirt.....	85
Figure 50 : photo montrant des arbres inclinés à la zone centre de Tizirt.....	86
Figure 51 : photo 1 et 2 montrant une fracturation des murs de l'hôtel de Mizrana (Tizirt)	86
Figure 52 : Situation de la région d'Ain el hammam sur une carte de Tizi Ouzou.....	88
Figure 53 : photo du socle paléozoïque.....	91
Figure 54: coupe Lithologique de Ain Al Hammam.....	92
Figure 55 : photo du glissement de Ain El Hammam en forme de portion de fromage	93
Figure 56 : photo montrant le Glissement du village Ath Sidi Said.	94
Figure 57 : photo montrant un escarpement de la route du village Ath Sidi Said.	94
Figure 58 : Situation de la région d'Azazga sur une carte de Tizi-Ouzou	96
Figure 59: photographie des Argiles Rouges sous numidiennes. RN12 à proximité de l'hôpital.	98
Figure 60 : photo montrant Altération Eboulis- Marnes-Argiles rouges (route évitement Azazga) Source : DUC Tizi Ouzou.....	99
Figure 61 : les flyschs créacé trouvé a Azazga.	99
Figure 62: coupe lithologique de la ville d'Azazga	100
Figure 63 : photo montrant la déstabilisation du siège de l'ADE de la ville d'Azazga (Ighil Bouzel).....	102
Figure 64 : photo montrant le soulèvement d'une partie du siège de l'ADE d'Azazga (Ighil Bouzel).....	102
Figure 65 : photo montrant la fissuration d'un mur d'une maison à Azazga.....	103
Figure 66 : Fichier Excel des toponymies des régions étudiées.....	106
Figure 67 : projection des glissements sur la carte géologique de Tizi Ouzou	109

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé des principales périodes tectoniques mises en évidence dans les zones internes avec les champs respectifs des paléo-contraintes, (Aite, 1994).	32
Tableau 2 : pourcentage de pentes par rapport aux ensembles physiques de la wilaya de Tizi-Ouzou (source documents de la DUCH).....	71
Tableau 4 : Historiques des glissements de la commune de Tigzirt	78
Tableau 6 : l'historique des glissements de Ain Al Hammam. (DUC Tizi Ouzou).....	90
Tableau 7 : l'historique des glissements de Azazga.....	97

Références bibliographiques

SAADALLAH .A 1992 : Cristallin de grande Kabylie (Algérie) sa place dans la chaîne des Maghrébides. Une pile cristalline résultat d'une tectonique polyphasée. Alpine transcurante et de la distension méditerranéenne – Thèse de doctorat USTHB – Alger

RAYMOND .D 1976 : Évolution sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la Grande Kabylie – Algérie – Au cours du cycle alpin –Thèse es Sci-univ. P.M.Curie.Paris VI-152p.

MEDAOURI M. 2014 : Origine de la segmentation de la marge Algérienne et implications sur l'évolution géodynamique et les ressources pétrolières. Thèse de doctorat. Univ. Bretagne occidentale Brest.

MAGNE .J et RAYMOND .D 1974 : Le Néogène post-nappes de la région de Dellys - Tizi Ouzou (Algérie) ; un enregistreur de l'évolution dynamique du NW de la Grande Kabylie après le Burdigalien. –Bull. Soc. géol. Fr.

GELARD J.-P, Géry B. & SUZZONI J.-M 1989 : Phénomènes de paléodistention d'âge Jurassique dans la Dorsale Kabyle du Djurdjura (Algérie) : Relation avec le rifting téthysien. Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série II, 309 : 1239-1245.

FICHEUR .E 1890 : Les terrains éocènes de la Kabylie du Djurdjura, Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Paris, 469p.

AITE .M.-O, GELARD .J.-P, SUZZONI .J.-M et B. 1991 : Déformation post-nappes et paléocontraintes enregistrées dans le bassin miocène de Tizi-Ouzou (Grande Kabylie). –Bull Office Nat. Géol., Alger

AMELLAL.D, BELGAID.O 2015 : Etude tectono-sédimentaire du Bassin tertiaire de Tizi-Ouzou (Nord-Ouest – Ath Aissa Mimoun) - UMMTO,mémoire de fin d'étude.

AMEUR.Naima 2014 : Analyse et évaluation du potentiel de risque du glissement de Terrain d'Azazga,UMMTO , mémoire de magister,Génie civile,P209,

GUIROUS.L, MELBOUCI.B juin 2020 : caractérisation du glissement affectant le versant cotier de tizirt, Laboratoire Géomatériaux Environnement et Aménagement - Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, Article, *lguirous@yahoo.com*

Clément D – Julien L Hélène HM 2017 : les glissements de Terrain modélisation et prévision, école normale supérieure paris-saclay, article, P18.

DJERBAL L 2010 : Dynamique d'évolution du glissement de terrain d'Ain El Hammam, mémoire de master ,géotechnique et environnement,P183 ,Fig23,tab11

DJERBAL L., GUIROUS L., et MELBOUCI B., (2013). Effet de l'eau sur l'activité et la propagation du glissement de terrain de Tizirt (Algérie). International Congress on Materials and Structural Stability, Rabat, Morocco, 27 – 30 November 2013.

GUIROUS L., DUBOIS L., et MELBOUCI B. (2014). Contribution à l'étude du mouvement de terrain de la ville de Tizirt (Algérie). Bulletin of Engineering Geology and Environment, Volume 73, Issue 4 (2014), page 971-986.

GEOMICA 2009 – Étude géotechnique de la zone de tassement d'Ain El Hammam (phase II) – Rapport interne

Direction de l'urbanisme et de la construction 2011: Ain El Hammam – Algérie – Glissements de terrain – Rapport mission B Cartes d'aléa et de constructibilité - N°60371/B

Direction de l'urbanisme et de la construction 2011: Commune de Tizirt Etude des glissements de terrain de Tizirt. Groupement ANTEA Direction Internationale 11 rue de la Vanne 92120 (France) Marché : N° 09.711.64 N° 57697/A

L.C.T.P (Laboratoire Central des Travaux Publics) AVRIL / 07 : Etude géotechnique d'urbanisation de la ville d'Azazga Dpt études S.K/ B.B/ R.M 1 / 19

Freddy Rey, Clément Chenost, Sylvie Simon-Teissier.2006 : foret et érosion dans les bassins versants torrentiels Revue forestière française.

Jérom lopez Saez, Laurent Astrade, et al, 2019 : le couvert forestier, marqueur spatio temporel de l'activité d'un glissement de terrain. Cahier de géographie 11, p20.

Résumé

Les glissements de terrain dans les formations meubles sont répandus en Algérie et particulièrement en Kabylie. En effet, la morphologie du Nord algérien, caractérisée essentiellement par des montagnes de pentes raides, donne souvent lieu à des mouvements de terrains d'intensité variable. Les cas de désordre liés à cet aléa sont de plus en plus nombreux et leurs conséquences de plus en plus lourdes. Les facteurs à l'origine de ces glissements sont principalement liés à la structure géologique, aux conditions hydro-climatologiques et à la topographie de la région. . La présente communication a pour objectif d'initier une base de données locale au niveau de la Kabylie (Tizi-Ouzou) en regroupant les différentes caractéristiques des glissements de terrains les plus connus (Tigzirt, Ain El hammam, Azazga) afin de déterminer les couches géologiques responsables de ces glissements en projetant les coordonnées X,Y de ces glissement sur une carte géologique de Tizi Ouzou.

Abstract

Landslides in loose formations are widespread in Algeria and particularly in Kabylia. Indeed, the morphology of the Algerian North, characterized essentially by mountains of steep slopes, often gives rise to land movements of varying intensity. The cases of disorder related to this hazard are increasingly numerous and their consequences are increasingly heavy. The factors at the origin of these landslides are mainly related to the geological structure, the hydro-climatological conditions and the topography of the region. The present communication aims to initiate a local database at the level of Kabylia (Tizi-Ouzou) by gathering the various characteristics of the most known landslides (Tigzirt, Ain El hammam, Azazga) in order to determine the geological layers responsible for these landslides by projecting the X,Y coordinates of these landslides on a geological map of Tizi Ouzou.