



UNIVERSITÉ CADI AYYAD
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES
GUÉLIZ-MARRAKECH

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Licence Sciences et Techniques en Géologie Appliquée aux Ressources

Minières (LST GARM)

**ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN
ENREGISTRÉS AU NIVEAU DE TISHKA
(RN9, MARRAKECH-OUARZAZETE)**

Réalisé par:

- **ARFA Mahdi**
- **BAKHACH Abderrahim**

Encadré par:

- **Mr. Azzouz KACHIKACH (FST_Marrakech)**

Soutenue le 22 juin 2017 devant le jury :

- **Mr. Azzouz KACHIKACH (FST- Marrakech)**
- **Mr. Mohammed JAFFAL (FST- Marrakech)**

Année Universitaire 2016-2017

RÉSUMÉ

Dans le cadre de Projet de Fin d'Étude (PFE), on a effectué un stage en coopération avec la direction des routes provincial d'Ouarzazate pendant un mois où on a traité un sujet intitulé **étude géologique des glissements de terrain enregistrés au niveau de Tishka (RN9, Marrakech-Ouarzazate)**. dont le but principal l'étude structural et géologique des grands glissements qui subit la région.

Pour cela on a appliquée plusieurs techniques, on site les levées structurales et la cartographie de la zone d'étude à fin de résoudre ces grands problématiques d'instabilité de terrain traversé par la Route National N°9(RN9).

Cette étude est centrée sur l'identification des structures responsables de cette instabilité, afin de les reliés a leur contexte régional, à la lumière des résultats obtenus par les études structurales, géologiques et cartographiques abordés par différentes techniques.



Merci

Ce modeste travail n'aurait pu avoir lieu sans la contribution de plusieurs personnes pour les quelles nous tenons à exprimer nos profondes gratitude.

Nous ne saurions jamais comment exprimer nos profondes gratitude à **Mr. Azzouz kchikach** Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, qui a accepté notre encadrement, nous lui sommes très reconnaissants d'être toujours disponible malgré ses préoccupations nous le remercions de nous avoir appris beaucoup de choses, pour ses conseils précieux, ses directives et pour ses corrections pertinentes qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect.

Nos très profonds remerciements vont aussi à :

-**Mr. SAIDI Abdelatif** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, pour sa collaboration.

-Nous remercions aussi vivement tous les agents de Ministre de L'équipement, du Transport et de Logistique Direction provinciale d'Ouarzazate pour leurs soutiens et aide précieuse durant cette période de stage.

-Nous tenons aussi à remercier cordialement tout le corps professoral et administratif de notre Faculté pour leur soutien au cours de notre formation.

-Nos remerciements vont également aux membres du jury qui nous ont honorés en acceptant de juger ce travail afin de l'évaluer malgré leurs occupations.

-Enfin, merci à nos parents et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Table des matières

Liste des abréviations.....	1
Liste des figures	1
Liste des photos	2
Liste des tableaux.....	2
I. INTRODUCTION	3
II. GÉNÉRALITÉ SUR LE SITE.....	4
1) Historique	5
2) Situation de projet.....	6
3) Relief et topographie	7
4) Climatologie	7
5) Hydrographie et hydrogéologie	7
6) Géométrie et chaussée	7
7) Géologie et géotechnique.....	8
III. ÉTUDE GÉOLOGIQUE.....	9
2) Géologie de la région	10
3) Géologie locale	11
4) Description des zones	12
4-1) Première zone	12
4-2)Deuxième zone	15
4-3)Troisième zone.....	16
IV. GLISSEMENTS DE TERRAIN	17
1) Définition.....	18
2) Types de glissement.....	18
2-1) Glissement plan ou translationnel	19
2-2) Glissement circulaire ou rotationnel.....	19
2-2-1) Glissement rotationnel simple.....	19
2-2-2) Glissement rotationnel complexe.....	20
2-3) Glissement quelconque ou composite	21
3) Principe de base des glissements	21
4) Vitesse moyenne de glissement.....	21
5) Profondeur de glissement.....	22

6)	Les indices, les manifestations induites par les glissements :	22
7)	Les causes (directes ou indirectes) et facteurs favorisant des glissements.....	22
8)	Type de glissement rencontré dans le terrain d'étude	23
8-1)	Glissement-coulé sur faible/forte pente.....	23
8-2)	Glissement de plan.....	24
9)	Techniques de confortement et de protection des terrains	25
9-1)	Chutes de blocs et éboulements.....	25
9-2)	Parades passives (dans la zone de réception des blocs):.....	25
9-3)	Parades actives (sur la falaise ou sur le versant):	26
9-4)	Technique de génie biologique	26
9-4-1)	le paillage	27
9-4-2)	l'ancrage de la paille	27
9-4-3)	La paille fixée par grillage	28
9-4-4)	Plaques de roseaux en quinconce	28
V.	ÉTUDE STRUCTURALE	30
1)	projection stéréographique	31
1-2)	Projection stéréographique de schistosité de la zone 1et 2.....	31
1-2)	Projection stéréographique de la stratification de la zone 1et 2	33
1-3)	Projection stéréographique des fractures de la zone 1	34
1-4)	Projection stéréographique des diaclases de la zone3.....	36
2)	Interprétation.....	38
3)	Projection des fractures sur la carte topographique1/50.000	40
VI.	Conclusion	41
	Annexe 1	42
	Annexe 2	43
	Annexe 3	44
	Annexe 4	45
	Annexe 5	46
	Annexe 6	47
	Annexe7	49
	Annexe 8	50
	Référence.....	51

Liste des abréviations

RN9 : la route nationale numéro 9

S0 : la stratification

S1 : la schistosité

PK : point kilométrique

Liste des figures

figure 1:	Carte géologique du massif ancien de Tichka	10
figure 2:	Situation et schéma géologique du massif ancien du Haut Atlas (la Direction des Mines, de la Géologie et de l'Energie)	11
figure 3:	Coupe géologique de la sous zone 1C.....	14
figure 4:	Schéma des différents type de glissements	18
figure 5:	Schéma de Glissement rotationnel simple	20
figure 6:	Schéma de Glissement rotationnel complexe	20
figure 7:	Image stéréographique de la S1 dans la zone 2	31
figure 8:	Image stéréographique de la S1 dans la zone 1	31
figure 9:	Image stéréographique de la schistosité de la zone 1et 2.....	31
figure 10:	Image stéréographique de la S0 dans la zone 1	33
figure 11:	Image stéréographique de la S0 dans la zone2	33
figure 12:	Image stéréographique de la stratification de la zone1et 2	33
figure 13:	Image stéréographique des fractures de la zone 1	34
figure 14:	Image stéréographique de mur de la zone 1	34
figure 15:	Image stéréographique des fractures et de mur de la zone1.....	35
figure 16:	Image stéréographique des diaclases de la zone3	36
figure 17:	Schéma de glissement au niveau de la sous zone 1c en 2D (schéma b) en 3D (schéma a)38	
figure 18:	Coupe schématique dans le paléozoïque du Haut Atlas entre le couloir d'Argana à l'Ouest et l'Agoundis à l'Est (d'après Schaer, 1967).....	39

Liste des photos

<i>Photo 1:</i>	Image satellite du secteur étudié.....	3
<i>Photo 2:</i>	Localisation de la zone d'étude.....	6
<i>Photo 3:</i>	Les différentes sous-zones de la zone 1.....	13
<i>Photo 4:</i>	Vue panoramique de la sous zone 1c	14
<i>Photo 5:</i>	Les fractures dans la route au niveau de la zone2	15
<i>Photo 6:</i>	Un grande l'ouverture au niveau de la zone 3	16
<i>Photo 7:</i>	Un grand glissement au niveau de la zone 1	23
<i>Photo 8:</i>	Glissement de plan au niveau de la sous zone 1c	24
<i>Photo 9:</i>	Élimination des masses instables et des masses éboulées	26
<i>Photo 10:</i>	Technique des paillages au niveau des talus routière	27
<i>Photo 11:</i>	Les grillage fixée au des talus routière	28
<i>Photo 12:</i>	Plaques de roseaux en quinconce au niveau des talus routier.....	29
<i>Photo 13:</i>	La projection stéréographique de différent structures liée à la localisation de notre zone d'étude	37

Liste des tableaux

Tableau 1:	Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne.	21
Tableau 2:	Classification selon la profondeur de la surface de glissement.	22
Tableau 3:	Mesure structurale au niveau de la zone 1	47
Tableau 4:	Mesure structurale au niveau de la zone2	49
Tableau 5:	Mesure structurale au niveau de la zone3	50

I. INTRODUCTION

Ce projet a été réalisé en partenariat avec le ministère d'équipement et du transport, dans le cadre des travaux d'aménagement de la route nationale numéro 9, reliant Marrakech-Ouarzazate. Il a pour but principal d'étudier les glissements de terrain enregistrés dans le massif de Tichka. Ce projet apporte sur une cartographie structurale et géologique de ces glissements. Nous avons subdivisé notre zone d'étude en trois sous-zones correspondant à trois glissements différents (voir la photo 1).

Nous avons fait tout d'abord une cartographie détaillée de ces 3 zones, et réalisé une analyse structurale détaillée des Trois glissements étudiés.

Nous avons ensuite effectué une recherche bibliographique, pour placer les trois glissements observés dans leur contexte géologique local.

Ce document a comme but de résoudre ces grands problèmes d'instabilité de terrain, il visera en premier lieu, une étude structurale et microstructurale pour identifier tous les types de déformation présentes dans la zone (diaclasses, Plis, schistosité, décrochement....), cette description lithologique et structurale aidera à apporter quelques éléments de réponse pour comprendre les phénomènes d'instabilité enregistrés au niveau de cette route (RN9, Taddart-Tizi-n'Tichka), et d'expliquer les mouvements de terrain.



Photo 1: Image satellite du secteur étudié

II. GÉNÉRALITÉ SUR LE SITE

1) Historique

Il est à mentionner que la route nationale reliant Marrakech-Ouarzazate(RN9) sur 177 km, et dont les travaux de l'aménagement ont débuté fin 2014, est un projet structurant pour accompagner le développement de la zone Sud-Est du Royaume et qui s'inscrit dans le cadre de la politique des grands chantiers.

Dans le cadre des travaux d'aménagement de la RN9 reliant le lot N°1 entre les PK 335+000 et 348+500, reliant Taddart 2 et le Col de Tichka sur une longueur de 13.5 Kms, ont été achevés en novembre 2016.

Lors de la construction de la route nationale numéro 9 (RN9), plusieurs zones instables ont été mises en évidence et qui étaient généralement influencé par La nature des formations rencontrées (alternance de grés et des schistes) et par la structure de la formation (stratifications, diaclases etc...).D'autres paramètres externes sont aussi présents notamment les travaux de terrassement ayant permis le déclenchement de ses zones d'instabilités, et ont engendré des fracturations importantes.

Mais après que le travail est terminé il y'a l'apparition de deux instabilités de plateforme sur la chaussée sous forme des fissures longitudinales, qui sont dues aux glissements de terrains, "ces glissements n'ont aucune relation avec la qualité des travaux", aux PK 338+800 et 341+950 de longueurs respectives 120 et 100 mètres, au niveau de la route nationale N°9 (RN9) reliant Taddart 2 et le Col de Tichka.

Des études de stabilités et de confortement de ces points sont en cours de réalisation, depuis juillet 2016, par des experts du Laboratoire Public d'Essais et d'Études (LPEE), ajoute la même source notant que le ministère procédera au lancement de l'appel d'offres pour la réalisation des travaux de confortement, des finalisations de ces études.

2) Situation de projet

Le projet est situé dans le col de Tichka à 2260m d'altitude, dans le Haut Atlas, à 96Km au Sud-Est de Marrakech (voir la photo 2). La route nationale Marrakech-Ouarzazate (RN9) de Longue 146 km, cette route est "caractérisée par l'impraticabilité de ses reliefs et ses caractéristiques géométriques très difficiles. En tout, 1,5 milliard de dirhams ont été mobilisés pour les travaux, dont 500 millions de dirhams par les provinces concernées.

Les travaux sont divisés en plusieurs phases, et concernent soit le dédoublement de la route sur certains tronçons, soit un élargissement à trois voies ou des voies dédiées exclusivement aux véhicules lents, c'est à dire les poids lourds. Voici le détail des travaux, soit déjà en cours, soit en projet :

- Un dédoublement de la voie entre Marrakech et Aït Ourir sur 27 kilomètres.
- Entre Aït Ourir et Taddart, élargissement du trottoir et amélioration du tracé sur 63 kilomètres.
- Aménagement de la route entre Taddart et Tizi n'Tichka sur 13 kilomètres et mise en place d'une troisième voie dédiée aux poids lourds.
- Entre Tizi n'Tichka et Ouarzazate, soit 81 kilomètres, amélioration du tracé et élargissement du trottoir.

Notre zone d'étude est située dans le secteur de travaux entre Taddart et Tizi n'tichka sur 13Km, de route nationale numéro 9 Marrakech-Ouarzazate, cette zone il s'agit de l'un des points les plus problématique du projet de la direction des routes provinciale d'Ouarzazate.

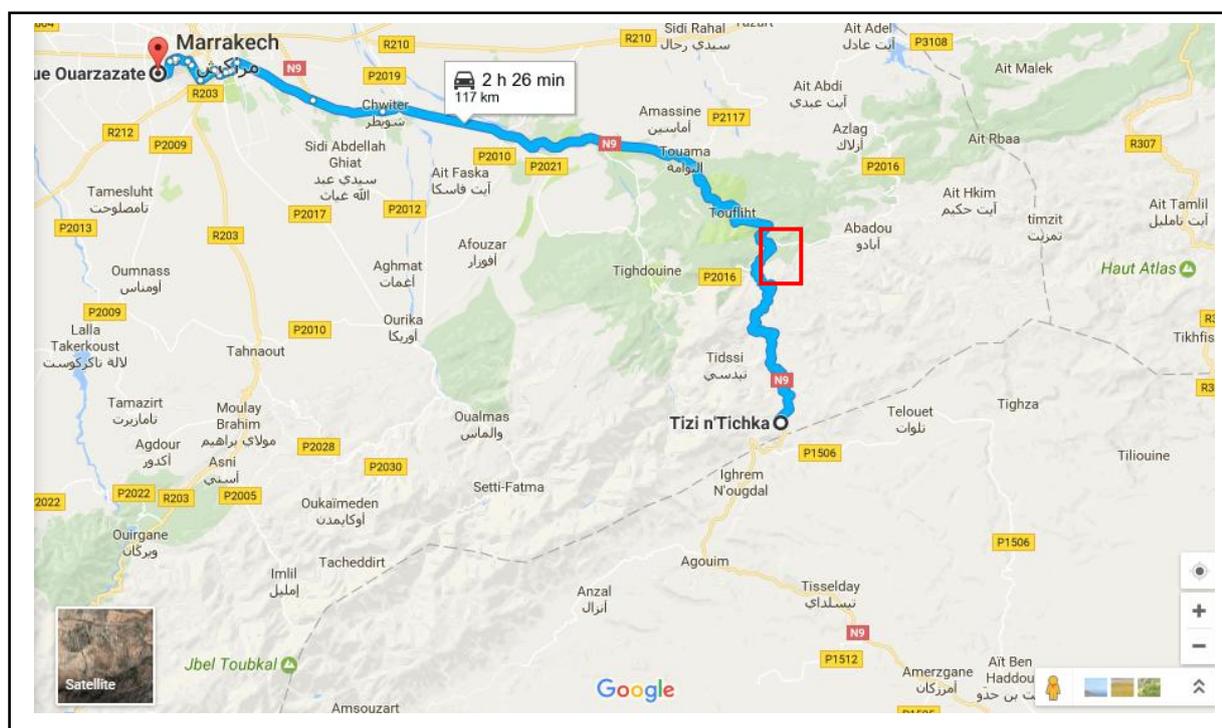


Photo 2: Localisation de la zone d'étude

3) Relief et topographie

Le relief de la Région présente des conditions naturelles autour de 5 grands ensembles dominants :

- Une zone de plateaux de Rehamna et de Bahira, qui présente une topographie de collines d'amplitude moyenne.
- Une zone de plaines qui englobent les plaines du Haouz central, de Rehamna et de Tassaout, ensemble important de terres agricoles de la région.
- Les bassins de Essaouira-Chichaoua, constitués par des dépressions et des élévations où se développent la céréaliculture, ou sert de terres de parcours.
- La chaîne des Jbilet: zone de montagne d'altitude modérée qui constitue une part négligeable du territoire régional.
- La zone de montagne qui englobe une partie du Haut Atlas et se caractérise par les altitudes moyennes ou fortes (Jbel Toubkal: 4165m). Cette zone concentre d'importantes ressources potentielles hydrauliques.

4) Climatologie

La région de Marrakech – Tensift – Al Haouz caractérisé par un climat océanique dans la province d'Essaouira et continental dans l'Est de la Province de Marrakech. Les zones du littoral connaissent un climat humide avec des précipitations hivernales relativement fortes et des températures estivales généralement de l'ordre de 22°C. Par contre, près de la moitié de la superficie régionale présente des précipitations, en moyenne inférieures à 300 mm/an, avec des chutes importantes de neige, à partir de 2 500 m. Les zones intérieures du territoire ont un climat caractérisé par un hiver froid, avec de faibles précipitations et un été chaud et sec. L'écart de température annuelle entre moyenne des maxima et moyenne des minima est parfois supérieur à 30°C.

5) Hydrographie et hydrogéologie

Les ressources en eau sont relativement importantes du fait de la présence de l'Atlas. Le réseau hydrographique comprend le grand bassin versant de Tensift, formé de plusieurs sous bassins qui drainent le versant Nord du Haut Atlas. Les eaux des oueds, dont le débit est évalué à 24 m³/s, sont captées à leur sortie par des seguias et atteignent rarement, hormis lors de crues, les plaines.

6) Géométrie et chaussée

La liaison routière entre Aït Ourir et Ouarzazate est assurée par la RN9 objet de notre étude. La présente note est relative au Lot A: du PK431 (Ouarzazate) au PK348,5 (Col de Tichka).

Du point de vue géométrique, le tracé en plan de la route existante présente des caractéristiques très réduites avec des courbes de raccordement assez serrées en raison du caractère très accidenté du site.

En effet, la configuration très chahutée et très difficile du terrain naturel impose d'épouser les sinuosités des flancs de montagne pour éviter des remblais sur versant.

Le profil en long quant à lui est régulier dans l'ensemble, mais présente des déclivités importantes imposées par la configuration naturelle du site du projet.

En effet, le projet matérialise la montée permettant le franchissement du col de Tichka. La chaussée est globalement en assez bon état, et la surface de roulement est constituée d'un revêtement superficiel en bicouche.

La RN9 présente par endroit des dégradations visibles de la chaussée gênant considérablement la circulation normale des usagers.

Ces dégradations se présentent sous forme soit de nids de poules à combler, soit d'ornières et de déformations à reprofiler ou alors de disparition partielle de la chaussée à laquelle il faut palier par une reconstruction d'une structure neuve.

7) Géologie et géotechnique

Les formations géologiques traversées par la RN9 correspondent au domaine géologique du haut atlas. Le massif ancien s'épanouit dans la zone axiale de la chaîne atlasique constituée des roches cristallines et volcaniques mais également d'une série sédimentaire d'âge secondaire et tertiaire dans les bordures Nord et Sud qui vient apparaître sur le socle hercynien.

La tectonique hercynienne est prédominante dans le socle avec une direction WSW-ENE. Le tracé de la RN9 au niveau de la montée de Tichka traverse essentiellement des formations schisteuses.

Du point de vue géotechnique, il s'agit de formations de schistes très compétents où on note la présence des pentes de talus très raides en déblai et en remblai.

Il importe aussi de noter que les talus présents dans les schistes ont des pentes très fortes et sont stables.

III. ÉTUDE GÉOLOGIQUE

2) Géologie de la région

Les formations géologiques traversées par la RN9 correspondent au domaine géologique du haut atlas le Massif de Tichka situé dans le Haut Atlas formé par des formations volcano-détritiques, des formations sédimentaires et des intrusions granitiques. Ce massif ancien s'épanouit dans la zone axiale de la chaîne atlasique constituée des roches cristallines et volcaniques mais également d'une série sédimentaire d'âge secondaire et tertiaire dans les bordures Nord et Sud qui vient apparaître sur le socle hercynien qui présente un réseau complexe de fractures à différentes échelles exprimé par l'existence de quatre familles de fractures d'orientation moyenne N0, N60, N90 et N120 avec une dominance remarquable de la direction N60, avec la mise en évidence d'une tectonogenèse tardi-hercynien d'âge permio-triasique.

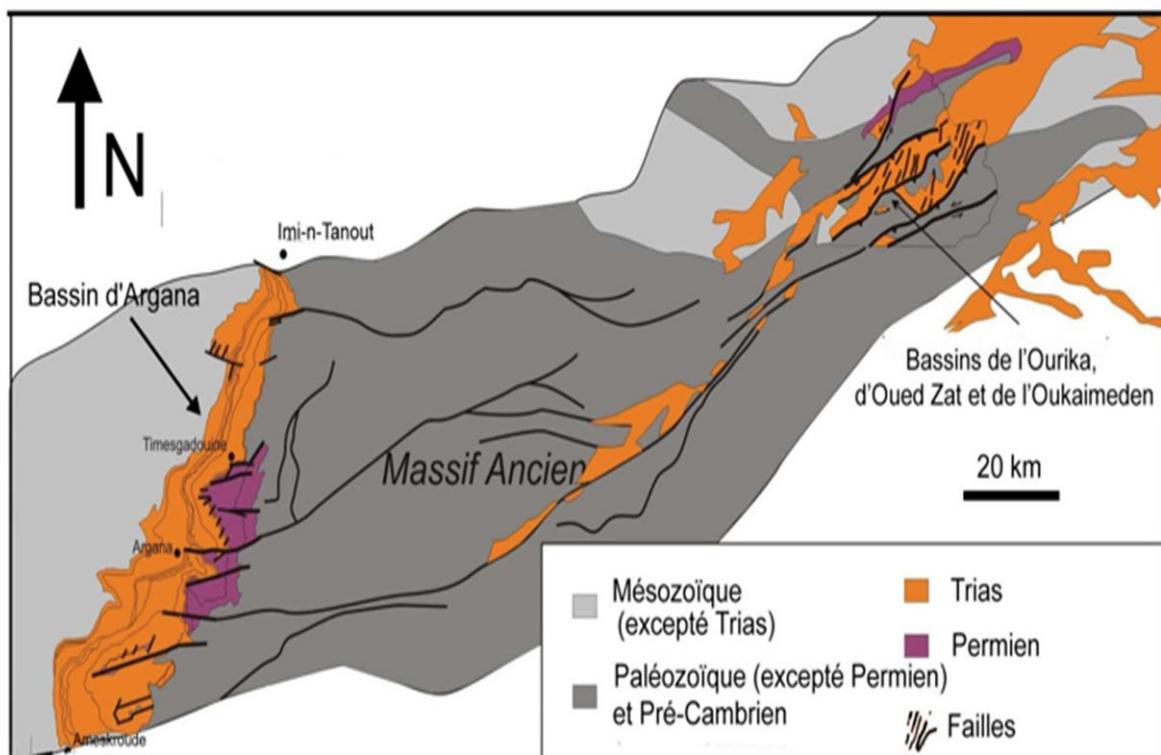


figure 1: Carte géologique du massif ancien de Tichka

3) Géologie locale

La tectonique hercynienne est prédominante dans le socle avec une direction WSW-ENE. Le tracé de la RN9 au niveau de la montée de Tichka traverse essentiellement des formations schisteuses. Ces séries schisteuses avec grès et quartzites : Cette série surtout schisteuse, très épaisse, comprend le Cambrien moyen, le Cambro-ordovicien, l'Ordovicien, le Silurien, le Dévonien et le Carbonifère. Les schistes sont le plus souvent des roches tendres et grisâtres et affleurent dans des bassins déprimés au pied des plus hauts massifs Permo-Trias de point de vue tectonique la route nationale 9 est située dans une chaîne résultats de plissements qui ont soulevé le socle hercynien et sa couverture. Ce soulèvement massif s'est accompagné d'accidents brutaux dont la direction dominante est WSW – ENE.

Y'a deux types de schiste :

- ✓ Les schistes altérés et fracturés.
- ✓ Les schistes grisâtres fissurés.

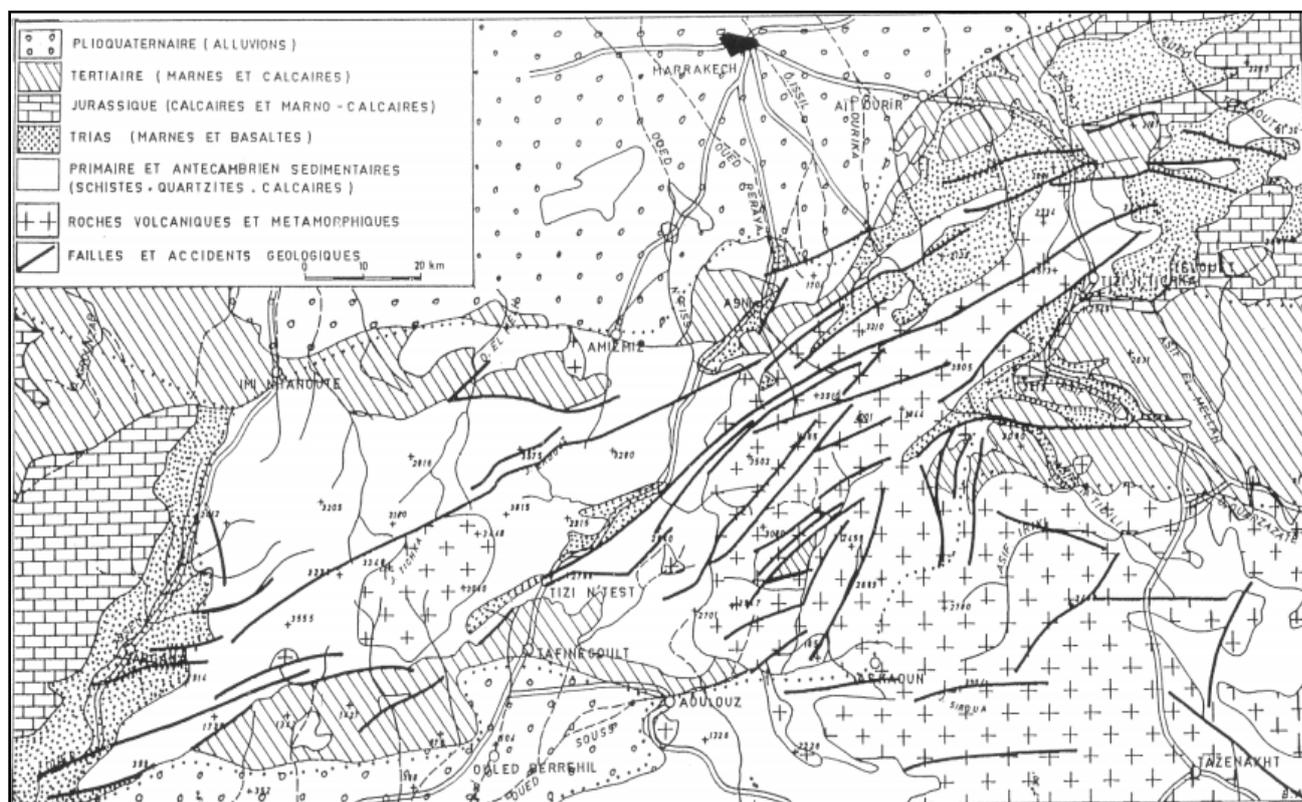


figure 2: *Situation et schéma géologique du massif ancien du Haut Atlas (la Direction des Mines, de la Géologie et de l'Energie)*

4) Description des zones

Toutes les zones se caractérisent par une schistosité parallèle à la stratification, et une formation presque monotone toujours les schistes et les grès, la différence entre les zones est présentée au niveau de l'altération, l'épaisseur, l'orientation et le pendage.

4-1) Première zone

Elle est formée de trois sous zones : zone A, B, C et zone de contact (A/B) (voir la photo 3).

-ZONE A : cette zone caractérisée par une formation de grés et schiste (voir l'annexe 1), ce dernière est plus dominante que les grés, il y'a pas d'altération importante comme la zone B mais il y'a quelques micro plissements comme indices de déformation, et les couches ne sont plus subhorizontales, mais inclinés c'est qui montre la différence structural entre les deux zones (la zone A et la zone B).

-ZONE B : formé d'une alternance des grés et des schistes, avec une différence au niveau de l'épaisseur entre eux (*par exemple : à la base de la zone B l'épaisseur entre ces deux formations est égale et plus vers le haut l'épaisseur varié de façon que les schistes deviennent négligeables devant les grés*), cette zone a subit une altération importante (voir l'annexe 1) surtout dans la partie la plus proche de contact, il y'a pas de déformation importante dans cette zone les couches sont subhorizontales mais ceci change quand on se proche du contact.

-ZONE DE CONTACT (A/B) : zone intéressante située entre la zone A et la zone B, cette zone est très déformée exprimée par beaucoup des structures plissées (voir l'annexe 2), et entrecroisées avec un changement important de direction et de pendage, c'est un contact anormal qui montre une déformation importante, la nature de se contact est importante car il sépare deux zone différentes comme on a vu précédemment.



Photo 3: Les différentes sous-zones de la zone 1

-ZONE C : il se trouve à l'autre côté de la route nationale RN9, c'est à dire vers l'Est il a une formation semblable à celle de la zone précédente(A), avec une zone altérée (grès rouge à noirâtre) et une autre non altérée on peut estimer que cette zone spécifiquement avant le mur est le prolongement de la zone précédente avec la continuité de contact (voir la photo 4), et des déformations exprimés par un changement important de direction et de pendage.

D'autre côté on note la présence des ouvertures à différents échelles et orientations, le plus important c'est l'orientation de mur N24 (voir l'annexe 2). la profondeur de quelques ouvertures peut atteindre 3 à 5 mètres, ces ouvertures est résulte des glissements de terrain, on remarque à cette zone la présence d'une masse énorme de déblai (issue de travaux d'aménagement de la route national N°9), sur le haut de montagne ce qui peut donner une proposition que la force de ces déblai peut donner une surcharge qu'a engendrée le glissement de terrain caractérisé par une résistance limité (schiste), et qui diminué automatiquement en présence de la pluie ou circulation des fluides.

La déformation dans cette zone est importante est plus évidente dans les vallées exprimer par des gros structures plissées synclinales et d'autres anticlinales voir (voir annexe 3).

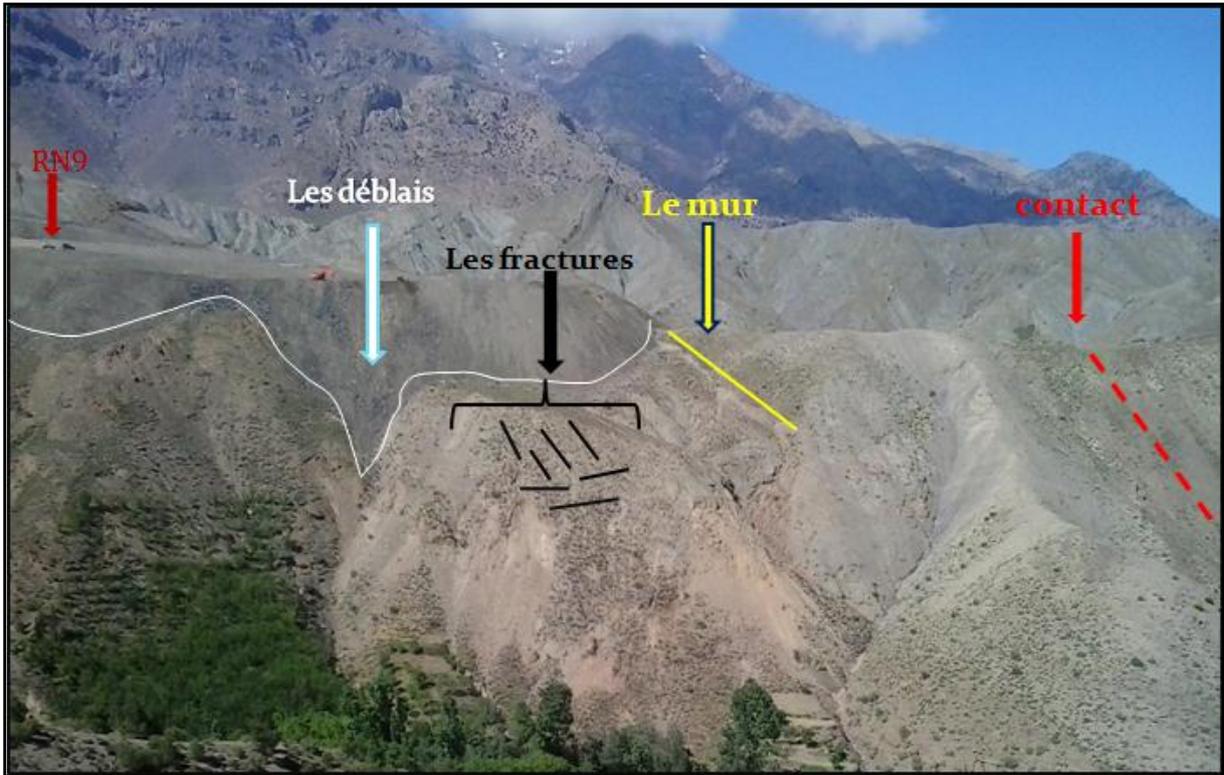


Photo 4: Vue panoramique de la sous zone 1c

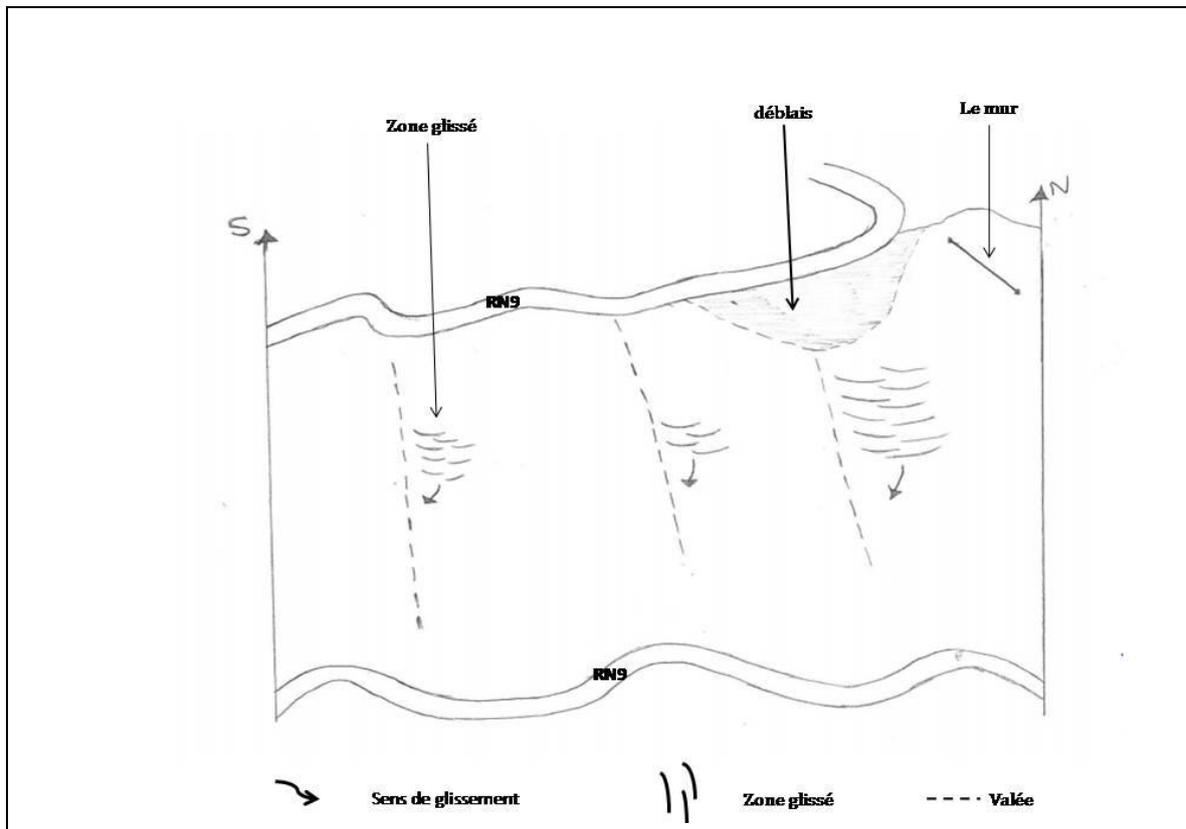


figure 3: Coupe géologique de la sous zone 1C

4-2)Deuxième zone

Cette zone contient une grosse ouverture de 3 mètres de profondeur (photo 6), se trouve dans l'amont de la montagne avec beaucoup des creux des glissements (voir l'annexe 4), cette zone a subi un glissement important.

Cette zone est formée d'alternance des schistes et des grès avec la présence de minéralisation de quartz dans les niveaux gréseux, ce qui approuve une circulation des fluides précédemment.

De point de vue déformation on note la présence de structures plissées, la plus important de ces structures est un pli avec une charnière faillé et fracturé (voir l'annexe 4), ce qui montre une déformation intense.

Vers l'aval de la montagne il y'a une énorme quantité des déblais de schiste et de grès qui vient de l'amont à cause des glissements (voir l'annexe 4).

Aussi cette zone contient une masse énorme de déblais (issue des travaux d'aménagement de la RN9), ce qui peut expliquer la présence des ouvertures et des creux à cause de la surcharge de déblais au niveau de cette zone, la route fracturé et glissé vers le bas voir la photo 5.

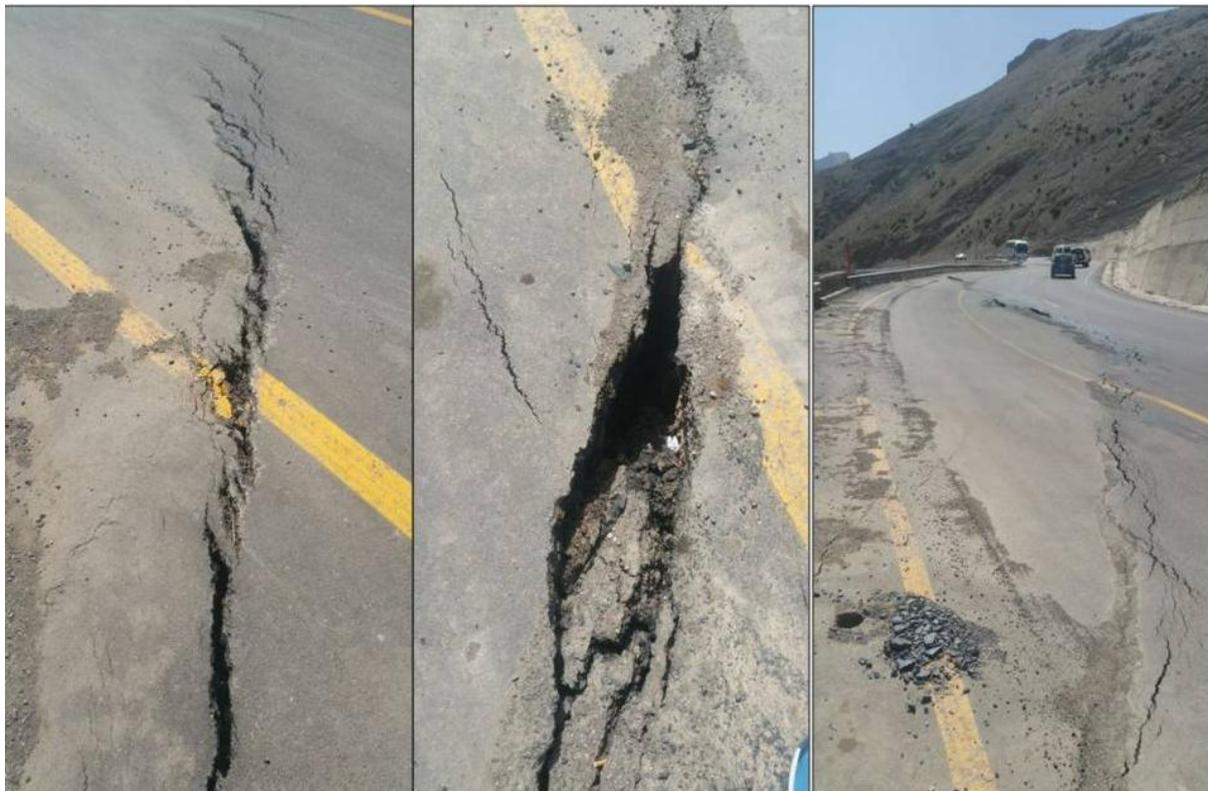


Photo 5: Les fractures dans la route au niveau de la zone2



Photo 6: Un grande l'ouverture au niveau de la zone 3

4-3) Troisième zone

C'est la zone de grand glissement caractérisé par des schistes et des grès noirâtres à rougeâtre, cette zone est très altérée ce qui engendre une fragilité de terrain, cette altération est argumentée par un remplissage siliceux (quartz) des diaclases observés à la surface.

La tectonique est présente par un décrochement et plusieurs diaclases avec deux orientations différents en plus des structures plissées (voir l'annexe 1).

IV. GLISSEMENTS DE TERRAIN

1) Définition

Un glissement de terrain est un phénomène d'origine sismique, géologique et géophysique où une masse de terre descend sur une pente, autrement dit un plan de glissement plus ou moins continu, plus ou moins plan ou incurvé. Après la mise en mouvement la masse conserve globalement sa consistance et sa physionomie. elle est donc toujours reconnaissable ; ceci différencie le glissement de terrain de la coulée ou de sable (qui n'ont pas de formes propres). Dans certains cas, des millions, voire dizaines de millions de m³ peuvent être concernés, et qui peuvent brutalement détruire des villages entiers (comme au Népal en 2015 où un glissement de terrain a enseveli plusieurs villages dont celui de Langtang et environ 400 personnes. il a été estimé que l'énergie libérée est l'équivalent de celle de la bombe atomique qui a explosé au-dessus d'Hiroshima. Les glissements de terrain sont l'un des types de mouvement gravitaire.

2) Types de glissement

Trois types de glissement sont distingués en fonction de la géométrie de la surface de rupture voir la figure 4.

- glissement plan ou translationnel**, le long d'une surface plane.
- glissement circulaire ou rotationnel**, le long d'une surface convexe.
- glissement quelconque ou composite** lorsque la surface de rupture est un mélange des deux types.

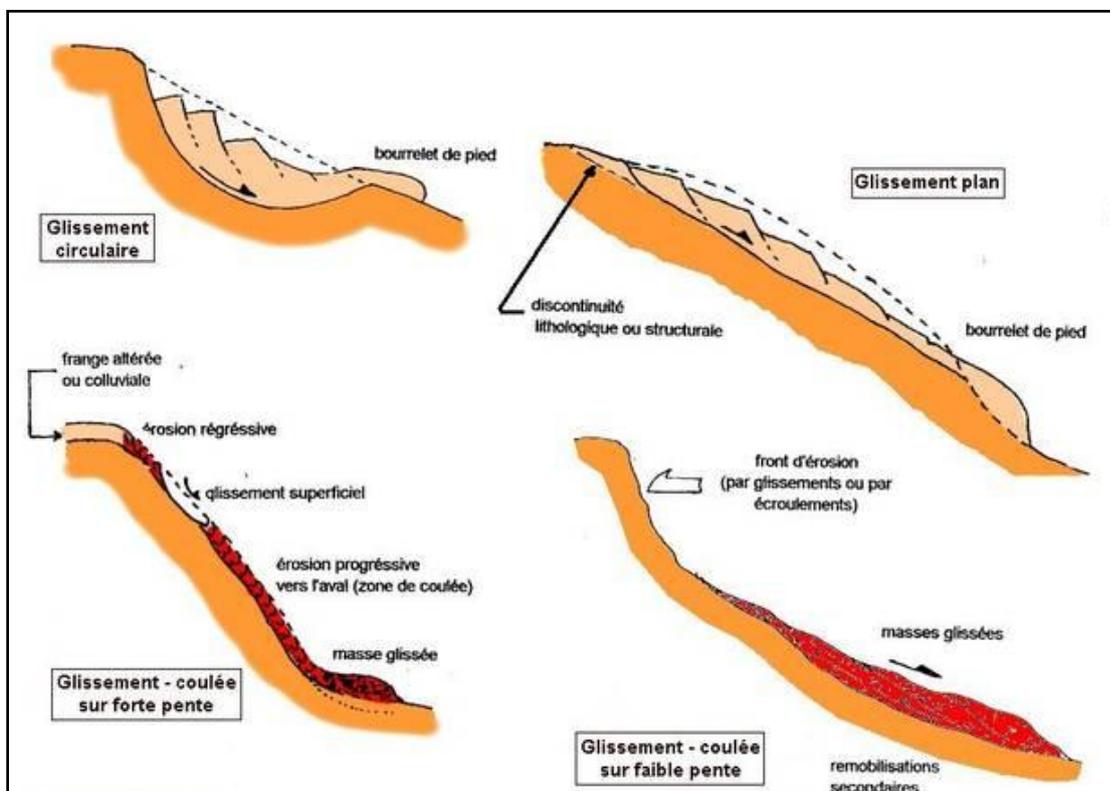


figure 4: Schéma des différents type de glissements

2-1) Glissement plan ou translationnel

Ce type de glissement se produit lorsque, le massif en pente est constitué de sols par exemple meubles reposant sur un substratum, ou encore lorsque la longueur de la surface de rupture potentiel est très grande par rapport à l'épaisseur du terrain.

La taille de tels glissements est très variable et peut comprendre des surfaces allant de quelques mètres carrés à plusieurs kilomètres carrés.

Les zones de flysch, les schistes marno-calcaires ou les schistes métamorphiques sont les formations les plus sujettes à ce genre de glissement.

2-2) Glissement circulaire ou rotationnel

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

Ils se produisent principalement dans des terrains meubles homogènes surtout argileux et silteux.

On distingue deux classes de glissement rotationnel :

- Glissement rotationnel simple.
- Glissement rotationnel complexe.

2-2-1) Glissement rotationnel simple

La surface de rupture à une forme simple et peut être assimilée à un cylindre dans la plupart des cas, il comprend :

- en tête des fissures de traction,
- un escarpement correspondant au départ de la surface de glissement.
- à la base, un bourrelet formé par des matières glissées.

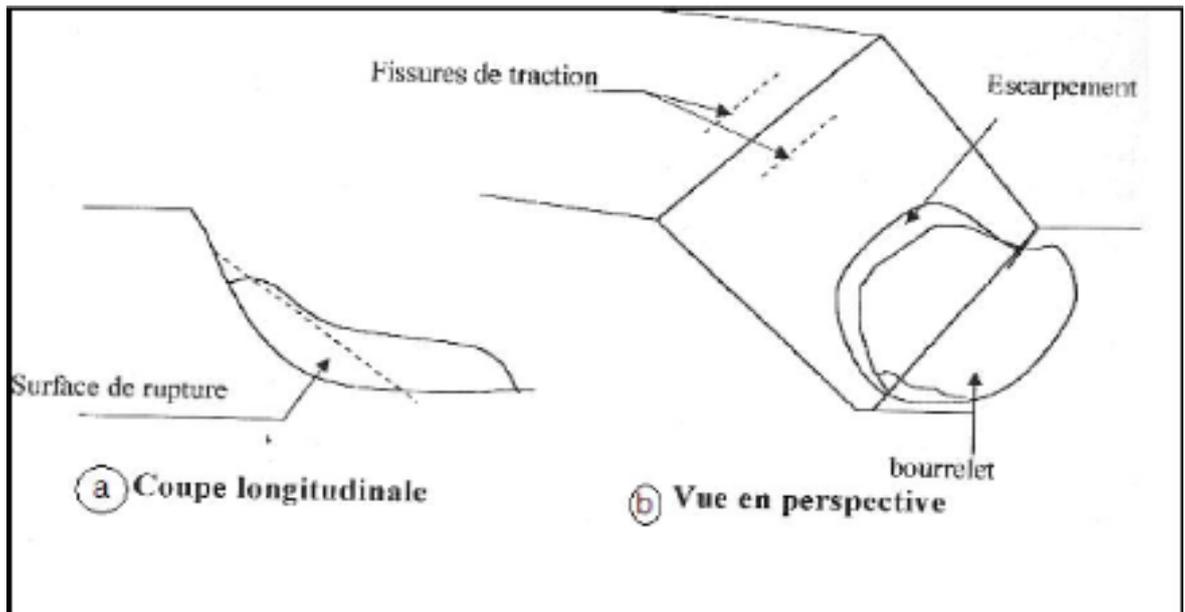


figure 5: *Schéma de Glissement rotationnel simple*

2-2-2) Glissement rotationnel complexe

Il s'agit de glissements multiples « emboîtés » les uns dans les autres, dus à la suppression de la butée provoquée par le glissement précédent, ce qui entraîne ainsi des glissements successifs remontant vers l'amont.

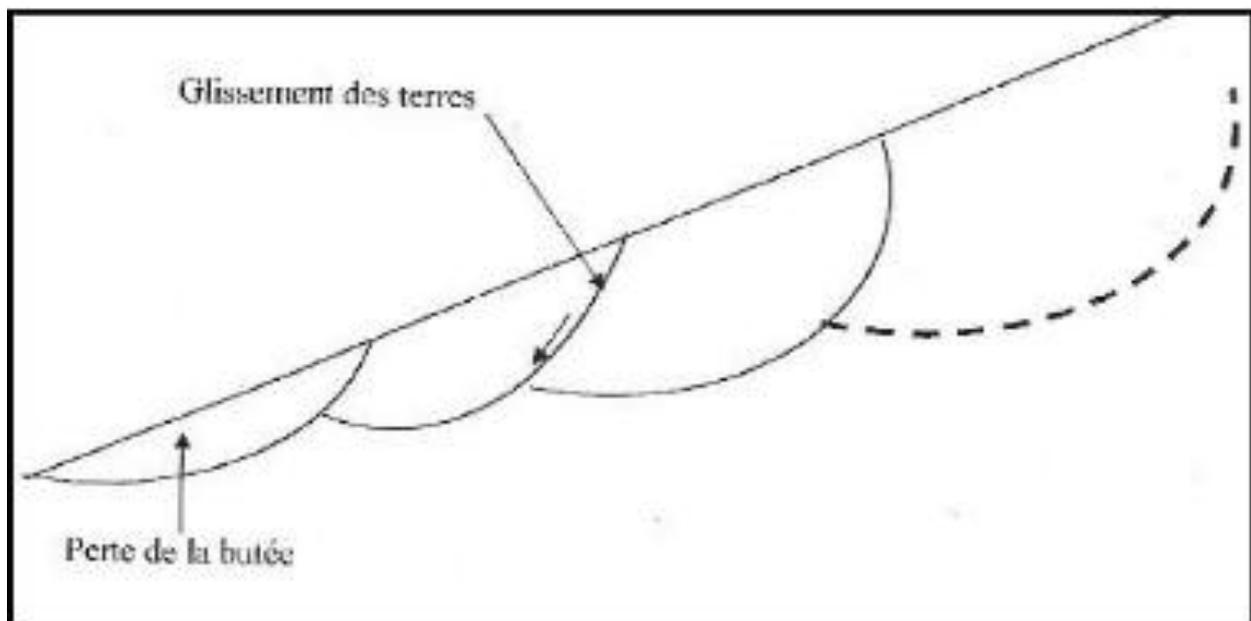


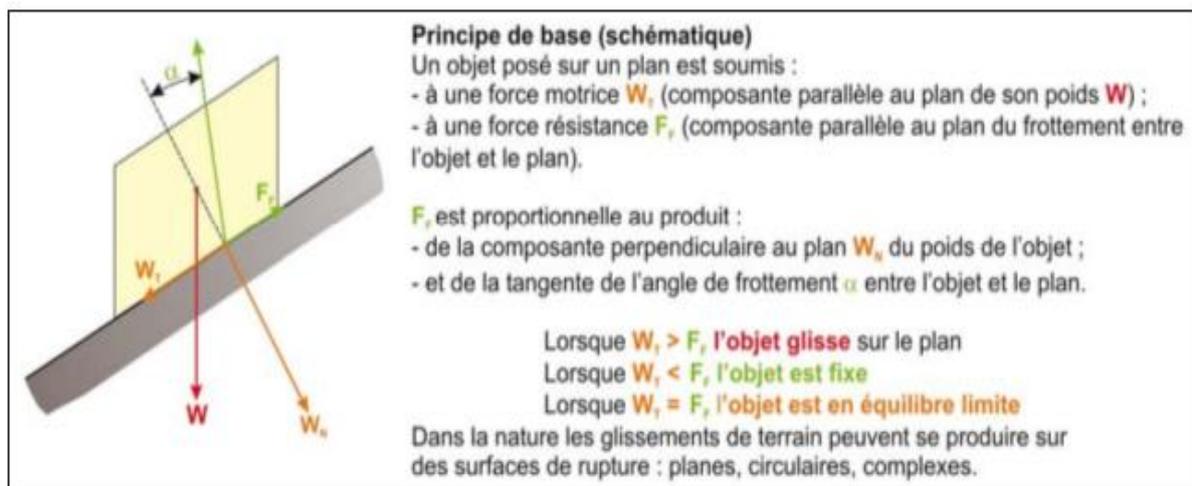
figure 6: *Schéma de Glissement rotationnel complexe*

2-3) Glissement quelconque ou composite

Glissement quelconque ou composite lorsque la surface de rupture est un mélange des deux types.

3) Principe de base des glissements

Lorsque les forces s'exerçant sur une pente (forces motrices) dépassent la résistance des matériaux constitutifs de cette pente (force résistantes), celle-ci subit une rupture et un glissement de terrain se produit la rupture de l'équilibre à pour origine soit l'augmentation des forces déstabilisantes, liées à la gravité soit la diminution des forces résistantes (ou stabilisantes).



Les glissements de terrain se différencient aussi par leur vitesse et par leur profondeur estimée de la surface de glissement:

4) Vitesse moyenne de glissement

Tableau 1: *Classification selon l'activité en fonction de l'évaluation de la vitesse moyenne.*

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

5) Profondeur de glissement

Tableau 2: *Classification selon la profondeur de la surface de glissement.*

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

Conclusion :

En règle générale, les glissements sont dus à des modifications soit dans les moments résistants, soit dans les moments moteurs. Il y a rupture lorsque les moments moteurs sont supérieurs ou égale aux moments résistants, d'origine naturelle ou anthropique.

6) Les indices, les manifestations induites par les glissements :

Indices caractéristiques d'activité d'un glissement : niche d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, zone de rétention d'eau, fissuration des bâtiments, déformation des routes, etc.

7) Les causes (directes ou indirectes) et facteurs favorisant des glissements.

-Une diminution des résistances du sol et sous-sol ; le cas le plus fréquent est la diminution de l'angle de frottement interne des argiles sous l'effet de l'eau.

-une augmentation des charges en amont, comme la construction d'un ouvrage

-une diminution des appuis en pied de pente, comme un terrassement mal pente et trop raide, ou à une échelle différente le retrait d'un glacier

-plus rarement, un facteur déclenchant anthropique peut intervenir, comme une vibration de machine, une explosion, un séisme induit, la déforestation de pente

-les séquelles d'un séisme passé ; des séquelles « structurelles » peuvent rendre le sol et sous-sol plus vulnérable à un glissement de terrain.

-une augmentation de la chaleur : le sol d'une pente desséchée peut s'effriter, ce qui peut provoquer un « glissement sec », ou ensuite induit par de fortes pluies.

8) Type de glissement rencontré dans le terrain d'étude

Dans la zone d'étude on peut noter deux types de glissement : glissement-coulé sur faible pente, glissement-coulée sur forte pente et glissement de plan.

8-1) Glissement-coulé sur faible/forte pente

-glissement-coulé sur faible est manifeste par la descente d'une masse de terrain sur du plan de glissement de faible pente, il est localisé dans la zone 1 et la zone 2 plus fréquemment.

-glissement-coulé sur forte pente située dans la zone 1 sous les déblais qui provient des travaux de construction de la route RN9 voir la photo 7.

Ces déblais → augment l'intensité des glissements de terrain sous leur poids. une grande partie de terrain sous jacent risqué de se glisser.

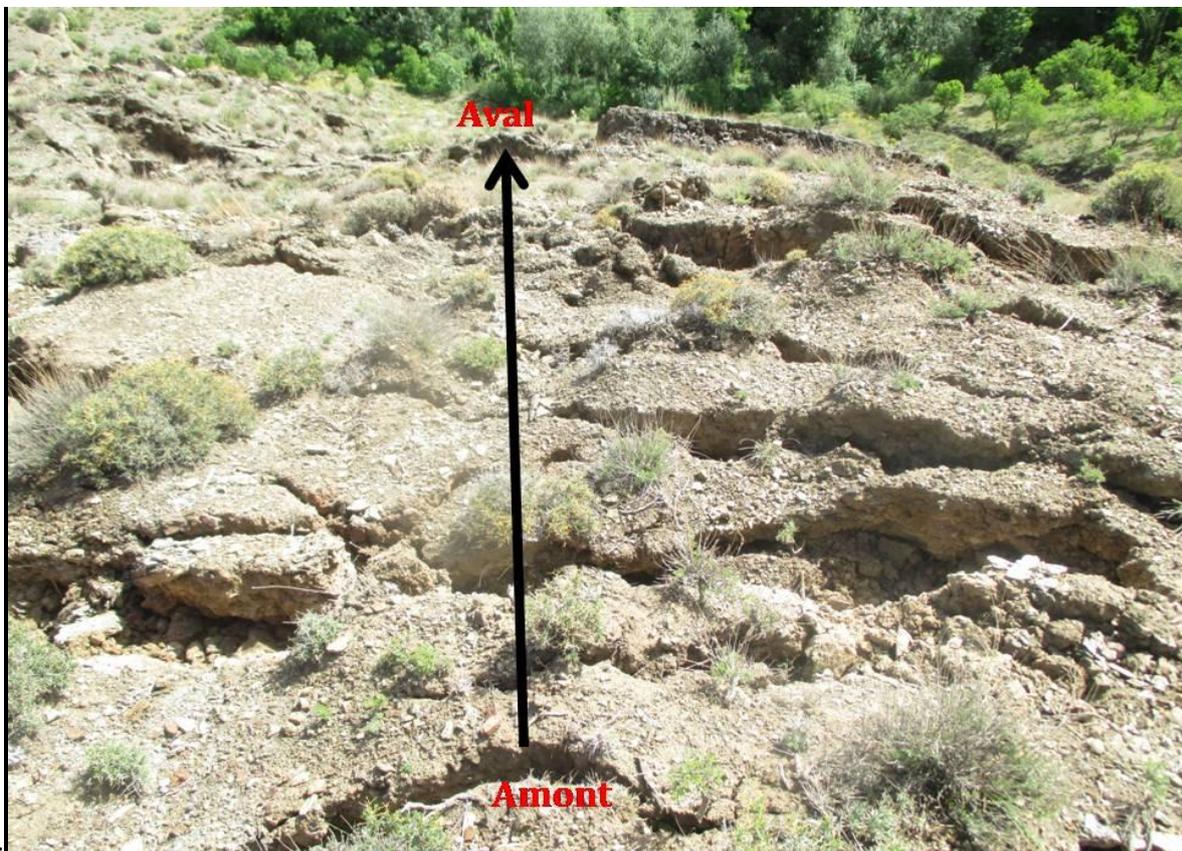


Photo 7: Un grand glissement au niveau de la zone 1

8-2) Glissement de plan.

Ce type de glissement existe dans la zone 1, les surfaces de glissement en général sont des niveaux gréseux compétant voir la photo 8.



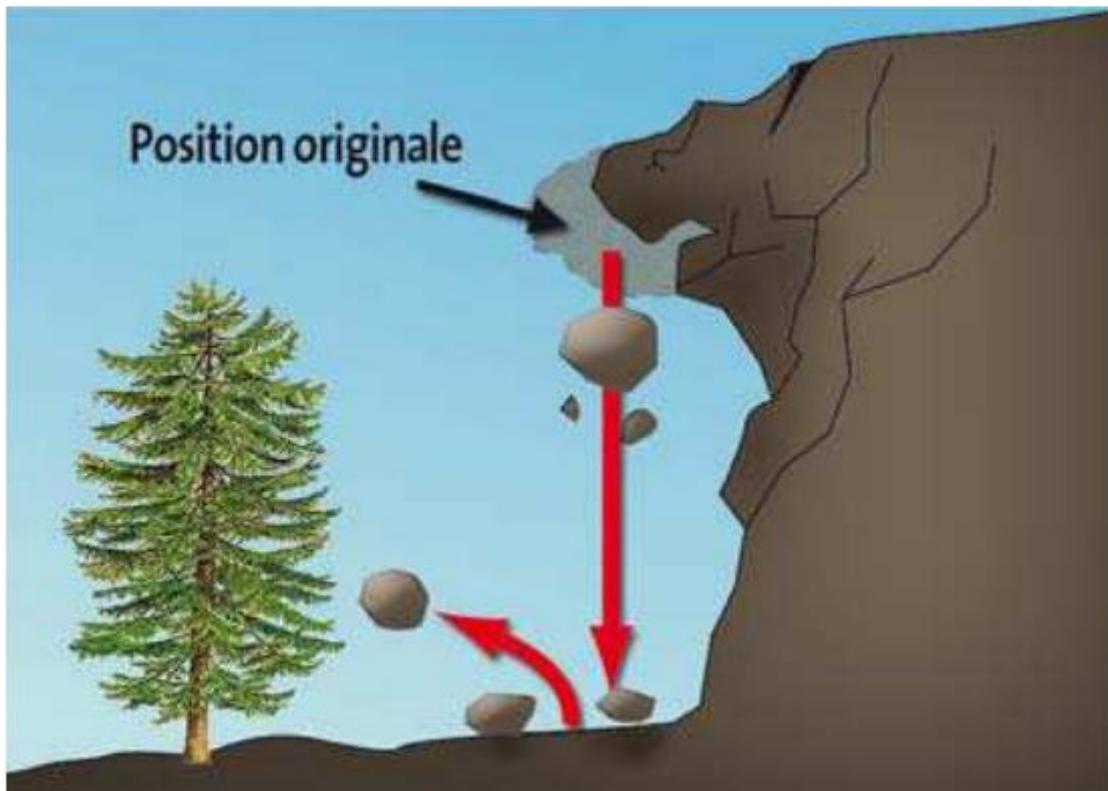
Photo 8: Glissement de plan au niveau de la sous zone 1c

9) Techniques de confortement et de protection des terrains

Il convient de rappeler que ces exemples ne sont pas limitatifs des moyens à mettre en œuvre qui devront être définis par des études techniques spécifiques adaptées à chaque contexte.

9-1) Chutes de blocs et éboulements

Les chutes de blocs et éboulements sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés tels que calcaires, grès, roches cristallines, etc.



Etude de faisabilité de mise en place de parades passives ou/et actives portant surtout ou partie de versant (étude de propagation et / ou de stabilité). Si l'étude conclut à la faisabilité de parades, celles-ci pourront être de différents types :

9-2) Parades passives (dans la zone de réception des blocs):

- ✓ type barrage (merlon),
- ✓ type écrans (écrans à structure rigide ou déformable, barrière fixe de grillage ou de filet).
- ✓ type fosse de réception.
- ✓ type déviateurs (grillage ou filet pendu, déviateur latéral, galeries et casquettes qui sont plutôt adaptées au domaine routier).
- ✓ type dissipateurs d'énergie (dispositif amortisseur, boisement).

9-3) Parades actives (sur la falaise ou sur le versant):

- ✓ suppression de la masse (voir la photo 9).
- ✓ stabilisation / confortement (soutènement, ancrage, béton projeté, filet ou grillage plaqué et ancré).
- ✓ drainage (de surface, profond).
- ✓ végétalisation (grillage ancré et mélange de paille, bitume et semences).



Photo 9: Élimination des masses instables et des masses éboulées

9-4) Technique de génie biologique

Définition

Le génie biologique traite de la construction d'une manière proche de la nature, se basant sur des matériaux de construction traditionnelle, provenant directement de la nature (Helgard Zeh, 2007). C'est un ensemble de techniques et stratégies utilisant les plantes pour contrôler ou la gestion des phénomènes érosifs.

Avantages

- Techniques relativement peu coûteuses à l'instabilité et nécessitant peu d'entretien à court et moyen terme.

- Grand choix de techniques favorables à une large adaptation à différents types d'érosion.

- Dynamique au même titre que l'évolution du site et donc engendre une adaptation graduelle et durable au site.

Difficultés

La principale difficulté du génie biologique réside dans sa spécificité par rapport à chaque situation d'érosion sur le site. Cela se traduit par la recherche des éléments suivant, avant :

- concept, efficacité, facilité de réalisation et d'extension.
- Prédiction de l'évolution dans le temps et dans l'espace.
- Disponibilité de matériau approprié et cout.
- Recherche d'espace végétale adaptée.

9-4-1) le paillage

Cette technique consiste à protéger les tatus (ou parties des talus) à risque d'érosion, par le recouvrement d'un paillage à base de jutes textiles ou tout autre matériau similaire biodégradable. Cette technique peut être utilisée pour corriger intégralement les talus de faible à moyenne dimension, bien érodés de grands talus ou sur les talus d'échangeurs.

Le paillage est combiné à un semis de mélange d'espèces et de plantation de vivaces d'arbres et d'arbustre voir la photo 10.

Cette technique nécessite des rouleaux de géotextile à fibres naturelles biodégradable ou de jute des semences d'espèce végétale, comprenant des plantes d'arbres et arbustes.



Photo 10: Technique des paillages au niveau des talus routière

9-4-2) l'ancrage de la paille

Cette technique consistant en l'épandage de la paille qui est incorporée au sol à l'aide d'un engin lourd à chenille, dans le sens de la pente.une fois incorporée au sol, la paille constitue un mulch servant à la fois de support pour la végétation et d'obstacle à l'érosion du talus. La vitesse d'infiltration de l'eau se trouve plus élevée que celle du ruissellement.

Cette technique n'a besoin que de paille, d'engrais et de semences. Un engin à chenille est indispensable pour bien incorporer la paille sur les surfaces dure du talus. En cas d'impossibilité de disposer d'un engin à chenille, on peut essayer l'utilisation de rouleaux dentés utilisés en agriculture pour le compactage de sol ou pour détruire les mottes.

9-4-3) La paille fixée par grillage

Cette technique consiste à étendre de la paille sur la surface du talus sur une couche d'environ 5 à 10 cm, après avoir semé un mélange de semence d'arbustes et de vivaces. Au préalable, la parcelle aura été fertilisé par un engrais composé de base de N, P et k. la paille, une fois étendue sur la sol est fixée avec un grillage en fer fin et à maille moyenne. Cela permet d'éviter sa disposition par le vent ou son entrainement vers le bas du talus. La paille joue un rôle de protecteur contre l'érosion et constitue un milieu favorable pour le développement des plantes. De fait, au stade jeune, elle crée un microclimat favorable à la germination des semences et un substrat cellulosique pour emmagasiner l'eau. Par la suite, elle se transforme par dégradation biologique, en matière organique.

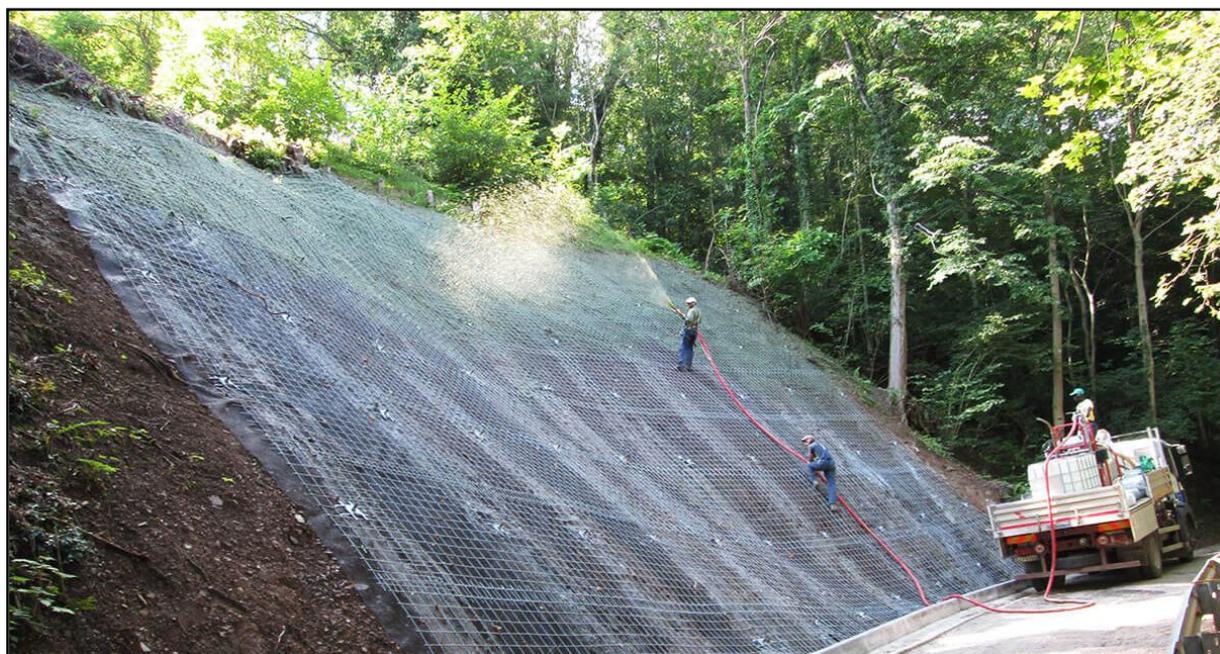


Photo 11: Les grillage fixée au des talus routière

9-4-4) Plaques de roseaux en quinconce

Il existe une technique de protection utilisant des membranes en forme de nids d'abeille, qu'on étale sur le talus et remplit de terre végétale. Le principe de ce dispositif a été repris, en remplaçant la membrane fabriquée industriellement en plastique par du roseau. L'idée est d'aménager sur le talus des sortes de micro-parcelles de dimension variable selon la situation (allant de 4m² à 16m²), protégées de l'érosion par de mini haie en roseaux, afin de permettre à la végétation de se développer sans avoir à subir les effets de l'érosion éolienne et hydrique. La conception de ces mini parcelles sous forme de nid d'abeille est assez

laborieuse, mais cela permet d'ériger un dispositif à la fois esthétique et efficace pour lutter contre l'érosion à la fois hydrique et éolienne voir la photo 12.



Photo 12: Plaques de roseaux en quinconce au niveau des talus

V. ÉTUDE STRUCTURALE

1) projection stéréographique

Les mesures du terrain(S0, S1...) sont représenté sous forme des tableaux des mesures (voir l'annexe 6,7 et 8),ont été projetées sur le Canevas de Wulff (hémisphère inférieur...), et on a obtenus comme résultats les figures suivantes:

1-2) Projection stéréographique de schistosité de la zone 1et 2

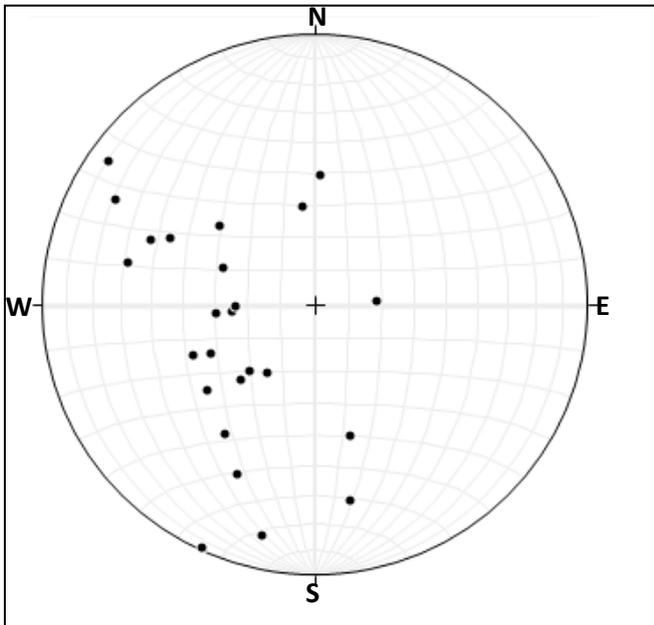


figure 7: Image stéréographique de la S1 dans la zone 2

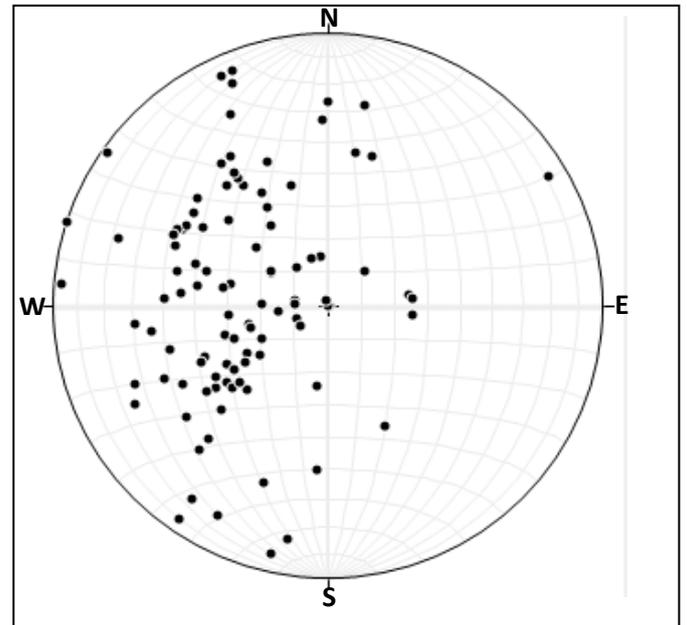


figure 8: Image stéréographique de la S1 dans la zone 1

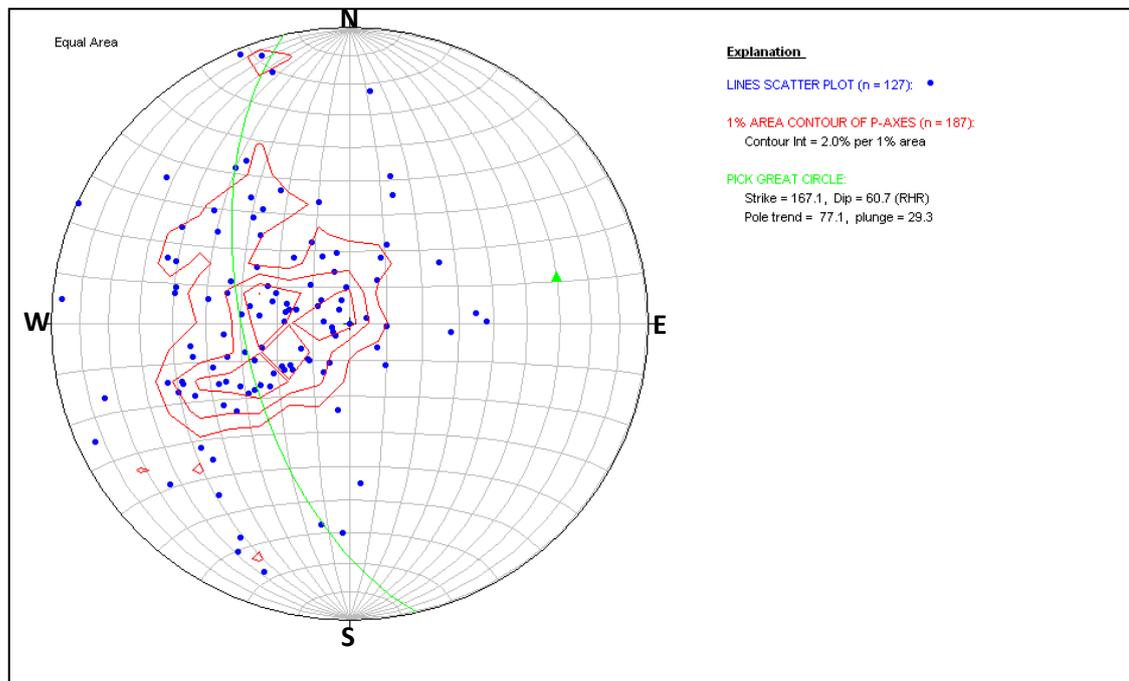


figure 9: Image stéréographique de la schistosité de la zone 1et 2

La projection stéréographique des pôles de la zone 1 et 2 sur canevas de Wulf (hémisphère inférieur), montre une large dispersion des pôles surtout la cote l'Ouest du canevas.

La schistosité montre différentes directions avec ce pendent un sens de pendage globalement vers l'Est .cette dispersion des pôles confirme nos observations de terrain, que cette schistosité régionale est affectée par un plissement postérieur, et que la région d'étude est affectée par deux phases de déformation, au moins au cours du paléozoïque.

La phase tectonique qui affecte cette schistosité présente un axe de plissement orienté N167°E.

1-2) Projection stéréographique de la stratification de la zone 1 et 2

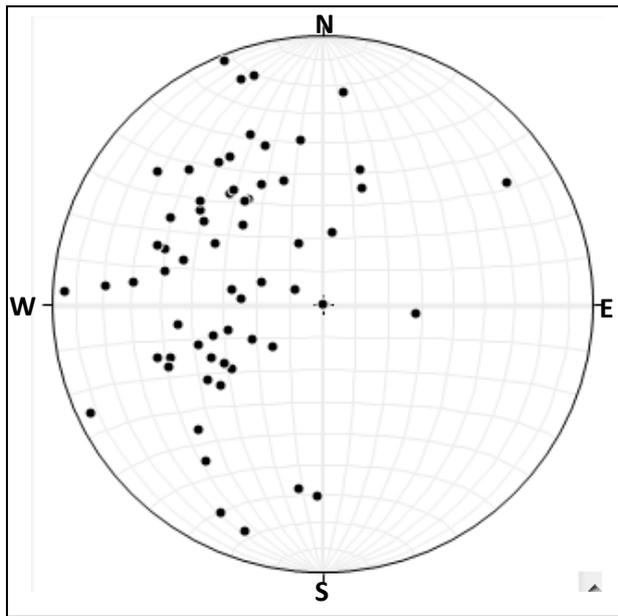


figure 10: Image stéréographique de la S0 dans la zone 1

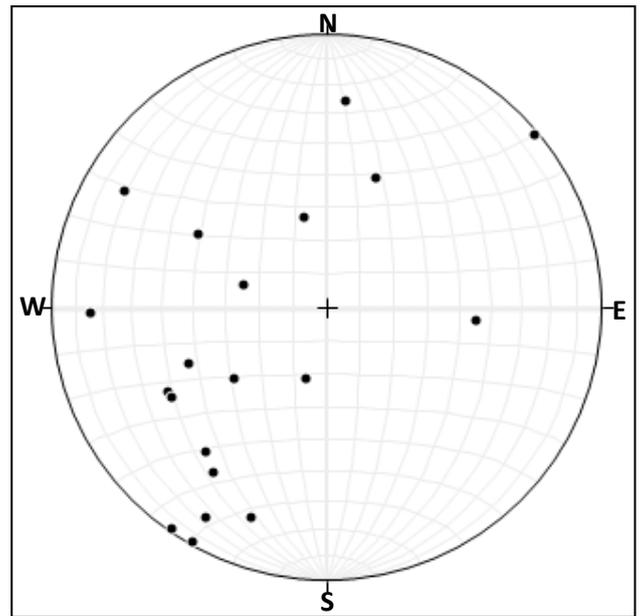


figure 11: Image stéréographique de la S0 dans la zone 2

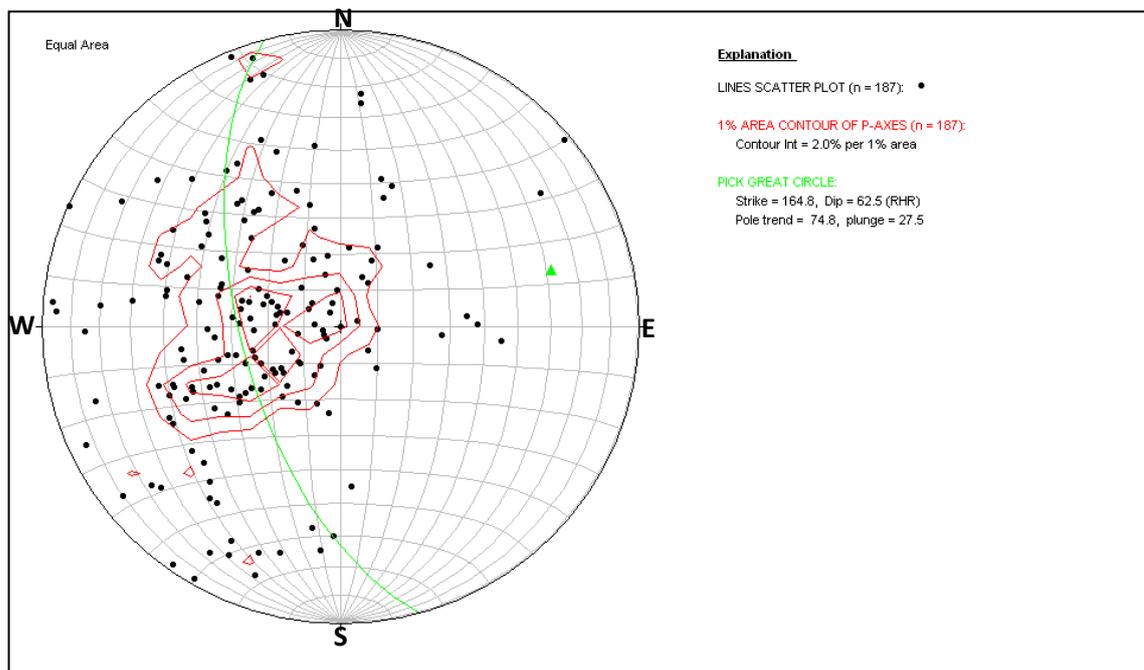


figure 12: Image stéréographique de la stratification de la zone 1 et 2

La projection stéréographique des pôles de la stratification (hémisphère inférieur), montre une dispersion du point sur le canevas de Wulf surtout du côté l'Ouest de canevas.

La stratification montre différentes directions avec ce pendent un sens de pendage vers l'Est cette dispersion des pôles n'est pas quelconque, montre que cette stratification subi une déformation postérieure.

L'ensemble des points peuvent être alignés sur un grand cercle orienté N164 62w et tout le pole est l'axe du plissement qu'a affecté orienté N74,27E.

Conclusion :

→ à partir de la projection stéréographique de la zone 1 et 2 on peut conclure que la schistosité et la stratification de ces zones sont parallèles cette projections confirme nos observations de terrains.

1-3) Projection stéréographique des fractures de la zone 1

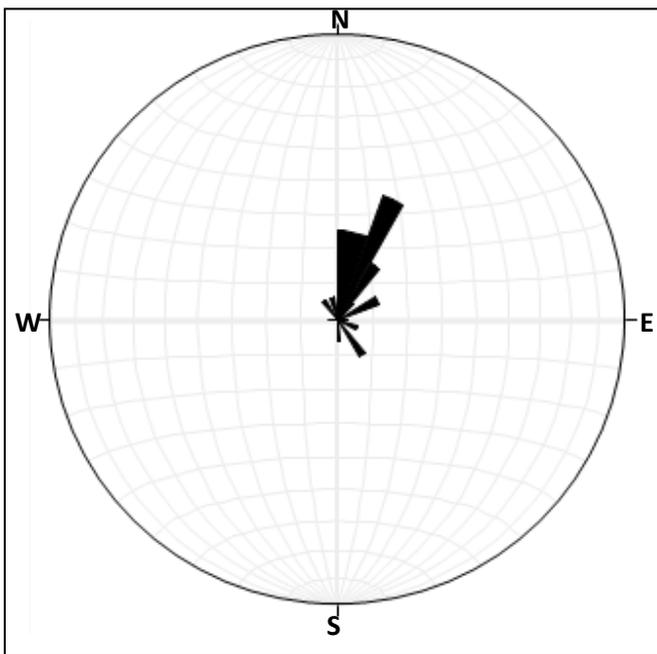


figure 13: *Image stéréographique des fractures de la zone 1*

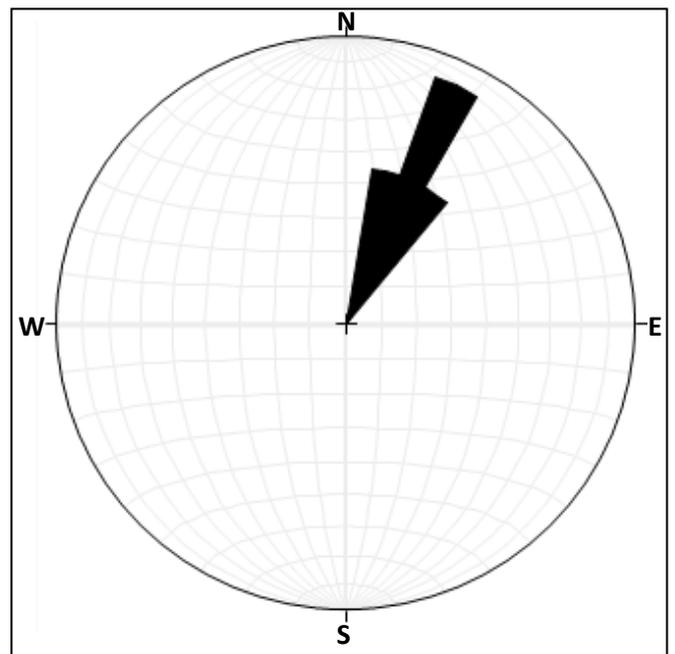


figure 14: *Image stéréographique de mur de la zone 1*

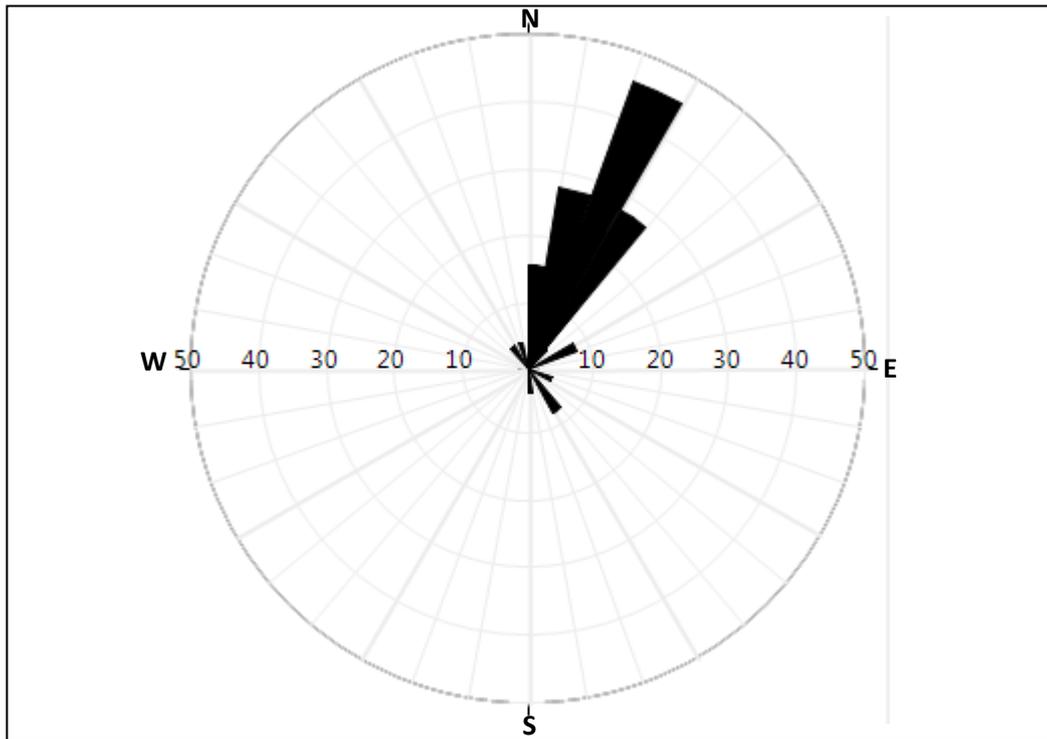


figure 15: *Image stéréographique des fractures et de mur de la zone1*

La projection stéréographique du rose diagramme des fractures de la zone1 (hémisphère inférieur), montre la différente direction sur le canevas de Wulf.

Les fractures montrent différentes directions N-S, SE-NW (7%) et ENE-WSW (10%) avec ce pendent la dominance de la direction NNE-SSW (45%) avec dominance N25 lié à la même phase de déformation avec dominance de N25 lié à la même phase de déformation.

1-4) Projection stéréographique des diaclases de la zone3.

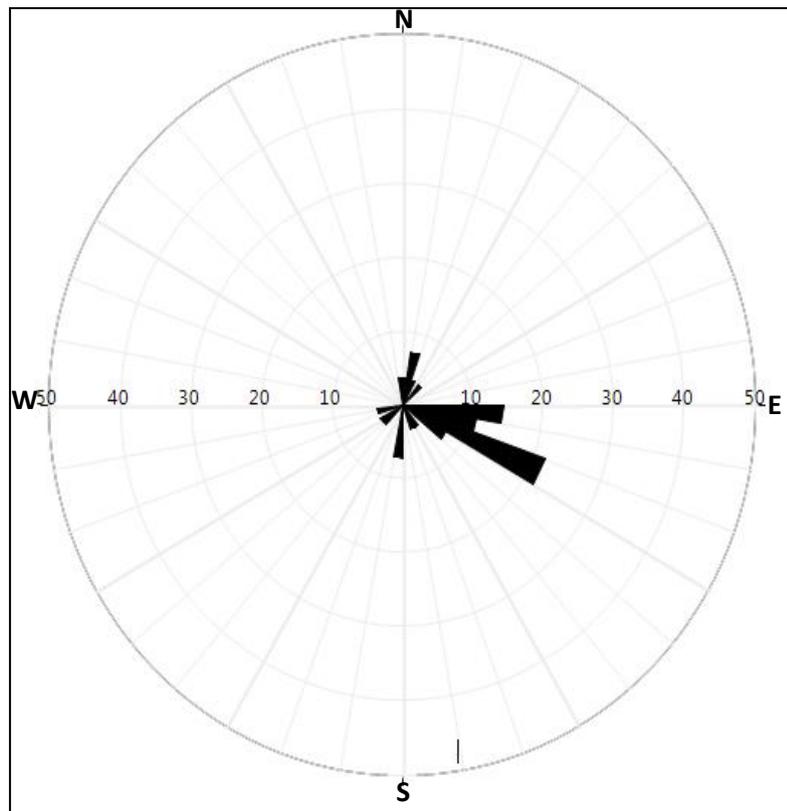


figure 16: *Image stéréographique des diaclases de la zone3*

Zone3 : deux familles de diaclases qui se distinguent :

- une direction E-W à NW-SE(N115) dominante 22%.
- une direction mineure 8% N-S(N15).

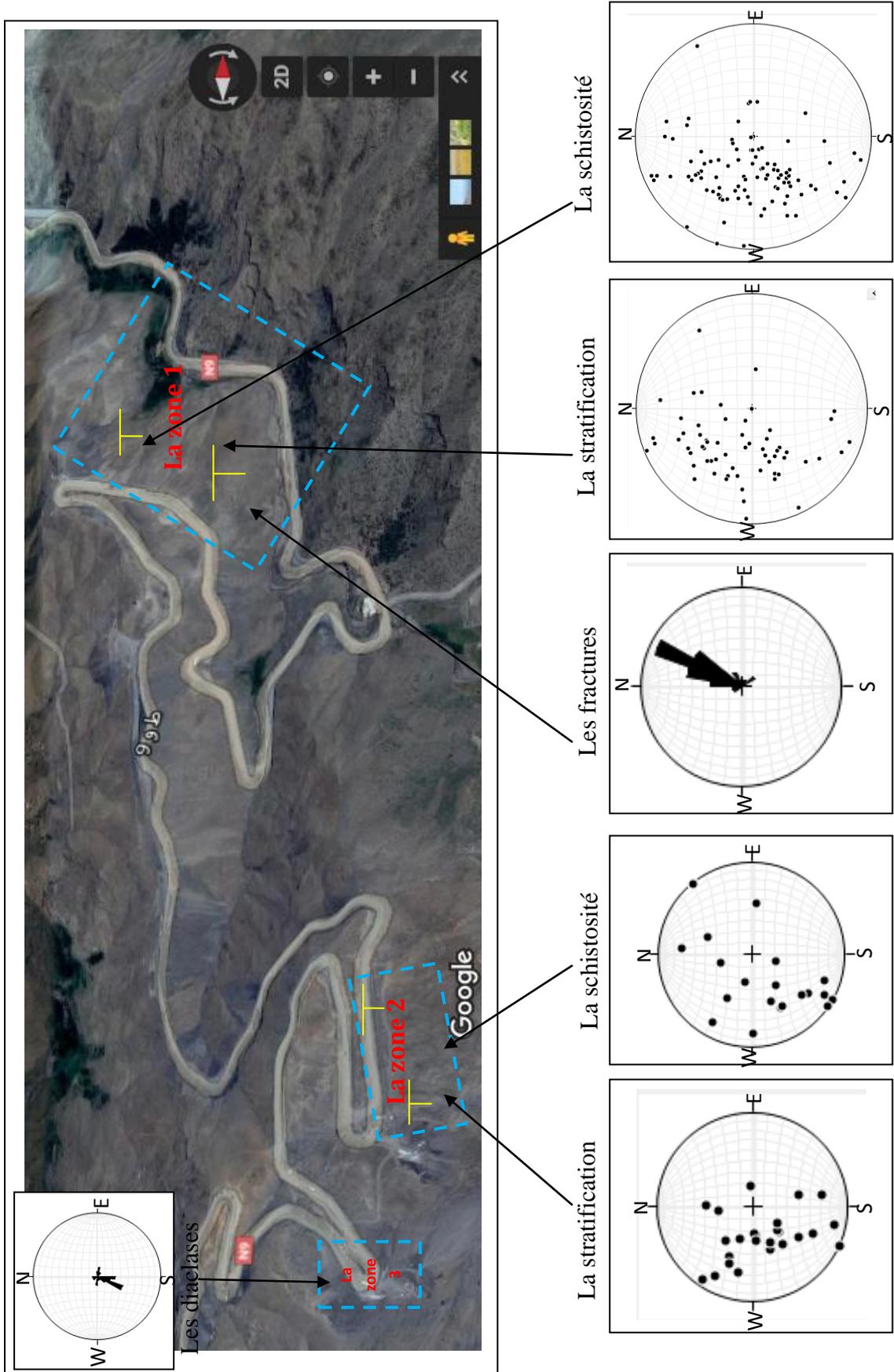


Photo 13: La projection stéréographique de différent structures liée à la localisation de notre zone d'étude

2) Interprétation

D'après les observations du terrain, et d'après l'étude structurale de la zone d'étude (Taddart-Tizi-n-Tichka), ainsi que les résultats obtenus à partir des coupes géologiques, on peut voir clairement le rôle des discontinuités mesurées sur l'initiation et le développement des glissements de terrain.

Deux types d'accidents se dégagent de l'étude effectuée:

- Accidents régionaux, issus de la structuration générale du massif de Tichka en couloir avec des bordures actives.
- Accidents d'échelle plus locale, concernant les déformations des roches à proximité, des grandes failles et des fractures.

À l'intérieur de cette structuration, on essaie d'apporter quelques éléments de réponse pour expliquer et comprendre les instabilités de notre secteur, deux hypothèses sont avancées pour expliquer ces instabilités:

- ✓ La première hypothèse suppose que l'instabilité de cette zone est causée par Les glissements sont aussi amorcés par les contacts entre schiste très altérés et ceux plus sains surtout dans les fortes pentes.
- ✓ Selon la deuxième hypothèse, l'instabilité de cette zone est liée à les glissements sont greffés sur les contacts régionaux de direction SW-NE.
- Dans le terrain on peut noter un réseau complexe des diaclases et des fractures associés a des grands glissements (fig. 17) greffés sur les contacts régionaux de direction SW-NE.

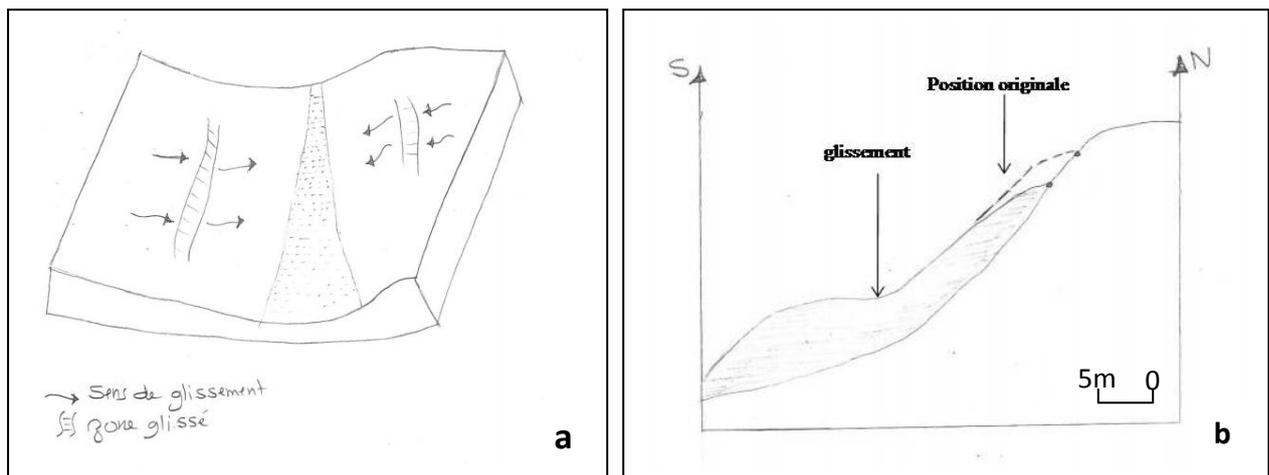


figure 17: Schéma de glissement au niveau de la sous zone 1c en 2D (schéma b) en 3D (schéma a)

Les travaux de Lagarde (1987) et Diot (1989) sur le massif de Tichka permettent de proposer le schéma suivant pour la formation et la mise en place des plutons au cours de l'orogénèse hercynienne.

Un amincissement crustal du bassin mésétien au Carbonifère inférieur s'accompagne de déplacements synsédimentaires d'Est en Ouest et de la mise en place des premiers plutons sur la bordure est. Le raccourcissement crustal NW -SE gagne progressivement les zones extérieures et il atteint le bassin mésétien entre 320 et 290 Ma. Il y a subduction intracontinentale et collision, ce qui permet la fusion du manteau supérieur pour donner des magmas basiques, qui eux-mêmes engendrent au cours de leur montée la fusion en base de croûte.

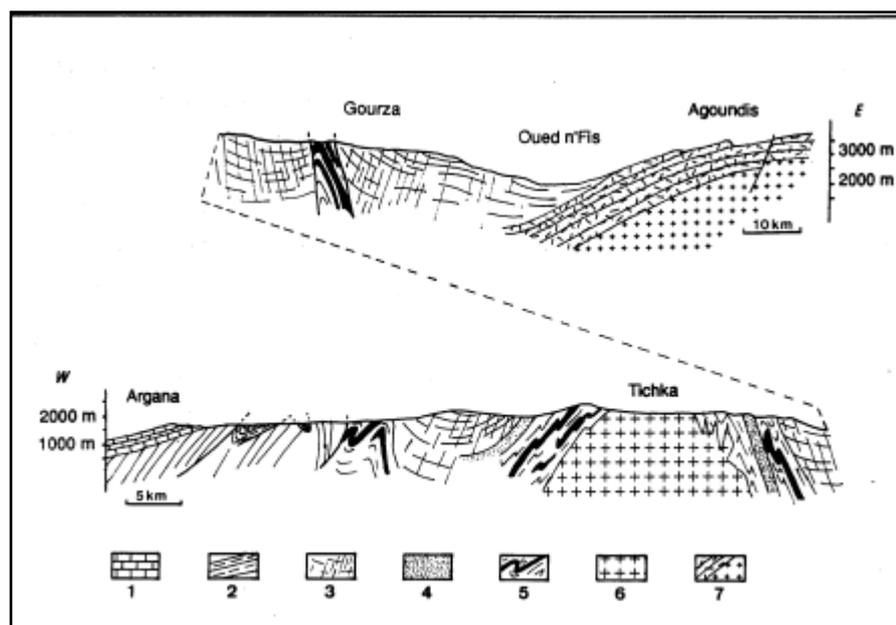
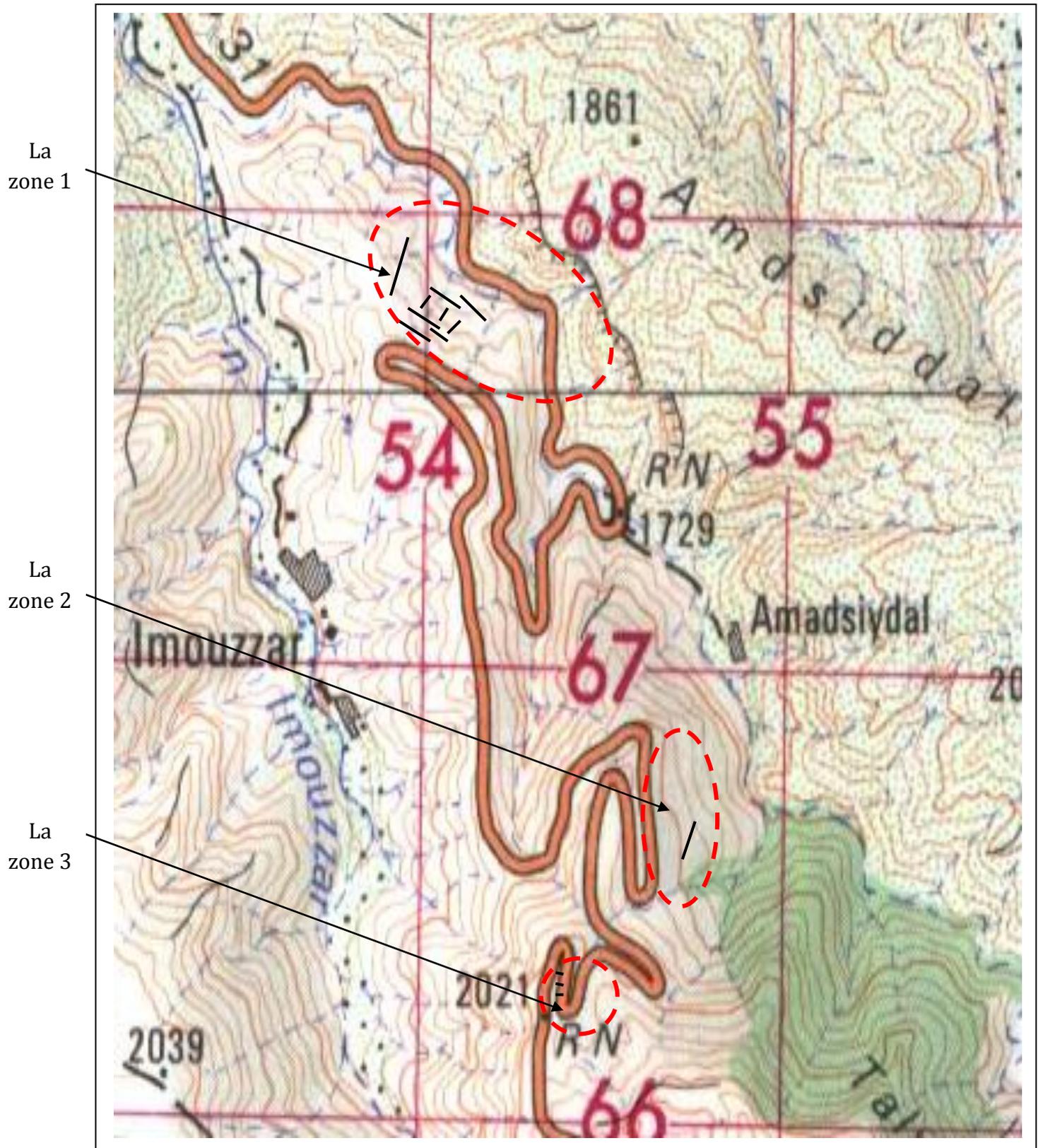


figure 18: Coupe schématique dans le paléozoïque du Haut Atlas entre le couloir d'Argana à l'Ouest et l'Agoundis à l'Est (d'après Schaer, 1967).

1 : Permo-Trias, 2 : Siluro-Dévonien, 3 : Cambro-Ordovicien ± schistosé, 4 : Cambrien volcanique, 5 : Cambrien inférieur à niveaux calcaires, 6 : "granite" du Tichka, 7 : laves, Tufs et granites du Précambrien III.

NB. : L'échelle de la partie la plus à l'Est de la coupe est réduit de moitié.

3) Projection des fractures sur la carte topographique 1/50.000



VI. Conclusion

A la lumière des résultats obtenus par les études géologique, structurale, et cartographique abordée par les différents techniques, dans la partie instable de la RN9 (Taddart - Tizi n'Tishka), nous concluons dans certains points et perspectives, les instabilités enregistrées dans la RN9 au niveau du massif de Tishka sont dues :

- Au déplacement le long des plans de schistosité d'orientation majeure N167, 60 E relevée par cette étude.

- Certains glissements sont greffés sur les contacts régionaux de direction SW-NE.

- Les glissements sont aussi amorcés par les contacts entre les schistes très altérés et ceux plus sains surtout dans les fortes pentes.

- L'effet des travaux réalisés dans le cadre de l'aménagement a également joué sur la suppression de la butée au niveau de certains points. Ceci a engendré une poussée des terrains sur les parements parfois abrupts.

- Certains glissements sont aussi dus à des surcharges de remblais mises en place dans le cadre des travaux d'aménagement.

- Les différentes structures obtenues dans la zone d'étude sont les diaclases, les fractures et les joints. La direction générale de ces structures est NNE-SSW, E-W et NW-SE sont généralement liées à la direction d'orogénèse hercynienne et atlasique.

- Une étude géophysique des glissements est prévue par tomographie électrique pour tenter de suivre l'enracinement des masses de terrain en mouvement. Elle permettra de mieux cerner la géométrie de ces derniers et donc de mieux planifier les moyens de confortement.

Annexe 1



Photo 1 : diaclyse à remplissage siliceuse au niveau de la zone 3



Photo2 : décrochement au niveau de la zone3



Photo3 : alternance des grés et les schistes au niveau de la sous zone 1a



Photo 4 : altération au niveau de la sous zone 1b

Annexe 2



Photo 5 : microplis au niveau du contact



Photo 6 : plis au niveau de la zone 1a



Photo 7 : une grande ouverture (le mur) au niveau de la sous zone 1c

Annexe 3



Photo8 : ouverture au niveau de la sous zone 1c

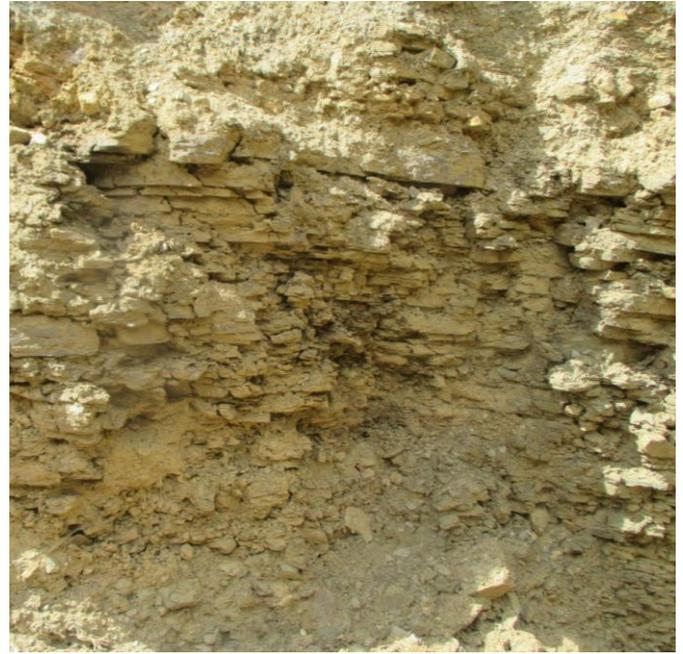


Photo9 : alternance des grés et des argiles au niveau de la sous zone 1c



Photo 10 : plis anti/synclinale au niveau de la sous zone 1c

Annexe 4

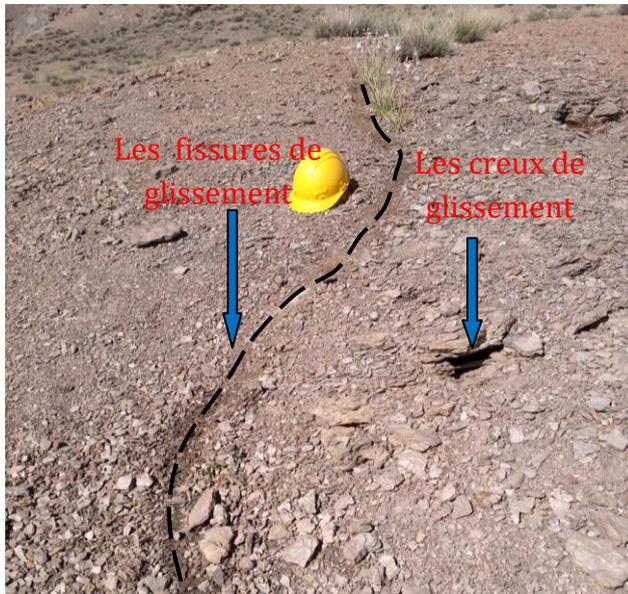


Photo 11 : les creux et les fissures au niveau de la zone2

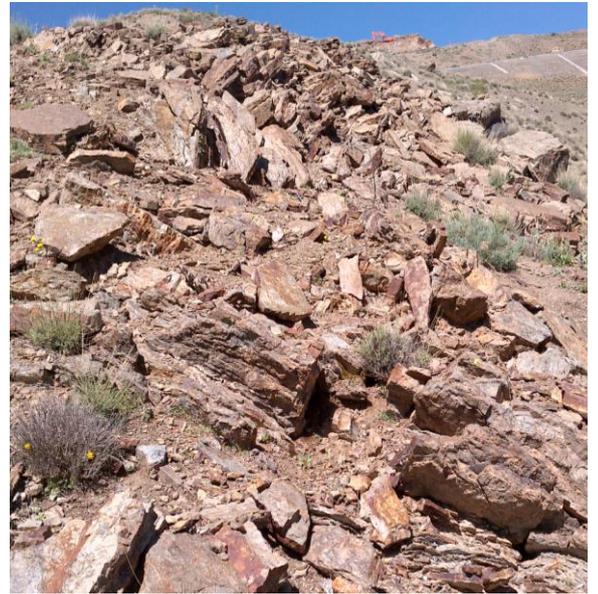


Photo 12 : glissement au niveau de la zone2



Photo 12 : plis à charnier faillé au niveau de la zone2



Photo 13 : fracture dans la route au niveau de la zone 2

Annexe 5



Photo14 : une grande fissure au niveau de la zone 3



Photo15 : ouverture au niveau de la zone3



Photo 3 : glissement au niveaux de la zone 1

Annexe 6

Tableau 3: Mesure structurale au niveau de la zone 1

S0	S1	S0	S1	S0	S1	S0
N15,15E	N65,40NNE	N30,38E	N16,38E	N20,52E	N57,55SE	N145,30NE
N153,15E	N95,0	N96,22S	N142,55E	N58,55SE	N25,52 ^E	N159,28ENE
N65,25SE	N60,0	N82,52S	N35,50E	N40,50SE	N132,60NE	N145,32NE
N14,35E	N63,2SE	N7,60E	N41,40SE	N20,55SE	N3,50 ^E	N16,22E
N23,22E	N9,40E	N38,48SE	N27,52SE	N135,55NE	N165,50E	N25,25SE
N18,18E	N145,10NE	N18,45E	N58,35SE	N53,40SE	N143,38NE	N145,30ESE
N13,17E	N140,38NE	N20,20SE	N18,69S	N12,50E	N150,28NE	N155,40NE
N3,10NE	N158,40ENE	N45,60SE	N60,40SE	N30,55E	N67,78S	138,70NE
N50,24SE	N146,30NE	N55,40SE	N22,50E	N162,54E	N168,24E	N147,42ENE
N48,40SE	N175,15E	N5,70S	N50,15SE	N162,40E	N73,38S	N115,24ESE
N76,35S	N5,25E	N72,40SE	N78,15S	N45,35NE	N100,48S	N147,25NE
N175,35S	N145,25NE	N155,24E	N80,15S	N141,20NE	N55,50SE	N145,22ENE
N24,90	N161,30ENE	N145,55NE	N70,15SE	N185,28NE	N40,52SE	N155,48ENE
N80,20E	N100,75NNE	N73,15SE	N3,20E	N73,78E	N18,42E	N140,15ENE
N165,30ENE	N148,40ENE	N45,15SE	N30,20E	N30,10E	N110,58NE	N122,14SE
N161,50ENE	N175,25SSE	N70,7E	N98,24N	N5,25E	N32,20S	N5,30E
N145,34ENE	N145,45NE	N53,5SE	N10,10E	N52,45SE	N65,82S	N32,30ESE
N155,38ENE	N156,42ENE	N95,0	N160,10E	N63,42S	N53,55SE	N72,85S
N155,84ENE	N154,22ENE	N53,5SE	N13,30E	N54,55SE	N63,68SE	N163,75ENE
N109,78NNE	N135,15SW	N5,7E	N5,10E	N95,68S	N90,64S	N142,28NE
N158,52ENE	N175,30E	N115,20E	N55,30SE	N35,45SE	N88,58S	N140,55NE
N172,45ENE	N125,84NE	N148,22E	N28,50SE	N160,50E	N67,48S	N179,38SSE
N165,35ENE	N153,68ENE	N165,25E	N18,90	N10,50E	N100,64S	N42,62SE
N116,75NE	N134,35NE	N160,5E	N172,24ENE	N10,28E	N149,82SW	N36,50SE
N98,58N	N152,50ENE	N41,10NE	N150,35ENE	N39,68SE	N55,45SE	N48,60SE
N68,88SSE	N10,32E	N50,15NE	N146,34ENE	N67,58SE	N40,28SE	N62,50SE
N105,43SSW	N140,35ENE	N10,18E	N165,24E	N146,70SW	N35,88SE	N158,52ENE
N108,38SSW	N172,55E	N2,18E	N103,82NNE	N50,45SE	N13,47SE	N145,42E
N127,62NNE	N5,45E	N170,5E	N175,60NNE	N70,78SE	N50,48SE	N176,48E
N142,40ESE	N5,87E	N10,0	N158,65ENE	N70,53SE	N30,50SE	N68,60SSE
N147,42ENE	N156,55ENE	N155,5E	N165,32ENE	N3,85E	N32,45SE	N80,70SSE
N92,60N	N35,65SE	N140,5NE	N125,75NE	N45,60SE	N55,48SE	N175,55E
N150,35ENE	N34,52SE	N117,70N	N94,50N	N145,30NE	N175,48ESE	N18,60E
N100,0	N48,62SE	N145,32NS	N68,82SSE	N159,28ENE	N5,50E	N138,47SE
N68,20SSE	N75,60SSE	N86,45N	N106,48SSW	N145,32NE	N10,42E	N10,42ESE
N65,0	N162,55ENE	N118,15NE	N118,75NNE	N16,22E		N16,48ESE
N45,0	N176,58E	N118,12NE	N144,42ESE	N25,25SE		N5,55E
N85,10SSE	N176,68 ^E	N145,20NE	N136,45NE	N145,30ESE		N14,42E
						N14,62E
						N5,42E

la direction des fractures	la direction du mur (SW-NE)
N15,90	N25,85ESE
N14,90	N25,80ESE
N20,90	N32,68ESE
N16,90	N22,80ESE
N20,90	N30,78ESE
N5,90	N16,70ESE
N32,90	N25,82ESE
N23,90	N16,70ESE
N140,90	N22,80ESE
N115,85NNE	N18,80ESE
N164,66ENE	N30,72ESE
N146,90	Moyenne=N24,77ESE
N15,90	
N140,85NE	
N173,90	
N6,90	
N35,90	
N22,90	
N3,90	
N64,90	
N27,90	
N46,90	
N62,90	
N28,90	

Annexe7

Tableau 4: *Mesure structurale au niveau de la zone2*

S0	S1
N110,42S	N175,18E
N107,22ESE	N135,32NNE
N75,28S	N13,60ESE
N143,35NE	N115,88NNE
N110,70SE	N28,72SE
N95,65S	N35,82SE
N5,45W	N25,49SE
N120,77NNE	N125,48NNE
N152,55ENE	N158,40ENE
N125,62NE	N155,35NE
N120,88NNE	N176,25ESE
N30,74SE	N179,24E
N140,88SSE	N135,28NNE
N179,75E	N142,42NE
N30,45SE	N22,30ESE
N130,58NNE	N22,55SE
N125,88NNE	N40,38ESE
N158,45ENE	N125,25E
N150,55ENE	N175,30ENE
N15,26ESE	N103,76NNE
N179,37ESE	N80,62NNW
N166,32E	N115,58NNE
N119,24NNE	N75,41NNW
N132,22NNE	N82,30S
N130,25NNE	N92,40S
N170,12ENE	
N156,45ENE	
N160,25ENE	
N5,25ESE	
N15,28SE	
N22,55ESE	
N2,28ESE	
N178,24E	
N18,35ENE	
N140,72NE	
N142,82NE	
N113,15SW	
N105,68NNE	

Annexe 8

Tableau 5: *Mesure structurale au niveau de la zone3*

Les diaclases
N5 ,75W
N105,82SSW
N110,80SSW
N19,65WNW
N90,75S
N105,85SSW
N98,87SSW
N45,65NNW
N120,75SW
N116,74SSW
N116,70SSW
N115,82SSW
N8,68W
N10,62WNW
N54,65NNW
N116,72SSW
N125,75,SW
N108,78SSW
N40,72NW
N93,88S
N140,76SW
N78,55W
N24,72ESE
N178,60E *
N95,75S
N9,88WNW
N116,90
N155,89WSW

Référence

- **Abdelkrime DERRADJI** et **Chaouki ALFAIZ**, Novembre 2016, Talus et restauration du paysage sur le réseau autoroutier du Maroc, Maroc, 69p.
- Ayoub HAIBI** et **Ali LAAOUINA**, 2014, Étude géologique, géophysique et structurale du déblai D15: autoroute Marrakech-Agadir, Mémoire de Licence, Faculté des sciences et Technique, Marrakech, 45p.
- Bureau d'Etudes Conseil Ingénierie et Développement (**CID**) et Le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (**LPEE**), JANVIER 2014, réalisation du projet d'exécution relatif a l'étude d'amélioration du niveau de service de la RN9 du Pk278 au Pk349.province de Ouarzazate, Raba, 52p.
- Dominique GASQUET**, 1991, Genèse d'un pluton composite tardi-hercynien. Le Massif du Tichka, Haut Atlas occidental (Maroc), Université de Nancy 1, Français, 440p.
- Statistique d'accident-**DRCR**, nombres d'accidents relevés sur la RN 9 (section Aït Ourir-Ouarzazate), 2006, Raba.
- **Medina**(1994), évolution du massif ancien du Haut Atlas(Maroc).
- Généralité sur ministre du l'équipement, du transport de la logistique et de l'eau(en ligne), disponible sur <http://www.equipement.gov.ma>.
- Glissement de terrain(en ligne), disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Glissement_de_terrain.
- les photos sur les techniques de génie biologique (en ligne), disponible sur <https://www.google.fr/search?q=les+technique+de+génie+biologique+au+niveau+des+routesr>.
- Carte géologique à l'échelle du 1/500.000ème, publiées par la Direction des Mines, de la Géologie et de l'Energie.
- Carte topographique de HAD ZRAQTANE 1/50000, Direction de la Conservation Foncière et des Travaux topographique.