

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL**



Laboratoire Géo matériaux Environnement et Aménagement

(LGEA)



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de master II recherche

SPECIALITE: GENIE CIVIL

OPTION : GEOTECHNIQUE ET ENVIRONNEMENT

Thème :

**Phénomène de glissement de terrain en
Algérie : types de mouvements
relativement à la lithologie et la structure
des formations géologiques.**

Présenté par :

Melle CHERGUI Lila

Devant le jury composé de:

Mlle. BELHASSANI Ouarda

Maitre assistante à l'UMMTOPrésidente

Mlle. LOUADJ Samia

Maitre de conférence à l'UMMTOPromotrice

Mme. BAIDI Fawzia

Maitre assistante à l'UMMTO..... Examinatrice

Soutenue le : .././....

Promotion 2015/2016

Remerciements

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

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et sincères remerciements à ma Promotrice ; M^{me} Louadj Samia, pour son encadrement, pour sa disponibilité et sa patience Durant la réalisation de ce travail, pour sa gentillesse et pour ses conseils judicieux, pour sa grande contribution à l'aboutissement de ce présent mémoire.

Je remercie les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude à Mr BOUGDAL Rachid, Dr en géologie à l'université de Bab zouar, pour son aide précieux et son soutien, ainsi que pour les informations et la documentation qu'il a mise à ma disposition, pour l'intérêt qu'il a accordé à mon travail.

Enfin, mes sincères remerciements et ma profonde gratitude sont exprimés pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

CHAPITRE II

Distribution De Glissement Relativement Aux Formations Géologiques (Processus Géologiques Qui Contribuent Aux Différentes Instabilités)

INTRODUCTION :

La majorité des régions de l'Algérie ont subi au cours de ces dernières années des mouvements de terrains d'amplitudes variables, notamment des glissements de terrains, ces derniers s'expliquant par la conjonction de la nature lithologique de terrain et la structure des formations géologiques (nature de sol ; présence de substratum marneux, pentes.....ect).

D'après mes statiques de recherche, la pluparts des glissements sont localisés au nord de l'Algérie ; on a tendance à citer dans ce chapitre les glissements suivants.

II.1- LA REGION DE LA KABYLIE :

La région de la Kabylie, qui est située dans les zones internes de la chaîne des Maghrébides (Figure II-1) 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 Aissa 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 grés quartzitiques du Numidien. Au centre, une vaste zone déprimée correspond au synclinal de Tizi-Ouzou où sont venus s'empiler les séries tendre de l'Eocène «post-nappe».

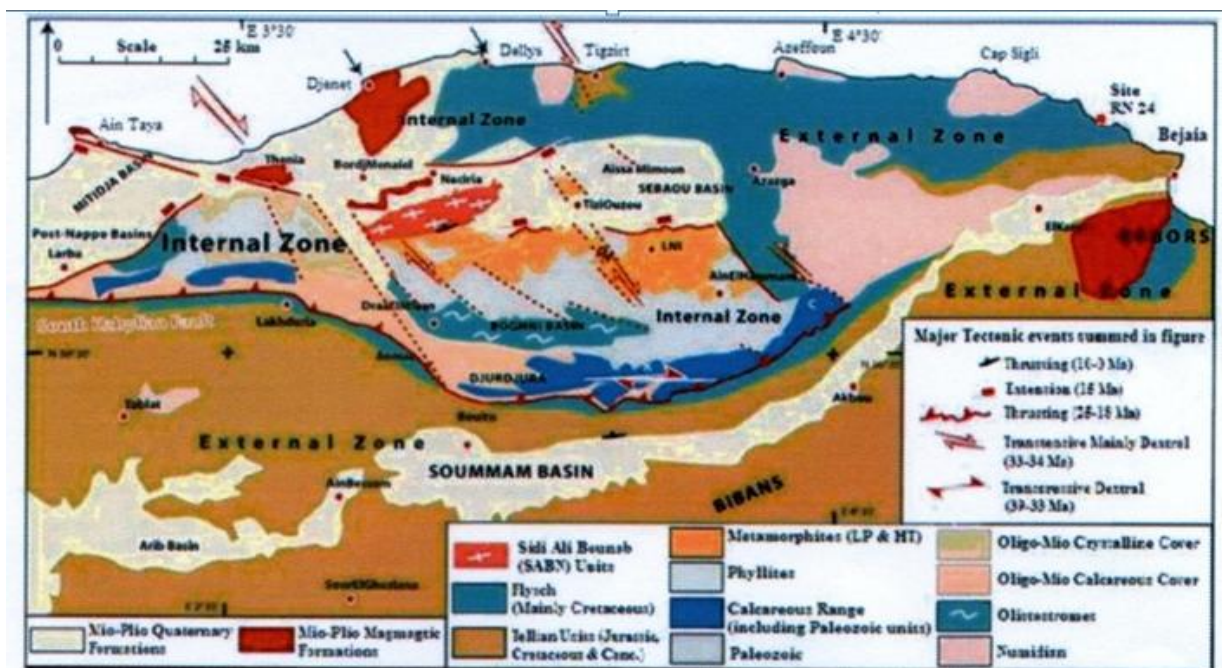


Fig II-1: carte géologique de la région de la kabylie (Saadallah 1999)

II.1.1 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN DE TIGZIRT :

a) Situation géographique :

Tigzirt est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, ville côtière de Kabylie en Algérie, située à 40 km au nord de Tizi Ouzou, à 120 km à l'est d'Alger et 116 km à l'ouest de Béjaïa. Elle est délimité au :

- Nord : par la mère méditerranée
- Sud : par la commune de **Boudjima**
- Est : par les communes d'**Iflissen** et **Timizart**
- Ouest : par la commune de **Mizrana**

Cette ville est affectée par plusieurs instabilités de terrain d'une importante étendue, qui affectent des pentes de faible inclinaison (10 à 13°). La première instabilité, datée de l'hiver 1970, affecte le centre ville de Tigzirt. L'arrachement principal de ce glissement est situé à une altitude d'environ 270 m et à environ 1390 m de la mer mobilisant ainsi une superficie d'environ 136 ha (Guirous et al. 2013). La deuxième instabilité est très active en particulier depuis 2009. Elle affecte principalement la zone portuaire et la RN 24. Par ailleurs, les signes du mouvement sont observés sur une superficie d'environ 90 ha.

b) Contexte géologique:

La région de Tizirt est localisée, selon la carte géologique de la région de l'Algérois (Saadallah, 1999) (**Fig. II-1**), dans des terrains plissés appartenant à deux unités, une à faciès tellien et l'autre à faciès numidien. Ces formations sont appelées Flysch SébaouIsser. Les compagnes de reconnaissance du site ont révélé la présence d'un substratum constitué de marnes du Crétacé feuilletées, d'un pendage d'environ 30 à 40° orienté dans le sens de la pente du versant surmontées, par des formations quaternaires superficielles composées de blocs de grès emballés dans une matrice argileuse.

Les levés géologiques réalisés en septembre 2010 ont apportés des informations essentielles pour la connaissance des contextes géologiques et hydrogéologiques et pour la compréhension des mécanismes entraînant l'instabilité des terrains proches de la côte.

L'ensemble des informations relevées sur le terrain a été reporté sur la : «Carte géologique de la grande Kabylie Ouest » **fig II-2**.

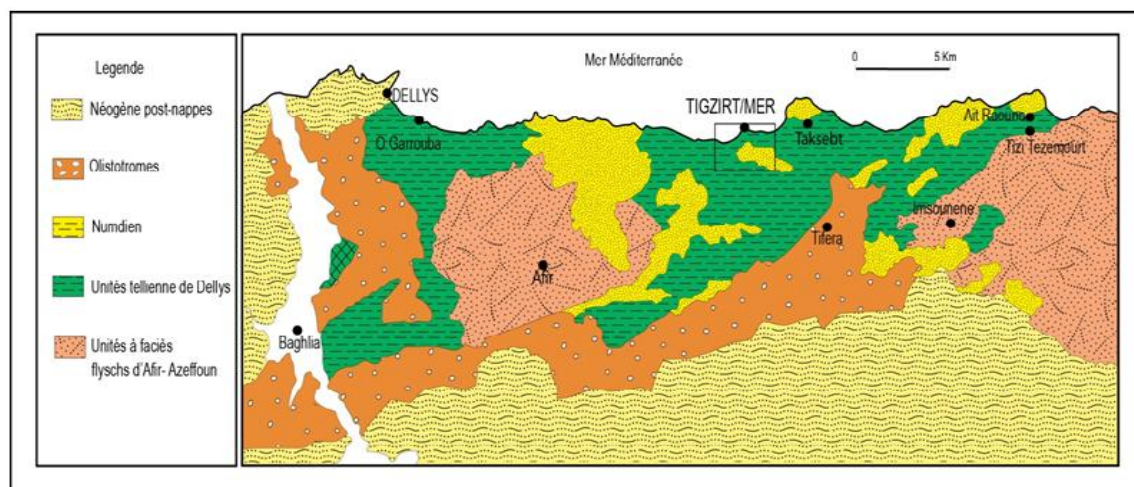


Fig II-2 : Carte géologique de la grande Kabylie Ouest (Gélar)

La connaissance des formations géologiques s'appuie aussi sur les 7 sondages carottés réalisés par LCTP de Tizi-Ouzou en 2009, dont l'implantation et les résultats synthétiques sont rappelés ci-après : **Fig. II-3**.

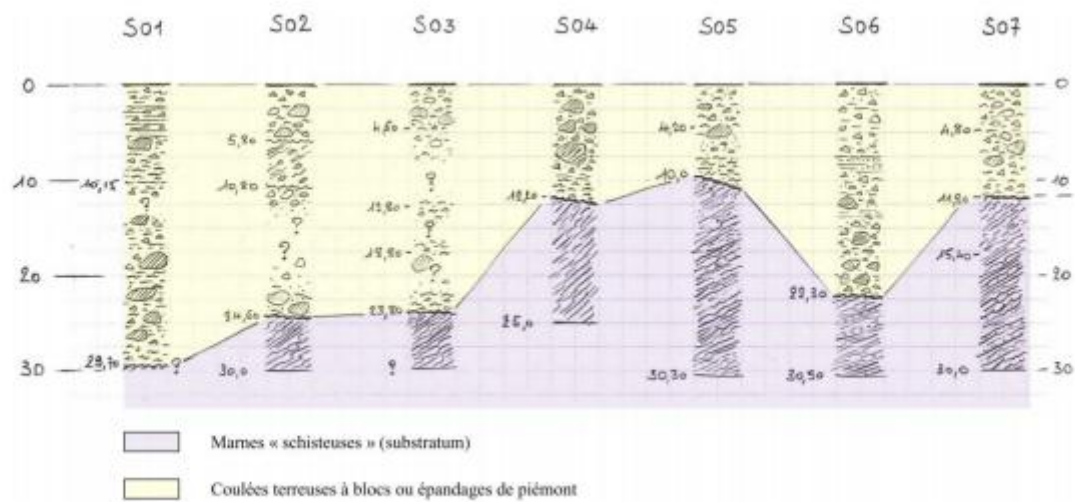


Fig II-3: coupes synthétiques des sept sondages (Rapport B .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).

Les coupes synthétiques des sept sondages permettent de dégager deux formations géologiques principales :

- un substratum « marno-schisteux ».
- une couverture quaternaire meuble.

II.1.2 - GLISSEMENT DE LA COMMUNE D'IFLISSEN :(IKNACHE ET IGUERN'TALA) :

a) Situation géographique :

Iflissen est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, située dans la daïra de Tizirt. La ville s'étend sur 66,9 km² et compte 14 311 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 214 habitants par km² sur la ville. Entourée par Timizart, Boudjima et Azeffoun, Iflissen est située à 8 km au nord-ouest de Timizart.

Le climat d'IFLISSEN est de type méditerranéen, la pluviométrie est assez élevée mais inégalement répartie dans l'année. Il oppose une saison hivernale relativement humide à une saison estivale beaucoup plus sèche.

Les deux villages nommés respectivement IKNACHE et IGUERN'TALA, situés à l'Ouest de la commune d'IFLISSEN. L'assiette du terrain affectée par le glissement est délimitée :

- Au Nord, par des habitations du village IGUERN'NTALA.

- Au Sud, par quelques habitations du village IKNACHE.
- A l'Est, par le village TAGUERSIFT.
- A l'Ouest, par quelques habitations.

b) **Contexte géologique** : Les visites effectuées par LCTP de Tizi-Ouzou et LCTP d'Alger sur site et l'exploitation des données d'archives disponibles (cartes géologiques, mémoires de fin d'études, rapports d'études géotechniques) ont permis d'identifier les faciès présents dans la région d'Iflissen: **fig II.04**

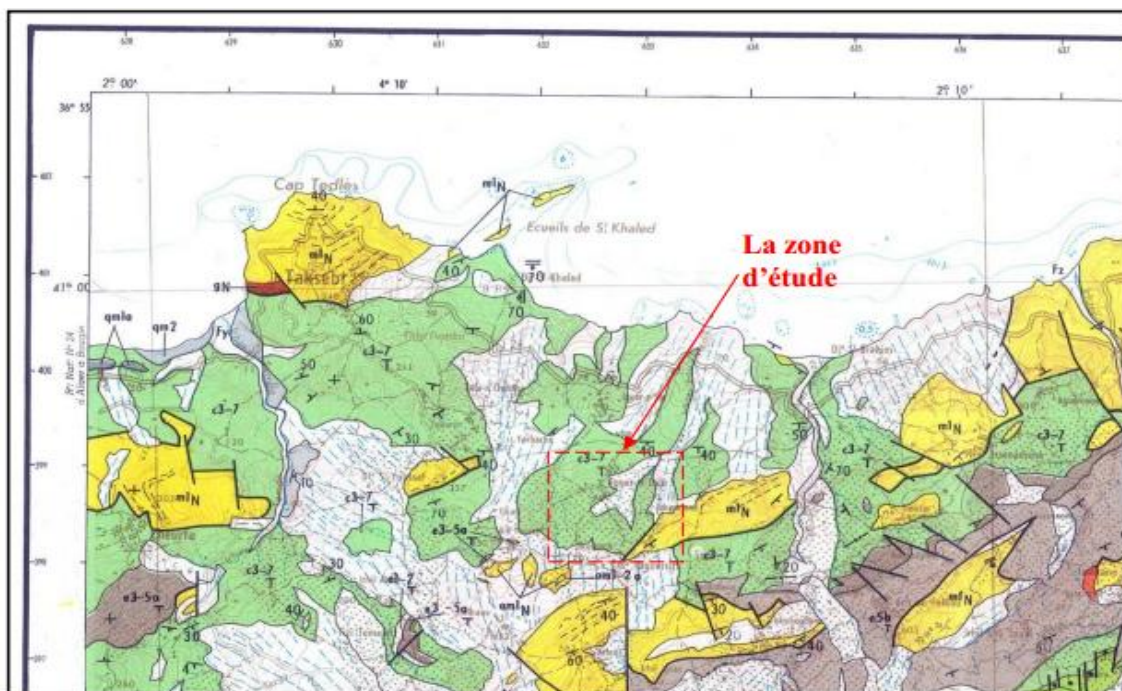


Fig II.04: Extrait de la carte géologique AZEFFOUN-AZAZGA N° 9-24 (e = 1/50 000 ème) (Gérald)

1- Les olistostromes: argiles à blocs

Les termes olistostromes et olistolites sont des noms grecs, proposé pour la première fois par Florès en 1955. Olistano : je glisse et soma : accumulation. En grande kabylie, les olistostromes sont liés à la mise en place des nappes sur le domaine interne. La mise en place des unités charriées s'est faite en plusieurs étapes. D'après D.Raymond 1976, les olistostromes apparaissent en deux positions fondamentales :

L'olistostrome en position I : D'âge Aquitanien-Burdigalien, il est de nature variable, les olistolites revenant du socle ou du l'OMK qui ont pu fournir des silixite, des conglomérats à galets de socle dissociés et des klipes sédimentaire de flysch interprétés par D.Raymond(1976) comme des signes précurseur de nappes.

L'olistostrome en position II : D'âge Burdigalien, plus récent que l'olistostrome en position I. Il est superposé à l'unité de dellys et contient des olistolites de toutes les unités visibles de la région, le numidien compris.

2- L'unité tellienne de Dellys: constitué d'une série calcaro-marneuse d'âge Crétacé supérieur et des calcaire marneux blanc à rognons de silex d'âge Eocène (Ypresien - Lutetien inférieur)

Les puissantes séries d'âge crétacé supérieur ont des faciès variable mais montre une sédimentation rythmique calcaro-marneuse. L'éocène est très caractéristique : calcaire marneux à patine blanche et cassure grise contenant des rognons de silex noirs surmonté de marnes noires.

3- L'unité Numidienne : comprend une trilogie classique :

- **Les argiles sous numidienne** : ces argiles débutent par des argiles ferrugineuse légèrement calcaireuse , surmontés d'argiles noirâtre à rare bancs de quartzite ensuite on a des argiles et quartzite alternant en bancs métriques annonçant le passage vers le grès numidiens.
- **Les grès numidien** : appelés aussi série grés-argileuse d'une puissance de 300-400m, les grès numidiens montrent des faciès très homogènes dans l'ensemble.
- La série débute par un niveau de grés quartziteux et se poursuit par des grès, en bancs métriques séparés fréquemment mais non systématiquement par de minces lits pélitiques ; on observe de très rares passées micacées et plus souvent des lits de dragées centimétriques de quartz roulé.

Les formations supra numidienne, marneuses et marno-calcaire très fossilifères

En ce qui concerne la géologie du site, les affleurements naturels confirment la nature décrite au par avant. Voir **Fig II.05**.



Fig II.05: Affleurement géologique montrant la couche de marne à biomicrite. (Etude géotechnique d'un glissement de terrain à IKNACHE-IGUERN'TALA.2015)

Du point de vue géologique, Iflissen fait partie du domaine interne de la chaîne des magherebides. Il s'agit de formations suivantes :

- Les flyschs du crétacé
- Le faciès Kabyle
- Le faciès Numidien
- Les argiles et grès sous numidiens
- Les grès du Numidie
- Les éboulis Numidiens

Afin de reconnaître la nature géologique des formations qui constituent le S/Sol du terrain d'assise Huit (08) sondages carottés de 15.00 mètres de profondeur et Quarante (40) essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés par LCTP de Tizi-Ouzou.

Les sondages carottés réalisés par LCTP de Tizi-Ouzou ont permis de dégager la succession lithologique suivante :

❖ **Le sondage 01 :**

00.00 – 02.60m : Remblai hétérogène constitué d'argile brune, très graveleuse avec présence de blocs de différente nature.

02.60 – 12.00m : Dépôts de pente constitués d'argile brune peu graveleuse, contenant des débris de grès, fins gris.

12.00 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 02 :**

00.00 – 12.00m : Dépôts de pente constitués d'une intercalation d'argile beige à brune, très graveleuse contenant des traces d'oxydation, et des grès fins gris.

12.00 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 03 :**

00.00 – 00.80m : Remblai hétérogène constitué d'argile brune, très graveleuse avec présence de blocs de différentes natures.

00.80 – 10.00m : Dépôts de pente constitués d'argile rouge graveleuse, intercalée avec des passages de grès fins de couleur grisâtre très fracturés

10.00 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 04 :**

00.00 – 10.50m : Dépôts de pente constitués d'intercalation entre argile rouge bariolée de gris peu graveleuse, et grès fins beige à gris oxydés récupérés sous une forme broyée.

10.50 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 05 :**

00.00 – 10.50m : Dépôts de pente constitués d'argile brune graveleuse intercalée avec des grès fins gris très fracturés, oxydés par endroits

10.50 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 06 :**

00.00 – 01.00m : Remblai hétérogène constitué d'argile brune, très graveleuse avec présence de blocs de différente nature.

01.00 – 05.00m : Argile de couleur jaune à brune, peu graveleuse, riche en matière organique.

05.00 – 13.00m : Argile marneuse de couleur jaune à brune, très peu graveleuse, contenant de fines concrétions calcaires.

13.00 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 07 :**

00.00 – 14.60m : Dépôts de pente constitués d'intercalation entre grès fins beige fracturé et oxydé par endroits, et argile brune feuilletée, peu graveleuse par endroits.

14.60 – 15.00m: Marne grise indurée.

❖ **Le sondage 08 :**

00.00 – 10.00m : Dépôts de pente constitués d'intercalation entre grès fins beige fracturé et oxydé par endroits, et argile brune feuilletée, peu graveleuse par endroits.

10.00 – 15.00m: Marne grise indurée.

II.1.3 - GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MIZRANA (VILLAGE AZROUBAR) :

a) Situation géographique :

La commune de Mizrana se situe au Nord-Est de la wilaya de Tizi Ouzou. Elle est délimitée :

Au Nord par : Mer méditerranée

Au sud par : La commune de Makouda.

A l'Est par : La commune de Tizirt.

A l'Ouest par : La Wilaya de Boumerdès.

Le glissement en question est situé au lieu-dit Azroubar commune de Mizrana daïra de Tizirt environ 35 Km du chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

b) Contexte géologique :

D'après une étude géologique et géotechnique réalisée par le laboratoire LHCC de Tizi-Ouzou, lors du projet d'urbanisation de la zone "Ecole primaire AZROUBAR" (2013/2014), il a été constaté que le site étudié est constitué de formation numidienne constituée par des éboulis de grés dans matrice argileuse.

Afin de reconnaître la nature géologique des formations qui constituent le S/Sol du terrain d'assise cinq sondages carottés ont été réalisés.

Les sondages carottés réalisés par LCTP de Tizi-Ouzou ont permis de dégager la succession lithologique suivante:

❖ **Sondage 01 :**

0.00-2.80 m : Remblais.

2.80-5.50 m : Eboulis de grés jaunâtre dans une matrice argileuse.

5.50-9.00 m : Eboulis de grés bleuâtre dans une matrice argileuse à marneuse.

9.00-10.00 m : Marne grise compacte.

❖ **Sondage 02 :**

0.00-0.50 m : Terre végétale.

0.50-1.00 m : Eboulis de grés.

1.00-3.50 m : Argile schisteux prélevée sous la forme du sable.

3.50-4.50 m : Schiste argileux feuilletée compacte.

4.50-8.00 m : Schiste argileux compacte.

❖ **Sondage 03 :**

0.00-2.80 m : Revêtement en bitume.

2.80-3.60 m : Banc de grés.

3.60-6.80 m : Argile limoneuse renferment des éléments gréseux.

6.80-9.00 m : Argile schisteuse brunâtre à grisâtre plus au moins compacte.

9.00-10.00 m : Schiste feuilletée compacte.

❖ **Sondage 04 :**

0.00-3.20 m : Remblais.

3.20-4.20 m : Passage d'un bloc de grés jaunâtre.

4.20-9.00 m : Argile feuilletée schisteuse et gréseuse.

9.00-10.00 m : Argile schisteuse et marneuse.

❖ **Sondage 05 :**

0.00-3.20 m : Remblais.

3.20-4.20 m : Passage d'un bloc de grés jaunâtre.

4.20-9.00 m : Argile feuilletée schisteuse et gréseuse.

9.00-10.00 m : Argile schisteuse et marneuse.

II.1.4 - GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MAKOUA (VILLAGE IBAKOUKENE) :

a) Situation géographique :

Makouda est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, située dans le daïra de Makouda. Elle est située à 7 km au nord-ouest de Djebel Aïssa Mimoun et entourée par Mizrana, Djebel Aïssa Mimoun et Sidi Namane. Elle est limitée:

- Au Nord par la commune de Mizrana
- Au Sud par les communes d'Ouaguenoun et Freha
- A l'Est par la commune de Timizart
- A l'Ouest par la commune d'afir

L'assiette du terrain affectée par le glissement est située au village **IBAKOUKENE** à l'Est de la commune de Makouda.

b) Contexte géologique :

D'après une étude géologique et géotechnique réalisée par le laboratoire LHCC de Tizi-Ouzou, lors du projet d'urbanisation de la zone "Village IBAKOUKENE" (2013/2014),

il a été constaté que le site étudié est constitué de formation numidienne constituée par des éboulis de grés dans matrice argileuse.

Afin de reconnaître la nature géologique des formations qui constituent le S/Sol du terrain d'assise Sept sondages carottés ont été réalisés. Ces derniers, ont permis de dégager la **succession lithologique** suivante :

❖ **Sondage 01 :**

0.00-4.20 m : Remblais.

4.20-8.10 m : Argile schisteuse friable.

8.10-10.20 m : Schiste compacte.

❖ **Sondage 02 :**

0.00-3.50 m : Argile caillouteuse de différents diamètres.

3.50-5.00 m : Eboulis de grés.

5.00-6.00 m : Argile caillouteuse.

6.00-9.00 m : Schiste gypseuse grisâtre compacte.

❖ **Sondage 03 :**

0.00-4.00 m : Eboulis de grés.

4.00-6.00 m : Eboulis de grés dans une matrice argileuse.

6.00-8.00 m : Schiste argileux grisâtre.

❖ **Sondage 04 :**

0.00-4.00 m : Remblais.

4.00-5.00 m : Eboulis de grés.

5.00-7.70 m : Marne argileuse brunâtre.

7.70-9.80 m : Marne argileuse grisâtre.

9.80-10.00 m : Marne grise compacte.

❖ **Sondage 05 :**

0.00-4.00 m : Remblais.

4.00-7.80 m : Marne altérée à trace d'oxydation.

7.80-8.00 m : Socle marneux.

❖ **Sondage 06 :**

0.00-2.80 m : Eboulis de grés dans une matrice argileuse.

2.80-4.20 m : Passage d'un bloc de grès.

4.20-5.50 m : Argile graveleuse bariolé oxydée.

5.50-9.40 m : Marne feuilleté fiable par endroit.

9.40-9.50 m : Socle marneux grisâtre.

❖ **Sondage 07:**

0.00-9.00 m : Eboulis de grés dans une matrice argilo marneuse très oxydée.

9.00-10.00 m : Marne compacte.

L'examen des coupes des sondages carottés par LHCC fait ressortir un sol constitué essentiellement d'une assise marneuse grisâtre et schisteuse par endroit surmontée par une couche d'éboulis de grés et d'argile graveleuse par endroit. La partie centrale du site est recouverte par une importante couche de remblais allant jusqu'à une moyenne de 4.00 m de profondeur.

II.1.5 - LE GLISSEMENT DE TALLA TGANA (FREHA) :

a) Situation géographique :

Freha est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est délimitée au nord, par la commune d'Aghribs, à l'Est par la commune d'Azazga ; au sud, par les communes de Mekla et Tizi-Rached, à l'ouest, par les communes de Tizi-Ouzou et Ouaguenoun et au nord-ouest, par la commune de Timizart.

b) Contexte géologique :

Ce site a connu un glissement de terrain touchant une superficie de 3 ha, déplacée en coulée le long de l'oued. Les terrains mis en mouvement dans cette zone sont en majeure partie des couches superficielles constituées d'éboulis sur une marne du Miocène post-nappe qui affleure à la surface. (D'après LASHEB.2013)

II.1.6 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AZAZGA :

a) Situation géographique :

La daïra d'Azazga est située à environ 20 kms à l'Est de Tizi-Ouzou. Elle est située sur la route nationale N° 12, appelée aussi la route de la Kabylie, qui relie Thenia à Béjaia via Tizi Ouzou, Yakouren et Adekar. Elle est limitée au Nord par la commune d'Aghrib, au sud par la commune de Lfigha, à l'Est par la commune de Yakouren et à l'Ouest par les communes de Freha et Mekla.

Azazga a connu plusieurs glissements de terrains depuis (1953, 1973 et 1985), les instabilités ont affectées une superficie d'environ 439.56 ha. En outre, la longue période neigeuse de février 2012 a réactivé l'instabilité du centre-ville et plusieurs autres instabilités de la région d'Azazga. Depuis, des réactivations marquées du mouvement sont observées chaque hiver.

b) Contexte géologique :

La région d'Azazga est localisée à une altitude d'environ 450 m dans un replat. Azazga est localisée (Saadallah, 1999) dans les flysch du Sébaou-Azazga composés de terrains argileux et marneux. L'inclinaison des pentes des versants d'Azazga est comprise entre 10 et 15°.

Les résultats des sondages carottés réalisés par laboratoire Central des Travaux Publics (L.C.T.P) établi en 2006 montrent que le site est composé d'un multicouche avec une stratigraphie inclinée orientée dans le sens de la pente du versant et que les sites affectés par les glissements (la localité de Tizi-Nfliki) sont composés de :

- Les éboulis numidiens, constitués d'argile sableuse à galets puis blocs et galets gréseux, de couleur rouge bariolé de vert. La puissance de cette formation varie de 3m à 15m couvrant le versant suivant des pentes plus ou moins élevées d'un endroit à un autre.
- Les argiles et grés sous-numidiens. Ce sont des argiles rouges et vertes, à bancs de grès, d'une épaisseur moyenne de 2m.

La nappe est située à environ 2 à 3m de profondeur. Elle peut remonter jusqu'en surface, en période pluvieuse, comme cela a été constaté en février 2006.

Les essais réalisés par L.C.T.P, a permis d'établir plusieurs coupes passant par différents sondages. Ces dernières, ont montrées la **succession lithologique** suivante :

▪ Coupe 1 :

La première coupe a montré une couche de colluvions argileuses de 2 à 5,5 m d'épaisseur. Une couche de sable fin. Une couche d'argile rousse à rougeâtre, peu sableuse bien récupérée, d'épaisseur allant de 1,5 à 3 m. Une alternance d'argile sableuse de couleur jaunâtre et de sable fin avec quelques blocs gréseux. Des galets et graviers, sur une épaisseur de 3m. Enfin le substratum constitué d'argilite verdâtre, finement litées apparaît à partir de 6m ou à partir de 18m selon les sondages.

▪ Coupe 2 :

La deuxième coupe, a montré la présence d'un faciès lithologique suivant :
Une couche de remblai constitué de tout venant et de sable fin sur une épaisseur allant de 0,80 à 1,80m. Les éboulis constitués de blocs et galets à matrice argilo-sableuse de teinte rougeâtre à veines d'argiles grises sur une épaisseur allant de 7 à 9m. Le tout, repose sur un banc de grés fin, légèrement friable et faillé.

▪ **Coupe 3 :**

La troisième coupe, montre la présence d'un substratum d'argiles feuilletées, dont le toit est localisé à partir de 13,5m, surmontant une alternance d'une couche d'argile rouge à veines grise et galets, de 3m d'épaisseur et une couche de blocs et galets de nature gréseuse à matrice argileuse de 2,5 à 6m d'épaisseur. Le tout est recouvert d'une couche de remblai variant de 1 à 3,80m.

▪ **Coupe 4 :**

La quatrième coupe, a montré la présence d'une couche d'éboulis constitués de blocs de grès épais dans une matrice argileuse sablo-limoneuse de couleur verdâtre à rougeâtre, (produit d'altération des grés et des argiles) sur une épaisseur allant de 4 à 10m, reposant sur des argiles sableuses compactes.

▪ **Coupe 5 :**

La cinquième coupe, a montré la présence d'une couche de remblai sur une épaisseur allant de 1 à 1,5m. Une couche de sable argileux, peu graveleux de couleur brunâtre avec galets, de 4,5m d'épaisseur. Une argile sableuse de couleur grisâtre et compacte, rencontrée à partir de 1m de profondeur. Une épaisse couche de sable argileux de couleur grisâtre avec des galets centimétriques. Un substratum argileux schisteux, très compact et graveleux de couleur grisâtre.

II.1.7 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM :

a) Situation géographique :

La commune d'Ain El Hammam est située à 50 km au Sud Est de la ville de Tizi-Ouzou, elle est limitée au Nord par la commune d'Ait-Aggouacha, au Sud par la commune d'Akbil, à l'Est par la commune d'Ait-Yahia et à l'Ouest par la commune de Beni-Yenni.

Le versant du centre-ville de cette commune est affecté depuis décembre 1969 par un glissement actif et étendu (**voir figure II.06**). La réactivation de ce mouvement de terrain en 2009 a été marquée par une nette évolution en surface et en profondeur de la zone instable, La superficie moyenne de cette dernière est de l'ordre de 10 Ha.



Fig II.06 : Zone instable du marché d'Ain-EL Hammam. (BOUDLAL.2013)

b) Contexte géologique :

Ain El Hammam est localisée dans des terrains métamorphiques essentiellement schisteux et micacés (selon la carte géologique publiée dans Saadallah). Un rapport sur le projet d'étude de la stabilité de la région, établi en 2004 par le laboratoire CTE GEOMICA de Boumerdès, ce dernier a montré que le terrain est composé de schistes satinés altérés sur une importante épaisseur surmontés par un recouvrement superficiel composé de débris de schiste emballés dans une matrice argileuse. Le versant affecté par le mouvement de terrain à Ain El Hammam est d'une inclinaison de 40° à 60° vers le Sud.

Les rares affleurements existants montrent que les terrains en place sont constitués de schistes satinés grisâtres. Ces terrains schisteux surmontés généralement d'une épaisse couverture argilo-limoneuse. Ils renferment des bancs de quartzites et présentent un état très fracturé avec des pendages sub-verticaux, (**voir figure II.07 et II.08**).



Fig II. 07 : Nature du sol de la zone instable (schistes satinés altéré surmontés d'une couche argilo- limoneuse). (BOUDLAL.2013)

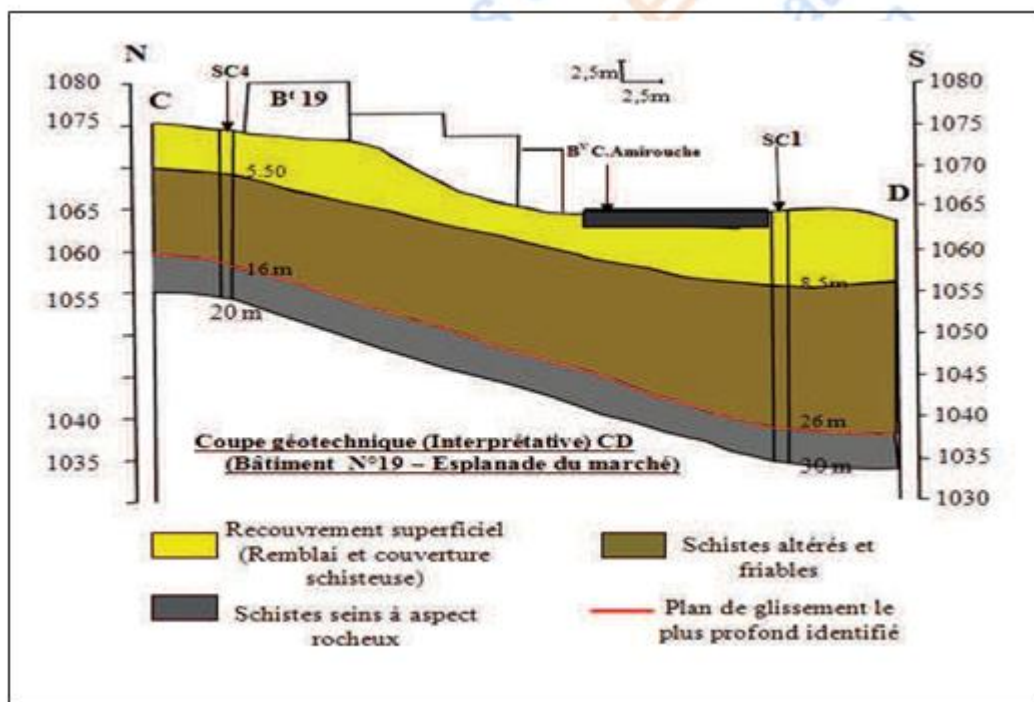


Fig. II.08 : Coupe longitudinale du glissement (GEOMICA, 2009).

La région d'Ain El Hammam est rattachée au massif de la Grande Kabylie qui constitue un ensemble homogène. Ce massif s'étale sur une longueur de 70 km et une largeur de 20 km ; il occupe une position centrale dans les Magrébides. Cette formation domine le bassin de Tizi-Ouzou au Nord et assure une transition avec la chaîne de montagnes de Djurdjura vers le Sud. Le massif est limité à l'Est par l'affleurement des flyschs du haut Sebaou et à l'Ouest par les flyschs supra-kabyles. Les hauteurs maximales qui culminent entre les côtes 1000 et 1300 m sont situées dans la région orientale de ce massif. Les zones internes de ce segment alpin (massif de la Grande Kabylie) comportent trois ensembles géologiques (GEOMICA, 2009):

- Le premier est métamorphique ; il est composé de terrains anciens cristallins et surtout cristallophylliens du Paléozoïque.
- Le second est de nature sédimentaire, peu ou pas métamorphique d'âge cambrien à carbonifère.
- Le troisième forme la dorsale (ou la chaîne calcaire) ; il est d'âge mésozoïque à cénozoïque.

II.1.8 - LES GLISSEMENTS DE TERRAIN A TIZI-OUZOU:

a) Situation géographique :

La wilaya de Tizi Ouzou est située au Nord de l'Algérie, dans la région de la Kabylie, elle est délimitée :

- à l'ouest par la wilaya de Boumerdès
- au sud par la wilaya de Bouira
- à l'est par la wilaya de Béjaïa
- au nord par la mer Méditerranée

Talla Alam a été marquée par un glissement de terrain sur un versant d'une pente moyenne de 10°, suite aux fortes pluies enregistrées en mars 2012.

II.1.8.1- Glissement de Talla Allam:

a) Contexte géologique :

Les couches de sols mobilisées par ce mouvement sont des couvertures de dépôts argileux et de débris de schiste sur un substratum marneux. Les sondages réalisés sur le site montrent quelques affleurements de grès sur les talus avoisinant. Les essais géotechniques ont montré de très mauvaises caractéristiques des couches superficielles. Le sondage carotté doté d'un piézomètre a montré la présence d'une nappe phréatique à une profondeur de 1m.

II.1.8.2- Glissement de la zone nouveau lycée : (rue des frères ould dehmane)

a) Contexte géologique :

D'après une étude géologique et géotechnique réalisée par le laboratoire CTE GEOMICA de Boumerdès, lors du projet d'urbanisation de la zone "Axe Nouveau Lycée" (2003/2004), il a été constaté que le site étudié est constitué de plusieurs formations à savoir :

1-Remblais argileux marneux :

Ils sont issus des terrassements effectués par les riverains aux alentours du site. Leurs épaisseurs sont importantes, soit 5 à 10 m à l'aval du versant et peuvent excéder 15m d'épaisseur du côté amont. Ces remblais présentent des caractéristiques géotechniques très médiocres.

2- Argile brune à verdâtre :

Elle couvre la totalité du site étudié, surmontée par des remblais d'épaisseurs variables de l'ordre de 2 à 3 m. L'examen des résultats de la reconnaissance géotechnique effectuée a révélé que la couverture d'altération argileuse présente un état peu compact et des caractéristiques physico-mécaniques médiocres et souvent soumise au phénomène de retrait gonflement sachant que le degré de saturation est ($97 < S_r < 99 \%$).

3- Marne ocre à grisâtre :

Il s'agit d'un niveau intermédiaire, marquant le passage de la marne saine vers la couverture d'altération argileuse. Il s'agit d'une marne, oxydée et fissurée, assez compacte. Son épaisseur peut excéder 10m. Elle présente des caractéristiques assez bonnes.

4- Marne saine grise compacte :

Elle constitue le substratum sain de la formation marneuse. Elle présente un état non fissuré, compact et très indurée. Elle est surmontée par un niveau altéré et oxydé d'épaisseur variable. Sur le plan géotechnique, la marne saine présente de bonnes caractéristiques géotechniques avec une consistance rocheuse, un état très compacte, non compressible et peu gonflant.

Du point de vue hydrogéologique, le caractère argilo- marneux qui prédomine au niveau du site ne permet pas l'existence de nappe. Toutefois, la présence d'eau souterraine a été constatée. Elle s'infiltré à travers la couche de remblais et le niveau altéré et fissuré de la formation marneuse. Ces eaux d'infiltration se trouvent retenues par le substratum marneux sain, étanche et non fissuré et ressurgissent le plus souvent au contre bas des versants.

II.2- LA REGION D'ALGER :

Les glissements de terrain les plus fréquents sont connus dans les marnes plaisanciennes du Sahel d'Alger et les argiles sableuses formant le faciès de transition entre le Plaisancien marneux et l'Astien molassique. Les régions qui sont touchées par ces glissements sont :

II.2.1- La region instable d'el achour - ouled fayet - dely brahim :

a) Situation géographique :

El Achour est une commune de la wilaya d'Alger , située à environ 10 km au sud-ouest Du centre-ville d'Alger, elle est délimitée :

- Au nord par : La commune de Dély Brahim
- Au Sud par : La commune de Baba Hassen
- A l'Est par : La commune de Draria
- A l'Ouest par : La commune d'Ouled Fayet

Ouled Fayet est une commune de la wilaya d'Alger , située à environ 15 km au sud-Ouest d'Alger, elle est délimitée :

- Au nord par : La commune de Chéraga
- Au Sud par : La commune de Douera
- A l'Est par : Les communes d'EL-Achour et Dély Brahim
- A l'Ouest par : La commune de Soudania

Dély Ibrahim est une commune de la wilaya d'Alger; située à environ 11 km à l'ouest D'Alger-Centre, elle est délimitée :

- Au nord par : La commune de Benu Messouss
- Au Sud par : La commune d'EL-Achour
- A l'Est par : La de Ben Aknoun
- A l'Ouest par : La commune de Chéraga

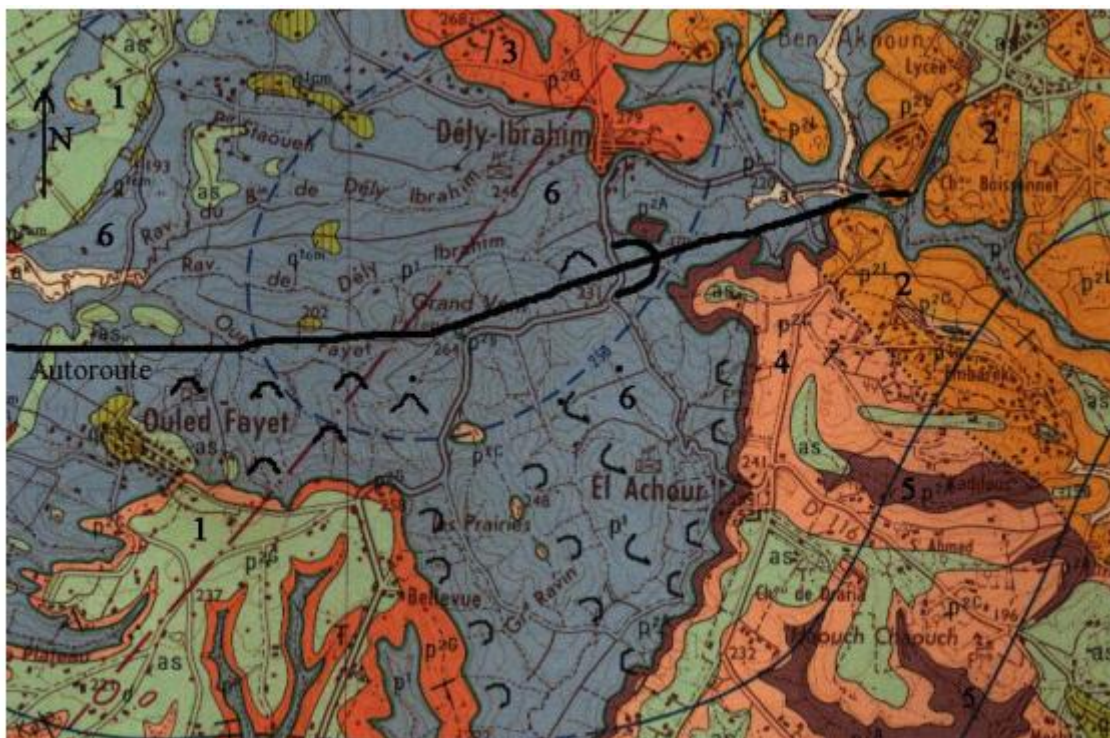
b) Contexte géologique :

Cette région est située dans la banlieue sud-ouest d'Alger, sur des terrains marneux plaisanciens, épais, à couverture gréso-sableuse astienne, très érodée, formant en particulier les plateaux d'El Achour et d'Ouled Fayet (**fig. II.09**).

Les glissements de terrain se manifestent dans les deux cas suivants :

- Le long des bordures du plateau molassique,
- Dans la formation marneuse plaisancienne,

Dans le premier cas, la faible stabilité est liée, outre les ruptures de pentes assez raides (50 à 100%), à la sensibilité des argiles sableuses de base de l'Astien et des marnes plaisanciennes sous-jacentes, vis à vis des eaux souterraines dont l'infiltration est rendue possible à partir du plateau molassique perméable. L'urbanisation actuelle qui gagne ces bordures, en y réalisant d'inévitables terrassements, déclenchent des glissements de terrain et exposent ainsi, les constructions à leur dégradation. Dans le second cas, les glissements de terrain se produisent dans les niveaux plaisanciens, franchement marneux, altérés, lorsque les pentes égalent ou dépassent 10%. Ils sont de type fluage et sont reconnaissables à leur morphologie ondulée, caractéristique.



Extrait de la carte géologique de Chéraga au 1/50000 (A. Aymé et al., 1960)

- 1: Limons rouges quaternaires
- 2 à 4: Faciès calcaro-gréseux (3 à 5) astiens
- 5: Faciès argilo-sableux de base, astien
- 6: Marnes grises plaisanciennes

— . — Axe anticlinal

⤿ Versants instables (écoulement visqueux)

0 1Km

Fig II.09 : Versants marneux instables dans la région d'EI Achour et ces alentours.

(BOUGDAL.2007)

II.2.2- Le glissement du Télémy :

a) Contexte géographique et géologique :

Le glissement du Télémy est situé entre le plateau d'El Biar (225 m) et le boulevard Krim Belkacem (100 m). Il occupe une superficie de 10 à 12 ha suivant une déclivité moyenne de 25 à 30%, une longueur de 550m et une largeur maximale de 280 m (**fig II.10**). Ce glissement de terrain actif, localisé dans le tissu urbain d'Alger, constitue depuis longtemps, une véritable contrainte vis à vis des aménagements existants (routes, habitations), régulièrement endommagés, que de nombreuses tentatives de stabilisation n'ont pu tout à fait maîtriser.

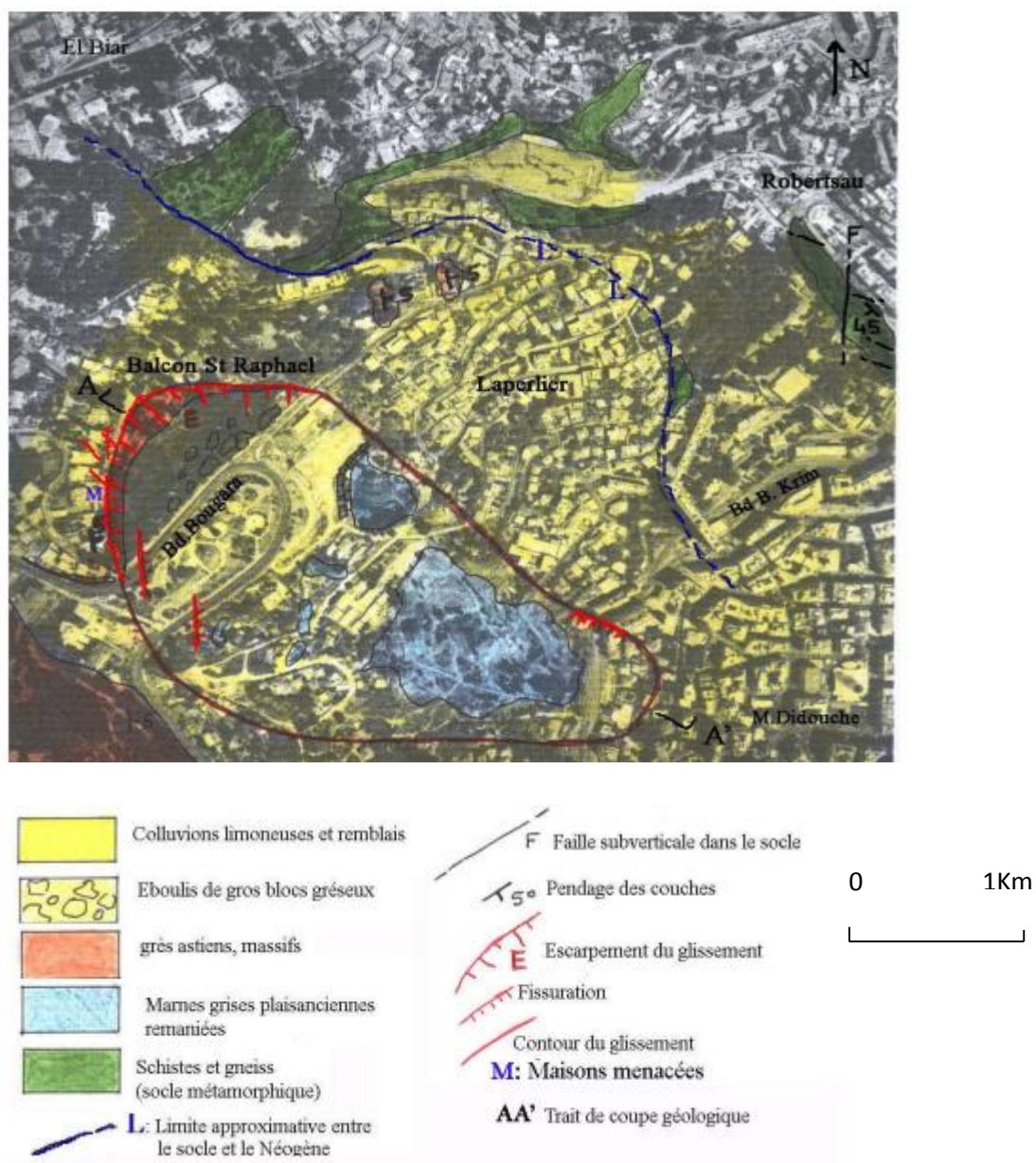


Fig II.10 : Glissement du Télémy (El Biar). (BOUGDAL.2007)

La première étude géologique et géotechnique de ce glissement a été réalisée par Dervieux, en 1943, à la suite de l'éroulement de 1942. L'investigation sur site a porté sur 53 sondages carottés réalisés dans la zone instable et sa périphérie et des essais physico-mécaniques en laboratoire, sur carottes de sondages.

- La structure géologique dégagée est la suivante (**fig.II-11**) :
 - Une formation molassique astienne, massive, d'une trentaine de mètres, telle qu'elle s'observe sur la falaise, poreuse et perméable.
 - Des sables glauconieux de quelques mètres d'épaisseur.
 - Des marnes grises plaisanciennes, épaisses.
- La succession lithologique observée est, de haut en bas, est la suivante (**fig. II.11**) :
 - des sables limoneux roux, quaternaires, de quelques mètres d'épaisseur, recouvrant les terrains plus anciens.
 - des blocs de plusieurs dizaines de mètres cubes détachés de la falaise du balcon St Raphaël et accumulés au pied de celle-ci, et dont quelques uns ont largement glissé vers la partie aval instable.
 - la molasse astienne, représentée par des grès grossiers, ocre, friables, à ciment calcaire. Son épaisseur visible sur la falaise est de 30m.
 - un niveau métrique argilo-sableux, observé à la base de la falaise, correspondant probablement au niveau à glauconie.
 - des marnes grises, remaniées, plastiques, qui forment la partie centrale de la zone de glissement. Elles renferment de nombreuses concrétions calcaires, en surface
 - un petit affleurement de grès grossier, à galets roulés et à éléments du socle, observé à la faveur d'un talus de terrassement, sur le versant rive droite du ravin de la Robertseau. Ce grès, très proche du contact avec le socle, semble correspondre au Miocène recoupé par de nombreux forages réalisés dans la zone instable.
 - des schistes et gneiss (socle paléozoïque), très fracturés, qui affleurent sur les deux versants du ravin de la Robertsau, bien au-delà de la limite orientale du glissement.

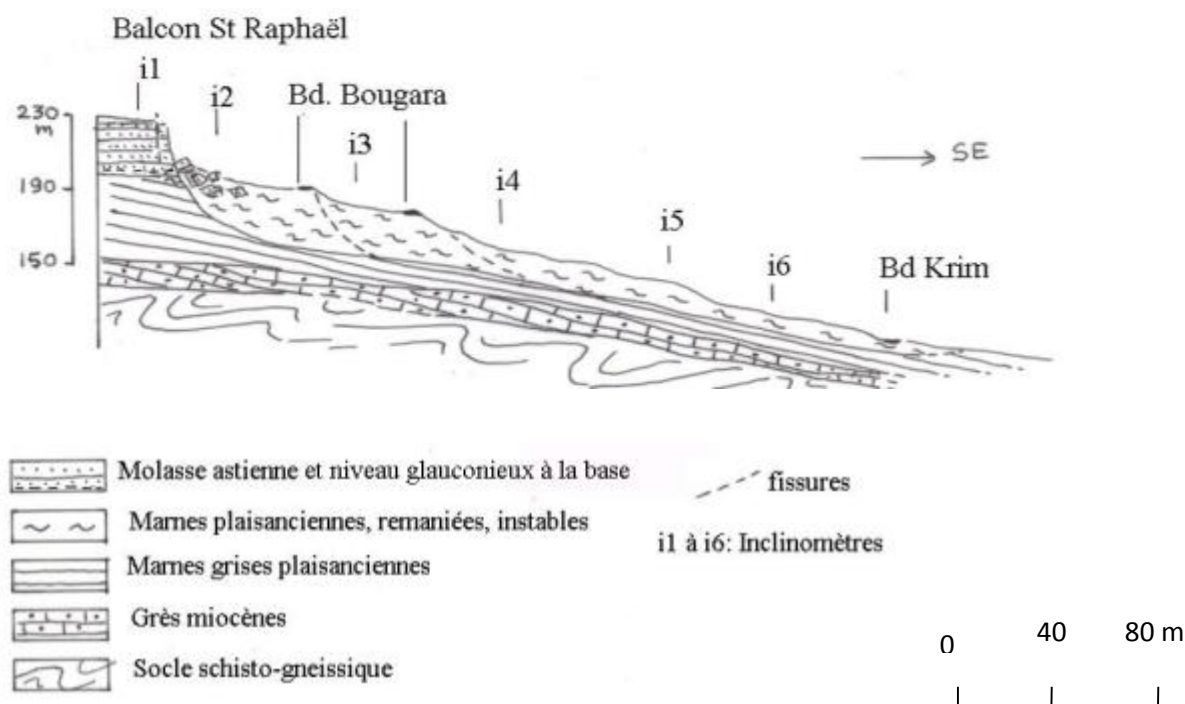


Fig II.11 : Glissement du Télémly (Coupe AA'). (BOUGDAL.2007)

II.3- LA Région DE TIPAZA :

II.3.1- Le glissement du club CET à Tipaza :

a) Situation géographique :

La wilaya de Tipaza est située à 68 km à l'ouest de la capitale Alger. Le chef-lieu de la wilaya est Tipaza. Elle est limitée géographiquement par :

- La mer Méditerranée au nord ;
- La wilaya d'Alger à l'est.
- La wilaya de Blida au sud ;
- La wilaya d'Aïn Defla au sud-ouest ;
- La wilaya de Chlef à l'ouest ;

A trois kilomètres environ à l'Est de la ville de Tipaza, le club CET qui est situé en talus aval de la RN 11 est entraîné dans un glissement de terrain (**fig. II.12**). Dans les années 1970, sa progression a fissuré la RN11 de même que son talus amont formé par une falaise rocheuse d'une dizaine de mètres de hauteur. La superficie du glissement est de l'ordre de 4 ha.

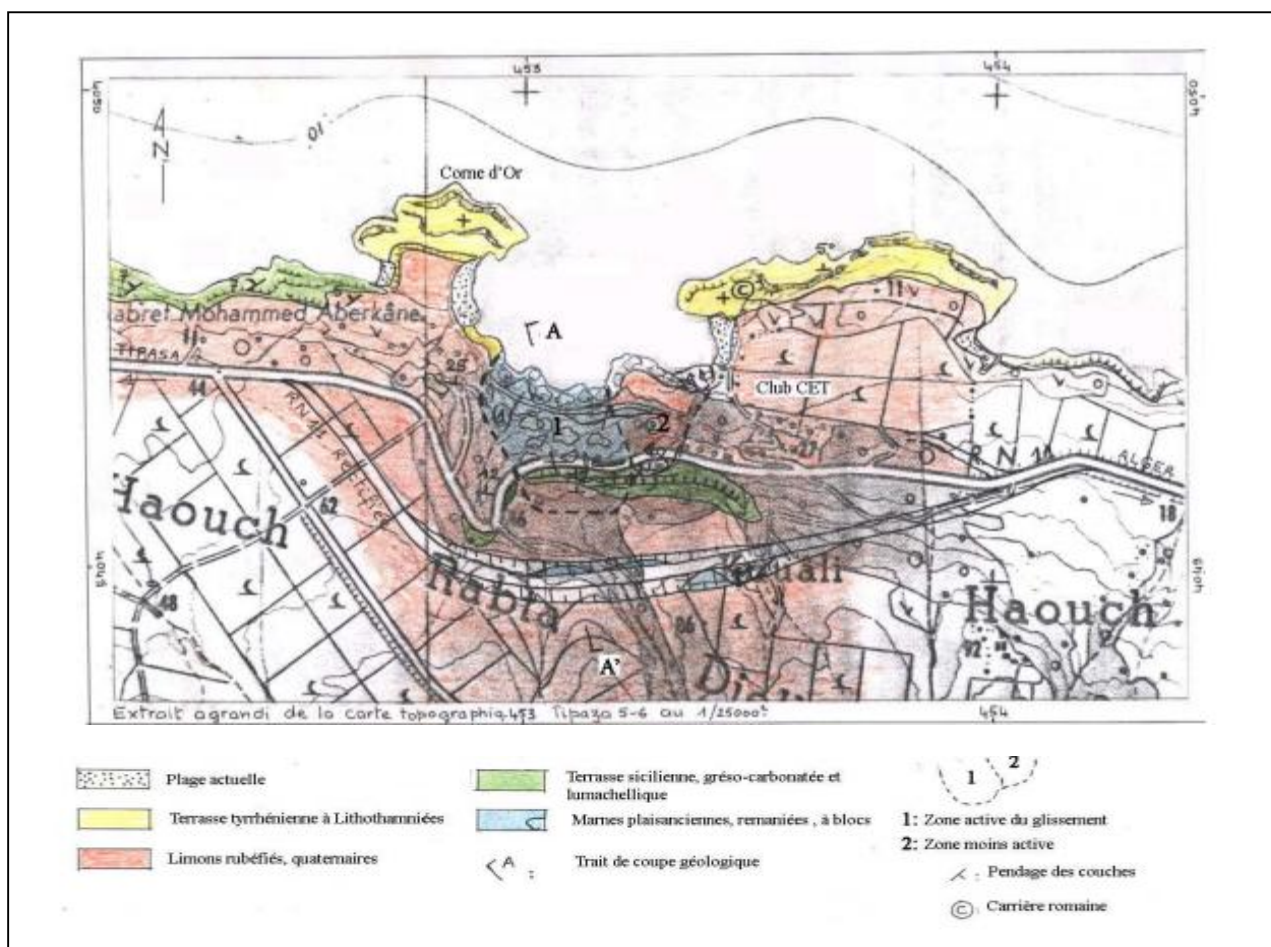


Fig II.12 : Glissement du Club CET à Tipaza (BOUGDAL.2007)

0 100 m

b) Contexte géologique :

Une coupe N-S, transversale au glissement montre la structure suivante : (fig.II-13)

- une terrasse marine sicilienne formant la falaise. Celle-ci est représentée de haut en bas, par des grès coquilliers, des paléosols limoneux roux, en bancs demi métriques et des grès grossiers, épais, à la base.
- des marnes grises plaisanciennes, remaniées, bien visibles à la base du glissement, le long de la route fissurée qui relie le village touristique au club nautique « la Corne d'or ».
- des éboulis de gros blocs gréseux, issus de la falaise et recouvrant ces marnes, sur toute l'étendue du talus aval de la RN11. Ils délimitent une zone boisée, chaotique, à crevasses profondes et arbres déracinés, témoignant de l'instabilité de l'ensemble de ce talus.

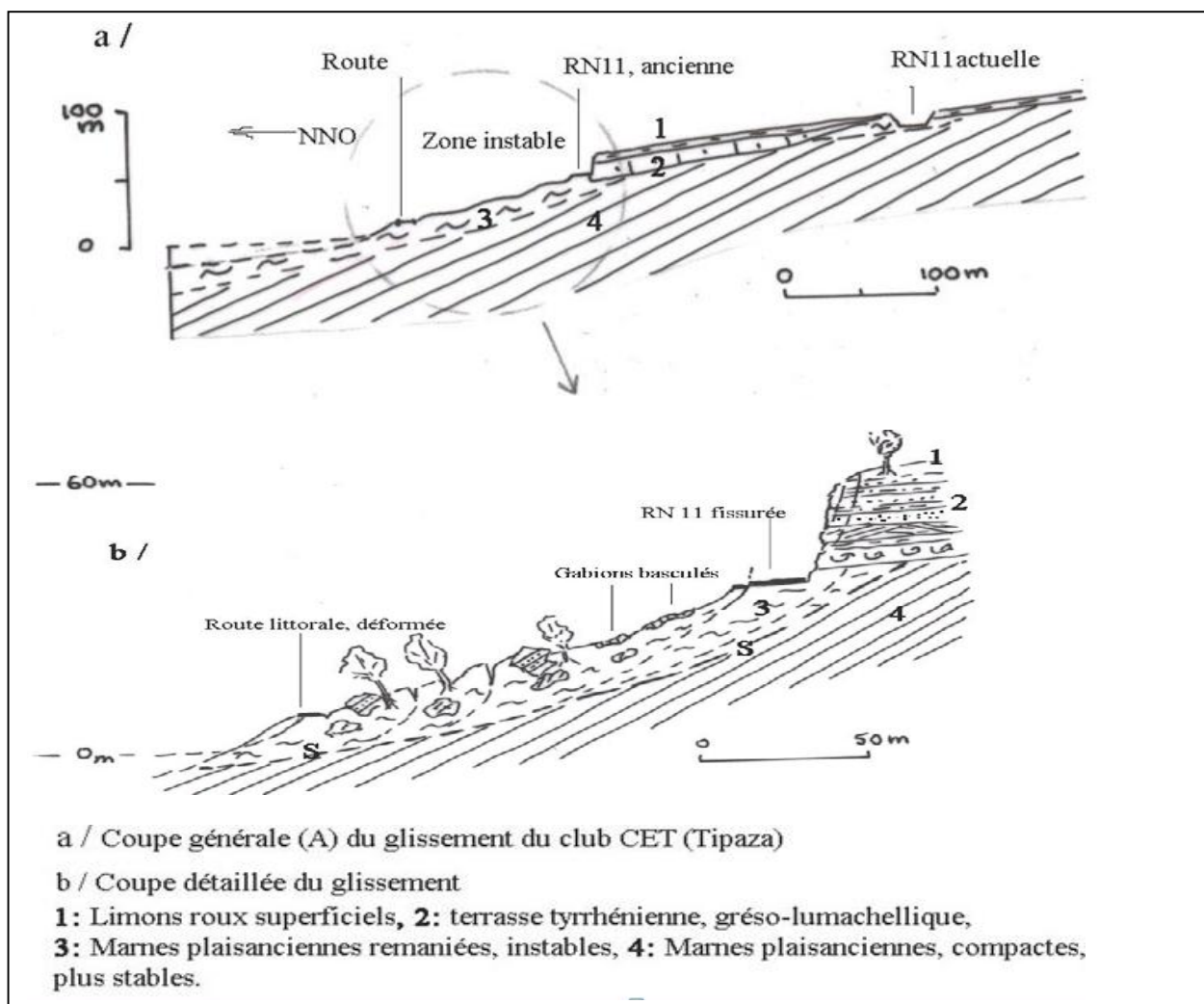


Fig II.13 : Une coupe générale au glissement du Club CET à Tipaza. (BOUGDAL.2007)

II.4 - LA REGION DE BOUIRA :

II.4.1 - glissement de terrain du versant d'Aomar (autoroute Est- Ouest):

a) Situation géographique :

La wilaya de Bouira est située au Sud Est d'Alger. Elle est délimitée au nord par les wilayas de Boumerdes et Tizi-Ouzou, au sud M'sila, est Bénaïa et Bordj-Bou-Argeridj et à l'Ouest Blida et Médéa. Son climat est chaud et sec en été et très froid, pluvieux et neigeux sur les hauteurs en hiver.

Le glissement de la ville d'Aomar est situé à la jonction des deux routes nationales RN5 et RN25, à 20 km au Nord-Ouest de la wilaya de Bouira. Cette ville s'étale sur une superficie de 6970 ha et se compose d'environ 50 % de montagnes, 35 % de collines et 15 % de plaines

b) Contexte géologique :

La faible stabilité des versants argileux miocènes de la région d'Aomar- Bouira, est illustrée par de nombreux cas d'instabilité des talus de l'autoroute Est- Ouest.

Le contournement sud de la ville de Bouira, franchit des versants de 10 à 15 % de déclivité, ponctués par quelques talwegs à écoulement perpendiculaire à oblique par rapport au tracé autoroutier. Le franchissement de ces talwegs a été projeté, en grands remblais de 10 à 15m de hauteur sur 200 à 250m de longueur, sur la base des seuls critères topographiques et géométriques du tracé. L'instabilité du premier remblai, une fois mis en place, s'est manifestée par des fissures profondes qui ont nécessité le recours à la stabilisation de l'ouvrage par des soutènements en palplanches. Une reconnaissance géologique a révélé, aussi bien au niveau du premier que du deuxième franchissement, des indices irréfutables de l'instabilité des talus, de part et d'autre du tracé : morphologie moutonnée (**Fig II.14**), fissures de traction très ouvertes en période humide, présence de nappe subaffleurante contenue dans la frange superficielle des argiles. Une investigation par sondages carottés et essais au pénétromètre statique, a confirmé l'observation géologique, dont les remblais n'ont pas encore été mis en oeuvre, la présence d'argiles remaniées sur plus de 10m d'épaisseur, de faible densité : $1,4 < \rho < 1,6$

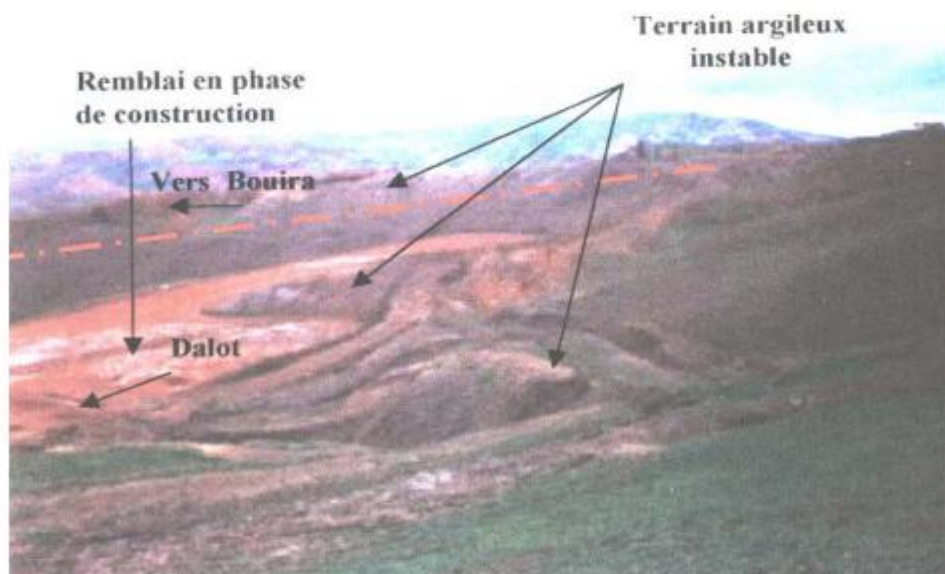


Fig II.14 : Remblai en cours de construction sur versant instable contournement de Bouira.
(BOUGDAL.2007)

La campagne de reconnaissance effectuée par le Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction (LNHC, antenne de Bouira) révèle l'existence de trois couches de sols d'épaisseurs variables d'un sondage à un autre. Une couche d'argile limoneuse (de 0m à 3m) reposant sur une couche d'argile marneuse altérée (de 3 à 7 m) qui elle-même repose sur une couche de marne compacte (à partir de 7 m de profondeur). Ceci constitue un multicouche d'Argile limoneuse/Argile marneuse altérée/ marne compacte.

II.5 : LA REGION DE CONSTANTINE ET SES ALENTOURS :

a) Situation géographique :

La wilaya de Constantine est une des plus importantes du pays, elle est un carrefour entre l'est et le centre du pays et d'une autre part entre le Tell et les Hauts Plateaux dans l'Est du pays. Son climat est de type continental. Il est chaud et sec en été et très froid, pluvieux et neigeux sur les hauteurs en hiver.

La wilaya de Constantine est délimitée par :

- au nord, par la wilaya de Skikda
- à l'est, par la wilaya de Guelma
- au sud, par la wilaya d'Oum El Bouaghi
- à l'ouest, par la wilaya de Mila

b) Les principaux glissements :

Les principaux glissements de terrain reconnus lors des investigations géologiques dans la ville de Constantine et sa périphérie sont, d'Ouest et Est et du Nord au Sud (**fig.II.15**) :

- 1- Les mouvements lents des versants de Chabet el Merdja (quartiers : « Sotraco », Boudraa, Zaouche, Boussouf)
- 2- Les glissements de Bélouizdad, Kitouni, Kaïdi
- 3- Le glissement du versant rive droite du Rhumel, à la hauteur du pont de Sidi Rached jusqu'à la gare ferroviaire de Constantine
- 4- Le glissement de la RN27 à Ben Chergui
- 5- Les ruptures du versant rive droite du Rhumel, à la hauteur de l'Université Mentouri
- 6- Le glissement du talus routier du Bardo
- 7- Le glissement de la « Poudrière »
- 8- Les mouvements lents du versant Nord du plateau de Zouaghi, traversé par la route de Massinissa
- 9- Glissement de Belouezdad.
- 10- Glissement du site Ciloc.
- 11- Glissement de Boussouf
- 12- Glissement de Sud passage du Massinissa
- 13- Glissement du pont de Sidi Rached

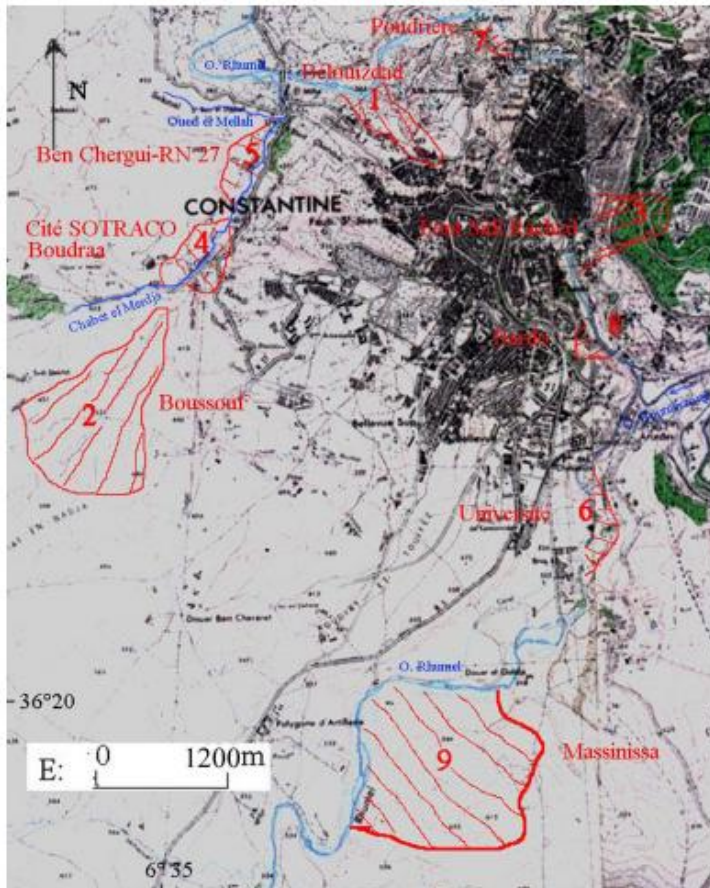


fig.II.15 : Localisation des principaux glissements de terrain à Constantine. (BOUGDAL.2007)

➤ Les huit premiers glissements de terrain cité ci-dessus sont localisés dans **Trois types** de terrain qui sont :

- 1- les marnes grises et argiles rouges, miocènes,
- 2- les conglomérats mio-pliocènes à intercalation d'argiles,
- 3- les remblais.

II-5-1- Les glissements dans les marnes et argiles rouges, miocènes :

Les principaux glissements concernant cette formation, sont situés d'une part, sur les deux versants de Chabet el Merdja, depuis sa confluence avec l'oued El Mellah jusqu'à la limite amont de son bassin versant et d'autre part, sur l'ensemble du versant rive droite du Rhumel, entre la limite sud de la zone industrielle et l'Université Mentouri.

Sur les versants de Chabet el Merdja, les quartiers urbanisés, touchés par ces glissements, sont : la Cité « Sotraco », Boudraa et Boussouf.

L'investigation par 7 sondages carottés, de 25 à 35m de profondeur, dont trois équipés en inclinomètres, révèlent la présence d'une argile décomprimée, plastique, entre 7 et 12m de profondeur, passant franchement à des argiles plus compactes en profondeur (**Fig II.16**). Les mesures inclinométriques donnent des surfaces de rupture nettes, vers 7-8m de profondeur ; ce qui est assez conforme à l'état de remaniement observé dans les carottes de sondages.

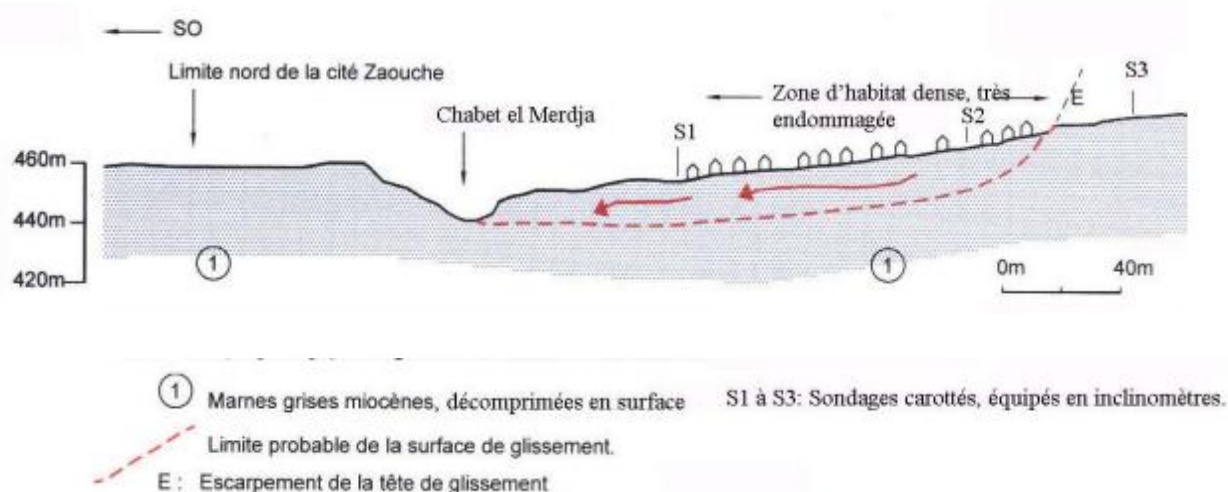


Fig II.16: Coupe géologique du glissement de terrain de Boudraa. (BOUGDAL.2007)

Le quartier de Boussouf, qui sera examiné, plus en détail, présente les mêmes caractéristiques lithologiques et morphologiques que Boudraa. L'étendue de la zone instable y est plus grande. Entre la Cité Sotraco et le quartier Boudraa, le versant rive gauche de Chabet el Merdja forme un talus argileux de forte déclivité, de plus de 20m de haut (**Fig II.17**). Ce dernier a subi, lors des pluies intenses de l'hiver 2003, de nombreux arrachements qui témoignent de sa faible stabilité.

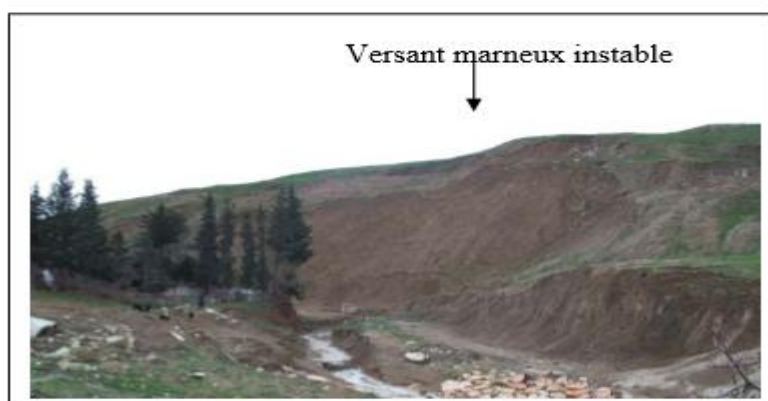


Fig II.17 : Risque de glissement massif du versant instable de Chabet el Merdja, et d'obstruction momentanée, dangereuse, des écoulements superficiels. (BOUGDAL.2007)

II-5-2-Les glissements dans les conglomérats miocènes :

Les conglomérats miocènes, épais, sont représentés par de gros blocs gréseux à matrice limoneuse en faible proportion (10 à 15%), et forment des talus de grande hauteur, dans le centre-ville de Constantine (quartiers du Bardo). Ils constituent également, en alternance avec des argiles limoneuses, le versant Nord des quartiers Bélouizdad – Kitouni - Kaïdi (ponctués par quelques abrupts), jusqu’au Rhumel, et le talus rive gauche de oued El Mellah à proximité des quartiers El Ménia - Ben Chergui. C’est dans ces deux zones que se manifestent les mouvements gravitaires.

A El Ménia – Ben Chergui, les mouvements gravitaires se produisent le long du versant rive gauche de l’oued El Mellah (**fig II-18**), formant, sur une hauteur de 60 à 80m, une série de talus abrupts séparés par des replats de quelques mètres de largeur.

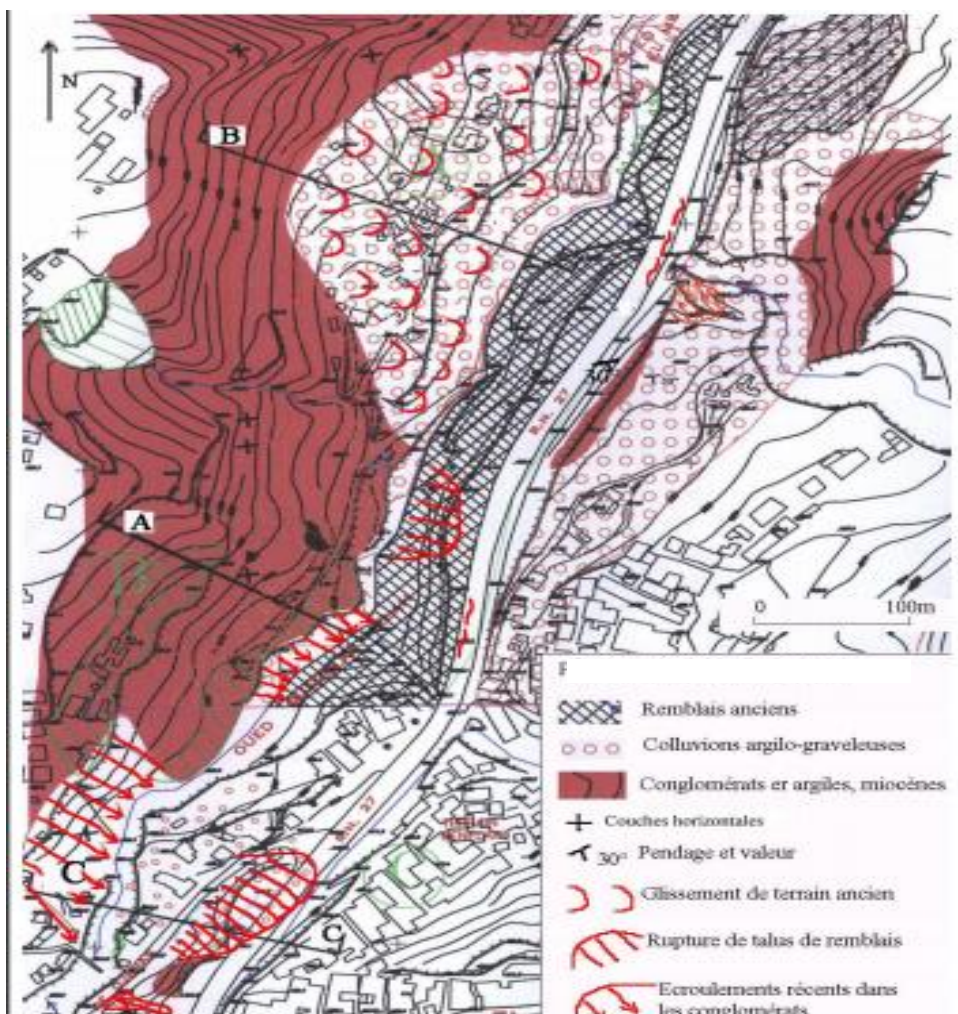


fig II.18:Instabilité à Ben Chergui. (BOUGDAL.2007)

Le sommet du versant est dominé par un large plateau (cotes 450 à 480m), portant le quartier d'habitat très dense de Ben Chergui dont les habitations extrêmes frangent le versant. Les mouvements se manifestent par des détachements massifs de pans entiers du versant, dont la régression vers le plateau a détruit plusieurs maisons bordières et menacent actuellement, plusieurs autres. Les surfaces dégagées montrent bien la succession stratigraphique composée de couches d'argiles rouges, limoneuses, épaisses (5 à 10m) et de niveaux gréseux et conglomératiques (assez bien cimentés), continus (3 à 5m). (fig.II.19, coupe A de la figure II.18).

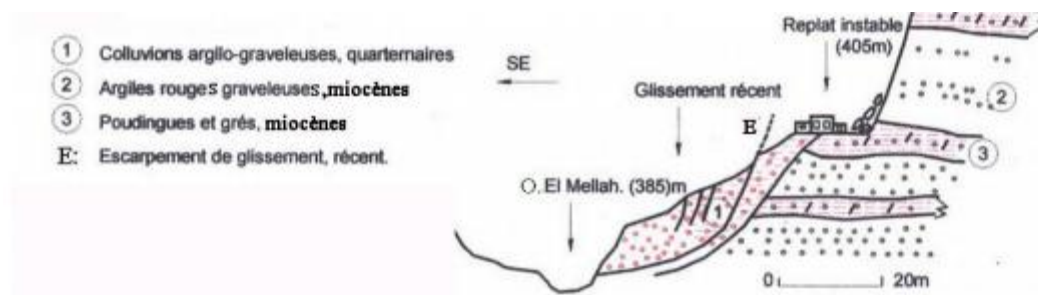


Fig II.19 : Coupe géologique schématique à la hauteur de Ben Chergui. (BOUGDAL.2007)

Plus en aval de l'oued Mellah, son talus rive gauche présente une zone de replat singulier, par rapport à la forte déclivité d'ensemble du versant. Ce replat de 2ha environ, occupé par quelques maisons rurales, est délimité vers l'amont par un escarpement courbe de la falaise qui en dessine le contour. Il correspond vraisemblablement à un ancien glissement de terrain (fig. II-20, coupe B de la figure II-18), d'après les gros blocs enfouis dans le replat et une légère fissuration des maisons. Les pluies récentes de l'hiver 2006, ont réactivé ce glissement dans sa partie aval.

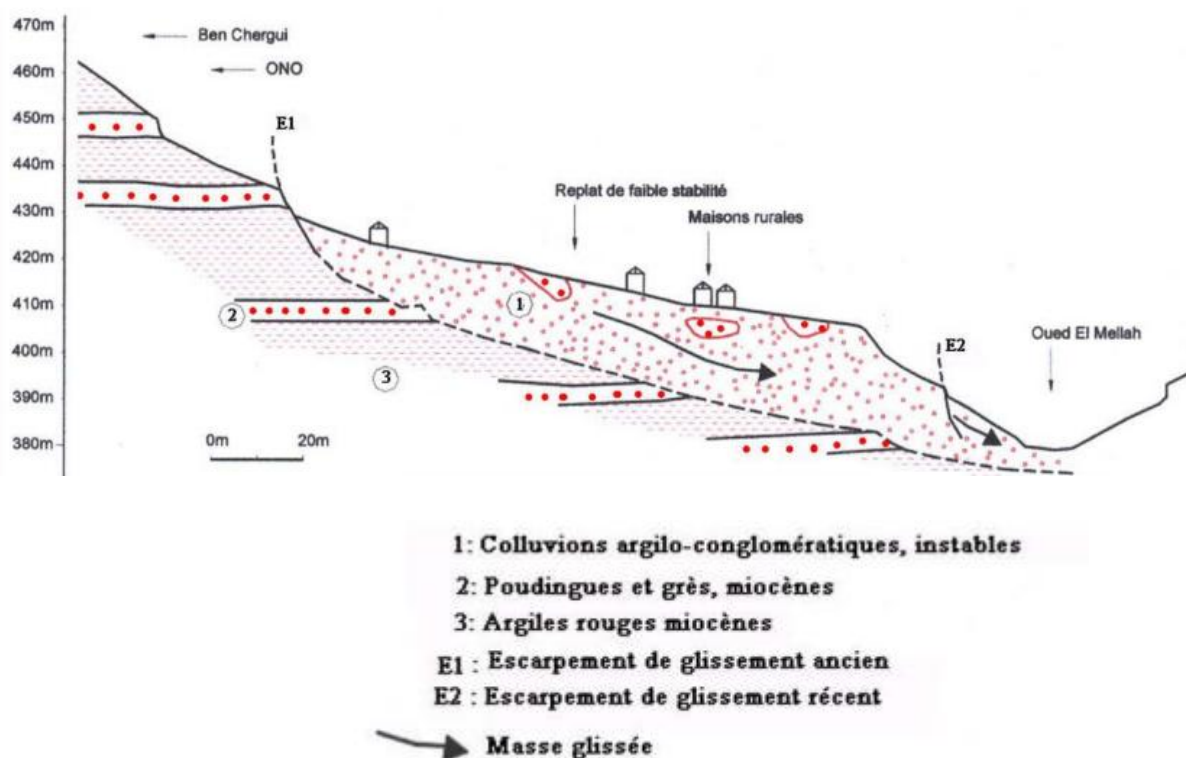


Fig II-20 : Coupe géologique du glissement ancien de Ben chergui (rive gauche de o.el Mellah). (BOUGDAL.2007)

II-5-3 - Les glissements dans les remblais :

Les remblais occupent des espaces non négligeables sur le terrain et proviennent des matériaux de terrassement, datant de l'époque française (au moins) jusqu'à nos jours. Ils sont déversés sur les pentes des talus et versants et leur similitude de faciès avec la roche mère. Ces remblais, non compactés, peuvent atteindre plus de 10m d'épaisseur (quartier de la « Poudrière », Université Mentouri, RN 27 à Ben Chergui) et sont sollicités par des constructions, d'autant plus facilement qu'ils sont confondus avec le terrain naturel.

II-5-3-1- Le glissement de la RN27 à Ben Chergui :

En aval de la confluence Oued El Mellah – Chabet El Merdja, jusqu'à l'intersection de la route du 20 août, la RN 27 qui longe la rive droite de l'oued El Mellah, est construite sur des remblais.

Deux sondages carottés de 20 et 30m de profondeur, réalisés dans la zone la plus déformée, ont montré la présence d'une couche de remblai hétérogène (galets et blocs, argiles, débris de briques) de 5 à 10m d'épaisseur, reposant sur les conglomérats et argiles rouges, miocènes (fig II.21 ; coupe C de la figure II.18).

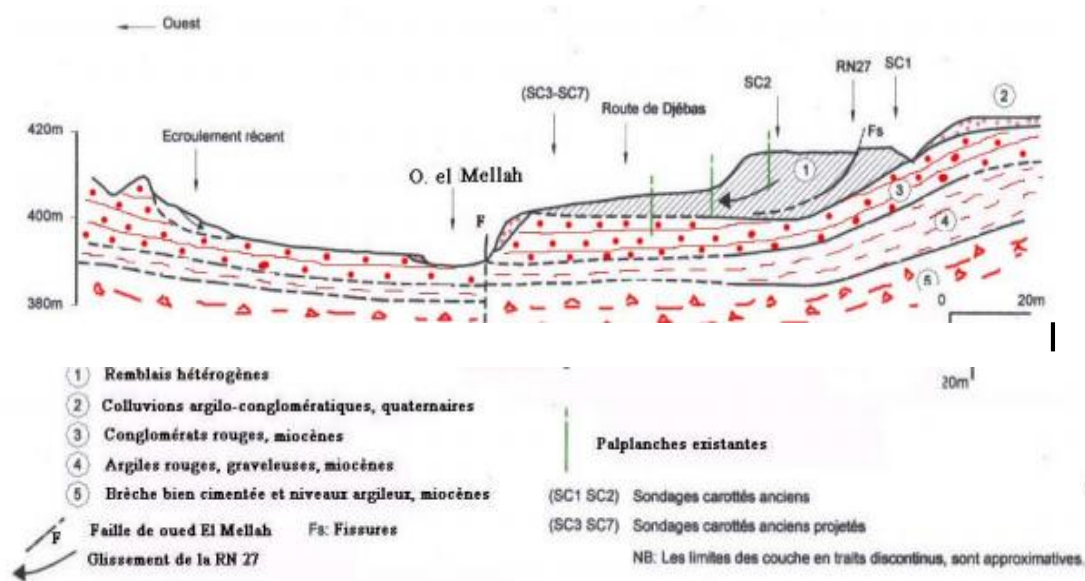
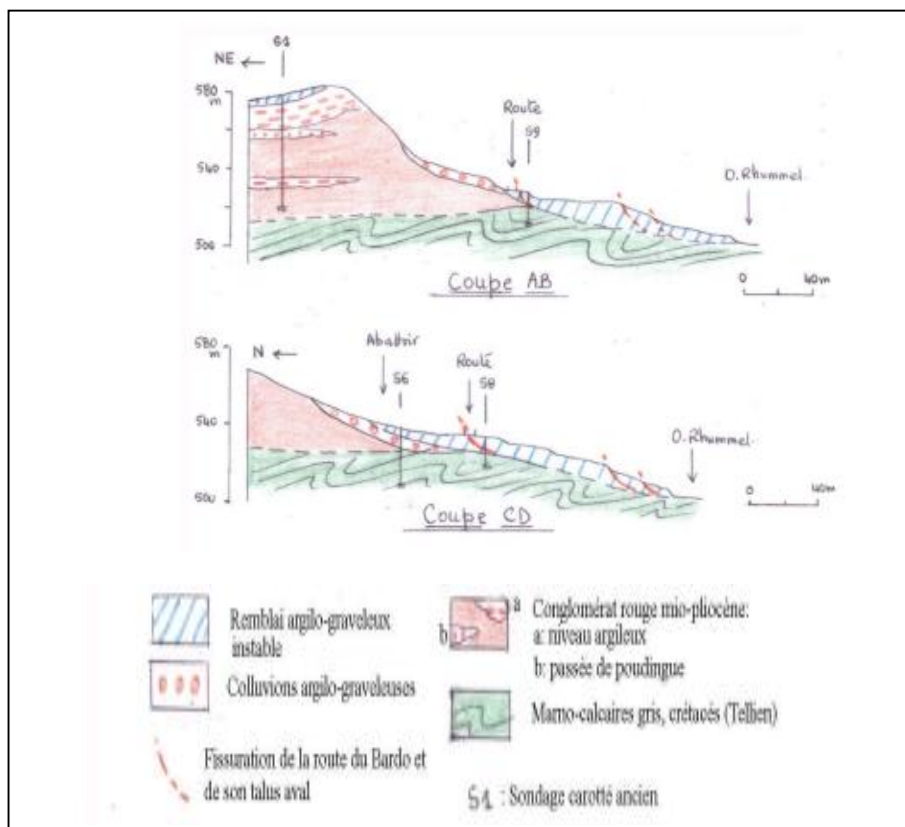
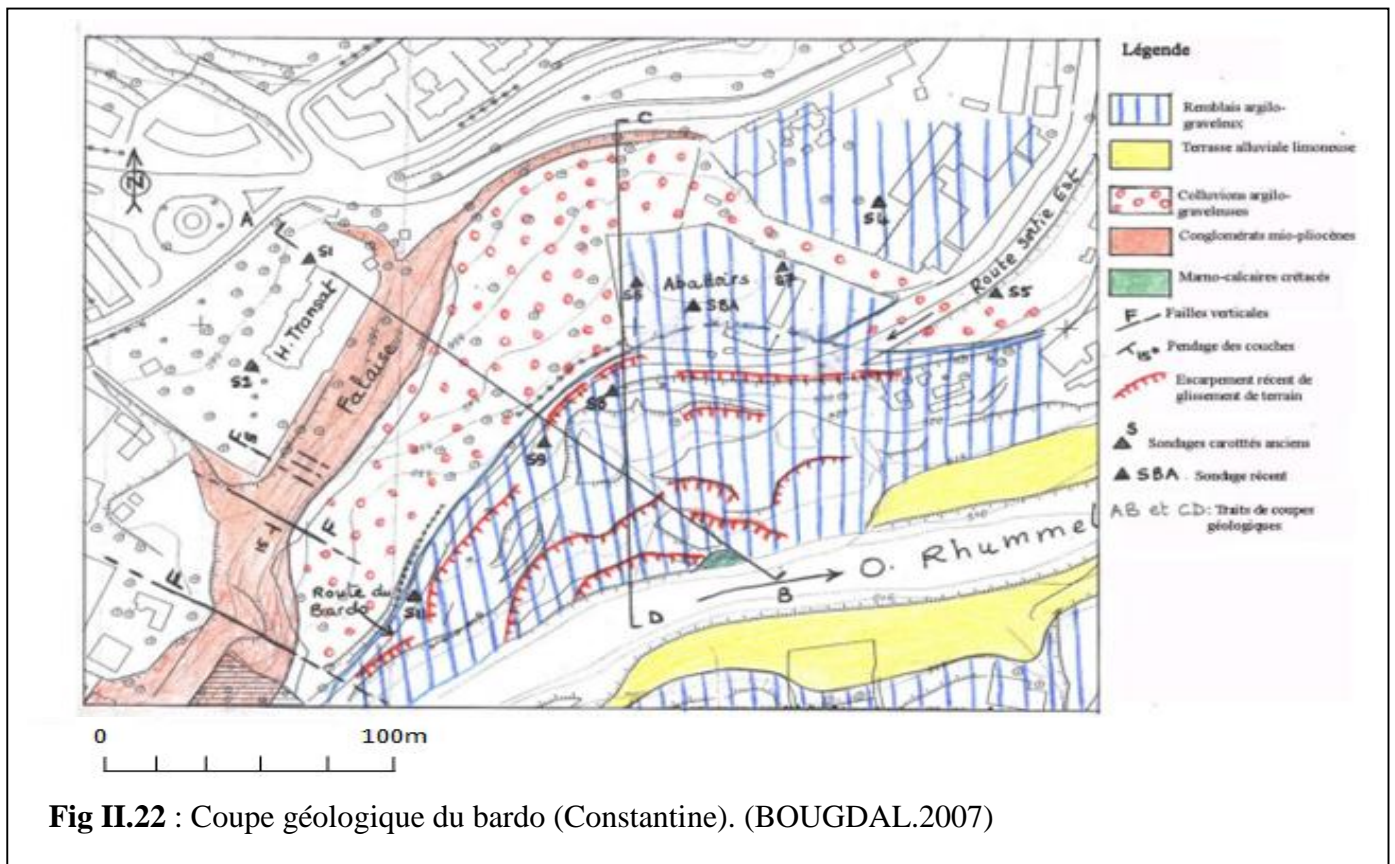


Fig II.21: Coupe géologique schématique du glissement de la RN 27. (BOUGDAL.2007)

II-5-3-2- Le glissement de la route du Bardo :

Du point de vue géologique et géomorphologique (**fig. II.22**), le talus amont de la route est formé par une barre conglomératique mio-pliocène d'une trentaine de mètres, au pied de laquelle se sont accumulés des dépôts de pente argileux à blocs (provenant de l'érosion de la falaise). Aucun signe d'instabilité n'a été observé. Le talus aval, de profil irrégulier (20 à 30 % de pente) est formé par des remblais très fissurés. D'après les nombreux sondages carottés anciens et récents, ces remblais peuvent atteindre 10m d'épaisseur et forment le terrain de fondation de la chaussée le long de son tronçon le plus dégradé (**fig. II.23**). Ces remblais reposent sur des marno-calcaires épais (nappe tellienne) qui affleurent largement en rive droite du Rhumel. Le contact entre les remblais et ce substratum est souligné par la présence d'eau souterraine, mise en évidence par un sondage réalisé au niveau des anciens abattoirs municipaux.



II-5-3-3- Le glissement de la Poudrière :

La « Poudrière » est un lotissement situé au Nord du quartier Amirouche, sur le versant rive gauche du Rhumel. Un habitat dense, précaire, y est développé sans viabilisation, sur un replat limité dans sa partie orientale, par un talweg profond (25-30m) de pente raide (100%).

L'observation du talus déstabilisé montre qu'il est constitué dans sa partie supérieure, par un remblai épais (plus de 8m) de nature argilo-graveleuse, et à sa base par des colluvions de même nature que les remblais ; ce qui rend leur distinction difficile. Du point de vue géomorphologique, le site de la Poudrière, correspond, avec le quartier Amirouche, plus en amont, à une vaste aire d'épandage de remblais anciens, déposés sur ce versant rive gauche du Rhumel. (fig.II.24)

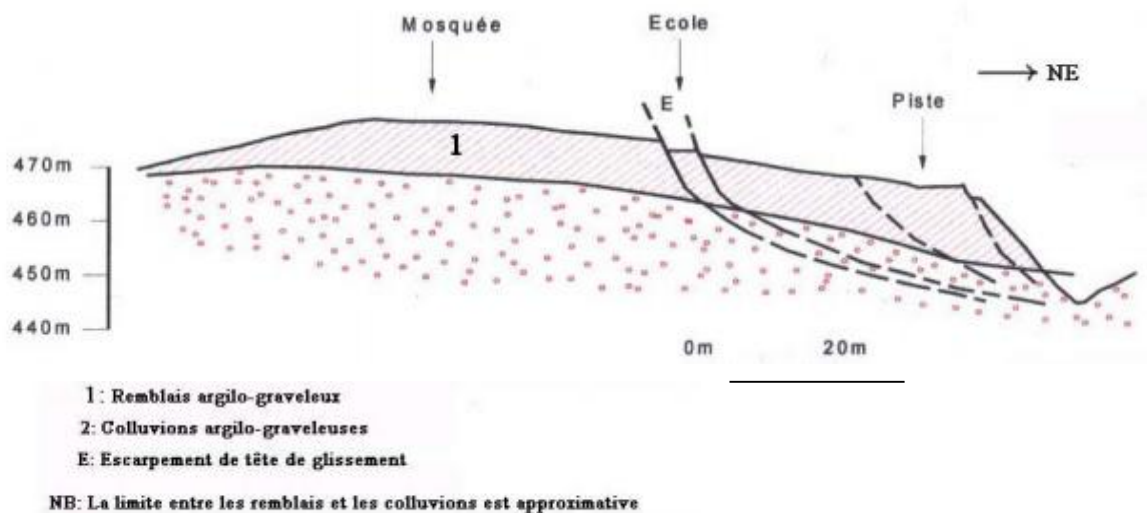


Fig II.24 :coupe géologique de la Poudrière. (BOUGDAL.2007)

II-5-4 Le glissement de Bélouizdad :

Parmi les nombreux sites de glissements de terrain situés à l'intérieur du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de Constantine (PDAU), celui de Bélouizdad (Fig II.25) est l'un des plus préoccupants par sa localisation en milieu urbain à forte densité de population, sa grande extension (plus de 30 ha de terrain instable) et l'ampleur des désordres qui touchent le bâti.

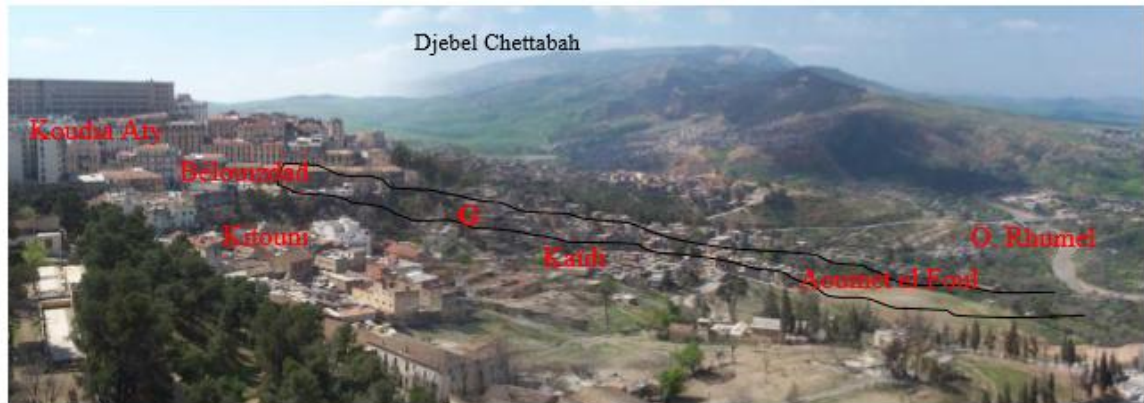


Fig II-25 : Vue globale du glissement (G) de Bélouizdad. (BOUGDAL.2007)

L'instabilité de ces zones est connue depuis au moins le début des années 1970. Il apparaît cependant très vraisemblable que, compte tenu de la morphologie du terrain, les phénomènes aient une origine très ancienne, et ont dû se réactiver périodiquement par les évolutions climatiques, et plus récemment par l'urbanisation dont on ne peut exclure qu'elle ait, des terrassements, non maîtrise des réseaux, entraînés une accélération des phénomènes. Les premières études (Université de Liège, Laboratoire des Travaux Publics de Constantine, 1987) ont été menées par sondages profonds (90 à 100m) sur la partie haute du glissement (quartiers de Bélouizdad, Kitouni), soupçonnée la plus instable.

Le glissement de Bélouizdad est situé sur un versant de pente moyenne 25 %, orienté NO vers l'oued Rhumel. Cette déclivité est interrompue par deux niveaux de falaises conglomératiques, abruptes, de 10 à 15m de hauteur : la première est située en contrebas des quartiers Kitouni- Maquisards, à la cote 530m. La deuxième, moins élevée (10m), est située dans la partie aval du glissement (Aouinet el Foul), à la cote 420m. L'urbanisation de ce versant, qui date du début du 20ème siècle, a par ailleurs, induit une modification morphologique intense, par suite des travaux de terrassement et d'ouverture de routes d'accès aux différents quartiers. Les talus conglomératiques, taillés à la verticale, le long des boulevards Bélouizdad et Kitouni, en sont les témoins de ces actions anthropiques. L'ensemble des zones instables, présente une forme allongée, de 1200m de long, sur 200 à 300m de large, suivant une gouttière évasée vers la partie haute qui est en outre, la plus urbanisée.

Le versant nord de Bélouizdad est représenté principalement, par des formations argilo conglomératiques, épaisses du Miocène, recouvertes par des dépôts de pente de même nature (fig.II.26).

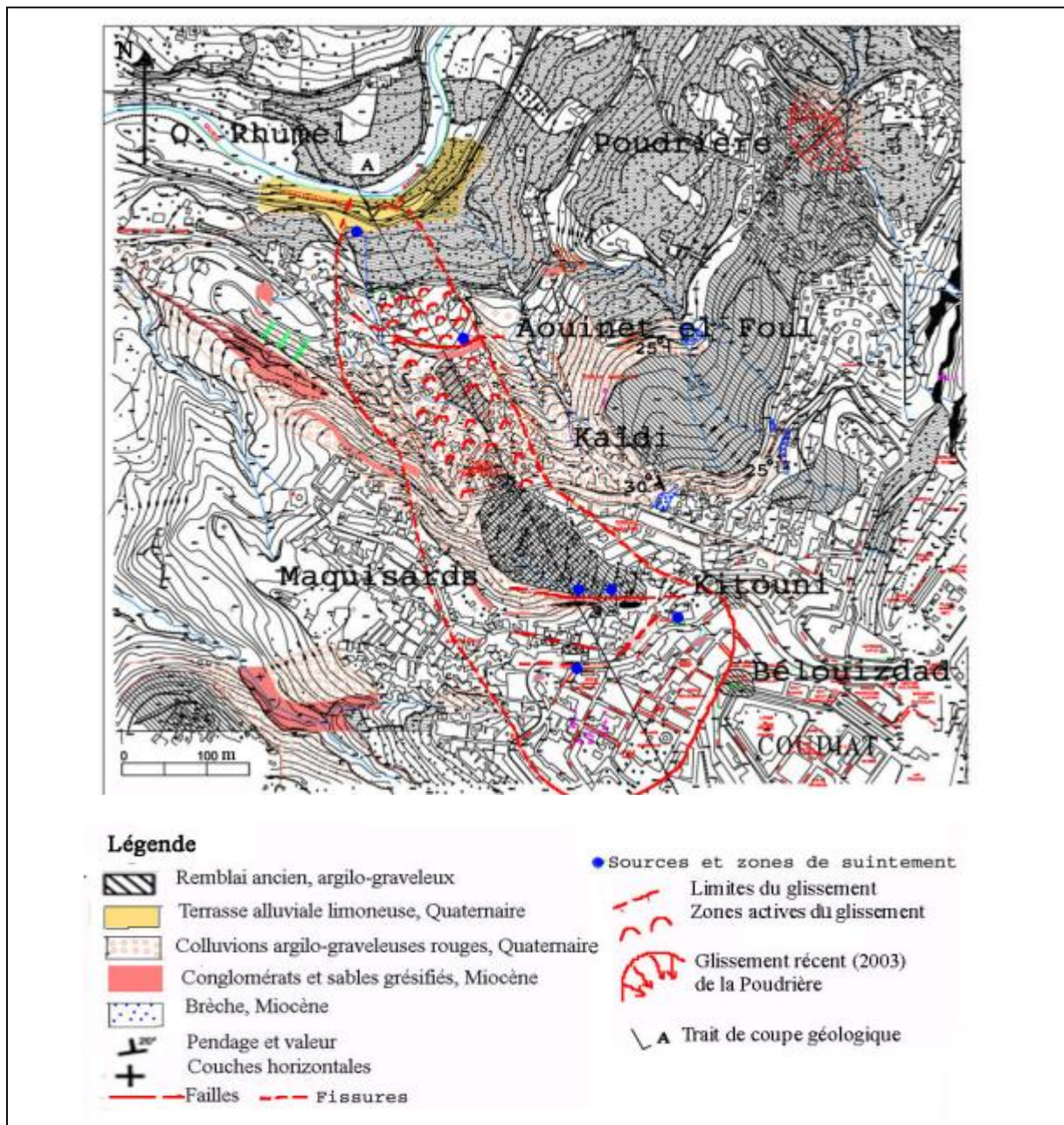


Fig II.26:Glissement de Belouizdad. (BOUGDAL.2007)

La série stratigraphique est illustrée par une coupe géologique synthétique passant dans l'axe du glissement, et établie à partir des observations de surface et des sondages carottés. Elle montre les termes suivants :

- **des marnes grises et marno-calcaires à la base :**

Cette formation n'affleure pas sur le site du glissement ni à sa proche périphérie. Elle a été reconnue à grande profondeur (90-100m), par d'anciens forages réalisés dans la partie haute du glissement. Les coupes de sondages relèvent une roche dure finement litée, très

fracturée, correspondant au complexe allochtone crétacé qui affleure largement plus à l'Est du glissement de Bélouizdad (**Fig II.27**).



Fig II.27:Marnes et marnocalcaires telliens.
(BOUGDAL.2007)

- **Un conglomérat de base de la série miocène post-nappes :**

Représenté par une brèche de pente épaisse, bien cimentée, à éléments hétérogènes de taille décimétrique dont on reconnaît, le faciès tellien et les calcaires néritiques cénomano-turonien. Cette brèche épaisse (plus de 60m) a été recoupée par la plupart des forages, entre 20 et 40m de profondeur. Elle affleure localement dans le quartier de Kaïdi, et à l'extrémité Est du glissement (au lieu dit Poudrière), où elle renferme de gros blocs calcaires arrondis (**Fig II-28**).



Fig II.28: Brèche miocène à gros blocs calcaires.
(BOUGDAL.2007)

- **Une alternance d'argiles rouges et de conglomérats miocènes :**

Les niveaux conglomératiques sont épais (10 à 15 m) et affleurent sous forme de 2 barres rocheuses (falaises). Les argiles sont assez denses, prennent localement une couleur verdâtre,

et renferment quelques graviers centimétriques. Elles admettent aussi, quelques niveaux franchement sableux, parfois grésifiés. (fig II.29)



Fig II.29 : Argile rouge à verdâtre et conglomérat grossier, miocènes. (BOUGDAL.2007)

- Les conglomérats sont constitués de blocs et galets roulés, calcaires et gréseux, provenant des formations céno-mano-turonienues et numidiennes, et d'une matrice limoneuse en faible proportion. Leur structure lenticulaire à l'intérieur des argiles, correspond à des chenaux de dépôts fluviatiles. La proportion entre les éléments grossiers et leur matrice plus fine, argilo limoneuse, est très variable. Les éléments grésocalcaires sont généralement prédominants et de grande taille, vers le sommet de la formation, c'est à dire dans la partie amont du glissement (rues Bélouizdad et Kitouni). Cette formation argilo-conglomératique, discordante sur la brèche miocène, d'après les coupes de sondages, une épaisseur moyenne de 30m dans la partie aval du glissement (Kaïdi-Aouinet el Foul) et 40 à 50m dans la partie amont (Kitouni-Bélouizdad).
- des colluvions argilo-graveleuses quaternaires, qui recouvrent, sous une faible épaisseur (quelques mètres), les formations plus anciennes. Elles résultent de l'altération des conglomérats miocènes dont elles ne s'en distinguent que par un aspect moins dense et moins structuré.
- des alluvions limoneuses formant la terrasse alluviale la plus récente de l'oued Rhumel.
- des remblais hétérogènes d'épaisseur variable, distribués sur l'ensemble du site du glissement et ses bordures. Ces remblais sont particulièrement épais en aval de Kitouni. Le talus abrupt qui délimite le quartier des Maquisards, montre plus de 5m d'un mélange argilo conglomératique à débris hétéroclites (plastic, ferraille, verre). Plusieurs habitations de ce quartier, sont fondées sur ces remblais qui paraissent anciens et probablement déversés lors de l'urbanisation de l'époque française.

II-5-5 Glissement du site Ciloc :

L'étude de la stabilité du site des cinq immeubles du Ciloc ont fait l'objet de plusieurs recherches (Benaissa et al, 1989 ; Benaissa et Bellouche, 1999 ; Lafifi et Guenfoud, 2008, BOUDLAL 2013). Les immeubles sont situés en bordure Sud-Ouest du plateau du Koudiat-Aty. Un glissement lent affecte, depuis février 1987, le versant (de faible pente, 10 à 15 %) au pied du bâtiment B comme le montre la **figure II.30**



Figure II.30 : Immeubles du site Ciloc affecté par le glissement, (au pied du bâtiment B).
(BOUDLAL 2013)

La **figure II.31** ci-dessous représente une coupe géologique du site affecté par le glissement. Il est constitué d'un multicouche d'argile/sable/marne en position inclinée.

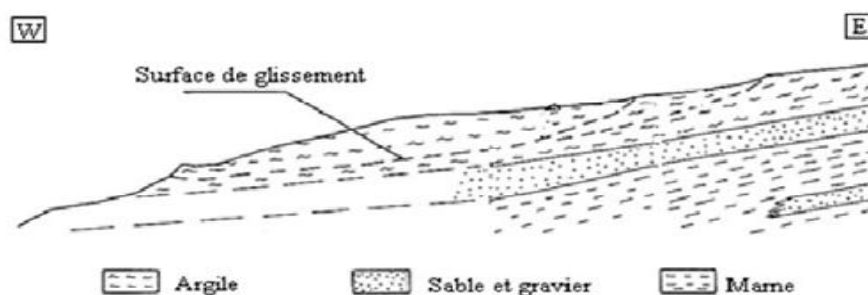


Fig II. 31 : Coupe géologique dans l'axe du glissement de terrain localisé, (Benaissa et al, 1989) et
(BOUDLAL.2013)

II-5-6-Glissement de Boussouf :

La série stratigraphique est représentée par des formations superficielles quaternaires (alluvions, colluvions) et des calcaires pliocènes, reposant en discordance sur des argiles épaisses du Miocène post-nappes (**fig. II.32**)

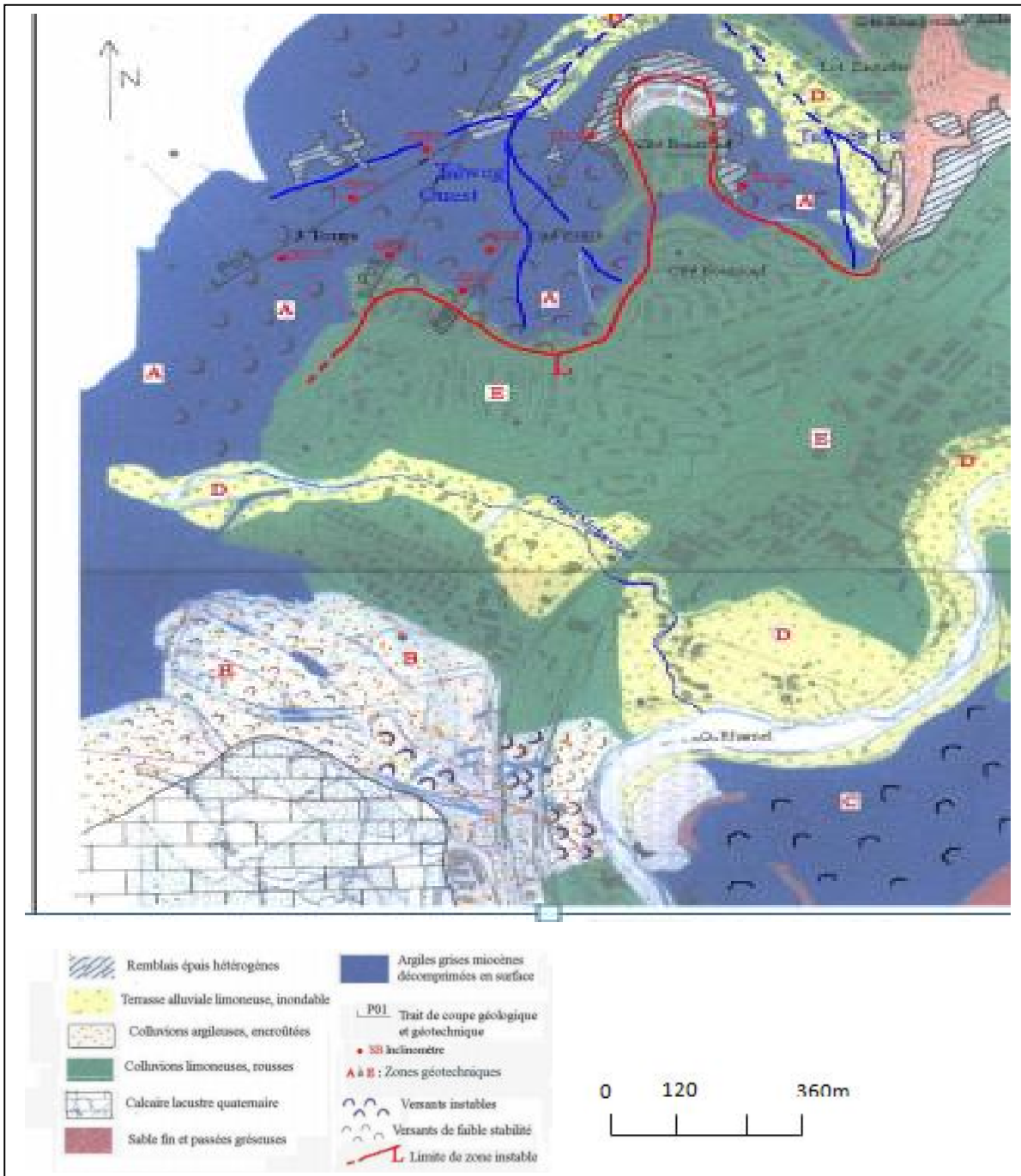


Fig II.32: Géologie et instabilité de versants. (BOUGDAL,2007)

La fig II.32 montre les formations suivantes :

- **Les terrasses alluviales :**

Elles sont de nature limoneuse et se développent en particulier le long des rives de l’oued Rhumel, à une altitude de quelques mètres par rapport à la cote topographique du cours d’eau. Ces terrasses existent également sur les berges de l’Oued M’gharouel qui traverse la zone C et en aval du versant de la zone B (source de Chabet El Merdja). Leur faible dénivelée par rapport à ces cours d’eau leur confère le caractère de zone inondable. Ces terrasses

correspondent aux termes les plus récents (Holocène) des formations alluviales étagées, connues, le long du Rhumel.

- **Les colluvions** : Elles sont peu épaisses, de nature hétérogène, mais à dominante limoneuse, rousse. Les colluvions les plus développées (masquant franchement les formations plus anciennes) sont localisées dans la zone centrale de Boussouf (zone E). Elles sont également largement répandues sur le versant Sud (zone B), bien que peu épaisses. Les talus de terrassement montrent, des colluvions grossières, encroûtées en surface, de 1 à 3m d'épaisseur. Elles sont suffisamment perméables et peuvent renfermer des aquifères superficiels, temporaires. En effet, de nombreux suintements se manifestent durant la période humide, au contact entre ces colluvions et les argiles miocènes imperméables, sous-jacentes. (Fig II.33)



Fig II.33 : Colluvions grossières, quaternaires, encroûtées du versant Sud (Zone B). (BOUGDAL.2007)

- **Les calcaires lacustres quaternaires :**

Ils n'existent à Boussouf que dans sa partie méridionale (limite Sud de la zone B), où ils forment des plateaux et collines relativement élevés. Ces calcaires se présentent en bancs épais, massifs, faisant relief par rapport aux argiles miocènes qu'ils recouvrent. L'érosion de la barre calcaire qui délimite le plateau de Zouaghi, donne quelques éboulis de blocs épars qui parsèment le versant argileux de la zone C.

- **Les sables et grès miocènes :**

Ils n'affleurent que localement dans la partie NE du site de Boussouf (Cités du 5 juillet et Boudjenana) et se développent plus au Nord. Les sables sont fins, épais, et admettent des bancs grésifiés d'échelle métrique, à rares cristaux de gypse.

- **Les argiles brunes à grises, miocènes :**

Elles forment le substratum de l'ensemble du secteur de Boussouf et correspondent à la formation la plus développée en surface. Elles se distinguent des autres formations par une végétation rare, des pentes naturelles qui ne dépassent pas 10 à 15 % et une morphologie souvent moutonnée, signe de leur fréquente instabilité. (Fig II.34)



Fig II.34: Argile miocène sur versant instable (Zone A). La zone boisée, stable est située à la limite sud Boussouf, et formée par les calcaires lacustres pliocènes. (BOUGDAL.2007)

Selon Khebizi, Guenfoud (2008) et BOUDLAL(2013), cette zone est caractérisée par des formations argilo-marneuses, avec une présence de nappe d'eau proche de la surface. Un lotissement de plusieurs immeubles a été construit comme le montre la **figure II.35**.



Figure II.35 : Cité neuve inoccupée à cause du risque de glissement, zone de Boussouf (Constantine). (BOUDLAL.2013)

Les formations sur lesquelles repose la cité semblent stratifiées, avec un pendage régulier et constant sur plusieurs dizaines de mètres, (**voir figure II.36**). Les sondages réalisés ont montré que le versant est de nature argilo-marneuse correspondant aux remblais, aux

argiles brunes gypseuses, aux argiles jaunâtres marneuses gypseuses compactes. Ces terrains sont le siège de nombreuses circulations d'eau (Belouar, 2005).

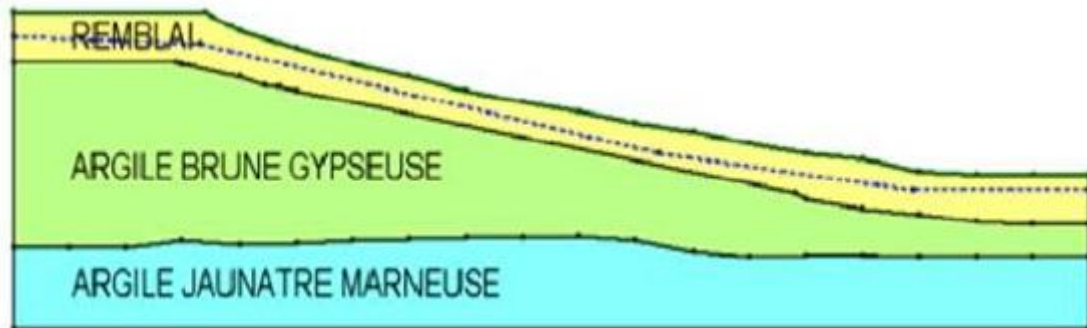


Figure II.36 : Profile géotechnique du versant Boussouf, (Constantine). (BOUDLA.2013)

II-5-7- Sud passage de Massinissa Constantine :

a) Contexte géologique :

D'après (Bendjeddou.2015) les contextes géologiques se présentent par les formations suivantes :

- Les remblais qui caractérisent un recouvrement parfois important. Ils sont définis par leur genèse anthropique.
- Les éboulis provenant de la partie sommitale du versant et sont identifiés par nombreux blocs rocheux de différentes tailles.
- Les argiles brunâtres qui renferment parfois des horizons sableux à gréseux. Elles sont riches en gastéropodes dont le test calcitique a été remplacé par du gypse.
- Les argiles marneuses grisâtres riches en gypse constituent le substratum.

II-5-8- Glissement du Pont Sidi Rached :

a) Contexte géologique :

La particularité de ce glissement vient de l'instabilité du versant du Chemin Forestier, au pied duquel se trouve des voies ferrées, une route importante (la rue Zaamouche) et un grand pont : le pont Sidi Rached. (Fig II-37)



fig II.37 : Le Pond Sidi Rached à Constantine. (BOUGDAL.2007)

Avec F : miroir de faille verticale remontant l'assise céno-mano-turonienne.

D'après l'interprétation des coupes de sondages réalisées par le laboratoire des Travaux Publics de Constantine (LTP EST) on distingue :

- **Les marnes et marno-calcaires crétacés (telliens) :**

Les marnes sont de couleur gris-sombre et se présentent en feuillets millimétriques à centimétriques. Elles se débitent facilement suivant leurs joints de stratification et le réseau serré de diaclases qui les découpe. Elles renferment des bancs demi-métriques marno-calcaires plus robustes et occupent, sous un faible recouvrement colluvial, la grande majorité du talus aval du pont de Sidi Rached et le versant du chemin forestier. L'observation de cette formation sur site et sur carottes de sondages, permet de distinguer **deux termes** :

- un terme supérieur décomprimé et parcouru par un réseau de diaclases ouvertes, tapissées d'oxydes et parfois de gypse. Cet horizon est très mal récupéré par sondages et les carottes sont souvent remaniées et récupérées en fragments centimétriques. Des pertes totales d'eau y sont constatées dans quelques forages anciens. Son épaisseur varie entre 10 et 20 m.
- un terme inférieur plus consistant, mis en évidence par les sondages et mieux récupéré (carottes de 10 à 100 cm). Cet horizon renferme néanmoins, quelques passées terreuses.

Contrairement à la régularité de la structure des calcaires néritiques qu'elles recouvrent, ces marnes sont très plissées et montrent, de place en place, une grande variation de leur direction et pendage.

Elles sont discordantes sur l'assise calcaire et correspondent aux nappes telliennes d'âge probable Maastrichtien.

- **Les calcaires lacustres de Mansourah (Fig II.38) :**

Ils sont d'âge quaternaire ancien et forment le plateau de Mansourah. Ils sont représentés par des dalles épaisses, subhorizontales, de plusieurs mètres de calcaire blanchâtre, vacuolaire discordant sur les marnes telliennes.

Un conglomérat de 1 à 2 m d'épaisseur, affleure localement à la base de ces calcaires. L'érosion différentielle entre les marnes friables et les dalles calcaires robustes, entraîne des écroulements fréquents de gros blocs parsemés le long du versant qui domine le pont Sidi Rached

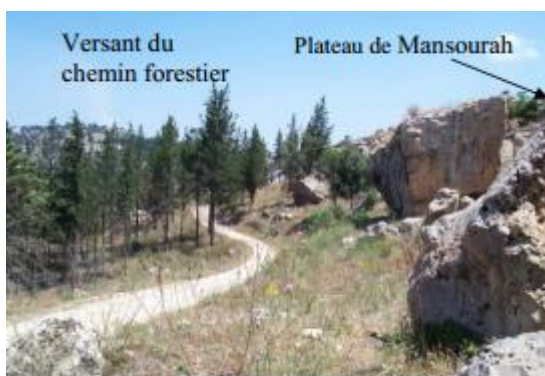


Fig II.38 : Dalle calcaire, disloquée en bordure du plateau quaternaire de Mansourah

- **Les colluvions et éboulis :**

Ils sont de nature hétérogène, recouvrent superficiellement l'ensemble du versant marneux. Quelques encroûtements calcaires se développent sur des zones de replats topographiques tel celui situé au-dessus du talus de la voie ferrée.

- **Les remblais :**

Les remblais les plus épais sont localisés, d'après les sondages, au droit de la culée orientale du pont et le long de la route qui mène vers la gare ferroviaire (rue Zaamouche). L'ensemble des sondages anciens, réalisés sur la culée du pont Sidi Rached et la plateforme ferroviaire voisine, a mis en évidence la présence de remblais épais. Certains sondages montrent des épaisseurs de 8 à 10 m. Ces remblais sont de nature prédominante marneuse et paraissent peu ou mal compactés.

II.6 - LA REGION DE CHLEF :

a) Situation géographique :

La wilaya de Chlef est située dans le Tell occidental à 200 km (jusqu'à 300 km pour les communes du nord-ouest) à l'ouest d'Alger. Elle est délimitée par :

- une côte Méditerranéenne s'étendant sur 120 km;
- la chaîne de la Dahra au nord ;
- les monts de l'Ouarsenis au sud ;
- la vallée du Chelif entre les deux ensembles montagneux.

La wilaya est caractérisée par un climat méditerranéen sub-humide dans la partie Nord et un climat continental au Sud, froid en hiver et chaud en été. Située dans une cuvette séparée de la mer par les monts du Dahra . Malgré son climat sub-humide, Chlef est une des régions les plus chaudes d'Algérie . Pluviométrie moyenne de 420 mm/an. Important massif forestier (chêne liège et le chêne Vert).

b) Les instabilités observées :

Dans la région de Oued Fodda-Chlef, les mouvements gravitaires observés sont de plusieurs

Types (**Fig. II.39**):

- 1- écoulements visqueux,
- 2- mouvements lents par fluage,
- 3- glissements de terrain,
- 4- écroulements.

Les trois premiers mouvements s'expriment dans les formations marneuses du Miocène supérieur (Messinien) et dans les marnes finement sableuses du Pliocène inférieur. Le dernier se produit dans les formations calcarénitiques du Pliocène supérieur et le long des berges limoneuses du Chlef.

Les écoulements visqueux concernent la partie superficielle très altérée et décomprimée des marnes, sur les versants de pente moyenne 20 à 25 %. Ils se manifestent en période humide, lorsque cette couverture est saturée.

NB : le glissement de terrain est notre objet.

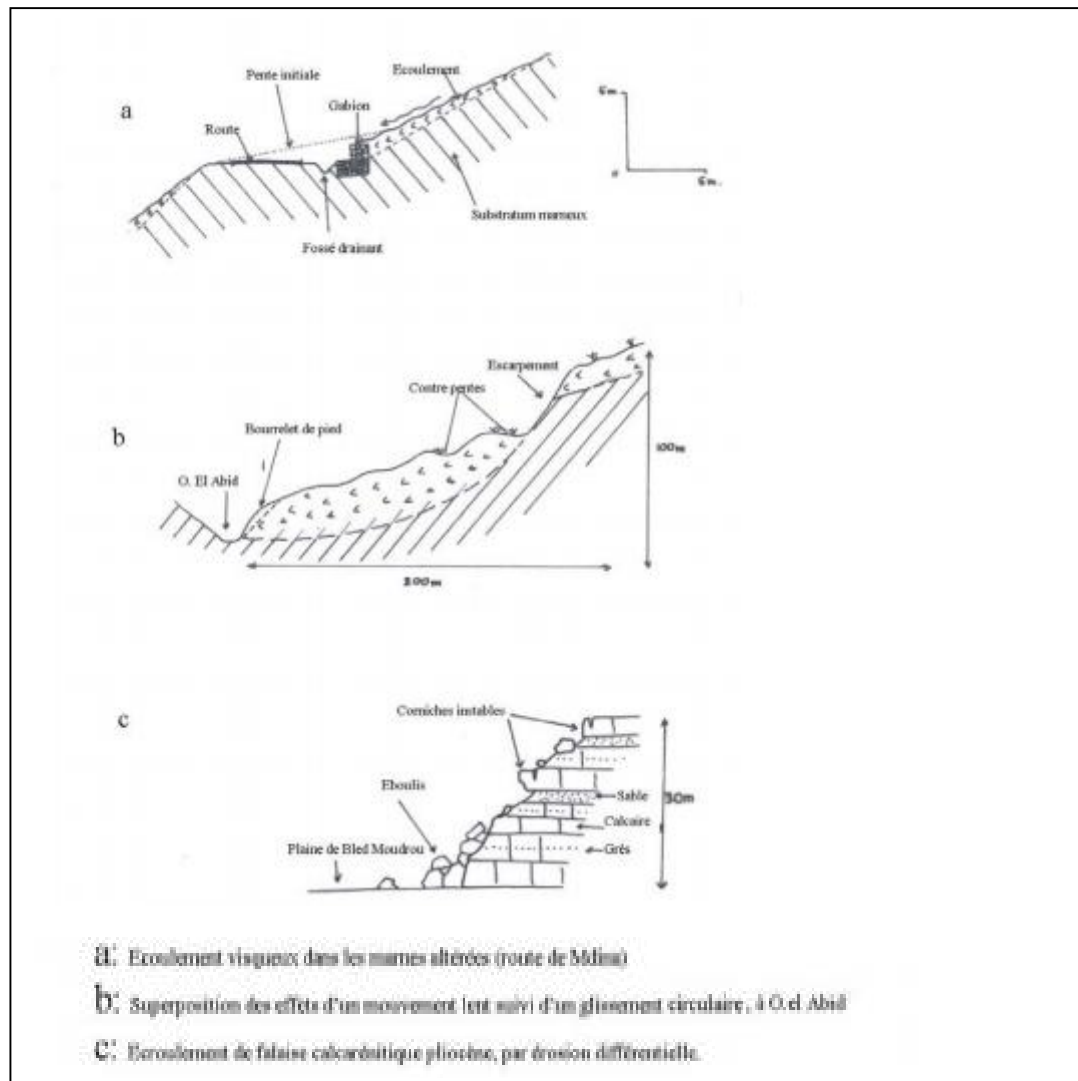


Fig II.39: Types d'instabilités observées dans la région de chlef. (BOUGDAL.2007)

c) Contexte géologique :

Perrodon (1957) distingue deux cycles sédimentaires dans les formations miopliocènes.

Le cycle miocène débute par :

- un conglomérat de base d'âge burdigalien et des dépôts détritiques gréseux sur les bordures du bassin. Ces grès passent latéralement, vers le centre du bassin, à des marnes bleues très épaisses (plusieurs milliers de mètres).
- des marnes bleues à niveaux cinéritiques, d'âge vindobonien (Langhien- Serravalien de Méghraoui, 1984), passant vers l'Est du bassin, aux sables et grès du Dj. Gountas.
- des marnes à tripolis et gypses (200m), formant la fin du cycle miocène.

Le cycle pliocène débute par un conglomérat de base auquel se superposent :

- des marnes bleues et calcaires construits, d'âge plaisancien, d'épaisseur pouvant atteindre 700m dans les zones axiales du bassin,

- des grès marins astiens, fins, de couleur jaune, à ciment calcaire et à stratifications entre croisées (100m)
- des sables plus ou moins grésifiés, d'origine continentale, formant le comblement du bassin.

Le Quaternaire est représenté par des grès calabriens marins, qui traduisent une nouvelle transgression qui ne dépasse, cependant pas, la partie occidentale du bassin (plaine de la Macta, plateau de Mostaganem, Oran). Au Villafranchien, des dépôts détritiques, continentaux et lagunaires, très épais (plusieurs centaines de mètres), marquent l'émergence définitive du bassin et lui donnent les grands traits de sa configuration actuelle.

II.7 : La région de Médéa et ses alentours :

a) Situation géographique :

Médéa est une commune, chef-lieu de la wilaya de Médéa, située à 80 km au sud-ouest d'Alger. Elle est délimitée :

Au Nord par : La commune de **Tamesguida**

Au Sud par : La commune de **Tizi-Mahdi**

A l'Est par : La commune de **Ouzera**

A l'Ouest par : La commune de **Draa Essma**

c) Les principaux glissements :

Selon le directeur du CTC Sud, agence de Médéa (Benchabane, 2010) et (BOUDLAL.2013), lors de sa conférence présentée à l'occasion de la journée technique sur les glissements de terrain du 01 juin 2010 à l'université de Tizi-Ouzou, la wilaya de Médéa est gravement touchée par les glissements de terrains, (voir **Fig II.40**). Les zones essentiellement affectées, comportent des projets en cours de réalisation (travaux de terrassements) ou des projets achevés. Les principaux projets touchés par les glissements sont : la cité universitaire 2000 lit, le nouveau lycée, les 400 logements de l'OPGI).



Fig II.40 : Glissement de terrains à la wilaya de Médéa.(BOUDLAL.2013)

c) Contexte géologique :

La ville de Médéa est construite sur un plateau élevé (900 à 950m), délimité par des rebords abrupts, dominant des versants de pente moyenne 10 à 20% (**Fig II.41**).

Le plateau est formé par des grès et sables, épais, (plusieurs dizaines de mètres visibles sur ses bordures), appartenant au cycle sédimentaire miocène terminal.

Les versants situés en contrebas, sont formés par des marnes grises d'âge miocène moyen.

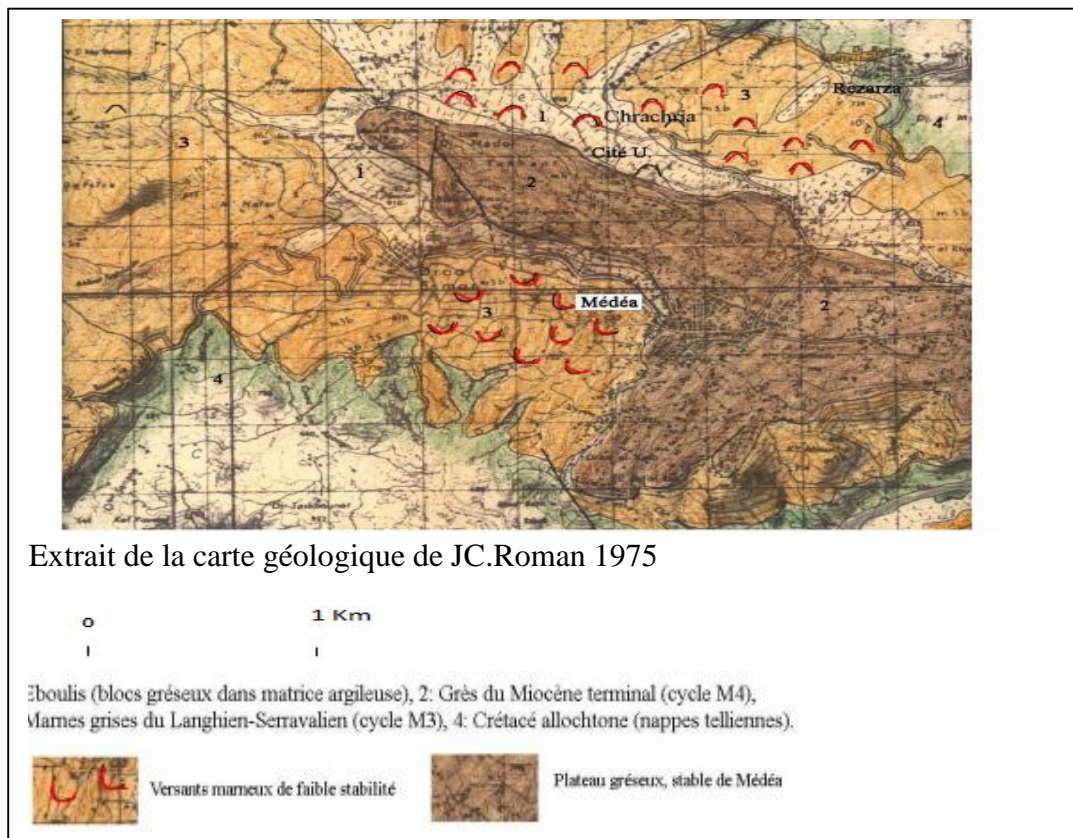


Fig II.41 : Instabilités des versants dans la ville de Médéa et ses alentours. (BOUGDAL.2007)

L'étude géotechnique a été réalisée sur la base d'une investigation par 45 essais au pénétromètre dynamique, 8 puits de 6 à 7 m de profondeur et des essais physico-mécaniques sur échantillons prélevés de ces puits. L'objectif recherché étant la portance des sols, estimée à partir des essais pénétrométriques. La démarche de l'étude n'a pas pris en considération l'analyse géologique et géomorphologique du site et le choix du pénétromètre dynamique est tout à fait inadapté vis-à-vis des terrains marneux cohérents qui forment la quasi-totalité du site.

L'étude d'expertise, a recommandé, après une reconnaissance géologique du site et des désordres survenus, une investigation plus détaillée du terrain par 17 sondages carottés, équipés en piézomètres, de 15 à 25 m de profondeur, 36 essais au pénétromètre statique, poussés jusqu'au refus et des essais physico- mécaniques en laboratoire.

D'après l'observation du site, l'analyse des coupes de sondages et l'exploitation des quelques essais physico-mécaniques réalisés lors de l'étude, les marnes qui couvrent toute l'assiette du projet, peuvent être subdivisées en trois catégories (**Fig II.42**), suivant leur degré d'altération qui commande étroitement leur comportement mécanique :

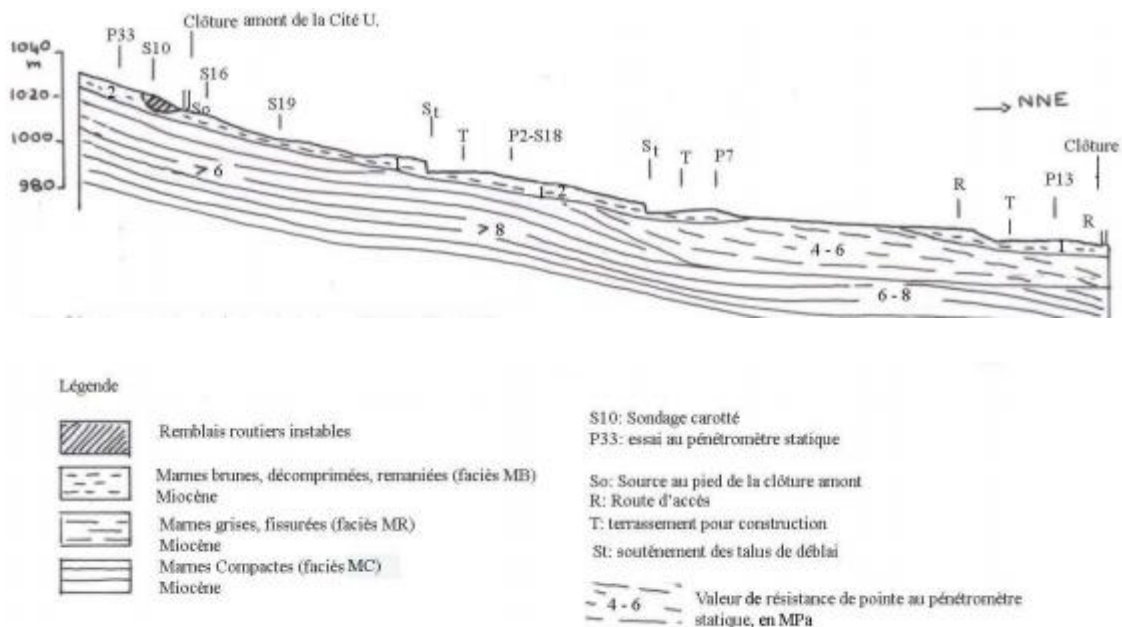


Fig II.42: Coupe géologique et géotechnique, cité 2000 lit Médéa. (BOUGDAL.2007)

D'après la fig 42 on conclut ce qui suit :

* **les marnes brunes plastiques et décomprimées (MB)** : Elles sont superficielles, d'épaisseur moyenne 3 à 5 m, et renferment parfois des cristaux de gypse disséminés.

* **Les marnes grises fissurées et remaniées (MR)** : Bien que moins altérées que les précédentes, ces marnes, plus profondes et plus épaisses (5 à 15m), sont très hétérogènes.

* **Les marnes compactes (MC)** : Cette catégorie de marnes, souvent profonde, puisqu'elle n'a pas été touchée par tous les sondages, se distingue des précédentes, par sa plus grande consistance (elles sont bien récupérées par les sondages carottés) et une fracturation peu développée. Elles renferment cependant, quelques rares passées plus fracturées. Elles sont très résistantes à la pénétration statique dans la mesure où la plupart des essais y marquent le refus.

II.8 - Glissements des argiles du "BASSIN DE MILA" :

a) Situation géographique :

Mila est une ville à l'est de l'Algérie, chef-lieu de la wilaya. Elle est délimitée :

Au Nord par : La commune de Sidi Merouane

Au Sud par : La commune de Sidi Khelifa

A l'Est par : La commune de Messaoud Boudjriou

A l'Ouest par : La commune de Ould Endja

b) Contexte géologique :

Les argiles du "Bassin de Mila" sont le siège d'un certain nombre de glissements de terrains, (voir **figure II.43**). L'hétérogénéité de la formation de ces argiles a rendu très dispersés les paramètres de cisaillement, déduits aux essais de laboratoire.



Figure II. 43: Glissements de terrains, zone des 185 logements de l'OPGI, (Mila).

(BOUDLAL.2013)

Selon Benaïssa et Belouar (2008) et (BOUDLAL.2013), les matériaux concernés par les désordres sont essentiellement les formations d'âge mio-pliocène. Ces formations sont représentées par une alternance d'argiles rouges limoneuses et des niveaux plus grossiers.

II.9 - Glissements de Mechroha, Zaarouria, Hammam Tassa (Souk-Ahras) :

a) Situation géographique :

La wilaya de Souk Ahras se situe au Nord-Est de l'Algérie, à l'est des Aurès et à la frontière Tunisienne. Le climat de la wilaya est de type méditerranéen au nord et continental à l'extrême sud. Les températures varient selon les saisons (jusqu'à 10 °C en janvier et 45 °C en août). Les températures moyennes sont de 15 °C en janvier et 35 °C en juillet. Depuis 2005, les glissements de terrains dans la wilaya de Souk-Ahras se manifestent particulièrement dans trois secteurs essentiels: Mechroha, Zaarouria et Hammam Tassa, (Charef et al, 2008).

b) Contexte géologique :

D'après David (1956), la lithostratigraphie de la région de Souk Ahras est caractérisée par des formations sédimentaires, comportant des calcaires, des argiles, des marnes, des grès, des cailloutis et des alluvions. Il existe également, des formations argilo gypseuses à fragments et blocs de roches diverses. Ce sont alors des formations détritiques à granulométrie fine qui sont à craindre du point de vue géotechnique puisque leurs propriétés mécaniques sont généralement défavorables. La dominance marno-argileuse des formations rencontrées atteint une vingtaine de mètres en profondeur.

II.10- Glissements de Bordj Bounaama, (TISSEMSILT) :

a) Situation géographique :

La commune de Bordj Bounâama est située à environ 60km au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt.

b) Contexte géologique :

Selon Bentarzi (2010), lors d'une conférence présentée à l'occasion de la journée technique sur les glissements de terrain du 01 juin 2010 organisée à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou par le Laboratoire de recherche en Géomatériaux, Environnement et Aménagement (LGEA), plusieurs glissements se sont manifestés dans la région.

La corrélation entre les différents essais in situ réalisés confirme dans l'ensemble, la nature lithologique du sol, constituée essentiellement par une couche de colluvions d'épaisseur variable entre 3.0 et 12.0m, représentant de faibles caractéristiques, qui repose sur un substratum schisteux ayant des caractéristiques relativement meilleures.

II.11 - GLISSEMENT DE SETIF :

a) Situation géographique :

La wilaya de Sétif est localisée dans l'Est algérien dans les Hauts-Plateaux. Elle est limitée : au Nord par les wilayas de Bejaia et Jijel, à l'Est par la wilaya de Mila, au Sud par les wilayas de Batna et M'Sila et à l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou Arréridj.

La wilaya de Sétif se caractérise par un climat continental semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers froids et pluvieux. Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l'espace. plus de 700 mm par an, la quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines, par contre la zone Sud est la moins arrosée et les précipitations annuelles ne dépassent guère les 300 mm.

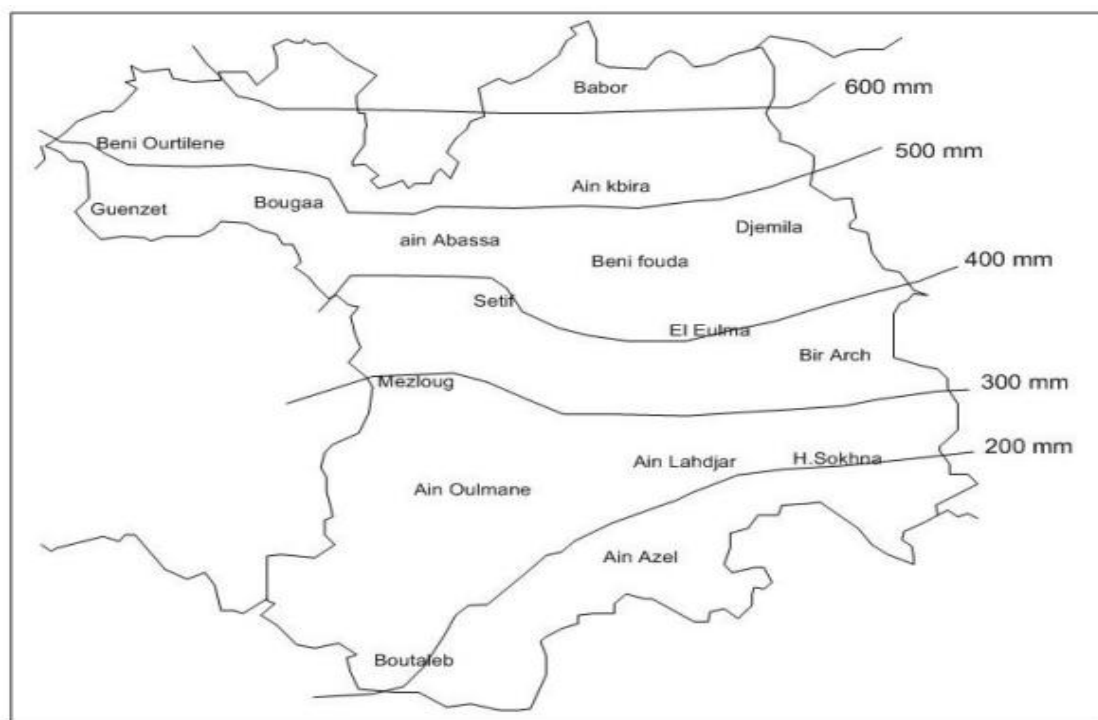


Fig.II.44 : Répartition des niveaux de pluies dans la wilaya de Sétif (DSA de Sétif, 2011) ;
(DJENBA.2015)

▪ Le relief :

Le relief de la zone sétifienne, se divise en trois grandes zones (**Figure II.45**) :

Zone montagneuse : Cette zone occupe plus de 40% de la superficie de la wilaya elle est bien représentée au Nord et au Sud.

Zone des hautes plaines : c'est une immense étendue, occupant 50% de la superficie totale de la wilaya, elle est relativement plane et dont l'altitude varie de 950 m à l'Ouest jusqu'à 750 m à l'Est.

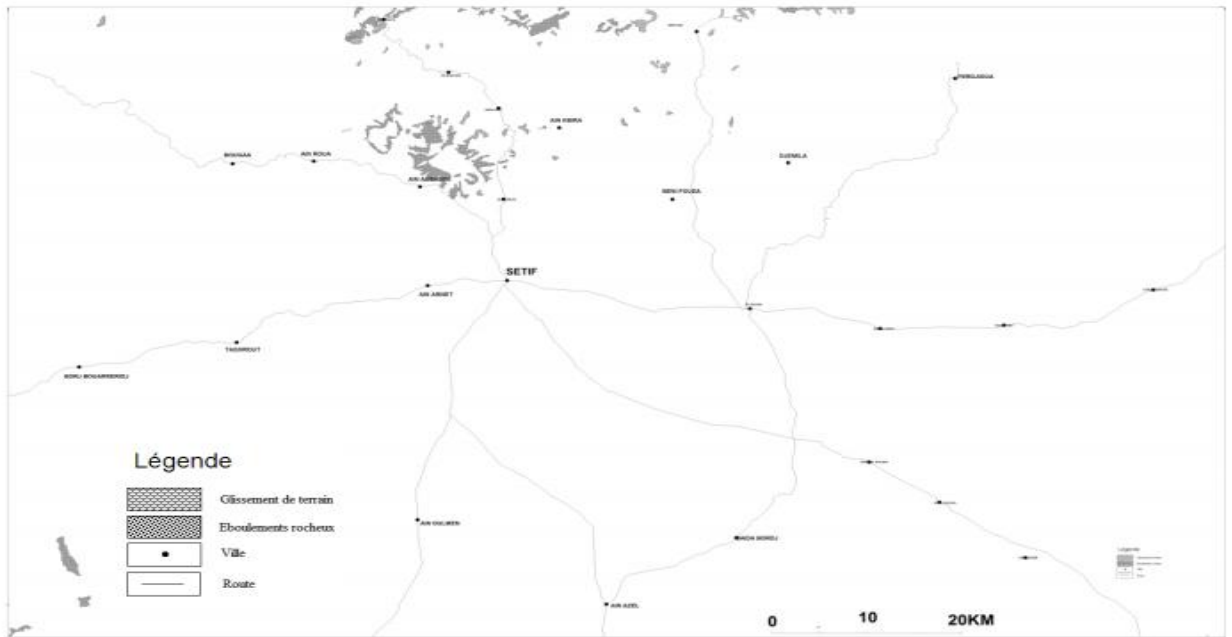


Figure II.46: Les mouvements de sols dans la région de Sétif. (DJENBA.2015)

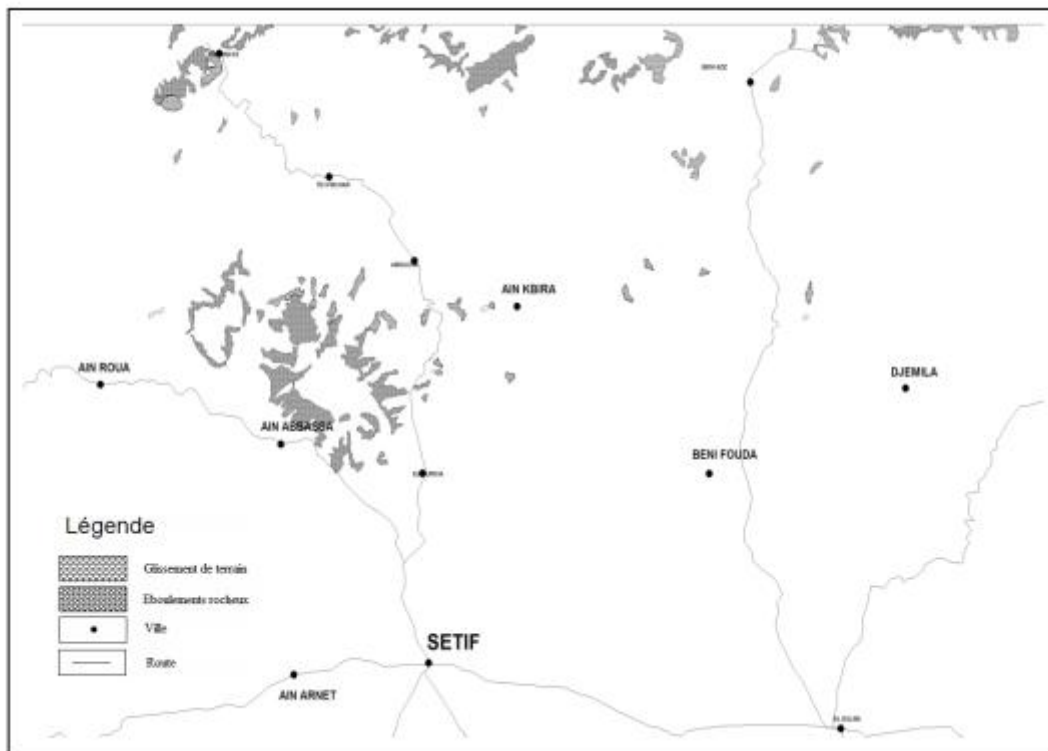


Figure II.47 : Détail de la figure II.46. (DJENBA.2015)

b.1- Les instabilités de l'Ouricia :

La parallèle d'Ain Abbassa, Ouricia, Ain Kbra est le commencement de l'aspect montagnard du Nord de Sétif où les instabilités de terrain sont bien rependues.

D'après la carte géologique feuille de Kherrata ,la région de l'Ouricia appartient au domaine allochtone externe où sont présentent, la nappe de Djemila, l'unité supérieure à

matériel éocène et la nappe numidienne d'âge Oligocène. Ces unités sont en contacts anormaux matérialisés par la présence du Trais. Elles sont plus ou moins recouvertes par des formations moi- plio- quaternaires. De ce fait les nappes possèdent la stratigraphie suivante :

- **La nappe de Djemila :**

- a) Calcaires bien réglés en bancs métriques c'est le Maestrichtien inférieur.
- b) Marnes noires indifférenciées parfois à boules jaunes.

- **L'unité supérieure à matériel éocène :**

- a) Calcaires bitumineux blancs à cassures noirs et silex noirs
- b) Marnes noires, brunes ou grises à bancs et boules jaunes.

- **La nappe numidienne :** Barres de grés grossiers à intercalation argileuse.

Les **Figures II.48 et II.49**, illustrent la structure générale de cette zone.

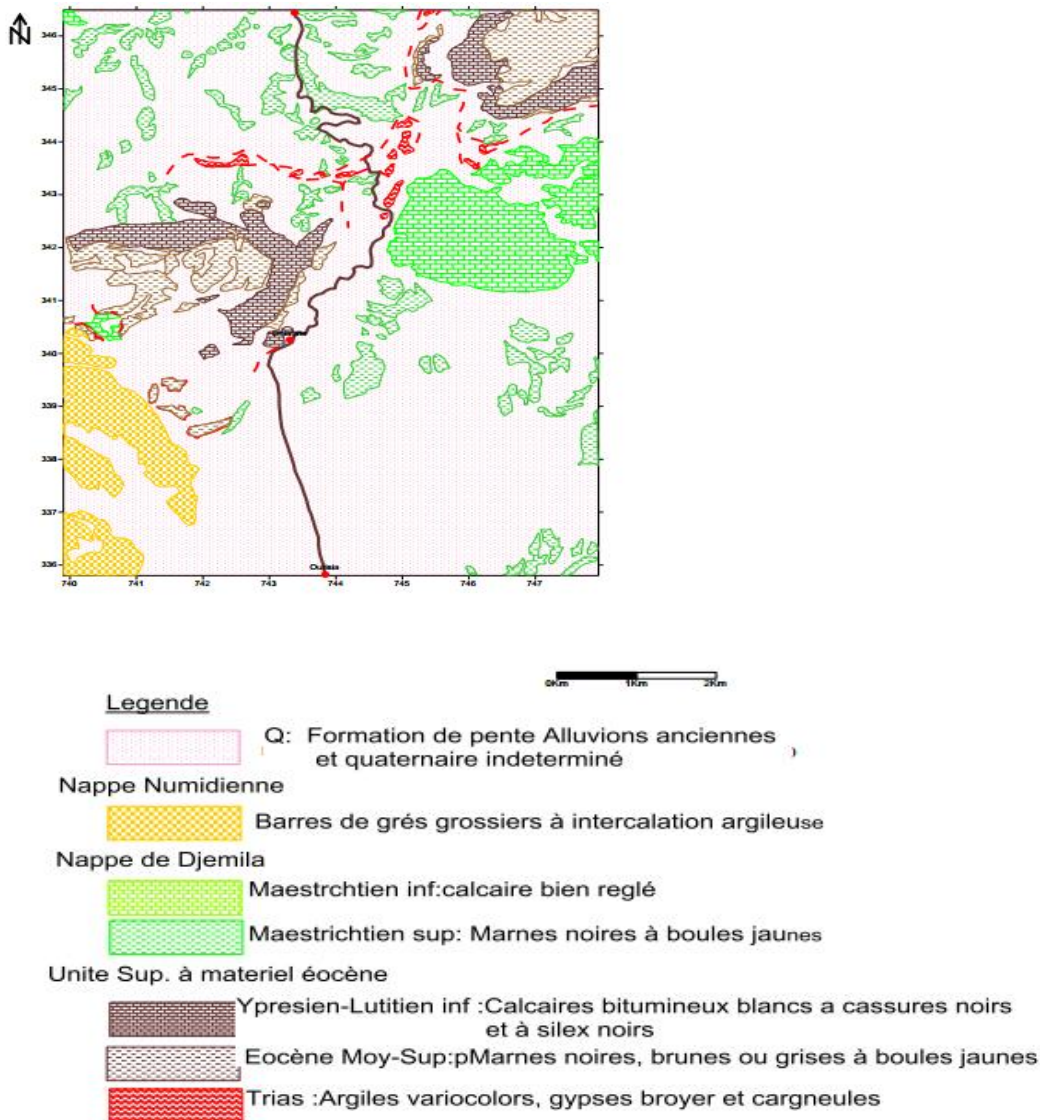


Figure II.48: carte lithologique du nord de l'Ouricia. (DJENBA.2015)

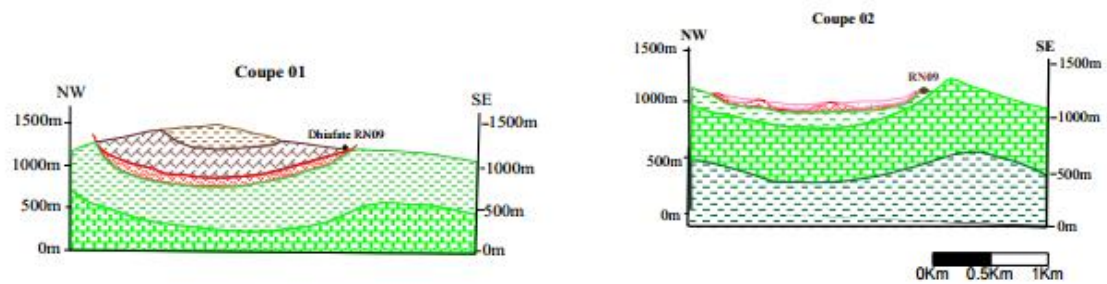


Figure II 49 : Coupe interprétatives de la carte lithologique. (DJENBA.2015)

b.2- Les glissements de terrain de Dhiafet :

Il s'agit de mouvements de terrain au nombre de 7 sur 8 km tout au long de la RN 09 vers Bejaia. Il s'agit d'anciennes loupes de glissements de terrain réactivés suite aux fortes précipitations hivernales. Il existe aussi d'autres types de mouvements tels que les éboulements rocheux sur le piedmont de Djebel Aissel et la dissolution des formations gypseuses triasiques.(**Fig.II.50**).

Le glissement en question concerne la partie de la RN09 au point kilométrique à 5 Km au Nord de la ville d'El- Ouricia. Il s'agit d'un petit ravin sur lequel la route passe par un remblai d'accès. Il affecte le côté aval de la route sur une longueur de 100 m et une largeur de 50 m. Il convient tout d'abord de signaler que la section de la RN9 affectée par le glissement en question est située dans l'unité tellienne qui est caractérisée par une forte instabilité de ses sols à cause d'une part de la lithologie et de la morphologie particulière des terrains. La morphologie des versants est marquée par un relief plus ou moins contrasté avec des pentes moyennes de l'ordre de 30°. Ces versants à dominance marneuse présentent un important ravinement. Ainsi, on remarque que :

- le remblai d'accès a été posé sur un ancien glissement de terrain. Les signes du mouvement de l'ancien glissement de terrain sont matérialisés par la morphologie du terrain ondulée, bombée et le bourrelet de la grande masse glissée.
- une coupe lithologique schématique transversale à la route montre la nature géologique du terrain. **Fig. II.51**.
- Absence ou insuffisance d'un système de drainage ou d'évacuation des eaux.
- Influence du trafic et des charges roulantes.



Figure II.50: Localisation des différents mouvements de terrain Dhiayet. (DJENBA.2015)

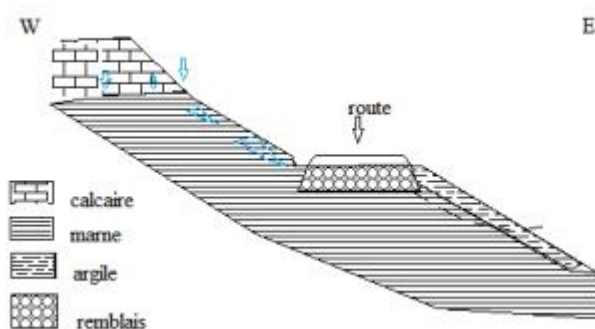


Figure II.51 : Coupe schématique du glissement de la région de Dhiayet. (DJENBA.2015)

b.3- Le Glissement d'Ouled Fayed :

Ce glissement se trouve à côté de la RN9 et à l'extrémité Nord de mechta de Ouled Fayed. Ce glissement s'étend sur 70 m de longueur et de 93 m de largeur qui s'est formé en pied et de plusieurs fissures transversales. Fig II.52. Le sol en mouvement laisse apparaître des formations marneuses très altérées en surface. A côté du site, on a constaté la

présence d'une source d'eau à très faible débit. Ce glissement s'est manifesté par un affaissement d'une partie de la route.



Fig.II.52: Glissement d'Ouled Fayed. (DJENBA.2015)

b.4- Les Glissements le long du dédoublement de la route nationale N° 9 :

Trois glissements sont apparus le long de la RN9 lors du nouveau dédoublement :

- **Le premier glissement** : est situé sur la partie amont de la route et s'étend sur 25 m de longueur et sur 16 m de largeur avec une rupture sommitale de 0,5 m, formé au pied de plusieurs fissures transversales. Le sol en mouvement est une marne feuilletée.
- **Le deuxième glissement** : est sur la partie aval de la route et s'étend sur 30 m de largeur, 33 m de longueur avec une rupture sommitale de 0,7 m qui s'est formé en pied de plusieurs fissures transversales. Le sol en mouvement est une formation de pente argileuse.
- **Le troisième glissement** : est de même type que le glissement précédent avec une géométrie différente, 90 m de longueur et 34m de largeur avec une rupture sommitale de 0,5m. En générale se sont des nouveaux glissements superficiels provoqués hors des travaux de dédoublement de la route nationale N°9. Ainsi ses travaux de terrassement entrepris vont créés des pentes sans soutènement et drainage.

b.5- Les glissements de la ville de Bougaa :

b.5.1) Situation géographique :

La ville de Bougaa, est située dans la partie nord-ouest de la wilaya de Sétif, à environ 45 Km de chef-lieu (**Fig.II.53**). La zone concernée par ce glissement englobe l'ancienne ville et son extension vers l'Est; elle occupe une superficie d'environ 375 hectares.

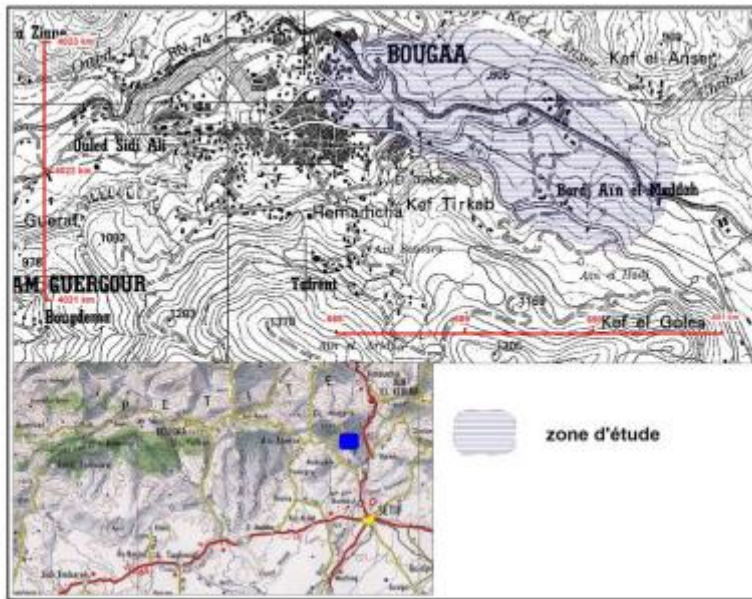


Figure II.53 : Situation géographique de la ville de Bougaa. (DJENBA.2015)

b.5.2) Contexte géologique :

La ville de Bougaa se trouve à la limite septentrionale d'une fenêtre de terrains jurassique et crétacé **parautochtone (Fig.II.54)**. Après la mise en place des nappes au Miocène inférieur, les bombements tarditectoniques ont fait ressortir le massif de Guergour composé de terrains calcaires dolomitiques et marneux du Jurassique et du Crétacé formant les reliefs au Sud de la ville. Par ailleurs, l'assise de cette dernière est formée par les argiles et des calcaires de l'Eocène de la nappe de Djemila. D'après les travaux de Glaçon, (1967), la région possède une structure en hors-graben. Deux types d'accidents majeurs en rendent compte.

- la première d'une direction essentielle NW-SE représente plus de 70% de l'ensemble des directions et d'autres directions apparaissent avec un pourcentage plus faible, NS et EW. Une intense fracturation a facilité l'édification de formes karstiques qui sont dirigées le long des failles majeures.

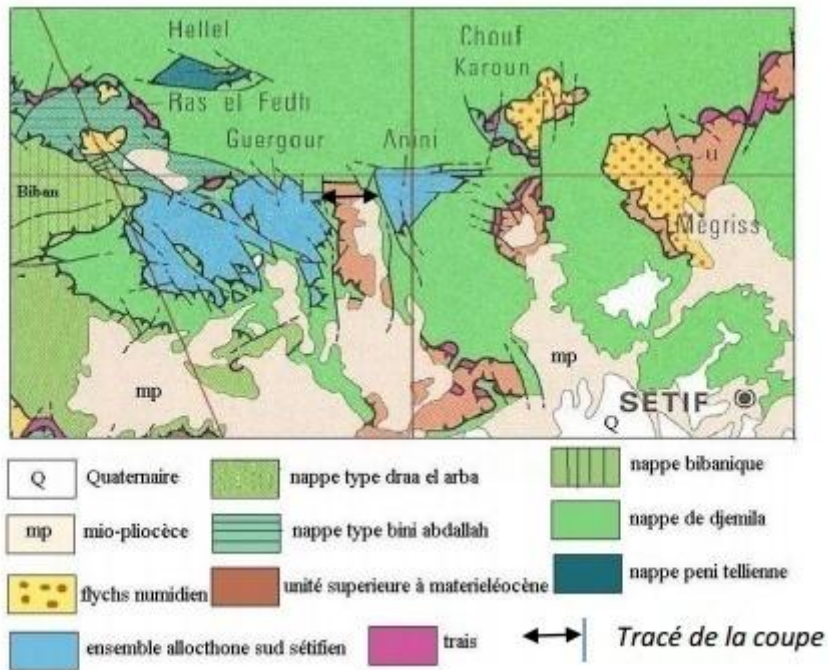


Figure II.54 : Schéma structural simplifié du N.W Sétif extrait de la carte géologique 1/200000. (DJENBA.2015)

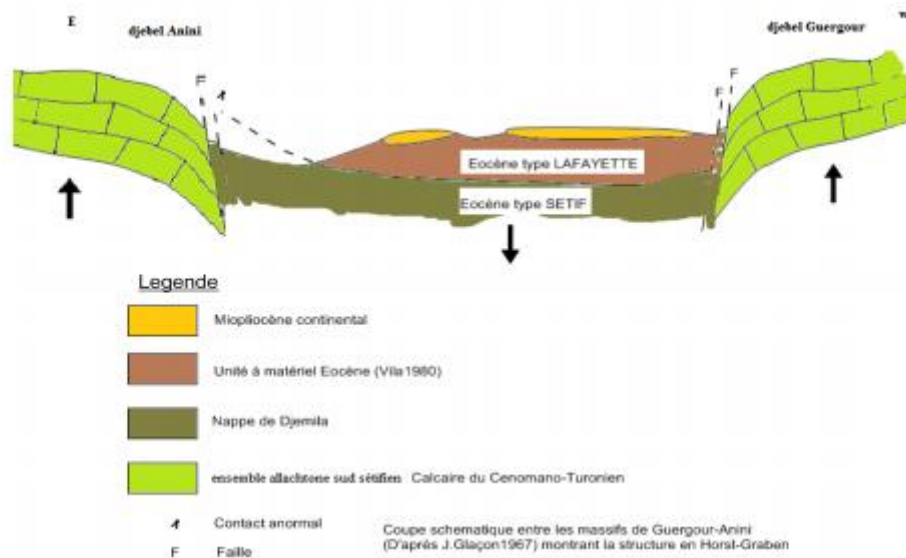


Figure II.55 : Coupe schématique entre les massifs de Guergour et Anini montrant la structure en hors –graben. Glaçon, 1967. (DJENBA.2015)

La carte morphostructurale superposée sur une image Google Earth, celle-ci fait apparaître un réseau de faille très intense lié à la rigidité de faciès de Dj. Guergour d'un cote et à la sismicité de la région d'autre coté. **fig II.56** et **fig II.57**

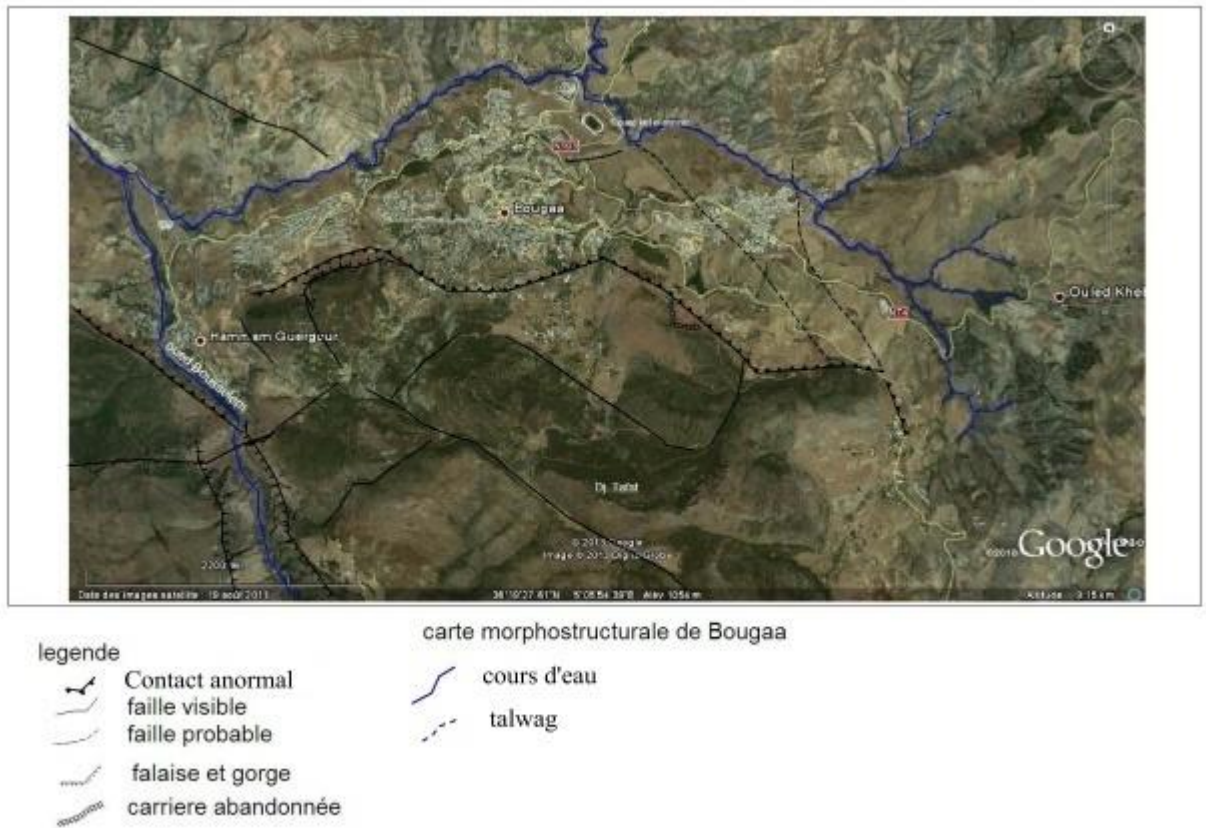


Figure II.56 : Carte morphostructurale de la région de Bougaa. (DJENBA.2015)

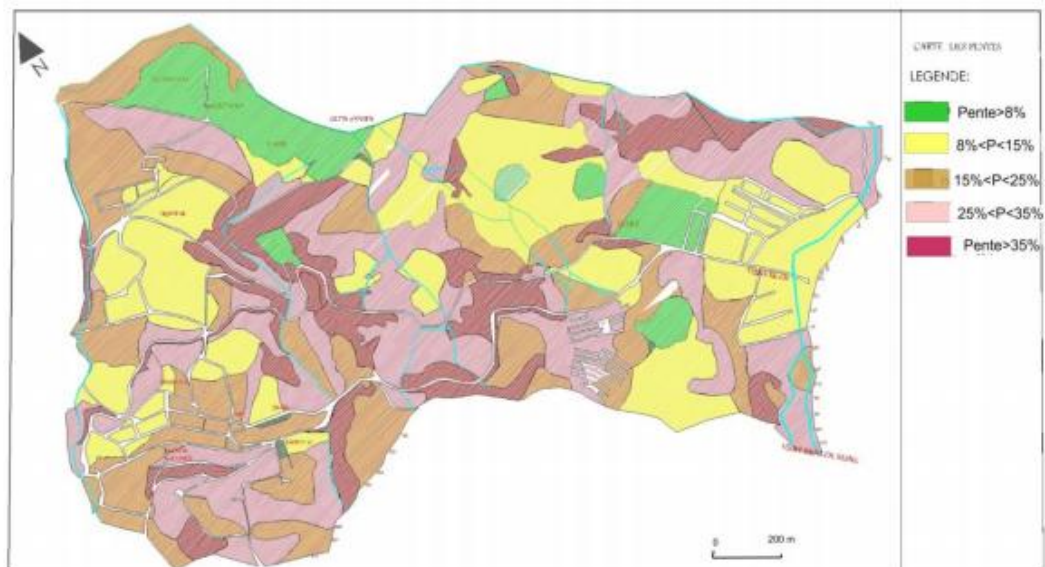


Figure II.57 : Carte des pentes de la ville de Bougaa (LTPE 2002 et DJENBA.2015).

b.5.3) Les reconnaissances géotechniques:

Deux étapes de reconnaissances géotechniques ont été réalisées par LTPE, la première a consisté à faire un levé sur terrain et la seconde à faire des essais de

reconnaissance mécanique. Cette démarche a permis de faire un levé géologique et géomorphologique détaillé des sites ainsi qu'une enquête auprès des riverains qui a aboutis à la réalisation de la carte des indices **Fig.II 58**. Cette carte traduit bien l'existence des glissements anciens au nombre de quatre, localisés sur les colluvions ainsi que des glissements récents au nombre de onze localisés en major partie sur les éboulis à blocs. Tous ces mouvements sont associés à des pentes moyennes à fortes. Un réseau de drainage qui converge vers le Nord et quatre zones humides en liaison avec les formations de pente qui suggèrent un écoulement d'eau souterraine a été également remarqué.

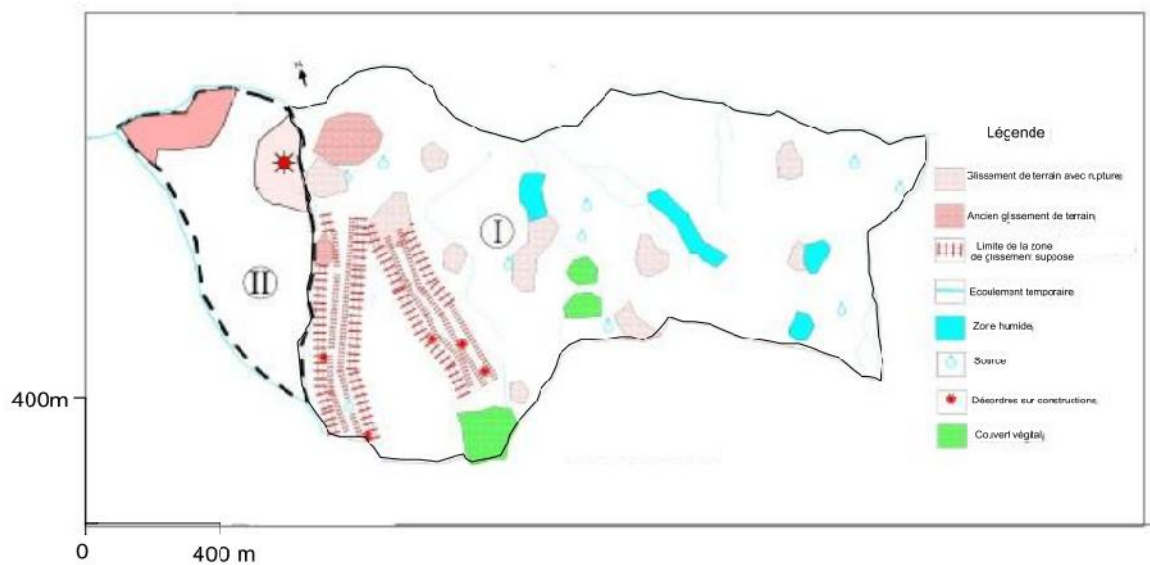


Figure II.58 : Carte des indices (LTPE 2002 et DJENBA.2015)

D'après observation du terrain et les reconnaissances des sondages carottés réalisés par LTPE, le terrain est hétérogène lithologiquement (**Fig.II.59**).

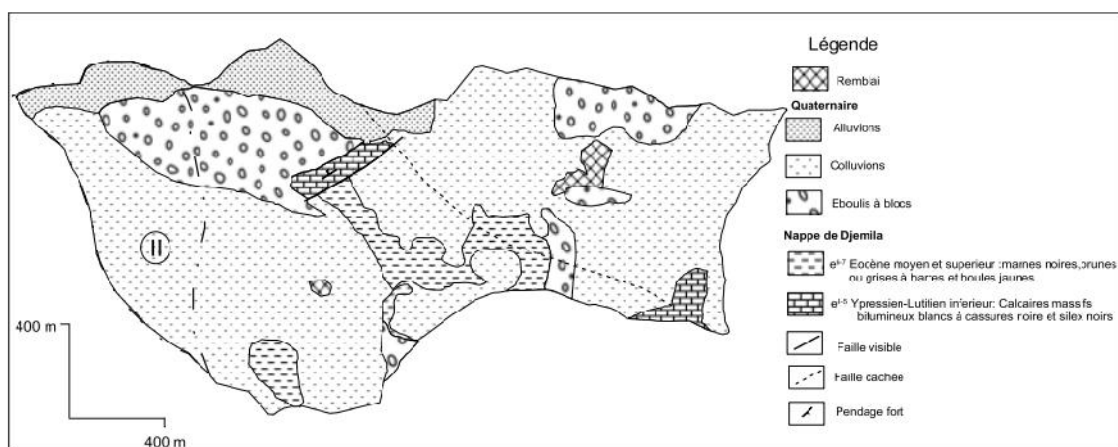


Figure II.59 : Carte géologique de Bougaa (LTPE 2002 et DJENBA.2015)

Ces formations géologiques sont regroupées en deux catégories :

Les formations quaternaires et les dépôts grossiers de pente.

1- Les formations du Quaternaire :

Sont associés à ces formations :

- **Les dépôts de pente fins (colluvions) :**

Ils sont représentés par des argiles beiges, brunes à jaunâtres renfermant parfois des graves et cailloux ou encore des fragments rocheux de petites dimensions peu usés. Ces dépôts colluviaux couvrent de grandes surfaces du versant, ils sont de granulométries fines, issues de formations meubles plus anciennes. Ils présentent une épaisseur très variable (2 à 20 m)

- **Les alluvions anciennes :**

Elles couvrent l'étendue plate le long d'Oued Ancer au Nord-Est de la carte. Ces alluvions sont formées par des graves et cailloux enrobés dans une matrice limono-argileuse.

- **Les matériaux de dépôts (les remblais) :**

Les remblais sont constitués de terre végétale, limons, argiles et de fragments de roches diverses, leur épaisseur est généralement variable (1 à 5m).

- **Pour le matériau rocheux on distingue :**

- **les argilites schisteuses grises à brunes, à boules jaune** qui constituent le substratum et qui se présentent sous forme d'affleurement dans les zones hautes et centrales. Ces roches relativement dures forment un relief plus ou moins accusé. Ces formations sont parfois légèrement calcaires avec quelques bancs de calcaire marneux.
- **les calcaires à silex** présentent des affleurements très limités et très réduit dont le pendage a un plongement vers le Nord.

2- Les dépôts de pente grossiers :

Ce sont des anciens éboulis fixés dans une gangue argileuse. La granulométrie de ces formations est très hétérogène et grossière, avec des éléments métriques la plupart du temps. Nous associons à cette catégorie, les éboulis consolidés avec de gros blocs de calcaire et de brèche à ciment limono-argileux rougeâtre. Ces formations ont pour origine les affleurements souvent en falaises, de roches de toute nature.

c) Contexte géologique de la région de sétif:

A l'exception de la dorsale et du socle kabyle toutes les unités géologiques de la chaîne alpine sont bien représentées dans la région de Sétif.

1. Formations peu ou pas tectonisées :

1-a. Le Quaternaire. Il est représenté par :

- **Les éboulis** : il s'agit d'éboulis de cône torrentiel qui sont limités au revers septentrional des monts du Hodna, les éboulis à blocs qui sont les plus fréquents et les plus récents et on les trouve essentiellement à la base des corniches calcaires ou gréseuses et les éboulis en masse qu'on trouve essentiellement sur la limite nord de la nappe numidienne gréseuse du Djebel Mégriss.
- **Les alluvions récentes** : elles forment généralement une mince bande souvent discontinue au fond des oueds les plus importants. Dans le Nord, leur composition est plus nettement argileuse, alors que dans le Sud, il s'agit surtout de sables et de graviers.
- **Terrasses, formations de pente et Quaternaire indéterminé** : les formations de pente correspondent à des terrasses dilacérées ou à des alluvions anciennes sur lesquelles sont développés des sols bruns peu ou pas calcaires. Au Quaternaire indéterminés sont rapportés des placages dispersés de nature variée qui prennent un grand développement sur les niveaux marneux et qui en gênent considérablement l'observation.
- **Glacis polygéniques** : ces glacis correspondent à des surfaces très faiblement pentées près des plaines dont la pente augmente progressivement vers la montagne. Au moment des fortes pluies de printemps ou des gros orages d'aout –septembre, ces glacis sont localement le siège d'un écoulement en nappe avec remise en mouvement de nombreux galets et du limon superficiel.
- **Villafranchien (croûtes calcaires)** : ce sont les formations les plus caractéristiques des hautes plaines sétifiennes. Elles sont datées, notamment à l'Ain Lahnech près d'Eulma, par des associations de grands Vertébrés. Ces niveaux sont en outre ravinés par des argiles à lits de cailloutis qui ont fourni des sphéroïdes à facettes. Au-dessus viennent 10 à 15 m de marnes jaunes : puis la croûte calcaire tuffacée.
- **Sebkha** : ce sont des vases salées, souvent inondées, surtout l'hiver et recouvertes l'été par des croûtes de sel.
- **Sols salés** : il s'agit de limons salés à végétation typique de Salsolacées correspondant à des sols hydromorphes incultes, très mal drainés.
- **Formations dunaires**: ce sont des amas éolisés de sables calcaires et de poussières limoneuses mêlés à des débris coquilliers fins (Gastéropodes) ou à des végétaux. Ces

formations actuellement en cours de démantèlement témoignent d'une époque où l'aridité été encore plus marquée.

- **Tufs hydrothermaux** : les tufs hydrothermaux les plus développés correspondent aux surfaces planes ou faiblement inclinés du Hammam Guergour au débouché de l'Oued Bousselem. Prés d'Ain Roua, à la pointe Est du Djebel Anini, sur le revers Nord du Djebel Medjounès et près de Redjas el Ferada, il s'agit de surfaces modestes liées à des sources chaudes toujours plus ou moins en activité, associées à des failles normales très récentes.

1-b. Mio-Pliocène :

- **Mio-Pliocène continental** : les formations attribuées au Mio-Pliocène continental occupent de vastes espaces. La partie argileuse la plus ancienne peut correspondre, comme dans le bassin de Béni-Fouda ou dans celui de Bousselem, à la partie terminale du Miocène. L'ensemble de ces formations présente des faciès très variables.
- **Miocène marin (Burdigalien-Langhien)** : près d'Arbaoun, sur le revers Sud-Ouest du Djebel Sidi-Mimoun, affleurent les faciès classiques du « Cartennien ». Ce sont des grés calcaires, des calcaires gréseux organogènes, des brèches et des conglomérats à ciment calcaire. Les conglomérats remanient le Numidien sous-jacent et des roches volcaniques analogues à celles d'El Aouana à Jijel.

II.12 - GLISSEMENT DE LA REGION DE BEJAÏA :

a) Situation géographique :

Béjaïa est située à 181 km à l'est de la capitale Alger, à 93 km à l'est de Tizi Ouzou, à 81,5 km au nord-est de Bordj Bou Arréridj, à 70 km au nord-ouest de Sétif et à 61 km à l'ouest de Jijel. Elle est délimitée au nord et à l'est par la mer Méditerranée et elle touche les communes de Toudja à l'ouest, d'Oued Ghir au sud et de Boukhelifa et Tala Hamza au sud-est.

Le climat de Béjaïa est de type subtropical, avec des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs.

Parmi les zones menacées par ce glissement ; le chemin de wilaya N°13 à Tifra et la route nationale N°12.

II.12.1 - Glissement de terrain sur le CW13 à Tifra Willaya de Bejaïa :

a) Contexte géologique :

La géologie de la région est constituée globalement par des formations gréseuses dans lesquelles sont inter stratifiées des marnes et des marnes schisteuses. Les grés en place ont subi des phénomènes d'érosion. Les investigations géotechniques ont révélés les formations géologiques suivantes depuis la surface :

- Une couche d'éboulis gréseux de 5 m d'épaisseur;
- Des marnes schisteuses tendres de 0,5 m d'épaisseur ;
- Des bancs gréseux de 1, 10 m d'épaisseur;
- Au-delà des alternances de marnes schisteuses et de grés compacts.

II.12.2 - Glissement de terrain sur la RN 12 – Willaya de Bejaïa :

a) Contexte géologique :

La zone de glissement culmine à environ 550 m d'altitude et est située sur un versant escarpé. Il concerne une section de la RN 12. Les premiers mouvements de terrain ont été remarqués en contre bas de l'accotement en décembre 2004. Au cours de l'année 2006, L'affaissement a atteint la chaussée avec apparition d'un second point d'affaissement qui a engendré un tassement d'environ 30 cm de la chaussée. Les données géologiques de la région indiquent que la majeure partie des formations rencontrées appartiennent au domaine des Flysch. Du point de vue lithologie, on retrouve globalement, depuis la surface les formations suivantes :

- Éboulis de pente à dominance limono argileuse (couvertures) ;
- Schistes et marnes schisteuses altérés en surface;
- Comblement des dépressions par des dépôts érosifs hétérogènes parfois cimentés.

b) Contexte géotechnique :

Deux sondages carottés ont été réalisés le long du tronçon affecté par le glissement de terrain. L'analyse des données montre que le sol est de nature argilo-marneux sur une épaisseur de 7 m et plus avec des angles de frottement de 12° à 15° et une densité humide de 19 kN/m³.

CONCLUSION :

Au terme de ce chapitre, on a constaté que les glissements de terrain se développent sur des sites constitués des conglomérats, des argiles sableuses de types argileux marneuses, des remblais hétérogènes d'argile, éboulis de grés dans une matrice argileuse. Alors on peut conclure que la nature lithologique du site peut engendrer l'instabilité des terrains.

CHAPITRE III

**Description et types des
Principaux Glissements**

Survenus En Algérie

**(Mécanismes De Rupture Et
Processus De Déformation)**

CHAPITRE III

Description et types des Principaux Glissements Survenus En Algérie (Mécanismes De Rupture Et Processus De Déformation)

INTRODUCTION:

Le glissement de terrain est parmi les mouvements de masse les plus spectaculaires et les plus fréquents, résultant de la déformation, de la rupture et du déplacement du sol en masse . Il se développe dans un massif de sol meuble ou de roche argileuse comme cité dans le chapitre précédent. Dans ce chapitre on a procédé à la description des glissements cités dans la première partie et les différents facteurs de déclenchement de ces glissements ainsi que les désordres inengendrés par ces derniers.

III.1 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN DE TIGZIRT :

III.1.1 - Description des glissements de terrain :

La carte des levés géologiques fournit une description des caractères des mouvements gravitaires actifs ou des terrains potentiellement instables.

Trois secteurs sont touchés par des glissements actifs de nature et d'ampleurs très différentes.

a) Glissements Est :


















Deux « glissements » de terrain se manifestent en deux endroits par des affaissements de la chaussée de la RN24 (profils n° 1, 2 et 3), voir (**fig III.1**) et (**fig III.2**). Ils concernent des terrains meubles remaniés, déstabilisé de façon diffuse dans la pente en contrebas de la route. Les terrains de couverture déstabilisés ont une épaisseur probable de 5 à 10 m. A noter que le substratum marneux semble peu profond à l'amont de la RN24. La route présente des tassements sur 250 à 300 m (ondulations et décrochements décimétriques). Ceux-ci traduisent une déstabilisation linéaire des terrains peu consistants portant la chaussée. Le mouvement apparaît peu profond au droit de la route, avec une «surface de glissement » au toit des marnes altérées, probablement saturées en maints endroits.



Fig III.1:Glissements Est de Tizirt. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).



Fig III.2: carte des levés géologiques de glissement Est. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques		LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques (suite)	
Géologie		Hydrologie	
	Alluvions marines ou torrentielles (galets abondants)		Ruisseau pérenne dans un ravin bien marqué
	Gros blocs gréseux abondants (coulées ou nappes d'épandage très anciennes)		Ruisseau ancien ou temporaire
	Talus ou rupture de pente		Axe de circulation d'eau souterraine semi-profonde
	Affaissement 1 à plusieurs mètres		Zone humide, marécageuse
	Affaissement léger < 1 m		Source identifiée
	Glissement de terrain semi-profond à profond		Puits identifié
	Glissement de terrain supposé, mal identifié		
	Fluage peu profond, diffus		
	Pente sensible au fluage superficiel		
	Chute de masses rocheuses, éboulement		
	Pendage (30° SE) et direction générale des bancs marno-gréseux et schisteux (substratum rocheux)		

Il n'est pas certain que ces deux « glissements » mal délimités latéralement atteignent le pied de la pente. Dans cette zone, l'absence d'indices de déformation tend à indiquer que la pente est plutôt soumise à un phénomène de **fluage lent**, entretenu par des circulations d'eau souterraines diffuses, très probablement perturbées et accentuées épisodiquement par des infiltrations aux droits d'ouvrages hydrauliques cassés ou bouchés, voire au droit des fondations de bâtiments récents mal drainées.

b) Glissement central (front de la coulée principale de Tizirt) :

On distingue : une partie « Est » stable soumise seulement à une érosion littorale (promontoire dit de la Direction de l'Hydraulique) et une partie « Ouest » entièrement déstabilisée entre la RN 24 et la côte avec une activité plus forte au niveau des « Bungalows ». Voir (fig III.3 et fig III.4)



Fig III.3 - vu sur le glissement central de Tizirt . (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).

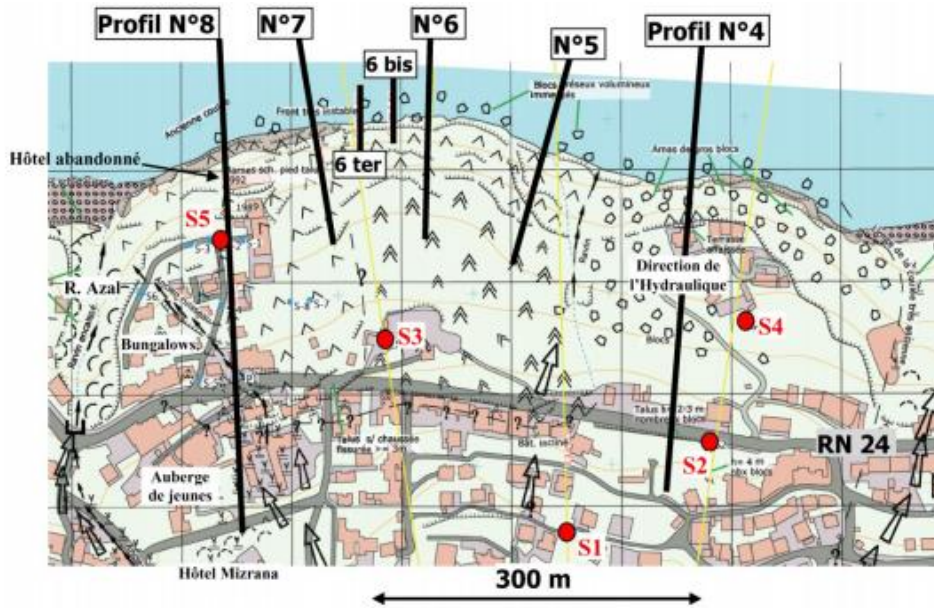


Fig III.4: carte des leviers géologiques de glissement central. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques	
Géologie	
	Alluvions marines ou torrentielles (galets abondants)
	Gros blocs gréseux abondants (coulées ou nappes d'épandage très anciennes)
	Talus ou rupture de pente
	Affaissement 1 à plusieurs mètres
	Affaissement léger < 1 m
	Glissement de terrain semi-profond à profond
	Glissement de terrain supposé, mal identifié
	Fluage peu profond, diffus
	Pente sensible au fluage superficiel
	Chute de masses rocheuses, éboulement
	Pendage (30° SE) et direction générale des bancs marno-gréseux et schisteux (substratum rocheux)
Hydrologie	
	Ruisseau pérenne dans un ravin bien marqué
	Ruisseau ancien ou temporaire
	Axe de circulation d'eau souterraine semi-profonde
	Zone humide, marécageuse
	Source identifiée
	Puits identifié

b.1) Secteur du profil 4 en partie Est : Voir fig III.4.

Le profil 4 fournit une interprétation du promontoire dit de la « Direction de l'Hydraulique » comme étant le front de la coulée ancienne particulièrement chargée en gros blocs de grès.

Ce promontoire correspond à un gigantesque amoncellement de blocs gréseux emballés dans une matrice terreuse qui correspond à la partie orientale de la grande coulée ancienne de Tigzirt stabilisée depuis longtemps. Aucun indice d'instabilité importante n'a été observé ; il semble que ce promontoire ne soit pas menacé actuellement par une réactivation, en l'absence de séisme.

L'érosion littorale dégage lentement les blocs au front sans créer pour l'instant de désordre dans la pente chaotique parsemée de masses gréseuses de quelques m³ à plusieurs dizaines de m³.

b.2) Secteur des profils 5 à 6 ter en partie Ouest : Voir fig III.4

Ce secteur est délimité à l'est par un ravin chaotique et boisé prenant naissance au pied d'un ressaut (gros blocs). Le talus côtier présente une grande instabilité entretenue par l'érosion du pied. Les terrains remaniés sont saturés par l'eau de mer.

La profondeur du toit des marnes du Crétacé constituant la surface de glissement se situe entre 10 et 15 m au droit des profils n°6, 6bis, et 6ter.

A noter que des paquets de marnes altérées ont été arrachés, comme le montrent les affleurements du talus côtier au droit des profils n° 6bis et 6ter. Ces paquets déformés surmontent des gros blocs gréseux qui semblent avoir joué un rôle de butée. Les blocs sont très abondants au niveau de la mer et dans celle-ci. Certains dépassent plusieurs dizaines de m³. Plus à l'amont, au droit de la RN24, le toit des marnes se situerait à une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne.

D'une façon générale, les mouvements qui touchent toute la pente depuis la RN24 apparaissent assez lents, peut-être assez anciens et en relation avec l'érosion marine. Il s'agirait plus d'un **fluage** général qu'un **glissement ample** de terrains non consolidés, le substratum marneux constituant le mur des déformations. Celui-ci se manifeste épisodiquement par des tassements qui décalent la route de quelques dizaines de centimètres sans qu'apparaissent de véritables arrachements continus à l'amont.

Il est probable que des circulations d'eau souterraine diffuses se produisent dans les matériaux remaniés de la coulée ancienne et surtout près du contact avec le substratum marneux relativement imperméable. Il est certain que les modifications hydrauliques apportées après les aménagements de la RN24 et par l'urbanisation aux abords ont contribué à l'activation des mouvements et à leur régression vers l'amont.

b.3) Secteur des profils 7 et 8 en partie Ouest :



Fig III.5: carte des levés géologiques de glissement central. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques

Géologie

	Alluvions marines ou torrentielles (galets abondants)
	Gros blocs gréseux abondants (coulées ou nappes d'épandage très anciennes)
	Talus ou rupture de pente
	Affaissement 1 à plusieurs mètres
	Affaissement léger < 1 m
	Glissement de terrain semi-profond à profond
	Glissement de terrain supposé, mal identifié
	Fluage peu profond, diffus
	Pente sensible au fluage superficiel
	Chute de masses rocheuses, éboulement
	Pendage (30° SE) et direction générale des bancs marno-gréseux et schisteux (substratum rocheux)

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques (suite)

Hydrologie

	Ruisseau pérenne dans un ravin bien marqué
	Ruisseau ancien ou temporaire
	Axe de circulation d'eau souterraine semi-profonde
	Zone humide, marécageuse
	Source identifiée
	Puits identifié

Au droit du secteur situé entre l'Auberge des Jeunes et les « Bungalows », délimité à l'Ouest par le ravin encaissé du ruisseau « Azal », le mouvement est bien différent. Il s'agit d'un véritable glissement assez bien circonscrit : les arrachements à l'amont sont bien marqués. Ce mouvement actif a provoqué au début des années 2000 la dislocation de huit maisons récentes « bungalows » et d'habitations plus anciennes à l'aval (au-dessus de l'hôtel abandonné). Cette dernière a subi un décalage visible qui atteignait environ 2 mètres en octobre 2010. Le glissement affecte une surface d'environ 3 ha, jusqu'au talus côtier qui présente toujours une grande instabilité.












b.4) Secteur de profil 8 : présente une interprétation géologique du phénomène. Il a été élaboré à partir des sondages réalisés en 2002 après l'apparition des désordres sur les bungalows, et à partir des sondages réalisés en 2009.







La surface de glissement se situerait au toit des marnes altérées, à une dizaine de mètres de profondeur au niveau de la RN24, un peu moins au droit des « Bungalows », et à 5-6 mètres de profondeur au niveau des habitations anciennes près de l'hôtel abandonné. Les terrassements en déblai réalisés lors de la construction de l'hôtel avaient touché le substratum marneux à faible profondeur.

Le sondage réalisé en 2009 donne le toit des marnes à 10 mètres, alors que deux sondages réalisés en 2002 de part et d'autre ont touché les marnes à 5-6 m de profondeur. Ceci montrent que la topographie des marnes est très irrégulière et peut présenter un talweg siège de circulation d'eau souterraine. Celle-ci serait peut-être en relation avec les zones mouillées au niveau de l'Auberge de Jeunes et plus à l'amont.

C) Glissements Ouest :

La pente abrupte en aval de la RN24, et qui domine la route du port, présente deux zones d'instabilité. Il s'agit de glissements des terrains de couverture (colluvions) tapissant le substratum marneux altéré et relativement peu profond (5 à 10 m selon les profils géologiques interprétatifs n° 9 et 10 (voir **fig III.6 et III.7**). La chaussée de la RN24 est touchée en deux points. Plus à l'amont, aucun indice de mouvement de terrain n'a été diagnostiqué, y compris au droit de la très ancienne coulée de terre et de blocs constituant le promontoire dans le secteur du sondage 6 (voir **fig III.7**).

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques	
Géologie	
	Alluvions marines ou torrentielles (galets abondants)
	Gros blocs gréseux abondants (coulées ou nappes d'épandage très anciennes)
	Talus ou rupture de pente
	Affaissement 1 à plusieurs mètres
	Affaissement léger < 1 m
	Glissement de terrain semi-profond à profond
	Glissement de terrain supposé, mal identifié
	Fluage peu profond, diffus
	Pente sensible au fluage superficiel
	Chute de masses rocheuses, éboulement
	Pendage (30° SE) et direction générale des bancs marno-gréseux et schisteux (substratum rocheux)

LEGENDE – Carte des données géologiques et hydrologiques (suite)	
Hydrologie	
	Ruisseau pérenne dans un ravin bien marqué
	Ruisseau ancien ou temporaire
	Axe de circulation d'eau souterraine semi-profonde
	Zone humide, marécageuse
	Source identifiée
	Puits identifié

c.1) Instabilité autour du profil n° 9 : (Voir fig III.7)

La pente paraît déstabilisée depuis longtemps, en liaison avec une inclinaison forte, une couverture de terrains meubles, peu consistants, reposant sur un substratum marneux altéré. Celui-ci constitue le mur imperméable des circulations d'eau souterraine alimentées de façon diffuse par des apports de la coulée très ancienne au-dessus et surtout par des rejets depuis la route (canalisation cassée). Les arrachements supérieurs se développent avec des décalages faibles (quelques dizaines de cm) sur une centaine de mètres depuis d'anciens petits bâtiments de commerce abandonnés à l'Est jusqu'aux grands bâtiments plus récents à l'Ouest. La chaussée est touchée par un léger affaissement sur quelques dizaines de mètres.

Les déplacements apparaissent assez lents et diffus. Un mur en gabion a été mis en place en pied de versant pour protéger la route du port.

c.2) Instabilité autour du profil n° 10 : (Voir fig III.7)

Le talus abrupt et instable à l'aval de la RN24 a montré une couverture de terrains remaniés (colluvions) peu épaisse (quelques mètres à moins de 10 m) masquant le substratum marneux. L'instabilité de la pente paraît ancienne : un glissement de terrain aurait touché les anciennes baraques de pêcheurs au pied. Une réactivation se serait produite vers 1970, touchant le talus aval de la RN 24. La chaussée semble s'être affaissée légèrement par la suite sur une quarantaine de mètres de longueur. Les bâtiments en bordure de route ne sont pas affectés. Ils sont probablement fondés dans le substratum marneux peu profond.

D'une façon générale, tout comme dans le secteur à l'Est de la ville, les déplacements lents diffus sans véritables arrachements continus, plus marqués en périodes pluvieuses.

III.1.2 - Mécanismes de déformation:

La ville de Tizirt est caractérisée par des glissements majeurs affectant d'importantes superficies. Ces glissements se développent le long de l'interface entre le substratum et la couche superficielle selon une surface de **rupture plane**. Le mouvement de terrain du centre-ville affecte une superficie supérieure à 136 ha et un volume de quelques millions de mètre cube. La longueur maximale de la surface affectée par le mouvement est de l'ordre de 1390 m (Guirous et al. 2014). Le glissement de terrain affectant la zone portuaire est le plus actif et affecte une superficie d'environ 90 ha. La longueur maximale de la surface instable est supérieure à 1000 m (**Fig.III-8**). Les versants instables ont subi plusieurs processus de déformation qui se manifestent en surface par l'apparition de lignes d'arrachement longitudinales et transversales. En outre, ces zones d'arrachement peuvent constituer des zones de stagnation et d'infiltration des eaux de pluies jusqu'à la surface de rupture qui contribueront à l'évolution et à la réactivation du mouvement de terrain.



Fig III-8 : Mécanismes de déformation des glissements de Tizirt (Djrbal et Melbouci,2013)

III.1.3- Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont résumés dans les figures suivantes:

a) La zone Est :



Fig III.9 : Dégradation et fissuration de la chaussée. (CHERGUI.2016)

b) La Zone central



Fig III.10-1 : Ouverture moyenne d'un joint de rupture. (CHERGUI.2016)



Fig III.10-2 : Dégradation d'un mur de clôture(CHERGUI.2016).



Fig III.10-3 : Ouverture importante d'un joint de rupture. (CHERGUI.2016)



Fig III.10-4 : Fissuration importante d'un mur de clôture. (CHERGUI.2016)



Fig III.10-5 : Dégradation d'un S/Sol.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-6 : Cisaillement des poteaux.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-7 : Rupture au niveau des poteaux.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-8 : Fissuration léger après leur colmatage.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-9 : Inclinaison d'une baraque.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-10 : Inclinaison d'une maison en R+1.
(CHERGUI.2016)



Fig III.10-11 : Dégradation d'un mur en maçonnerie(CHERGUI.2016).

c)La zone ouest :



Fig III.11-1 : Escarpement au niveau de la RN 24. (CHERGUI.2016)



Fig III.11-2 : dégradation de la chaussée. (CHERGUI.2016)

NB : La figure **Fig III.11-3** illustre le glissement pendant la phase travaux et la figure **Fig III.11-4** montre le glissement après son achèvement



Fig III.11-3 : Glissement pendant la phase des travaux. (Rapport N° 01 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).



Fig III.11-4 : glissement après achèvement des travaux. (CHERGUI.2016)

III.2 : GLISSEMENT DE LA COMMUNE IFLISSEN :(IKNACHE ET IGUERN'TALA) :

III.2.1 : Description de glissement de terrain :

En période hivernale, les fortes précipitations saturent les couches perméables (remblai, éboulis de pente et bancs de grés) et altèrent leurs caractéristiques géotechniques et plus particulièrement leur cohésion ainsi que celle d'une partie de la couche de marne et crée ainsi une couche savonneuse très favorable au glissement.

L'observation des lignes de ruptures et des fissures faites sur le site montrent que le glissement démarre au droit immédiat de l'ancien glissement nommé « ASSEYAKH ICHERKIENNE » et se poursuit jusqu'au chemin de wilaya (CW252). La ligne de glissement probablement parallèle au toit de la couche de marne indurée à une profondeur moyenne de 12.00 mètres. Des photos ont été prises en 2015 par LCTP de Tizi –Ouzou, Voir **figure III.12**

III.12



Fig III.12 : Photo prise sur site Village IKNACHE en 2015. (Etude géotechnique d'un glissement de terrain à IKNACHE-IGUERN'TALA.2015)

L'analyse et la synthèse de ces différents paramètres effectuée par LCTP de Tizi-ouzou ont permis de subdiviser le site étudié en deux zones bien distinctes.

1-ZONE I : Zone à construction incertaine :

La zone I occupe la partie des terrains situés en amont du village Iknache ainsi les terrains vierges du village Iguer NTala. Du point de vue portance des terrains, il est préconisé de réaliser des études géotechniques ponctuelles approfondies pour tout type d'ouvrage de construction et adopter pour des fondations qui seront ancrées dans le substratum marneux stable. Il est strictement interdit de fonder sur la couche des dépôts de pente instable.

2- ZONE II : Zone inconstructible :

Elle correspond à la zone instable située en contrebas du CW252 ainsi occupant quelques parcelles bien délimitées au niveau du village Iguer N'Tala. Les facteurs lithologiques, morphologiques et entropiques ont contribué conjointement à sa déstabilisation. La zone inconstructible se présente sous forme d'un versant orienté Sud-Nord avec une morphologie accidentée et moutonnée. Les pentes sont de l'ordre de 15° à 30° parfois jusqu'à 45°. L'investigation géotechnique effectuée au niveau de la zone a révélé qu'il s'agit d'un glissement de terrain profond, mettant en mouvement un volume de terres important. Son évolution mettra en danger les constructions situées du côté amont de la zone. Par conséquent, cette zone est à proscrire pour tout projet d'urbanisation. Une étude de confortement du glissement plus poussée est recommandée au niveau du CW252 afin de dégager les solutions adéquates pour stabiliser le mouvement et mettre hors de danger les constructions situées du côté amont ainsi le chemin de wilaya.

III.2.2 : Désordres occasionnés par le glissement :

Lors de visite sur terrain en date du 19/09/2016 pour voir l'état de ce glissement sur les lieux nous avons constaté ce qui suit :



Fig III.13-1: constructions récentes en ruine(CHERGUI.2016).



Fig III.13-2: inclinaison d'une maison en RDC. (CHERGUI.2016)



Fig III.13-3: Escarpement au niveau de CW 252. (CHERGUI.2016)

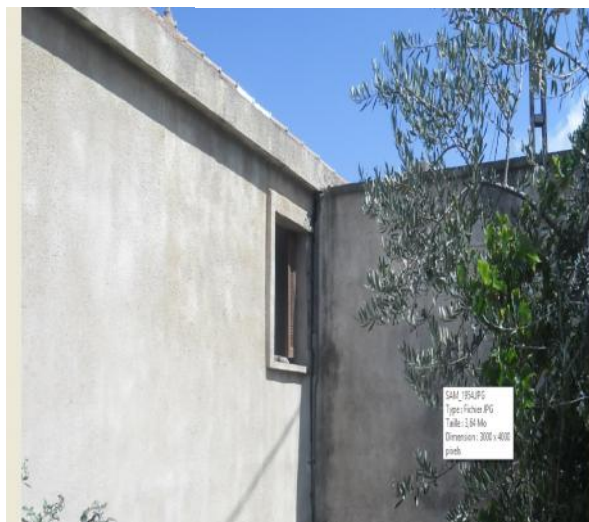


Fig III.13-4 : Ouverture de joint de rupture. (CHERGUI.2016)



Fig III.13-5: cisaillement des poteaux au niveau du S/Sol. (CHERGUI.2016)



Fig III.13-6: Inclinaison des arbres. (CHERGUI.2016)



Fig III.13-7: Affaissement de CW. (CHERGUI.2016)



Fig III.13-8: Fissuration de CW. (CHERGUI.2016)

III.2.3 : Facteur du glissement :

Les causes probables des dégradations observées sont nombreuses ; on peut citer notamment:

- Topographie abrupte de la zone : morphologie vallonnée, pentes très accentuées
- Construction des habitations sur les bords des talus sans tenir compte de la poussée au vide.
- Ancrage superficiel des constructions.
- Fortes infiltration d'eau.
- Nature de sol constituée essentiellement d'éboulis en couche épaisse sur des versants en topographie abrupte.

III.2.4: Solutions recommandées par LCTP :

Compte tenu de l'importance du glissement et de l'épaisseur des couches instables (12.00 mètres environ), le LCTP préconise :

- de stabiliser les couches instables par un rideau de pieux implantés au contrebas du CW252 ancrés dans la couche stable et espacés de façon à mobiliser l'effet « voûte » du sol en place.
- Procéder au drainage des eaux de surface de la chaussée par la réalisation d'accotements, et de caniveaux d'évacuation, de façon à les canaliser et à les évacuer hors du site en glissement (aucun écoulement sur le talus aval de la zone en mouvement ne doit être toléré)
- De procéder au renforcement de la couverture végétale de la zone en aval de la chaussée par la plantation d'arbres appropriés.

- Eviter tout projet de construction sur le versant instable situé en contrebas du CW252 du village Iknache.
- Concernant le village Iguer N'Tala, un drainage et canalisation des eaux de ruissellement est indispensable tous au long des talwegs (petit cours d'eau).
- Des études géotechniques approfondies et ponctuelles sont recommandées pour tous type de projet de construction au niveau du village Iknache et Iguer N'Tala.

III.3- GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MIZRANA (VILLAGE AZROUBAR) :

III.3.1 - Désordres occasionnés par le glissement :

Le glissement a été amorcé à partir de l'école primaire jusqu'à la route, au contre bas de l'école sur une longueur estimée à 30 m et a affecté :

- Le système de gabionnage au niveau de la route.
- Arrachement d'une partie de la cour de l'école primaire.
- Rupture des joints du mur de clôture



Fig III.14.1 : Arrachement d'une partie de la cour de l'école primaire. (CHERGUI.2016)



Fig III.14.2: endommagement de gabion . (CHERGUI.2016)



Fig III.14-3 : rupture des joints du mur de clôture.
(CHERGUI.2016)

III.3.2 - Facture du glissement :

a) Les facteurs passifs :

La disposition lithologique (le contact des blocs de grés à matrice argileuse meubles sur une formation d'argile schisteuse peu compacte) joue en faveur du glissement.

Les tremblements de terre causent d'énormes dommages, cela est aggravé par d'autres effets tel que la nature géologique (glissement, chute de blocs, rupture de faille...).

b) Les facteurs actifs :

L'étude climatologique de la région montre que la saison pluviale est importante en période hivernale. Ces eaux de pluie en l'absence du réseau hydrographique, coulent en surface et jouent en faveur de glissement. L'eau s'infiltré à travers les couches de remblais et les blocs de grés poreux et finie toucher l'argile. Ce contact modifie les caractéristiques intrinsèques des argiles. L'augmentation de la pression interstitielle modifie la distribution des contraintes normales et entraîne une réduction des contraintes effectives et aboutit à des phénomènes de rupture.

Les eaux souterraines et de surface sont mal drainées, se déversant dans le manteau d'éboulis (blocs de grés dans une matrice argileuse) relativement perméable. A la saturation de l'interface avec la formation argileuse, s'ensuit le phénomène de cisaillement par gravité.

A cause du phénomène d'écroulement : caractérisé par une chute soudaine d'une masse de terrain. Les matériaux concernés sont plutôt des terrains rocheux.

III.4- GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MAKOUA (VILLAGE IBAKOUKENE) :

III.4.1- Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont résumés dans les figures suivantes :



Fig III.15-1 : Fissuration des murs. (CHERGUI.2016)



Fig III.15-2: Constructions endommagées par le glissement (CHERGUI.2016).



Fig III.15-3: Soulèvement de carrelage. (CHERGUI.2016)



Fig III.15-4 : Cisaillement des poteaux. (CHERGUI.2016)



Fig III.15-5 : Dégradation des maisons . (CHERGUI.2016)



Fig III.15-6 : Soulèvement du sol. (CHERGUI.2016)



Fig III.15-7: Inclinaison des maisons et des poteaux électriques. (CHERGUI.2016)

III.4.2 -Facteur du glissement :

- La disponibilité lithologique (la présence d'une couche de remblais et les éboulis de grés, le tout reposant sur la marne) joue en faveur du glissement.
- La pente existante favorise le glissement de la couche de remblais et d'éboulis.
- L'étude climatologique de la région montre que la saison pluviale est importante en période hivernale. Ces eaux de pluies en l'absence du réseau hydrographique, coulent en surface et jouent en faveur de l'infiltration. L'eau s'infiltré à travers les couches de remblais et d'argiles et d'éboulis de grés. Au contact de l'eau ces couches s'altèrent et perdent leurs caractéristiques géographiques ; ce contact de l'eau modifie les caractéristiques intrinsèques du sol. L'augmentation de la pression interstitielle modifie la distribution des contraintes normales et entraîne une réduction des contraintes effectives et aboutit à des phénomènes de ruptures. Cette couche devient donc susceptible de glisser sous l'effet de la pente.
- L'absence de la déféctuosité des caniveaux et des réseaux d'assainissement au niveau du site favorisent les infiltrations
- L'insuffisance des ouvrages de soutènement.
- La section affectée par le glissement est caractérisée par une forte instabilité de ses sols à cause d'une part de la géologie et de la morphologie particulière d'un terrain et d'autre part des précipitations qui les affectent.
- Sa morphologie est marquée par un relief accidenté avec des pentes en moyenne de l'ordre de 30% à 40%. Ces zones à dominance argileuse présentent un important ravinement.

III.5 - LE GLISSEMENT DE TALLA TGANA (FREHA)

III.5.1 - Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés lors de la visite sur le terrain sont divers et touchent la majorité des constructions sur ce versant. On a remarqué des ouvertures des joints des maisons, une fissuration de la maçonnerie, un cisaillement des linteaux et poteaux, un soulèvement et un bombement des parterres de maisons et des ruelles entre les maisons (voir les figures suivantes).



Fig III.16-1: Vu du glissement de Tala Tgana. (CHERGUIL.2016)



Fig III.16-2: Cisaillement des poteaux. (CHERGUIL.2016) **Fig III.16-3:** Fissuration des murs. (CHERGUIL.2016)



Fig III.16-4: Fissuration du carrelage. (CHERGUIL.2016) **Fig III.16-5:** Soulèvement du carrelage (CHERGUIL.2016).



Fig III.16-6: Arrachement des arbres.(CHERGUI.2016)



Fig III.16-7: Faille observée. (CHERGUI.2016)

III.5.2- Facteur du glissement :

L'instabilité de ce site peut provenir de plusieurs origines telles que géologique, topographique et hydrogéologique :

- La nature géologique du versant (couverture marneuse et argilo-schisteuse)
- Topographie du site (pente fortes 30° à 40°)
- Une diminution des appuis en pied de pente par le déboisement des eucalyptus (le terrain étant en équilibre critique, la modification à déclencher la rupture de butée qui se manifeste localement et contribue à l'instabilité de ce dernier)
- La pluviométrie (la neige) qui favorise la saturation et le décollement de la couche superficielle.

III.6 -LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AZAZGA :

III.6.1 - Mécanismes de déformation:

Le versant du centre-ville d'Azazga subit un mouvement global et profond. L'étendue de la zone instable a été estimée à environ 90 ha. Le glissement affecte une couche de sol d'une épaisseur supérieure à 23 m (Djeral et al, 2014). Il se développe le long d'une couche d'argile marneuse remaniée et altérée (par l'effet du mouvement et de l'eau) selon une rupture plane. La longueur maximale de l'instabilité est d'environ 750 m. Les déplacements observés

pendant la rupture de mars 2012 sont d'ampleur remarquable. Par ailleurs, plusieurs escarpements parallèles sont observés dans ce versant (**Fig III-17**). Ce glissement de terrain est **plan**.

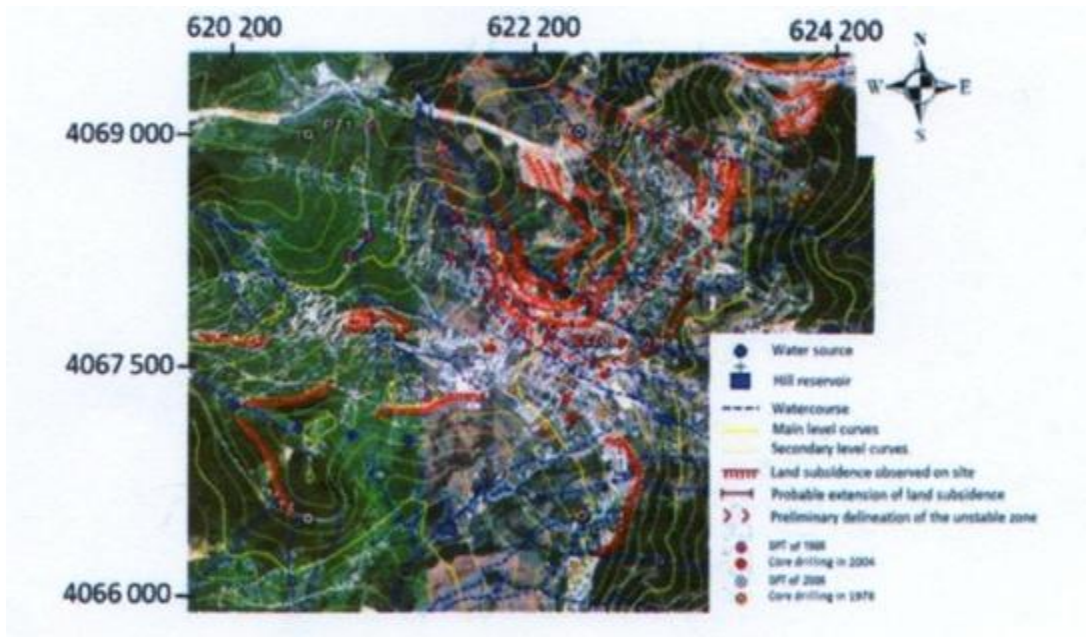


Fig III -17 : Mécanismes de déformation des glissements d'Azazga.

III.6.2 - Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont divers à savoir :

- Affaissements et dégradations de chaussées (**Figure III-18.a**)
- Cisaillement au niveau des poteaux d'une construction R+2 évacuée (**Figure III-18.b**) ainsi que des fissures importantes sur les chaussées et la cours du nouveau centre culturel (**Figure 18.c**)
- Des ruptures et fissurations des terrains en pente et l'inclinaison des poteaux d'électricité (**Figure III-18.d, 18 mars 2012**). Ce glissement reste actif comme le montre l'effondrement d'un bâtiment en janvier 2014, de façon subite et causant quelques blessés.



Fig III-18: Les désordres au niveau du glissement d'Azazga.(DJERBAL.2013)

III.7 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM :

III.7.1 - Description de glissement de terrain :

a) Historique du mouvement de terrain d'Ain El Hammam :

Le glissement de terrain d'Ain El Hammam remonte à un temps lointain ; des observations du site et des photographies aériennes montrent l'existence d'indices de mouvements de terrain très anciens. La présence de terrains remaniés en profondeur et l'équilibre fragile du versant peuvent s'expliquer par un déplacement dû à des glissements de panneaux de schistes remaniés de volumes très importants, cette activité a disparu pendant une longue durée et ses indices ont été masqués par l'érosion du versant et la végétation.

En 1969 : les premiers signes d'instabilité ont commencé au mois de décembre, après de fortes pluies, les indices les plus visibles ont été localisés au Nord-Ouest de l'ancienne ville (LNTPB, 1973). Suite à ces désordres des études géotechniques ont été réalisées par le laboratoire « Ex.L.N.T.P.B ». Le laboratoire a effectué (9) sondages carottés et (8) puits à ciel ouvert en 1971 (en plus des essais de laboratoire), des essais in situ au pénétromètre

dynamique et une reconnaissance géophysique (réalisation de deux profils sismiques) ainsi que la réalisation d'une tranchée drainante. Les informations tirées de ces travaux ont permis de déterminer les causes d'instabilité, la position de la surface de rupture, l'allure du substratum qui est irrégulière et la proposition de solutions pour stabiliser le sol ainsi que quelques recommandations. Ces études indiquent que la couche instable est de faible épaisseur, elle concerne la couche du remblai et la zone altérée du substratum.

Vers les années 1990 : 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 ont été observés à plusieurs endroits,...).

En 2002 : les désordres réapparaissent au niveau du centre-ville (Boulevard Amirouche, l'école des garçons, etc).

En 2004 : de nouveaux désordres sont apparus après les précipitations et la neige abondante de l'hiver de 2004-2005. Des signes d'instabilité ont commencé à apparaître pour la première fois dans le versant après la fonte de la neige.

Hiver 2005-2006 : suite à de fortes pluies orageuses, plusieurs bâtiments du boulevard Colonel Amirouche ont subi des désordres. Le bureau d'étude GEOMICA a été alors engagé pour effectuer une étude géotechnique et une reconnaissance par sondages.

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

En novembre 2008 : des pluies abondantes ont provoqué une réactivation du mouvement, et les déplacements ne cessent de s'amplifier pour atteindre un maximum en mars et avril 2009. Les déplacements pendant cette période étaient de grande ampleur (dislocation d'immeubles et d'ouvrages de soutènement, des désordres dans les chaussées, la rupture des réseaux hydrauliques...). Sous l'effet des infiltrations issues des réseaux hydrauliques défectueux et des précipitations, un risque de poursuite et d'aggravation des mouvements ne serait pas exclu.

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

En août 2009: Le mouvement continue d'évoluer dans la ville et le versant ; de nouveaux désordres ont été recensés. Quelques immeubles constituant un danger ont

également été démolis. La longue période hivernale de l'année 2011/2012 a réactivé l'instabilité. Plusieurs désordres ont été observés pendant cette période : rupture de mur de soutènement, routes lézardées, escarpements, fissures de traction, etc.

b) Description géomorphologique :

La pente affectée par le glissement de terrain d'Ain El Hammam se présentait à l'origine sous forme d'une pente abrupte orientée généralement suivant une direction Nord-Sud. Cependant, l'allure de la crête du versant a été largement modifiée par les travaux d'urbanisation récents et l'allure de la partie non construite du versant (située en aval de cette crête) remodelée par les mouvements de terrain récents (fig. III.19 ; fig. III.20 ; fig. III.21 ; fig. III.22 ; fig. III.23 ; fig. III.24). Le glissement de terrain d'Ain El Hammam affecte une surface supérieure à 23.5 ha (DJERBAL L. et MELBOUCI B., 2012). La longueur maximale de la masse du sol en mouvement entre la couronne et le pied est supérieure à 700 m et sa largeur au niveau du boulevard Colonel Amirouche est d'environ 590 m avec une dénivelée entre la couronne et le pied du glissement d'environ 295 m (DJERBAL L., 2010). De plus, une ligne d'arrachement d'une épaisseur maximale supérieure à 1,65 m (mesurée en mars 2011) est localisée dans la partie amont du versant (à la limite avale de la maison abritant une menuiserie) sur une longueur de l'ordre de 350 m ; d'après le rapport phase I de GEOMICA, en 2006, cet affaissement se présentait sous forme d'une fissure de traction d'une ouverture maximale de l'ordre de 30 cm. Non loin de là, une seconde zone d'arrachement se présentant en avril 2010 sous forme d'une fissure de traction, d'une ouverture maximale d'environ 20 cm a été également observée ; cette zone a subi un affaissement d'environ 1m. En outre, des cicatrices d'arrachement montrant des rejets allant jusqu'à plus de 5 m marquant les limites à gauche et à droite du glissement sont aussi reconnues. Une série de fissures de traction (d'ouvertures, d'épaisseurs et de longueurs variables) a été aussi rencontrée dans la partie avale de la ville et dans le versant instable. Des écoulements de type torrentiel semi-permanent ont creusé des ravins dans ce versant et causent des déplacements dans les rives qui longent ces cours d'eau. L'effet du mouvement de terrain sur cette pente est très visible en surface ; les déformations donnent au versant instable une forme en gradins (voir les figures suivantes). Le pied de ce glissement est constitué de schistes broyés et écrasés.



Fig. III.19 : Déformations superficielles



Fig. III.20. Dislocation du sol sous forme de gradins.



Fig. III. 21. Affaissements du terrain.



Fig. III.22. Arrachement du sol.



Fig. III.23. Immeuble incliné.



Fig. III.24. Pilonnes électriques inclinés.

III.7.2 - Mécanismes de déformation:

Ce glissement de terrain résulte de plusieurs surfaces de rupture qui donne au versant une allure en gradins (**Fig III-25**). (Djrbal et Melbouci, 2013).

Ce mouvement met en jeu plusieurs mécanismes simultanément. Plusieurs surfaces de glissement ont été reconnues dans cette zone (dans la partie instable de la ville et du versant), ainsi que des indices de mouvements récents dans le versant et la partie aval de la ville. D'après (Djrbal et Melbouci, 2013) quelques indices d'instabilité ainsi que des informations concernant les mécanismes de ce mouvement ont été décelés. Plusieurs déformations superficielles qui traduisent une morphologie résultant de l'existence d'une multitude de surfaces de glissement ont été déterminées (**Fig III-25**). Trois mécanismes principaux sont définis pour ce mouvement en 2012 (Djrbal et Melbouci, 2013). Le premier mécanisme

s'étend sur une superficie d'environ 4.50 ha, le second s'étend sur 13.50 ha et le troisième affecte une superficie d'environ 23 ha (**Fig III-26**). En outre, Le glissement a connu plusieurs réactivations marquées depuis 1969 qui ont été organisées selon l'étendue affectée en quatre (04) phases (**Fig III-27**). Ce glissement de terrain est **très complexe**.

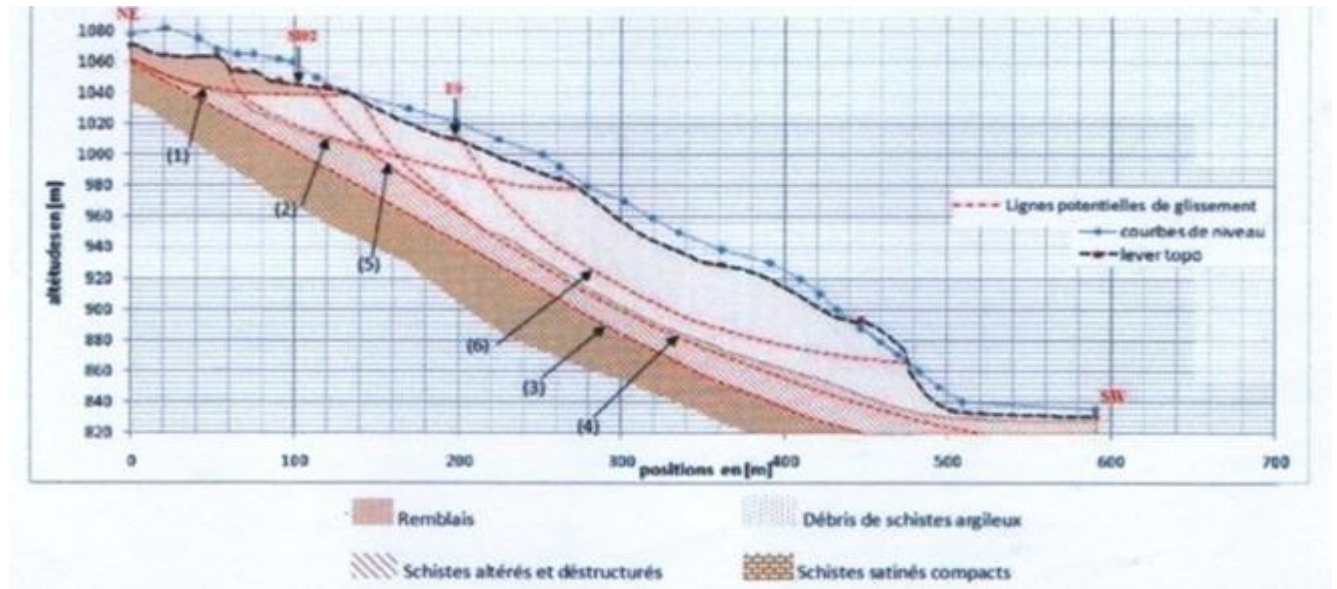


Fig III-25: Structure du glissement de terrain d'Ain EL Hammam (Djrbal et Melbouci, 2012)



Fig III-26: Mécanismes de déformation du glissement (Djrbal et Melbouci, 2012)



Fig III-27: Evolution spatiale du glissement (Djrbal et Melbouci, 2012)

Plusieurs indices de glissement ont été observés aussi bien dans les parties urbanisées en amont qu'en aval dans les parties non urbanisées, ce sont : des fissures de traction sur les chaussées et dans les constructions du boulevard Colonel Amirouche (**Figure III-28.a**), des

ouvertures des joints de maisons mitoyennes, des ruptures des murs en gabion (**Figure III-28.b**) et des murs de soutènements (**Figure III-28-c**).



Fig III-28 : Les déformations dans la ville de Ain El Hammam. (Djeral et Melbouci, 2012)

Les visites et les mesures topographiques effectuées sur le site par Djeral et Melbouci en 2012 ont permis de déceler quelques indices d'instabilité ainsi que des informations concernant les mécanismes de ce mouvement. Plusieurs arrachements de terrain ont été reconnus dans cette zone. Les indices de glissement avec différentes lignes d'arrachement (affaissements) ou de bombement ont été attestés par les mesures topographiques dans le versant. Elles traduisent une morphologie résultant de l'existence de plusieurs surfaces de glissement, certaines profondes, d'autres superficielles. Par ailleurs, les mécanismes principaux de déformation du versant instable d'Ain El Hammam sont définis à partir d'une analyse spatiale de l'évolution du mouvement (suivi topographique) et des constats tirés des visites et expertises du versant et de la ville instable (les escarpements observés).

Trois mécanismes principaux sont définis : (Djeral et Melbouci, 2012) :

- **Le mécanisme M1 :**

Ce mécanisme affecte une surface d'environ 4.5 ha dans la couche superficielle composée de débris de schistes argileux (la profondeur maximale de l'instabilité est d'environ 40 m). L'arrachement principal est localisé à environ 70 m au Sud de l'ancien marché ; il est repéré en trait jaune continu (**Figure III-26**).

- **Le mécanisme M2:**

Il affecte une grande partie du versant instable et englobe le mécanisme M1 (il affecte une surface d'environ 13.5 ha). Il se développe à l'interface entre la couche superficielle (débris de schiste argileux) et le schiste altéré et déstructuré. La limite amont de ce mécanisme est située en amont du Boulevard Amirouche (**Figure III-29**). Les

limites Est et Ouest sont marquées par les escarpements verticaux qui montrent des rejets allant jusqu'à plus de 5 m d'épaisseur. Ce mécanisme est caractérisé par un processus de déformation régressif qui remonte de plus en plus vers le Boulevard Amirouche.

- **Le mécanisme M3:**

Ce mécanisme affecte tout le versant (il englobe les deux premiers mécanismes). Il s'agit d'un glissement lent et progressif qui se développe le long des schistosités du substratum et affecte une surface d'une épaisseur supérieure à 75 m (**Figure III-29**). L'amorce de cette instabilité est favorisée par les infiltrations lentes et profondes des eaux dans les diaclases du schiste ; dues à la fonte de la neige des hivers 2005 et 2012. Les limites exactes de ce mécanisme ne sont pas très bien connues à ce jour ; par conséquent, seules les zones où des signes d'instabilité ont été recensés au cours de ces dernières années sont incluses dans ce mécanisme. Les limites de ce mouvement sont représentées sur la figure en trait rouge discontinu. Par ailleurs, l'analyse de la structure du versant a permis de délimiter la surface instable en supposant l'existence d'un escarpement subhorizontal (dû au déplacement le long des schistosités du substratum) dans le versant opposé qui n'a pas été ausculté. En effet, la ville est fondée au sommet d'une colline constituée de schistes d'un pendage de 40° à 60° orienté vers le Sud (dans le sens du glissement). Ce mécanisme permet une délimitation préliminaire du mouvement de terrain. En effet, nous avons observé des déformations qui confirment cette hypothèse sur le terrain (des ouvrages inclinés vers le Sud dans le versant opposé). De plus, les résultats du suivi topographique confirment l'instabilité de cette zone de la colline.

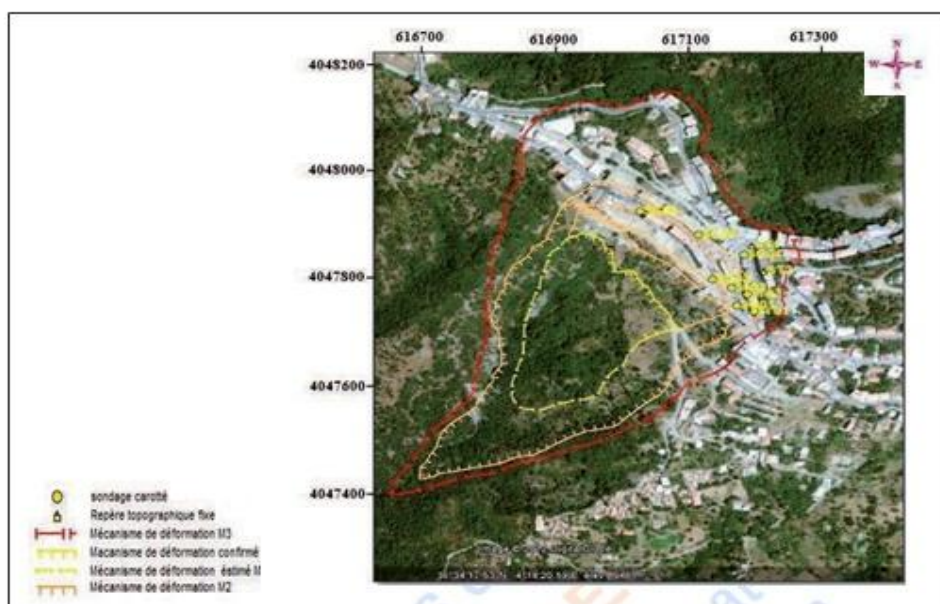


Fig.III.29 : Délimitation des mécanismes de déformation du glissement de terrain (Djerbal et Melbouci, 2012)

III.7.3 -Détermination de la structure du mouvement : (Djeral et Melbouci, 2012)

Le mouvement résulte de l'emboîtement et de la superposition de plusieurs surfaces de rupture formant une instabilité globale du versant (**Fig.III.30**). Le fait, que le mouvement résulte de plusieurs glissements simultanés et superposés rend l'étude de cette instabilité très complexe.

Au moins trois surfaces de glissement ont été observées dans la partie urbaine du versant instable et trois autres dans la zone non construite de cette pente. En profondeur, la position des surfaces de rupture a été définie après une étude des résultats des sondages carottés et du suivi inclinométrique réalisés par (Djeral et Melbouci, 2012) :

- Rupture (1) :

Il s'agit d'un glissement superficiel ; il affecte la couche de remblais et d'éboulis (**Fig.III.30**). Il s'est produit à l'interface entre le couvert superficiel et le schiste altéré et déstructuré. La surface de rupture se trouve à une profondeur maximale de 15 m. le mouvement affecte une faible partie de la pente instable. La position probable du pied de ce mouvement a été déterminée par un suivi de l'évolution du mouvement du versant instable (analyse du suivi topographique) ; il s'agit d'une zone où le site a subi un léger gonflement au cours du temps.

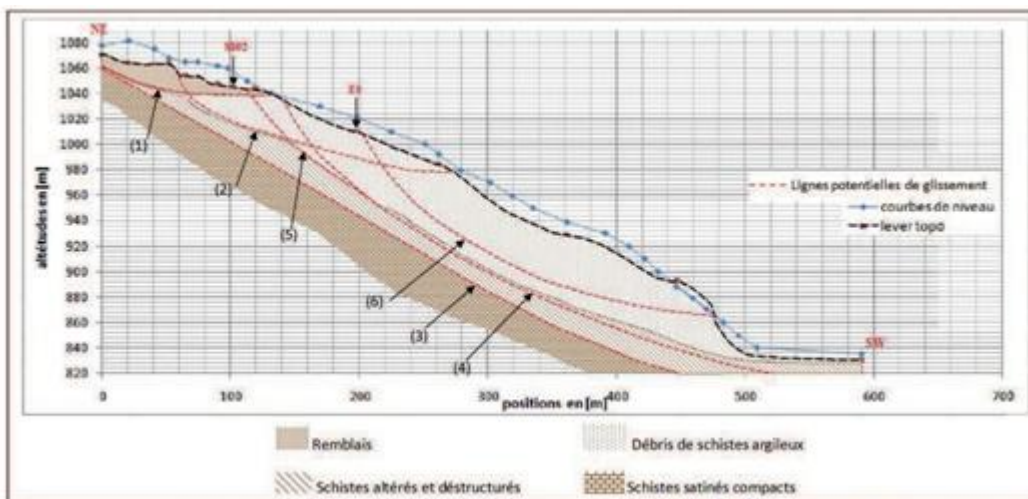


Fig.III.30 : Évolution de l'allure du versant instable entre 1960 et 2010 montrant les principaux glissements reconnus par sondage et par l'évolution morphologique de la pente entre 1960 (trait bleu) et 2010 (trait noir, les points rouges représentent les repères topographiques). (Djeral et Melbouci, 2012)

- Rupture (2) :

Ce mouvement est semi-profond ; son amorce est favorisée par l'altération du substratum et les écoulements subhorizontaux. Le mouvement mobilise une couche de sol d'une épaisseur supérieure à 25 m. Ce glissement affecte une grande partie du versant

instable. Un bombement a été observé dans le versant et marquerait la base du glissement. Il s'agit probablement du pied du mouvement où le versant instable subi généralement un soulèvement dit « bourrelet frontal » (BESSION, 2005).

- **Rupture (3) :**

Ce glissement est profond, il mobilise tout le versant instable sur une profondeur maximale de 75 m, à la limite entre les couches de schistes altérés et la roche schisteuse en place. Le déplacement est favorisé par la nature lisse et plastique de la formation située à l'interface avec le substratum. La loupe du glissement est constituée de schistes écrasés et broyés. Cette couche s'étale sur une surface d'environ 400 m².

- **Rupture (4) :**

La tête de ce mouvement a été localisée sur le site instable ; elle se présente sous forme d'une zone d'arrachement de terrain (affaissement) montrant un rejet maximal d'environ 1,65 m. Cette instabilité a été observée pour la première fois en 2006. Il s'agit d'un glissement profond ; la rupture s'est développée probablement le long d'une zone de faiblesse ou d'une rupture dans le schiste.

- **Rupture (5) :**

Cette instabilité est fortement liée à la précédente (rupture 4), il s'agit de deux mouvements emboîtés et reliés. Cette rupture constitue une extension vers l'amont de la rupture 4. Après l'amorce de ce glissement, située à environ 10 à 15 m au Nord du glissement (rupture 4), l'évolution du mouvement en crête du glissement a sensiblement ralenti, ce qui démontre que ces deux mouvements sont liés et évoluent sans déplacement relatif.

- **Rupture (6) :**

Il s'agit d'un glissement semi-profond, d'une épaisseur supérieure à 40 m, affectant une faible partie du versant instable. La tête de ce glissement a été observée sur le site, avec un rejet maximal d'environ 30 à 40 cm. Le déclenchement de ce mouvement a été estimé, après analyse des séries de déplacements, entre les mois de juillet et d'août 2010. Le bombement de terrain marquant la partie aval du profil a permis de positionner le pied de cette instabilité (**Fig.III.30**).

La structure hypothétique du glissement est représentée sur un profil longitudinal du versant où l'évolution globale du mouvement de terrain d'Ain El Hammam entre 1960 et septembre 2010 a été évaluée, avec la topographie récente (2010 ; trait noir figure **Fig.III.30**) et celle de 1960 (trait bleu).

III.7.4- Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont résumés dans les figures suivantes :



Fig III-31-1 : Vue globale de l'état de la rue Bounouar en 2009.



Fig III-31-2 : Affaissement de l'entrée de la zone du marché.



Fig III-31-3 : Démolition des Immeubles APC/CNEP N° 14 et 15.



Fig III-31-4: Désordres observés sur un mur de soutènement.



Fig III-31-5: Images de quelques habitations affectées par le mouvement de terrain.



Fig III-31-6: L'arrachement de terrain observé en aval de l'immeuble Taleb (menuiserie).



Fig III-31-7 : Instabilités observés dans en crête du versant en 2012.



Fig III-31-8: Vue globale de l'immeuble Taleb Gozali.



Fig III-31-9: Poteaux cisailés de l'immeuble Taleb Ahcène.

III.7.5- Facteur du glissement :

Quelques causes pouvant être l'origine probable de ce glissement ont été définies. 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 qui sont des facteurs de prédisposition du site à glisser, et les facteurs actifs qui sont des facteurs qui contribuent souvent au déclenchement des instabilités.

a) Facteurs passifs

Ils regroupent les facteurs liés à la géologie, la géomorphologie et l'hydrologie du site.

a.1) Les facteurs géologiques :

Il s'agit d'un ensemble de facteurs liés à la structure et à la lithologie du versant (l'épaisseur et la structure des différentes couches, la nature granulométrique, minéralogique et les caractéristiques géotechniques des différentes formations...).

- La structure schistosité du versant et le pendage aval des couches :

Le mouvement de terrain affecte une formation schisteuse très altérée. Cette roche se débite en plaquettes suivant la direction de schistosité principale. Cependant, la direction de ces plans de schistosité se trouve dans le sens de la pente et favorise ainsi le glissement des feuillets qui est facilité par la présence d'eau qui joue le rôle de lubrifiant. La présence de couches fortement altérées à pendage aval au sein des couches résistantes dans cette zone est un facteur supplémentaire de l'instabilité. En effet, *H.D. BAURAT* et al. (1974) ont prouvé que le système de fissuration initial du massif est le second facteur important dans la stabilité des masses rocheuses, après la nature de celle-ci.

- **La nature des formations géologiques :**

Les résultats des huit (08) sondages carottés réalisés dans la ville d'Ain El Hammam par le laboratoire GEOMICA montrent :

- Une couche de remblais et d'éboulis de faibles caractéristiques d'une épaisseur allant de 1.70 m à 9.70 m.
- La présence de schistes satinés de faible résistance mécanique ;
- L'altération de la roche en profondeur marquée par l'alternance en profondeur de sols peu consistants et altérés avec des schistes compacts plus résistants (un schiste altéré et remanié)
- La fracturation du substratum rocheux.

2- La perméabilité du couvert superficiel et des passages altérés profonds

La forte perméabilité de la couche superficielle de remblais et plus en profondeur des passages schisteux altérés contribue considérablement au déclenchement d'instabilités et à une évolution latérale et en profondeur du glissement de terrain d'Ain El Hammam. En effet, la couche superficielle de remblai, qui repose sur un substratum schisteux peu perméable et fissuré, permet une rapide infiltration de l'eau de pluie dans les fissures des schistes du substratum et favorise, en l'accéléralant, le processus d'altération du substratum schisteux. Ce processus d'infiltration réduit considérablement les caractéristiques mécaniques de la couche superficielle, mais aussi et surtout des couches profondes (l'eau brise l'effet de cohésion existant entre les particules). Dans ce cas, l'écoulement dans les couches profondes est souvent transversal, et les panneaux de schistes altérés sont le plus souvent piégés entre deux couches de schistes très peu perméables. Par ailleurs, dans ce processus, les écoulements d'eau (issus de plusieurs sources d'eau existantes dans le bas du versant instable ; ce qui suppose que la nappe est profonde) transportent les particules fines du sol en laissant des vides et provoquent en aval un colmatage du terrain augmentant la pression interstitielle (marquée par des sorties d'eau subites et par une augmentation des débits des sources). En outre, dans ces niveaux drainants, le sol passe d'un état plastique à un état liquide en créant des zones de faiblesse propices à l'apparition de surfaces de ruptures profondes.

a.2) Les facteurs morphologiques :

La nature morphologique du terrain joue un rôle important dans l'amorce des mouvements de terrain et dans la détection de la prédisposition et la susceptibilité d'une pente à glisser. En outre, l'âge des formations géologiques, la topographie du site et la stratigraphie de la pente constituent des facteurs principaux de prédisposition du site à subir des

glissements de terrain.

Comme nous l'avons déjà indiqué, le versant instable d'Ain El Hammam est caractérisé par l'alternance de couches résistantes et d'autres peu consistantes d'un pendage orienté dans le sens de la pente. Cette disposition est caractéristique d'un mouvement de terrain très ancien ayant déplacé les panneaux de schiste qui reposent en profondeur sur un terrain naturel remanié de faible résistance. Cet état favorise la réactivation du mouvement du fait que la couche remaniée de faible résistance mécanique se trouve en profondeur et constitue ainsi une zone de faiblesse du versant. A cet effet est associée l'importante inclinaison de ce versant raide (une inclinaison allant de 30° à 60°) orientée dans le sens du plan de stratigraphie principal des couches. Les fissures importantes observées dans la partie aval de la ville (constituant des zones de faiblesse pour les infiltrations d'eau) contribuent à l'altération des couches de schiste profondes.

a.3) Hydrologie du site :

L'analyse des photographies aériennes et des résultats des investigations ainsi que les constatations et les conclusions tirées lors des visites du site instable montrent :

- La présence de plusieurs sources d'eau dans le versant instable.
- La présence de plusieurs cours d'eau d'écoulement de type torrentiel et semi-permanent.
- La présence d'une éventuelle nappe phréatique.

Cette hydrologie accélère le processus d'érosion tant superficielle qu'en profondeur par infiltration dans le versant et induit une réduction considérable des caractéristiques mécaniques des terrains déjà historiquement instables. En effet, les débits des sources, après les fortes pluies, ont augmenté et l'eau à la sortie est chargée de fines. Des essais de cisaillement à la boîte de Casagrande réalisés par KECHIDI Z. en 2010 sur les deux échantillons de schiste après broyage (prélevés respectivement dans les limites Est et Ouest du glissement) démontrent la dégradation des caractéristiques mécaniques de cette formation en milieu saturé. Ces essais renseignent sur le rôle de l'eau (essai en milieu saturé) dans la modification des caractéristiques mécaniques de la pente du versant composée principalement de schistes broyés et déstructurés. Ces zones de schistes broyés sont reconnues par forage au niveau de ce site. De plus, l'érosion superficielle modifie considérablement l'allure du versant déstabilisant ainsi que l'équilibre de celui-ci.

b) Facteurs actifs :

Il s'agit des facteurs déclencheurs et déstabilisateurs des pentes ; ils sont liés à l'action de l'eau, des séismes ou anthropiques. Ces facteurs restent toutefois difficiles à évaluer sur le site étudié. Ils influent considérablement sur la dynamique d'évolution du mouvement. Pour

le cas du glissement d'Ain El Hammam, nous avons constaté que trois facteurs actifs influent considérablement la cinématique de ce mouvement et pouvant probablement être à l'origine de son déclenchement et réactivation : il s'agit de l'eau, des séismes et de l'homme.

b-1) L'action climatique :

L'activation et/ou la réactivation du glissement de terrain d'Ain El Hammam est fortement liée aux différentes actions climatiques.

- L'effet des fortes précipitations :

L'analyse de l'historique de ce mouvement montre l'existence d'un lien important entre la pluviométrie (la hauteur des précipitations aqueuses) et l'évolution de la cinématique du mouvement. En effet, l'activation et la réactivation de ce mouvement sont souvent précédées par des événements climatiques exceptionnels, caractérisés par de fortes précipitations. Selon des témoins de la région, cet effet a été très visible en particulier lors du premier déclenchement du mouvement en décembre 1969 et lors de la réactivation de novembre 2008 où des déplacements très importants ont été observés. Par ailleurs, les fortes précipitations qui caractérisent le climat de la région d'Ain El Hammam ont un rôle très important dans le déclenchement, l'activité et l'évolution de ce glissement de terrain.

- L'effet de la couverture neigeuse :

La région d'Ain El Hammam localisée au pied de la montagne de Djurdjura est caractérisée par une importante couverture neigeuse. Cette couverture favorise les infiltrations lentes et continues propices à l'altération des formations schisteuses en profondeur. En effet, la fonte progressive de la neige contribue considérablement à garder le sol saturé pendant une longue durée en éliminant l'effet de l'évaporation de l'eau. Cette eau s'infiltré progressivement dans les diaclases du schiste et sépare les feuilletés de cette formation provoquant ainsi une altération progressive du substratum et une réduction des caractéristiques mécaniques des sols superficiels. En outre, l'effet du gel-dégel sur cette formation doit aussi être évalué.

b.2) Facteurs anthropiques :

L'action humaine constitue l'un des facteurs déclencheurs des instabilités de terrain les plus répandus. Alors la plupart des terrains de la zone affectée, est masquée par des jets de remblais ou par le tissu urbain (**voir figure III.32**). Selon les travaux réalisés par le laboratoire central des travaux publics (L.C.T.P) à l'endroit nommé "Esplanade du marché" les remblais peuvent atteindre une épaisseur de 15m.



Figure III. 32 : remblais jetés à la partie Ouest de la zone du marché

- **L'effet de la suppression des réseaux de drainage :**

Les réseaux de drainage réalisés en 1969 afin de stabiliser le versant et d'éviter la mise en pression des terrains ont été totalement supprimés et colmatés par les travaux d'urbanisation et les jets anarchiques de remblais. Cette modification a favorisé l'infiltration des eaux et l'altération du substratum rocheux. Ainsi, l'érosion superficielle et profonde du versant a modifié les conditions géométriques d'équilibre et les caractéristiques mécaniques des formations.

- **L'effet des réseaux d'assainissement non raccordés et des eaux usées de l'abattoir :**

Les eaux usées issues de l'abattoir et du réseau d'assainissement principal de la ville d'Ain El Hammam (un réseau non raccordé) se déversent directement dans les lignes de rupture apparentes dans le versant instable. Une partie de ces eaux usées ruisselle sur le versant et suit les ravins des cours d'eau, l'autre partie s'infiltré dans les lignes de glissement et contribue à la réactivation et à l'évolution du glissement. Ces eaux contenant des agents chimiques contribuent considérablement à l'érosion du versant et à l'activité du mouvement.

b.3) L'effet de la sismicité de la région :

Les séismes jouent un rôle important dans le déclenchement des instabilités de versant. La région d'Ain El Hammam étant localisée, selon le Règlement Parasismique Algérien (document technique réglementaire DTR BC 2 48 2003), en zone IIa (dite zone de sismicité moyenne). De plus, les effets induits d'un séisme moyen doivent être évalués et pris en considération par le système d'alerte. En effet, les séismes contribuent à l'accentuation et à la réactivation des instabilités de terrain (CHEN et al. 2005 ; KHEMISSA et al., 2008).

Plusieurs réseaux hydrauliques (réseaux d'assainissement et d'alimentation en eau potable) ont été rompus suite au mouvement de terrain. Les infiltrations des eaux issues de ces réseaux défectueux contenant souvent des produits chimiques ont certainement contribué à l'évolution du mouvement. Les habitants de la région interrogés affirment que le mouvement a ralenti après la réparation de certains réseaux.

III.8 - LE GLISSEMENT DE TIZI-OUZOU :

III.8.1- Glissement de Talla Allam :

III.8.1-1 - Description de glissement :

La wilaya de Tizi-Ouzou a enregistré, suite aux pluies de mars 2012 qui se sont abattues sur la région, une série de glissements de terrain et des éboulements, provoquant des coupures de routes et des dommages dans les maisons. Bien que moins important que le mouvement du sol qui a touché Tala Allam. Ce glissement s'est produit sur une zone fortement urbanisée, touchant plusieurs constructions nouvelles. Une niche d'arrachement de 2m est observée au sommet et le glissement couvre une superficie de 2590 m² La plateforme d'une maison en construction s'est carrément déplacée de son implantation, les fondations de deux domiciles habités dénudés, des murs fissurés et d'autres à terre. Les fortes pluies qui se sont abattues sur la région ont également touché les réseaux d'eau potable et de gaz. Le glissement ne s'est pas produit brusquement. Le mouvement était lent. Ce glissement de terrain est **complexe**.

III.8-1.2 - Désordres occasionnés par le glissement :

Le glissement à provoquer plusieurs désordres dans les constructions. Notamment une plateforme en construction a été endommagée par des fissures en amont du glissement (dégradation et affaissement des chaussées). **figIII.33**



Fig III.33 : glissement de Talla Allam

III.8-2- GLISSEMENT DE LA ZONE NOUVEAU LYCEE:

III.8-2-1 - Description de glissement :

L'investigation géotechnique et géophysique effectuée au niveau de cette zone, a révélé qu'il s'agit d'un **glissement de terrain profond**, mettant en mouvement la couche des remblais et celle de la couverture argileuse qui peuvent cumuler une épaisseur maximale excédant 15m à la partie centrale du versant. Le mouvement de terrain étant actif, sa progression met en danger les constructions situées du coté amont du versant.

Ce type de mouvement se distingue par son extension et l'importance du volume des terres mises en mouvement. Au niveau du site étudié une zone assez étendue, située à la limite Nord- Est, est affectée par ce type de mouvement.

III.8-2.2 - Désordres occasionnés par le glissement :

L'ampleur du mouvement de terrain instable et les désordres observés sont illustrés sur la figure **III.34**



Figure III. 34 : Différents désordres enregistrés, (zone Nouveau Lycée). (BOUDLAL.2013)

III.8-2.3 -Facteur du glissement :

Ravinements ; ils sont favorisés par les facteurs suivants :

- Le caractère argileux et marneux qui caractérise la lithologie du site et qui présente une grande sensibilité vis à vis de l'eau.
- L'absence du couvert végétal protecteur de l'érosion.
- Les pentes généralement assez accusées que présente le site.
- Le facteur anthropique ayant modifié et souvent de façon défavorable les conditions de drainage initiales avec la suppression des axes de drainage des eaux pluviales et ce, à chaque réalisation d'un projet d'aménagement.

III-9 : LA REGION D'ALGER :

III.9.1 - La région instable d'El Achour - Ouled Fayet - Dély Brahim :

III.9.1.1- Description de glissement :

Suivant leur degré d'altération, les marnes plaisanciennes ont des comportements tout à fait différents vis à vis de la stabilité des pentes et de leur résistance à la rupture. Les horizons marneux les moins altérés (généralement profonds) peuvent supporter de grandes surcharges tel que le récent complexe des affaires de Chéraga (tour en R+16 et 2 sous sols). Sur le plan géotechnique, la difficulté réside dans l'appréciation de ce niveau d'altération, au-delà duquel, les marnes seraient (ou non) stables.

III.9.1.2- Désordres occasionnés par le glissement:

Les dégradations subies par les constructions sont fréquentes : **Fig III-35 et Fig III-36.**

- Basculement de murs de soutènement.
- Déchaussement et fissuration de fondations.
- Déformation de chaussées.

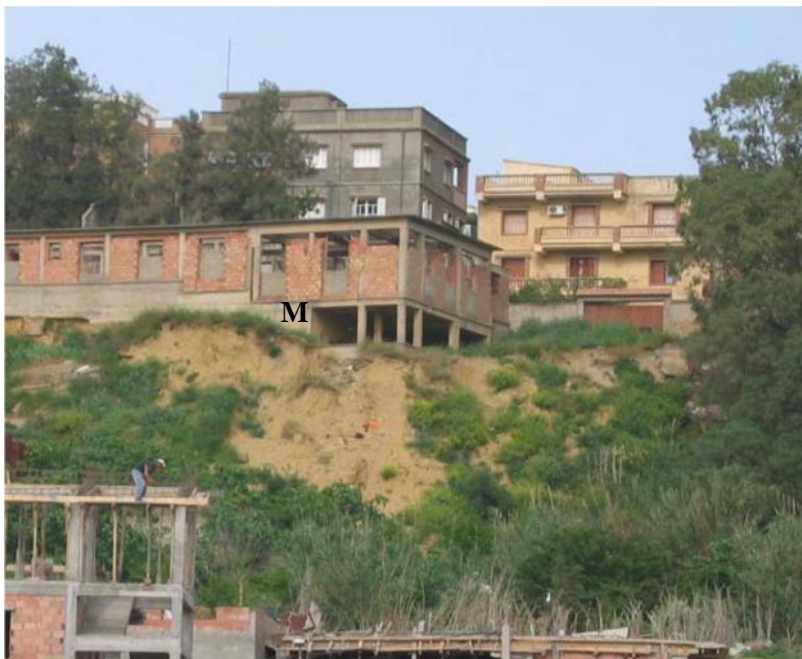


Fig III-35 : Rupture de talus argilo-sableux astien, à El Achour
M : maison abandonnée par suite d'affouillement et déstabilisation de ses fondations. (BOUGDAL.2007)



Fig III-36 :
G : Déstabilisation du talus aval autoroutier à Dély Brahim par des terrassements récents.
M : Maison exposée au risque de glissement de talus marneux instable (T).
E : Etang formé en fond de fouille (d'un projet industriel abandonné), par accumulation d'eau pluviale et suintement de nappe superficielle.
(BOUGDAL.2007)

III.9.2 - Le glissement du Télémy :

III.9.2.1- Description de glissement :

Le glissement du Télémy est un mouvement gravitaire ancien et actif. Il évolue à une vitesse lente, sous forme de **fluage** de la marne plaisancienne, décomprimée et instable sur une grande profondeur (10 à 20m, voire 50m dans sa partie amont).

III.9.2.2- Désordres occasionnés par le glissement:

Les premiers désordres remontent à l'époque turque (1785) où des dégradations, basculements d'habitations ont été rapportées. En 1845 et 1942, des écroulements de pans de la falaise molassique se sont produits. En 1964, 1978 et 1983, plusieurs désordres ont été constatés à savoir :

- Affaissement du boulevard Bougara, au pied de la falaise, correspondant à la tête du glissement.
- Ruptures de canalisation d'eau potable et usée.
- Déformation du bd Krim Belkacem (en aval du glissement). Le séisme de Boumerdes de mai 2003, a réactivé la partie haute du glissement, d'après la nouvelle fissuration et affaissement de 5 à 10 cm, apparus sur la chaussée du bd Bougara. **Voir fig III-37**



Fig III-37 : Désordre observés de glissement de Témelmy

III.10 - LA REGION DE BOUIRA :

III.10.1 - Glissements de terrain du versant d'Aomar (wilaya de Bouira) :

III.10.1.1-Description de glissement :

Les mouvements de terrains apparus dans cette ville sur un versant situé à proximité de la RN25 menacent des dizaines de maisons ,ont causé des désordres importants dans un établissement scolaire situé en amont du talus (écartement des joints de dilatation des blocs, apparition de fissures dans la cour et dans le mur de clôture, rupture du sol d'assise de la soute à mazout située près de la couronne, escarpement du terrain et apparition de bourrelets en aval du talus, apparition de fissures et léger affaissement du corps de chaussée, repture du remblais et de son sol..... etc.).

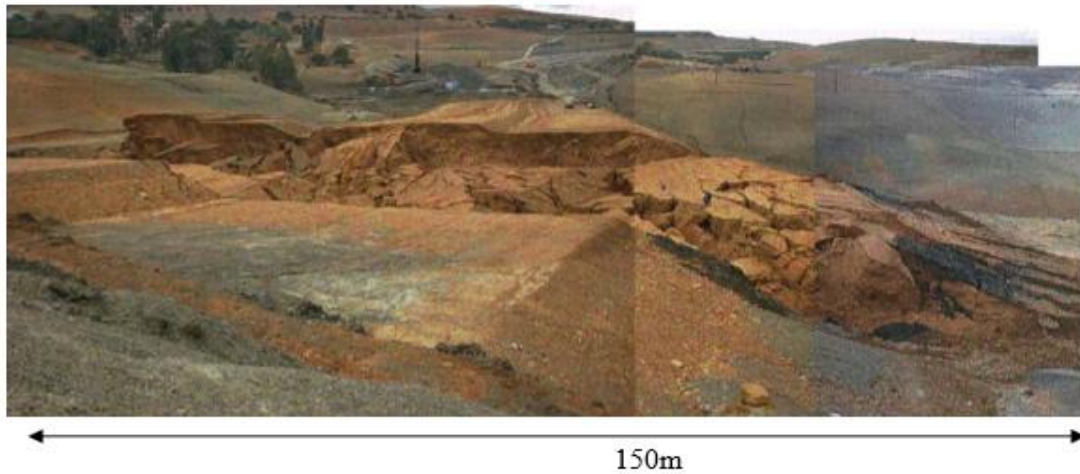


Fig III-38 : Rupture du remblai et de son sol support, Contournement de Bouira, Autoroute Est-Ouest. (BOUGDAL.2007)

Les résultats de l'étude géotechnique effectuée, ont permis de constater qu'il s'agit d'un **glissement rotationnel**. La ligne de rupture est située dans la couche de marne altérée.

III.10.1.2- Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont résumés dans les figures suivantes :



Fig III.39-1 : Désordre au niveau de l'autoroute



Fig III.39-2 : Dégradation de la chaussée



Fig III.39-3 : Désordre au niveau d'un établissement scolaire



Fig III.39-4 : Désordre au niveau d'une chaussée



Fig III.39-5 : Maison menacée par le glissement



Fig III.39-6 : Chut de blocs



Fig III.39-7 : Escarpement du terrain

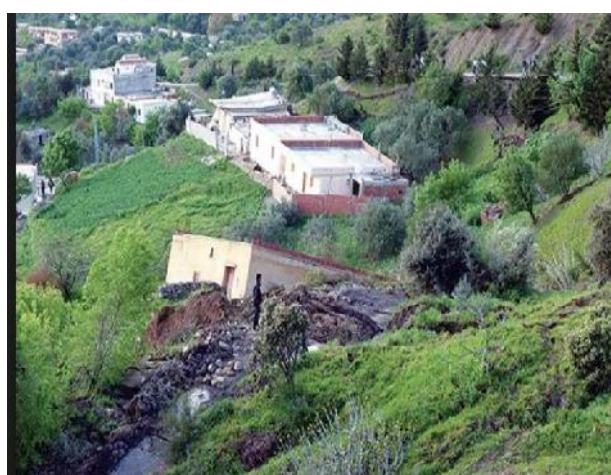


Fig III.39-8 : Inclinaison des maisons



Fig III.39-9 : Escarpement sur la route nationale N° 9



Fig III.39-10 : Désordre au niveau de l' autoroute

III.10.1.3-Facteurs du glissement :

Les causes de rupture peuvent être multiples. Toutefois, la rupture peut provenir essentiellement de la nature minéralogique des formations alluvionnaires. Les marnes étant des roches évolutives, leur comportement change en présence d'eau et deviennent très plastiques. La rupture du versant peut donc être attribuée à une perte de résistance au cisaillement des sols, sans oublier bien sûr les conditions hydrauliques et probablement sismiques défavorables.

III.11 - LA VILLE DE CONSTANTINE ET SES ALENTOURS :

III.11.1- les mouvements lents des versants de Chabet el Merdja (quartiers : « Sotraco », Boudraa, Zaouche, Boussouf) :

III.11.1.1: Description des glissements :

Ces glissements sont de type **fluage**, reconnaissables par une morphologie moutonnée, des contrepentes et une fissuration dense et profonde. Ils se produisent dès que les pentes atteignent ou dépassent 10 % de déclivité. Les masses glissées, poursuivent alors leur mouvement sur des pentes plus faibles à la faveur des eaux superficielles qu'elles absorbent et qui maintiennent leur saturation. C'est le cas observé dans le bas quartier de Boussouf.

La Cité Sotraco, construite, dans les années 1970, en structure légère (chalets préfabriqués en rez de chaussée) a été détruite dans toute sa partie aval (proche de Chabet El Merdja) par basculement et fissuration de sa fondation superficielle (**Fig III.40**).



Fig III.40 : Fondations sur radiers basculés de la cité SOTRACO, désaffectée. Chabet el Merdja (BOUGDAL.2007)

Le quartier Boudraa, situé à environ 2km plus en amont, est de construction dense et récente (Maisons en R+1). Le quartier aval, affecté sur 4 ha environ, est circonscrit par un escarpement courbe de 0,5 à 1m de rejet, sur une longueur de près de 200 m (**Fig III.41**). L'ensemble des habitations est intensément fissuré et basculé (**Fig III.42**)



Fig III.41:Glissement du bas quartier de Boudraa, avec escarpement bien apparent de tête de glissement (E). (BOUGDAL.2007)

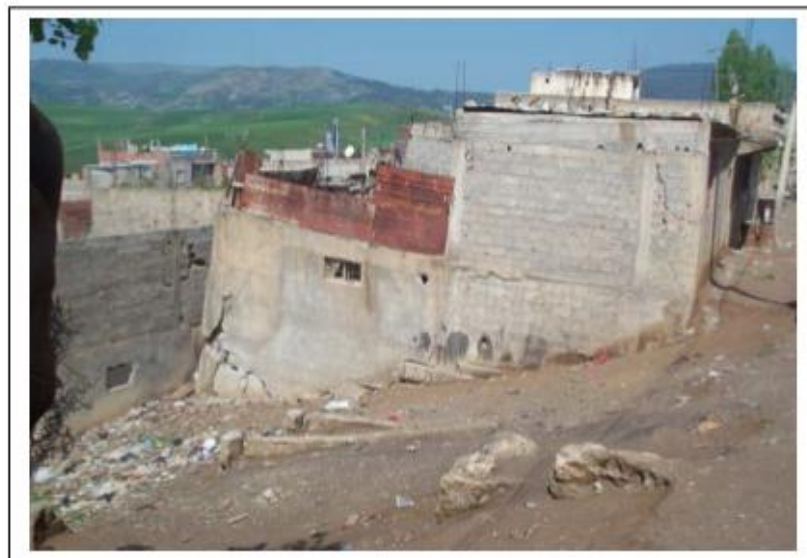


Fig III.42 : Maison basculée et fissurée, mobilisée par le glissement de Boudraa. (BOUGDAL.2007)

Le long de la rive droite du Rhumel, la principale construction affectée, est la route de Massinissa, reliant la banlieue ouest de Constantine (Boussouf, Zone industrielle) à la nouvelle ville d'Aïn el Bey. L'instabilité par fluage lent, d'une grande partie du versant qu'elle traverse, l'a dégradé sur plusieurs sections et plus récemment (hiver 2004), la culée rive droite du pont franchissant l'oued Rhumel a subi de sérieux désordres. La tentative de stabilisation des tronçons de route dégradée, par palplanches et drainage superficiel, s'est avérée inefficace. Le basculement systématique des palplanches (**Fig III.43**) de longueur 12m, montre que les surfaces de rupture sont profondes (supérieures à 7-8m).

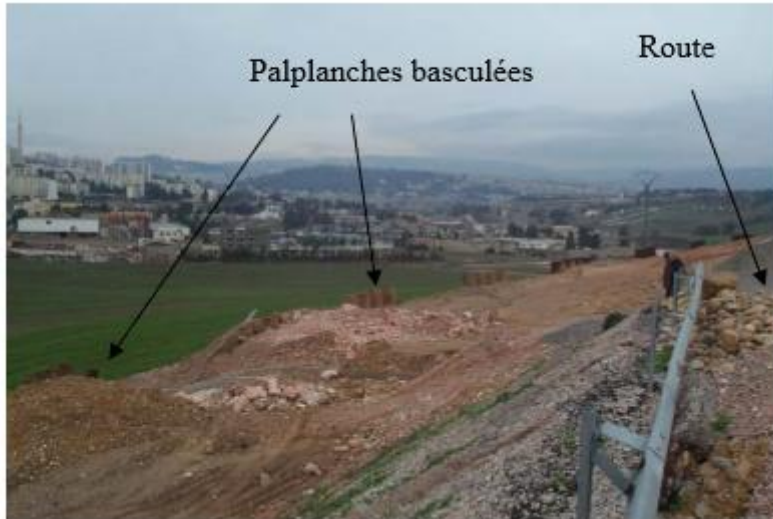


Fig III.43 : Route de Massinissa franchissant des zones instables dans les argiles miocènes à gypse. (BOUGDAL.2007)

III.11.1.2- Facteurs du glissement :

Les causes de ces glissements relèvent à la fois, de leur nature lithologique, état de saturation.

a- Lithologie :

Les observations de terrain et l'analyse des carottes de sondages, montrent que les marnes grises et les argiles rouges, miocènes, recouvertes par des colluvions fines, superficielles (1 à 3m), montrent un net gradient d'altération vers la surface. Dans la tranche de terrain glissé, les carottes de sondages sont généralement récupérées dans un état plastique et remanié, avec des traces d'oxydation donnant à la roche une coloration jaunâtre. La roche en place, est par contre, plus dense et garde sa couleur originelle grisâtre, lorsqu'il s'agit des marnes.

b- Hydrogéologie, pluviométrie :

Les eaux souterraines sont contenues dans les colluvions et le toit décomprimé des marnes et argiles et forment des nappes pelliculaires. En période d'étiage, les mesures piézométriques montrent que les niveaux statiques, bien qu'irréguliers, sont situés à quelques mètres de profondeur. En période humide, ces aquifères superficiels sont vite saturés, compte tenu de leur faible porosité, et les niveaux statiques remontent alors jusqu'en subsurface. Les précipitations atmosphériques relevées à la station d'Aïn el Bey (période 1983-2000), expliquent ce schéma hydrogéologique. La pluie annuelle varie dans des limites importantes voir le tableau suivant :

Tableau 01 : Ecart interannuels des précipitations (Station d'Aïn el Bey, période : 1983-2000)

Année	1983	1984	1989	1992	2000	2003
Précipitation en mm	253	876	373	758	390	759

III.11.2 - Le glissement de la route du Bardo :

III.11.2.1 - Description de glissement :

La route du Bardo longe la rive gauche de l'oued Rhumel, à mi-pente d'un versant d'assez forte déclivité, et constitue, avec la route du pont de Sidi Rached, la sortie Est de la ville de Constantine. Depuis 1988, cette route manifeste, régulièrement, des dégradations en période pluviale, sous forme d'affaissements et de fissuration profonde dans le corps de chaussée et son talus aval (**Fig III.44, III.45 et III.46**). Les travaux de réfection périodiques par recharges en remblai, et reconstitution du corps de chaussée n'ont pas abouti à la stabilisation du site.



Fig III.44: Route du Bardo fissurée et affaissée (hiver2003).(BOUGDAL.2007)



Fig III.45 : Talus aval instable, de la route du Bardo (rive gauche de l'oued Rhumel) (BOUGDAL.2007)



Fig III.46 :Route du Bardo affaissée et barée. (BOUGDAL.2007)

III.11.2.2 : Facteur du glissement :

La cause des dégradations de la route est manifestement l'instabilité des remblais, saturés à leur base et sapés en pied, par les crues de l'oued Rhumel. Ces remblais sont anciens et sont probablement déposés lors de la construction française du quartier du Bardo, dont la forte déclivité des pentes a dû nécessiter des terrassements en grandes masses.

III.11.3 - Le glissement de la Poudrière :

III.11.3.1 - Description de glissement :

Un glissement de terrain, s'est produit brutalement, à la faveur des pluies intenses de l'hiver 2003.

Les ruptures visibles en surface, dessinent un arc de cercle recoupant à ses extrémités les pentes raides du talweg. La superficie mise en mouvement est de l'ordre de 2 à 3 hectares dont plus de la moitié est construite. De nombreuses maisons, une école et une route ont été détruites. L'évolution du glissement menace l'ensemble du quartier de la Poudrière.

III.11.3.2 - Facteur du glissement :

Les facteurs qui ont contribué au déclenchement de ce glissement sont :

- La faible stabilité naturelle des remblais.
- Une forte déclivité limitant le replat de la Poudrière vers le Rhumel.
- La présence d'un réseau d'assainissement à ciel ouvert dont les eaux usées s'infiltrent directement dans le sol,
- L'intensité des pluies de l'hiver 2003.

NB : Le risque d'une extension imminente du glissement et le danger auquel était exposé l'ensemble du site de la Poudrière, a conduit les Autorités à déplacer toute la population et à raser les constructions existantes.

III.11.4: Le glissement de Bélouizdad :

III.11.4.1-Description de glissement :

Ce glissement de terrain, **complexe**, se manifeste le long d'un versant de pente moyenne 25%, comprenant, d'amont en aval, les quartiers de Bélouizdad, Kitouni, Maquisards, Kaïdi et Aouinet el Foul, jusqu'à l'oued Rhumel.

Les limites du glissement de Bélouizdad ont été tracées sur la base des dégradations constatées dans le bâti dans la mesure où l'urbanisation de l'ensemble du versant instable ne permet pas de faire autrement. Cependant, certains indices de terrain telles que la fissuration de talus conglomératiques et la morphologie moutonnée des formations argileuses, ont contribué à une meilleure identification des zones instables. Ces limites s'étendent sur une longueur d'environ 1000 m, entre le boulevard Bélouizdad et l'oued Rhumel, et une largeur variant de 200 à 300 m. La dénivelée entre l'escarpement de la tête du glissement (bien visible sur la rue Bélouizdad) et sa base est de l'ordre de 210 m.

III.11.4.2- Mécanisme de rupture :

Cinq tubes inclinométriques ont été installés sur le site de Belouizdad, Kitouni, Kaidi Abdallah, nommés S1, S2, et S4 à S6 (**fig.III.47**). Les mesures ont été réalisées par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est.

En raison de l'ampleur et de la vitesse des déplacements du terrain, les tubes S1, S2 et vraisemblablement S4, ont été sectionnés empêchant les mesures dans la partie inférieure du tube.

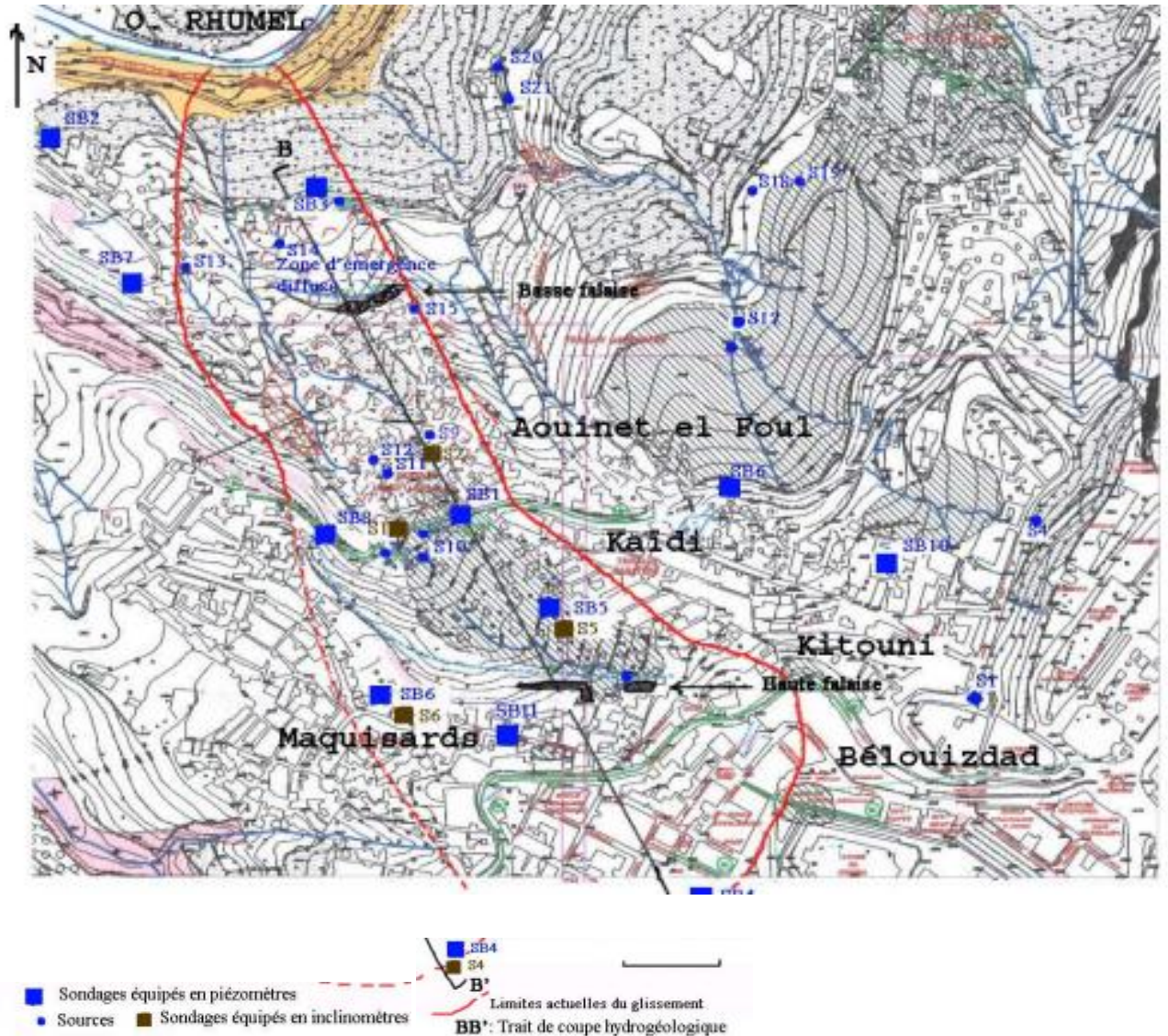


Fig III.47 : Position des points d'eau (source) et des piézomètres . (BOUGDAL.2007)

L'objectif des mesures inclinométriques est de déterminer au cours du temps l'amplitude et la direction des déplacements horizontaux du terrain, en profondeur.

Les mesures inclinométriques traitées sont représentées avec, pour chaque inclinomètre :

- les courbes de variations angulaires et déplacements corrigés.

Plusieurs courbes sont superposées sur chaque graphe, montrant l'évolution des variations angulaires ou des déplacements en fonction du temps. Ces courbes font nettement apparaître la profondeur des surfaces de glissement (**fig III.48**). Pour les variations angulaires, les courbes présentent un pic correspondant à cette surface de glissement (**fig III.49**).

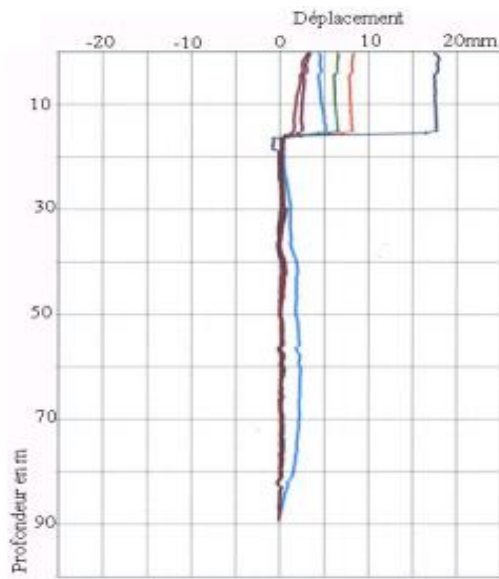


Fig III.48: Mesures des déplacements corrigés, sondage S1. (BOUGDAL.2007)

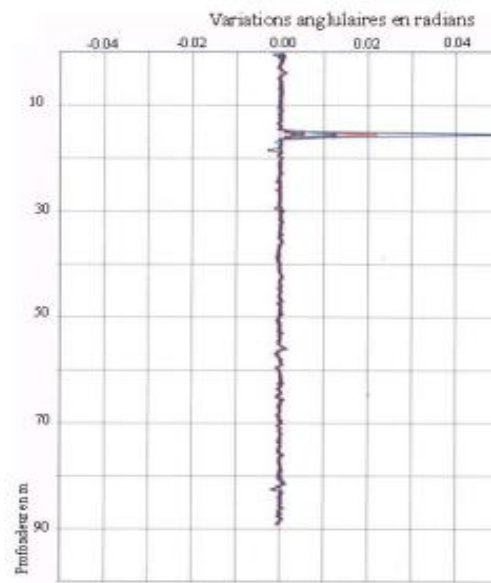


Fig III.49 : Mesures des variations angulaires, sondage S1. (BOUGDAL.2007)

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats de ces mesures.

Tableau 02 : Mesures inclinométriques. synthèse (BOUGDAL.2007)

Inclinomètre	Prof. du forage (m)	Prof. surface de glisst.	Direction du déplacement.	Déplact. Vitesse mm/trim	Déplact. vitesse mm/trim	Déplact. Vitesse mm/trim	Déplact. Vitesse mm/trim	Déplact. Vitesse mm/trim	Déplact. Vitesse mm/trim	Déplact. Vitesse mm/trim	Observations
				Trim. 4 2002	Trim. 1 2003	Trim. 2 2003	Trim. 3 2003	Trim. 4 2003	Trim. 1 2004	Trim. 2 2004	
S1	90	15 - 16	N 343°E (NNW)	3	13	45	-	-	-	-	Rupture après la mesure de juillet 2003
				3	9	32					
S2	90	6 - 6,5	N315°E (NW)	5	15						Rupture (6m) après la mesure de mars 2003
				5	14						
S4	55	18.5-21	N 225°E (SW)				0	3.4	6.6	6.8	Tube bouché à 21 m
							0	3.4	3.2	0.2	
S5	52	8	N325°E (NW)				0	10	38.8	44.5	
							0	10	28.8	5.7	
S6	52	7.5-8.5	N325°E (NW)				0	11	16.6	17.7	
							0	11	5.6	1.1	

Les terrains recoupés par les sondages équipés en inclinomètres, sont hétérogènes : limons rouges, conglomérats et sables grossiers et appartiennent à la formation miocène.

Le tableau ci-dessous indique, pour chaque inclinomètre, la nature du terrain traversé par la surface de glissement.

Tableau 03 : Mesures inclinométriques. Profondeur de ruptures. (BOUGDAL.2007)

Inclinomètre	Prof. du forage m	Prf. surface de glissement m	Terrain traversé au niveau de la surface de glissement	Observation
S1	90	15-16	Base d'une couche de galets, blocs et gravier gréseux dans matrice limoneuse sur une couche d'argile limoneuse.	Le piézomètre SB1 proche de S1, montre la présence d'eau dans ces galets
S2	90	6-6.5	Couche d'argiles limoneuses denses au dessus d'une brèche à matrice limoneuse.	Ces limons sont saturés d'eau d'après la présence de plusieurs sources (S9, S12, S11). voir fig III.49
S4	55	18.5-21	Couche de sable graveleux roux, argileux blocs et galets à matrice argilo-sableuse	Surface de rupture voisine d'un niveau aquifère profond
S5	52	8	Galets hétérogènes et sable moyen	
S6	52	7.5-8.5	Blocs de grés et de calcaire à matrice limono-sableuse	Proximité du niveau piézométrique

La superposition des différentes profondeurs de rupture mesurées, sur la coupe hydrogéologique (fig III.50) montre que les surfaces de glissement préférentielles sont localisées à la base de la première couche conglomératique (inclinomètres S1 et S2). Dans les autres inclinomètres, les ruptures se produisent dans les niveaux conglomératiques où la proportion d'argile est assez élevée. Dans les deux cas, les ruptures sont localisées dans des terrains saturés.

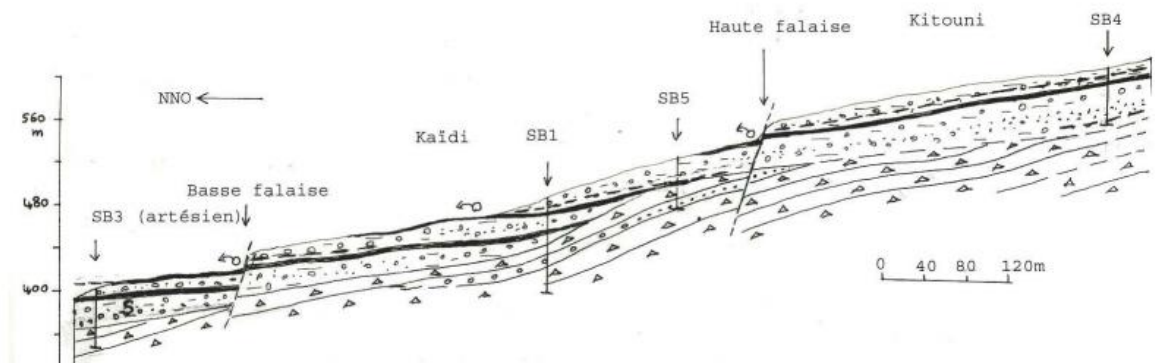
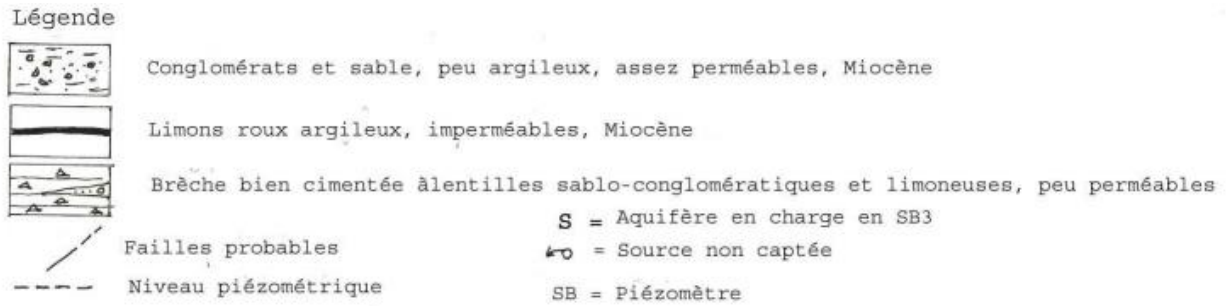


Fig III.50 : coupe hydrogéologique synthétique de Bélouizdad. (BOUGDAL.2007)



III.11.4.3 – Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres dans le bâti se traduisent par une fissuration très avancée de la totalité des constructions situées à l'intérieur de la zone instable. Il s'agit en particulier de l'ensemble des îlots délimités par le glissement dans sa partie amont ; c'est à dire le quartier situé en aval du boulevard Bélouizdad jusqu'à la première falaise conglomératique, y compris la partie orientale du quartier des Maquisards (**Fig III.51**). Les dommages s'expriment par le cisaillement des structures (poteaux, poutres, murs porteurs des constructions anciennes) et leur basculement par endroits.



Fig III.51 : Dégradation du Bâti dans le quartier des Maquisards. (BOUGDAL.2007)



Fig III 52 : Bâtiment R+3, en maçonnerie, très endommagé, Quartier Bélouizdad. (BOUGDAL.2007)



Fig III 53 : Rue affaissée et maisons Fissurées, Quartier Kitouni. (BOUGDAL.2007)

- delà de ces limites, les constructions sont indemnes. Le passage est assez net entre le bâti endommagé et celui stable.

En aval, le lotissement Aouinet el Foul, représenté par un habitat précaire, est fondé pour l'essentiel, dans un niveau argileux rouge, miocène. Les habitations en rez de chaussée, pour la plupart, sont très dégradées et souvent basculées.

Les principales dégradations de chaussées qui soulignent le glissement sont :

- l'escarpement de tête du glissement du boulevard Bélouizdad que l'on peut suivre sur plus de 200 m entre l'immeuble cisailé « le Cadeau » (qui a été démoli) et le marché couvert, situé plus au nord. Cet escarpement se manifeste par un affaissement longitudinal de la chaussée pouvant atteindre un mètre de dénivelée.
- la fissuration transversale de la chaussée de la rue Kitouni. Cette fissuration de direction NO-SE, qui délimite latéralement le glissement, sur son coté Est.
- la fissuration transversale de la chaussée du boulevard du 20 août qui n'est autre que le prolongement de celle de la rue Kitouni. Il s'agit d'une série de plusieurs fissures parallèles, qui ont pour effet cumulé, l'affaissement de la route. La rupture de pente y est bien marquée et délimite la zone affaissée, franchement instable de Kaïdi et une partie du lotissement Sabatier, très peu endommagé.
- La limite occidentale du glissement est moins bien marquée par la fissuration des chaussées.

III.11.4.4- Solutions techniques pour stabiliser le versant :

a- Maîtrise des eaux, drainage :

La maîtrise des eaux quelle que soit leur origine, anthropique ou naturelle, émergente ou souterraine, constitue un préalable, sans lequel les solutions envisagées décrites ci-après, peuvent n'avoir que des effets partiels, voire être vouées à l'échec.

L'objectif n'étant pas de supprimer la présence d'eau, mais de diminuer les pressions qu'elle exerce dans les formations où les ruptures sont localisées. Le maintien en bon fonctionnement des ouvrages destinés à contrôler les eaux, quel que soit leur type, requiert la mise en place d'un programme d'entretien particulier. Théoriquement, l'abaissement du niveau statique est susceptible de provoquer des tassements.

b- Drainage par galeries et forages drainants :

Compte tenu des incertitudes relatives à la connaissance du sous-sol et des circulations d'eau souterraine, une conception évolutive du système très coûteux de galeries drainantes a été proposée.

c- Drainage par tranchées drainantes profondes :

Les tranchées drainantes envisagées sont réalisées avec des matériels utilisés normalement pour construire des parois moulées dans le sol. La largeur minimale de leur excavation est de 0,80 m, leur hauteur pouvant varier de 0 à 30 m. Le forage s'effectue sous boue biodégradable, par panneaux successifs de longueur normalement inférieure à 10 m, le remplissage final se faisant avec un matériau granulaire, filtrant, avec mise en place à proximité de la base, d'un drain destiné à faciliter l'écoulement amont-aval. Le drain devra être disposé sur 0,20 m au moins de sable lavé de granulométrie 2/4 mm, et enrobé dans ce même matériau, jusqu'à 1m au-dessus de sa génératrice supérieure. Le comblement jusqu'à 1 m de la surface se fera avec une grave lavée 0/40 mm

Le forage se faisant par panneaux successifs, ou alternés, la technique doit assurer la continuité tout au long de la tranchée. Pour limiter la vitesse de circulation des eaux à la base des tranchées, le profil de celle-ci est prévu en marches d'escalier.

III.11.5 - Glissement du site Ciloc :

III.11.5.1- Description de glissement :

Selon Benaïssa, Bellouche (1999) et BOUDELAL (2013), ces mouvements lents se produisent essentiellement, dans les sols fins à forte plasticité. C'est un **fluage** qui affecte essentiellement les formations argilo-marneuses

III.11.6 - Glissement de Boussouf :

III.11.6.1 – Description de glissement :

D'après BENKECHKACHE (2012), le site a été divisé en quatre zones : voir **fig III-54**



fig III-54: Vues aérienne présente les quatre zones. Google earth, 2011. (BENKECHKACHE 2012)

- **La zone 01 :** Bâtiment n°4 (150 logements, Cité CNEP, Boussouf) :



Fig III-55 : bâtiment n°4 dans la cité CNEP 150 Logements.

Dans cette zone les dégradations sous l'effet du glissement de terrain sont :

- la construction est devenu en mauvais état , que ce soit au niveau des murs de soutènement, ou au niveau des réseaux d'assainissement. De plus, il y a des

affaissements dans les trottoirs et les revêtements des rues. Par contre pour l'ensemble de la construction, l'ouvrage est intact et les éléments porteurs (poteaux et poutres) sont en bon état. Dans ce cadre aucune déformation ou apparition des fissures n'a été enregistré, même pour les planchers à hourdis en béton armé. Seulement il est à noter qu'il y a eu une ouverture du joint de rupture entre les deux blocs (bâtiment n° 4 et n°5). Voir les **fig III-56, fig III-57, fig III-58 et III-59.**



Fig III-56 : Affaissement au niveau de la rue.



Fig III-57 : Affaissement important



Fig III-58 : le disjointement du mur de soutènement par le glissement



Fig III-59: Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm.

➤ **La zone 02 : Bâtiment n°5 (128 logements, Cité CNEP, Boussouf)**



Fig III-60 : Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 128 Logements

Les désordres observés dans cette zone sont :

- Dégradation au niveau des murs de soutènement et sur les différents réseaux d'assainissements. Aussi il est constaté des affaissements au niveau des trottoirs et les revêtements des rues.
- basculement et tassement du bâtiment
- Cassures et écrasements et des fissurations au niveau des éléments porteurs que ce soit pour les éléments de structures horizontales que pour les éléments de structure verticales du bâtiment.
- Ouverture du joint de rupture entre les deux bâtiments d'étude n°4 et n°5 de 150 logements.
- Déplacement au niveau des regards.



Fig III-61 : Basculement du bloc 5



Fig III-62 : Affaissement de la plate-forme du bloc5

Fig III-63: Déplacement au niveau des regards



Fig III-64: Vue aérienne sur la localisation de la Tour du CNEP. Google earth ; 2011.



Fig III-65 : les trois Tours du CNEP.

Les désordres observés dans cette zone sont :

- La tour est en mauvais état que ce soit pour les murs de soutènement que pour les différents réseaux d'assainissement .
- Affaissements qui affectent les trottoirs et les revêtements des rues.
- Un tassement léger au niveau des escaliers.

- Les éléments porteurs verticaux et horizontaux sont en bon état et de ce fait aucune destruction ou détérioration n'est à signaler.



Fig III-66 : Tassement des escaliers

- **La zone 4** : Construction n°32, quartier Nadja Sghira Boussouf :



Fig III-67 : La construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.

Il est constaté que l'ouvrage est en mauvais état mais les désordres enregistrés dans cette zone sont plus au moins par rapport aux zones précédentes tel que : l'affaissements au niveau des trottoirs et les revêtements des rues. **Voir fig III-68**



Fig III-68 : Affaissement de la rue et les revêtements des trottoirs

III.11.6.2 : Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres sont résumés dans les figures suivantes :



Fig III-69: La nouvelle cité CNEP, située dans la zone 1 montre par exemple, un bâtiment (R+5) franchement incliné, des joints excessivement dilatés et des murs de soutènement rompu. (BOUGDAL.2007)



Fig III.70 : A environ 200 m au Sud des trois tours, l'évolution d'un glissement de terrain, a entièrement détruit quelques maisons en cours de construction. (BOUGDAL.2007)



Fig III.71: un glissement a détruit une route et a envahi un RDC de deux bâtiments situés en contrebas. (BOUGDAL.2007)



Fig III-72 : Les terrassements excessifs et l'absence de drainage efficace, constitue une véritable menace pour ces constructions. (BOUGDAL.2007)

11.6.3 - Facteurs du glissement :

- Les travaux de terrassement ont souvent contribué à la déstabilisation de ces derniers, en générant une véritable menace pour une grande partie du bâti.
- Les eaux souterraines sont contenues dans les différentes formations de Boussouf. Dans les argiles miocènes, elles jouent un rôle important dans les mécanismes qui conduisent aux fréquents mouvements gravitaires observés. Cette présence d'eau est témoignée par les suintements à la base des murs de soutènement fondés dans les

argiles (**Fig III.73**) et les sous-sols constamment inondés (**Fig III.74**), observés dans plusieurs immeubles de la zone 1. Elle est issue de l'infiltration des eaux météoriques, mais aussi des nombreuses canalisations défectueuses (assainissement, AEP).



Fig III.73 : Sortie de drain et suintement d'eau sur mur de soutènement. Le massif fiftant derrières le mur n'a pas été réalisé. (BOUGDAL.2007)



Fig III.74 : S/Sol de bâtiment constamment inondé, baignant dans la nappe superficielle argiles décomprimées.(BOUGDAL.2007)

III.11.7 - Sud passage de Massinissa :

III.11.7.1- Description de glissement:

Les ruptures observées concernent les talus amont et aval de la route. **Fig III.75**

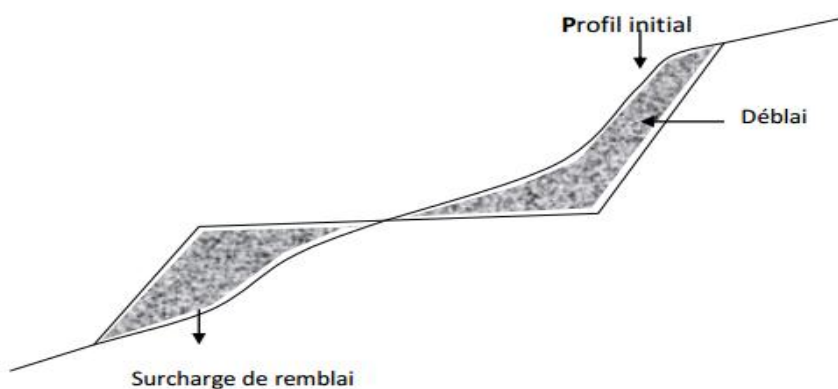


Fig III.75 : Talus amont (BENDJEDDOU.2015)

Pour les talus en déblais, la rupture est liée à une pente limite au-delà de laquelle la rupture est inévitable d'une part par la décompression des terrains déchargés par le terrassement, d'autre part par l'action des agents atmosphériques.

La rupture associée à la suppression de la butée de pied peut être brutale dans les versants à stabilité précaire.

- **Talus aval : Figure III.76.**

Les instabilités observées sont dues à l'implantation de surcharges sur versants. En effet ces surcharges (remblais) créent un moment moteur favorable à l'apparition d'une rupture rotationnelle. Plusieurs facteurs négatifs s'ajoutent en général au mécanisme de base décrit ci-dessus ; Il s'agit des surcharges établies sur terrain en pente :

- Les matériaux constitutifs sont très hétérogènes (dépôts anthropiques : gravats de démolition, matériaux de terrassement divers etc...).
- La pente du talutage est assez raide.



Figure III.76 : L'ampleur des glissements D'après DTP Constantine 2009. (BENDJEDDOU.2015)

Les reportages photographiques effectués sur le site de Massinissa par Mr Bendjeddou Azzeddine montrent l'ampleur des glissements qui se sont produits dès les premiers terrassements en 1995 et qui ce sont poursuivis jusqu'à aujourd'hui.

Les matériaux glissés se situent sur le talus amont ; Ils sont constitués essentiellement d'argiles brunâtres dont le mur est représenté par les marnes grises. Les masses en mouvement sont très importantes l'escarpement est visible en tête du versant. Des tentatives de confortement au moyen de palplanches, drains et murs de soutènement à faible ancrage ont été réalisées récemment ; des gabions ont été mis en place en pied de talus (Voire **Fig** ci-après).



Figure III.77 : Déférant couches du sol

Au niveau de la chaussée, les dégradations se sont traduites par la présence de fissurations généralement parallèles à l'axe de la route.

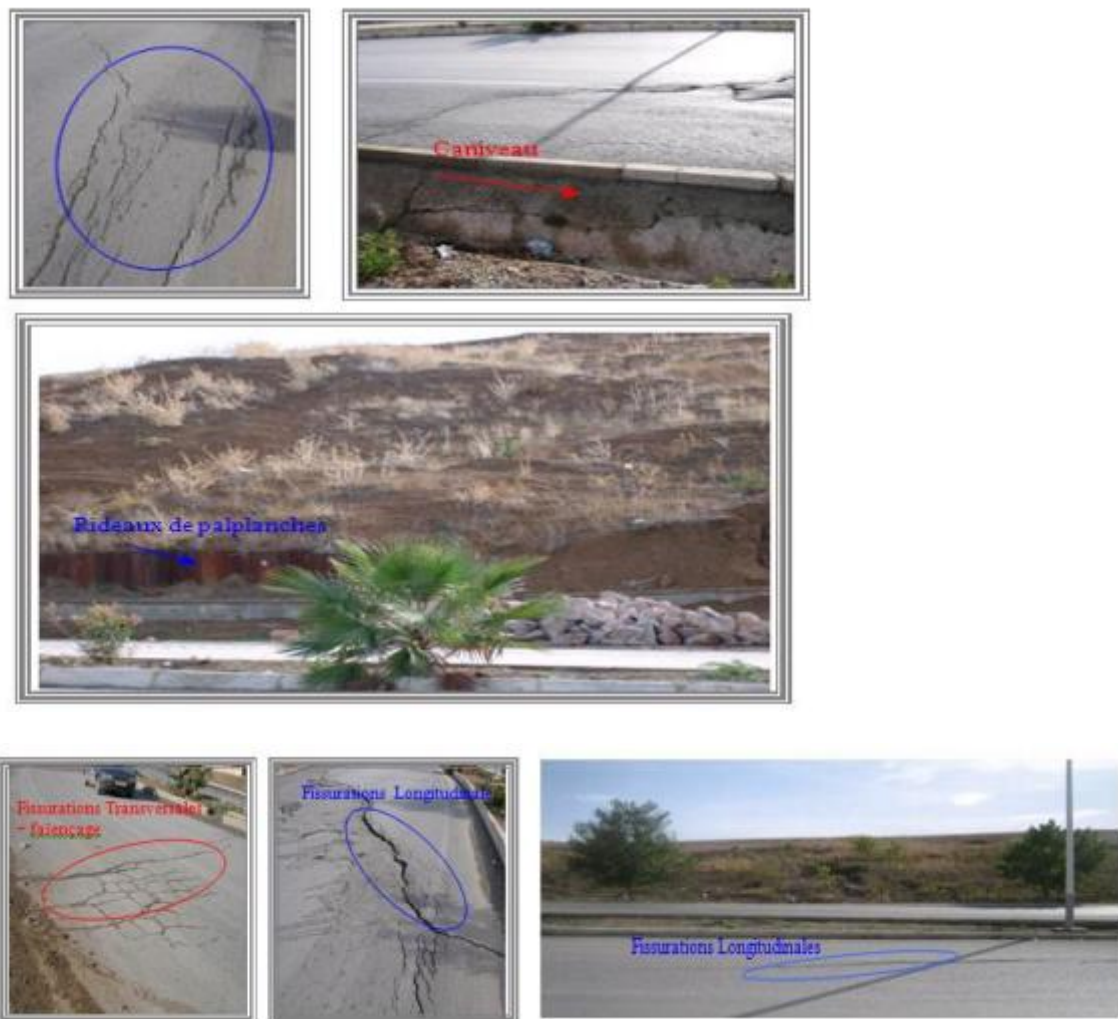


Figure III.78 : types des fissurations



Figure III.79 : mur de soutènement affecté par le glissement

La zone médiane du site est affectée par deux glissements qui concernent :

- Le talus amont.
- Le talus aval.



Figure III.80 : Dégradation de chaussée causé par le glissement

Le talus amont est moins affecté car l'ampleur du glissement est moins importante que celle du talus aval. Malgré les tentatives de confortement au moyen de palplanches et la mise en place de drainage,

III.11.7.2- Désordres occasionnés par le glissement :

La chaussée a subi un important affaissement (plusieurs mètres) suivi d'importantes dégradations de la chaussée.



Figure III- 81 : Accotement dégradé par glissement de terrain

III.11.7.3 - Facteurs du glissement :

L'origine de ces dégradations est la conjugaison de nombreux facteurs notamment :

- Mauvaise gestion des eaux de surface.
- Mise en œuvre des remblais sans précaution de compactage et d'accrochage au massif existant, mise en place de dépôts anthropiques en crête de talus accentuant le moment moteur.
- Les terrassements menés sur des pentes à l'équilibre limite.
- Les remblais routiers ont été mis en œuvre sur un terrain en pente.
- Le manque d'ancrage et le mauvais compactage seraient des facteurs aggravants.
- L'assainissement qui se traduit par une collecte défailante des eaux.
- Malgré des tentatives de stabilisation au moyen de palplanches, tranchées drainantes et gabions, les glissements se sont développés avec une grande intensité dans la partie supérieure de la route Massinissa.
- La circulation des eaux essentiellement pendant les périodes pluvieuses combinées avec les éléments évoqués ci-avant et éventuellement la présence très probable de faille, ont engendré des mouvements de terrains très importants. Les dégradations des ouvrages sont spectaculaires.



Figure III.82 : présence de faille au niveau de la route



Figure III.83 : Palplanches ancrées dans le milieu de l'axe de la route

III.11.8 : Glissement du pont Sidi Rached :

III.11.8.1 - Description de glissement :

Le pont construit entre 1908 et 1912, ce dernier est un ouvrage en pierre de taille doté d'un tablier en béton armé (technique Séjourne) de 447 mètres de longueur. Il comporte 27 arches dont 8 arches de 9,80 m côté gare et une arche de 70 mètres franchissant le ravin du Rhumel. La largeur de voie est de 12 mètres environ.

Les piles sont fondées sur une assise calcaire robuste à l'exception des deux dernières piles et de la culée orientale (côté gare), qui sont fondées sur des marnes finement litées et marno-calcaires telliens, très fracturés. Le franchissement d'une zone fracturée dans l'assise calcaire, en rive gauche du Rhumel (côté ville), explique la présence d'une arche de 30 mètres parmi celles de 9,80 m.

A la suite de nombreux désordres, la première arche s'est rompue et son tablier a été remplacé par un tablier métallique. Ce pont est un ouvrage sensible puisqu'il assure le passage des véhicules d'une rive à l'autre du Rhumel.

Des études et expertises ont été entreprises pour arrêter les désordres, sans succès. Ce n'est que récemment que l'instabilité de l'ensemble du versant (site du Chemin Forestier) a été avancée comme cause possible des désordres observés au niveau de la culée Est du pont Sidi Rached.

En 1910, à la suite d'un hiver pluvieux, des désordres apparaissent sur la culée Est qui est terminée : fissures verticales dans le parement de la culée et dans l'anneau aval de la première voûte. Les désordres sont attribués à une poussée des terres consécutive à un mauvais drainage des marnes et un drainage de la fondation par puits et galerie est mis en œuvre.

En 1938, une campagne de reconnaissance des sols est lancée qui montre que la culée Est et les deux piles avoisinantes sont fondées sur les marnes surmontant une couche massive de calcaire. Plus tard, en 1941, l'absence de stabilisation des désordres nécessite des mesures de consolidation : des pieux inclinés ancrés dans le calcaire sont réalisés pour asseoir les piles sur ce substratum plus stable, les deux derniers rangs de piles et la culée sont consolidés par des forages injectés, des poutres en béton armé sont installées entre les piles et la culée et les fissures sont injectées.

En 1947, à la suite d'une forte secousse sismique qui a ébranlé la région de Constantine, les fissures existantes évoluent et de nouvelles apparaissent sur les trois groupes de piles épargnées jusqu'alors.

Les mesures topographiques de surveillance du pont débutent en 1954.

Après l'analyse de ces mesures qui font craindre un grave problème de stabilité du pont à terme, des travaux importants sont entrepris :

- remplacement de la première voûte par un arc en béton armé à trois articulations,
- transformation de la deuxième voûte en culée par remplissage en béton armé, ancré à 1,5 m dans le calcaire,
- mise en place de butons à mi-hauteur équipés de vérins de réglage, exécution de forages horizontaux pour drainer le massif derrière la culée.

L'articulation à la clé de l'arc en béton armé est composée de cinq vérins à vis réglables et de quatre bielles joignant les deux parties de l'arc séparées par cette articulation qui est capable d'absorber un déplacement horizontal de 30 cm environ.

En mai 1979, une conduite d'eau potable de 400 mm de diamètre se rompt et des quantités importantes d'eau se déversent sur le talus surplombant la plate-forme des chemins de fer. Le 17 mai 1979, un glissement apparaît sur le talus de déblai situé dans la gare de Constantine. En juin de la même année, l'arc à trois articulations de la première voûte se rompt. Les vérins sont écrasés et flambent à la clé, les butons placés à mi-hauteur flambent et la chaussée se fissure avec décollement du parement des trottoirs. Aucun désordre significatif n'est observé dans la structure du pont ; le dispositif mis en place a bien joué son rôle, jusqu'à la destruction.

Une campagne de sondages et d'essais en place et en laboratoire est lancée. Les mesures confortatives adoptées consistent à remplacer la voûte par une poutraison métallique reposant, côté culée, sur des pieux verticaux ancrés dans le calcaire. En 1992, un déplacement longitudinal du tablier et un écrasement du béton de la dalle est observé. Le joint de dilatation côté pile est endommagé et des fissures au niveau du mur garde-grève sont apparues, preuve que les déplacements se poursuivent. Les travaux de réparation de 1994 consistent à démolir la dalle au niveau du joint de dilatation, rétablir le joint entre le mur garde grève et le tablier en découpant le tablier, mettre en place un joint et colmater les fissures côté pile, remettre en état le joint et enfin reconstruire le mur garde grève, côté culée.

En 1997 des désordres importants sont constatés au niveau de la chaussée à la suite d'un déplacement de la culée côté gare : écrasement des appareils d'appui, fissuration du mur garde grève, fermeture des joints de chaussée. Fin 1997, de nouveaux travaux sont entrepris : mise en place d'un joint à grand souffle, réfection des poutres de renforcement, traitement des éclatements de béton sous dalle, reconstruction du mur garde grève, remplacement des appareils d'appui abîmés.

Les causes avancées pour expliquer ces désordres ont été longtemps "l'hétérogénéité du sol d'assise des fondations" et/ou un "glissement local". L'action d'un grand glissement du versant à l'amont venant buter ou englobant la culée du pont est peu mise en avant. Des questions se posent toutefois et le Laboratoire des Travaux Publics de Constantine (LTP EST) propose d'entamer une étude approfondie à l'aide de matériel approprié (inclinomètre, piézomètre etc. ...) pour déterminer s'il y a mouvement d'ensemble ou si celui-ci reste localisé. Seul un expert, Paulsen , avance "un glissement de grande ampleur " dans un rapport de 1999.

L'examen des relevés piézométriques d'une campagne de sondages carottés, réalisés par le Laboratoire des Travaux Publics de Constantine (LTP Est), au voisinage de la culée du pont (période 1998-2000), montre la présence d'eau souterraine, suivant le sens de la pente, soit un gradient hydraulique moyen de 2,5 % entre les piézomètres extrêmes : Sc1 et Sc7 (**fig.III.84**). Les relevés piézométriques effectués entre janvier 1998 et juin 2000, bien qu'irréguliers dans le temps, ne montrent pas de variations notables et la nappe paraît insensible aux écarts saisonniers des précipitations malgré les fortes pluies de l'hiver 1998.

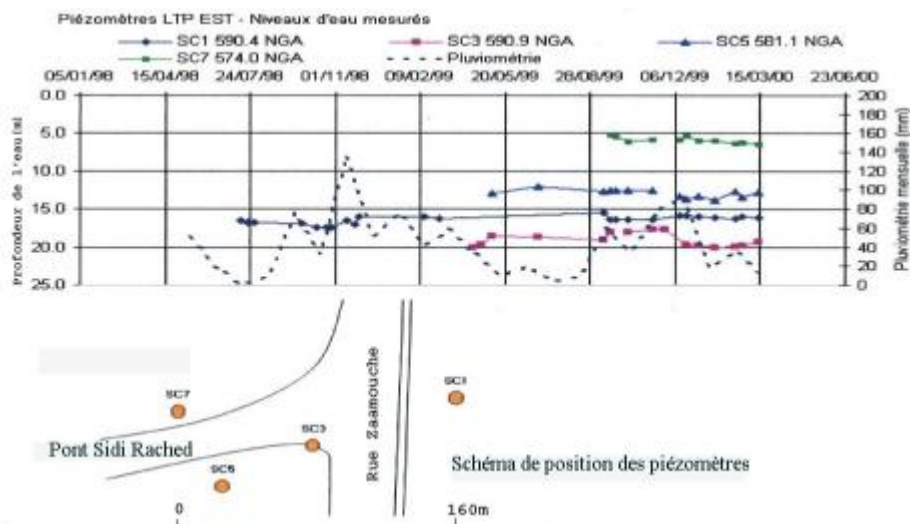


Fig.4 Mesures piézométriques et pluviométrie

Fig III.84 : mesures piézométrique et pluviométrique (BOUGDAL.2007)

III.11.8.2-Mécanisme de rupture :

Plusieurs campagnes de mesures inclinométriques ont été lancées et pour ne citer que les plus récentes :

- 1) campagne 1999 LTP Est au niveau de la culée du pont.

2) campagne 2002 et 2004 LTP Est au niveau de la culée du pont.

3) campagne EEG SIMECSOL- LTPE (juillet 2003 à juillet 2004).

La période de mesure de la campagne 1 (1999) semble insuffisante en raison du mode d'installation des inclinomètres adoptée alors (clavage au sable, campagnes 1 et 2) qui conduit une sensibilité moindre que les inclinomètres scellés au coulis de ciment (campagne 3) qui est la procédure recommandée par la norme française NF 94-156. Dans le premier cas, il faut en effet un déplacement important du terrain pour déformer le tube, ce qui masque les mouvements pendant quelques temps. Seuls les résultats des mesures de 2002 à 2004 des campagnes 2 et 3 ont fourni des résultats significatifs.

Les courbes inclinométriques font nettement et rapidement apparaître la profondeur des surfaces de glissement. Pour les variations angulaires, les courbes présentent des pics correspondant à ces surfaces. (**fig.III.84**)

- l'inclinomètre le plus à l'amont (**SF1, fig.III.84**) n'indique pas de déplacement du terrain ;
- l'inclinomètre SF2, installé à mi-pente montre clairement la présence de deux surfaces de rupture actives et profondes, l'une à 14 m de profondeur et l'autre à 30,5 m.
- les inclinomètres du LTPE sont installés au niveau de la culée du pont (plus en aval du SF2) montrent une surface de rupture qui se confond avec l'interface entre le calcaire et les marnes telliennes.

Les inclinomètres mettent clairement en évidence plusieurs surfaces de glissement ; le versant du chemin forestier jusqu'au Rhumel est affecté par des instabilités qui sont à l'origine des désordres de la culée du pont Sidi Rached et des bâtiments construits dans la pente et à l'aval.

La profondeur des surfaces de rupture est de 14 m et 30,5 m au niveau du sondage SF2 où deux glissements superposés ont été observés. Les vitesses de déplacement des glissements varient entre 13,6 et 46,7 mm /an. Toutefois que la moyenne des vitesses atteint 30 mm par an. Il s'agit d'un mouvement lent mais mesurable et dont les effets sur la culée du pont Sidi Rached sont considérables.

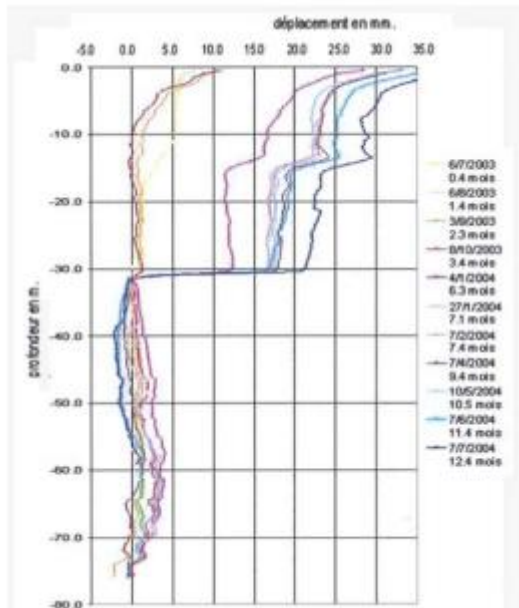


Fig. III.85- Déplacements de l'inclinomètre SF2. deux surfaces de rupture, à 14 m et 30,5 m de profondeur. (BOUGDAL.2007)

III.11.8.3 – Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres les plus apparents sont bien exprimés le long du talus aval, de part et d'autre de la culée, tels que :

- la fissuration de plusieurs constructions en béton armé (**Fig III.86**),
- le basculement de murs de soutènement,
- la dégradation de structures enterrées à l'intérieur du siège NAFTAL,
- l'inclinaison systématique des arbres (**fig III.87**).



Fig III.86 : Constructions fissurées et abandonnées, sur le talus aval du pont. (BOUGDAL.2007)



Fig III.87 : Inclinaison systématique des arbres, au voisinage de la culée du pont.
(BOUGDAL.2007)

- Ouverture excessive des diaclases et joints de stratification des marnes telliennes ;
- Affaissement et fissuration affectant deux chemins forestiers (**Fig III.88**).

Les ouvrages de drainage anciens, des eaux superficielles, sont systématiquement fissurés (**Fig II.89**) et les voies ferrées sont périodiquement rectifiées, preuve de l'instabilité de leur sol support.



Fig III.88 : Affaissement et fissuration du chemin forestier, en amont du pont.
(BOUGDAL.2007)



Fig III.89 : Déformation et fissuration de tous les ouvrages de drainage des eaux superficielles, talus amont de la plate-forme ferroviaire. (BOUGDAL.2007)

III.12: LA REGION DE CHLEF :

III.12.1 : Description de glissement :

Les mouvements lents sont les plus importants par leurs grandes masses mobilisées sur de grandes étendues (ils peuvent se développer sur plusieurs dizaines d'hectares). Ils se manifestent sur des versants de pente 15 à 20 % et présentent une morphologie moutonnée caractéristique. Leur profondeur, difficile à estimer, semble d'autant plus importante que l'amplitude des ondulations est grande (3 à 6m). Ces mouvements sont très répandus sur les versants nord de l'oued Chlef : des Béni Rached à l'Est aux Médjadja à l'Ouest (**Fig III.90**).

Des tentatives de stabilisation des versants exposés à ce phénomène, ont été entreprises par la réalisation de banquettes qui ont eu pour effet, d'accentuer les mouvements, en retenant les eaux pluviales et en favorisant ainsi, leur infiltration plus efficace.

Les glissements de terrains de **type circulaire**, sont caractérisés par des surfaces de rupture apparentes, avec escarpements, replats et bourrelets aval, caractéristiques. Ils sont moins étendus et se produisent dans les formations marneuses les moins altérées à la faveur de fortes pentes (40 à 50 %). Quelques-uns se sont déclenchés lors du séisme d'octobre 1980, tel que celui du village de Mdina, dans les Médjadja (**FigIII.90**).

Les écoulements sont les mouvements les plus rares. Ils sont connus au droit des abrupts des falaises gréseuses et calcarénitiques du Pliocène supérieur et se manifestent également le long des talus argilo-limoneux qui forment les berges abruptes du lit mineur de l'oued Chlef

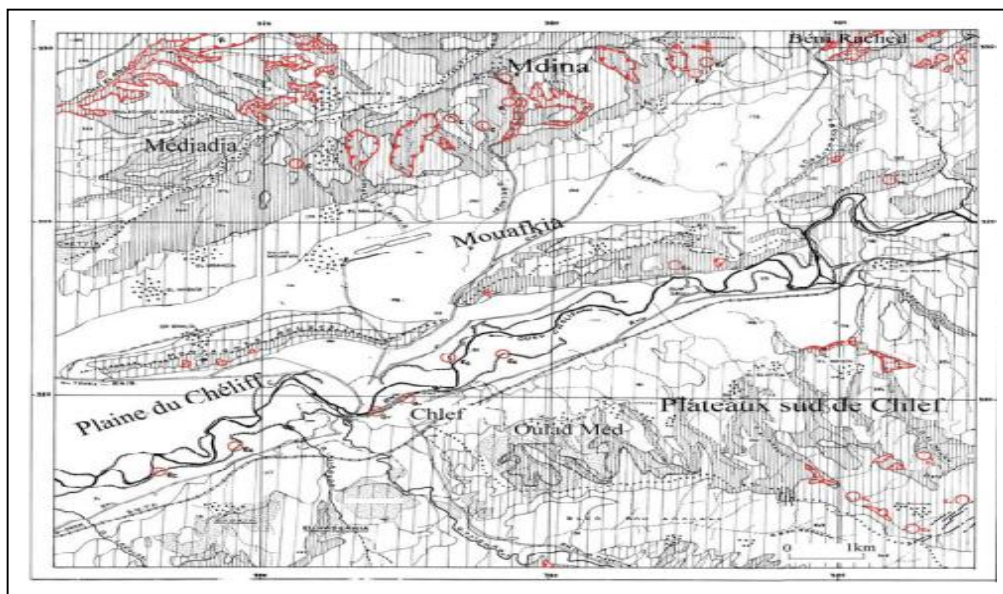
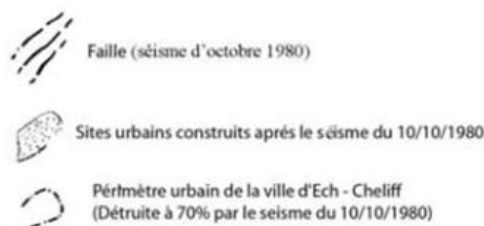
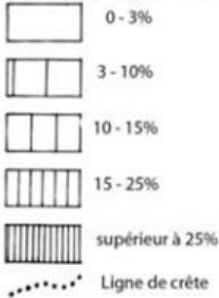


Fig III.90 : Carte des mouvements de versants de la région de chlef (R.Bougdal,1987). (BOUGDAL.2007)

Légende

Pente topographique



Mouvement de versants - Erosion

CARTOGRAPHIABLES	NON CARTOGRAPHIABLES
	Mouvement lent activé par le séisme du 10/10/1980
	Coulée et Ecoulement visqueux c
	Ecoulement Ec
	Erosion intense Er

Dans le Pliocène, les écroulements se produisent soit à la faveur de l'hétérogénéité de la roche, par érosion différentielle entre les niveaux les plus tendres, généralement sablonneux et les passées les plus dures, soit à la faveur de la fracturation existante

III.13 - LA REGION DE MEDEA ET SES ALENTOURS :

III.13.1 - La Cité Universitaire 2000 lits :

III.13.1.1 – Description de glissement :

La Cité qui couvre une superficie de 15 ha, est située sur le versant marneux de Chrachria, à 2km environ au NO de la ville de Médéa. Le projet comporte : 14 blocs d'hébergement en R+4, des Ateliers techniques en R+1 (**Fig III.91**) et des RDC (restaurant, bibliothèque, gymnase, foyer). Dès le commencement des travaux de réalisation, de nombreux problèmes géotechniques se sont manifestés : ruptures de talus de terrassement, fissuration de la clôture extérieure de la Cité et des voies d'accès, venues d'eau souterraines, apparition de sérieux désordres structurels, évolutifs, dans les « Ateliers Techniques ».



Fig III.91 : Dégradation par fissuration et basculement des Ateliers. (BOUGDAL,2007)

III.13.2 - La zone du Nouveau Lycée (Médéa) :

III.13.2.1- Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres occasionnés sont très graves, et irréversibles. Plusieurs blocs ont dépassés la phase de réparation ce qui engendrer la démolition de ces derniers (**figure III.92**)



Figure III. 92 : Glissement de terrains, zone du nouveau lycée, (Médéa). (BOUDLAL.2013)

III.13.2.2 - Facture du glissement :

Les intempéries de 2005 n'ont fait qu'accéléré les instabilités du talus. Les causes d'instabilité de la zone du nouveau lycée sont diverses. Les principales sont les suivantes :

- L'importante hauteur de talus sans soutènements.
- Les terrassements anarchiques sans mesures préalables.
- Les déblais issus des terrassements non évacués hors site.
- L'obstruction des voies de circulations de véhicules et engins.
- L'absence de dispositifs d'évacuation des eaux de ruissèlements.
- Le stockage de matériaux (sable graviers et autres) à proximité des excavations.
- La présence de plusieurs opérateurs sur site, pour divers clients et sans coordination technique entre eux.

III.13.3 - La zone des 400 logements de l'OPGI (Médéa) :

III.13.3.1 - Désordres occasionnés par le glissement :

La zone de construction des 400 logements de l'OPGI est également gravement touchée par les glissements de terrains. Voir figure ci-après.



Figure III. 93: Glissements de terrains, zone des 400 logements de l'OPGI, (Médéa).
(BOUDLAL.2013)

III.13.3.2 – Facture du glissement :

Les principales causes d'instabilités sont dues à :

- L'insuffisance de l'étude géotechnique (nombre de sondages et échantillons insuffisants, profondeurs d'investigations insuffisantes...).
- La non prise en compte de l'inclinaison du terrain dans les calculs.
- La présence d'eaux.
- L'absence de murs de soutènements après la réalisation des plates-formes et voiries qui ont dégagé des talus importants.
- Le rapprochement des blocs, non-respect de distance réglementaire.

III.14 - GLISSEMENTS DES ARGILES DU "BASSIN DE MILA" :

III.14.1 - Description de glissement :

Selon Benaïssa et Belouar (2008) les mesures inclinométriques n'ont pas montré de mouvement profond. La géométrie de la surface de glissement est **simple (plane ou circulaire)**.

III.15 : GLISSEMENTS DE MECHROHA, ZAAROURIA, HAMMAM TASSA (SOUK-AHRAS) :

III.15.1 - Description de glissement :

Le type de glissement dominant dans la région de Souk Ahras est "**Le glissement quelconque**". Ce glissement n'est pas vraiment profond, il se manifeste généralement dans les marnes et les argiles, souvent combinées de différents âges qui affleurent à la surface.

III.15.2 - Facteurs du glissement :

Les glissements de terrain dans les secteurs d'étude peuvent être déclenchés par plusieurs facteurs :

- Le terrassement ou la création d'un talus routier (action anthropique).
- La pente des talus (action de la pesanteur).
- Nature géologique du sol (particulièrement le gonflement- retrait des argiles).
- Pluies d'hiver et pluies orageuses exceptionnelles (augmentation de la pression interstitielle).
- Crue de torrent et crue rapide de rivière (érosion de surface).
- Infiltrations et écoulement des eaux dans le sol (diminution de la résistance du sol).
- Variation intense de la température (écart thermique considérable, gel et dégel).

III.16 - GLISSEMENT DE BORDJ BOUNAAMA, (TISSEMSILT) :

III.16.1 - Description de glissement :

Selon Bentarzi.2010 et BOUDLAL.2013, plusieurs désordres observés dans la région, à savoir : la dégradation du stade et du mur de clôture, ainsi que le mur de gabion soutenant le massif au cours de la réalisation du projet des 60 logements.



Figure III.94 : Glissement de Bordj Bounaama (Tissemsilt). (BOUDLAL.2013)

Après les observations faites sur le site, suivies d'une reconnaissance du sol approfondie. Il a été constaté que les déformations dans le sol, et la morphologie du terrain après glissement, reflètent dans l'ensemble un glissement circulaire.

III.17- LA VILE DE SETIF :

III.17.1 - Les glissements de terrain de Dhiafet :

III.17.1.1 - Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont (Fig III-95)

- un affaissement de la route.
- des ondulations et des fissurations sur la route.
- l'inclinaison sur le mur de soutènement en gabions.
- Inclinaison des arbres.
- présence d'eau en amont.



Fig III-95 : description de glissement sur la route nationale N° 9 de Dhiafet. (DJENBA.2015)

III.17.1.2 - Les facteurs du glissement:

Le facteur déclenchant de ce glissement c'est bien l'eau car l'action de celle-ci est triple, elle permet :

- Une augmentation du poids volumique des sols par l'augmentation de la teneur en eau.
- Change l'état de sol ce qui permet au sol de passer de l'état solide à l'état plastique voir même l'état liquide.
- L'action mécanique ; pressions interstitielles.

III.17.1.3 - Remèdes :

Les travaux de réhabilitation d'urgence qui ont été entrepris par la direction de LTPE, consistent à enlever l'ancien remblai déstabilisé et maitre en place une grille de gabion étagé (**Fig III-96**) en comblant à nouveau le vide par des matériaux tous venant naturel. Le but de cette action est de créer une butée face aux forces motrices.



Fig III-96 : déroulement des travaux de confortement. (DJENBA.2015)

III.17.1.4 - Techniques proposés par LTPE :

- La technique proposée est simple dans son principe, elle consiste à éliminer toute sorte d'eau voir : une canalisation des eaux internes par des tranchées drainantes du côté amont de la route (**Fig III-97**) et l'acheminer vers l'exutoire existant (coté gauche) ;
- Eliminer l'infiltration des eaux de surface (eaux de pluie, eaux de ruissellement, etc.) par des ouvrages d'assainissement étanches à l'aide d'un géocomposite étanche pour minimiser les infiltrations.
- une purge de toute la zone glissée et de reconstruire le talus aval (travaux de terrassement : déblai-remblai) avec un matériau grossier propre et frottant.

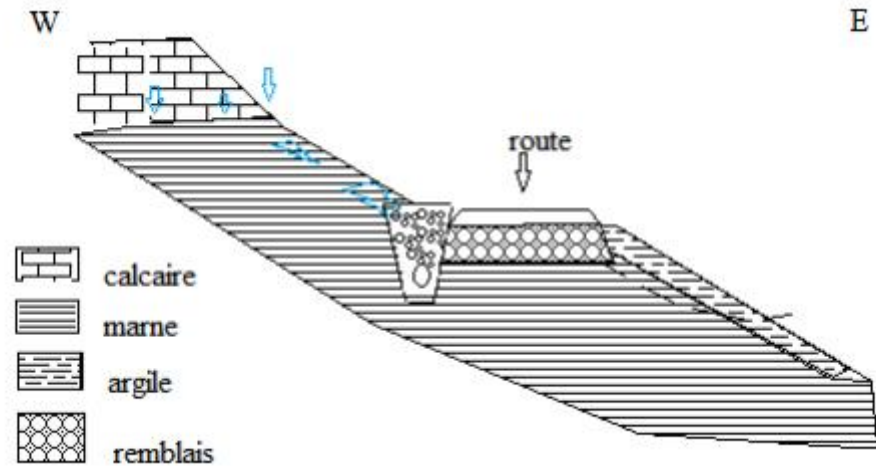


Fig III-97 : Solution adaptée au glissement de la région de Dhiafet.
(DJENBA.2015)

III.17.2 - Les glissements de la ville de Bougaa :

III.17.2.1- Description des glissements :

D'après une étude géotechnique réalisée par LTPE en 1976, il s'agit de deux couloirs de glissement de terrain dirigé du Sud vers le Nord toutefois la nouvelle étude menée par le même organisme en 2002 dévoile de nouveaux mouvements de terrain plus récents dus à la expansion de tissu urbain vers d'autres sites d'anciens glissements réactivés suite aux modifications topographiques par des travaux de terrassement. On va dans ce qui va suivre, mettre l'accent sur quelques exemples de ces glissements de terrain de la ville de Bougaa.

a.) Les Glissements de la route nationale 74 :

Plusieurs instabilités affectant la voie de la RN74, ce sont les glissements du parc Auto-école, l'hôpital et Souk El Fellah et bien entendu d'autres points de taille plus petite. Les terrains mobilisés sont constitués, en majeure partie, par des argiles limoneuses et graveleuses surmontant les argilites de bases. Leur épaisseur est variable et elle atteint à quelques endroits, les dix mètres. **Fig III.98**. Ce sont des glissements superficiels de 200 m de longueur et de 50 m de largeur avec un décrochement sommitale de 40 cm dépassant le mètre en quelques endroits.



Fig III.98 : Glissements affectant la route. (DJENBA.2015)

b) Les Glissements avals :

Ce sont des glissements qui sont générés soit par l'action érosive d'Oued El Ansar ou par l'action des poids de matériaux d'apport. Ces terrains se situent en aval, **fig.III.99**. La masse en mouvement s'étend sur 80 m de long et 75 m de large avec une rupture sommitale de 3 m, qui s'est formé en pied et de plusieurs fissures transversales. Les sols en mouvement laissent apparaître des formations argileuses de versant englobant surtout des blocs calcaires.



Fig III.99 : Vue des glissements avals. (DJENBA.2015)

III.17.2.2- Facteur du glissement :

Ils sont dus aux :

- la présence de l'eau en trois endroits ;
- une zone humide ;
- le chargement en tête du glissement par matériaux

III.18 - GLISSEMENT DE LA WILLAYA DE BEJAÏA :

III.18.1 - Traitement d'un glissement de terrain sur le CW13 à Tifra. Willaya de Bejaïa

III.18.1.1 - Description de glissement :

Le glissement concerne une route dans une zone montagneuse suite à un événement pluviométrique. Il a emporté le coté aval de la route sur un linéaire de 80 m (**fig III.100 et fig III.101**)



Fig III.100 : vue générale du glissement. (BENDJEDDOU.2015)



Fig III.101 : vue du glissement. (BENDJEDDOU.2015)

III.18.1.2 - Désordres occasionnés par le glissement :

Les désordres observés sont résumés dans la Fig III-102



Fig III-102 : Désordres observés sur le CW03 à Tifra. Willaya de Bejaïa.

III.18.1.3 - Facteur du glissement :

Le glissement est survenu suite à des infiltrations d'eau du côté amont et l'absence totale de drainage. Les couches supérieures ont glissés sur la couche de marne d'épaisseur limitée et la couche de bancs gréseux altérés (**fig.III.103**).

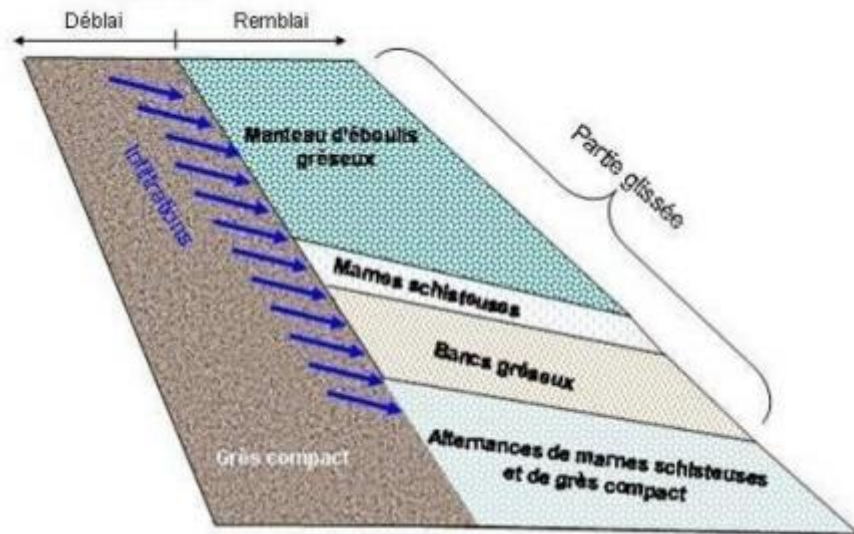


Fig III.103 : Cinématique du glissement. (BENDJEDDOU.2015)

III.18.1.4 - Solutions proposées et solution retenue :

Plusieurs propositions techniques de traitement du glissement et de la reconstruction de la chaussée ont été présentées au maître d'ouvrage. Une des solutions consistait à purger toute la zone glissée et de reconstruire le talus aval, en mettant en œuvre un remblai avec un sol grossier (TVO) propre, compacté par couches successives de 0,3 m.

Le drainage des eaux coté amont est assuré à l'aide d'un masque drainant granulaire.

Cette solution a été mise en œuvre et lors de l'exécution, des fissures longitudinales sont apparues sur la plate-forme et en pied de talus du nouveau remblai avant d'atteindre la cote Finale.

Les solutions de confortement proposées sont:

- 1- Mur de soutènement en gabions.
- 2- Mur en béton armé fondé sur pieux ancrés à des profondeurs au-delà de 4 m dans le substratum.
- 3- Mur de soutènement renforcé par des géotextiles couplés à un drainage par géo composite équipé de mini-drains.

La solution retenue est celle d'un massif renforcé par géotextiles avec un parement à face enveloppée végétal sable (Gendrin et Arab, 2002). Le profil de l'ouvrage et la densité de renforcement sont illustrés sur la Fig III-104. Le drainage des eaux en amont du massif est assuré par un géo composite de drainage équipé de mini-drains. Les eaux sont collectées par le géo composite puis évacuées vers une tranchée drainante en

pied du talus. Les travaux se sont déroulés en plusieurs phases. Après une purge totale des terres glissées et le terrassement pour atteindre le substratum, il est procédé à la réalisation de la tranchée drainante. Le géo composite de drainage est déroulé directement sur le massif amont et est relié en pied à la tranchée drainante. Le remblai est construit par couches de 0,4 m d'épaisseur compactée à l'optimum Proctor. La confection du parement à « boudins » est réalisée en utilisant un coffrage simple amovible. Le compactage est contrôlé à chaque couche. Une attention est également apportée à la mise en œuvre des nappes de renforcement pour s'assurer de leur mise en tension soignée. La végétalisation du parement est assurée par la mise en œuvre de terre végétale confinée dans un géo filet.

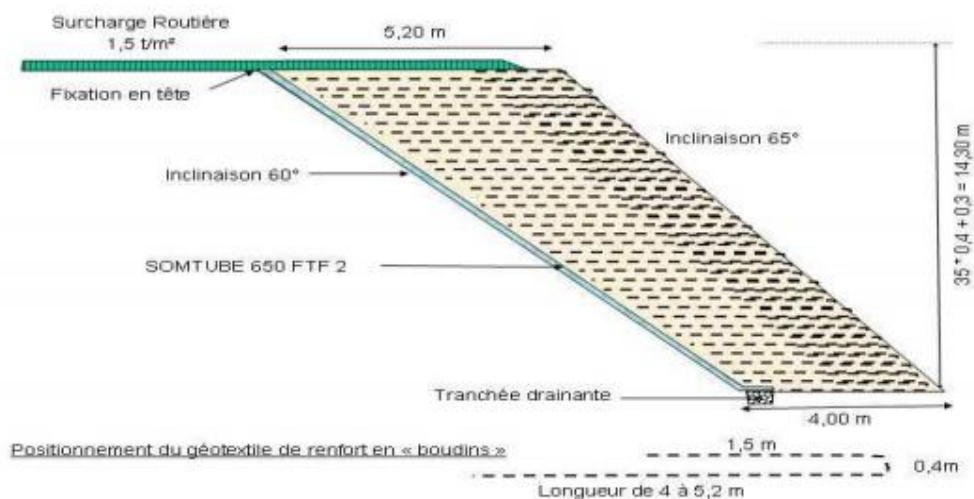


Fig III-104 : Profil de l'ouvrage et densité de renforcement. (BENDJEDDOU.2015)

NB : Les figures **Fig III.105-a** et **Fig III.105 -b** montrent l'ouvrage respectivement en cours de construction et l'ouvrage achevé.



Fig III.105- a : vues de l'ouvrage en cours de construction. (BENDJEDDOU.2015)



Fig III.105-b vues de l'ouvrage après son achèvement . (BENDJEDDOU.2015)

III.18.2-Traitement d'un glissement de terrain sur la RN 12 – Willaya de Bejaïa :

III.18.2.1 – Description de glissement :

La zone de glissement culmine à environ 550 m d'altitude et est située sur un versant escarpé (figures **Fig III.106- a** et **Fig III.106-b**). Il concerne une section de la RN 12. Les premiers mouvements de terrain ont été remarqués en contre bas de l'accotement en décembre 2004. Au cours de l'année 2006, L'affaissement a atteint la chaussée avec apparition d'un second point d'affaissement qui a engendré un tassement d'environ 30 cm de la chaussée. – Éboulis de pente à dominance limono argileuse (couvertures) ;

- Schistes et marnes schisteuses altérés en surface.
- Comblement des dépressions par des dépôts érosifs hétérogènes parfois cimentés.



Fig III.106- a : vue générale de la zone de glissement. (BENDJEDDOU.2015)



Fig III.106-b : vue de la zone de glissement.(BENDJEDDOU.2015)

III.18.2.2 - Solution retenue et déroulement des travaux :

Pendant la phase étude du projet, deux variantes de soutènement et de confortement du glissement ont été envisagées : un mur de soutènement rigide en béton armé muni de contreforts et un mur de soutènement renforcé par géotextile. La solution d'un mur de soutènement en béton armé est écartée en raison de la difficulté de réalisation (acheminement de béton frais) et le risque de déclenchement des plans de rupture sous la semelle rigide du mur projeté sur un pendage schisteux. En effet, les calculs de stabilité du mur de soutènement en béton armé à contreforts de 8m de haut ont aboutit à une semelle de 6 m de largeur. En plus, l'importance du talus à conforter et les difficultés d'accès direct à partir de la route nécessitera l'aménagement d'un passage pour les engins, celui-ci longera la route en contrebas suivant la pente du relief jusqu'à atteindre le pied du talus à consolider.

La solution d'un mur de soutènement renforcé par géotextile combinée avec un drainage à l'amont de l'ouvrage par un géo composite de drainage équipé de mini-drains est retenue. Le Bureau d'étude justifie le choix de la solution en mettant en avant les éléments suivants :

- Les massifs renforcés par des armatures souples en géotextiles sont réputés souples et donc susceptibles de se déformer sans se rompre;
- La disponibilité des matériaux localement (TVO et géo synthétiques) ;
- Pas de nécessité d'aménagement d'un passage;
- Intégration de l'ouvrage dans son environnement (milieu forestier).

La figure **Fig III.107-a** illustre l'ouvrage pendant la phase travaux et la figure **Fig III.107- b** montre l'ouvrage après son achèvement.



Figure III.107-a : ouvrage pendant la phase des travaux. (BENDJEDDOU.2015)



Figure III.107-b : ouvrage après son achèvement. (BENDJEDDOU.2015)

NB : Depuis l'achèvement des travaux et après deux hivers, aucun signe d'instabilité n'a été observé.

CONCLUSION :

A l'instar de ce qui a été développé dans ce chapitre, il se dégage que les glissements de terrain sont des ennemis redoutables, dans la mesure où leurs caractères imprévisibles et violents représentent un danger humain et matériel. Dans ce cadre et à travers notre recherche sur ce phénomène il est relevé plusieurs types de glissement d'une région à une autre, bien distinct et qui sont les glissements : Plan, complexe et circulaire.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les glissements de terrain sont des phénomènes naturels. Ils se caractérisent par des déplacements lents d'une masse de terrain cohérente tout le long d'une surface de rupture généralement courbe ou plane. Ils sont provoqués le plus souvent par la présence d'un écoulement des eaux dans le sol. En effet, les glissements sont dus à l'action conjointe de plusieurs facteurs naturels et anthropiques qui permet le déclenchement du risque entre autres:

- 1- La situation sur un important axe sismique.
- 2- La nature lithologique du site qui est constitué de conglomérats, des argiles sableuses de type argileux-marneuses, dont le rapport avec l'eau. Alors la nature géologique des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ce phénomène tout comme l'eau et la pente. Les matériaux affectés sont très variés (roches marneuses ou schisteuses, formations tertiaires altérées, colluvions fines, argileuses, etc.) mais globalement la présence d'argile en forte proportion est toujours un élément défavorable compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. La saturation des terrains en eau (présences de sources, fortes précipitations, fonte des neiges brutales) joue aussi un rôle moteur dans le déclenchement de ce phénomène.
- 3- Une topographie très accidentée dont les replats sont bordés par de fortes pentes aux dénivellations importantes qui favorisent l'apparition du phénomène.
- 4- Le facteur d'eau : est parmi les causes principales de déclenchement du risque glissement de terrain en Algérie, car l'action de l'eau provoque des modifications dans les propriétés chimiques de la roche d'argile ou la réhydratation, ce qui rend le terrain moins résistant.

Par ailleurs, il y a d'autres causes anthropiques qui ont accentué le risque et ce à travers l'urbanisation anarchique non contrôlée sur les versants, et en raison de sa croissance démographique ayant engendré une surcharge des constructions sur des terrains agricoles, en général, vulnérables au glissement de terrain. D'autre part, les différents travaux de terrassements (déblais, remblais) ont quelque peu accéléré l'apparition du risque. A cela viennent s'ajouter, les spécificités du sol, dues, essentiellement à la vétusté du réseau d'alimentation en eau potable, même au niveau des réseaux d'assainissements. Tous ces facteurs naturels et anthropique, causés par l'homme,

conditionnent le déclenchement du risque glissement de terrain et ont un impact direct sur le cadre bâti en provoquant des dégâts importants.

La prévention des risques en Algérie et plus particulièrement au Nord, est marquée éventuellement par l'absence des réglementations spécifique des zones instables, et des mesures de prévention ou de protection aux risques naturels, malgré l'existence des instruments d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Les conséquences de cette défaillance au niveau de ces règlements se traduisent par des désordres, qui ont affecté plusieurs constructions localisées.

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

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Bendjeddou Azzeddine.2015: Etude des glissements routiers Au Nord Est de l'Algérie ; mémoire de magistère ; université Mohamed Khider – Biskra ; Option : Interaction Sol-Structure.
- 2- BENKECHKACHE Imene.2012 : Investigation de la dégradation du cadre bâti sous l'effet du glissement de terrain cas de Constantine ; mémoire de magistère ; Université Mentouri de Constantine ; option : Ville et risques urbains.
- 3- BOUDDLAL Omar.2013: étude expérimentale du comportement mécanique des fines dans la stabilité des talus et des fondations; thèse de doctorat, université de Mouloud Mammeri, spécialité: génie civil.
- 4- BOUGDAL Rachid.2007 : Urbanisation et mouvements de versants dans le contexte géologique et géotechnique des bassins néogènes d'Algérie du Nord ; thèse de doctorat, Université de Houari Boumediene.
- 5- Djelloul Belhai ; professeur de géologie : Géologie régionale ; notes de cour, USTHB.
- 6- DJENBA Samir.2015 : Influence des paramètres ; géologique, géomorphologique et hydrogéologique sur le comportement mécanique des sols de la wilaya de Sétif. (Algérie) ; thèse de doctorat, université de Mohamed Kheider – Biskra, Option : sciences hydrauliques.
- 7- DJERBAL Lynda .2013 : Analyse des mécanismes de déformation et de la rupture progressive du versant instable d'Ain El Hammam ; thèse de doctorat, université de Mouloud Mammeri.
- 8- El Hachemi Boukaoud. 2007 : Etude pétrographique et géochimique des pegmatites de sidi mezhgiche (wilaya de Skikda, nord-est algérien) ; mémoire de magistère ; université Mentouri Constantine ; Option Géologie des Substances Utiles.
- 9- Etude des glissements de terrain de Tigzirt par la direction de l'urbanisme et de la construction ;
Marché : N° 09.711.64

Rapport N° 1 ; N° 57697/A – Juillet 2011.

Rapport Mission B ; Cartes d'aléa et de constructibilité de TIGZIRT ; N° 60873/A – Juillet 2011

Rapport Mission C Mission G2 – Projet de traitement, N° 61367/B, Septembre 2011.
- 10- Etude géotechnique du projet : Etude de sol école primaire AZROUBAR commune de Mizrana par LHCC de Tizi-Ouzou « Laboratoire de l'habitat et de la construction centre ». 2014.
- 11- Etude géotechnique du projet : Glissement Makouda village Ivakoukene ; Lot N°02 par LHCC de Tizi-Ouzou « Laboratoire de l'habitat et de la construction centre ».2013.

- 12- Etude géotechnique d'un glissement de terrain à IKNACHE-IGUERN'TALA -Tizi Ouzou, Etabli le : 19/03/15 par L.C.T.P (Laboratoire Central des Travaux Publics) .
- 13- HADJEM Riad.2010 : Les principales caractéristiques géologiques, pétrographiques, minéralogiques et géologiques des formations gréseuses du flysch numidien du nord-est algérien: cas du djebel hadjar nahal, région de ain berda ; mémoire de magistère ; université Badji Mokhtar Annaba ; Option : Substances utiles géologie et développement.
- 14- Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2014 – Beauvais 8-10 juillet 2014 : caractérisation de l'alea glissement de terrain en Kabylie (Tizi-Ouzou) Algérie.
- 15- LASHEB Micipsa.2013 : Caractérisations géotechnique de la couche superficielle du glissement de tala n'tgana ; mémoire de master 2 ; université de Mouloud Mammeri ; Option : géotechnique et Environnement.
- 16- Le Séminaire International sur L Hydrogéologie et l Environnement, 5 - 7 Novembre 2013, Ouargla (Algérie) : les mouvements de terrain en grande kabylie.
- 17- Nacira Bouaziz, Bachir Melbouci.2015 : Apport de la tomographie électrique a l'étude des glissements de terrains en Grande Kabylie, Algérie. HAL Id: hal-01167743;<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01167743>.

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
CHAPITRE I	
Recherche sur les conditions géologiques du territoire Algérien (Structures géologiques du pays)	4
Introduction	4
I-HISTOIRE GEOLOGIQUE :	6
I-1 - Précambrien :	6
I-2- Paléozoïque (Primaire)	6
I-3- Mésozoïque (Secondaire)	7
I-4-Cénozoïque (Tertiaire)	8
II- LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES DE L'ALGERIE	8
II-1 -Le domaine méridional (le Sahara)	9
II-1.1-Les socles antécambriens	10
II-2-Le domaine Atlasique	10
II-2-1-L'Atlas saharien	11
II-2-1-1- Les Hauts plateaux	11
II-2-2- L'Atlas Tellien	12
II-2-2-1- le Tell Méridional	13
II-2.2.2- Le Tell Septentrional	13
1) Le domaine interne	14
2) Le Domaine Externe	15
3) Le domaine des flyschs	16
3-1-Les Flyschs Maurétaniens	17
3-2 - Les Flyschs Massyliens ou encore Flyschschisto-quartzeux: (flyschs Albo-Aptien) (Glangeaud, 1932)	17
3.3. Les Flyschs Numidiens	18
II-3- RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE	20
II-4-EVOLUTION TECTONIQUE DES MAGHREBIDES	21
Conclusion.....	22

Table des matières

CHAPITRE II

Distribution De Glissement Relativement Aux Formations Géologiques (Processus Géologiques Qui Contribuent Aux Différentes Instabilités)

.....24	24
Introduction	24
II.1- LA REGION DE LA KABYLIE	24
II.1.1 - Le glissement de terrain de Tizirt	25
II.1.2 - Glissement de la commune d'Iflissen :(Iknache ET Iguern'tala).....	27
II.1.3 - Glissement de la commune de Mizrana (VILLAGE Azroubar).....	32
II.1.4 - Glissement de la commune de Makouda (village Ibakoukene).....	33
II.1.5 - Le glissement de Talla Tgana (Freha).....	35
II.1.6 - Le glissement de terrain d'azazga	35
II.1.7 - Le glissement de terrain d'Ain El Hammam	37
II.1.8 - LES GLISSEMENTS DE TERRAIN A TIZI-OUZOU	40
II.1.8.1- Glissement de Talla Allam:	40
II.1.8.2- Glissement de la zone nouveau lycée:	41
II.2- LA REGION D'ALGER :.....	42
II.2.1- La région instable d'el achour - ouled fayet - dely brahim	42
II.2.2- Le glissement du Télémy	44
II.3- LA Région DE TIPAZA :	46
II.3.1- Le glissement du club CET à Tipaza :	46
II.4 - LA REGION DE BOUIRA :	48
II.4.1 - glissement de terrain du versant d'Aomar (autoroute Est- Ouest).....	48
II.5 : LA REGION DE CONSTANTINE ET SES ALENTOURS.....	50
II-5-1- Les glissements dans les marnes et argiles rouges, miocènes	51
II-5-2- Les glissements dans les conglomérats miocènes	53
II-5-3 - Les glissements dans les remblais	55
II-5-3-1- Le glissement de la RN27 à Ben Chergui	55
II-5-3-2- Le glissement de la route du Bardo	56
II-5-3-3- Le glissement de la Poudrière	58
II-5-4 Le glissement de Bélouizdad	58
II-5-5 Glissement du site Ciloc	63
II-5-6- Glissement de Boussouf	63
II-5-7- Sud passage de Massinissa Constantine	67
II-5-8- Glissement du Pont Sidi Rached	67
II.6 - LA REGION DE CHLEF	69
II.7 : La région de Médéa et ses alentours	72

Table des matières

II.8 - Glissements des argiles du "BASSIN DE MILA"	75	
II.9 - Glissements de Mechroha, Zaarouria, Hammam Tassa (Souk-Ahras)	76	
II.10- Glissements de Bordj Bounaama, (TISSEMSILT) :	76	
II.11 - GLISSEMENT DE SETIF	77	
II.12 - GLISSEMENT DE LA REGION DE BEJAÏA	90	
II.12.1 - Glissement de terrain sur le CW13 à Tifra Willaya de Bejaïa.....	91	
II.12.2 - Glissement de terrain sur la RN 12 – Willaya de Bejaïa	91	
Conclusion	91	
CHAPITRE III		
Description Des Principaux Glissements Survenus En Algérie (Mécanismes De Rupture Et Processus De Déformation)		93
Introduction	93	
III.1 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN DE TIGZIRT :	93	
III.1.1 - Description des glissements de terrain :	93	
III.1.2 - Mécanismes de déformation	102	
III.1.3- Désordres occasionnés par le glissement	102	
III.2 : GLISSEMENT DE LA COMMUNE IFLISSEN :(IKNACHE ET IGUERN'TALA)	107	
III.2.1 : Description de glissement de terrain	107	
III.2.2 : Désordres occasionnés par le glissement	108	
III.2.3 : Facteur du glissement	110	
III.2.4: Solutions recommandées par LCTP	110	
III.3- GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MIZRANA (VILLAGE AZROUBAR) :	111	
III.3.1 - Désordres occasionnés par le glissement :	111	
III.3.2 - Facteur du glissement	112	
III.4- GLISSEMENT DE LA COMMUNE DE MAKOU DA (VILLAGE IBAKOUKENE)	113	
III.4.1- Désordres occasionnés par le glissement	113	
III.4.2 -Facteur du glissement.....	115	
III.5 - LE GLISSEMENT DE TALLA TGANA (FREHA)	116	
III.5.1 - Désordres occasionnés par le glissement :	116	
III.5.2- Facteur du glissement.....	117	
III.6 -LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AZAZGA :	117	
III.6.1 - Mécanismes de déformation	117	
III.6.2 - Désordres occasionnés par le glissement	118	
III.7 - LE GLISSEMENT DE TERRAIN D'AIN EL HAMMAM :	119	
III.7.1 - Description de glissement de terrain	119	
III.7.2 - Mécanismes de déformation	122	

Table des matières

III.7.3 -Détermination de la structure du mouvement	126
III.7.4- Désordres occasionnés par le glissement	128
III.7.5- Facteur du glissement.....	131
III.8 - LE GLISSEMENT DE TIZI-OUZOU	136
III.8.1- Glissement de Talla Allam	136
III.8.1-1 - Description de glissement	136
III.8.1.2 - Désordres occasionnés par le glissement	136
III.8-2- GLISSEMENT DE LA ZONE NOUVEAU LYCEE:	137
III.8-2-1 - Description de glissement	137
III.8-2.2 - Désordres occasionnés par le glissement	137
III.8-2.3 -Facteur du glissement	137
III-9 : LA REGION D'ALGER	138
III.9.1 - La région instable d'El Achour - Ouled Fayet - Dély Brahim	138
III.9.1.1- Description de glissement	138
III.9.1.2- Désordres occasionnés par le glissement	138
III.9.2 - Le glissement du Télémy	139
III.9.2.1- Description de glissement	139
III.9.2.2- Désordres occasionnés par le glissement	139
III.10 - LA REGION DE BOUIRA	140
III.10.1 - Glissements de terrain du versant d'Aomar (wilaya de Bouira)	140
III.10.1.1-Description de glissement	140
III.10.1.2- Désordres occasionnés par le glissement	141
III.10.1.3-Facteurs du glissement	143
III.11 - LA VILLE DE CONSTANTINE ET SES ALENTOURS	143
III.11.1- les mouvements lents des versants de Chabet el Merdja (quartiers : « Sotraco », Boudraa, Zaouche, Boussouf)	143
III.11.1.1: Description des glissements	143
III.11.1.2- Facteurs du glissement	145
III.11.2 - Le glissement de la route du Bardo	146
III.11.2.1 - Description de glissement	146
III.11.2.2 : Facteur du glissement	146
III.11.3 - Le glissement de la Poudrière	147
III.11.3.1 - Description de glissement	147
III.11.3.2 - Facteur du glissement	147
III.11.4: Le glissement de Bélouizdad	147
III.11.4.1-Description de glissement	147

Table des matières

III.11.4.2- Mécanisme de rupture	147
III.11.4.3 – Désordres occasionnés par le glissement	151
III.11.4.4- Solutions techniques pour stabiliser le versant	152
III.11.5 - Glissement du site Ciloc	153
III.11.5.1- Description de glissement	153
III.11.6 - Glissement de Boussouf	153
III.11.6.1 – Description de glissement	153
III.11.6.2 : Désordres occasionnés par le glissement	159
11.6.3 - Facteurs du glissement	159
III.11.7 - Sud passage de Massinissa	160
III.11.7.1- Description de glissement	160
III.11.7.2- Désordres occasionnés par le glissement	164
III.11.7.3 - Facteurs du glissement	165
III.11.8 : Glissement du pont Sidi Rached	166
III.11.8.1 - Description de glissement	166
III.11.8.2-Mécanisme de rupture	168
III.11.8.3 – Désordres occasionnés par le glissement	170
III.12: LA REGION DE CHLEF	172
III.12.1 : Description de glissement	172
III.13 - LA REGION DE MEDEA ET SES ALENTOURS	173
III.13.1 - La Cité Universitaire 2000 lits	173
III.13.1.1 – Description de glissement	173
III.13.2 - La zone du Nouveau Lycée (Médéa)	174
III.13.2.1- Désordres occasionnés par le glissement	174
III.13.2.2 - Facture du glissement	174
III.13.3 - La zone des 400 logements de l’OPGI (Médéa)	174
III.13.3.1 - Désordres occasionnés par le glissement	174
III.13.3.2 – Facture du glissement	175
III.14 - GLISSEMENTS DES ARGILES DU "BASSIN DE MILA"	175
III.14.1 - Description de glissement	175
III.15 : GLISSEMENTS DE MECHROHA, ZAAROURIA, HAMMAM TASSA (SOUK-AHRAS)	175
III.15.1 - Description de glissement	175
III.15.2 - Facteurs du glissement	176
III.16 - GLISSEMENT DE BORDJ BOUNAAMA, (TISSEMSILT)	176
III.16.1 - Description de glissement	176

Table des matières

III.17- LA VILE DE SETIF	177
III.17.1 - Les glissements de terrain de Dhiafet	177
III.17.1.1 - Désordres occasionnés par le glissement	177
III.17.1.2 - Les facteurs du glissement	177
III.17.1.3 - Remèdes	178
III.17.1.4 - Techniques proposés par LTPE	178
III.17.2 - Les glissements de la ville de Bougaa	179
III.17.2.1- Description des glissements	179
III.17.2.2- Facteur du glissement	181
III.18 - GLISSEMENT DE LA WILLAYA DE BEJAÏA	181
III.18.1 - Traitement d'un glissement de terrain sur le CW13 à Tifra. Willaya de Bejaïa	181
III.18.1.1 - Description de glissement	181
III.18.1.2 - Désordres occasionnes par le glissement	182
III.18.1.3 - Facteur du glissement	182
III.18.1.4 - Solutions proposées et solution retenue	183
III.18.2-Traitement d'un glissement de terrain sur la RN 12 – Willaya de Bejaïa	185
III.18.2.1 – Description de glissement	185
III.18.2.2 - Solution retenue et déroulement des travaux :	186
Conclusion	187
Conclusion générale	189
Bibliographie	

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau 01 : Ecart interannuels des précipitations (Station d'Aïn el Bey, période : 1983-2000).....	146
Tableau 02 : Mesures inclinométriques. synthèse (BOUGDAL.2007).....	149
Tableau 03 : Mesures inclinométriques. Profondeur de ruptures. (BOUGDAL.2007)...	150

Liste des figures

CHAPITRE I

Fig I-1 : Principales unités structurales du Nord Ouest de l'Afrique (d'après G.BUSSON, 1970, modifié)	5
DJELLOUL BELHAI	5
Fig I-2 : Carte géologique de l'Algérie.	9
Fig I-3 : Le relief du Maghreb (DJELLOUL BELHAI).....	11
Fig I-4 : Situation de la zone étudiée dans l'orogénèse alpine périméditerranéenne (DJELLOUL BELHAI).....	12
Fig I-5 : Rapports entre les unités structurales sur le méridien de la Grande Kabylie-Djurdjura	13
(D.Raymond, 1976). (DJELLOUL BELHAI)	13
Fig I-6 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (modifiée d'après Durand-Delga, 1969). (HADJEM .2010).....	16
Fig I-7 : colonne stratigraphique synthétique du numidien de Grande Kabylie (D'après Gélard, 1979). (HADJEM .2010).....	19
Fig I-8 : Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (Bouillin, 1986).(HADJEM .2010).	21
Fig I-9 : Position des différentes unités géologiques des Maghrébides (Domzig, 2006) (HADJEM .2010)..	21

CHAPITRE II

Fig II-1 : carte géologique de la région de la kabylie (Saadallah 1999).....	25
Fig II-2 : Carte géologique de la grande Kabylie Ouest (Gélard)	26
Fig II-3 : coupes synthétiques des sept sondages (Rapport B .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	27
Fig II.04 : Extrait de la carte géologique AZEFFOUN-AZAZGA N° 9-24 (e =1/50 000 ème) (Gérald)	28
Fig II.05 : Affleurement géologique montrant la couche de marne à biomicrite. (Etude géotechnique d'un glissement de terrain à IKNACHE-IGUERN'TALA.2015)	30
Fig II.06 : Zone instable du marché d'Ain-EL Hammam. (BOUDDLAL.2013).....	38
Fig II. 07 : Nature du sol de la zone instable (schistes satinés altéré surmontés d'une couche argilo- limoneuse). (BOUDDLAL.2013).....	39
Fig. II.08 : Coupe longitudinale du glissement (<i>GEOMICA</i> , 2009).....	39
Fig II.09 : Versants marneux instables dans la région d'EI Achour et ces alentours. (BOUGDAL.2007).....	43

Liste des figures

Fig II.10 : Glissement du Télémy (El Biar). (BOUGDAL.2007)	44
Fig II.11 :Glissement du Télémy (Coupe AA').(BOUGDAL.2007).....	46
Fig II.12 : Glissement du Club CET à Tipaza (BOUGDAL.2007).....	47
Fig II.13 : Une coupe générale au glissement du Club CET à Tipaza. (BOUGDAL.2007) ...	48
Fig II.14 : Remblai en cours de construction sur versant instable contournement de Bouira. (BOUGDAL.2007).....	49
Fig.II.15 : Localisation des principaux glissements de terrain à Constantine. (BOUGDAL.2007).....	51
Fig II.16 : Coupe géologique du glissement de terrain de Boudraa. (BOUGDAL.2007)	52
Fig II.17 : Risque de glissement massif du versant instable de Chabet el Merdja, et d'obstruction momentanée, dangereuse, des écoulements superficiels. (BOUGDAL.2007) ..	52
Fig II.18 :Instabilité à Ben Chergui. (BOUGDAL.2007).....	53
Fig II.19 : Coupe géologique schématique à la hauteur de Ben Chergui. (BOUGDAL.2007)	54
Fig II-20 : Coupe géologique du glissement ancien de Ben chergui (rive gauche de o.el Mellah). (BOUGDAL.2007)	55
Fig II.21 : Coupe géologique schématique du glissement de la RN 27. (BOUGDAL.2007) ..	56
Fig II.22 : Coupe géologique du bardo (Constantine). (BOUGDAL.2007).....	57
Fig II.23 : Coupe géologique du glissement du bardo (Constantine). (BOUGDAL.2007).....	57
Fig II.24 :coupe géologique de la Poudrière. (BOUGDAL.2007)	58
Fig II-25 : Vue globale du glissement (G) de Bélouizdad. (BOUGDAL.2007)	59
Fig II.26 :Glissement de Belouizdad. (BOUGDAL.2007).....	60
Fig II.27 :Marnes et marno-calcaires telliens. (BOUGDAL.2007).....	61
Fig II.28 : Brèche miocène à gros blocs calcaires. (BOUGDAL.2007).....	61
Fig II.29 : Argile rouge à verdâtre et conglomérat grossier, miocènes. (BOUGDAL.2007) ..	62
Fig II.30 : Immeubles du site Ciloc affecté par le glissement, (au pied du bâtiment B). (BOUDLAL 2013)	63
Fig II. 31 : Coupe géologique dans l'axe du glissement de terrain localisé, (Benaïssa et al, 1989) et (BOUDLAL.2013).....	63
Fig II.32 : Géologie et instabilité de versants. (BOUGDAL.2007).....	64
Fig II.33 : Colluvions grossières, quaternaires, encroûtées du versant Sud (Zone B). (BOUGDAL.2007).....	65
Fig II.34 : Argile miocène sur versant instable (Zone A).La zone boisée, stable est située à la limite sud Boussof,et formée par les calcaires lacustres pliocènes. (BOUGDAL.2007).....	66
Fig II.35 : Cité neuve inoccupée à cause du risque de glissement, zone de Boussof (Constantine). (BOUDLAL.2013)	66
Fig II.36 : Profile géotechnique du versant Boussof, (Constantine). (BOUDLA.2013)	67

Liste des figures

Fig II.37 : Le Pond Sidi Rached à Constantine. (BOUGDAL.2007)	68
Fig II.38 : Dalle calcaire, disloquée en bordure du plateau quaternaire de Mansourah	69
Fig II.39 : Types d'instabilités observées dans la région de chlef. (BOUGDAL.2007)	71
Fig II.40 : Glissement de terrains à la wilaya de Médéa.(BOUDDLAL.2013).....	73
Fig II.41 : Instabilités des versants dans la ville de Médéa et ses alentours. (BOUGDAL.2007).....	73
Fig II.42 : Coupe géologique et géotechnique,cité 2000 lit Médéa. (BOUGDAL.2007)	74
Fig II. 43 : Glissements de terrains, zone des 185 logements de l'OPGI, (Mila). (BOUDDLAL.2013)	75
Fig.II.44 : Répartition des niveaux de pluies dans la wilaya de Sétif (DSA de Sétif, 2011) ; (DJENBA.2015).....	77
Fig II.45 : Carte des reliefs de la wilaya de Sétif. (DJENBA.2015)	78
Fig II.46 : Les mouvements de sols dans la région de Sétif. (DJENBA.2015)	79
Figure II.47 : Détail de la figure II.46. (DJENBA.2015)	79
Fig II.48 : carte lithologique du nord de l'Ouricia. (DJENBA.2015)	80
Fig II 49 : Coupe interprétatives de la carte lithologique. (DJENBA.2015)	81
Fig II.50 : Localisation des différents mouvements de terrain Dhiafet. (DJENBA.2015)	82
Fig II.51 : Coupe schématique du glissement de la région de Dhiafet. (DJENBA.2015)	82
Fig.II.52 : Glissement d'Ouled Fayed. (DJENBA.2015)	83
Fig II.53 : Situation géographique de la ville de Bougaa. (DJENBA.2015)	84
Fig II.54 : Schéma structural simplifié du N.W Sétif extrait de la carte géologique 1/200000. (DJENBA.2015).....	85
Fig II.55 : Coupe schématique entre les massifs de Guergour et Anini montrant la structure en hors –graben. Glaçon, 1967. (DJENBA.2015).....	85
Fig II.56 : Carte morphostructurale de la région de Bougaa. (DJENBA.2015)	86
Fig II.57 : Carte des pentes de la ville de Bougaa (LTPE 2002 et DJENBA.2015).....	86
Fig II.58 : Carte des indices (LTPE 2002 et DJENBA.2015)	87

CHAPITRE III

Fig III.1 :Glissements Est de Tizirt. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).....	94
Fig III.2 : carte des levers géologiques de glissement Est. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	94

Liste des figures

Fig III.3 - vu sur le glissement central de Tizirt . (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).....	95
Fig III.4: carte des leviers géologiques de glissement central. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	96
Fig III.5: carte des leviers géologiques de glissement central. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	98
III.6: Glissements Ouest de Tizirt. (Rapport N°01 .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).....	100
Fig III.7 : carte des leviers géologiques de glissements Ouest. (Rapport C .2011 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	100
Fig III-8 : Mécanismes de déformation des glissements de Tizirt (Djeral et Melbouci,2013)	102
Fig III.9 : Dégradation et fissuration de la chaussée	103
Fig III.10-1 : Ouverture moyenne d'un joint de rupture Dégradation d'un mur de clôture..	103
Fig III.10-2 : Dégradation d'un mur de clôture.....	103
Fig III.10-3 : Ouverture importante d'un joint de rupture	103
Fig III.10-4 : Fissuration importante d'un mur de clôture	103
Fig III.10-5 : Dégradation d'un S/Sol	104
Fig III.10-6 : Cisaillement des poteaux	104
Fig III.10-7 : Rupture au niveau des poteaux.....	104
Fig III.10-8 : Fissuration léger après leur colmatage	104
Fig III.10-9 : Inclinaison d'une baraque	104
Fig III.10-10 : Inclinaison d'une maison en R+1	104
Fig III.10-11 : Dégradation d'un mur en maçonnerie	105
Fig III.11-1 : Escarpement au niveau de la RN 24.....	105
Fig III.11-2 : dégradation de la chaussée	105
Fig III.11-3 : Glissement pendant la phase des travaux. (Rapport N° 01 ; Etude des glissements de terrain de Tizirt).	106
Fig III.11-4 : glissement après achèvement des travaux	106
Fig III.12 : Photo prise sur site Village IKNACHE en 2015. (Etude géotechnique d'un glissement de terrain à IKNACHE-IGUERN'TALA.2015)	107
Fig III.13-1: constructions récentes en ruine.....	109
Fig III.13-2: inclinaison d'une maison en RDC.....	109
Fig III.13-3: Escarpement au niveau de CW 252.....	109
Fig III.13-4 : Ouverture de joint de rupture	109

Liste des figures

Fig III.13-5: cisaillement des poteaux au niveau du S/Sol.....	109
Fig III.13-6: Inclinaison des arbres	110
Fig III.13-7: Affaissement de CW	110
Fig III.13-8: Fissuration de CW	110
Fig III.14.1 : Arrachement d'une partie de la cour de l'école primaire.	111
Fig III.14.2: endommagement de gabion	111
Fig III.14-3 : rupture des joints du mur de clôture	112
Fig III.15-1 : Fissuration des murs	113
Fig III.15-2: Constructions endommagées par le glissement.....	113
Fig III.15-3: Soulèvement de carrelage.....	113
Fig III.15-4 : Cisaillement des poteaux.....	114
Fig III.15-5 : Dégradation des maisons.....	114
Fig III.15-6 : Soulèvement du sol	114
Fig III.15-7: Inclinaison des maisons et des poteaux.....	115
Fig III.16-1: Vu du glissement de Tala Tgana	116
Fig III.16-2: Cisaillement des poteaux	116
Fig III.16-3: Fissuration des murs	116
Fig III.16-4: Fissuration du carrelage.....	116
Fig III.16-5: Soulèvement du carrelage	116
Fig III.16-6: Arrachement des arbres	117
Fig III.16-7: Faille observée.....	117
Fig III -17 : Mécanismes de déformation des glissements d'Azazga.....	118
Fig III-18: Les désordres au niveau du glissement d'Azazga.(DJERBAL.2013).....	119
Fig. III.19 : Déformations superficielles	122
Fig. III.20. Dislocation du sol sous forme de gradins.	122
Fig. III. 21. Affaissements du terrain.	122
Fig. III.23. Immeuble incliné.....	122
Fig. III.24. Pilonnes électriques inclinés	122
Fig III-25: Structure du glissement de terrain d'Ain EL Hammam (Djeral et Melbouci, 2012).....	123
Fig III-26: Mécanismes de déformation du glissement (Djeral et Melbouci, 2012).....	123
Fig III-27: Evolution spatiale du glissement (Djeral et Melbouci, 2012).....	123

Liste des figures

Fig III-28 : Les déformations dans la ville de Ain El Hammam. (Djeral et Melbouci, 2012)	124
Fig.III.29 : Délimitation des mécanismes de déformation du glissement de terrain (Djeral et Melbouci, 2012)	125
Fig.III.30 : Évolution de l'allure du versant instable entre 1960 et 2010 montrant les principaux glissements reconnus par sondage et par l'évolution morphologique de la pente entre 1960 (trait bleu) et 2010 (trait noir, les points rouges représentent les repères topographiques). (Djeral et Melbouci, 2012)	126
Fig III-31-1 : Vue globale de l'état de la rue Bounouar en 2009.	128
Fig III-31-2 : Affaissement de l'entrée de la zone du marché.	128
Fig III-31-3 : Démolition des Immeubles APC/CNEP N° 14 et 15.	128
Fig III-31-4 : Désordres observés sur un mur de soutènement.	128
Fig III-31-5 : Images de quelques habitations affectées par le mouvement de terrain	129
Fig III-31-6 : L'arrachement de terrain observé en aval de l'immeuble Taleb (menuiserie).	129
Fig III-31-7 : Instabilités observés dans en crête du versant en 2012.	130
Fig III-31-8 : Vue globale de l'immeuble Taleb Gozali.	130
Fig III-31-9 : Poteaux cisailés de l'immeuble Taleb Ahcène.	131
Figure III. 32 : remblais jetés à la partie Ouest de la zone du marché	135
Fig III.33 : glissement de Talla Allam	136
Fig III. 34 : Différents désordres enregistrés, (zone Nouveau Lycée). (BOUDLAL.2013) .	137
Fig III-35 : Rupture de talus argilo-sableux astien, à El Achour	138
Fig III-36 : déstabilisation du talus aval a dely brahim (bougdal 2007)	139
Fig III-37 : Désordre observés de glissement de Télémy	140
Fig III-38 : Rupture du remblai et de son sol support, Contournement de Bouira, Autoroute Est-Ouest. (BOUGDAL.2007)	141
Fig III.39-1 : Désordre au niveau de l'autoroute.....	141
Fig III.39-2 : Dégradation de la chaussée	141
Fig III.39-3 : Désordre au niveau d'un établissement scolaire.....	141
Fig III.39-4 : Désordre au niveau d'une chaussée	141
Fig III.39-5 : Maison menacée par le glissement	142
Fig III.39-6 : Chut de blocs	142
Fig III.39-7 : Escarpement du terrain	142
Fig III.39-8 : Inclinaison des maisons	142
Fig III.39-9 : Escarpement sur la route nationale N° 9	142
Fig III.39-10 : Désordre au niveau de l'autoroute.....	142

Liste des figures

Fig III.40 : Fondations sur radiers basculés de la cité SOTRACO, désaffectée. Chabet el Merdja (BOUGDAL.2007)	143
Fig III.41 :Glissement du bas quartier de Boudraa, avec escarpement bien apparent de tête de glissement (E). (BOUGDAL.2007)	144
Fig III.42 : Maison basculée et fissurée, mobilisée par le glissement de Boudraa. (BOUGDAL.2007).....	144
Fig III.43 : Route de Massinissa franchissant des zones instables dans les argiles miocènes à gypse. (BOUGDAL.2007)	145
Fig III.44 : Route du Bardo fissurée et affaissée (hiver2003).(BOUGDAL.2007).....	146
Fig III.45 : Talus aval instable, de la route du Bardo (rive gauche de l'oued Rhumel) (BOUGDAL.2007).....	146
Fig III.46 :Route du Bardo affaissée et barée. (BOUGDAL.2007)	146
Fig III.47 : Position des points d'eau (source) et des piézomètres . (BOUGDAL.2007)	148
Fig III.48 : Mesures des déplacements corrigés, sondage S1. (BOUGDAL.2007)	149
Fig III.49 : Mesures des variations angulaires, sondage S1. (BOUGDAL.2007).....	149
Fig III.50 : coupe hydrogéologique synthétique de Bélouizdad. (BOUGDAL.2007)	150
Fig III.51 : Dégradation du Bâti dans le quartier des Maquisards. (BOUGDAL.2007)	151
Fig III 52 : Bâtiment R+3, en maçonnerie, très endommagé, Quartier Bélouizdad. (BOUGDAL.2007).....	151
Fig III 53 : Rue affaissée et maisons Fissurées, Quartier Kitouni. (BOUGDAL.2007)	151
fig III-54 : Vues aérienne présente les quatre zones.Google earth, 2011. (BENKECHKACHE 2012).....	154
Fig III-55 : bâtiment n°4 dans la cité CNEP 150 Logements.	154
Fig III-56 : Affaissement au niveau de la rue.	155
Fig III-57 : Affaissement important	155
Fig III-58 : le disjointement du mur de soutènement par le glissement.....	155
Fig III-59 : Ecartement entre les deux blocs 4 et 5- ouverture du joint 60cm	155
Fig III-60 : Bâtiment n°5 dans la cité CNEP 150 Logements.....	156
Fig III-61 : Basculement du bloc 5.....	156
Fig III-62 : Affaissement de la plate-forme du bloc5	157
Fig III-63 :Déplacement au niveau des regards.....	157
Fig III-64 : Vue aérienne sur la localisation de la Tour du CNEP. Google earth ; 2011.	157
Fig III-65 : les trois Tours du CNEP.....	157
Fig III-66 : Tassement des escaliers.....	158
Fig III-67 : La construction individuelle dans la cité Naadja Sghira.	158

Liste des figures

Fig III-68 : Affaissement de la rue et les revêtements des trottoirs	158
Fig III-69 : La nouvelle cité CNEP, située dans la zone 1 montre par exemple, un bâtiment (R+5) franchement incliné, des joints excessivement dilatés et des murs de soutènement rompu.(BOUGDAL.2007)	159
Fig III.70 : A environ 200 m au Sud des trois tours,l'évolution d'un glissement de terrain, a entièrement détruit quelques maisons en cours de construction. (BOUGDAL.2007	159
Fig III.71 : un glissement a détruit une route et a envahi un RDC de deux bâtiments situés en contrebas. (BOUGDAL.2007)	159
Fig III-72 : Les terrassements excessifs et l'absence de drainage efficace, constituent une véritable menace pour ces constructions. (BOUGDAL.2007).....	159
Fig III.73 : Sortie de drain et suintement d'eau sur mur de soutènement.Le massif fessant derrière le mur n'a pas été réalisé. (BOUGDAL.2007).....	160
Fig III.74 : S/Sol de bâtiment constamment inondé, baignant dans la nappe superficielle argiles décomprimées miocènes.(BOUGDAL.2007).....	160
Fig III.75 : Talus amont (BENDJEDDOU.2015)	160
Fig III.76 : L'ampleur des glissements D'après DTP Constantine 2009. (BENDJEDDOU.2015).....	161
Fig III.77 : Déferant couches du sol.....	162
Fig III.78 : types des fissurations	162
Fig III.79 : mur de soutènement affecté par le glissement	163
Fig III.80 : Dégradation de chaussé causé par le glissement	163
Fig III- 81 : Accotement dégradé par glissement de terrain.....	164
Fig III.82 : présence de faille au niveau de la route	165
Fig III.83 : Palplanches ancrées dans le milieu de l'axe de la route	165
Fig III.84 : mesures piézométrique et pluviométrique (BOUGDAL.2007)	168
Fig. III.85 - Déplacements de l'inclinomètre SF2. deux surfaces de rupture, à 14 m et 30,5 m de profondeur. (BOUGDAL.2007)	170
Fig III.86 : Constructions fissurées et abandonnées, sur le talus aval du pont. (BOUGDAL.2007).....	170
Fig III.87 : Inclinaison systématique des arbres, au voisinage de la culée du pont. (BOUGDAL.2007).....	171
Fig III.88 : Affaissement et fissuration du chemin forestier, en amont du pont. (BOUGDAL.2007).....	171
Fig III.89 : Déformation et fissuration de tous les ouvrages de drainage des eaux superficielles, talus amont de la plate-forme ferroviaire. (BOUGDAL.2007).....	171
Fig III.90 : Carte des mouvements de versants de la région de chlef (R.Bougdal,1987). (BOUGDAL.2007).....	172

Liste des figures

Fig III.91 : Dégradation par fissuration et basculement des Ateliers. (BOUGDAL.2007)...	173
Fig III. 92 : Glissement de terrains, zone du nouveau lycée, (Médéa). (BOUDLAL.2013).	174
Fig III. 93 : Glissements de terrains, zone des 400 logements de l'OPGI, (Médéa). (BOUDLAL.2013)	175
Fig III.94 : Glissement de Bordj Bounaama (Tissemsilt). (BOUDLAL.2013).....	176
Fig III-95 : description de glissement sur la route nationale N° 9 de Dhiafet. (DJENBA.2015)	177
Fig III-96 : déroulement des travaux de confortement. (DJENBA.2015).....	178
Fig III-97 : Solution adaptée au glissement de la région de Dhiafet. (DJENBA.2015).....	179
Fig III.98 : Glissements affectant la route. (DJENBA.2015).....	180
Fig III.99 : Vue des glissements avals. (DJENBA.2015).....	180
Fig III.100 : vue générale du glissement. (BENDJEDDOU.2015)	181
Fig III.101 : vue du glissement. (BENDJEDDOU.2015)	181
Fig III-102 : Désordres observés sur le CW03 à Tifra. Willaya de Bejaïa.	182
Fig III.103 : Cinématique du glissement. (BENDJEDDOU.2015).....	183
Fig III-104 : Profil de l'ouvrage et densité de renforcement. (BENDJEDDOU.2015)	184
Fig III.105- a : vues de l'ouvrage en cours de construction. (BENDJEDDOU.2015).....	184
Fig III.105-b vues de l'ouvrage après son achèvement . (BENDJEDDOU.2015).....	185
Fig III.106- a : vue générale de la zone de glissement. (BENDJEDDOU.2015).....	185
Fig III.106-b : vue de la zone de glissement.(BENDJEDDOU.2015)	186
Fig III.107-a : ouvrage pendant la phase des travaux. (BENDJEDDOU.2015)	187
Figure III.107-b : ouvrage après son achèvement. (BENDJEDDOU.2015)	187

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Plusieurs risques naturels menacent de nombreux pays. La gravité de l'impact des risques et catastrophes naturelles, a été telle que l'assemblée générale des Nations Unies a déclaré la décennie internationale (1990-2000), pour la prévention des catastrophes naturelles.

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

Comme ce phénomène naturel ne cesse d'augmenter et de causer des désordres de plus en plus importants, des chercheurs et des autorités publiques ont étudié ce problème dans le but de le résoudre leurs mécanismes de déplacement et de rupture ainsi leurs causes.

Aujourd'hui l'Algérie est confrontée à un problème très spécifique de glissement de terrain. Ce phénomène correspond à des déplacement lent d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture.

Les facteurs qui agissent souvent de manière combinée, sont de plusieurs types : météorologiques (précipitations de forte intensité et de longue durée, fonte des neiges, ...), anthropiques (modification de la pente par terrassement ou surcharge sous la forme d'un remblai ou d'une nouvelle construction), hydrologiques ou hydrogéologiques (apparition de sources au niveau d'une couche plus argileuse, élévation du niveau de la nappe aquifère, rupture d'une canalisation, ...), géologique (structure géologique, nature des terrains, pentes complexes...), sismiques (phénomène de liquéfaction, suite à un tremblement de terre, ...).

Dans notre travail nous procédons à décrire les principaux glissements survenus en Algérie, intervenant dans la stabilité et la portance des sols qui sont la géologie, l'eau et la géomorphologie.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux recherches sur les conditions géologiques du territoire Algérien particulièrement les structures géologiques du pays.
- Le deuxième chapitre comporte la distribution des principaux glissements relativement aux formations géologiques en se basant sur les processus géologiques qui contribuent aux différentes instabilités.
- Le troisième et le dernier chapitre comporte la description des principaux glissements cités dans le chapitre deux, il s'agit aussi de mécanisme de rupture et processus de déformation, les désordres occasionnés par ces glissements et les facteurs de déclenchement et enfin quelques solutions proposées pour diminuer ces derniers.

CHAPITRE I

**Recherche sur les conditions
géologiques du territoire
Algérien (Structures
géologiques du pays)**

CHAPITRE I

Recherche sur les conditions géologiques du territoire Algérien (Structures géologiques du pays)

INTRODUCTION :

L'instabilité des terrains dans toute l'aire d'étude est pour l'essentiel la résultante de la forte activité tectonique récente et actuelle. Cette instabilité est source d'une multitude de problèmes notamment les glissements de terrain, ce dernière est d'origine géologique probablement, pour cela des recherches sur les conditions géologiques du territoire Algérien sont primordiales.

L'Algérie fait partie de l'ensemble Nord-Ouest africain, elle est subdivisée en deux domaines principaux qui s'opposent par leur histoire et leur structure géologique :

- **Un domaine septentrional ou Algérie du Nord (la zone atlasique) ;** qui fait partie de la chaîne alpine, édifié au cours du Tertiaire et qui demeure encore instable aujourd'hui.
- **Un domaine méridional (L'Algérie saharienne) ;** domaine relativement stable depuis la fin du Précambrien, constitué d'un socle déformé par les orogènes éburnéennes et panafricaine, d'une couverture paléozoïque généralement tabulaire affectée localement de plis hercyniens et d'une couverture méso-cénozoïque tabulaire.

Au Nord de l'Algérie, l'Atlas tellien est un domaine varié et très complexe ayant aussi des équivalents au Maroc (le Rif et le pré-Rif) et en Tunisie (Kroumirie et Nefza). Entre les deux Atlas affleurent les hautes plaines qui se terminent à l'Est par la chaîne du **Hodna** et se continuent à l'Ouest par la **Méséta** oranaise et au-delà des Atlas (haut et moyen Atlas) par la **Méséta** Marocaine, qui se noie dans l'Atlantique.

Entre les ensembles Sud (plate-forme saharienne) et Nord (l'ensemble Atlasique), un énorme accident de valeur continental est connu : l'accident Sud Atlasique (ASA), qui va d'Agadir (Maroc) jusqu'à Gabes (Tunisie). Il passe en Algérie aux environs de Biskra et Laghouat (**fig I-1**).

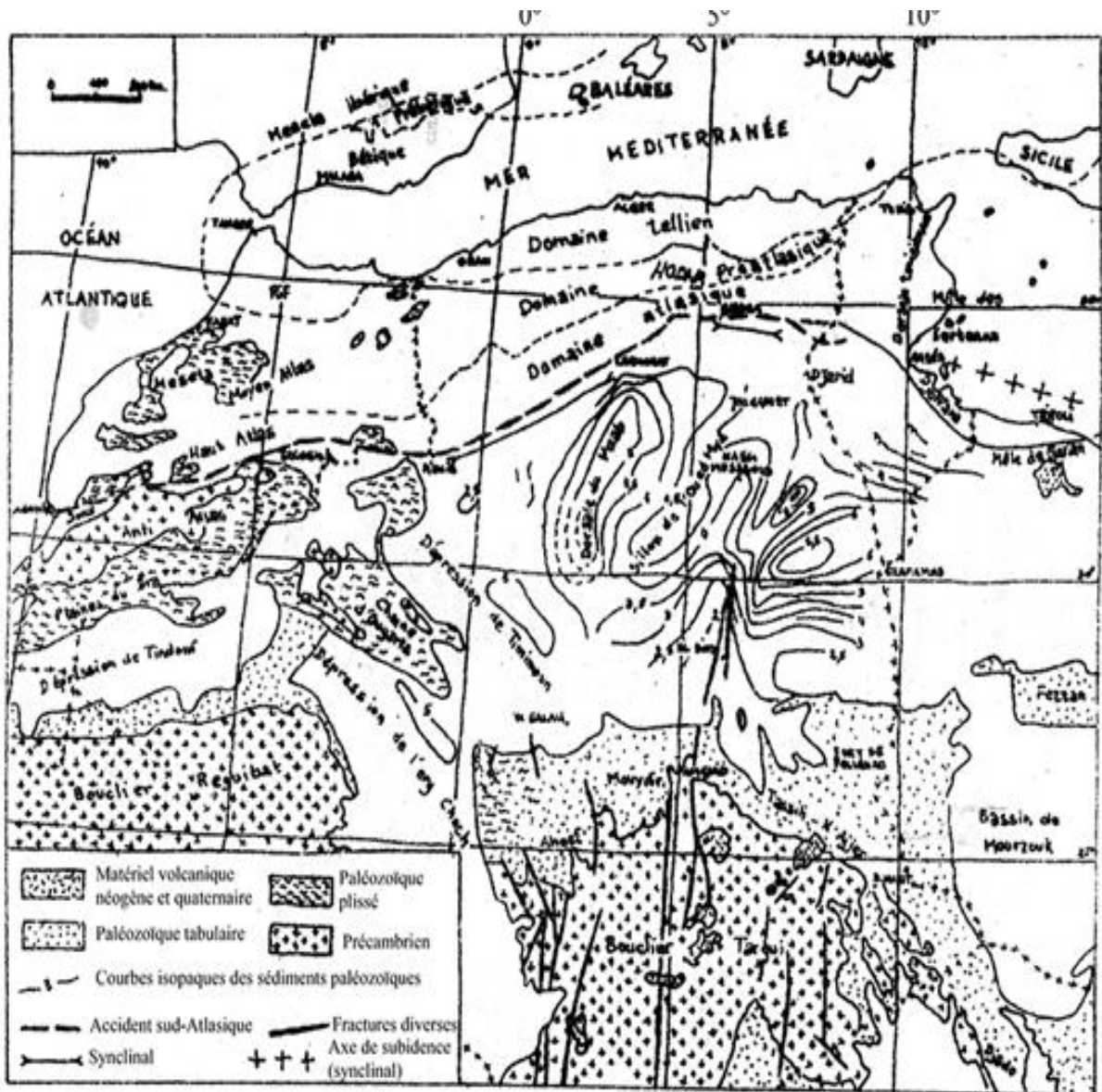


Fig I-1 : Principales unités structurales du Nord Ouest de l’Afrique (d’après G.BUSSON, 1970, modifié)
DJELLOUL BELHAI

I-HISTOIRE GEOLOGIQUE :

I-1 - Précambrien :

En Algérie, le Précambrien affleure dans deux régions: le Hoggar et la dorsale Reguibat.

a) Le Hoggar

Le Hoggar est situé au cœur du Sahara en Algérie. Il se prolonge au Mali par l'Adrar des Iforas et au Niger par l'Aïr. La limite supérieure des socles précambriens du Hoggar est la discordance infra-Tassilienne. La structure du Hoggar est une juxtaposition de compartiments longitudinaux mettant des niveaux structureaux d'âges différents en contact.

Le Hoggar est subdivisé en 3 domaines:

- Le Hoggar Occidental (chaîne pharusienne)
- Le Hoggar Central polycyclique
- Le Hoggar Oriental (chaîne tiririnienne)

b) La dorsale Reguibat :

La dorsale Reguibat située dans le craton Ouest Africain est étirée sur 1 500 km de l'Est vers l'Ouest, limitée au Nord par le bassin de Tindouf et au Sud par le Bassin de Taoudeni. On y distingue deux domaines géographiques: le Yettià l'Ouest et les Eglaba l'Est. Les terrains précambriens regroupent le socle déformé et la série stromatolitique du Hank, recouvert en discordance par les tillites de l'Ordovicien supérieur. Le socle des Eglab n'a pas été déformé depuis l'Eburnéen.

I-2- Paléozoïque (Primaire) :

Le Paléozoïque comprend ce qui suit :

- a) La partie inférieure du paléozoïque (Ordovicien-Silurien)**, affleure sous forme de gneiss, micaschistes et quartzites dans la partie septentrionale : Monts de Ghar-Rouban, Tiffrit, Chenoua, Kabylie.
- b) Le Dévonien** : la sédimentation comporte des brèches, recouvertes d'un ensemble shisto-gréseux avec calcaires récifaux à Ghar-Rouban et Tlemcen, incluant des épisodes éruptifs

- c) **Le Carbonifère** : il est connu dans le Djurdjura (faciès continentaux), dans les monts de GharRouban (Viséenschisto-conglomératique) et dans la région de Tlemcen où sont inclus des épisodes éruptifs.

I-3- Mésozoïque (Secondaire) :

Le Mésozoïque comprend ce qui suit :

- a) **Le Trias** : il évolue d'une sédimentation gréseuse à de puissants dépôts évaporitiques seterminant par des calcaires dolomitiques avec intercalations de volcanites basiques. En Grande Kabylie, une partie du Permien et du Trias inférieur sont constitués de grès rouges surmontés par des calcaires du Mushelkalk en bancs épais ou en plaquettes. Une sédimentation gréseuse rouge reprend ensuite, accompagnée d'intercalations doléritiques.

Au Sud, région des Babors, le Keuper, salifère et gypsifère, repose sur les calcaires du Mushelkalk. Cette sédimentation lagunaire s'étend tout le long de la zone tellienne. À l'Est, ce Trias lagunaire, argilo-détritique, évolue en tendance carbonatée au Mushelkalk. En fin de Trias, les dépôts évaporitiques se généralisent.

- b) **Le Jurassique** : il débute par une transgression marine ; les faciès calcaréo-dolomitiques à oolithes du Rhétien, reposant sur le Keuper, laissent place à des marnes au Lias supérieur. Dans la Hodna et à Boussaâda, des carbonates comblent la fosse atlasique.

Dans le Tell occidental et la plate-forme saharienne, les dépôts sont carbonatés.

Le Dogger apparaît en Kabylie avec une sédimentation carbonatée réduite, et dans le Tell avec une sédimentation argilo-carbonatée épaisse au niveau des Hauts-Plateaux et du môle constantinois (carbonates), ainsi que dans la fosse atlasique pour la bordure sud de l'Oranais et de l'Atlas saharien occidental, le Bajocien montre une tendance détritique traduisant une activité fluvio-deltaïque. Au Malm, les grès s'étendent vers le Nord soulignant une régression. S'opposent alors les domaines marins du Nord et les domaines continentaux deltaïques du Sud. Cependant, au Sud quelques dépôts d'influences marines s'observent encore (Haut-Plateaux et fosse atlasique). À l'Est du méridien Sedrata-Laghouat, le milieu est marin jusqu'au Jurassique supérieur.

- c) **Le Crétacé** : détritique et siliceux, il affleure dans l'Atlas saharien, où il atteint 1 200 m de puissance. À l'Aptien, une transgression carbonatée à récifs marque la sédimentation dans le Hodna et les Aurès; les grès dominant au Sud et à l'Ouest (fluvio-deltaïque).

À l'Albien, des grès puis des flyschs se déposent dans l'Atlas saharien alors que dans le Tell, ce sont des faciès argilo-gréseux qui dominent. Dans le Sud Est constantinois, une transgression Crétacé supérieur s'amorce avec des dépôts de carbonates.

Au Cénomanién, la mer est présente, peu profonde au Sud (évaporites) ou franchement marine dans le Tell. Le Cénomanién est néritique (300 à 400 m de puissance) à Telagh et Tiaret, carbonaté dans le Hodna. Le Turonien marneux à lamellibranches et échinodermes couvre tout le Nord Algérien à l'exception des Hauts-Plateaux et du constantinois.

Au Sénonien, la sédimentation marno-calcaire se poursuit marquée par un approfondissement marin.

I-4-Cénozoïque (Tertiaire) :

- Il débute à l'**Eocène** par des dépôts étendus et puissants : marnes, calcaires et argiles dans le Tell et marnes gypseuses, calcaires phosphatés et à silex dans le Hodna.
- À l'**Oligocène**, la sédimentation est dominée par les grès.
- Au **Miocène inférieur**, une épaisse série de marnes bleues, accompagne la transgression qui envahit l'Algérie depuis Tlemcen jusqu'à Biskra engendrant l'individualisation des bassins de Tafna, du bas et moyen Chelif, du Hodna et des Sébaou.
- Au **Miocène supérieur**, la régression au Burdigalien est suivie d'une transgression dans le Chelif (marnes noires ou bleues, sables, grès, calcaires, diatomites, gypse).
- Au **Pliocène**, des marnes bleues gréseuses se déposent dans le Chélif et la Mitidja. Partout ailleurs, la sédimentation est lagunaire ou continentale.

II- LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES DE L'ALGERIE :

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogénèse alpin périméditerranéen (Durand-Delga,1969) d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud, à l'arc calabro-sicilien .

Dans ce domaine 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 le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sapériphérie.

Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes de charriages. C'est le domaine des nappes ou domaine allochtone.

En Algérie, la chaîne des Maghrébides montre du Nord au Sud les domaines suivants : **Fig I-2.**

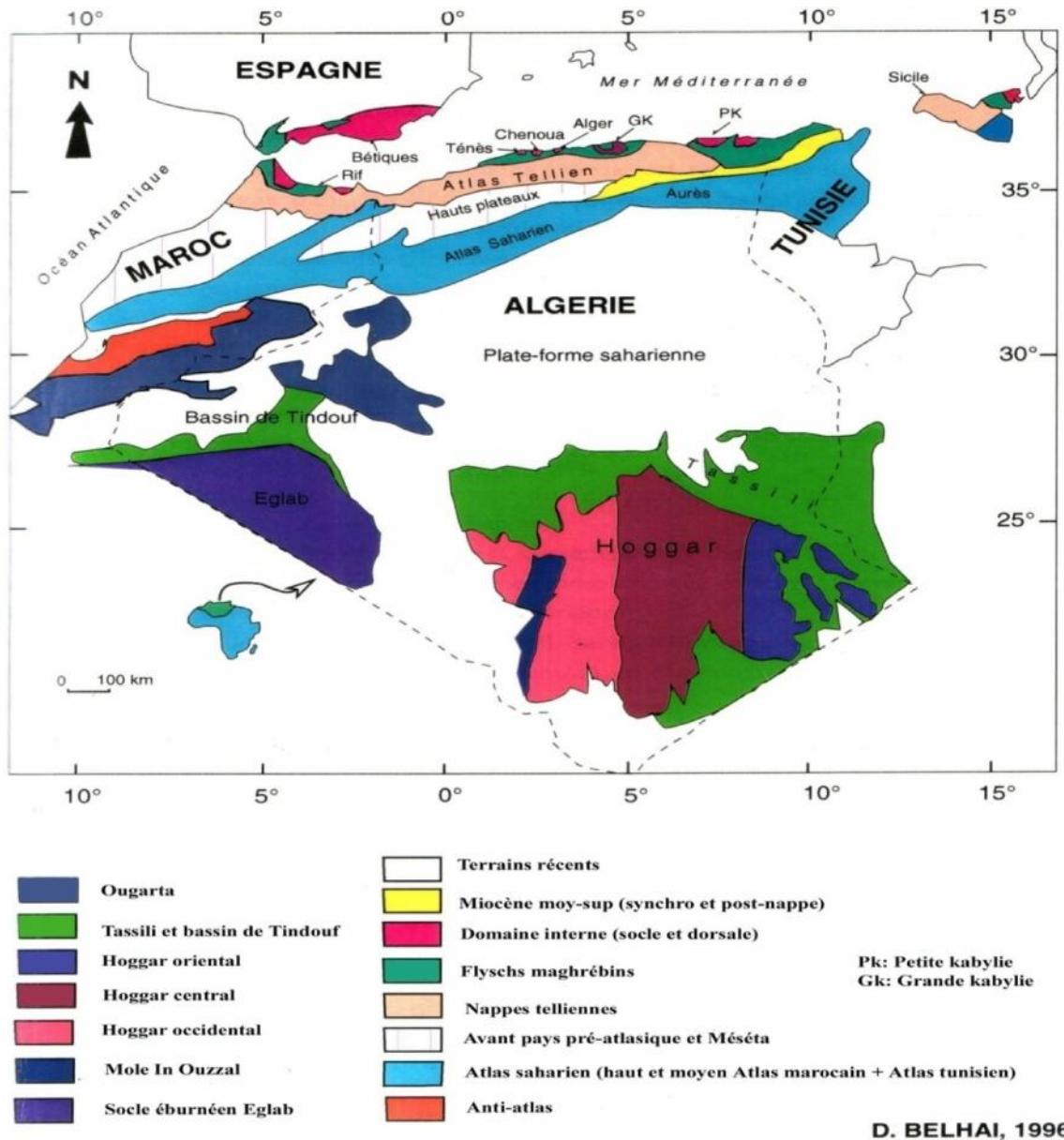


Fig I-2 : Carte géologique de l'Algérie.

II-1 -Le domaine méridional (le Sahara) :

Sa limite septentrionale correspond à cette ligne de suture qu'est l'accident Sud Atlasique. Il correspond à la plate-forme saharienne dont les terrains sont d'âge paléozoïque et

plus récent et dans laquelle affleurent en boutonnière, deux socles anciens d'âge antécambrien. Le socle du Hoggar au centre et celui des Eglab-Yetti à l'Ouest.

II-1.1-Les socles antécambriens :

La discordance infra-tassilienne correspond à la limite supérieure des socles précambriens du Hoggar. Ces derniers peuvent être regroupés comme suit :

- Les séries précambriennes du Hoggar.
- Les séries intermédiaires (la série pourprée).

II-2-Le domaine Atlasique:

Le domaine Atlasique est séparé du Sahara par une énorme faille d'ampleur continentale, elle est continue depuis le Maroc (Agadir) jusqu'en Tunisie (Gabès) passant en Algérie par Biskra, Laghouat c'est accident majeur qui limite au Nord d'Atlas saharien (domaine plissé) de la plate-forme peu ou pas plissé d'où l'appellation d'accident Sud Atlasique (ASA).

Le domaine Atlasique est lui-même subdivisé en deux domaines principaux : l'Atlas saharien et l'Atlas tellien. Ces deux Atlas sont séparés par le domaine des hauts plateaux ou des hautes plaines.(**figI-3**)

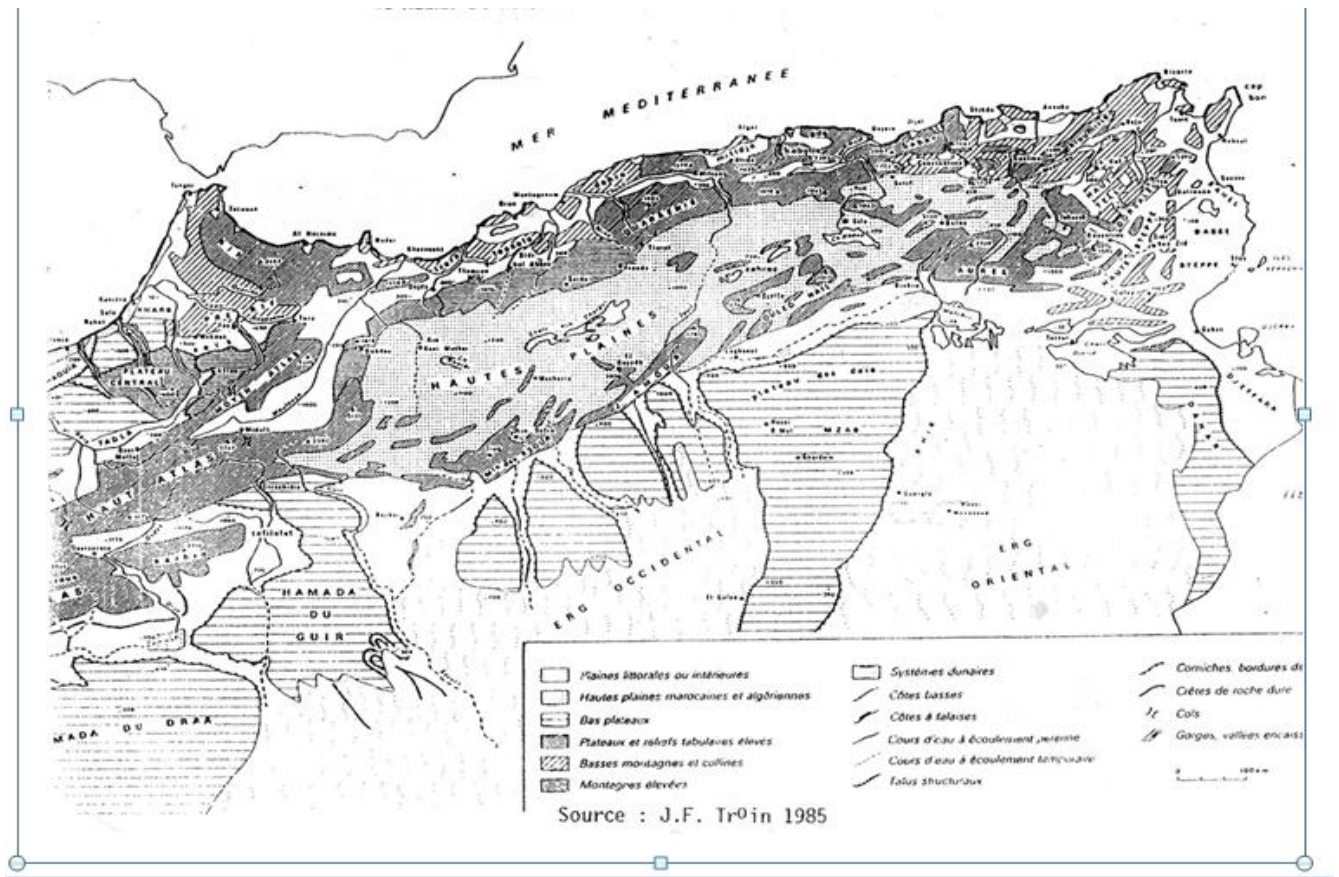


Fig I-3: Le relief du Maghreb (DJELLOUL BELHAI)

II-2-1-L'Atlas saharien :

L'Atlas saharien est limité des hauts plateaux par des failles en échelon qui se suivent d'Ouest en Est, elles forment l'Accident Nord Atlasique (ASA) qui passe dans la ville de Boussaâda.

Ce domaine est formé de sédiments allant du Trias à l'Eocène avec le Moi-Pilo-quaternaire discordant.

Dans l'Atlas saharien on distingue respectivement d'Est en Ouest :

Les Nememcha, les Aurès, le Hodna , Les Monts des OuledNaïl , le Djebel Amour , le Djebel Ksour. En Tunisie, l'équivalent c'est l'Atlas tunisien et au Maroc le Haut et moyen Atlas marocains.

II-2-1-1- Les Hauts plateaux :

Les hauts plateaux ou hautes plaines est une zone autochtone ; C'est aussi l'avant pays de la chaîne alpine d'Algérie. Elles sont connues sous les noms de hautes plaines oranaises (ou Méséta Oranaise) pour celles qui vont de la frontière marocaine jusqu'au méridien de

Cherchell, des hautes plaines Algéroises au sud de l'Algérois et encore plus à l'Est, viennent les hautes plaines constantinoises qui se terminent en pointe recouvertes par l'Atlas saharien.

II-2-2- L'Atlas Tellien :

L'Atlas ou le domaine tellien fait partie de l'orogène alpin périméditerranéen. C'est un orogène en forme d'anneau aplati et allongé sur plus de 2 000 Km de l'Atlantique à la mer Ionienne (Italie).

Cet Atlas tellien « algérien » présente des équivalents en Tunisie et au Maroc. Il se développe sur près de 1 500 Km ; il va de Bizert (Tunisie) à Rabat (Maroc). Il est relayé vers l'Ouest par le pré-Rif et le Rif. (FigI-4 et I-5)



Fig I-4 : Situation de la zone étudiée dans l'orogénèse alpine périméditerranéenne (DJELLOUL BELHAI)

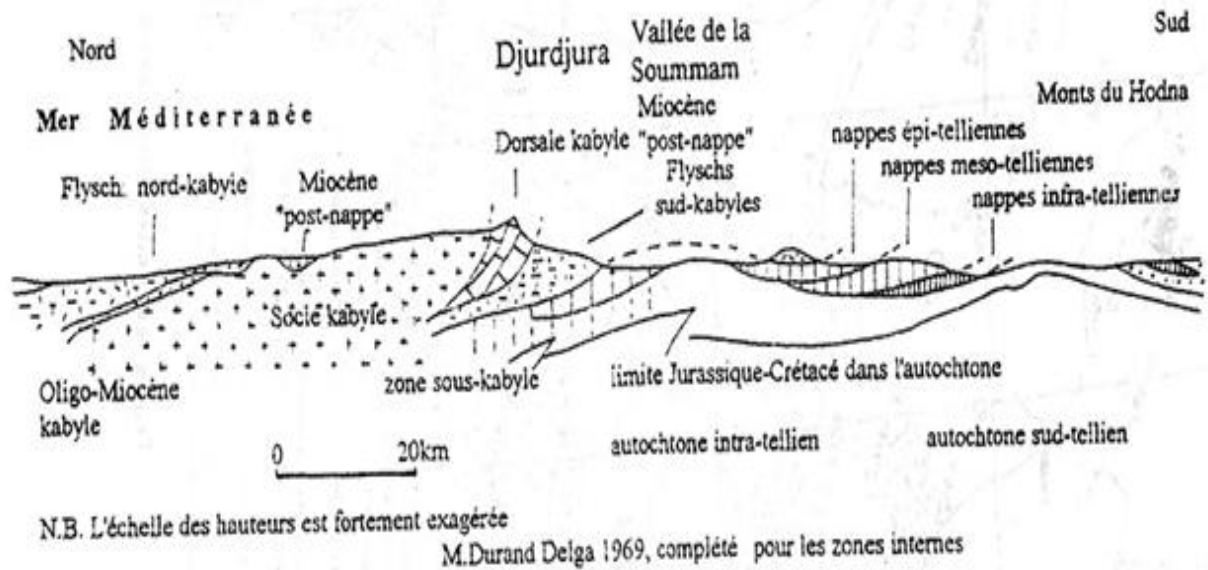


Fig I-5: Rapports entre les unités structurales sur le méridien de la Grande Kabylie-Djurdjura (D.Raymond, 1976). (DJELLOUL BELHAI)

D'Ouest en Est, l'Atlas tellien est subdivisé en plusieurs chaînons, eux –mêmes appartenant à deux principaux sous-ensembles :

- le Tell méridional.
- le Tell septentrional.

II-2-2-1- le Tell Méridional :

- La Kroumirie (en Tunisie).
- La chaîne des Bidans.
- L'Ouarsenis.
- Beni Chougrane et Beni Snassene.

Plus au Nord, des chaînons littoraux géologiquement rattachés au Tell, sont :

- Les massifs de Dahra-Boumaad, Blida, Babors et la région constantinoise.

II-2.2.2- Le Tell Septentrional :

Au Nord, en bordure de la côte, ce sont les massifs littoraux de petite Kabylie, de grande Kabylie, d'Alger, de Chenoua, de Ténès et au Maroc celui de Tétouan (dans le Rif). Ces chaînons forment un domaine dont les caractéristiques géologiques diffèrent notablement des chaînons méridionaux.

Les domaines méridional et septentrional forment ce que les auteurs appellent le domaine des Maghrébides.

La partie septentrionale s'appelle le domaine interne et la partie méridionale le domaine externe des Maghrébides.

Les domaines des Maghrébides ou Atlas tellien + Rif et Pré-Rif sont constitués par un empilement de nappes dont les plus méridionales surmontent l'autochtone des hautes plaines, déposées dans un bassin d'avant fosse (avant fosse sud tellienne).

Le Tell Septentrional comprend trois domaines :

1- Le domaine interne :

Appelé aussi **socle kabyle** ou **Kabylide**, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce socle affleure d'Ouest en Est dans les massifs du Chenoua (à l'Ouest d'Alger), à Alger, à la Grande Kabylie et à la Petite Kabylie (entre Jijel et Skikda). Ce dernier, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie.

Le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur–Miocène inférieur, appelés **Oligo-Miocène Kabyle (OMK)**. Les massifs internes des Maghrébides ont constitué une zone haute de la fin du Paléozoïque à l'Oligocène supérieur.

Le socle kabyle est bordé au Sud par les unités mésozoïques et cénozoïques de la Dorsale Kabyle appelée parfois « **chaîne calcaire** » à cause de l'importance du Jurassique inférieur calcaire. Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé à Cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif du Chenoua puis au Sud Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi Dris) et on la suit sur 90 km jusqu'au Sud d'Annaba (Zit Emba). La dorsale kabyle se présente sous forme d'écaillés d'âge Permo-triasique à Eocène moyen (Lutétien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias. La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : **dorsale interne**, **médiane** et **externe**. En général, les faciès traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque l'on passe des formations de la dorsale interne (dépôts littoraux ou épicontinentaux) à celles de la dorsale médiane (dépôts marneux et plus profonds du Crétacé à l'Eocène) puis aux formations de la dorsale externe (qui montrent souvent des radiolarites au Dogger-Malm) (Bouillin, 1986). 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.

2- Le Domaine Externe :

Le domaine externe ou domaine tellien (Duran- Delga, 1969 ; Vila, 1980 ; Bouillin, 1986) constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de km vers le Sud. On distingue du Nord au Sud :

(a) **Les nappes ultra-telliennes**, aux formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène, ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch massylien.

(b) **les nappes telliennes** formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, détritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses .

(c) **Les nappes péni-telliennes** dont les séries néritiques du Crétacé à l'Oligocène sont carbonatées et marneuses. Les nappes péni-telliennes, définies dans l'Est algérien, présentent des caractères proches de ceux du néritique constantinois.

Dans le domaine externe, existent des unités encore plus externes et d'allochtonie notable, mais moindre, structurées au Miocène moyen qu'on appelle séries de l'avant-pays allochtone ou tellien et se placent entre les nappes telliennes au Nord et l'autochtone ou para-autochtone atlasique au Sud. On distingue ainsi d'Ouest en Est :

- **L'ensemble allochtone sud-sétifien** (séries des Djebels Guergour, Anini, Zdimm, Youssef, Braou, Tnoutit, Sékirine, Tafourer, Agmérrouel, Zana, Azraouat, Hammam, Ain el Ahdjar, KoudiatTella et série supérieure du Djebel Kalaoun) à matériel carbonaté et marneux du Jurassique au Miocène, et qui apparaît plus à l'Ouest dans la région des Biban et à l'Est dans les Azerou. Il se présente sous la forme d'un vaste empilement d'écaillés limitées par des accidents cisailants.
- **La nappe néritique constantinoise** » ou « **formation des hauts fonds** », à matériel carbonaté épais et massif du Jurassique–Crétacé (J.M.Vila, 1974).
- **plus au Sud l'unité des « écaillés des Sellaoua**» ou « **formation du sillon atlasique** », dont le Crétacé possède un faciès de bassin.

En Algérie orientale, le domaine atlasique se singularise par la différenciation, dès la base du Crétacé, d'un domaine à sédimentation marneuse, épaisse et à dominante

pélagique. C'est le Sillon des Sellaoua qui sépare le domaine néritique constantinois au Nord, du domaine atlasique au Sud (David ,1956).

3- Le domaine des flyschs :

Les flyschs sont des dépôts silico-clastiques profonds liés à un environnement océanique.

Ce domaine est constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte en Tunisie. Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs présentent de trois manières (**fig I-6**) :

(a) **en position interne** : superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriés sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles .

(b) **en position relativement externe** : à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs sud-kabyle).

(c) **en position très externe** : sous forme de masses isolées flottant sur le Tell charrié jusqu'à une centaine de kilomètres au sud.

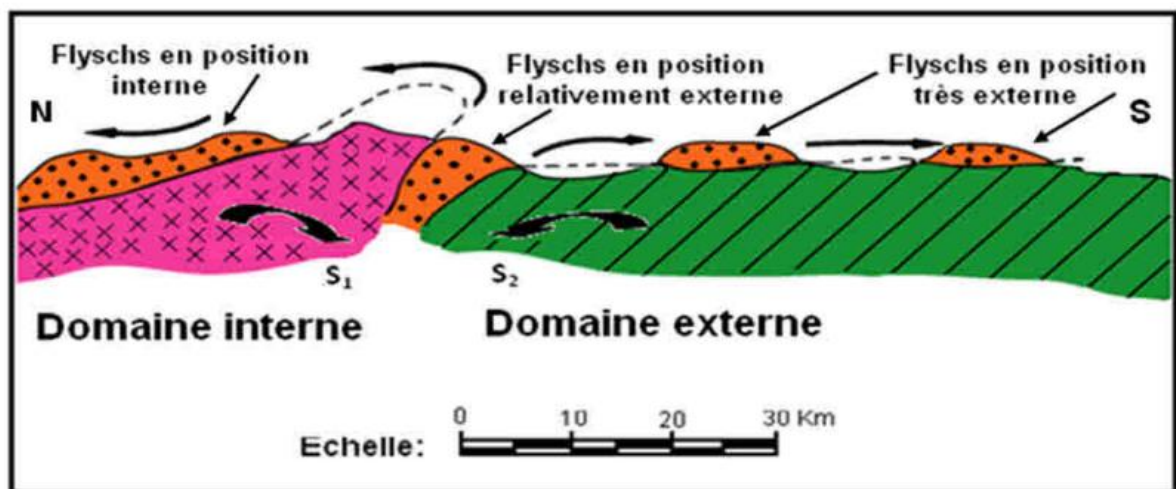


Figure I-6 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (modifiée d'après Durand-Delga, 1969). (HADJEM .2010).

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs numidiens d'âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur.

3-1-Les Flyschs Maurétaniens :

Ils sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont composés d'alternances de bancs argileux, calcaires et gréseux. La série débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

Les Flyschs Maurétaniens montrent dans ses séries médianes les plus typiques, de bas en haut :

- a) un complexe de base flyschôide (flyschôide à calcaire fin) à petits bancs de micrites du Tithonique - Néocomien.
- b) un flysch argilo- gréseux qui atteint l'Albien moyen.
- c) un Vracono-Cénomano-Turonien calcaire conglomératique ou micro conglomératique à bandes silicifiées blanches.
- d) un Sénonien et un Paléocène- Éocène moyen argilo -conglomératiques avec, à l'Eocène et notamment au Lutétien, des niveaux bioclastiques à grands Foraminifères.

Localement des radiolarites sont connues à la base de cette série et rapportées au Malm. Les Flyschs, découverts par Bouillin près de Sidi Rhiat sont métamorphiques et peuvent être rapportés au Maurétanien. La série des Achaïches, essentiellement définie par M. Durand Delga (1971) peut donner une idée du substratum du flysch maurétanien : Trias rouge gréseux et radiolaritique (Bouillin,1977), Lias calcaire à silex, Dogger calcaire à "filaments", Malm calcaire à Aptychus et épaisses radiolarites rouges. La série de Sendouah-Tabellou (Durand Delga, 1971) qui comporte à sa base un complexe éruptif à pillow- lava, peut être elle aussi rattachée au domaine maurétanien mais elle demeure sans datation convaincante à sa base (Bouillin, 1977)

3-2 - Les Flyschs Massyliens ou encore Flyschs schisto-quartzeux: (flyschs Albo-Aptien) (Glangeaud, 1932) :

Les Flyschs Massyliens occupent une position externe dans le domaine des flyschs et comportent une série périto-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série périto-microbréchie d'âge Crétacé supérieur.

Les Flyschs Massyliens débutent par un flysch crétacé inférieur argilo -quartzitique dont les bancs sont d'épaisseur décimétrique. Le Cénomaniens est constitué par des phanites blanches et noires tout à-fait typiques. Dans de minces intercalations microbréchiques, Bouillin (1977) est découvert de petits débris attribuables à une origine volcanique.

Le Crétacé supérieur est caractérisé par des argiles alternant avec des microbrèches tendres en petits bancs. C'est le classique «flysch à microbrèches» où les niveaux conglomératiques sont assez rares (Raoult, 1972).

Il est possible que les ensembles les plus méridionaux de ce flysch aient été associés à une série comportant du Néocomien calcaire à Ammonites (Vila, 1971 ; Bouillin, 1977). Leur couverture éocène paraît être constituée, au moins à partir de Constantine et jusqu'en Kroumirie, par la trilogie de type «Adissa» à Paléocène marneux, Yprésien-Lutétien inférieur marno-calcaire clair ou blanc à bancs de silex et à petites intercalations bio-détritiques ou à petits galets, Lutétien à tendance siliceuse. Ailleurs, la présence d'une couverture éocène est encore plus problématique et les affleurements concernés sont de taille très réduite.

3.3. Les Flyschs Numidiens :

Les flyschs numidiens constitués de niveaux gréseux épais d'âge Oligocène terminal Aquitanien de plusieurs centaines de mètres qui reposent sur des argiles versicolores oligocènes. Ces flyschs reposent anormalement à la fois sur les zones internes et sur les zones externes (**fig. I-7**). Les datations nombreuses et fiables de la base de la série numidienne (Oligocène supérieur) acquises dans toute l'Algérie (Raoult, 1974) et l'extension considérable que les travaux ont permis de donner aux nappes telliennes permettent de résoudre les problèmes posés par la position tectonique du Numidien (Vila, 1980), aussi bien dans le **temps** que dans l'**espace**.

a-Dans le temps : la série numidienne apparaît comme le complément des séries telliennes dont l'âge ne dépasse pas l'Oligocène inférieur ou moyen.

b- Dans l'espace : l'existence de séries mixtes (Bouillin, 1977) au Sud des formations grésomicacées kabyles et l'extension nouvelle des nappes telliennes, malgré leur tectonisation à la fin de l'Éocène, permettent d'envisager que cette dernière s'est sédimentée sur les structures réalisées par la phase priabonienne et déjà recouvertes par des marnes (ou par des grès) de l'Oligocène inférieur -moyen.

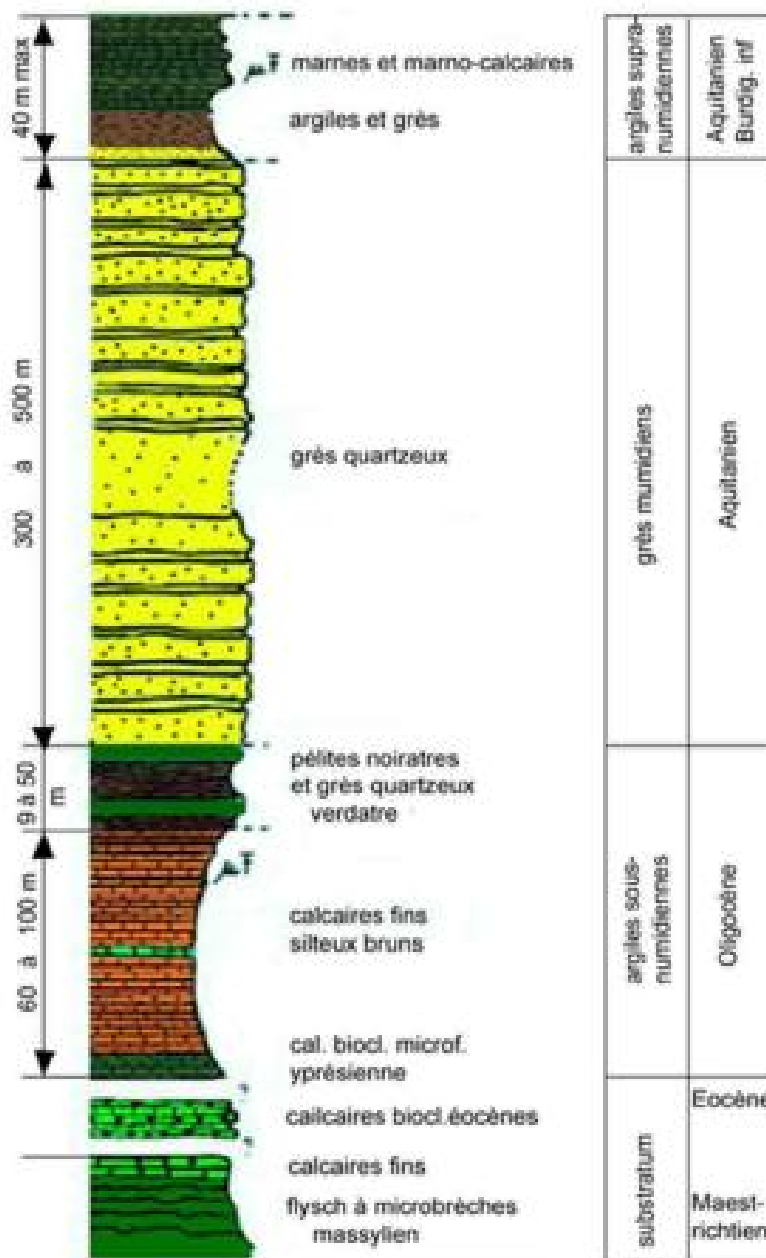


Fig I-7 : colonne stratigraphique synthétique du numidien de Grande Kabylie (D'après Gélard, 1979). (HADJEM .2010).

c- Evolution structurale :

c- 1- Première mise en mouvement: les formations numidiennes se sont désolidarisées de leur substratum au moment de la genèse des olistostromes kabyles, c'est-à-dire au cours du Burdigalien.

Etant situées au Sud des zones kabyles, elles ne parviennent en recouvrement anormal sur ces dernières qu'après la resédimentation des flyschs et du témoin de la série ultra-elliennne connu en Petite Kabylie (Bouillin et Glaçon, 1973).

Ces premiers mouvements sont fossilisés par la transgression du Burdigalien supérieur aussi bien en Petite Kabylie (Durand Delga, 1955) que dans les Babor.

c-2- Deuxième mobilisation : les formations numidiennes ainsi décollées sont reprises par la tectonique tangentielle tortonienne. Le résultat est particulièrement spectaculaire dans la région de Sedrata au Djebel Meida ou dans la région de Souk-Ahras où les grès numidiens surmontent directement les marnes et les conglomérats de la série miocène burdigalo-langhienne.

Sur la transversale de Constantine, l'élément numidien le plus méridional est situé au Hadjar Merakeb mais ses relations ne sont pas visibles. Il repose probablement sur le Miocène lui-même transgressif sur la nappe néritique constantinoise.

II-3- RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE :

On admet aujourd'hui que le domaine interne de la chaîne des Maghrébides faisait partie d'un microcontinent appelé AlKaPeCa (pour Alboran, Kabylies, Paloritain et Calabre qui sont les différents massifs internes de l'orogène périméditerranéen) qui était situé beaucoup plus au Nord et appartenait à la marge européenne. La dorsale kabyle constituait la marge méridionale et le talus continental de ce bloc. Les flyschs se sont déposés dans le bassin océanique profond qui séparait la marge européenne (ou le bloc AlKaPeCa) et la marge africaine. Les flyschs maurétaniens se sont déposés au pied de la dorsale kabyle et sont alimentés par les zones internes. Les flyschs massyliens se sont déposés au pied de la marge africaine et sont alimentés par les zones externes. Certains flyschs, tels ceux de Ziane ou de Tamalous présentent des caractères mixtes où s'intriquent verticalement tous les faciès caractéristiques de l'une ou l'autre des deux séries de flyschs, ce qui indique qu'ils se sont probablement déposés dans une zone de milieu de bassin, recevant aussi bien du matériel d'origine méridionale que d'origine septentrionale. Les nappes telliennes correspondent à la couverture sédimentaire qui s'est déposée sur la marge nord de la plaque africaine (**Figure I-9**). Les deux domaines, externe et interne se sont affrontés suite au rapprochement des plaques africaine et européenne. Ceci a conduit à la fermeture du bassin des flyschs, et celle du sillon tellien, l'écaillage de la dorsale kabyle et le déplacement des flyschs et des unités telliennes en nappes pelliculaires loin vers le Sud (**Figures I-8 et I-9**).

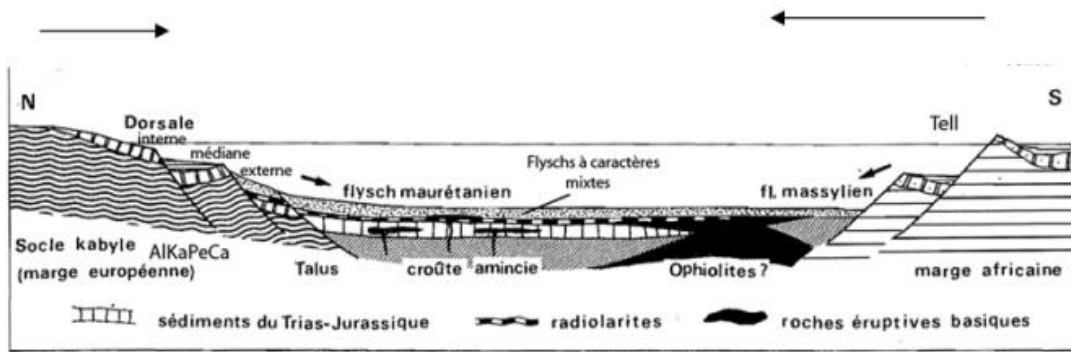


Figure I-8 : Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (Bouillin, 1986).(HADJEM .2010).

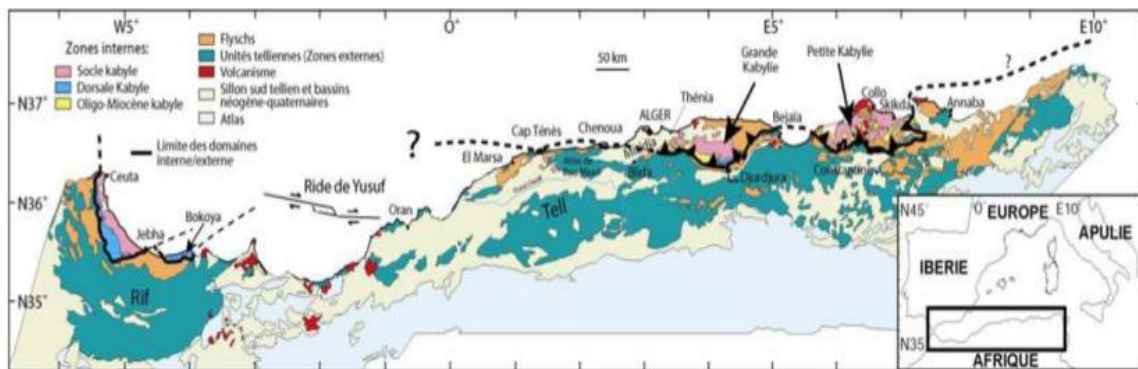


Figure I-9 : Position des différentes unités géologiques des Maghrébides (Domzig, 2006).
(HADJEM .2010).

II-4-EVOLUTION TECTONIQUE DES MAGHREBIDES :

La formation des chaînes alpines méditerranéennes est liée à la rotation de l'Afrique par rapport à l'Eurasie. Cette rotation est une lente dérive des deux continents l'un vers l'autre. Les stades initiaux de cette convergence, décelés dès le Jurassique inférieur, ne se sont clairement manifestés qu'à partir du Jurassique supérieur (Tapponier, 1977). La tectonique est celle de la collision entre les deux plaques Africaine et Européenne.

La chaîne alpine algérienne, qui demeure adossée à la frange nord du bloc méridional, est née de cette collision. Il faut noter qu'au Tithonien-Néocomien, il y a eu individualisation du sillon des flyschs (Maurétanien et Massylien) entre la microplaque d'Alboran et la marge Nord-Africaine. (Durand Delga, 1981 ; Durand Delga et Fontboté, 1980).

Un deuxième stade qui est divisé en deux phases tectoniques successives, a détruit le dispositif paléogéographique mésozoïque mis en place par le premier stade,

pour arriver à la structure actuelle. La phase fini-lutétienne est une phase tectonique majeure qui marque le chevauchement de l'ensemble socle et couverture sur les flyschs maurétaniens et le début du chevauchement de cet ensemble vers les zones externes (Raoult, 1974). Elle correspond aussi à un début de collision entre les microcontinents des zones internes avec les masses continentales africaines et européennes « sous plaque Ibérique) et la formation de l'arc de Gibraltar embryonnaire. La phase Oligo- Miocène est une importante phase de compression entraînant des chevauchements dans le domaine atlasique. A cette époque se mettent en place les nappes numidiennes ainsi que les olistostromes kabyles avec des morceaux de flyschs et de nappes telliennes qui ont glissé vers le Nord par gravité. Durand Delga (1981) attribue ces événements à l'enfoncement de la bordure africaine sous les zones internes ; ce qui provoque la désarticulation de ces zones qui viennent chevaucher les zones externes.

Enfin, une tectonique plio- quaternaire avec des plissements à grand rayon de courbure, suivie de fracturation de direction E-W et NE-SW. Cette phase a un rôle très important dans l'apparition des intrusions magmatiques comme le cas des îles Habiba en Algérie et les îles de Galite en Tunisie.

CONCLUSION :

En Algérie, existe deux domaines essentiels :

- Le domaine méridional : ce domaine est très ancien et stable, constitué d'un socle éburnéen avec une couverture paléozoïque. Il est constitué d'un socle précambrien recouvert en discordance par une puissante couverture.
- Le domaine tellien (atlasique) : ce domaine faisant partie de la chaîne alpine, il est très complexe et instable. Il est constitué de nappes mises en place au Miocène inférieur et des formations telliennes. Dans ce domaine la présence des marnes grises et des marnes calcaires peuvent être mobilisées dans les glissements de terrain lorsqu'elles sont saturées et que les pentes sont suffisamment accentuées. Pour cela l'Algérie du nord est la plus touchée par les glissements de terrain.

CHAPITRE II

**Distribution De Glissement
Relativement Aux
Formations Géologiques
(Processus Géologiques Qui
Contribuent Aux Différentes
Instabilités)**