

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran Es Sénia

Faculté des sciences de la terre, de géographie
et de l'aménagement du territoire
Département des Sciences de la terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du Grade
De Magister

Option : **Risques naturels, Aménagement du territoire et Géodynamique des Bassins Sédimentaires**

Thème

**Etude géostatistique des éboulements sur les versant du Grand Pic de
l'Ouarsenis:porteur des risques sur la population limitrophe.**

Par

Mansour ZAAGANE

Soutenu le /10/2006 devant la commission d'examination :

Oran, 2007

Remerciements

Mes premiers remerciements sont adressés à **BENHAMOU Miloud**, mon directeur de thèse, pour la confiance qu'il m'a accordée, et pour m'avoir permis de réaliser cette thèse dans des conditions optimales. Malgré ses lourdes fonctions de chef de département, il s'est toujours montré très disponible et attentif à mon travail. Je tiens à le remercier tant pour ses compétences scientifiques que pour ses qualités humaines.

Je souhaite également remercier **ZEOUAL Brahim** pour avoir suivi de près mon travail tout au long de ces mois. Encore merci pour ton aide, tes conseils et ta disponibilité. Au cours de ma thèse j'ai eu le plaisir de travailler avec Mesbah Chafik et Chelouaye Houari du Centre National des Techniques Spatiales. Je tiens à les remercier pour leur accueil et pour la richesse de notre collaboration.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude envers les membres du jury pour avoir bien voulu consacrer à ma thèse une partie de leur temps extrêmement précieux. Je remercie en particulier et qui ont accepté la lourde charge d'être les rapporteurs de mon travail. Je remercie,, et pour m'avoir fait l'honneur de participer au jury.

Pour tous qui ont contribué à notre formation en ingénierat et en post graduation, **Mekahli I., Moussa k, Benzzeghoud M, Nadji M, Djilai M, Hamidi M, Ramaci N, Lagraa F** encore merci.

Je voudrais à présent remercier tous ceux qui ont participé activement aux différentes Campagnes sur le terrain, en particulier **Amani Kamel, Zerouala Ameer** ainsi que toute la promotion de magister 2005/2006. Merci à vous tous pour votre aide inestimable.

Cette thèse s'achève, et je voudrais mentionner le plaisir que j'ai eu à travailler.

Je souhaite remercier sincèrement tous les membres du service des mines de la Wilaya de Tissemsilt tout spécial **Ouzane Omar** ainsi que les mineurs de la société de **SOMIBAR** en leur tête **Skendri Abdelkader**, pour tous les moments partagés, les meilleurs comme les plus délicats.

Merci à **Moussaoui Ghrissi** et **Djelti Kada** mes précieux informaticiens, toujours présent en cas de problèmes informatiques. Je tiens vraiment à vous remercier pour votre disponibilité, parfois même pendant vos vacances.

Je remercie affectueusement mes copains du labo **kenane youcef, Belkacemi Kada, Boulem Nouredine, Abdelouafi** et à notre cher aimé **Benyoucef Madani** merci pour votre bonne humeur au quotidien.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin, tout Particulièrement mes amis et ma famille.

Le meilleur étant généralement gardé pour la fin, je remercie mes parents, mes frères et mes soeurs de loin les plus méritants, pour leur présence et leur soutien sans faille au quotidien durant ces années.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes parents qui ont fait de moi un homme.
A mon père qui avec sa simplicité m'a appris à aimer la vie et consacrer une bonne part de
mon temps au travail.
A ma mère qui m'a soutenu le long de ma formation éducative et qui m'a soutenu le long de
mes nuits blanches.
A mes frères Hadj, Habib, Bachir, Foucef, Omar, Ossama.
A sœurs
A mes neveux Mustapha, Zhaled, Merouane, Ameer, Abdelhak.
A mes nièces Ouahiba, Souad, Halima.
A mes cousins trio-Abderrahim.
A mes oncles maternels
Ahmed, Aoued, A.E.Z, Mohamed
A mes amis Miloud, Djilali, chérif, Omar, Amari, Zamel.*

RESUME

La zone culminante de l'Ouarsenis est réputée par ses massifs élevés dans l'Algérie occidentale, cette morphologie suscite d'innombrables phénomènes de mouvements de terrain.

Les mouvements de terrain s'expliquent par la combinaison des facteurs permanents ou de prédisposition (nature et structure des formations géologiques, pente, ect...), des facteurs externes températures (pluies torrentielles, neige, secousse séismique) et ou des travaux anthropiques (fuites de canalisation; travaux de terrassement malencontreux, explosifs employés par les mineurs). Les nappes souterraines et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions souterraines sont très souvent à l'origine de déclenchement des mouvements de versants ; glissements de terrain ; éboulements, effondrements, coulées ou laves torrentielles.

La situation demeure inquiétante surtout quand on sache que des villages entiers et des maisons sont éparpillées sur les versants et que les habitants s'approchent sans cesse de ces zones dangereuses. Dans cette perspective, entamer une étude détaillée prenant en compte les risques en relation avec la composante spatiale, s'avère plus indispensable qu'importante pour pouvoir déceler et localiser les principaux secteurs à hauts risques. A partir de là, nous pourrions dans le meilleur des cas chercher à éviter ou à s'en protéger en minimisant le fort possible leurs effets dévastateurs afin qu'ils soient les moins dommageables possibles.

L'analyse spatio-temporelle et la quantification du risque d'éboulement selon des modèles géométriques simples et homogènes gérés par des lois physiques simples constitue la base d'analyse de la quatrième partie. Ces interprétations se couronnera finalement par les recommandations et la proposition d'un système de protection efficace contre ce risque catastrophique.

Mots clés:

Risques, mouvements de terrain, éboulements, aléa, facteurs, prévention, system de protection, Ouarsenis.

SUMMARY

The culminating zone of Ouarsenis is considered by its solid masses raised in Western Algeria, this morphology causes innumerable phenomena of movements of ground.

The movements of ground are explained by the combination of the permanent factors or predisposition (natural and structure of the geological formations, slope, ect...), of the external factors temperatures (torrential rains, snow, seismic jolt) and or of work anthropic (escapes of drain; malencontreux, explosive earthworks employees by the minors). The underground tablecloths and more exactly their fluctuations related on the weather conditions or sometimes to the underground actions are very often at the origin of release of the movements of slopes; landslides; crumblings, collapses, cast or torrential lava.

The situation especially remains worrying when it is known that whole villages and houses are scattered on the slopes and that the inhabitants approach these danger zones unceasingly. From this point of view, to start a detailed study taking of account the risks in relation to the space component proves more essential than significant to be able to detect and locate the principal sectors at the high risks. From there, we could in the best of the cases seek to prevent where to protect itself some by minimizing the possible fort their devastators effects so that they are the least detrimental possible.

The space-time analysis and the quantification of the risk of falls of ground according to simple and homogeneous geometrical models' managed by simple physical laws constitute the base of analysis of the fourth part. These interpretations will be crowned finally by the recommendations and the proposal for a system protection effective against this catastrophic risk.

Key words:

Risks, movements of ground, roc falls, aléa, factors, prevention, system of protection, Ouarsenis.

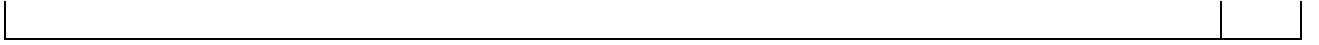
<u>SOMMAIRE</u>		1
AVANT PROPOS		2
DEDICACE		3
RESUME		4
ABSTRACT		5
SOMMAIRE		7
GENERALITES		7
I- LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX DE L'ALGERIE DU NORD (FIG.1)		7
II- CADRE STRUCTURAL DE L'ALGERIE OCCIDENTALE (FIG. 2)		10
III- SITUATION GEOGRAPHIQUE		12
IV- CADRE GEOMORPHOLOGIQUE (FIG. 3 et FIG. 4)		14
V- CLIMAT ET OCCUPATION DU SOL		14
A°/ <u>Les températures extrêmes</u>		14
B°/ <u>les précipitations</u>		14
C°/ <u>la couverture végétale</u>		14
VI- CADRE GEOLOGIQUE		14
A- LES TERRAINS AUTOCHTONES.....		16
1- Le complexe A		16
2- La nappe B		18
3- La nappe C		18
VII- HISTORIQUE DES RECHERCHES		18
A- LA PREMIERE PERIODE (1850-1902).....		19
B- LA DEUXIEME PERIODE (1902 A 1936)		20
C- LA TROISIEME PERIODE (1936 A 1960)		21
D- LA DERNIERE PERIODE.....		23
VIII- SUJET ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE		23
A- OBJECTIFS DE L'ETUDE		23
B- CHOIX DE SUJET		24
C- OUTILS ET METHODOLOGIES		24
1- recherches bibliographiques		24
- <i>Cartes topographiques</i>		24
- <i>Cartes géologiques</i>		24
- <i>Ouvrages et thèses</i>		24
- <i>Outils divers</i>		24
2- Le travail sur le terrain (fig.7)		25
3- Le travail au laboratoire		27
I- LES DONNES GEOLOGIQUES (FIG. 8 et 9)		27
A- APERÇU LITHOSTRATIGRAPHIQUE		27
1- les terrains ante-triasiques		27
2- les terrains triasiques		28
3- les terrains jurassiques (Fig. 8 et 9)		28
a- <u>Formation carbonatée de Kef Sidi Amar</u>		28
b- <u>Formation des calcaires de Djorf Touka</u>		28
c- <u>Formation marno-calcaires de Trig Sidi Amar</u>		28
d- <u>Formation détritique de Senan</u>		28
e- <u>Formation des calcaires de Rokbat Atba</u>		29
f- <u>Formation des calcaires rognonneux d'Ain el Hamra</u>		29
g- <u>Formation des calcaires de Slaïm</u>		29
h- <u>Formation des marnes d'Ain Gnega</u>		29
i- <u>Formation carbonatée de Bou Rharda</u>		30

4- les terrains crétacés	30
a- le Néocomien.....	30
b- Albo-aptien	31
5- le Cénozoïque	31
6- Pliocène et Quaternaire	31
B- APERÇU MORPHOSTRUCTURAL ET TECTONIQUE (FIG. 9)	33
1- Rokba Atba (Fig. 9 et Fig 10)	34
2- Sra Abdelkader (fig. 9, 11 et 12)	34
3- le Grand Pic (Fig. 9 et 13)	38
4- Djebel Belkheiret (fig. 9 et 14)	39
C- CONSEQUENCES GENERALES.....	39
II- LES DONNEES CLIMATIQUE	39
A- VARIATIONS THERMIQUES	39
1- La saison froide.....	40
2- La saison chaude.....	40
B- LA PLUVIOMETRIE (tabl.1 et 2 ; fig.15 et 16)	42
C- LES PRECIPITATIONS NIVOLOGIQUES.....	42
III-LES DONNES HYDROGEOLOGIQUES (Fig. 17)	44
IV- LES DONNES SEISMOLOGIQUES.....	44
V- DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS.....	
-ANALYSE DES RISQUES GEOLOGIQUES ET DES DEFINITIONS DES NOTIONS.....	48
-Alea.....	48
-Vulnérabilité.....	48
-Risque.....	49
I- LES GLISSEMENTS DE TERRAINS.....	49
A- DEFINITION.....	49
B- ANALYSE DE LA STABILITE (FIG. 19)	49
1- géométrie de la pente.....	49
2- état des eaux superficielles et souterraines.....	49
3- résistance de la masse du sol.	51
C- QUELQUES EXEMPLES VIVANTS SUR LES GLISSEMNTS DE TERRAIN.....	51
1- Glissement de terrain à l'extrémité orientale de la ville (fig. 21)	51
2- Glissement de terrain à proximité de la ville (fig. 22)	53
3- Glissement de terrain au Sud Est de la ville (fig. 23)	53
4- Glissement de terrain affectant une partie de la route (fig. 24)	53
5- Glissement de terrain toujours sur la route de Sidi Slimane (fig. 25)	
6- Glissements de terrain sur la route Bordj Bou Naâma à Bou Caïd (fig. 26 et 27)	53
7- Glissement sur la piste aménagée menant au chantier de Somibar (fig. 28)	55
D- CONDITIONS LITHOLOGIQUES ET STRUCTURALES.....	55
E- ANALYSE ET DISCUSSIONS (FIG. 29)	55
1°/ l'existence d'un écoulement à l'intérieur du complexe schisteux.....	55
2°/ La partie sommitale de terrains affectés.....	57
F- INTERPRETATION.....	58
II- LES EFFONDREMENTS DES PAROIS ROCHEUSES.....	58
A- INTRODUCTION.....	58
B- LES SECTEURS MINERALISES DE L'OUARSENIS.....	58
1°/ Une souche primaire sulfurée.....	59
2°/ Des minerais secondaires.....	59

C- LE MODE D'EXPLOITATION.....	59
D-L'EFFONDREMENT SUR LE VERSANT OCCIDENTAL DE BELKHEIRET (FIG.30)	61
E- CONCLUSION.....	61
1°/ la disposition des assises calcaires.....	61
2°/ le toit.....	61
III -LES EBOULEMENTS.....	61
A- INTRODUCTION.....	
B- CARACTERISTIQUES GENERALES SUR LES EBOULEMENTS (fig. 31):	61
- les pierres	61
- les blocs.....	61
- les gros blocs.....	63
C- LES MECANISMES D'INSTABILITES.....	63
1- Les facteurs intrinsèques.....	63
a- la topographie accentuée de la région	64
b- la nature lithologique des formations géologiques.....	64
c- les caractéristiques structurales (fig. 32)	64
2- Les facteurs aggravants ou dégradants (fig. 32)	64
a- l'eau.....	64
b- La température.....	66
c - la sismicité locale.....	66
d- les actions anthropiques.....	66
D- QUELQUES EXEMPLES VIVANTS DES EBOULEMENTS <i>IN SITU</i>	67
E- ETUDE DES ZONES EXPOSEES AUX EBOULEMENTS.....	67
1-Le secteur de Belkheiret (fig. 33E, D, F et G)	67
2- Secteur du Grand Pic (Fig. 33C)	69
3- le secteur de Sra Abdelkader (fig. 33, A et B)	69
4- Le secteur de Rokba Atba.....	
G- LA REALISATION DES CARTES D'ALEA DES RISQUES GEOLOGIQUES	70
1- glissement de terrain (fig. 34)	70
2- les effondrements (fig. 34)	71
3- Les éboulements (fig. 34)	71
IV- CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES GEOLOGIQUES (Fig. 34)	73
VII-CONCLUSION.....	74
I- INTRODUCTION.....	74
II- ETUDE GEOSTATISTIQUE.....	74
A-DEFINITION.....	74
B- THEORIE.....	75
C- APPLICATION SUR LE TERRAIN.....	75
1- Localisation des versants.....	75
- le secteur du Grand Pic.....	75
- Le secteur de Belkheiret.....	75
- le secteur de Sra Abdelkader.....	76
2- Le volume des blocs.....	76
- La classe A	76
- La classe B.....	76
- La classe C.....	76
- La classe D.....	76
3- Comptage des blocs (tabl. 3)	76
III- ANALYSE STATISTIQUE.....	76
A- ANALYSE COMPARATIVE INTERCLASSE (FIG. 35)	76

1-Le secteur du Grand pic.....	76
a- <u>le versant septentrional du Grand Pic.....</u>	76
<u>Zone 1.....</u>	77
<u>Zone 2.....</u>	77
<u>Zone 3.....</u>	77
<u>zones 4.....</u>	77
<u>Zone 5.....</u>	77
<u>Zone 6.....</u>	78
b- <u>Le versant oriental du Grand Pic.....</u>	78
<u>Zone 7.....</u>	78
<u>Zone 8.....</u>	78
<u>Zone 9.....</u>	78
Zone 10.....	78
c- <u>versant occidental du grand pic.....</u>	78
<u>Zones 11.....</u>	78
<u>Zone 12.....</u>	80
2- Secteur de Sra Abdelkader.....	80
<u>Zone 13.....</u>	80
<u>Zone 14.....</u>	80
<u>Zones 15.....</u>	80
3-Secteur de Rokba Atba	81
4- Le secteur de Belkheiret	81
<u>Zone 17.....</u>	81
<u>Zone 18.....</u>	81
<u>Zone 19.....</u>	81
<u>Zone 20.....</u>	81
<u>Zone 21.....</u>	82
<u>Zone 22, 23 et 24</u>	
B-INTERPRETATION ET DISCUSSION DE CHAQUE CLASSE (TABL. 3; fig.36 et 37)	82
C- ANALYSE DE LA DENSITE DES EBOULIS (Tabl. 4)	83
1-Interprétation et analyse (fig. 38)	83
– <u>densités minimales</u>	83
– <u>densités moyennes.....</u>	83
– <u>densités maximales.....</u>	83
D- ANALYSE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES BLOCS (TABL. 5 et 6)... ..	88
1- Interprétation et analyse.....	88
IV- SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)	88
A-LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DEFINITIONS ET HISTORIQUE.....	89
B- FONCTIONNALITE D'UN SIG.....	90
C- TRAITEMENT PAR SIG	90
1- Sélection des zones instables.....	91
2- La prise en compte des composantes spatiales	91
a- <u>le MNT (fig. 39)</u>	93
b- <u>La carte des pentes (fig. 40)</u>	95
c- <u>La carte des altitudes (fig. 41)</u>	95
d- <u>La carte d'occupation des sols (fig. 42)</u>	95
D- RESULTATS ET INTERPRETATION.....	
1-La carte des zones instables et autres menacées par le risque d'éboulement (fig. 43)	95
.....	98

2- la carte des classes des risques d'éboulement (Fig. 44).....	103
3-la carte finale des risques (Fig. 45)	103
E- CONCLUSION.....	103
V- MODELISATION DE L'IMPACT ET DE LA PROPAGATION.....	103
A- LES PARAMETRES DE LA PROPAGATION.....	103
1- Le volume des blocs.....	108
2- La topographie.....	108
3- La nature des terrains formant les versants.....	108
La présence des obstacles naturels.....	108
B- LE MECANISME DE LA PROPAGATION (FIG. 47)	108
1- / la force de l'air	108
2- / La force de frottement	108
3- / a force de glissement	108
4- / la déformation plastique des terrains.....	105
C- MODELISATION DE L'IMPACT.....	106
D- ANALYSE ET ETUDE DE SIMULATION.....	106
1- Analyse des conditions de propagation sur deux modèles de pentes	106
a. <u>Modèle simple</u> (fig. 48.A)	108
b. <u>Modèle de pente composite</u> (fig. 48.B)	112
2-Application de la simulation.....	112
a- <u>Les modèles de pentes simples</u>	112
b- <u>le modèle de pente complexe</u>	112
- <i>Au niveau du massif de Belkheiret</i>	112
- <i>Le secteur de Batha</i>	114
- <i>Le secteur de Sra Abdelkader</i>	114
- <i>Le massif de Bou Maâlah</i>	114
- <i>Le versant occidental du Grand Pic</i>	115
3- Le système de protection (fig. 49)	115
a- <u>Les écrans et les murs de protection</u>	117
b- <u>Les filets pare-blocs</u>	117
c- <u>les gabions</u> (pl. 6D et E)	117
d- <u>le reboisement et la protection de la forêt</u> (pl. 6A et 6B)	117
e- <u>Planification et urbanisme</u>	118
VI-CONCLUSION.....	119
CONCLUSION GENERALE.....	119
-CAUSES ET EFFETS.....	120
- ANALYSE DES RISQUES ET PROTECTION.....	121
- SIMULATION ET APPLICATION.....	121
- RECOMMANDATIONS ET CARTES D'ALEAS.....	
ANNEXE:	
- Références bibliographiques	122
- Tables de matière	131
- Liste des figures	136
- Liste des tableaux	138
- Planches	139



Premier Chapitre

GENERALITES

I- INTRODUCTION :

L'Algérie du Nord est un pays montagneux dont les facteurs géodynamiques internes et externes entretiennent un relief escarpé. A cet effet il expose des terrains fragiles à une évolution orographique active. Cette frange septentrionale regroupe par ailleurs plus de 80 % d'une population croissante et l'essentiel des investissements en matière d'habitat, routes et infrastructures diverses. C'est dans ces conditions naturelles et socio-économiques contraignantes que bon nombre d'investissement sollicitent aujourd'hui des terrains et des formations géologiques en pente. Leur instabilité est comprise par les facteurs climatiques et ceux tectoniques qui les contrôlent.

En effet que se soit dans le domaine d'habitat ou celui des infrastructures routiers et autoroutiers, les éboulements constituent l'un des risques à encourir dans les zones montagneuses dont la géomorphologie et la nature des formations sous-jacente impose plus de prudence dans le domaine de planification d'aménagement du territoire (l'extension des zones urbaines).

Comme ce sont les premières préoccupations de la géologie moderne vis-à-vis ces types des risques, l'orientation des études revêt une importance capitale de telles conditions géomorphologiques, elles doivent viser en premier lieu, la recherche de la stabilité des versants, la démarche consiste, dès les premières phases d'étude, à entreprendre une reconnaissance géologique détaillée des sites, cette exigence est illustrée notamment par un lever de carte géologique à grande échelle de toutes les formations géologiques qui constituent dès les premiers lieux des terrains susceptibles d'être le siège d'un inquiétant problème exposant toutes les habitations à des risques majeurs. C'est sur la base de ces premières investigations de terrain, qu'un programme géostatistique est élaboré pour les phases d'études ultérieures.

Cela constitue les différentes parties de ce modeste travail.

A-LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX DE L'ALGERIE DU NORD FIG 01:

De Ceyta à Bizerte la côte africaine de la Méditerranée est sensiblement parallèle, à petite échelle, à la chaîne Maghrébide. Dans le détail, la côte de la Méditerranée recoupe les différents ensembles constitutifs de cette chaîne alpine ainsi que son avant-pays. Il s'agit d'un domaine de hautes terres dissymétriques dont les altitudes moyennes diminuent d'ouest en est (900 au Maroc à 300 m en Tunisie)

Sur la transversale de l'Algérie, l'avant-pays de la chaîne Maghrébide est complexe et comporte : des bassins d'avant-chaîne, des zones peu déformées (Hauts Plateaux), un autre édifice orogénique: le système atlasique (Atlas saharien, Aurès), et au Sud, la plate-forme saharienne stable.

Du Sud au Nord, la chaîne elle-même est constituée de trois ensembles principaux :

- un domaine externe, ou domaine tellien, constitué par un ensemble de nappes à vergence sud, découpées dans des terrains sédimentaires surtout marneux et calcaires, principalement crétacés et paléogènes. En Algérie ce sont les unités telliennes sensu stricto. Au sein de ce domaine apparaissent localement des massifs formés de terrains métamorphisés à l'Alpin. Ces unités dérivent d'une ancienne marge africaine de la Téthys.

-des nappes pelliculaires de flyschs crétacés-paléogènes, largement chevauchantes sur les unités telliennes. Le substratum stratigraphique de ces dépôts profonds n'affleure que très localement et comporte des roches basiques et ultrabasiques paléozoïques et jurassiques.

Ces flyschs se sont donc déposés dans un bassin de nature au moins partiellement océanique, le bassin maghrébin, qui se liait vraisemblablement au bassin ligure de la Téthys.

- un domaine interne qui comporte : a) des massifs de socle métamorphique panafricain et hercynien; b) des terrains cambriens à carbonifère modérément métamorphisés et leur couverture mésozoïque et tertiaire formant la Dorsale calcaire. Ces zones internes sont surtout développées à l'Est d'Alger où elles constituent les massifs de Grande et Petite Kabylie. A l'Ouest, le massif du Chenoua et le Cap Ténès en sont des témoins, réduits aux unités de la Dorsale calcaire. Les zones internes chevauchent le domaine des flyschs et le domaine tellien. En petite Kabylie, les chevauchements sont très plats et des formations mésozoïques et éocènes métamorphisées, appartenant aux unités telliennes et aux flyschs, apparaissent en fenêtre sous le socle kabyle à plusieurs dizaines de kilomètres en arrière du front de chevauchement.

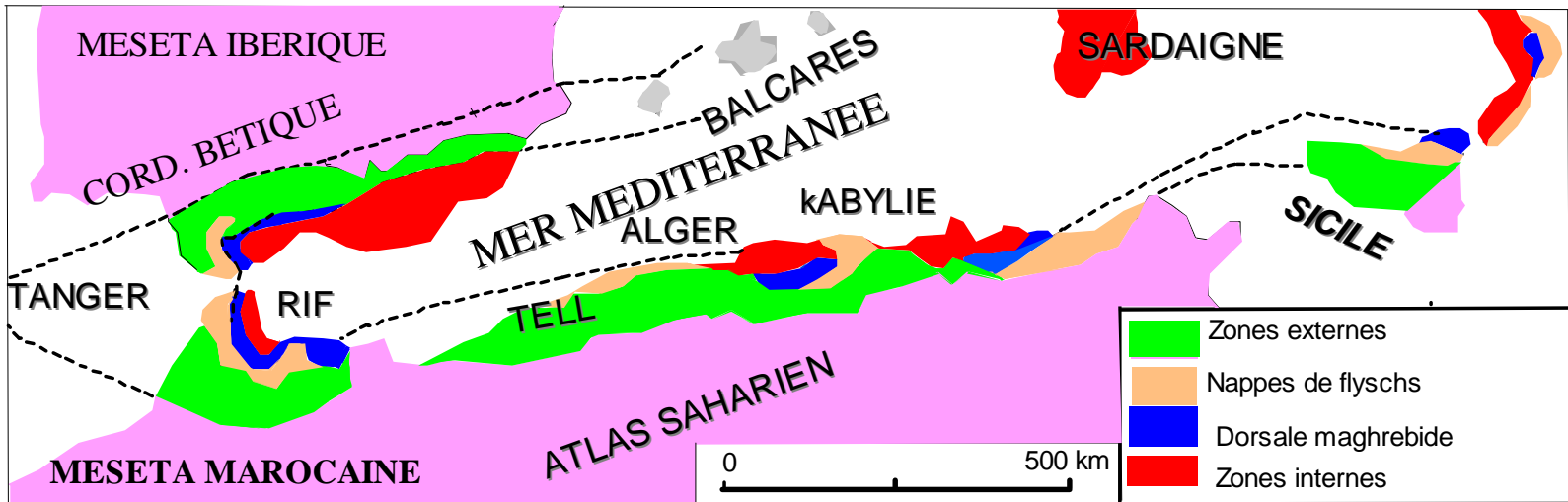


Fig 1: les grands ensembles structuraux de l'Algérie du nord

B-Cadre structural de l'Algérie occidentale (Fig 2):

L'Algérie occidentale comprend du nord au sud quatre domaines structurellement différents :

-L'Atlas tellien est le domaine des nappes, avec des bassins de type intra montagneux (ex. bassin du Chéelif), dont la série sédimentaire s'étend du Jurassique au Miocène. Il comprend

-le sahel d'Oran et ses massifs littoraux.

-la grande dépression du Chéelif qui prend naissance à l'ouest d'Oran comprend elle-même la plaine de Melata, plaine d'El habra et la vallée de Chéelif.

-les massifs montagnards, les Traras, la chaîne de Tessala, les monts de Béni Chougrane puis les massifs de l'Ouarsenis.

- les plaines intérieures représentées essentiellement par des terrains arables constituées l'essentiel d'investissement en matière d'agriculture. Plaine (Tafna ; Ghriss)

-les monts de Tlemcen, les monts de Daïa et les monts de Saïda qui se prolongent à l'est en donnant naissance aux monts de Frennda.

-les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra montagneux comme ceux de Telagh et de Tiaret.

-l'Atlas saharien est né d'un long sillon subsidant pincé entre les hauts plateaux et la Plateforme Saharienne.

-Finalement la plate forme saharienne, elle est située au sud de l'Algérie alpine et appartient au craton nord africain. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes

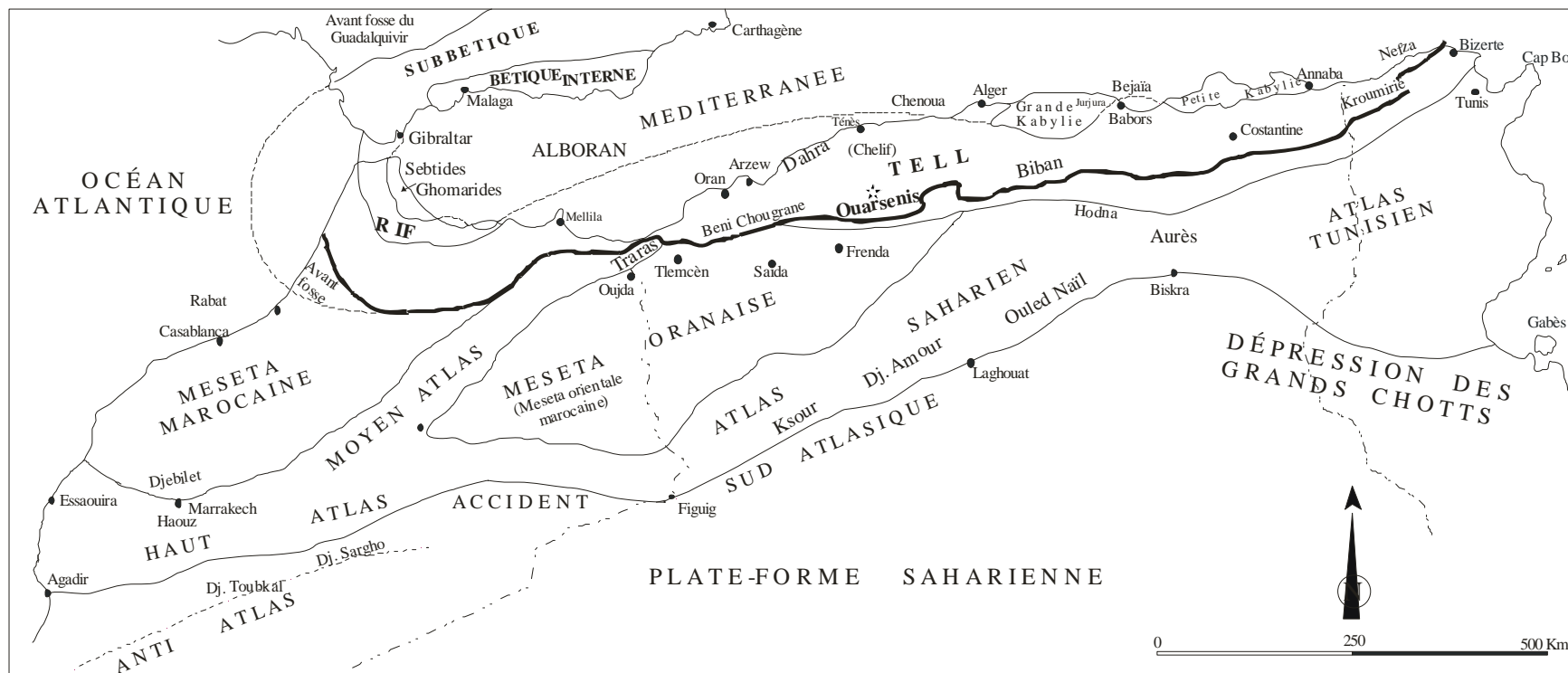


Fig.2 : Les grands ensembles géographiques de la chaîne alpine en Méditerranée occidentale

C-SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Tell est formé essentiellement d'une bande de relief qui s'étend de la méditerranée au nord et les Hauts Plateaux au sud, Ces massifs constituent la continuité de ceux du Rif au Maroc à l'ouest et ceux de Kroumérie en Tunisie à l'est. Tout cet ensemble constitue le rameau de la chaîne alpine dans le nord de l'Afrique les plaines intérieures Chélif et celle de Media constitue une nette séparation entre un tell septentrional et un autre méridional, c'est à ce dernier que notre secteur d'étude est compris.

La toponymie actuelle du massif de l'Ouarsenis est liée tout simplement à l'altitude du sommet culminant de Sidi Amar (1985 m). En effet en berbère, l'Ouarsenis transcription défectueuse de « Ouarchenis » ou « Ouarensis » qui signifie rien de plus haut (Basset p.448) et (Brockelman, P.246).

L'Ouarsenis principal chaînon du tell occidental, est situé entre les monts de Beni Chougrane à l'ouest et ceux de Titteri plus à l'est. Du nord au sud l'individualité du massif est marquée d'une part par le tracé et d'autre part par la différence d'altitudes. En effet ces limites avec ces deux monts sont bien confuses. Ils sont marqués que par la coupure du Cheliff, c'est ainsi que l'oued Mina le sépare des monts voisins ceux de Saida et de Beni Chougrane à l'ouest, Tout au nord la vallée du Chélif dont les altitudes décroissent régulièrement d'est en ouest en passant de 330 m dans la plaine de Khemis Meliana, près de Aïn Soltane à 50 m dans le bas Cheliff près de Relizane avec des altitudes oscillant entre 900m à 1000 m, constitué un véritable tracé horizontal séparant l'Ouarsenis des massifs littoraux.

La limite séparant le Sersou du nord et le segment méridional du massif est bien envisageable. Toutefois des barres gréseuses se détachent du massif et s'élevant jusqu'au 1400 à 1500 m, tandis que d'est en ouest le Dj Ech-Chaoun le Dj Meddad et le kef Sidi Amar, culminent respectivement à 1812 m, 1787 m, et 1983 m, toutes les limites de cette région sont bien distinctes à l'exception de la partie orientale.

Entre le parallèle 35° à 36°.30' d'une part et le méridien 1° et 2° d'autre part, les massifs de l'Ouarsenis s'étendent sur environ 200 Km d'ouest en est,, tandis que sa largeur est de l'ordre de 100 Km sauf à l'est où elle ne dépasse pas 60 Km à la hauteur du méridien de Derrag.

D- Cadre Géomorphologique (fig. 3 et fig. 4)

Le point culminant de toute l'Algérie occidentale et qui trace une limite bien distincte séparant ainsi l'Ouarsenis occidental et un autre oriental, le Kef Sidi Amar (1983m) qui constitue un gigantesque pivot avec une base qui épouse la forme d'un triangle équilatéral d'environ 2500m. Il est formé essentiellement par une superposition de couches dures (calcaires jurassiques). au nord Sra Abdelkader dessine une importante muraille constituée de la même roche, ce massif est orienté d'ouest en est et s'abaissant dans le même sens, en passant de 1756 m, à 1572 m. La sierra d'où est tiré sa dénomination de *Sra* se rétrécit et se termine par des crêtes aiguës, dessinant des dents de scie, cela se traduit par une toponymie spécifique (El Manchar) dont la population locale désigne ces crêtes. Le contact de ce dernier et le grand Pic est matérialisé par un col appelé Sénan, il n'en est pas de même à l'est où la paroi rocheuse est quasi verticale et la dénivellation entre les sommets et la forêt d'Aïn Antar s'élève à 300, 350m; tandis qu'au sud apparaît par endroit, le fond de la vallée de l'oued Fodda (600 m).

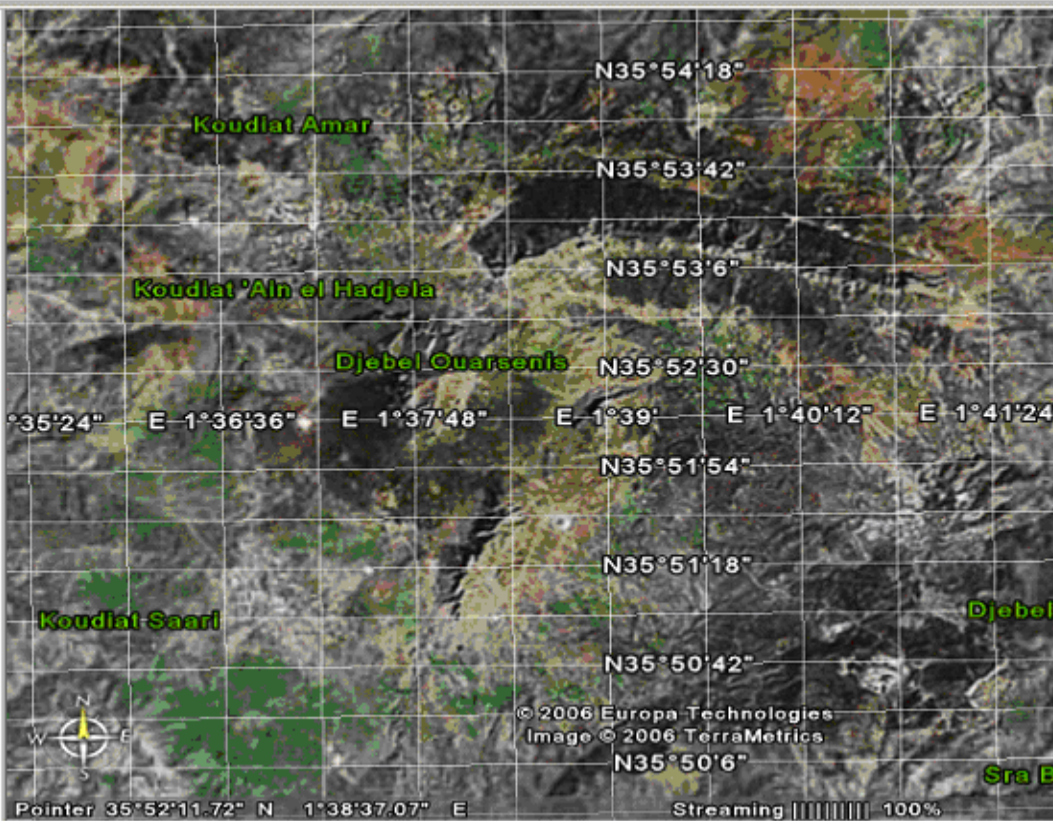


Fig :3 : Localisation géographique de l’Ouarsenis



Fig. 4 : Géomorphologie de la région culminante de l’Ouarsenis

Le troisième chaînon, le Kef Sidi Belkheiret orienté NE SW, se dresse au sud de Kef Sidi Amar avec d’autres annexes (Fartass et Batha).

En comparaison avec les deux cités précédemment, il est plus étroit et plus bas (1661 m). De plus il domine au sud ; les deux bassins qui se creusent profondément l’oued el Hammam à l’est et celui de Tamaleht à l’ouest .Ce dernier étant l’affluent de droite de l’oued Lardjam.

E- Climat et occupation du Sol

La sensibilité générale du milieu physique est particulièrement aggravée par les oscillations thermiques et surtout pluviométriques.

1-Les températures extrêmes sont de -0° à 10° en hiver et du 30° à 42° en été cependant des oscillations thermiques brusques avec des minima de -10° au cours des longues saisons de l’hiver et des maxima qui peuvent atteindre les 20° pendant la même saison exposent les affleurements rocheux aux effets de brusques écarts de température.

2- les précipitations sont très irréguliers de quelques jours pendant les saisons pluvieuses à des chutes torrentielles en quelques heures généralement elles sont de l'ordre 600 ml/an. Vu la nature des terrains sensibles ces précipitations influent largement dans ce secteur ce qui conduit souvent à l'apparition des niches de glissements fig .

3- la couverture végétale : dans l'ensemble ces précipitations demeurent suffisantes pour entretenir un manteau forestier et pour assurer aussi la croissance de certaines essences hygrophiles, tel le cèdre (*Cedrus atlantica*) qui apparaît bien au Dj Meddad (Teniet El Had) et Aïn Antar (voir photo) dans la zone culminante centrale et sur le versant nord du chaînon de Sra Abdelkader cependant le versant est dépourvu et ne présente qu'une pinède avec quelques arbustes éparpillés le long de son versant.

Dans la partie méridionale du massif culminant versant sud du Ain Nsour dans la partie comprise litho logiquement entre les calcaires liasiques et les schistes albo-aptien s'étend une autre pinède qui forme de sa part une sorte de forêt qui sert localement comme stabilisatrice d'un sol sensible à l'érosion.

F-Cadre géologique

La structure géologique de l'Ouarsenis est extrêmement complexe, elle a étonné énormément les géologues. En effet la géologie de cette région est représentée essentiellement par des nappes d'écoulement juxtaposées et superposées sur des terrains autochtones, composées surtout des mêmes terrains notamment des flyschs et des marnes.

Les mouvements post-nappes se sont poursuivis et ont influencé rigoureusement la dissection du relief.

Parmi les principales unités structurales qui entrent dans la formation de l'Ouarsenis on peut citer :

-les terrains autochtones :

Ces terrains autochtones sont très limités et ne se rencontrent que dans quelques lambeaux à l'intérieur du massif que sur les versants.

On peut pratiquement distinguer les formations anté nappes qui sont représentées essentiellement par des étages paléozoïques (rhyolite du Dj Bechtout, massif primaire du Dj Doui et le jurassique de Douar Bou Gheddou et des étages du Crétacé inférieur et moyen Dj Ghilès et Amrouna dans la partie orientale .Les formations post nappes sont constitués par le Nummulitique ainsi que des dépôts plus récents sur les deux versants du Chelif.

De point de vue structural, ces terrains sont affectés à la fois par les mouvements antérieurs et postérieurs à la mise en place de nappes ; les premières sont responsables de la création des

plis et les failles sont rares par contre les secondes ont provoquées de vastes bombements associés à des failles tell (Amrouna, Ghilès) accompagnés à des fosses telle que celle de Theniet el Had.

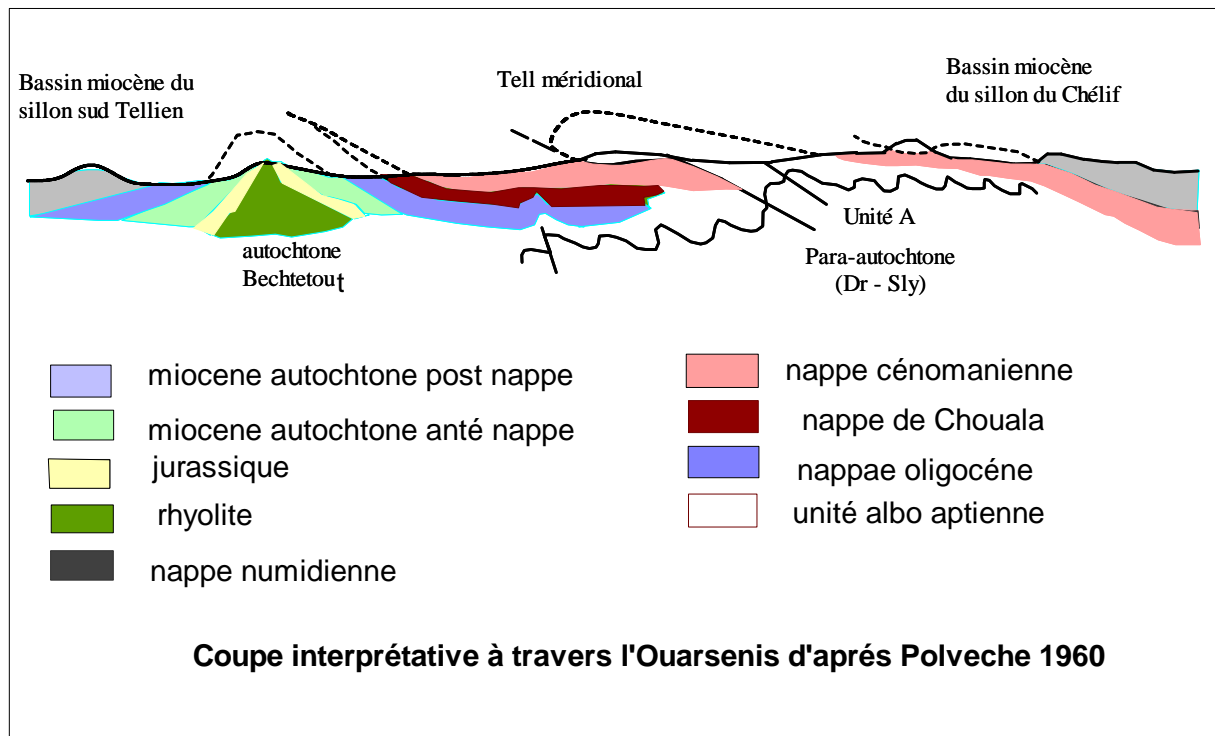
Dans l'ensemble, l'autochtone est assez réduit et se caractérise par une tectonique assez simple avec quelques bombements souvent accidentés.

1-Le complexe A

Mattaouer désigne sous le terme du complexe A les formations souvent difficiles à caractériser qui existent entre l'autochtone et les unités charriés.

Cette formation est représentée essentiellement par un puissant affleurement schisteux à faciès flychoïde (Benyoucef. M 2006) interrompu seulement par quelques barres gréseuses ; c'est un dépôt d'une grande puissance et qui peut atteindre les 1000m.

L'uniformité de ce faciès n'est interrompue que par les affleurements jurassiques qui eux aussi marquent bien le paysage de la zone culminante. En effet tous les chaînons qui gravitent autour du Grand Pic (Sra Abdelkader, Aatba, Belkheiret et Kef N'hal) percent les flyschs crétacés. A petite échelle il ne s'agit que d'un bombement qui a fait apparaître les termes inférieurs du complexe A.



2-La nappe B

Dans la partie orientale suivant la diversité de la structure de la nappe B et comme on rencontre plusieurs séries stratigraphiques avec de notables différences de faciès cette nappe peut être subdivisée en trois lames :

a-La lame oligo-miocène ou B1, s'étend sur plusieurs Km .Elle a souvent une allure lenticulaire. Structuralement les contacts anormaux sont multiples dès que le matériel devient hétérogène (marnes et grés) ce sont des lames empilées les unes sur les autres mais dans le détail la structure générale présente une grande diversité.

b-La lame Crétacé-Eocène ou la lame B2, elle représente l'essentiel de la partie marneuse de la nappe. Sa structure est faite d'un mélange des terrains crétacés et éocènes et elle repose soit sur le Miocène inférieur du complexe A soit directement sur la lame B1 Oligo-miocène.

Cette lame est jalonnée par des contacts anormaux où il ya la prédominance du trias.

c-La lame B3, est représentée dans son ensemble par des épisodes détritiques (micro-brèches et conglomérats) cette lame repose sur le sénonien exclusivement marneux.

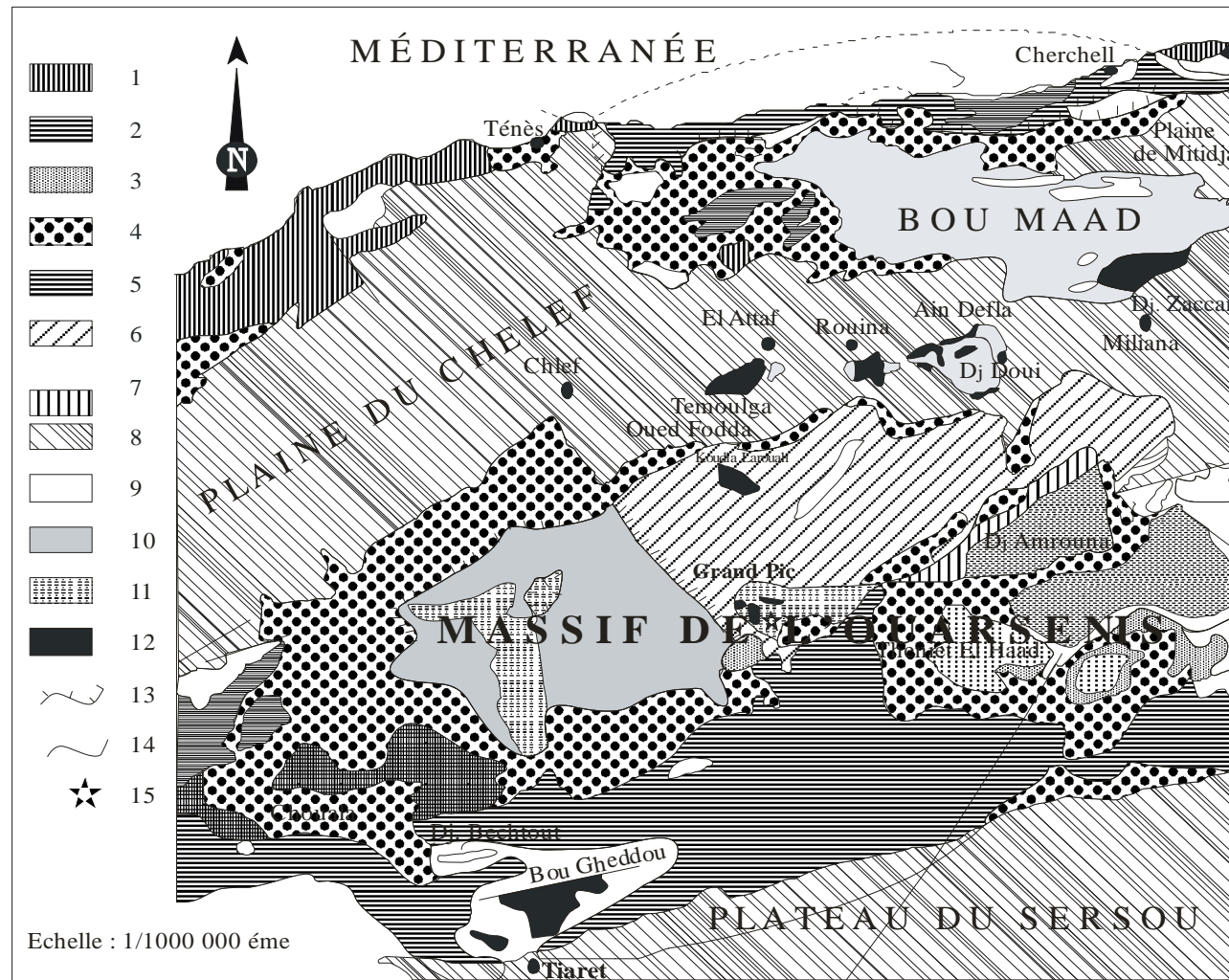
Dans l'Ouarsenis occidental cette nappe trouve son équivalence :

- Unités oligo miocene (B1)
- La nappe du Chouala (B2)
- La nappe senonienne (B2)
- Unité sénonienne superieure (B3)

Ouarsenis occidental	Ouarsenis oriental
Miocène	Miocène
Nappe C ou nappe numidienne	Nappe C
Unité sénonienne supérieure	Lame B3
Unité sénonienne- unité albosénonienne (A)	Lame B2c –lame B2 b
Unité des Chouala	Lame B2a
Unité oligo-miocène	Lame B1
Fenêtre de Bechtout (Miocène, jur, rhyolite)	Dj . Rhilès (miocène)

La nappe C

La nappe C est la plus individualisée que les autres unités dans le cadre stratigraphique que sur le plan tectonique, elle surmonte soit le crétacé supérieur de la nappe B soit l'autochtone, elle englobe des terrains méso tertiaires (crétacés oligocène et miocène) mais généralement les terrains oligocènes les caractérisent mieux. Cette étage est très représentatif dans la nappe B contrairement à la nappe B ou il est essentiellement marneux dans celle-ci est totalement numidien à faciès Gréseux



1)- Nappe numidienne, 2)-Nappe du flysch, 3)- Nappe sous-numide, 4)- Nappe épi-tellienne, 5)- Nappe sud-tellienne, 6)- Nappe infra-tellienne, 7)- Klippes sédimentaires, 8)- Formation post-Miocène, 9)- Miocène, 10)- Paléocène à Cénomaniens, 11)- Crétacé inférieur (Néocomien à l'Albien), 12)- Jurassique, 13)- Contact anormal majeur, 14)- Faille principale, 15)- Région d'étude.
 (De 4 à 7 représentent l'allochtone et de 8 à 12 l'autochtone)

Fig. 5 : Situation structurale de l'Ouarsenis (n Benhamou, 1996)

V- HISTORIQUE DES RECHERCHES

Le domaine tello-rifain et en particulier le massif de l'Ouarsenis a fait l'objet de nombreuses études (surtout descriptives) qu'il serait vain de les énumérer dans un rapide aperçu historique. Nous distinguerons schématiquement quatre grandes périodes reflétant des préoccupations et des orientations légèrement différentes (l'historique que nous allons entreprendre concerne surtout les terrains créacés. Pour plus de détail sur le Jurassique, je renvoie le lecteur à la thèse de Benhamou, 1996).

A- LA PREMIERE PERIODE:

Elle correspond sensiblement à la deuxième moitié du XIX^e siècle (1850-1902). C'est l'époque des grandes reconnaissances et des premières prospections géologiques. Elle est illustrée notamment par les noms de C. Nicaise, A. Pomel, E. Ficheur,...

En 1869, C. Nicaise a présenté pour la première fois un travail géologique dans la région de l'Ouarsenis, intitulé « Note sur la géologie du massif culminant de l'Ouarsenis ». Quelques années plus tard, A. Pomel a effectué une étude géologique sur les dépôts carbonatés du massif du Chélif ; il attribue au Crétacé inférieur ces calcaires que L. Glangeaud (1951) ait proposé un âge Jurassique. Il a réalisé en 1881, une synthèse géologique sur le Tell méridional et établit une carte géologique (au 1/800000) de l'Algérie. Cette carte montre bien les affleurements du massif de l'Ouarsenis.

Les recherches de E. Ficheur (1889), ont conduit à la définition des grands traits géologiques, stratigraphiques et orographiques de l'Ouarsenis. Cet auteur considéra le massif culminant comme étant un « îlot liasique » entouré d'une ceinture jurassique en supposant d'une phase érosive intense. En 1890, l'auteur apporte la première notion de l'existence de deux phases tectoniques ayant affecté le Tell. Il signale un soulèvement à la fin de l'Eocène moyen et des plissements au Miocène.

En 1900, l'auteur consacra son travail surtout au Crétacé inférieur, il ramassa de nombreux fossiles et admit l'existence, dans la région de Theniet El Haad, de Néocomien, d'Aptien et d'Albien. Il entreprit la description du Crétacé néritique fossilifère et décrivit de façon détaillée et minutieuse la coupe de l'Oued Kerkor (coin nord-est de la feuille de Theniet El Haad).

En 1890, J. Welsch, donna une description sommaire des terrains cristallophylliens primaires de la région occidentale de l'Ouarsenis. Dans ses travaux et sa thèse J. Replin (1895a, 1895b et 1896) a effectué des études géologiques et établira pour la première fois une synthèse cartographique de l'Ouarsenis occidental. Il apporte peu à la stratigraphie du Jurassique et confirma ainsi l'hypothèse du renversement de la série du Grand Pic. Il répète même textuellement les études établies par E. Ficheur et M. Bertrand sur l'Ouarsenis. Cet auteur publia en 1895, un important mémoire sur l'étude géologique (surtout sur le plan tectonique et stratigraphique) de l'Ouarsenis. La carte annexée à son ouvrage constitue le premier document géologique utilisable sur l'Ouarsenis. Il reconnaît, dans ce massif, une phase tectonique anté-aptienne et de légers mouvements entre le Sénonien et le Cénomaniens. L'auteur limite le Sénonien et l'Albien supérieur dans notre région d'étude et considéra le massif de l'Ouarsenis comme un anticlinal ou dôme dont la racine se situe au Grand Pic et dont l'effet des diverses forces a provoqués le renversement des couches.

Entre 1894 et 1925, A. Brives a réalisé des études géologiques sur le massif de l'Ouarsenis, annexées par des cartes géologiques sur les terrains tertiaires des environs d'Orléansville (Chélif) et a étudié, exceptionnellement, le Jurassique du massif de Koudiat Larouah. En 1897, l'auteur admet, au Nord de l'Ouarsenis, l'existence de deux séries de plissements : l'une anté-miocène et l'autre anté-helvétienne et post-chatienne.

En 1895, L. Gentil a donné des indications sur la minéralisation connue à cette époque. Il signale la présence, dans le massif de l'Ouarsenis, de calamine, hydrozincite, blende, galène, pyrite, barytine,....Sept ans plus tard (1902), l'auteur étudia rapidement les roches éruptives de quelques affleurements triasiques « diapiriques ». Il remarqua, en particulier, la position en klippe du Trias situé au Sud-Est de Theniet El Haad.

B- LA DEUXIEME PERIODE couvre en gros la première moitié du XX^e siècle et s'étend plus particulièrement des années 1902 à 1936. Là comme ailleurs, (à l'exception des travaux de Dalloni) la deuxième guerre mondiale marque une interruption des études scientifiques, mais les années d'après guerre sont les témoins d'une reprise générale des travaux géologiques :

Sur le plan structural, c'est à P. Termier (1906) que l'on doit la première notion nettement exprimée de l'existence de nappes de charriages dans notre région d'étude et dans

l'Afrique du Nord. Plus tard (1927), l'auteur abandonna ses premières conceptions (hypothèse nappiste) tout en écrivant : « L'hypothèse du charriage doit être définitivement écartée... ».

De 1922 à 1952, M Dalloni a été pratiquement le seul géologue qui ait parcouru la région de l'Ouarsenis. En 1922, à l'occasion de son travail sur la géologie du pétrole et la recherche de gisements pétrolifères en Algérie, cet auteur signala la présence des indices d'hydrocarbures, dans des affleurements triasiques, au environ de Theniet El Haad (Dalloni, 1922). Un peu plus tard (1936), l'auteur apporta des données paléontologiques nouvelles pour le massif de l'Ouarsenis d'où il cite pour le Néocomien une suite de genres de céphalopodes caractérisant presque exclusivement le Valanginien et en partie l'Hautérvien. Il attire l'attention sur le développement exclusivement large de l'Aptien et de l'Albien, qui en même temps ont des épaisseurs très importantes et contiennent de rares débris de céphalopodes (indéterminables). Il publia en 1936 une esquisse générale sur les premiers « matériaux pour l'étude géologique du massif de l'Ouarsenis ».

C- LA TROISIEME PERIODE s'étend pratiquement entre les années 1936 et 1960. Elle correspond à des études rentrant dans le cadre des monographies régionales. Cette période est illustrée, entre autres, par des études, surtout, stratigraphiques et structurales de L. Calembert, M. Mattauer et J. Polvêche. Dans cette époque, le Crétacé inférieur de l'Ouarsenis a fait l'objet de plusieurs notes et publications (Sigal, 1952 ; Magné, Polvêche et Sigal, 1955 et Polvêche, 1956). Ces dernières études ne modifient que fort peu la stratigraphie du Crétacé inférieur mais apportent surtout des renseignements d'ordre tectonique :

J. Flandrin (1948) avait entrepris l'étude de tout le Nummulitique algérien, parcourant les terrains tertiaires de la bordure sud-tellienne et du bassin du Matmata (environs d'El Melaâb). L'auteur ne peut décrire que quelques rares coupes, il intégrait néanmoins l'Ouarsenis oriental dans sa reconstitution paléogéographique.

L. Calembert avait commencé en 1936 des études plus ou moins détaillées sur la tectonique du massif de l'Ouarsenis. Une année plus tard, l'auteur publia deux notes (1937a et 1937b) consacrées à la situation des grandes lignes orographiques et à la stratigraphie de la région du Grand Pic de l'Ouarsenis. Les travaux de L. Calembert, aboutirent en 1952, à la

publication d'une importante monographie, exclusivement, consacrée au massif culminant et accompagnée d'une carte au 1/10,000^e. Il réalise des études stratigraphiques et tectoniques dans ce massif ainsi que des études de minéralisation. Il étudia la coupe du massif culminant de l'Ouarsenis et détermine des associations de Tithonidés, à la base desquelles, il sépare le Tithonien, le Berrriasien, le Valanginien et l'Hautérivien. Dans la même année, M. Dalloni publia un ouvrage (1952), dans lequel, il examina certaines coupes dans la partie occidentale de l'Atlas tellien et résuma ses conceptions tectoniques sur l'Ouarsenis.

Dans une série de publications s'échelonnant de 1925 à 1933, L. Glangeaud, a mis en lumière l'existence, en Algérie du Nord, de plusieurs unités paléogéographiques et structurales se succédant du Nord au Sud, parallèlement au rivage méditerranéen actuel. Ses études sont surtout d'ordre tectonique et tectonophysique. L'auteur subdivisa l'Atlas méditerranéen (Tunisie, Algérie et Maroc) en plusieurs zones paléogéographiques et structurales.

Vers la fin des années trente (1937, 1938 et 1939), G. Betier et d'autres, ont fournis pour le Tell algérien une série de publications et des cartes géologiques au 1/500,000 (accompagnées de notices explicatives). En 1937, G. Betier *et al* ont donné des observations et des remarques d'ordre tectonique sur la zone des flyschs albo-aptiens dans la région littorale algéroise.

Y. Gourinard (1952b), le premier a étudié attentivement les formations à la limite entre le Jurassique et le Crétacé inférieur où il détermine une faune exclusivement riche de Tintinidés. Il individualise le Tithonique et le Néocomien grâce à la découverte et la détermination de Calpionelles dans le massif de Koudiat Larouah.

Du 1953 au 1955, J. Magné a complété le bilan paléontologique de l'Ouarsenis par de nouvelles données et de sérieux résultats micropaléontologiques. Il examina les foraminifères de la collection de M. Mattauer. C'est grâce à ses déterminations que plusieurs séries marneuses ont pu être datées (du Bathonien et du Miocène inférieur). En 1955, G. Cheylan *et al* ont donné de nouvelles observations sur le flysch de l'Ouarsenis. Ils auraient reconnu des couches miocènes coincées dans le complexe schisto-gréseux au pied du Grand Pic.

Dans des notes préliminaires, affectant notre région d'étude, M. Mattauer décrit certains affleurements de l'Ouarsenis. Sur le plan structural, l'auteur découvre, en 1953 a-b-c, la présence de sédiments charriés dans l'Ouarsenis oriental. Dans la même année et en accompagnant avec A. Caire (1953a et b), M. Mattauer démontre que les nappes se sont mises en place durant le Miocène inférieur (nappes intra-miocènes).

Dans sa monographie régionale (1958) intitulée "Etude géologique de l'Ouarsenis oriental", l'auteur exposa des études stratigraphiques et surtout structurales dans le massif de l'Ouarsenis, il définit des unités structurales qui sont un autochtone (dans la région de Theniet El Haad), un complexe A considéré comme un para-autochtone ou autochtone et les nappes B et C allochtones. Dans sa description de l'Ouarsenis, l'auteur traite, rapidement, quelques coupes où affleurent les masses schisto-gréseuses à caractères flysch. Il note qu'il a rencontré de rares faunes dans ces dépôts dont il a pu récolter en quelques points et sur de très petites étendues. Il donne à l'épaisse série siliceuse à faciès flysch un âge compris entre le sommet de l'Aptien (Clansayésien) et l'Albien inférieur et moyen.

J. Polvêche travailla sur les terrains de l'Ouarsenis oranais, depuis le Paléozoïque jusqu'au Miocène. Il présenta une étude lithostratigraphique et surtout structurale, cet auteur, admis en 1955b que la masse principale de l'Ouarsenis oranais avait subi des déplacements tangentiels importants, il souligne la présence de chevauchements de sens opposés dans la couverture mésozoïque et cénozoïque. J. Polvêche présenta en (1956b) une note sur le contact crétacé moyen et supérieur dans l'Ouarsenis occidental. Il signale, dans son ouvrage publié en 1960, la présence d'une série schisto-argileuse (flysch) d'âge Albo-Aptien comme il note la présence exceptionnelle, dans le même cadre temporelle, des marno-calcaires dans l'unité des Chouala (Douar Rouabeh). Dans le même ouvrage, l'auteur caractérise le Crétacé inférieur de la région de Chouala (Ouarsenis oranais) où il distingue le Valangénien, l'Hautérivien, le Barrémien, l'Aptien, l'Albien inférieur, moyen et supérieur (Vraconien).

D- LA DERNIERE PERIODE s'étend dès 1967 jusqu'à présent. C'est l'époque de fines études biostratigraphiques et pétrographiques, rentrant, en particulier, dans le cadre des accords programmes (algéro-français, algéro-bulgare), des mémoires et des Thèses d'Etat. Elle est illustrée surtout par les noms de P. Tchoumatchenco et de M. Benhamou :

C. Augier (1967) réalisa une synthèse stratigraphique concernant la couverture mésozoïque des Hautes Plaines. Ses analyses basées, essentiellement, sur des corrélations d'ordre lithologique, lui ont permis de distinguer trois grands groupes d'âge Jurassique à Crétacé. Après son étude de l'Ouarsenis, cet auteur arriva de définir deux formations : la "Formation carbonatée de Bou Loual" et la "Formation des calcaires du Nador".

Vers les années soixante dix, J. Polvêche reprend ses études sur l'Ouarsenis. Dans une note publiée en 1972, l'auteur et ses élèves exposent leurs conceptions sur la géologie de l'Algérie septentrionale, leur mise au point a pour but explicite d'aider le géologue non averti à saisir clairement les problèmes posés par l'orogène nord maghrébin. Comme c'est une note de synthèse, une année plus tard (1973) J. F. Raoult a critiqué cette note (Delteil et al., 1972), tout en donnant des observations et des remarques sur la série lithostratigraphique et la position paléogéographique du "flysch" nord maghrébin.

S. Djillali change d'orientation d'étude on travaillant sur l'érosion dans la zone culminante le même souligne pour la première fois que cette région a été soumise à une intense érosion menaçant aussitôt les terrains agricoles, il réalisa une étude descriptive et analytique du processus d'érosion dans cette région , c'est cet auteur qui employa le terme des mouvements de terrain dans cette région pour designer des désordres des sols et des massifs rocheux, il alla même à réaliser des expériences avec les quelles il a pu expliquer comment ce fait la désagrégation mécanique sur les hautes altitudes, il dégageda ainsi une carte représentative des facteurs d'érosion dans la zone culminante.

A l'occasion d'un contrat signé entre le Service de la Carte Géologique de l'Algérie (Alger) et l'Entreprise d'Etat Technoexportstory (Sofia, Bulgarie) et lors des travaux sur le terrain de l'équipe de cette dernière en 1970, 1971 et 1972 en Algérie occidentale, surtout l'Ouarsenis, P Tchoumatchenco a récolté un grand nombre de brachiopodes qu'il a déterminé et décrit plus tard. Cet auteur élaborera en 1984 un schéma zonal, basé sur des brachiopodes d'âge Jurassique supérieur en Algérie nord-occidentale, il a fait également leur corrélation avec la zonation de brachiopodes en Bulgarie. En 1986, cet auteur étudia la répartition paléoécologique de cette faune dans notre région d'étude. Une année plu tard (1987) l'auteur a complété le bilan paléontologique de la région par de nouveaux taxes de brachiopodes et précise l'âge et le contexte paléoécologique des niveaux calcaires renfermant ces taxons, il signala la présence de huit nouveaux taxons dans l'Ouarsenis

(*Zeillerina slaimensis*, de l'agglomération de Slaïm dans le massif de Bou Rheddou au Nord de Tiaret, *Lacunosella bourheddouensis*, du nom de Bou Rheddou...).

En 1995, P. Tchoumatchenco *et al* ont publié une note sur la stratigraphie du Crétacé inférieur dans le massif de l'Ouarsenis et les Monts de Tiaret tout en créant deux nouvelles unités lithostratigraphiques : la "Formation flyschöide d'El Melaâb" englobant l'Aptien et l'Albien inférieur et celle "marneuse de Rhedadoua" qui englobe l'Albien moyen et une partie de l'Albien supérieur.

Lors de ces trentaines d'années, des géologues de l'Université d'Oran en collaboration avec d'autre français, ont effectué des études sur le Jurassique de l'Algérie du Nord, surtout dans l'Atlas saharien et le Domaine tlemcèzien, partiellement recouvrant le massif de l'Ouarsenis, ils ont fait des études approfondies, accompagnées par des travaux paléontologiques et biostratigraphiques. En 1991a et b F. Atrops *et al.* Ont publié une note et de nouvelles datations sur le Jurassique supérieur-Berriasien du Grand Pic de l'Ouarsenis. C'est grâce à ces nouvelles données biostratigraphiques (Ammonites et Calpionelles) et séquentielles que ces auteurs considèrent que la série du Grand Pic peut être comme une série de référence du Malm-Berriasien dans le domaine périméditerranéen occidental.

G-SUJET ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE

1- Objectifs de l'étude :

Parmi les préoccupations primordiales de la géologie moderne est la prise en compte des problèmes des risques naturels à cause d'une part de leurs impacts directs sur l'homme et d'autre part sur les infrastructures.

Les travaux antérieurs que se soient engagés dans la recherche industrielles (pétrolière et minière) ou scientifique ont abouti à une vue plus généralisée sur la géologie de la région tandis que en matière de risque les études demeurent modestes non seulement au niveau local mais à l'échelle régionale voire nationale.

Alors par le biais de cette présente étude on a essayé de traiter le risque d'éboulement dans une région avec des limites bien déterminées suivant un contexte géologique. la géologie spécifique du secteur d'étude nous inciter à récolter plus de données en matière de risques afin d'aboutir une analyse géostatistique des phénomènes.

2- Choix de sujet :

Les massifs de l'Ouarsenis ont pu, depuis longtemps, attiré l'attention des chercheurs par leurs particularités géologiques et structurales ainsi que des richesses minières que renferment ces massifs. A partir des sorties organisées pour la réalisation des mémoires de fin d'étude ainsi que des thèses d'état (Benhamou 1996); l'ensemble des chercheurs ont pu constaté que certains habitats éparpillés le long des versants du Grand Pic de l'Ouarsenis sont extrêmement exposés d'une part au risque d'éboulements qui constituent une menace perpétuelle pour cette population et d'autre part par le phénomène de glissement de terrain qui contraignent les gens à quitté leurs demeures récemment construites.

Dans cette région trois paramètres peuvent aggraver la situation :

- La morphologie spécifique de la région (pentes abruptes et reliefs escarpés)
- Nature lithologique compacte des séries qui constituent les sommets de ces points culminants.
- les terrains sur lesquels sont bâtis les maisons et qui pourront maintenir l'extension de la ville au futur, sont constitués essentiellement des terrains meubles qui au contact de l'eau devient instables.
- La proximité des agglomérations aux reliefs escarpés notant de plus qu'une totalité de population se repartît sur des zones à risques.

Tous ces éléments se sont réunis pour constituer l'un des attraits majeurs à l'élaboration de telle étude dans le cadre de prévention.

3- Outils et méthodologies :

a- recherches bibliographiques

-cartes topographiques :

Dans toute étude géologique, le géologue doit être mené d'un fond topographique qui constitue la base du travail. La réalisation de cette étude a nécessité l'utilisation pratique des cartes suivantes :

- Meddad et Bordj Bou Naàma (ex Molière) dont l'échelle est 1/50000^e
- quelques levés topographiques réalisés par les cadres de la société nationale SOMIBAR 1/10000^e
- Atlas interactive Encarta 2006.

- Cartes géologiques :

Parmi les cartes géologiques auscultées on note celle de M. Mattaeur 1958, les cartes annexes des travaux de L. Calembert 1952 et M. Dalloni 1936.

-Ouvrages et thèses :

Les références de bases que nous avons consultées sont celles de Mattaeur (1958), M .Daloni (1952), L. Calembert (1952) celle de Polvèche (1960) .Enfin celle de Benhamou 1996 et quelques notes et publications de Tchoumatchenco et Krishev (1992).

-Outils divers :

Parmi les moyens qui nous a facilité la tâche on note l'utilisation pratique de la boussole dans le terrain et quelques logiciels tels : mapinfo, arcview et corel draw. Notre travail serait de haute précision si nous nous sommes disposés d'un appareil GPS malheureusement.

b-Le travail sur le terrain :

L'étude d'investigation menée sur terrain était consacrée essentiellement pour déterminer les paramètres suivants :

Pour les éboulements.

- nature lithologique des différents blocs détachés.
- valeurs dimensionnelles de ces blocs.
- localisation par rapport au point de départ (source nourricière).
- Suivre les fissurations d'origine tectonique et d'origine mécanique

Pour les glissements de terrains

- localisation du phénomène.
- Les dimensions géométriques (longueur, largeur et différence d'altitude)
- Les niches de décollement valeurs calculées à partir des surfaces d'escarpements
- la nature des terrains affectés.

Pour les effondrements,

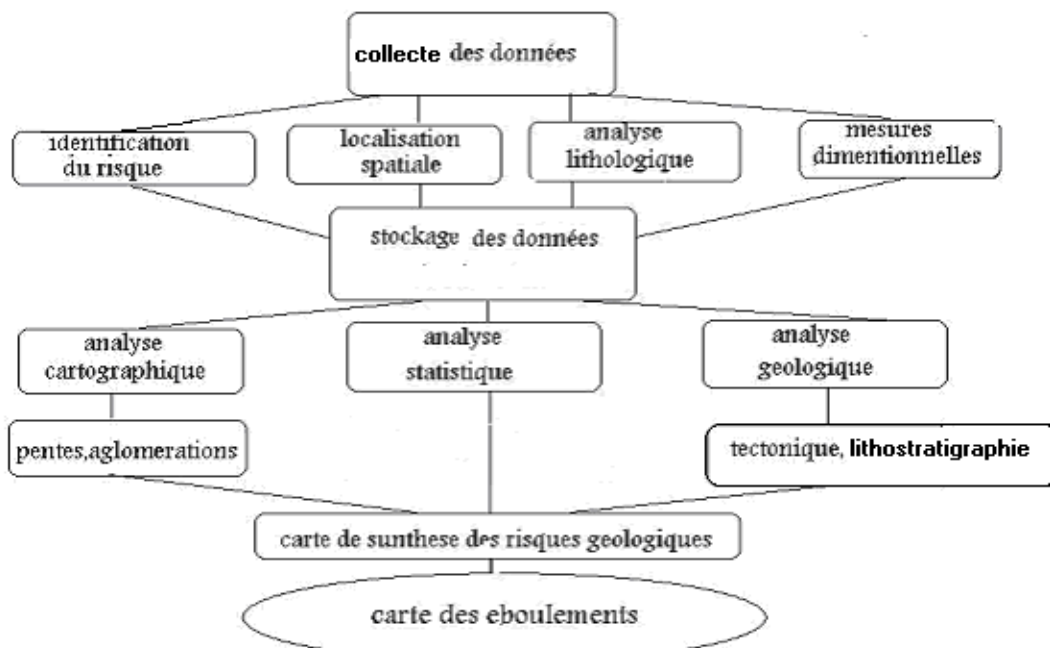
- cartographier les anciennes mines qui ont été le siège d'une exploitation
- vérifier les types d'effondrement (Kastiques ou due une galerie d'une mine délaissée.

La sommation de ces paramètres mesurés constitue une base de données géostatistique pour le traitement au laboratoire.

c- Le travail au laboratoire:

Après avoir stocké toutes ces données le découpage spatiale de la zone d'étude nous a permis de classer ces lieux suivant l'intensité du risque qui s'achèvera par l'élaboration d'une

carte de synthèse du risque géologique qui sera d'une utilité primordiale pour la réalisation de la carte des éboulements dans la région de l'Ouarsenis ainsi que d'envisager des plans de prévention de risque.



Plan montrant la démarche de l'analyse géostatistique

Deuxième chapitre

**DONNES PRELIMINAIRES DE
TERRAIN**

I- STRATIGRAPHIE (FIG 6):

A- Aperçu lithostratigraphique :

Les terrains sédimentaires les plus récents dans la région de l'Ouarsenis sont datés d'âge triasique, que trouve-t-on sous le trias ?

1- LES TERRAINS ANTE-TRIASIQUES :

De notables affleurements du Primaire n'affleurent que dans « les Massifs du Chélif », dans tout l'Ouarsenis. Ces terrains n'apparaissent qu'à l'état de lambeaux exigus, parfois ces blocs peuvent être emballés dans le complexe triasique. Ces terrains renferment :

- le granite semble aussi former des filons dans les gypses, il est représenté par de belles roches à texture porphyroïde avec une légère altération à la surface, même à l'œil nu ils se montrent écrasés et passent à des mylonites.
- au même gisement des roches gneissiques peuvent être observées, il s'agit des granites ou des diorites vertes noirâtre extraordinairement laminés, c'est à ce niveau que l'éclogite de l'oued Tamaleht qui sont classées dans les séries gneiss amphiboliques, il est important de noter aussi l'existence des schistes que Ficheur les a attribuées au silurien cependant Pomel les a replacées au crétacé inférieur.

2- LES TERRAINS TRIASIQUES :

Le Trias de l'Ouarsenis n'a pas fourni de fossiles. Cependant les matériaux qui constituent ces affleurements sont les mêmes et identiques à ceux du Trias le plus typique.

Ce complexe triasique renferme :

-les cargneules formant des amas considérables de roches rousses jaunâtre scoriacées qui s'associent à des masses de gypses compacts et saccharoïdes qui passe à des anhydrites et peuvent être parfois associés à des argiles rouges ou bigarrées, le calcaire jaunes gris à bancs minces fortifie la ressemblance de cette série avec celle du Keupper classique.

-des calcaires massifs magnésiens et des dolomies typiques noirs très blanches qui peut représenter le Muschalkalk.

-des sels de soude et de magnésie imprègnent le trias.

-des roches caractéristiques du trias leurs teintes brunâtres avec un aspect brechiques et des minéraux secondaires d'origine probablement, il s'agit de pyrite de fer, soufre, barytine et de la calcite.

Le trias de l'Ouarsenis dans sa totalité est représenté par des gypses et cargneules qui constituent des coupes pelées arides, au sol raboteuse, les calcaires et dolomies sont emballés au milieu de ces roches.

3- LES TERRAINS JURASSIQUES (FIG 8 et 9):

Ils forment en quelque sorte l'ossature de l'Ouarsenis. Leurs affleurements n'apparaissent que dans des zones bien localisées. Dalloni (1936) les a décrits comme étant des îlots émergeant au milieu du Crétacé. Contrairement à ce que pensaient les premiers explorateurs de la région que les terrains jurassiques étaient représentés seulement par deux étages (lias et oxfordien). Toute la série du jurassique est présentée dans ce secteur et exclusivement dans le Grand Pic (Kef Sidi Amar).

Pour la revue de référence, je renvoie le lecteur sur les travaux de Mr Benhamou (1996), cette succession montre 5 formations bien distinctes allant du lias inférieur au callovien séparées par des discontinuités de différent ordre (**FIG 08**).

a. la formation carbonatée de Kef Sidi Amar : représentée essentiellement par un faciès carbonaté, elle peut être subdiviser en trois membres morphologiquement et lithologiquement différent : -faciès dolomitique sur lequel repose le Marabout de Sidi Amar appartenant au lias inférieur surmonté par un membre calcaro-dolomitique, au dessus de ces membres viennent des calcaires compacts oolithiques constituant l'escarpement du Grand Pic.

b. formation des calcaires de Djorf Touka : il s'agit d'une puissante formation carbonaté d'ordre métrique refermant des calcaires gris agencés en strates brechiques chenalisées , ils sont cimentés par un liant argileux verdâtre surmonté par un mince niveau de micrite bioturbée. Les chenalisations sont surmontées par cinq bancs lités à surface ondulés.

c. la formation marno-calcaires de Trig Sidi Amar

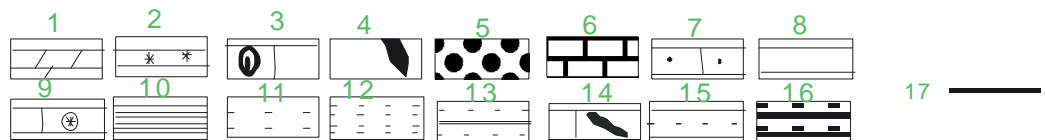
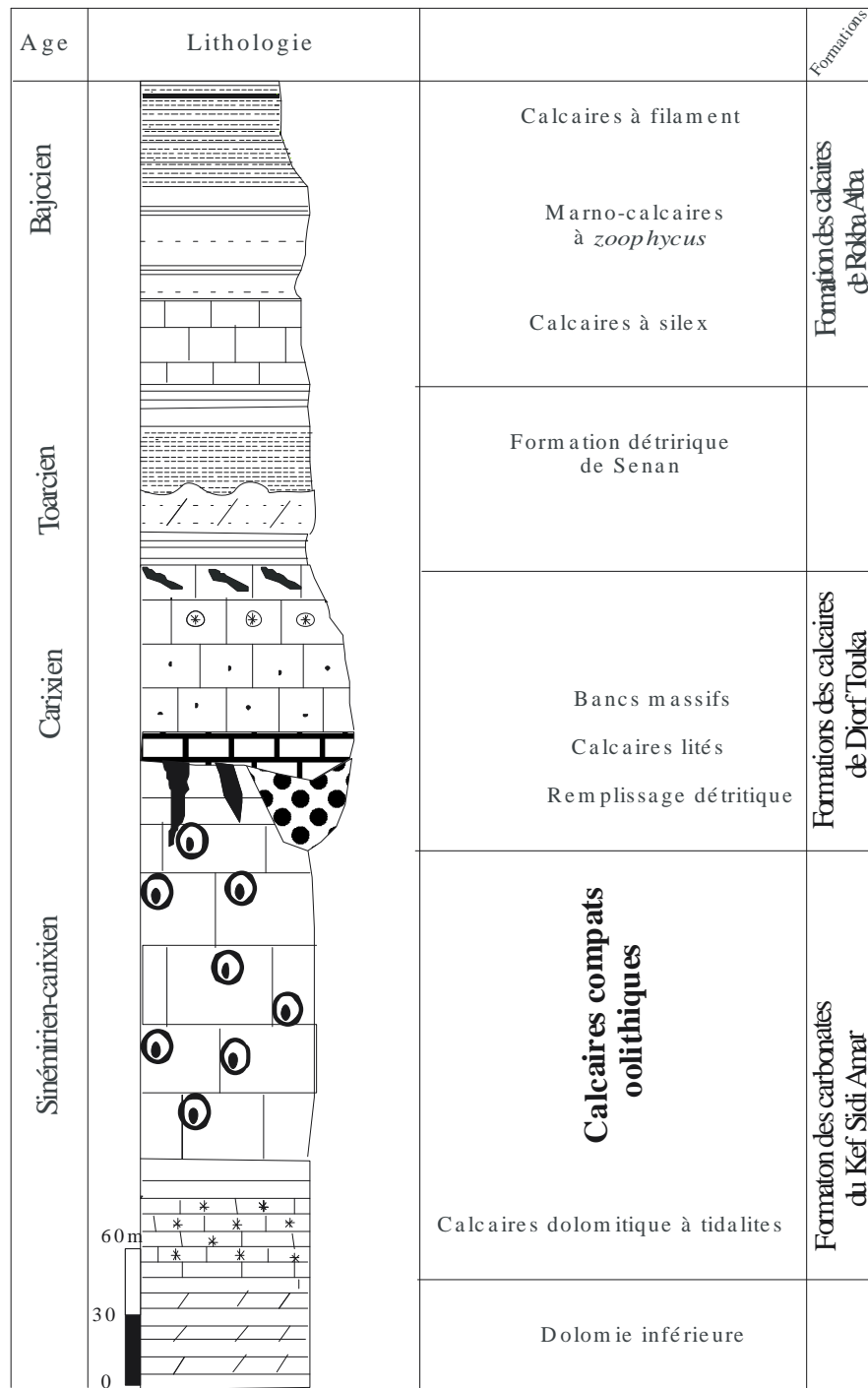
Cette formation comprend trois ensembles : -une alternance marno-calcaire à brachiopodes.

-cinq niveaux de calcaires spathiques rosâtres en bancs décimétriques

-un banc massif rougeâtre à rosâtre.

d. la formation détritique de Senan : Dans sa totalité cette formation regroupe deux ensembles : -un ensemble massif de calcaires gréseux de quelques centimètres d'épaisseur et d'une couleur grise sombre. -une vire de 2m refermant aussitôt des alternances de grés et des niveaux de marnes gréseuses.

e. la formation des calcaires de Rokbat Aatba. : ce sont des calcaires gris à silex épais de 12m agencés en bancs ondulés. Toutes ces formations sont renversées pour dresser une coupe il faut il fallait sortir de l'ordinaire la base de la coupe dont l'âge est liasique se trouve à une altitude de 1985 cependant les alternances marno-calcaire du néocomien existe tout près de la route qui mène vers le chantier de la mine de Somibar à une altitude de 1200m.



Formations des carbonates du Kef Sidi Amar: 1- Dolomies inférieures 2- Calcareo-dolomies à tidalites 3- Calcaires compacts oolithiques 4- Fissures karstiques
 Formations des calcaires du Djorf Touka: 5- Remplissage détritrique 6- Calcaires sombres lités 7- Calcaires massifs à finifères
 8- Calcaires à grands bivalves 9- Calcaires biodétritiques à Chaetides formation marno-calcaire de Trig Sidi Amar: 10- Alternances marnes et calcaires biodétritiques à brachiopodes
 formation détritrique de Senan : 11- Grés grossiers massifs à foreset à grande taille - 12- grés fins à bois flotté
 13- grés fins argileux formation des calcaires de Rokba Atha: 14- Calcaires à silex- 15- marno-calcaires à zoophycos- 16- calcaires à filaments
 17- Discontinuités majeure.

FIG: 08 Les principales formations jurassiques de l’Ouarsenis d’après Benhaou 1996

f. la Formation des calcaires rognonneux d'Ain el Hamra (Tchoumatchenco et Khrichev, 1992): c'est un ensemble d'âge Oxfordien ;

g. la Formation des calcaires de Slaïm (Tchoumatchenco et Khrichev, 1992): elle est d'âge Kimméridgien ;

h. la Formation des marnes d'Ain Gnega (Tchoumatchenco et Khrichev, 1992): Elle a un âge Tithonique inférieur et englobe, parfois, une partie du Kimméridgien ;

i. la Formation carbonatée de Bou Rharda (Tchoumatchenco et Khrichev, 1992), d'âge Tithonique supérieur.

4- LES TERRAINS CRETACES :

a- le néocomien : On a vu que durant le jurassique la sédimentation était essentiellement carbonatée avec de rares intercalations détritiques d'une part et marneuses d'autre part.

Cette sédimentation se poursuivait sans changement appréciable au cours du *Néocomien* (Valangénien à Hauterivien) de sorte qu'il est impossible de la séparer avec celles de la fin du jurassique. Cependant au sommet du *Néocomien* apparaissent de nouveaux faciès ce sont des intercalation marneuses ou schisteuses qui ne se développent qu'au *Baremien*.

L'épaisse série marno calcaire dans le massif culminant de l'Ouarsenis caractérise très bien le néocomien ; il s'agit d'environ 150 m de calcaires sublithographiques à grains noirs et à patine claire en bancs bien réglés de 20 à 50 cm d'épaisseur avec de minces intercalations marneuses. Le néocomien paraît très complet cependant l'Hauterivien n'est pas marqué en effet les périteux et les calpionnelles ne permettent pas d'individualiser l'haüterivien, quelques auteurs tel Durand Delga précisent que en Afrique du nord les faciès à calpionnelles (*Calpionella Alpina*) ne dépassent guère le Valangien ; le terme du néocomien d'après L.Calmbert englobe par conséquence le Valangien, Baremien et haüterivien inf au moins.

Le même âge du massif d'Ain Nessour versant est grand pic et Sra Abdelkader ont une puissante réduite qui ne dépasse pas les 50 à 70 m, cependant elle est totalement absente au niveau de Belkheiret, Rokbat Atba et Bou Maalah. Ce qui a permis à cet auteur de penser qu'il s'agit d'une lacune sédimentaire.

b- Albo-aptien :

Les auteurs anciens qui ont parcouru la région de l'Ouarsenis dénomment l'énorme série marno-calcaires schisteuse et parfois gréseuse et quartzitique « *Flysch albo-aptien* ».cette formation constitue une importante masse sédimentaire qui entourent les éléments jurassiques de tous côtes.

La stratification apparaît bien clairement, de petits bancs quartzitiques avec une allure ondulé très variable.

Les schistes noirâtres altérés en gris ou en brun contiennent d'abondants nodules ferrugineux intercalés parfois par des filons de quartz. Sur tout le périmètre de notre secteur d'étude localement sur le flanc ouest/ nord ouest du grand pic, au pied du massif de Bou Maalah, versant NE de Batha, au sud du massif de Belkheiret et le long de la route de Hammam Sidi Slimane des bancs de grés quartzitiques à cassure brillante à poussière ocrée dont la puissance varie de 1 m à une dizaines de mètres surgissent des schistes à faciès flychoïde. Au niveau de Rokbat Atba « Calembert à recueilli des orbitolines dans des poudingues quartzitiques. Dans la partie septentrionale le même massif le même auteur a pu trouver des coquilles des huîtres indéterminables ainsi que d'autres tests de bélemnites et des tiges de crinoïdes. Toutes ces caractéristiques réunies dans cette série peut constituer éventuellement des preuves lithologique ment incontestable pour le terme du *Flysh albo-aptien*. Le dépôt de ces flyschs témoignent d'une sédimentation active sous une mince tranche d'eau et qui à couvert localement presque toute la région cependant l'existence de quelques niveaux conglomératiques démontrent la présence des reliefs liasiques émergés.

Le crétacé moyen et supérieur est représenté dans sa totalité par des dépôts peu profonds à profonds le plus souvent marneux à quelques intercalations de bancs de calcaires et des dépôts détritiques moins importants.

5- LE CENOZOIQUE :

Comme dans les régions proximales des bassins telliens pendant le tertiaire les dépôts de la région sont représentés essentiellement par des marnes en exception de la période qui s'étale du paléocène au éocène inférieur et qui est marquée par des alternances marno-calcaires à des passages parfois grésoglaucieux. Dans la partie orientale de l'Ouarsenis Mattaouer désigne sous le terme de l'oligocène à faciès numidien une puissante série gréseuse de 500m, sans trace de calcaire avec une série argileuse de base interrompue par quelques intercalations grés-quartzitiques et calcaire béchiques. Le miocène inférieur représenté dans sa base par des conglomérats gréseuses se jalonne par une bonne série de marne grise. Dans le miocène supérieur le faciès marneux se continue et ne distingue à celles du miocène inférieur que par la microfaune, ces marnes passent au dessus à des grés.

6- Pliocène et Quaternaire

En raison de la régression de mer vers la fin du miocène ainsi qu'une érosion intense qui a disséqué le tell méridional les dépôts plio-quaternaire ne sont formés d'ailleurs que par des placages cailloutis (Mattaouer 1958)

II- Contexte morphologique et Tectonique (FIG 6 et 8):

Pour mieux cerner les phénomènes envisagés il fallait bien étudier les diverses unités structurales et géologique de la région : Rokba Atba ; Sra Abdelkader ; le Grand Pic ; le massif de Belkheiret.

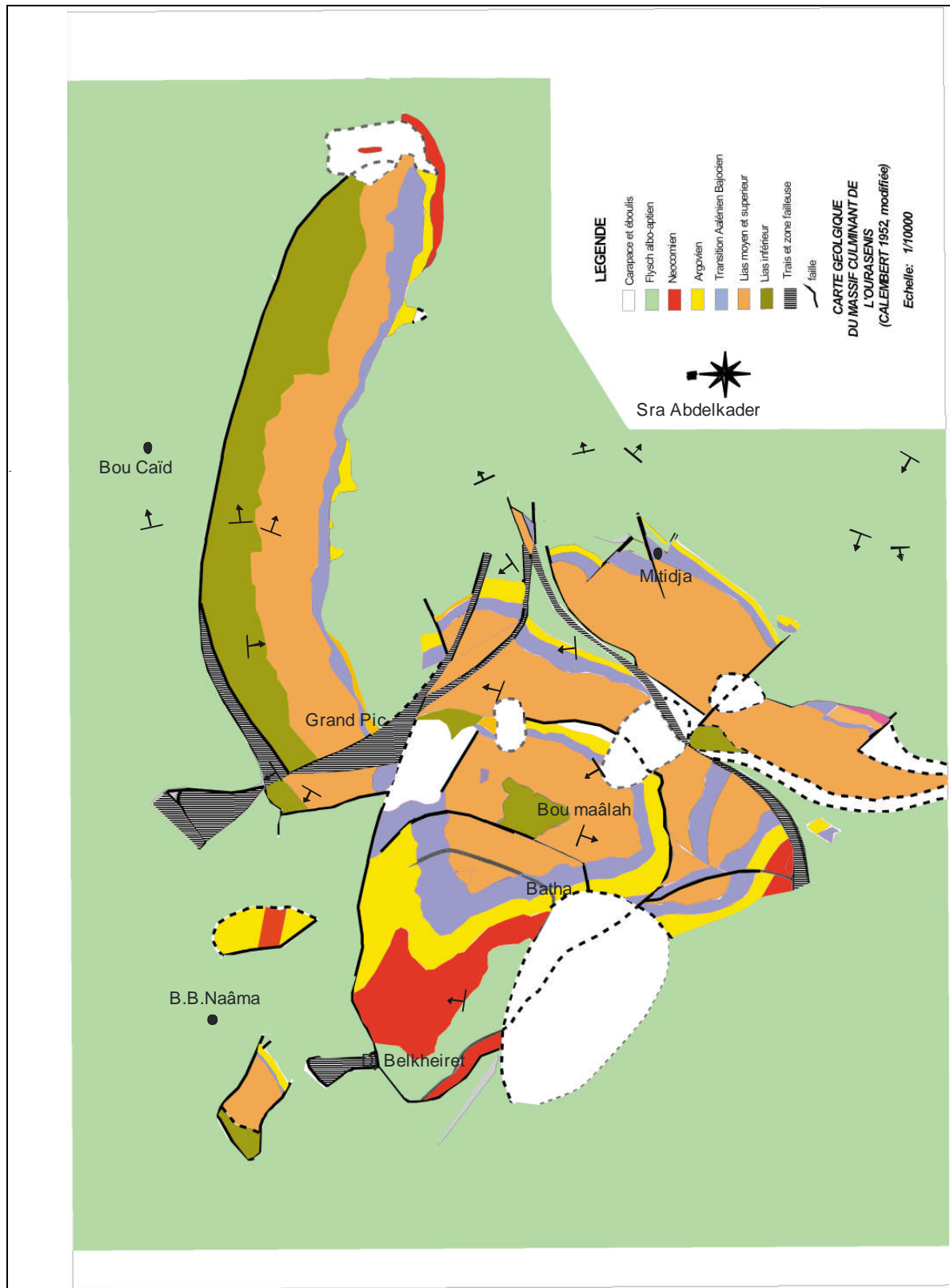


Fig.9: Carte géologique de la zone culminante de l'Ouarsenis d'après Calembert (modifiée).

A- Rokba Atba (FIG 8):

Cette unité est bien distincte sur la carte géologique, elle se localise au nord ouest du massif culminant central sur 2500m². Elle surgit au milieu du flush albo-aptien avec l'aspect d'un cône. Sa partie méridionale est formée essentiellement par des assises liasiques atteignant parfois le sommet de 1250m d'altitude .Sa partie septentrionale est fortement dolomitique .

Les formations du Dogger et du Malm sont orientés *N/60°/E* avec une inclinaison moyenne de *70° SSE* cependant sur le coté Nord Est une faille de direction *N/40°/W* avec une inclinaison d'ensemble vers le *NE* séparant les couches jurassiques au flysch albo-aptien.

Au Nord Ouest de Rokba, cette faille s'incurve et prend une direction *NE/SW* et recoupe successivement les couches calcaro-dolomitique de la base du Lias. Cette faille contourne entièrement la zone dolomitique qui termine Rokba vers le Nord Ouest.

-Il est important de retenir que sur les contrebas de ce massif se niche quelques ouvrages et infrastructures récemment bâtis et tout autour existe une population moins dense que dans la région de Bou Caïd.

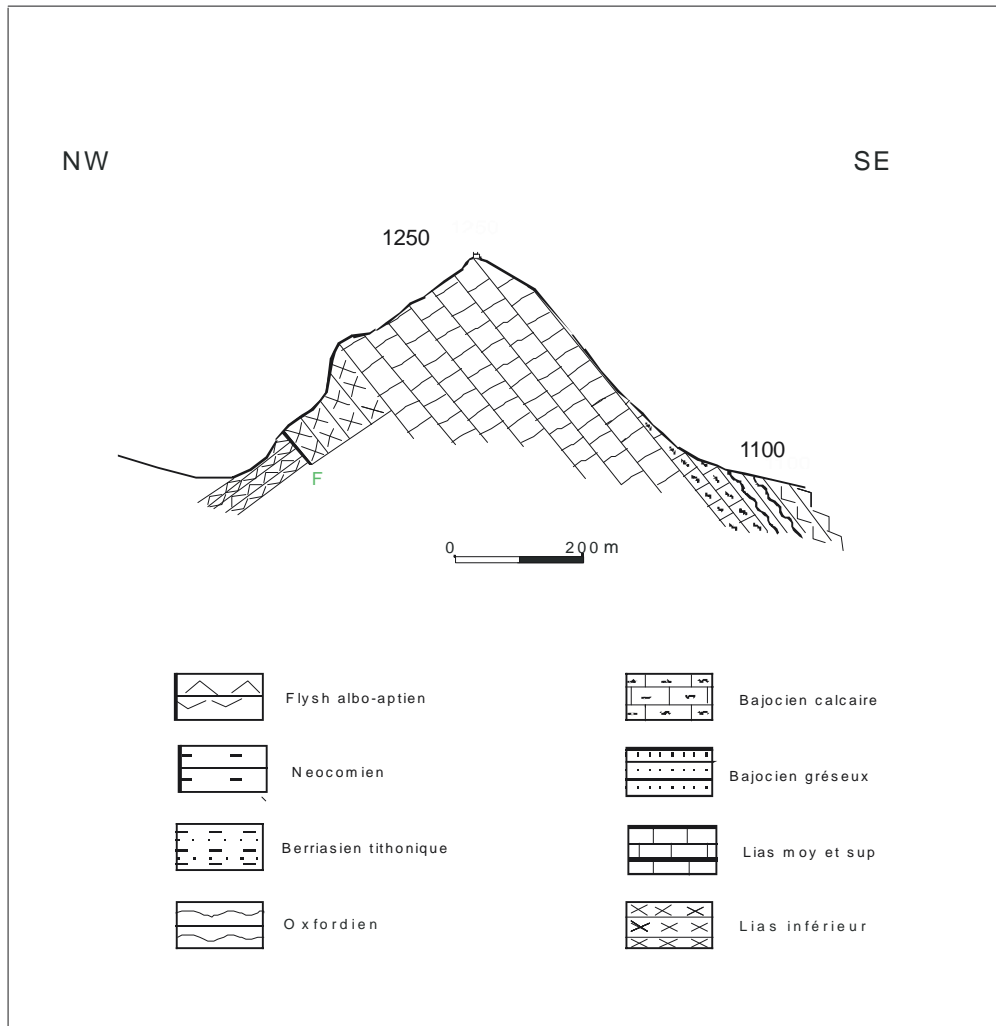


Fig10: Coupe de Rokba le Atba

B- Sra Abdelkader (FIG 6 ,9 et 10) :

Ce massif est l'une des unités les plus importantes de l'Ouarsenis, il est courbé en grand arc concave vers le sud.

Le Sra Abdelkader est constitué dans son axe par une formation calcaire compact de l'infra Lias suivie parallèlement par une autre puissante formation d'âge Lias moyen à supérieur

dont le faciès est toujours carbonaté constitué essentiellement par des calcaires blanchâtre à grisâtre et l'ensemble est très incliné.

De l'extrémité occidentale où les couches sont dirigées *ENE/WSW* et plongent de 70 à 85° vers le nord, elles se courbent dans la partie orientale et inversant le sens de leur inclinaison pour redevenir *EW* avec un plongement de 80° vers le sud.

Il est important de noter que les formations post liasiques se montrent nettement plus puissantes, elles atteignent les 100m.

La sierra est interrompue brusquement dans sa partie ouest par une haute paroi calcaire ; elle correspond à la lèvre orientale d'une zone failleuse de direction *N/30°/W* qui s'élargit vers le col de Senan (Fig 9).

Dans cet endroit, et avec une superposition concordante des dolomies du lias inférieur et les bancs liasiques, ces formations ont une orientation *N/70°/E* avec une inclinaison vers le *NW*.

Dans son extrémité orientale la sierra se termine aussi brutalement qu'à l'ouest par une paroi rocheuse taillée à pic .Toute cette partie est masquée au plan méridional par un paquet des calcaires à silex ainsi que des marno-calcaire du Malm qui affleure en ordre normal et s'incurve vers le Nord Est .Cette vue se confirme par le Néocomien à faciès marno-calcaire qui affleure au delà de la piste de la mine de Sidi Belabès.

De son côté Calembert 1952 souligne un évènement qui attire notre intérêt, un paquet de roche puissante de plusieurs dizaines de mètres cubes refermant des calcaires à silex s'est détaché du massif de son extrémité orientale (FIG 10) pour se trouver à une centaine de mètre en bas heureusement aucune victime n'a été signalée.

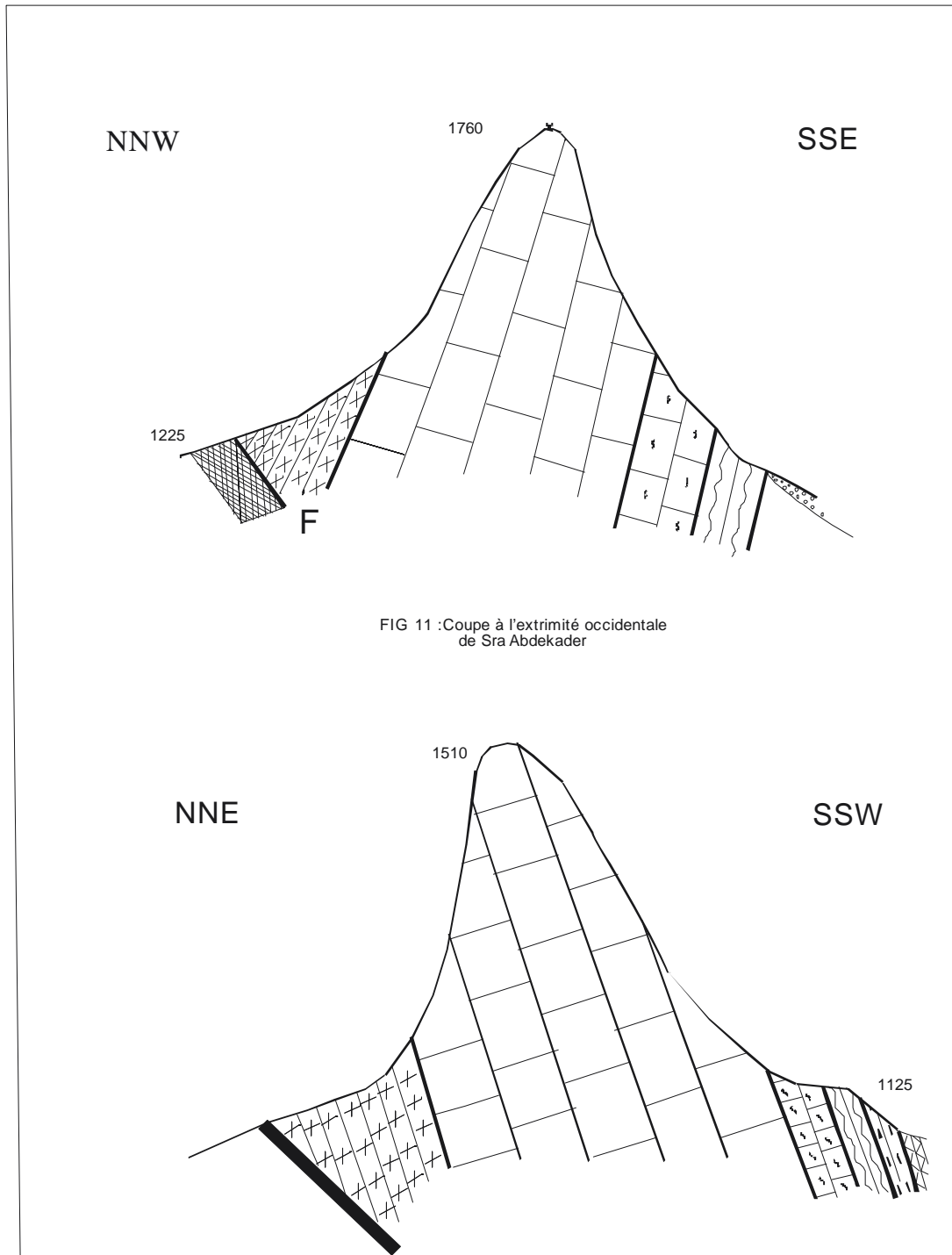


FIG 11 : Coupe à l'extrémité occidentale de Sra Abdekader

FIG12 : Coupe à l'extrémité Est de Sra Abdekader

C- Le Grand Pic (FIG 11)

Cette importante unité structurale de l'Ouarsenis occupe une position centrale et les dépasse les autres entités géologiques en altitude. En effet , son altitude de 1985 est d'autant la plus importante de toute l'Algérie occidentale.

La partie culminante de ce massif comporte une puissante série dolomitique et calcaire appartenant au formation de Kef Sidi Amar (Benhamou 1996) avec une puissance qui dépasse les 300m les couches sont légèrement inclinées dans l'angle Nord Est.

Dans sa partie occidentale et au dessus du plateau sidi Ali Moussa les bancs marno-calcaires s'orientent E-W avec un faible pendage vers le nord en direction du village minier de Bou Caïd.

Les bancs rognonneux rouges sont orientés EW avec inclinés 20° vers l'est et cela est de même pour les cordons du silex du bajocien.

La puissance masse retournée du Gand Pic repose sur les deux épaisses barres rocheuses du bajocien qui surplombent le plateau de Ain Mora ainsi que les agglomérations sud du village minier.

Deux accidents affectent le massif de Sidi Amar.

-accident qui se présente comme une faille dirigée approximativement *NNE/SSS* incliné de 50° à 60° vers l'est.

-accident oriental affleure dans un ravin qui entame sur toute leur hauteur les assises du dogger et lias.

Sur son versant est et vers la grande dépression de Mitidja, le long du sentier de ceinture qui longe ce massif on rencontre des dolomies cargneules du trias qui laisse place vers le sud à des roches calcaires du lias.

Couches jurassiques s'incurvent progressivement pour devenir *N-E SW* aux environ de Ain Seban avec une inclinaison de 20° à 45° .

Dans sa partie méridionale, la série renversée allant du lias moyen jusqu'au malm se présente en couches dirigées *N/50°/E* puis *EW* et plonge à 30° vers le nord.

La série est nettement complète sur le versant nord ouest de ce massif passant par l'arrête de la croupe de Sidi Ali Moussa et jusque le sommet (le marabout de Sidi Amar). Sa puissance est de l'ordre de 800m inclinés généralement vers l'est (c, à, d vers l'axe du massif) cependant les couches néocomiennes qui succèdent en concordance les flyschs albo-aptien. Ont une direction *N30°E* , *NS/30°/E* ou bien *N/30°/N* , *30°/NE*, tout au sud le flanc nord des couches bajociennes est totalement redressé tandis que le flanc sud a une direction *N/10°/W* avec un pendage presque vertical qui reprend vers le sud une allure calme *N/20°/W* plongeant à 20° *E*.

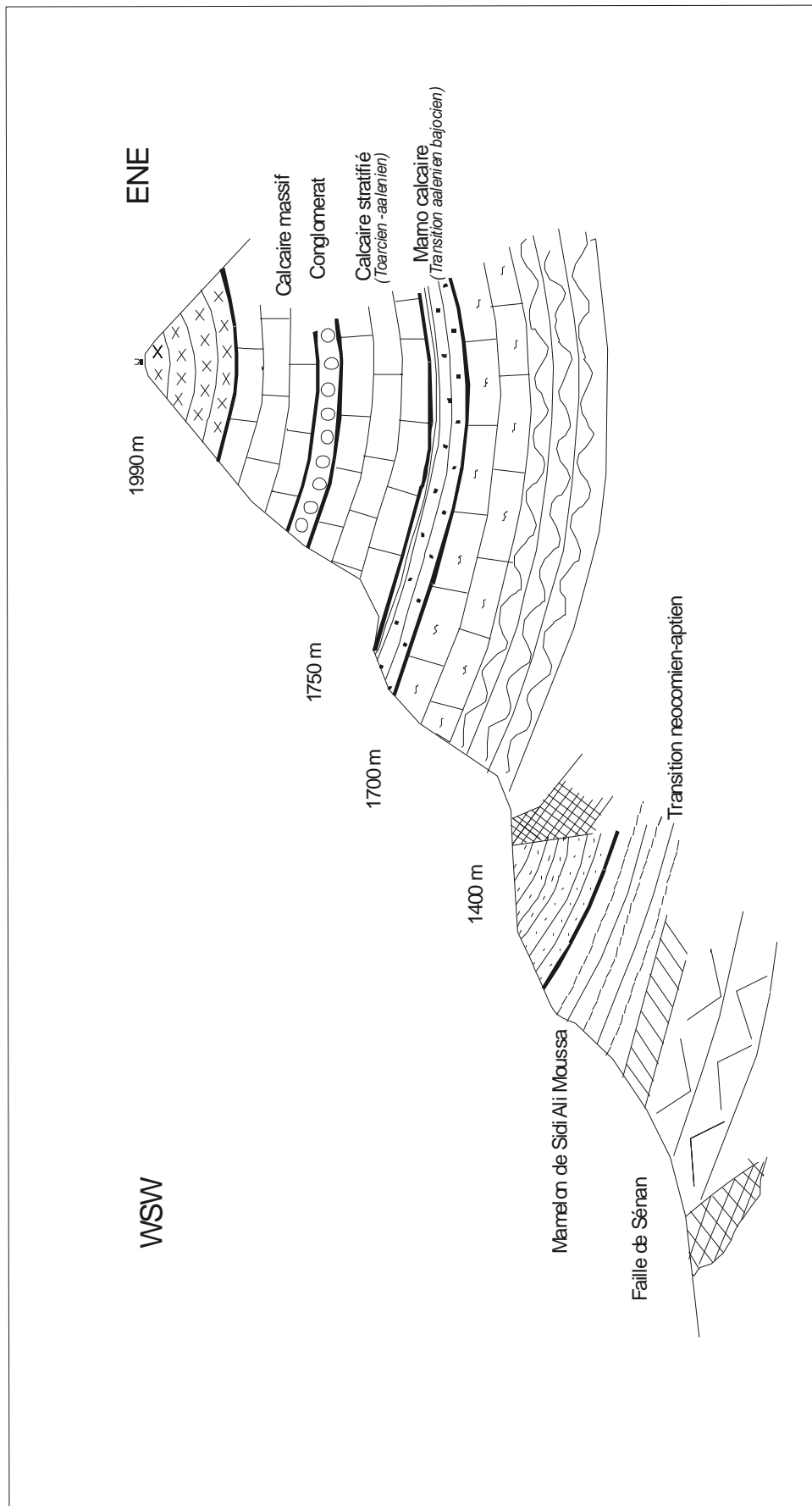


Fig 13: Coupe ENE-WSW sur le versant occidental du Grand Pic

Cependant au nord de ce versant la série concordante allant du lias jusqu'au malm est représenté essentiellement par des calcaires et des marnes à petits niveaux orientés NS avec une inclinaison modérée qui se redressent vers le *SE* avec des pendages plus accusés de **40°** et même **50°**.

Au pied du Grand Pic, sur plateau de Sidi Ali Moussa les schistes albo aptien sont recouvertes par une sorte de carapace formée essentiellement par une brèche de pente avec un inclinaison modérée de l'ordre de **10°** vers l'ouest, dans la partie du même massif cette carapace s'étend sur plus d'un km carré, elle est plus ou moins cimentée et disposé en strates rudimentaires puissantes d'environ un mètre, il est important de noter que la lithologie de la majorité des blocs examinés sur ce plateau et tout près de l'hôpital de Bordj Bou Naama viennent de cette carapace.

D- Djebel Belkheiret (FIG 8 et 11) :

Ce massif comprend trois compartiments :

- Belkheiret représenté essentiellement par du calcaire liasique longeant la ville de Bordj Bou Naâma à l'ouest et les agglomérations du Douar Kaâbria à l'est.

- Djebel Fartas et Batha, ces deux satellites constituent le prolongement de ce massif vers le Nord, ils sont séparés du Grand Pic par un col dénommé Roubia, le versant est de ces deux massifs un intensément peuplés.

Le faciès est toujours le même dans cette partie de la zone culminante, il s'agit toujours des couches du calcaires liasiques avec un alignement *NNO, SSE* avec un pendage qui varie d'un point à l'autre de **80°** à **70°** mais généralement vers l'ouest.

La partie méridionale est jonchée par une faille de direction N 80° avec un pendage 80 vers le nord.

III-Les données climatique :

Les principaux phénomènes météorologiques qui influent directement sur le milieu physique sont surtout thermiques et pluviométriques.

A- variations thermiques :

Pour apprécier les phénomènes directs du grand froid de quelques semaines de l'hiver ainsi que les grandes oscillations quotidiennes, il fallait consulter le grand nombre de données.

L'examen de quelques statistiques disponibles nous a révélé que les températures moyennes mensuelles de novembre à avril sont moins à la moyenne annuelle et de mai à octobre ces

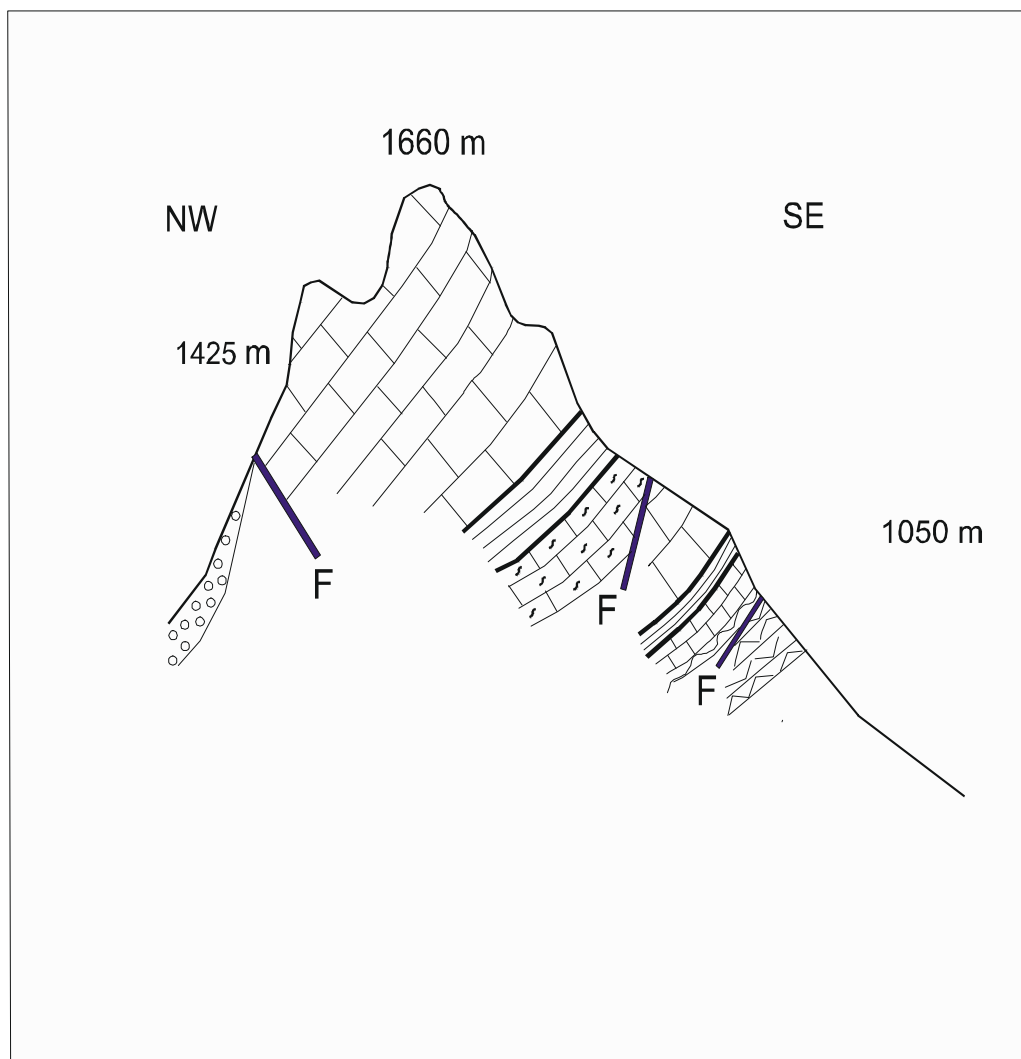


Fig 14: Coupe transversale du Dj Belkheiret

moyennes sont plus supérieures à cette moyenne, ce qui permet d'envisager qu'il y a deux saisons bien distinctes séparées par deux courtes périodes. Aussitôt l'amplitude des températures des mois les plus chauds et ceux les plus froids atteignent parfois les 10° et s'approchent parfois de 20° dans certaines localités.

1- la saison froide

Durant cette saison, on note une basse température pendant trois mois consécutifs : décembre, janvier et février, cependant les valeurs de novembre et de mars ne sont pas atténuées, dans cette partie du Tell elle ne dépasse guère les 10°.

Au cours de ces trois mois ces amplitudes sont souvent très fortes de 5° à 15° voire même 20°, avec un minimum inférieur à 0°.

Ces oscillations thermiques sont nécessairement plus accusées pour entretenir le dégel relatif pendant la journée, néanmoins il est important de noter que le nombre où les gelées blanches sont assez fréquents est de l'ordre de 15 à 30 jours par an, durant la saison froide avec un maximum en décembre et janvier généralement qui représente à lui seul 1/3 du total annuel.

Ainsi durant la même saison de fortes oscillations thermiques sont très fréquents avec parfois de basses températures inférieures généralement à 0° qui s'allongent sur de longs mois et principalement sur les hautes altitudes représentés essentiellement par des séries de calcaires à divers plans cela s'accompagne nécessairement d'importants phénomènes.

2-la saison chaude :

Les maxima moyens restent respectivement supérieures à 17° les extrêmes de l'Ouarsenis sont relativement moins élevés par rapport aux zones avoisinantes (Asnam et El Attaf > 42°) la température n'atteint pas les 40° qu'au juillet et août.

B-la pluviométrie (FIG 13 et 14)

Comme partout ailleurs dans les régions méditerranéennes la pluviométrie dans la région de l'Ouarsenis reste dans sa quasi-totalité un peu accusée par rapport aux zones avoisinantes.

Les précipitations sont généralement comprises dans la zone de 400 mm et si certains secteurs sont relativement humides, les précipitations sont non seulement très irrégulières mais aussi et surtout torrentielles, notamment en haute altitude.

L'analyse des statistiques des données des précipitations de la région d'étude (Djillali Sari 1970) a révélé que l'Ouarsenis est relativement humide par rapport aux régions limitrophes

(Plaines occidentales et centrales de Chélif au nord, hautes plaines au sud et Vallée de la Mina en aval de L'oued abtal)

La moyenne annuelle des précipitations est souvent supérieures à 400 mm et atteint parfois durant les mois les plus arrosés 1000 mm dans la zone culminante. Toutefois dans la région méridionale (Chlef) les précipitations restent modestes par rapport aux massifs de l'Ouarsenis, elles vont de 369 mm en 1870 à 1880 à ,426 mm de 1960 à 1969, il est de même dans la région septentrionale, en effet les précipitations sont de l'ordre de 429 mm de 1920 à 1929 à 439 mm de 1930 à 1939.

Tout à l'est les précipitations dans la région de Teniet El Had restent très accusées, elles sont de l'ordre de 622 mm durant la décennie de 1910 à 1920 à 568 de 1950 à 1960.

Les données récentes de la pluviométrie restent cependant en faveur d'une année de deux longues saisons l'une pluvieuse et se prolonge de novembre à mars, l'autre un peu sèche allant de avril à octobre avec une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 507,58 mm/an (**Tableau 01**) et une précipitation mensuelle moyenne de 42,29 mm/mois (**Tableau 02**).

En ce qui nous concerne dans la présente étude c'est que durant certains mois de la région pluvieuse des chutes torrentielles peuvent interrompre la régularité des précipitations, l'importance de ce phénomène est d'autant plus significative et surtout sur le principal agent de l'érosion, la destruction du massif rocheux d'une part et le déclenchement des loupes de glissements d'une autre part.

Les oscillations mensuelles sont parfois désordonnées par des chutes torrentielles qui surviennent surtout en mois de forte pluviosité, soit de la fin de novembre à février mais, elles peuvent intervenir également pendant d'autres mois, notamment en octobre voire septembre et surtout en avril et mai. Cependant les conséquences sont variables selon les mois.

C-les précipitations nivologiques.

L'analyse de quelques données montre que dans les zones basses (-600 m d'altitude) la neige est un peu rare toutefois c'est à partir de 1000 m que le phénomène nivologique commence à persister, en effet la durée moyenne varie entre 15 à 20 jours avec une période d'enneigement est un peu prolongée.

Sur les hautes altitudes on constate qu'à partir de 1400 m à 1500m la période d'enneigement se prolonge en dizaines de semaines.

Dans les chaînons supérieurs à 1700m d'altitude, la neige persiste plus longtemps et peut même rester jusqu'à mai voire même le mois de juillet (commentaire orale Benhamou).

MOIS ANNEE	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
2004	68.2	95.1	71.4	48.8	44.0	2.2	0	12.7	20.0	30.2	46.8	58.8
2005	14.4	48.2	37.1	4.6	7.8	6.5	14.4	/	17.9	54.5	119.0	40.1

Tableau 1 : Pluviométrie mensuelle (2004- 2005) de la région de Bordj Bou Naama en mm/an

ANNEE	1999	2000	2001	2004	2005
MOYENNE	541.1	551.6	552.5	498.2	394.5

Tableau 2: Les précipitations annuelles de la région de Bordj Bou Naâma .

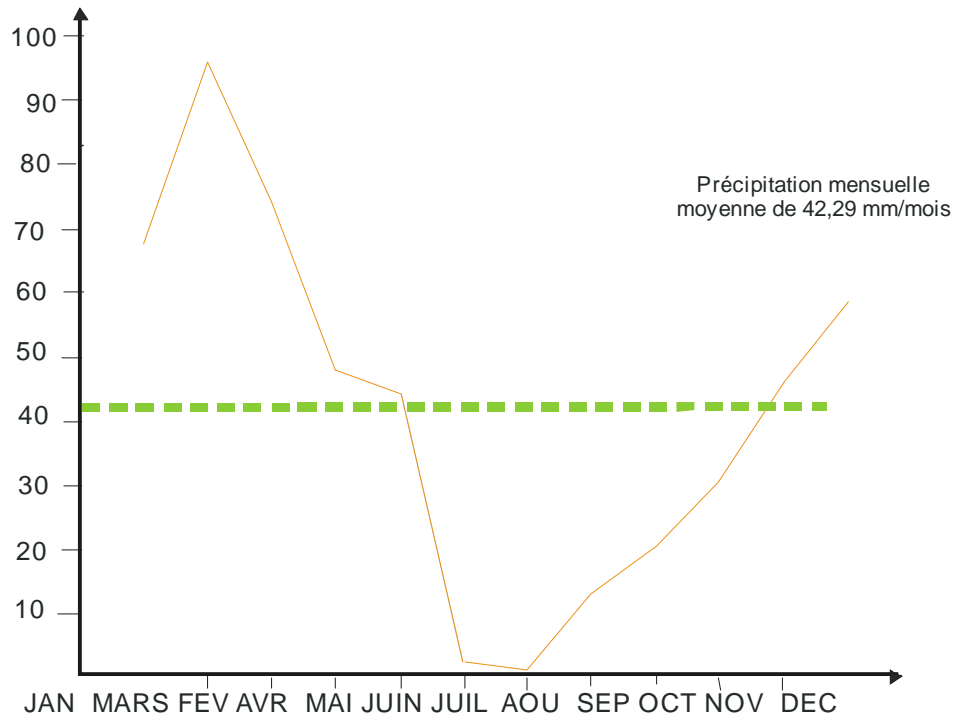


Fig 15: Pluviométrie mensuelle dans la région de Bordj Bou Naama

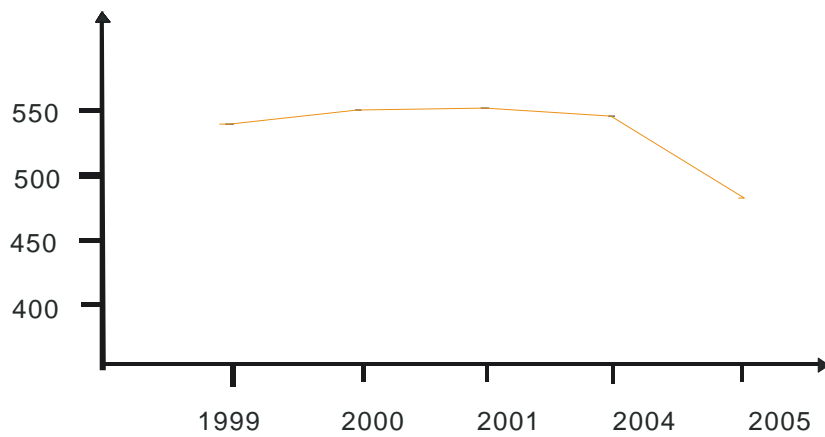


Fig 16: Pluviométrie annuelle de la région de Bordj Bou Naama

Les habitants de la région ont l'habitude de voir la neige sur les crêtes de ces chaînons à un temps tardif de l'année, c'est pour cette raison qu'ils disent que la neige peut persister jusqu'à ce que « le petit de la perdrix en boive lors de sa naissance ».

IV-L'hydrogéologie (FIG 15):

Sur une superficie de l'ordre de 15 à 20 km², la zone culminante constitue un réservoir qui alimente les sources locales qui sont rarement pérennes.(voir carte).

Les eaux provenant des précipitations pluviométriques ou nivéologiques s'infiltrent à travers le massif calcaire et dolomitique le long des fissures et des cavités de dissolution pour former un stock important d'eau qui réapparaît au niveau des exutoires tout en aval.

L'emmagasinement de l'eau ainsi que son écoulement est contrôlé essentiellement par :

-la topographie et la nature lithologique du massif lui-même.

-le socle marneux et schisteux sur lequel ces eaux reposent ou bien elles s'enfoncent.

Le sens d'écoulement de ces eaux constitue dans la présente étude l'un des facteurs très remarquable surtout dans l'apparition des niches de décollement. Pour déterminer ce sens on a adopté une méthode très traditionnelle c'est à partir des altitudes, des sources d'eau qu'on a tracé une carte piézométrique.

L'examen de cette carte nous a permis de dégager les constatations suivantes :

-Au niveau du massif de Belkheiret et dans sa partie orientale le drainage des eaux se fait d'ouest en est cela veut dire de l'axe du massif à la route qui mène vers Sidi Slimane, cependant la majorité des eaux qui coulent tout près de Bordj Bou Naâma prennent naissance du même massif un sens d'écoulement vers le sud ouest par rapport au massif lui-même formant localement des merdjates qui contribuent à leur tour à la formation des glissements de terrain.

Sur le versant occidental du massif du Grand Pic le drainage des eaux recueillies se fait essentiellement vers l'ouest et cela est confirmé par la présence d'une source rabattue tout près de la route de B.B.Naama à Bou Caïd. Vers le nord du même massif un autre sens d'écoulement réapparaît cette fois-ci de l'axe du massif vers le nord il se traduit sur terrain par la présence d'une source qui constitue le point d'eau qui alimente une partie du village en eau potable (source du bassin).

V- Séismologie :

Le 10 octobre 1980 à 12 h 24' et 24" est survenu un séisme dévastateur d'une magnitude de 7,2 r l'échelle de Richter qui a détruit 80 % des maisons et des infrastructures de la wilaya d'ex Asnam. Le choc de ce tremblement de terre qui a secoué une bonne partie de l'Algérie occidentale a été ressenti sur un cercle de 400 km y compris notre secteur d'étude.

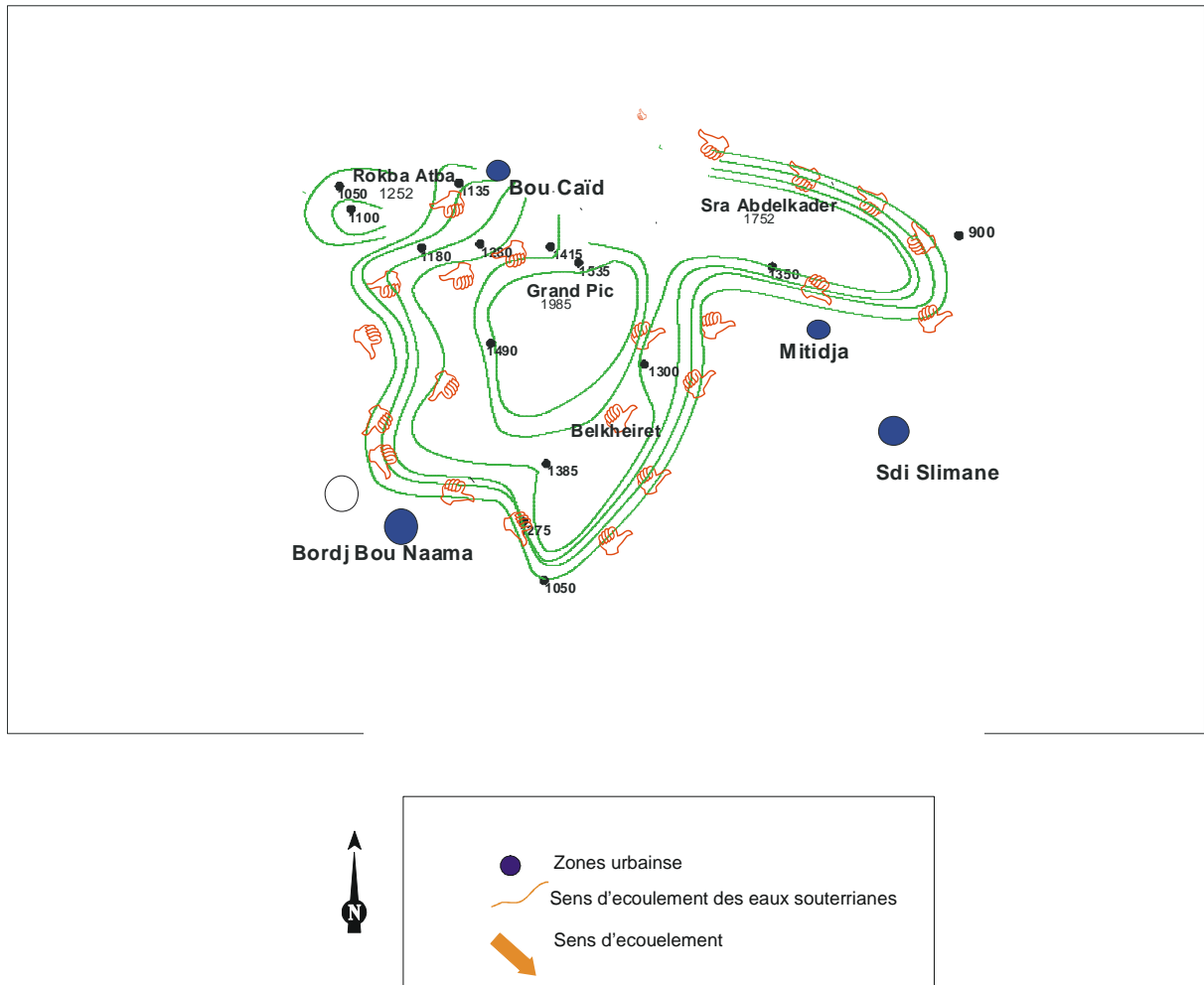


Fig 17: Schéma de drainages des eaux souterraines.

Dans le but de déterminer l'intensité du séisme sur les constructions, un groupe de séismologues a effectués des travaux dans les alentours de la zone rouge (touchée par le séisme), la région de Bordj Bou Naâma a été parmi les zones dont l'intensité est de l'ordre de **IX** sur l'échelle de **MSK** à cause tout simplement de sa proximité de la faille seismogène de Oued Fodda.

Lors de ce séisme de nombreux mouvements de terrains se sont produits affectant aussi bien le substratum que les formations superficielles, les matériaux meubles que les rochers.

La secousse séismique n'a été que le signal du déclenchement .en effet, les massifs rocheux intensivement fissurés ont été soumis à des vibrations instantanées qui a du provoqué des éboulements mais plus modeste, chutes de pierres et de blocs, cela nous a été confirmé par les habitants locaux qui nous ont relaté la scène, lors du séisme.

Le village de Mitidja fut complètement abandonné lors du séisme, l'un des habitants nous a raconté que des blocs volumineux se sont chutés intensivement sur le village mais heureusement, la forêt a absorbé une de l'énergie incidente. L'entrechoquement des blocailles avec les troncs des arbres était assourdissant.

Il est important de dire que la majorité des gros blocs répartis sur les versants de ces massifs sont tombés lors de ce séisme.

V- Conséquences générales :

Dans l'intéressement de notre étude la litho stratigraphie peuvent nous conduire à conclure que :

1-les formations liasiques constituent essentiellement l'escarpent de la zone culminante refermant aussitôt des calcaires compacts parfois dolomitiques dont les valeurs de densité varient entre 2.65 à 2.67 g/cm³ et qui constituent la base de plusieurs carrières d'agrégats.

2- les formations du jurassique moyen et supérieur ainsi que d'autre formations néocomiennes montrent un disposition tabulaire et représentées essentiellement par des alternances marno-calcaire dont les bancs de calcaires sont massifs et parfois d'ordre métrique séparés par de minces niveaux marneux qui en contact de l'eau s'érodent en laissant des vides inter bancs, cela se traduit généralement par une fissuration due essentiellement à la gravité en laissant apparaître des blocailles de différentes formes.

3- Des formations sou jacentes schisteuses qui constituent l'ossature de toute la zone culminante ces terrains en contact de l'eau devient instables et provoquent des glissements en masse.

D'une façon générale la lithologie de cette région constitue l'un des facteurs les plus inquiétant pour la dégénération des risques des éboulements et des glissements

La situation demeure très grave surtout quand il s'agit des reliefs escarpés représentés dans leurs ensembles par des formations de calcaires compacts redressés dans leur majeure partie vers des localité très habitées .La densité de ces calcaires dépasse les 2.5 g/cm^3 cela nous amène à penser d'une part que le bloc lors de son détachement du massif peut conserver sa forme jusqu'à la diminution totale de sa vitesse à cause de l'homogénéité de sa composition et sa dureté, d'autre part cette densité attire l'intéressement du pouvoir public et surtout pour l'implantation des carrières d'agrégats sous prétexte de la bonne roche destinée à la construction des bâtiments ainsi que le revêtement des routes. Sachant de plus que le Département de la ville de Tissemsilt est récemment renommée wilaya et actuellement à pied d'œuvre dans la construction des voies routiers qui constituent la première préoccupation des autorités locales ce qui pousse les investisseurs à investir dans le domaine d'agrégats.

Toutes fois la mise en place de ces carrières nécessitent la contribution de plusieurs corps d'état qui prennent en considération le risque que les populations limitrophes peuvent encourir ce qui n'a jamais existé. Ce qui aggrave la situation et la classe dans la zone rouge c'est quand on sait que la majorité de ces carrières utilisent les explosifs pour l'abatage du massif rocheux en ignorant toute influence sur les populations.

L'analyse des statistiques des variations thermiques souligne l'existence de deux saisons bien distinctes séparées par de courtes périodes de transition, les oscillations journalières des mois les plus froids et surtout les minima extrêmes ne peuvent exclure les phénomènes du froid : la gélifraction, la cryoturbation d'autant plus que certains roches sont prédisposées à la fois par leurs caractéristiques pétrographiques et par la déforestation à ces phénomènes.

Les données météorologiques montrent que la région de l'Ouarsenis est privilège par rapport aux zones limitrophes, la zone culminante est plus arrosée que les localités avoisinantes néanmoins il ne faut pas ignorer le rôle dévastateur des chutes torrentielles qui peuvent à leur tour influent négativement sur le plan physique provoquant ainsi des désordres spontanée (glissement et érosion des berges).

La présence d'un écoulement souterrain est facteur primordial surtout à la dégénération des niches de glissement cet écoulement est assuré par la nature lithologique des schistes dont l'aspect fissuré favorise la circulation de ce eaux leur stagnation à cause de la présence des amas argileux conduit à l'apparition des glissements de petite à grande masse.

Troisième chapitre

**ANALYSE DES RISQUES
GEOLOGIQUES**

ANALYSE DES RISQUES GEOLOGIQUES ET DES DEFINITIONS DES NOTIONS :

-*Alea*: Les phénomènes naturels sont désignés par le terme "alea", sous prétexte de leur caractère aléatoire. De façon générale, l'alea est la probabilité d'occurrence d'un phénomène donné, dans un cadre spatio-temporel de référence (CFGI, 2000). L'évaluation de l'alea a un caractère subjectif puisqu'elle passe de la reconnaissance et la recherche des facteurs défavorables (climatiques, géologiques, structuraux et géomorphologiques ...) à une évaluation approchée de l'intensité de l'alea (faible, moyen, fort) sur un secteur donné.

Pour aboutir à une meilleure évaluation, plusieurs sources de données sont utilisées (information géologique, renseignement historique sur les événements passés, observations des terrains ainsi que la photographie aérienne ou satellitaire).

-*Vulnérabilité*: La notion de "vulnérabilité" est utilisée pour quantifier le degré des dommages que peut causer un événement dangereux aux infrastructures, habitations et aux hommes. Elle est définie en pourcentage de dommage de (0%) aucune perte à (100%) perte totale et cela en rapport de la valeur totale (Interreg II C, 2001).

-*Risque*: Il est défini comme la conjonction de la fréquence des manifestations naturelles (*Alea*) et la vulnérabilité des installations humaines.

Les géologues définissent les mouvements de terrain comme étant des manifestations d'instabilité de la partie superficielle de la croûte terrestre sous l'effet de plusieurs facteurs naturels d'une part tels que : la pesanteur et les agents d'érosion d'une part et sous l'effet de l'intervention de l'homme d'autre part. Ces phénomènes représentent pour l'être humain des signes perceptibles de l'évolution géologique et la géodynamique externe. Cependant leur étude reste loin d'être accomplie à cause de leur soudaineté et leur évolution complexe. Ces mouvements présentent une grande diversité dans leur nature et leur comportement (éboulements, effondrements, fauchages et glissements de terrain) et dans leur dimension. Le glissement de terrain de Constantine présente un bel exemple (Chikhi et Houari, 2004). Ce phénomène complexe, menace sérieusement une bonne partie de Constantine et affecte plus de la moitié de la ville de Constantine, soit 120 ha de sa superficie (LTPE 1995,1999 et 2000), et menacent 15 000 habitations abritées 100 000 personnes et pouvant mobiliser des volumes de matériaux atteignant plusieurs millions de mètres cubes (Belouar et *al.* 2004).

La consultation de la banque de données des mouvements de terrain nous suggère à dire que l'Algérie n'est guère à l'abri de ces risques à cause de la complexité géologique et géomorphologiques des reliefs d'une part et la nature lithologique des terrains d'autre part.

Notre secteur d'étude présente un livre ouvert et perceptible des manifestations de la nature qui constitue une menace perpétuelle pour la population. Parmi lesquels on note : les glissements de terrain, les effondrements et les éboulements qui prennent une grande part d'intérêt dans la présente étude.

I - LES GLISSEMENTS DE TERRAINS:

A- DEFINITION :

L'expression "glissement de terrain" désigne des mouvements vers le bas et vers l'extérieur des matériaux d'une pente composé de sols naturels ou rapportés (Follacci, 1984). La figure 19 illustre bien les caractéristiques principales d'un glissement de terrain. On peut observer une surface de rupture très nette le long de laquelle les matériaux impliqués dans le glissement de terrain se déplacent au-dessus de matériaux que le phénomène n'affecte pas (fig. 20). Le diagramme montre également que la surface de rupture s'étend sur une profondeur considérable de sorte qu'un glissement de terrain ne saurait être considéré comme un phénomène superficiel.

Les facteurs les plus importants qui influent sur la stabilité d'une pente sont : l'inclinaison ; la hauteur hors tout ; le matériau du sol ; la position de la nappe aquifère; la structure géologique (succession des couches, pentes des lits, failles ou imperfections) (Delmas et al. 1987).

B- ANALYSE DE LA STABILITE (FIG. 19) :

Au début du 19^{ème} siècle, un ingénieur français, A. Collin, qui travaillait dans la construction de canaux, remarqua que les surfaces de cassures formées par les glissements de terrains survenant dans l'argile le long des berges d'un canal adoptaient une forme incurvée semblable à celle qui est illustrée sur la figure 19. Il publia en 1846 un mémoire dans lequel il suggérait une méthode statique d'analyse basée sur une surface courbe et mesurait la résistance des sols au cisaillement. On a, dès lors, diverses méthodes d'analyse ont été proposées.

Elles ont conduit à la méthode du cercle de glissement, mise au point par des ingénieurs suédois spécialisés dans les ports et sur laquelle reposent les techniques actuellement utilisées. La figure 20 représente les caractéristiques essentielles de la méthode. On y suppose que la surface de rupture affecte la forme d'un arc de cercle. Grâce à la comparaison des forces perturbatrices et des forces de résistance, on obtient, pour chaque surface probable de rupture, un coefficient de sécurité. Il est nécessaire d'effectuer plusieurs tentatives avant de pouvoir déterminer, pour une pente donnée, le cercle le plus dangereux. Les calculatrices digitales, qui sont particulièrement commodes pour l'exécution de ces recherches, sont très largement utilisées dans ce but. La géologie structurale exige, dans certains cas, une analyse de stabilité basée sur une combinaison de surfaces de défaillance courbes et planes. On peut classer les informations nécessaires à l'exécution des analyses de stabilité suivant les trois rubriques ci-après :

- 1- géométrie de la pente ;
- 2- état des eaux superficielles et souterraines ;
- 3- résistance de la masse du sol.

Sur ces trois éléments, seule la géométrie de la pente peut être déterminée entre des limites étroites à partir de relevés du sol ou à l'aide de cartes établies en utilisant les techniques de photogrammétrie aérienne.

C'est par forages et explorations d'essai qu'on peut déterminer les situations des eaux superficielles et souterraines. Il est nécessaire de procéder à l'identification de toutes les couches du sol et de déterminer leur résistance en utilisant les procédés d'essai du sol (Goguel et Pachoud, 1972). Il importe de prêter une grande attention aux couches inclinées, aux fissures, et à toutes les caractéristiques structurales susceptibles d'influer sur la stabilité. On déterminera également la position de la nappe aquifère et on recherchera toutes les informations renseignant sur son niveau maximal au cours de l'année (Paulsen et al. 1999).

L'analyse de stabilité d'une pente donnée ne saurait être précise (Stephen G. 1998). Lorsqu'on applique la méthode, on utilise, à cet effet, le comportement des masses naturelles au cisaillement. Certaines hypothèses sont rarement vérifiées dans la nature. La valeur principale d'une analyse de stabilité réside dans le fait qu'elle procure une méthode rationnelle permettant de juger des mesures à prendre pour réduire le risque d'une défaillance de pente.

C- QUELQUES EXEMPLES VIVANTS SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN:

Dés notre arrivée dans la région d'étude Bordj Bou Naâma après des pluies torrentielles qu' a connu cette région le 18 et 19 mars 2006, il y a eu lieu plusieurs manifestations des sols recensées d'autant plus aux alentours qu'à l'intérieur de cette ville.

1- Glissement de terrain à l'extrémité orientale de la ville (fig. 21) :

Ce mouvement de terrain affecte les terres superficielles correspondant aux alluvions, celles-ci surmontent les flyschs albo-aptiens. Sa partie sommitale est bouleversée par des escarpements qui s'allongent sur quelques mètres avec des différences de niveaux de 30 à 50 cm. Cependant la partie basale est marquée par une masse de sol arrêtée par la paroi du stade. Toutefois un écoulement d'eau continue surgit au milieu de cette masse pour rejoindre une petite rigole.

Non loin d'ici à quelques mètres on a constaté de visu quelques maisons en ruines. L'enquête que nous avons menée auprès de la population, nous a conduit à déduire que ces habitats ont été le siège d'un mouvement de sol qui a détruit ses fondations en dépit de leur construction récente. Le glissement qui a affecté cet endroit s'allonge sur 50 m de longueur avec une verticale d'environ 30 m et présente une forme un peu concave.

2- Glissement de terrain à proximité de la ville (fig. 22):

Suite aux travaux d'aménagement d'un stade pour les handicapés, il ya eu un glissement de terrain tout près de la cité 300 logements. Il s'agit d'un mouvement qui a affecté des terrains marneux albo-aptiens sur une longueur de 45 m et une largeur de 40m environ. Cependant la pente n'est pas tout à fait raide ; elle est de l'ordre de 10 à 12 m de

verticale. Vu l'importance de ce mouvement, les autorités locales ont dû abandonner les travaux pour une phase ultérieure.

3- Glissement de terrain au Sud Est de la ville (fig. 23):

Non loin du glissement cité auparavant, il s'est survenu un autre mouvement de sol qui a une ampleur un peu plus importante que les deux premiers. Sa longueur dépasse 85 m et s'étend vers le bas sur une distance de 350 m jusqu'à la route qui mène vers Douar Souaâd avec une verticale d'environ 60 m. Plusieurs niches de décollement sont observables le long de surface avec un escarpement d'environ 1 m et l'ouverture de quelques fissures dans partie basse indique que le mouvement se poursuit jusqu'en aval. Dans la surface affectée, on a constaté l'existence de deux poteaux d'électricité endommagés en exposant la population au risque d'électrification.

4- Glissement de terrain affectant une partie de la route (fig. 24):

Sur la route qui mène de Bordj Bou Naâma vers Sidi Slimane tout juste sur le versant Sud Ouest de Djebel Belkheiret, un glissement a affecté la rive droite de la route causant ainsi une difficulté de circulation surtout pour les gens qui ont l'habitude de prendre cette route pour visiter les stations hydrothermales de Sidi Slimane. Le glissement s'est produit lors des pluies torrentielles que la région ait connues récemment au mois d'Avril, 2006.

Sur une longueur de 25 m et une verticale de 50 m ce glissement a détruit une partie de la route. La surface du sol est affectée par des escarpements moins développés d'une dizaine de centimètres. Cependant, en bas, on a constaté l'existence d'un écoulement d'eau plus ou moins faible qui affleure entre les débris de terre mis en mouvement. En aval, se trouve une maison à une distance de 60 à 70 m de la route.

5- Glissement de terrain toujours sur la route de Sidi Slimane (fig. 25) :

A une différence de 60 m d'altitude et sur une longueur de 150 m, se trouve des escarpements de l'ordre de 30 cm annonçant le mouvement en masse du sol. L'enquête réalisée auprès de la population nous a révélé que ce glissement s'est produit après les chutes torrentielles qui a connu la région. Cependant la cause déterminante était les travaux d'excavation réalisés pour l'élargissement de cette route (W N° 5) par l'Entreprise Aissani Ghanam. Tout en bas, plusieurs familles demeurent à la verticale de ce mouvement exposées directement aux risques.

6- Glissements de terrain sur la route Bordj Bou Naâma à Bou Caïd (fig. 26 et 27) :

Le premier mouvement s'est produit sur la route RN N° 6 sur deux proportions, le long du terrain qui longe la route sur une longueur de 60 m et 20 m de surface. Il affecte des terrains récents notamment des alluvions quaternaires. Toute fois, la masse mise en jeu dépasse des dizaines de mètres cubes de terre. Il est bien à noter qu'au milieu des débris

affectés coule de l'eau qui provient certainement de l'amont du massif culminant du Grand Pic.

A une centaine de mètres de cet endroit, un autre glissement s'est produit, il n'est pas tout à fait apparent mais des escarpements de quelques centimètres se voit sur sa partie sommitale avec des micro-niches de décollement à sa base. La présence de l'eau demeure habituelle dans le cas de ces phénomènes.

7- Glissement sur la piste aménagée menant au chantier de Somibar (fig. 28) :

Le jour où nous sommes passés par cette route pour la première fois, on a constaté qu'il y a eu un glissement apparent sur la rive gauche de cette piste. Il surplombe les dernières agglomérations du village minier de Bou Caïd. Il affecte des terrains schisteux de 5m de large et une cinquantaine de mètres vers le bas avec un escarpement de 40 cm. Lors de notre deuxième sortie, on a constaté qu'il y a eu une évolution. La surface d'escarpement est devenue très importante pour atteindre 1,20 m indiquant la proximité de rupture et menaçant les habitants à quitter leurs demeures.

D- CONDITIONS LITHOLOGIQUES ET STRUCTURALES :

Comme nous avons évoqué auparavant les versants de la zone culminante sont constitués essentiellement par des flyschs albo-aptiens représentés par des alternances schisto-quartzitiques de type "mud-rich" (Benyoucef, 2006). Les bancs de grés qui forment l'ossature de cette formation friable sont moins puissants et atteignent parfois les dizaines de centimètres avec de recouvrement parfois alluvionnaire. Ces terrains forment l'ossature de l'Ouarsenis et dans lesquels surgissent des terrains jurassiques le plus souvent calcaires et présentant des caractéristiques physiques et chimiques spécifiques. En effet leur structure feuilletée parfois friteuse leur donne des propriétés physiques instables surtout en contact de l'eau.

E- ANALYSE ET DISCUSSIONS (FIG. 29):

Les phénomènes des glissements se signalent le plus souvent dans des endroits où il y a la présence d'un ou plusieurs écoulements d'eau. L'examen de la majorité des mouvements en masse nous conduit à déduire le rôle primordial de l'eau. En effet presque la quasi-totalité de ces glissements ont survécu en présence d'eau. Cependant le seul mouvement qu'il fallait plusieurs suggestions à son sujet est celui de Bou Caïd.

En effet, aucune présence d'eau n'est constatée au niveau de cet endroit, alors cela nous a conduit à suggérer deux causes principales :

1°/ l'existence d'un écoulement à l'intérieur du complexe schisteux a dû provoquer ce mouvement parce que tout simplement à la verticale en aval de cet endroit persiste une petite source d'eau à un écoulement temporel ce qui nous a laissé à mettre cette supposition.

2°/ La partie sommitale de terrains affectés englobe une partie de la rive gauche de la piste aménagée pour faciliter le transport de la matière brute (Barytine) du chantier vers

l'usine où elle sera traitée. Donc des engins et des camions destinés à cet effet, prennent habituellement cette piste pour une dizaine de fois par jour.

On pense que lors de saison pluvieuse de l'hiver, ces terrains sont humides et le poids lourds de ces engins a influé étroitement de telle façon que ces terrains sont compactés vers le bas ce qui a conduit à l'apparition de ce mouvement, autrement dit la cause est statique.

La seule constatation qui nous a poussé à prendre cette idée c'est l'évolution progressive et considérable de l'escarpement sommital lors d'un laps de temps plus ou moins court.

Lors de notre première sortie sur le terrain, la surface de décollement était de l'ordre de 0.40 m. La deuxième sortie nous avons constaté que cette surface a évolué pour atteindre 1.20 m. Donc pendant 50 jours il y a eu un rejet de 0.80 m ce qui donne une évolution journalière de 0.016 m.

Dans la toponymie locale la présence de l'eau dans ces localités est dénommée " Merdja" il s'agit d'une étendue d'eau temporaire en général de dimensions variables selon la topographie locale. Dès les premières pluies de l'automne, ces Merdjas sont alimentées. Elles persistent parfois jusqu'au début de la saison estivale. Leur alimentation se fait d'une part par les eaux de ruissellements et d'autre part, par les apports d'infiltration semi-superficielle. Toute fois, il faut prendre en considération, l'alimentation par les eaux provenant essentiellement de la zone culminante, parce que tout simplement, les eaux persistent même au delà des jours humides. En dehors des mois pluvieux, on assiste à des stabilisations de ces mouvements à cause du dessèchement de la Merdja.

F- INTERPRETATION :

Le faciès lithologique dans lequel apparaissent ces phénomènes est majoritairement schisteux. Pendant les saisons sèches et sur les versants dénudés, ces terrains s'altèrent intensivement donnant naissance à des petites paillettes et des aiguilles rappelant ainsi l'aspect des « frites ». Ces fissurations internes ou externes favorisent l'écoulement superficiel ou profond des eaux dans ces terrains. Notons en plus que la zone culminante constitue un véritable réservoir d'eau alimentant la majorité des sources. Ces eaux retenues dans le manteau nival sont libérées en masse lors de la fusion. Par conséquent, une forte proportion s'infiltré malgré la forte pente et à la fissuration intense et cela est attesté par les exutoires d'eau souterraine en surface.

Dans ces conditions de forte perméabilité fissurale et d'une topographie privilégiée, seules les quantités d'eau très importantes peuvent accroître sensiblement le gradient hydrique moteur. Elles sont surtout temporelles aux fentes des neiges qui donnent des lames d'eau très importantes à celles des pluies fortes à cause des conditions très favorables à l'infiltration.

II- LES EFFONDREMENTS DES PAROIS ROCHEUSES :

Quoique les phénomènes des effondrements soient d'origine naturelle ; ils sont étroitement liés à des carrières et des mines souterraines abandonnées (Evrard 1987). Dans le cas de notre région d'étude et même si la majorité de ces carrières sont localisées sur le massif rocheux et loin des agglomérations ; ces phénomènes sont imperceptibles à la population, mais les mineurs et les carriéristes sont en position de les connaître (comm. orale des mineurs). Leur effondrement peut contribuer localement à la provocation d'autres risques: des éboulements (Soudée. 1985).

A- INTRODUCTION :

Dés 1895 Gentil a consacré une étude détaillée sur les minerais de l'Ouarsenis ; il signale de son côté la présence de calamine, smithsonite, hydrozincite, blende, galène (argentifère) calcite, pyrite, limonite et barytine ; depuis ce temps, cette zone a été le siège d'une intense exploitation minière. Pour atteindre les gîtes métallifères, les mineurs ont adoptés plusieurs systèmes d'exploitation parfois à l'air libre et le plus souvent par le biais des galeries souterraines.

Actuellement, ces galeries se comptent par des dizaines réparties sur les reliefs de l'Ouarsenis. Elles ont été dressées d'une façon à atteindre les amas et filons qui se localisent à l'intérieur des massifs créant ainsi des vides souterrains qui présentent des dangers pour la population limitrophe.

En effet, le développement croissant de l'urbanisation s'approche d'une part de ces lieux et d'autre part utilise ces terrains sous-cavés pour le maintien des infrastructures (routes et bâtiments).

B- LES SECTEURS MINERALISES DE L'OUARSENIS :

Les secteurs minéralisés qui ont fait l'objet d'une exploitation minière se répartissent presque sur toutes les unités structurales de l'Ouarsenis. D'après le géologue minier Calembert 1952 (p.91), les principaux gîtes métallifères sont plombo-zincifères et se prolongent en profondeur par des gîtes de types B.G.P c'est à dire (*barytine, galène et pyrite*), le même auteur les range dans la catégorie méso-thermales sous prétexte que la majorité de ces minerais referment de la fluorine. L'extraction des niveaux minéralisés a été faite dans deux niveaux bien distincts selon le type de minéralisation.

Les gîtes métallifères de cette région sont bien connus par deux types de minerais :

1° Une souche primaire sulfurée enfermant aussitôt de la calcite barytine qui fait l'objet d'une exploitation récente et de la blende. Ces minerais se rencontrent dans les formations liasiques (calcaires) sous forme soit des filons ou bien des épanouissements et des amas de dimensions considérables.

2°/ Des minerais secondaires qui sont en relation étroite avec les dépôts primaires dont la smithsonite résultent de l'altération des formations primaires.

C- LE MODE D'EXPLOITATION :

La disposition géologique des assises encaissée dans les formations liasiques a favorisé l'exploitation par des hagues et bourages. Cette technique consiste à exploiter et à suivre la totalité d'un banc et soutenir le toit par une sorte d'empilement de blocs ou des troncs d'arbres déjà préparés.

Actuellement l'exploitation se poursuit au niveau de Sra Abdelkader et du Grand Pic par l'extraction de la barytine qui constitue l'artère économique du village minier de Bou Caïd. Cependant, il est bien de rappeler que les galeries qui ont été le siège d'une exploitation intense au passé demeurent sans surveillance et sans être rebouchées ou renforcées.

D- L'EFFONDREMENT SUR LE VERSANT OCCIDENTAL DE BELKHEIRET (FIG.30) :

Lors de notre sortie sur le terrain, nous avons remarqué un désordre qui perturbe la tranquillité des assises du calcaire liasique. Lorsque nous sommes rapprochés de cet endroit, on a remarqué qu'il y a eu un grand effondrement qui a affecté des terrains sur des altitudes allant à 1400 m en haut à 1300 m en bas avec une transversale de l'ordre de 25 m.

Dans la partie sommitale apparaît clairement une carrière souterraine orientée SW-NE creusée témérement dans le roc à une dizaine de mètres de dénivelé réapparaît une autre de direction cette fois-ci W-E.

On pense que le mouvement a suivi le tunnel qui relie les deux étages d'exploitation.

-Que s'est il vraiment passé à Belkheiret en 1982 ?

Les premiers éléments recueillis à partir de l'enquête réalisée auprès des anciens miniers qui travaillaient à cette époque là, dans ce secteur nous ont révélé les constatations suivantes :

En premier temps, une forte pluie s'est tombée sur cette région, en provoquant brutalement l'effondrement du toit calcaireux (en 2^{ème} temps) sur les miniers qui étaient en pleine action de travail dans le tunnel.

E- CONCLUSION:

Ces éléments nous conduisent à penser qu'il y a eu un double mouvement c'est à dire :

1°) la disposition des assises calcaires dans cette partie du massif rocheux est orientée NS avec un pendage d'environ 60° vers le sud. La galerie a été conçue sur le même alignement, cela signifie qu'il a été creusée sur la même disposition des assises ce qui a permis en premier lieu un glissement du placage du calcaire liasique à cause d'une vide souterrain (semi-superficiel) suivant lequel se dresse l'exploitation de l'étage 1400 à l'étage 1330.

2°) le toit n'a pas maintenu la mise en jeu du grand poids de la masse rocheuse ce qui s'est traduit par un effondrement totale et brutal de la galerie.

III -LES EBOULEMENTS :

A- INTRODUCTION :

La présence des reliefs escarpés comme ceux de l'Ouarsenis favorisent la dynamique géomorphologique active et rapide exposant les reliefs au processus d'érosion, et aux facteurs mécaniques de désagrégation mettant en jeu un nombre important de blocs de différentes dimensions.

Le risque d'éboulement couvre un éventail de phénomènes qui s'ensuivent allant de chutes de pierres et de blocs (coupures des routes) à un écroulement généralisé d'un versant (destruction de la paroi où de bâtiment). Les conséquences sont parfois lourds et violents (M. Frayssines 2005). Ces derniers temps ce risque s'est accentué à cause de la colonisation humaine des espaces exigus et qui se tend à se rapprocher de plus en plus des zones à risques comme c'est le cas du versant oriental de Dj Belkheiret et le versant méridional de Sra Abdelkader

B- CARACTERISTIQUES GENERALES SUR LES EBOULEMENTS (fig. 31):

Suivant le matériel impliqué dans le mouvement sur les versants des massifs rocheux, on peut distinguer :

- les pierres : volume inférieur au décimètre cube ;
- les blocs : volume de décimètre cube à un mètre cube ;
- les gros blocs : volume supérieur au mètre cube (Dussauge-Peisser C., 1998) ;

Le volume d'éboulement permet de distinguer :

- les chutes de blocs isolés ou les éboulement de petit volume (quelques dizaines à quelques centaines de mètres cubes) ;

- les éboulements en masse (quelques milliers à quelques centaines de milliers de mètres cubes);

- les éboulements en grande masse (à partir de million de mètres cubes). A ce stade on parle d'un écroulement (M. Jeannin 2005). Dans l'état actuel, notre secteur d'étude n'a été soumis qu'à des éboulements de petit volume. Cependant il reste à retenir que le comportement des masses rocheuses en mouvement dépend globalement du volume mis en jeu mais aussi de la topographie locale (Jaboyedoff et *al.*, 1999). On cite à titre d'exemple que la présence d'une topographie concave d'un contre-bas d'un relief peut engendrer localement la dispersion des masses tombantes éloignant ainsi le risque. Par contre une autre forme convexe d'un autre piment peut constituer le seul parcours devant les blocs qui peut contribuer localement à l'amplification face au risque.

C- LES MECANISMES D'INSTABILITES :

Un massif rocheux calcaire comme le cas de la zone culminante de l'Ouarsenis est représentée essentiellement par un agencement de bloc de différentes formes et dimensions restant solidaire et uni. Cette cohésion est assurée par la composition lithologique de la roche elle même. L'instabilité demeure courte à cause de la conjugaison de plusieurs facteurs (météorologique, géologique, tectonique et parfois anthropique) (Vengeon et *al.*, 2001).

Selon Besson (1996) les facteurs responsables de l'instabilité du massif rocheux peuvent être classés en deux catégories :

- les facteurs intrinsèques : regroupant les facteurs de prédisposition d'un site aux instabilités (relief, nature géologique de terrains);

- Les facteurs aggravants ou dégradants : ces derniers renferment les facteurs provenant de la géodynamique externe telles les précipitations atmosphériques.

1- Les facteurs intrinsèques :

Dans la zone culminante de l'Ouarsenis, ces facteurs peuvent regrouper l'ensemble des caractéristiques propres au massif rocheux, ils sont comme suit :

a- la topographie accentuée de la région: En effet, le point le plus culminant de l'Algérie occidentale se trouve dans cette région à une altitude de 1985 à Sidi Amar. La nature géomorphologique de cette zone est représentée par des reliefs escarpés avec des altitudes qui varient entre 1661 au niveau de Dj Belkheiret, 1725 à Sra Abdelkader et 1221 à Rokba Atba. Cette allure brusque d'escarpement avec des pentes verticales à subverticales constitue le premier facteur d'instabilité. Notons de plus que la pente est d'autant plus raide que le phénomène d'éboulement est très important.

b- la nature lithologique des formations géologiques : Les calcaires qui forment le faciès prépondérant de la zone culminante présentent des propriétés physiques et chimiques favorisant aussitôt leur fragmentation par dissolution ou désagrégation mécanique.

c- les caractéristiques structurales (fig. 32) : La région de l'Ouarsenis a connu une histoire tectonique totalement différente par rapport aux zones avoisinantes. Le para-autochtone qui forme l'architecture de l'Ouarsenis a été le siège d'un bouleversement tectonique engendré à la fois par des mouvements verticaux et autres tangentiels donnant ainsi une particularité structurale à cette région. Le matériel qui forme ce par-autochtone est affecté par des accidents et des fractures qui divise le massif en plusieurs compartiments : accident au Nord Rokba N40°W ; l'accident de la zone failleuse du Col de Sénan à l'Ouest Sra AEK N30°W et un autre accident de direction NNE/SSS incliné de 50° à 60° vers l'Est au Sud du Grand Pic). Ces différentes discontinuités structurales (accidents, fractures et diaclases) découpent le massif rocheux en plusieurs compartiments de blocs plus ou moins instables et constitue des surfaces de faiblesse qui guident à la rupture.

La disposition des différentes strates modelées par la tectonique présente une orientation favorable ou non favorable déterminée par la stabilité du massif. Par exemple les alternances marno-calcaire du Néocomien qui surplombe les dernières agglomérations du village minier de Bou Caïd ont une inclinaison de 20° en direction du village ce qui augmente leurs expositions aux risques. Si le pendage de ces couches était vers l'axe du massif le risque serait moins important.

2- Les facteurs aggravants ou dégradants (fig. 32):

Ce sont des facteurs liés généralement à la géodynamique externe agissant directement sur la roche en contribuant notamment à son instabilité. Parmi ces facteurs on note :

a- l'eau : l'action de l'eau demeure la plus déterminante. En effet, la majorité des éboulements sont déclarés après des journées pluvieuses. Notons au plus, que la région de l'Ouarsenis est connue par une pluviométrie qui dépasse les 4000 mm/an. Une quantité d'eau sera suffisante pour affecter le massif rocheux. L'écoulement de l'eau peut conduire à :

- l'augmentation de la pression interstitielle ;
- l'altération physique et chimique du massif rocheux ;
- l'érosion et le transport de matériaux.

b- La température : une amplitude de 10° voire 20° durant les mois les plus froids de l'année peut conduire facilement à une dégradation intense de la partie supérieure exposé à l'air par l'effet de la dilatation et contraction de la roche. La présence de l'eau pendant cette

saison donne naissance au gel et le dégel qui contribue à son tour à l'ouverture de discontinuité.

c - la sismicité locale : L'Ouarsenis se trouve à 60 km au vol d'oiseau au Sud Est de la ville de Chlef, cette ville a été le siège d'une sismicité un peu forte lors du séisme de 1980 (M. Benhalou, 1980). Presque tous les gens qui ont vécu l'événement ont relaté l'ampleur des éboulements auxquelles la région était exposée lors.

d- les actions anthropiques : Les calcaires durs et compacts qu'offrent les formations liasiques attire l'attention des investisseurs. La ville de Tissemsilt a été récemment nommée Wilaya, elle fait l'objet de plusieurs travaux de réhabilitation et revêtement du trafic routier. Les projets augmentent le besoin en matière d'agrégats cela se traduit effectivement par une extraction intense de la roche calcaire. Par conséquent, cette exploitation nécessite une grande quantité d'explosifs pour l'abatage de la roche. Les vibrations dues à l'usage des explosifs influent largement sur l'instabilité de ces massifs.

Actuellement le nombre des carrières a augmenté. Ces sites sont répertoriées sur tous les chaînons hormis celui du Grand Pic. Le versant méridional de Rokba voit une grande surface d'excavation due essentiellement à la présence d'une carrière d'agrégats. Les gérants de cette dernière ignorent fatalement la présence d'un grand lycée qui se niche en contre bas du même massif.

D- QUELQUES EXEMPLES VIVANTS DES EBOULEMENTS *IN SITU* :

1°/ En 1978, un énorme bloc s'est détaché du haut du massif de Rokba Atba pour tomber tout près de la maison des frères (Barèd), causant ainsi une panique totale chez les habitants. Cet événement a poussé une vingtaine de familles à quitter leurs demeures. Cela nous a été confirmé par les autorités locales de Bordj Bou Naâma.

2°/ En 1980, un autre évènement est survenu dans les localités de Douar (Douayette). Un bloc s'est chuté heureusement dans la cour d'une petite maison de la famille Labène. Leur chance de rester en vie était très grande car toute la famille était réunie dans une salle et le bloc descendant a rebondi en pleine air pour tomber dans le patio de la maison.

3°/ Un peu loin d'ici, les gens de la région de Mitidja, nous ont révélé que lors du séisme d'Asnam en 1980, presque la quasi-totalité de ce petit village a dû quitter leur demeure car des blocs de diverses dimensions se sont détachés du haut du chaînon de Sra Abd El Kader et en rebondissant vers les maisons habitées (comm. orale des habitants locaux). Le choc des blocs avec les troncs d'arbres à créer un vacarme assourdissant. Cependant aucune victime n'a été signalée.

4°/ Un ancien agent de sécurité de l'ex, SONAREM, nous a relaté qu'en 1980 et pendant que les agents se sont réunis autour de la table du mois sacré de Ramadhan, un gros bloc s'est heurté au coin de leur baraque pour éclater et rebondir dans d'autre direction .

Même si ces mouvements de terrain n'ont causé aucune perte de vie, c'était de notre devoir d'entamer une étude détaillée montrant ainsi les grandes zones exposées à ce type de risque.

E- ETUDE DES ZONES EXPOSEES AUX EBOULEMENTS :

Notre sortie sur le terrain, nous a conduit à mettre au point plusieurs constatations qui aboutira finalement à une carte montrant les zones exposées aux risques d'éboulement.

1-Le secteur de Belkheiret (fig. 33E, D, F et G) :

Ce massif culmine à 1661 m d'altitude. Il s'agit d'un chaînon taillé dans les calcaires liasiques et montre une orographie inclinée vers l'Ouest en direction du village de Bordj Bou Naâma (fig.13) qui s'éloigne d'un km environ.

Presque tout le versant occidental est jonché par des blocailles allant de quelques décimètres cubes à plusieurs dizaines de mètres cubes répartis presque sur toute cette localité y compris le village de B.B.Naâma. En effet, des blocs se localisent çà et là entre les maisons (la cité des logements sociaux récemment construits) et même loin en dehors de la zone habitée sur la route de Tamellaht.

L'examen de la lithologie de ces blocailles a révélé qu'il s'agit des blocs de nature calcaire grisâtre tombé du haut de Dj Belkheiret. Sur le versant oriental le problème d'éboulement est légèrement important que sur le versant occidental par la simple raison de la proximité des habitats au contre-bas du massif.

Toutefois, on se sent que les habitants se sont familiarisés avec ce type de risques. En effet, l'un des habitants a profité de l'existence d'un bloc à proximité de sa demeure pour le considérer comme un obstacle devant toute chute de bloc afin de protéger sa maison.

2- Secteur du Grand Pic (Fig. 33C) :

Le massif de Sidi Amar est le principal chaînon de l'Ouarsenis tant pour son altitude élevée (1985) et que pour ces contre-bas sur lesquels sont bâtis plusieurs agglomérations.

Sur le versant occidental de ce massif se niche plusieurs habitations éparses. L'examen de la nature géologique des blocs chutés nous a conduit à conclure que la majorité de ces masses rocheuses proviennent essentiellement de la carapace ou la brèche de pente qui s'étale sur le pied de ce massif.

Sur le même versant une forêt dense signale son existence avec des arbustes moins développés que ceux de la forêt de Aïn Antar. Cette forêt constitue un obstacle naturel devant ces éboulis. Ce qui a attiré notre attention c'est l'existence d'un hôpital qui a été bâti avec ignorance fatale sur ce versant.

Sur la route de SOMIBAR aménagée sur le versant septentrional du même massif,affleure des formations néocomiennes représentées essentiellement par des alternances de puissants bancs calcaires de quelques centimètres à un mètre d'épaisseur avec des niveaux marneux. Cependant le pendage de ces bancs est de 20° vers le Nord en direction du village minier de Bou Caïd.

Les fortes précipitations favorisent l'érosion des terrains meubles tels les marnes. Par conséquent; la masse des roches est soumise à des forces d'attraction orienté vers le bas et représentées essentiellement par la gravité ce qui se traduit par une fissuration mettant en jeu une partie du banc contrôlé par le vide créé par l'érosion (fig. 31).

Dans le lieu-dit Col de Sénan à altitude de 1461 m, on a constaté la présence sur la partie du Grand Pic des blocs énormes qui atteignent les dizaines de mètres cubes. La présence de ces blocs tout près du chantier du travail de la mine de Sidi Amar peut avoir une signification anthropique à cause de l'exploitation conditionnée par l'emploi des explosifs.

3- le secteur de Sra Abdelkader (fig. 33, A et B) :

Ce chaînon est d'autant plus long que les deux cités auparavant, seulement ces versants sont moins peuplés.

Le village de Mitidja est bâti sur le versant méridional de ce massif à une altitude de 1225 m. Cependant, une forêt moins dense le sépare du massif rocheux. Cette forêt constitue un obstacle naturel devant les blocs qui sont tombés lors du séisme de l'Asnam 1980.

La répartition des blocs se localise exceptionnellement sur la partie Nord Ouest du village avec des blocs variés lithologiquement (calcaires et parfois brèche de pente) et hétérométriques de quelques décimètres cubes à des blocs dont le volume dépasse les vingtaines de mètres cubes.

Il est bien à noter que le village est exposé d'une façon irréversible au risque d'éboulement qui parvient de deux massifs différents, celui de Sra AEK et celui de Batha qui constitue la continuité méridionale du Dj Belkheiret.

Sur l'extrémité orientale une population moins dense occupe une bonne partie du contre-bas du massif, quelques rares blocs se voient éparpillés en aval. A la verticale en haut se trouve une mine de localité de Sidi Djebeur qui utilise les explosifs d'une part et le déboisement de la forêt de l'Aïn Antar d'autre part pour utiliser les troncs d'arbres pour maintenir les parois des galeries afin d'éviter tout écroulement.

4- Le secteur de Rokba Atba :

Le phénomène d'éboulement autour de ce massif est moins développé. Lors de notre dernière sortie de terrain, on a remarqué que quelques blocs éparpillés ça et là sur sa partie occidentale. Sur le versant méridional, il existe une carrière privée qui utilise les explosifs pour extraire de la roche. Cette opération s'est traduite par un grand effondrement qui a

interrompu la stabilité du massif. Cependant, il est bien à noter que quelques ouvrages récemment construits sont exposés au problème d'éboulement. On cite à titre d'exemple la réalisation récente d'un lycée.

G- LA REALISATION DES CARTES D'ALEA DES RISQUES GEOLOGIQUES:

1- glissement de terrain (fig. 34) :

L'étude de l'alea repose sur trois facteurs primordiaux :

- la lithologie favorable à ce type de risque : des terrains schisteux et alluvionnaire qui deviennent sensiblement instables au contact de l'eau ;
- la topographie accentuée de cette région : pentes raides favorisant ainsi le glissement) ;
- la présence des exutoires d'eau en aval constitue le facteur déclencheur de ces mouvements.

La superposition des trois couches représentant ainsi la géologie des terrains sensibles. Les exutoires des eaux en surface et les pentes peu abruptes constituent la carte finale des zones vulnérables au risque des glissements de terrain.

Pour conclure, dans la région de l'Ouarsenis tout les éléments ce sont réunis pour constituer une région vulnérable au risque des glissements de terrains.

2- les effondrements (fig. 34):

Le risque lié aux cavités souterraines qui ont été le siège d'une exploitation minière doit être pris au sérieux. Pour cela plusieurs études revêtent d'importance extrême. L'élaboration d'une étude concernant l'alea des effondrements repose sur les analyses suivantes :

- la recherche des causes d'un effondrement quelques que soit ses dimensions petites ou à grande envergure repose sur l'examen des zones de fractures et d'accidents qui peuvent être actives ainsi que les facteurs de la géodynamique externe qui peuvent influencer sur le comportement de ces cavités.

- présenter toute les carrières souterraines abandonnées sur un fond topographique à petite échelle cette étape est d'autant la plus importante.

Il est important de noter que même si ces carrières sont localisées sur les massifs rocheux qui sont inhabités et qui ne représente aucun risque lié directement aux populations, ils se peut que ces phénomènes peuvent contribuer d'une façon plus large à la dégénération d'autres risques comme ceux des éboulements à cause de la topographie accentuée de la région.

La réalisation de la carte d'alea des éboulements demeure une technique le plus souvent adoptée pour la prévention de ces types de risques.

3- Les éboulements (fig. 34):

Cette opération repose essentiellement sur la topographie et l'établissement d'une carte de pentes, presque tous les alentours des quatre massifs sont exposés au problème des éboulements à cause la proximité des zones habitées aux reliefs escarpés d'une part, et à l'instabilité des massif rocheux mise en jeu par les facteurs géodynamiques externes d'autre part (cf .chapitre. II).

IV- CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES GEOLOGIQUES (Fig. 34):

La carte de synthèse réalisée montre une grande envergure exposée au risque d'éboulement. Presque la totalité des zones habitées sont exposées d'une façon permanente à ce type de risque. Il est important de garder à l'esprit que qu'une carte détaillée des éboulements sera réalisée à la fin de ce travail.

Une ceinture de terre montre aussitôt une autre manifestation de la nature, il s'agit des glissements des terrains qui ont provoqué de et des désagréments et des désordres. Le plus récent est la destruction d'une partie de la salle omnisport bâtie récemment ainsi que le terrain du stade qui a perdu aussi une partie de son enceinte. Malheureusement, le village entier de B.B.Nâama n'est guère à l'abri de ce type de mouvement de terrain. En dépit de la difficulté de prendre des prises de vue au centre du village, l'auscultation des parois de quelques maisons montre des fissurations très intenses avec parfois des ouvertures de quelques centimètres comme c'est le cas d'un mur de soutènement récemment construit a été déplacé d'environ 7 cm. Après un échange verbal avec la population, ils nous ont relaté que ce mur a été construit 1999 et cela notamment après les désordres qu'ont connues quelques maisons en amont, cette constatation nous permet d'avoir presque un mouvement de 1cm ce qui est dangereux à court terme.

Les effondrements sont des risques à caractéristiques locales dus notamment à l'exploitation minière au passé et qui se poursuit à l'heure actuelle. Cependant manque de surveillance et le comportement de ces galeries abandonnées rend ces zones dangereuses surtout qu'on sait le dernier effondrement a du causé une perte de vie d'une dizaine des pauvres miniers.

A notre avis, toutes ces galeries non explorées de loin où de près sont des zones favorables à s'effondrer un jour. C'est pour même la raison, que nous l'avons classées des zones à risques d'effondrement.

Pour conclure un système de surveillance et d'auscultation disposé de supports photographiquement ainsi que des mesures sur terrain sont plus indispensables qu'importantes pour suivre l'évolution des mouvements de ces terrains.

VII-CONCLUSION:

Les mouvements de terrain s'expliquent par la combinaison des facteurs permanents ou de prédisposition (nature et structure des formations géologiques, pente, ect...) et des facteurs externes températures (pluies torrentielles, neige, secousse sismique) et ou des travaux anthropiques (fuites de canalisation; travaux de terrassement malencontreux, explosifs employés par les mineurs). Les nappes souterraines et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions souterraines sont très souvent à l'origine de déclenchement des mouvements de versants ; glissements de terrain ; éboulements, effondrements, coulées ou laves torrentielles.

Quatrième chapitre

ANALYSE GEOSTATISTIQUE

I- INTRODUCTION :

Les éboulements comptent parmi les risques majeurs qu'on rencontre souvent auprès du massif rocheux (SDAU, 2005). Leur soudaineté rend parfois leur étude difficile (Genty H. 2002). En effet, l'alea des éboulements prend en considération deux critères majeurs :

Le premier est lié directement aux caractères intrinsèques proprement-dit du massif (géomorphologie, géologie et cadre structural). Le deuxième est représenté par les caractères régionaux de la zone étudiée (facteurs météorologiques, séismes, l'écoulement hydrique et la contribution de l'homme) (Jeannin, 2005).

La conjugaison de ces facteurs joue un rôle déterministe dans la dégénération de ce type de risque. La prévision et la prédiction restent loin d'être atteints. Toutefois, l'étude d'alea demeure l'outil efficace dans la prise de mesure de sécurité (L. Rochet 1987).

Dans le cas de notre secteur d'étude la population a beaucoup souffert de ces risques. Plusieurs maisons ont été touchées et abandonnées par leurs propriétaires.

De telle étude s'avère plus indispensable qu'importante à l'égard de ces manifestations. Une protection efficace repose sur une meilleure compréhension du comportement de ces mouvements de terrains. A partir de là, on peut dans le meilleur des cas chercher à éviter où à s'en protéger en minimisant le fort possible leurs effets dévastateurs pour qu'ils soient le moins dommageables possibles.

II- ETUDE GEOSTATISTIQUE :

A-DEFINITION:

Le terme est composé de deux parties: Un préfixe *géo* qui renvoie à la terre avec ces deux composantes internes et externes et un mot noyau *statistique* qui signifie calcul.

La géostatistique étudie les problèmes posés par les variables régionalisées, c'est-à-dire des variables mesurées dans la nature telles que : épaisseur d'une couche géologique, densité de végétation, pluviométrie,...etc.

Ces variables ont un caractère aléatoire dû par exemple à un phénomène physique sous-jacent très complexe et un caractère régionalisé (leurs valeurs ne sont pas entièrement indépendantes de leur localisation).

B- THEORIE:

A l'origine, la géostatistique s'est développée pour des applications minières, pour estimer des teneurs dans les mines d'or sud-africaines (Krige, 1951) Le formalisme et la théorie ont été développés ensuite, en particulier sous l'impulsion du professeur (Matheron, 1979). Progressivement, ces techniques ont été utilisées dans le domaine des risques naturels et dans d'autres domaines impliquant des variables régionalisées (concentrations de polluants, étude des populations...) (Matheron et al. 1988).

La géostatistique s'appuie sur un formalisme probabiliste qui fait intervenir le concept de *fonction aléatoire*. De la même façon qu'une variable aléatoire est une famille de valeurs numériques possibles auxquelles est associée à chacune une probabilité, une fonction aléatoire

est une famille de fonctions (généralement très complexes) à chacune desquelles est associée une probabilité. Une fonction aléatoire est une famille de fonctions (généralement très complexe) à chacune desquelles est associée une probabilité.

Dans le cas de la présente étude trois paramètres ont été prises pour aboutir à une meilleure compréhension de l'agencement et du comportement des éboulements :

- localisation spatiale des éboulis (par rapport au massif auquel il faisait partie avant leur chute) ;
- le volume des blocs ;
- le comptage, notons de plus que cette opération est beaucoup plus déterminante et la plus délicate à cause d'une part de l'accès difficile que présentent certaines zones et d'autre part des formes géométriques quelconques des blocs.

C- APPLICATION SUR LE TERRAIN

1- localisation des versants :

Les zones d'échantillonnage et la prise de mesure ont été choisies en prenant compte de la vulnérabilité (zones habitées et leurs alentours).

– le secteur du Grand Pic : ce massif est d'autant le plus important à cause de son altitude élevée (1985). Des habitations sont éparpillées presque sur tous les versants (Bou Caïd au Nord, douar..... y compris l'hôpital à l'Ouest et Bordj Bou Naâma au Sud Ouest). Dans sa partie orientale, ce massif surplombe le petit village de Mitidja par une fenêtre étroite qui se localise au niveau du col de Sénan. Vu cette importance, il était bien nécessaire de le classer en 10 zones bien localisées.

– Le secteur de Belkheiret : dans ce secteur l'échantillonnage a été réalisé sur ces deux versants ; l'occidental qui surplombe la ville de Bordj Bou Nâama et l'oriental dont les contre-bas sont occupées par des zones habitées. Dans cette partie de l'Ouarsenis six zones ont été le siège d'une investigation pour déterminer les des blocs déjà mis en mouvements.

– le secteur de Sra Abdelkader : ce massif occupe une grande superficie ; il s'allonge d'Ouest en Est sur 5 km. Néanmoins, la totalité des surfaces habitées est d'autant plus restreinte ; elle est représentée que par deux agglomérations, celle de Mitidja et l'autre un petit Douar représenté dans sa totalité par une dizaines de maisons dispersées longeant les contrebas de la partie orientale de la Sierra. Par conséquent, la prise de mesure n'a été effectuée qu'au niveau de 3 zones au-dessus de Mitidja et une à proximité de la zone d'exploitation de Sidi Djabeur.

B- LE VOLUME DES BLOCS :

2060 mesures ont été prises sur le terrain pour la détermination de volume et nature lithologique. Pour mieux cerner le problème de ces éboulis, nous sommes mis d'accord de les ranger en quatre classes bien distinctes. Ces classes sont répartis suivant le volume des blocailles comme suit :

- La classe **A** renferme des blocs inférieurs à ($>1\text{m}^3$) y exclu les pierres dont le volume est beaucoup plus minime et qui ne constitue aucun danger. Elle est représentée par la couleur bleue.

- La classe **B** : dans cette classe nous avons rangé les volumes des blocs compris entre (1m^3 - 3m^3) la couleur représentative de cette classe est le noire.

La classe **C** : de (3m^3 à 5m^3), ces volumes sont rangés dans cette classe représentée par la couleur verte.

- La classe **D** : cette partie renferme des volumes plus ou moins grands qui dépasse les ($>5\text{m}^3$) elle est marquée par le rouge.

Ce choix a été pris par la simple raison que le volume mobilisé lors des événements survenus dans le temps passé ne se représente que par des chutes de blocs éparpillés. Toutefois, aucun signe d'éboulement en masse n'a été signalé cela ne signifie pas qu'il ne se produira guère. Dorénavant, une analyse de l'aléa de rupture demeure importante afin de caractériser à chaque compartiment rocheux l'acuité du risque et son instabilité.

C- COMPTAGE DES BLOCS (Tableau. 3):

Malgré sa simplicité, cette opération constitue la base de l'analyse géostatistique. En effet, les données récoltées sont traitées d'une façon détaillée afin d'aboutir à une meilleure compréhension du risque ainsi d'envisager la mise au point des dispositifs techniques nécessaires pour y faire face et en limiter les conséquences éventuelles.

III- ANALYSE STATISTIQUE :

A- ANALYSE COMPARATIVE INTERCLASSE (fig. 35):

1-Le secteur du Grand pic :

a- le versant septentrional du Grand Pic: il englobe 6 zones suivantes :

Zone 1 : Cette zone se trouve en arrière d'un petit monticule appartenant structurellement au massif des chicots. Cette zone est jonchée par des blocs de différentes formes et dimensions mais de même nature lithologique (calcaires grisâtre). Ces blocs sont abondants et se répartissent jusqu'à la piste qui mène au chantier en aval.

Le fort pourcentage est marqué par des blocs de la classe A (43 %). Les autres pourcentages sont presque identiques pour les deux classes **C** et **D**. Cependant la classe **B** renferme un pourcentage moyen (26%) par rapport aux autres catégories.

Zone 2 : c'est la zone comprise entre le chantier en aval et les deux mines en amont sur les altitudes 1900 et 1875. Le pourcentage des blocs gigantesques (classe **D**) est légèrement important par rapport à la première zone (15.1 %). la classe **A** montrée toujours une importance avec un pourcentage 53.4. Toutefois, les deux classes qui restent leur abondance sont atténuées et demeurant moins de (20). Un replat se trouve tout en aval, faisant partie d'une zone dite Col de Sénan. C'est à ce niveau que blottissent la majorité de ces blocailles dont la lithologie est toujours contrôlée par le faciès calcaire.

Zone 3 : sur le même versant non loin de la mine citée auparavant, cette zone se dresse sur une partie montrant une certaine concavité sur la quelle se répartissent les blocs. Cette zone est marquée par un fort pourcentage des blocs de moins d'un mètre cube (classe A, 65%) avec un faible pourcentage pour la classe, 5% . Les deux classes restantes montre une faible abondance (>20%).

zones 4 : une prédominance de la classe A avec un fort pourcentage de 68% des blocs (> 1m³) marque cette zone, la classe D devient légèrement importante pour atteindre 20%. Cependant les deux catégories , leur abondance est faible et ne dépassent pas 10%.

Zone 5 : cette zone peut être divisé en deux parties bien distinctes représentées essentiellement par des lieux montrant une certaine concavité. Cependant sur la rive droite de la 2eme partie, il y a quelques arbustes qui annoncent une forêt moins dense, les pourcentages représentatifs de cette zone sont respectivement 51% (classe A), 26% (classe B), 11% (classe C) et 10% (classe D). La forme géométrique des blocs est homogène par rapport aux épaisseurs des strates sus-jacentes du Bajocien d'où leur origine.

Zone 6 : dans cette partie du versant méridional du Grand Pic des gabions installées par les services de forêts ont un double rôle ; minimiser l'érosion hydrique d'une part et constituer un obstacle naturel devant les blocs mis en mouvement. Les pourcentages sont presque identiques pour les premières classes (A, B et C) respectivement (33%, 21% et 33%). Certes la classe D est marquée par un pourcentage habituel de l'ordre de 10%.

2- Le versant oriental du Grand Pic :

Zone 7 : sur la ceinture qui longe Djorf Tahtaha se dresse un replat séparant ainsi le petit massif de Bou Maâlah au reste du Grand Pic oriental. Le comptage des blocs de ce versant a révélé un fort pourcentage pour les deux classes A et B (36%) et (34%) et une faible abondance des blocs de la classe D (8%).

Le massif de Bou Maâlah constitue une barrière devant les blocs provenant du haut de Djorf Tahtaha en direction de Mitidja.

Zone 8 : cette est localisée entre les deux petits massifs de Bou Maâlah et de Batha. Cette partie constitue la seule trajectoire devant des blocs tombants.

Les pourcentages calculés dans cet endroit ne sort pas de l'ordinaire, une forte dominance de la classe A (56%). L'abondance des autres catégories demeure faible et ne dépasse pas 20%.

Zone 9 : le versant oriental du monticule dit Bou Maâlah surplombe par une fenêtre étroite le village de Mitidja, un petit Oued où s'écoule les eaux provenant de Aïn Mora constitue la seule trajectoire devant les blocs qui se détachent du haut de ce massif. La majorité des blocs sont de l'ordre métrique (classe A) et parfois inférieure avec un pourcentage de (55,8 %). Cependant, les trois autres catégories sont représentés par des pourcentages qui ne dépasse pas 18%.

Zone 10 : Sur le contre-bas du versant oriental du Grand Pic au-dessus du Djorf Tahtaha, la forêt devient moins dense pour disparaître totalement en laissant place aux blocs de

différentes formes; c'est à ce niveau que nous avons pris nos mesures, suivant les classes **A**, **B**, **C** et **D** les pourcentages sont respectivement : 50%, 25%, 15% et 9.5%.

3-Versant Occidental Du Grand Pic :

Zones 11 : cette partie a été le siège de plusieurs désordres (glissements de terrain et éboulements). Elle se localise tout près de la route qui mène de B.B.Naâma vers Bou Caïd.

Une dense forêt la sépare des falaises abruptes du Grand Pic, toutefois l'existence d'une carapace plus ou moins puissante rend cette zone délicate, sachant de plus que les blocs rencontrés tiennent leur origine de cette dernière. Deux caractères favorisent la chute des blocs : son pendage et sa fragilité.

Une forte dominance de la classe **A** est marquée par un pourcentage 39%, la classe **C** devient de plus en plus importante que dans les autres zones avec un pourcentage de l'ordre de 32% faible pourcentage pour les classes **B** et **D**, respectivement (11% et 18%).

Zone 12 : cette zone a constitué notre intérêt à cause de la présence d'un hôpital, 62% marque l'abondance des blocs de la classe **A**; cependant les trois autres catégories leur pourcentage demeure faible et ne dépasse les 20 %. La nature lithologique de ces blocs est représentée majoritairement par des brèches calcaires avec un ciment parfois calciques qui donne à la roche une certaine dureté. Ces blocs envahissent presque tout le périmètre de l'hôpital.

2- Secteur de Sra Abdelkader :

Zone 13 : cette zone est localisée sur le versant méridional du massif et précisément sur la partie occidentale qui surplombe le petit village de Mitidja.

De point de vue lithologique, ces blocs ont l'aspect de deux faciès : calcaire et brèche de pente. Cependant le faciès calcareux est très dominant.

Les pourcentages calculés nous ont révélé toujours une forte dominance de la classe **A** (70%), pour les trois autres classes leur pourcentage reste faible et ne dépasse pas 10.5%.

Il est important de signaler que les gros blocs se localisent surtout tout près des zones d'activité minière intense.

Zone 14 : notre investigation s'est prolongée pour atteindre l'extrémité orientale de Sra Abdelkader, sur une altitude de 1175 est implantée la zone à caractères miniers du lieu-dit Sidi Djabeur. Tout en aval, quelques arbustes sont éparpillés là et çà sur ce versant.

Nos calculs dans cette région nous a indiqué un fort pourcentage pour les blocs de la classe **A** 50%. Les gros blocs dont le volume dépasse 5 m³ (classe **D**) montre une certaine importance 12.19 %. Les deux autres classes **B** et **C** leur abondance reste constante (14 %, 21 %) en comparaison des mesures prises.

Zones 15 : tout près du lieu-dit Belabès, nous avons pris nos mesures (fig. 35). De point de vue forme, les blocs montrent une certaine homogénéité avec les épaisseurs des strates sus-jacentes. Le pourcentage dominant est habituellement de la classe **A**, il est de l'ordre de 75,86 %. Cependant les autres classes **B**, **C** et **D** leur pourcentage reste inférieur à 15 %.

Comme nous avons signalé dans le 2^{ème} chapitre, c'est à cet endroit que s'est déclenché un glissement au niveau du massif rocheux mettant en jeu des plaquages des strates calcaires.

3-Secteur de Rokba Atba :

Ce massif est d'autant le plus minuscule de toute la zone culminante mais le faciès calcaire garde toujours sa dominance en parallèle avec l'altitude élevée par rapport aux zones

limitrophes. Cependant l'existence d'une carrière d'agrégats sur son versant méridional interrompt le calme de ce massif.

Le long des contrebas de ce petit chaînon nous avons effectué nos mesures. Le fort pourcentage est dominé par la classe **A** avec 42 % et classe **C** 28.5 %. Cependant l'abondance des blocs de la classe **B** et **D** demeure faible (18 % et 10%) et inférieur à 20 %.

A cause de la topographie inclinée vers l'ouest la majorité des blocs sont répartis sur ce versant.

3- Le secteur de Belkheiret :

Zone 17 : sur la partie nord ouest du massif de Belkheiret qui surplombe la ville de Bordj Bou Nâama, nous avons effectué nos mesures sur une topographie bien distincte représentée dans son ensemble par une sorte de vallée qui se prolonge en aval par un replat qui constitue le seul parcours dans cette zone devant les blocs mis en mouvement.

L'analyse des données statistiques des volumes a donné une dominance pour la première fois pour la classe **B** avec un pourcentage de 42.05 % suivi de 26 % pour la classe **A**. Les deux autres classes **D** et **C** semblent être habituelles avec un pourcentage 13.8 % pour la classe **D** et 13% pour la classe **C**.

Zone 18 : sur le même versant, cette partie constitue le prolongement du massif de Belkheiret, un pourcentage dominé par les blocs de la classe B, 43.5 % et la classe C 33%, cependant l'abondance de la classe C semble affaibli pour devenir 9 %, la classe D devient importante dans cette zone avec un pourcentage de l'ordre de 14.5 %. Ce qui attire notre attention dans cette partie de Belkheiret, est son exposition au double risque éboulement et effondrement (cf 3^{ème} chapitre).

Zone 19 : sur le versant oriental de Belkheiret, se blottissent des maisons qui ne cessent de s'approcher du massif. Cette zone est marquée un autre facteur externe primordial c'est l'existence d'une carrière d'agrégats qui utilise les explosifs dans l'abatage de la roche calcaire. Dans cette zone la classe **A** sa grande part elle marque le fort pourcentage (20 %) par rapport aux zones étudiées auparavant.

La classe **B** garde son caractère habituel avec un pourcentage de 40.42 %; cependant les deux autres classes leurs pourcentages demeurent restreints et ne dépassent pas 19 %.

Zone 20 : elle se localise exclusivement dans la partie Sud Est du massif de Belkheiret. On note l'existence d'une forêt moins dense avec une surface restreinte. Les pourcentages des volumes demeurent habituels avec une dominance de la classe **A** est de (57 %) et 23% pour la classe **B**. Toutefois, les deux classes **C** et **D** sont dominées par de faibles pourcentages qui ne dépasse guère 15 %.

Zone 21 : tout juste au sud de la falaise affecté par la faille de Sidi Belkheiret, se dresse la zone que nous dénommions zone 5.

Les deux classes **A** et **D** marquent une dominance inhabituelle surtout pour la classe qui marque un pourcentage de 32.5 % et 4% pour la classe **A**. Les blocailles de volume compris entre 1 et 3 m³ sont moins abondantes avec un pourcentage de l'ordre de 6 %. La classe **C** tient toujours la normale avec un pourcentage de 20 %.

Zone 22, 23 et 24 : c'est à ce niveau que nous avons entamé notre travail d'investigation. Tout près du village de Bordj Bou Naâma, la même zone est divisée en trois parties. Dans l'ensemble, l'abondance des blocs demeure habituelle, seulement un caractère plus ou moins anormal est constaté. Les pourcentages de la classe **C** est de 6.38 % pour devenir nulle au de la du château d'eau.

B-INTERPRETATION ET DISCUSSION DE CHAQUE CLASSE (tableau.3, fig.36 et 37):

L'analyse des données statistiques nous a conduit à constater que le fort pourcentage est occupé par la classe **A** presque majoritairement suivi par un fort pourcentage de la classe **B**. Cela nous amène à conclure que les massifs rocheux sont soumis à une intense fissuration due essentiellement aux variations météorologiques et tectoniques. On note aussitôt qu'un gros bloc peut se fragmenter en plusieurs morceaux lors de sa chute à cause évidemment de la fissuration pré-existante par laquelle il a été affecté au préalable (fig. 37).

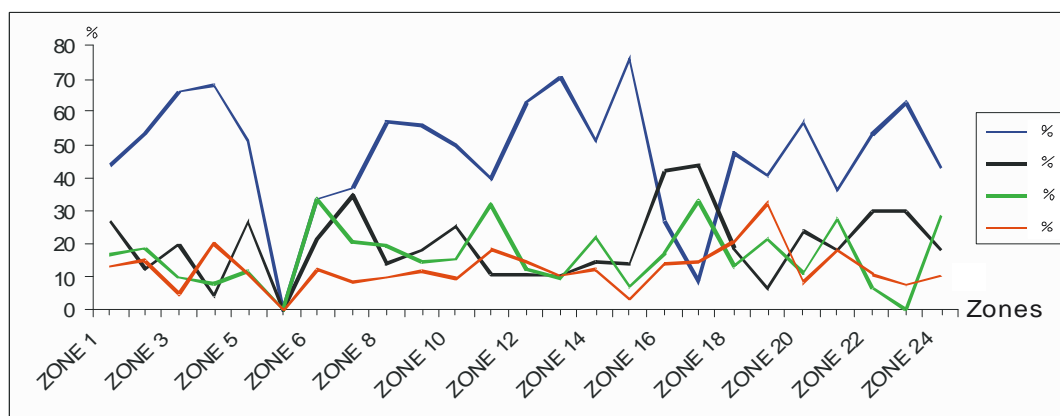


Fig. 37: Corrélation des différentes classes traitées

Un autre pourcentage plus ou moins faible par rapport aux deux classes précédentes représente les deux classes **C** et **D**; cependant ce qui nous a attiré notre attention que le volume des blocs augmente quand on s'approche des zones minières actives cela nous amène à penser que les compartiments rocheux dans le massif n'auront pas le temps d'être affecté par la fissuration causée par les oscillations thermiques (fig. 37).

C- ANALYSE DE LA DENSITE DES EBOULIS (tableau. 4):

Pour mener au bien notre étude, il fallait bien avoir une idée sur la densité spatiale des éboulis par zones de références. En effet, le paramètre de densité nous donne plus de détails sur le taux de la désagrégation du massif ainsi que la topographie de la zone explorée.

Pour calculer ce paramètre, on fait le rapport du nombre de blocs sur la zone étudiée.

$$P = N/S$$

P: est la densité;

N : est le nombre des blocs de différents volumes rencontrés dans une zone;

S : est la surface totale en mètre carré de la même zone;

1-Interprétation et analyse (fig. 38) :

Les valeurs obtenues pour toutes les zones visitées sont représentées sur l’histogramme (fig. 38). L’analyse de ces valeurs permet de distinguer trois types de densités :

- densités minimales : elles se voient généralement dans les zones 4, 6, 8, 11, 14, 15, 19,21, et 24 avec des valeurs qui ne dépassent guère **0.03** b/m².
- densités moyennes : elles caractérisent les zones 1, 5, 7, 9, 13,19 et 22. Les valeurs s’approchent de 0.05 b/m² et parfois la dépassent légèrement.
- densités maximales : ces dernières sont perceptibles exclusivement dans la zone 16 (la partie nord occidentale du versant occidental de Dj Belkheiret) avec une valeur qui dépasse 0.2 b/m². Une autre valeur de 0.08 b/m² est constatée dans la zone 17.

C- ANALYSE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES BLOCS (tableau. 5 et 6):

Dans le cas de cette présente étude, les zones explorées ont montré une distribution spatiale contrôlée par la règle hiérarchique. Cependant, il est important de garder à l’esprit que la représentativité de cette distribution peut nous mener à mieux comprendre si cette dernière est groupée, aléatoire ou systématique.

Pour aboutir à tel résultat, il fallait bien calculer la statistique R du plus proche voisin (un bloc repère par rapport aux autres blocs 10), elle s’obtient de la manière suivante :

$$R = \frac{DM_{obs}}{DM_{al}}$$

DM_{obs} est la distance moyenne entre les points de l’échantillon

$$DM_{obs} = \frac{\sum_{i=1} D_{obs\ i}}{n}$$

N

Pour aboutir à tel résultat, il fallait bien calculer la statistique R du plus proche voisin (un bloc repère par rapport aux autres blocs de nombre de 10), elle s'obtient de la manière suivante :

$$R = \frac{DM_{obs}}{DM_{al}}$$

DM_{al}

DM_{obs} est la distance moyenne entre les points de l'échantillon

$$DM_{obs} = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_{obs\ i}}{N}$$

D_{obsi} est la distance entre i et la plus proche voisin, N est le nombre de point le

DM_{al} est la distance moyenne d'une distribution aléatoire

$$DM_{al} = \frac{0,5}{\sqrt{p}}$$

avec P exprimant la densité des N points dans la surface S de la d'étude

$$P = \frac{N}{S}$$

cette paramètre est calculée au paravent pour toute la zone d'étude

Si R = 0, la distribution spatiale est groupée.

Si 0 < R = 1, la distribution est aléatoire.

Si R > 1, la distribution est systématique et régulière.

1- Interprétation et analyse :

Les résultats obtenus nous montre des valeurs de R inférieures à 1 et s'approchent de 0, dans la quasi totalité des zones étudiées. Cela nous amène à conclure qu'il s'agit d'une région dont le caractère aléatoire domine avec un groupement très appréciable presque sur toute la zone culminante.

Pour une meilleure compréhension du phénomène, une reconnaissance appropriée du terrain est conseillée avant d'entamer une telle étude. Cela peut permettre à identifier les zones fortement instables ainsi de classer les zones selon la densité des éboulis par unité zonale.

Dans le cas de notre secteur d'étude et selon la densité des éboulis calculée parfois et constatée d'autre fois, on a pu classer notre secteur d'étude en trois zones bien distinctes l'une de l'autre:

- une zone fortement dense qui se localise généralement en aval des massifs et parfois à proximité des obstacles naturels (le cas des monts de Bou Maâlah). Cette partie renferme des blocs de différentes dimensions. cependant la classe A est dominante.
- Une zone avec une densité moyenne qui s'étale au-delà la première zone, elle est occupée surtout par des blocs plus ou moins énormes.
- Une dernière zone comprise entre la deuxième zone et les talwegs qui constitue l'arrêt prématuré des blocs. Cette zone est représentée par une abondance des blocs faible à cause de son éloignement de la zone nourricière.

IV- SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG):

A- INTRODUCTION:

Avec l'essor de l'informatique qui se traduit par un développement croissant et rapide du matériel et des logiciels, l'une des tâches les plus fastidieuses de la cartographie lui a été confié; il s'agit de la gestion de l'information géographique numérisée. L'ordinateur est devenu comme dans tous les autres domaines le compagnon, précieux du géologue et son assistant pour la production cartographique et l'analyse spatiale. Ainsi est né le concept de système d'information géographique (SIG).

B- UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET SES ECOUVREMENTS:

Parmi les nombreuses définitions avec les quelles on peut désigner un SIG, on admet d'une façon générale que le système d'information géographique doit impérativement assurer les fonctions de saisie, d'analyse et de restitution des données localisées dans l'espace (King,1994). Pour une définition aussi large, on englobe certains domaines spécifiques comme la télédétection, la géostatistique...etc. On doit retenir essentiellement qu'un SIG ne se limite guère par à la gestion des données, mais qu'il doit contenir des fonctions d'analyse et de modélisation spatiale.

D'après l'Union Géographique Internationale (IGU), un système d'information géographique est " le terrain commun entre le traitement d'information et plusieurs domaines utilisant les techniques d'analyse spatiale. Burrough (1986) avait ajusté cette définition comme "un ensemble puissant d'outils pour rassembler, stocker, extraire à volonté et visualiser les données spatiales du monde réel pour un ensemble particulier d'objectifs"

Un même point de vue est exprimé par le Centre National d'Information Géographique et d'Analyse (NCGIA, 1987) un SIG est défini par ce dernier comme étant " un système de gestion de base de données informatisées pour l'enregistrement, le stockage, la correction, l'analyse et la visualisation des données spatiales".

Selon Didier 1990, un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision. Lors du colloque de Strasbourg (Novembre, 1990) une nouvelle définition a été adoptée "un Système d'Information Géographique est un système informatique permettant, à partir de divers sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisés géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace" (Claude. C 1992).

A partir de ces définitions il est évident de noter l'importance des modèles de données dans un SIG et que les SIG actuels sont issus des résultats des efforts combinés dans plusieurs disciplines. Un SIG est une ensemble de matériels et de logiciels autorisant le recueil, la saisie ; la codification, la correction, la manipulation et l'analyse, l'édition graphique des données géographiques spatiales: points, lignes, poly lignes, pixels de différentes valeurs. La gestion de donnée est l'une des autres aspects du système, qui rend toutes son importance lorsque la base de données se doit impérativement être en phase avec l'actualité (Dargone et Al 1990)

La gestion de cette base de données est assurée par un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD), qui doit assurer:

- des fonctionnalités de gestion nécessaire au maintien et à l'exploitation d'une base de données (saisie, correction, suppression, extraction, interrelation);
- des opérations liées à la topologie (recherche sur localisation, sur inclusion).
- mais aussi la gestion des droits d'accès.

Un SIG fait appel à des multiples disciplines. Sa mise en œuvre demande des moyens importants humains et financiers.

C- FONCTIONNALITE D'UN SIG:

Un SIG est présenté souvent comme un seul logiciel, cependant des différentes composantes le constituent. Un SIG complet intègre des fonctionnalités qui répondent essentiellement à (des modules d'acquisition, des modules de gestion des données, des modules d'analyse et des modules de restitution).

Le SIG est conçu pour répondre à des demandes divers dans différentes domaines, toute fois les fonctionnalités restent unifiées et regroupés 5 familles désignées sous le terme "5A"

Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse (Marmorier. 2002)

D- TRAITEMENT PAR SIG :

Pour présenter une approche développée pour l'étude des mouvements de terrain les spécialistes font appel à la cartographie automatique basée essentiellement sur des données

digitales (Kouidri. R et Ougrine. M 2006).

La détermination des zones instables et celles menacées par ce risque d'éboulement a nécessité une adoption une nouvelle technique, celle qui repose sur le traitement des cartes géoréférencées par des logiciels leader en SIG tell le logiciel Mapinfo.

Mapinfo (6.5) est un logiciel de SIG vectoriel destiné à des petits utilisateurs désirant simplifier leurs tâches de gestion d'éléments du territoire sans devoir subir la lourdeur des systèmes fédérés des administrations et des grandes entreprises de services industriels. Par exemple, sa simplicité d'utilisation couplée au logiciel Map Basic, le langage de programmation de mapinfo, permet d'effectuer un grand nombre d'opérations sans être un informaticien. Le nombre d'utilisateurs de Mapinfo grandit de mois en mois, il est très probable que de nouvelles fonctionnalités apparaissent prochainement. Sous Mapinfo la gestion des données spatiales se fait par couche. Chaque couche correspond à une et une seule entité, les objets graphiques sont liés à des tables primaires qui contiennent les attributs de l'entité. Il est également possible d'associer des tables secondaires (sans références spatiales) aux tables primaires.

La base de données géographique (pentes, réseaux hydrographiques et occupation du sol) au quelle nous nous sommes disposées constitue un outil important pour la réalisation d'une carte représentative des zones d'éboulements (Claude.C 1992).

Le but de cette opération consiste à répertoriées les zones susceptibles d'être exposées aux risques d'éboulements ainsi d'envisager le degré du risque que ces zones peuvent subir. Pour un traitement fiable et efficace, il est indispensable de dégager avant tout un scénario qui présente les différentes étapes de l'étude, en effet le modèle proposé ci-dessous comprend deux étapes d'analyse avec des dimensions thématiques différentes.

- Sélection des zones instables;
- La prise en compte des composantes spatiales.

1- Sélection des zones instables :

- Pour la réalisation de la carte des zones instables et celles menacées, on fait la superposition des deux couches de dessin la carte lithologique et celle de pentes. Cette étape est éventuellement guidée par des données de terrain qui ont une grande importance pour la réalisation de telle carte. Ces données nous ont conduit à entreprendre que la zone culminante est représentée dans sa majorité par des calcaires liasiques qui forment les reliefs. L'examen de la fissuration sur tous les massifs nous a permis de dire que presque 90 % de la région qui s'étale sur les altitudes de 1200 à 1600 m voire 1985 m, au Grand Pic, présente des fissures et des diaclases permettant ainsi de les ranger dans les zones fortement instables.

A ces formations s'ajoutent les formations sous-jacentes du dogger et du malm voire celles du néocomien elles se trouvent sur une altitude inférieure à 1200 parfois 1100 m et présente une certaine stabilité temporelle du fait du recouvrement et la forme tabulaire qui présente. Cependant le degré de fissuration varie d'une formation à une autre. Toutes fois la difficulté d'accès et les moyens modestes auxquels nous nous sommes disposés nous ont mené à faire des constatations hiérarchiques, en effet on a classé toutes formations comme instables.

Pour le reste de la zone d'étude, est représentée par une formation flychoïde qui ne présente aucun danger de point de vue risque d'éboulement, cependant, elle peut être le siège de d'autres manifestations telles les glissements de terrain (cf 3^{ème} chapitre)

- une fois localiser les zones susceptibles d'être touchées, on doit donner avec précision avec quel degré de risque cette zone sera touchée ? Pour faire face au problème; on doit prendre

en considération la composantes verticales c'est dire les valeurs de pentes .la carte des pentes au quelle nous disposons referme 5 classes allant 50 à 83 jusqu'à 0 à 6 .Pour cela nous avons admis que pour une pente raide le risque d'éboulement sera très fort, il deviendra faible au fur et à mesure que la pente devient douce.

- la présence d'un tapis forestier sur les deux versants méridional et septentrional du Sra Abdelkader et aussi sur la partie occidentale et septentrionale du Grand Pic peut contribuer localement à une certaine protection des habitations en aval de ces deux massifs.

Pour la réalisation d'une carte finale qui englobera toutes ces données on fera la superposition de la carte dans laquelle on a classé le risque selon son degré (fort à nul) et la carte d'occupation du sol seulement dans cette analyse on ne prend en considération que du tapis forestier qui se répartissent des deux massifs cités précédemment.

2- La prise en compte des composantes spatiales :

a- le MNT (fig. 39) : le modèle numérique de terrain (MNT) est représentation numérique simplifiée de la surface d'une zone, en coordonnées altimétriques (le plus souvent exprimés en mètres par rapport au niveau de la mer) et planimétriques cotées dans un repère géographique, très utilisé en synthèse d'image (des possibilités d'exploitation bien supérieures notamment en terme d'analyse spatiale carte en 2D et en 3D). Considérons un modèle numérique de terrain sous forme d'image raster: à chaque pixel (représentant une certaine surface au sol) est associé à son altitude moyenne. Diverses cartes peuvent en être déduites représentant du relief en 2 ou 3 dimensions:

- carte de pente;
- d'orientation;
- d'illuminations, qui combinées à d'autres cartes thématiques, acquièrent un fort pouvoir explicatif.

Une vue 3D constitue la première base de visualisation par dessus de la zone étudiée. Cette approche revêt d'importance primordiale pour le repérage de l'agencement des pentes et leurs orientations vis à vis les zones habitées et aussi les petits monticules qui se localisent sur ces pentes constituant ainsi l'un des obstacles devant les blocs incidents (planche.V, C). Dans cette analyse trois monticules sont repérés :

-Dans la partie orientale du versant du Grand Pic, le petit mont de Bou Maâlah constitue une sorte de barrière naturelle faisant face aux éboulements qui prennent naissance du haut du massif culminant de Sidi Amar.

-Non loin d'ici sur la partie sud occidentale du même massif le monticule d'Aïn Nessour se dresse entre la partie culminante et le village de Bordj Bou Naama.

-Les massifs des chicots, l'installation de ces massifs est dû essentiellement à des effets tectoniques. Toute fois, leur disposition en contre-bas de la partie occidentale de la Sierra Abdelkader peut absorber une part de l'énergie potentielle des blocs incidents; ils peuvent éventuellement contribuer à une sorte de protection envers les agglomérations du village minier.

b- La carte des pentes (fig. 40):

La pente est le facteur d'autant le plus important dans la propagation des éboulis pour cela, une carte représentative des pentes dressée au préalable constitue la base des travaux et surtout pour y aboutir à des modèles de pentes sur les quels portent les analyses de simulation. Une grande relation existe entre la propagation et la morphologie de la pente :

- si la pente est raide le parcours d'un éboulis sera très long.
- si la pente est tangentielle (sub-horizontales) le blocs ne pourra se glisser que quelques mètres au delà de son point de départ.

Sur presque toute la zone culminante, les pentes ont des valeurs importantes tout près des massifs calcaires, elles décroissent tout en s'éloignant des centres de ces massifs.

Le seul cas qui présente une particularité, c'est celui de Rokba Atba.

Cette carte (fig. 40) a été relevé à partir du MNT établi en prenant en compte les courbes de niveau en 10 m, il répare mieux compte de la réalité du terrain, compte tenu du caractère très accidenté du relief six classes de pentes ont été définies.

Les pentes supérieures à 50 % représentent un pourcentage 16 % de surface totale étudiée, cependant le fort pourcentage (33.9 % et 38.3 %) est marqué respectivement pour les pentes de (25 à 50 %) et (12 à 25 %). Plusieurs modèles de pentes seront dégagés dans la partie qui vient toutes fois il est important de signaler que l'examen de quelques blocs sur terrains montre un long parcours parfois au de la de la zone étudiée ce qui laisse à penser que les forces résistantes sont trop faibles pour assurer un blocage prématuré des blocs.

c- La carte des altitudes (fig. 41):

Cette carte nous permet de mieux visionner les points qui constituent l'arrêt probable des éboulis. En effet le long des parcours, il existe des talwegs tout en aval, c'est à la base de ces endroits qu'on a supposé la base de nos modèles, c'est-à-dire la hauteur de référence (0m).

La différence des altitudes a constitué une base pour calculer les différentes hauteurs sur lesquels se localisent les points hypothétiques que nous avons proposés et constituent les différents compartiments des pentes composites.

d- La carte d'occupation des sols (fig. 42):

Quand on parle de l'occupation des sols, on désigne l'absence ou la présence de la couverture forestière comme c'est le cas de notre étude. L'espace forestier se localise sur presque les tous alentours du massif du Grand pic à l'exclusion de sa partie septentrionale qui ne présente que quelques arbustes éparpillés. La densité du tapis forestier dépend d'une zone à une autre. Notant de plus que sur la partie orientale, il existe des zones minimales dont la forêt est moins dense.

Le massif de Sra Abdelkader est couvert par une de grandes étendues de forêts. En effet, ses deux versants sont préoccupés par un dense tapis forestier qui montre une certaine continuité le long de la Sierra. Cependant sa partie occidentale en est dépourvue totalement. Pour le reste de la zone culminante c'est à dire Rokba Atba et Djebel Belkheiret, aucun signe

de verdure n'existe. Ce qui est important à retenir c'est le rôle efficace que la forêt peut jouer pour constituer des obstacles naturels devant les éboulements. Cette première approche permet de nous éclairer plus de détails sur les zones susceptibles d'être le théâtre d'un éboulement dont l'acteur principal de la scène est le bloc.

E- RESULTATS ET INTERPRETATION:

1-La carte des zones instables et autres menacées par le risque d'éboulement (fig.43):

Comme nous avons évoqué au paravent, les terrains présentant ainsi un risque de rupture englobent toutes les formations jurassiques auxquelles s'ajoutent les alternances marno-calcaires d'âge néocomien. Ces zones montrent une superficie de 11,79 km² le long d'un périmètre de 37,76 km avec un pourcentage de 14 % de la surface totale. Sur une superficie de 65,97 de km² et le long d'un périmètre de 32,54 km. La zone menacée s'étale depuis les amonts des ces massifs culminants jusqu'au le talweg qui constitue l'arrêt prématuré des éboulis incendants; elle représente un pourcentage de 82,46 %. Les quatre localités urbanisées plus ou moins denses celles de Bordj Bou Naâma, Mitidja, de Bou Caïd et Sidi Slimane font partie de ces zones touchées.

2- la carte des classes des risques d'éboulement (Fig. 44):

Pour la réalisation de cette carte nous avons pris en considération de la pente , nous avons fait correspondre pour chaque valeur de pente un degrés de risque il vaut comme suit:

- Pente > 50 → le risque est fort.
- Pente de 25 à 50 → le risque est plus ou moins fort.
- Pente de 12 à 25 → le risque est moyen.
- Pente de 6 à 12 → le risque est faible.
- Pente de 0 à 6 → le risque est faible à nul.

La cartographie thématique des risques nous a permis de faire des constatations des superficies des zones exposées au risques. Selon le degré on prend pour :

- Le risque fort → une superficie de 8.80 km².
- Le risque plus ou moins fort → une superficie de 18.52 km².
- Le risque moyen → une superficie de 17.76 km².
- Le risque faible → une superficie de 23.42 km².
- Le risque faible à nul → une superficie de 12.37 km².

Il est important de noter les trois agglomérations se localisent dans des zones à moyen risque telles Bordj Bou Naama et Bou Caïd , cependant Mitidja se trouve en aval du massif de Sra Abdelkader, elle est exposée à un risque plus ou moins fort.

Le village de Sidi Slimane est loin d'être affecté par ce type de risque.

3-la carte finale des risques (Fig. 45) :

-Pour la réalisation de la carte finale des éboulements on fait la superposition de la carte élaborée précédemment et la carte d'occupation du sol, on obtiendra ainsi une véritable carte

qui prend en mesure toute les composantes spatiales (lithologie, pente et le tapis forestier). La combinaison de ces cartes thématiques acquiert un fort pouvoir explicatif.

On voit très bien le rôle de la forêt qui peut minimiser le risque en constituant ainsi un obstacle devant toute chute d'éboullis on peut calculer les superficies des zones selon leur degrés d'exposition au risque on note :

- Le risque fort → une superficie de 8.80 km².
- Le risque plus ou moins fort → une superficie de 13.60 km².
- Le risque moyen → une superficie de 17.14 km².
- Le risque faible → une superficie de 24.11 km².
- Le risque faible à nul → une superficie de 12.28 km².

A partir de la présente carte on constate une légère différence surtout au niveau des zones exposées aux risques plus ou moins fort, moyens et faibles. Les parties exposées au risque

moyen se sont rétrécies par l'effet de la forêt, cependant un allongement est constaté dans des parties dont le risque faible est dominant. Cela nous amène à résumer que le forêt joue un rôle important dans la dissipation de l'énergie mécanique des blocs incidents

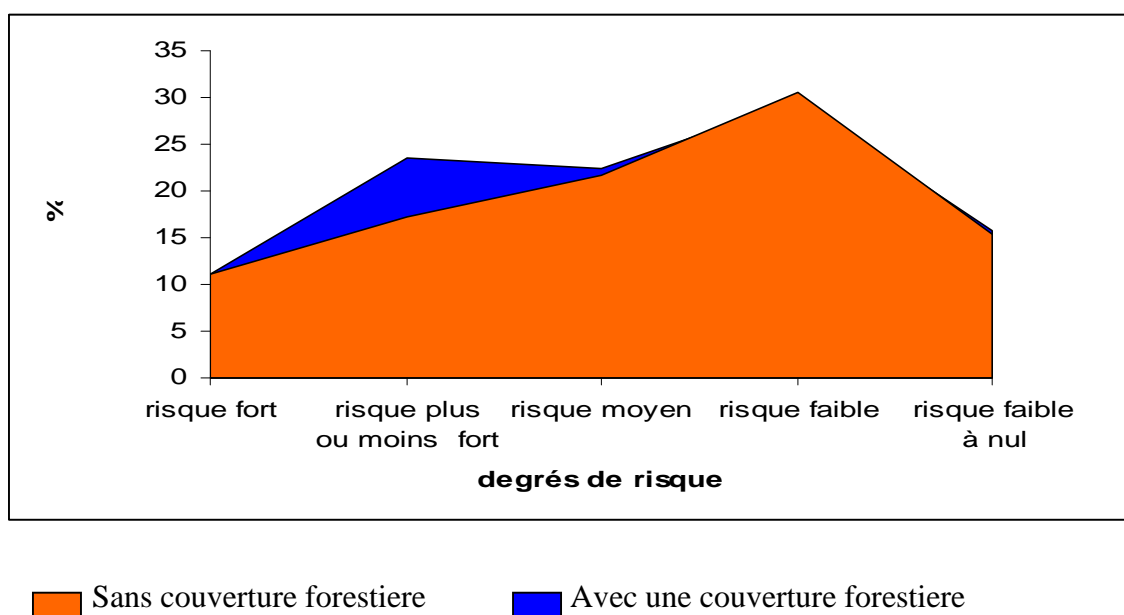


Fig. 46: Histogramme montrant la restitution des zones à risque plus ou moins fort par l'effet de la couverture forestière.

D- CONCLUSION (Fig. 45):

Au delà de ces massifs élevés (1600, 1700, 1985m), des pentes se prolongent jusqu'au de faibles altitudes qui peuvent atteindre 900 m à 800 m voire même 700 m, ce qui constitue des champs de propagation des éboulis sous l'effet de leur poids. Cependant l'existence de quelques monticules peut constituer directement des obstacles d'où ces blocailles finissent par s'arrêter.

La figure 45 permet de visionner le rôle de la forêt qu'elle peut jouer dans la dynamique des éboulements, elle constitue une véritable barrière devant ces blocs, mais elle doit être dense pour que son rôle soit efficace.

Une lourde charge doit être prise en considération par les élus locaux, les autorités locales ainsi que la population pour faire face à ce risque.

V- MODELISATION DE L'IMPACT ET DE LA PROPAGATION :

La mise en mouvement d'un bloc est liée directement à une rupture brutale des forces de détention, cette rupture est provoquée le plus souvent par l'action des eaux qui influe directement sur les diaclases ou les fissures par l'augmentation de la pression interstitielle qui assure le détachement des blocs.

A- LES PARAMETRES A PRENDRE EN CONSIDERATION :

La propagation des matériaux éboulis est assurée par plusieurs paramètres :

1. / le volume des blocs;
2. / la topographie;
3. / la nature de terrains formant ainsi les pentes;
4. / la présence des obstacles naturels.

1- Le volume des blocs :

Un rapport réciproque existe entre le volume et le parcours d'un bloc.

Un grand volume implique un grand parcours c.à.d, le poids d'un grand bloc qui se détache de l'amont d'un massif libère une vitesse de propagation importante pour assurer un long parcours en aval. Cependant, un volume minime implique une énergie insuffisante pour parcourir que de petite distance.

Le mode de propagation d'un bloc est le plus souvent rotationnel cela conduit à dire qu'un bloc totalement sphérique parcourt une grande distance qu'un bloc cubique ou d'une forme quelconque à cause notamment des coins et des surfaces plates qui diminuent la vitesse de ce dernier le long de son parcours.

2- La topographie :

Comme nous avons évoqué auparavant, la topographie à son rôle à jouer pour et contre la propagation (pentes et obstacles) (voir partie précédente).

3- La nature des terrains formant les versants :

La nature des terrains formant la pente est formellement alluvionnaire ou schisteuses, ces terrains présentent une certaine friabilité que lors du choc du bloc après son rebondissement en air absorbe une certaine énergie. Le bloc mis en jeu entre en mouvement rotationnel accompagné parfois avec un rebond dû essentiellement à la topographie sinueuse (en dôme et en creux).

4- La présence des obstacles naturels:

Lors de sa chute, un bloc incident est contrôlé par plusieurs obstacles, parmi lesquels on note:

- une couverture forestière dense (le versant occidental de Sidi Amar) qui peut jouer un rôle important ;
- les monticules et natures géomorphologiques de certains versants;
- la pente et son orientation (*cf partie précédente*).

B- LE MECANISME DE PROPAGATION (fig. 47) :

L'élancement d'un bloc est dû essentiellement au poids et à la pente. Cependant le long de la trajectoire l'énergie potentielle se dissipe pour devenir nulle quand les forces motrices deviennent faibles par rapport aux forces résistantes, parmi lesquelles on note :

1. / la force de l'air;
2. / La force de frottement;
3. / a force de glissement;
4. / la déformation plastique des terrains.

La conjugaison de toutes ces forces constitue la composante inverse d'une force résistante qui assure l'arrêt prématuré du bloc.

C- MODELISATION DE L'IMPACT :

Suivant les travaux réalisés par (L. Rouchet 1987) du LPC (laboratoire des ponts et chaussés)- l'échange et la dissipation de l'énergie cinétique le long d'une trajectoire sont définis par les fonctions suivantes :

- une fonction de transfert normale (VR_n) représentant ainsi le rebond élastique du bloc (faible).
- une fonction de glissement (CR_g) dans la direction tangentielle lors du contact du bloc au sol.
- une fonction de rotation, elle est la plus déterminante dans la propagation du bloc, elle aura une grande part d'étude dans le modèle proposé.
- Un facteur de roulement (K_p) lié à la variation de l'énergie cinétique entre deux impacts

Successifs et aussi à la forme géométrique du bloc
(Falceta 1985). On obtient ainsi

$$\mathbf{VR} = \mathbf{VRn} + \mathbf{VRg} + \mathbf{Vrp}$$

On verra plus tard que cette force pourra être calculée avec une fonction linéaire qui prendra en compte les deux variables la hauteur **H** et la masse **M**.

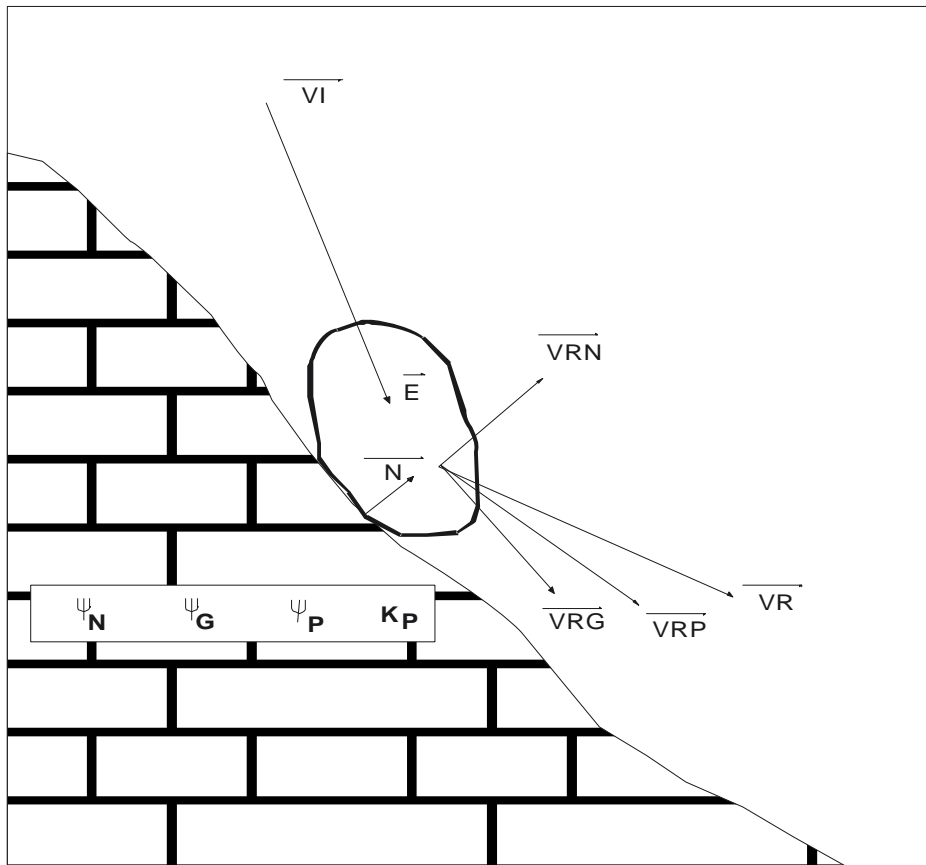


Fig. 47: Schémas montrant les différentes forces exercées sur un bloc mis en mouvement

L'extension probable d'un éboulement ainsi que l'énergie mécanique calculée sur un point de référence situé le long de la trajectoire restent deux opérations délicates et ne donnent que des valeurs théoriques. Pour cela, "il fallait un calage du modèle proposé pour pouvoir comparer les données théoriques calculées au sein du laboratoire et celles réelles prises lors d'un éboulement artificiel ce qui n'a pas été réalisé dans la présente étude" cependant la mesure de quelques distances situés au delà la zone d'étude peuvent nous aider a faire une comparaison entre ces données à celles calculées au sein du laboratoire. Alors on s'est suffit que par ces données théoriques comparées à celles cités précédemment, celle-ci constitueront une base de données à utilité primordiale pour les études ultérieures.

D- ANALYSE ET ETUDE DE SIMULATION :

Cette étape s'avère plus indispensable qu'importante, elle constitue une analyse de propagation sur un modèle numérique de pente prélevé à partir de la carte des pentes. Cette

technique est adoptée surtout dans le domaine de l'évaluation du risque ainsi que pour envisager un système efficace de protection.

1- Analyse des conditions de propagation sur deux modèles de pentes :

La zone culminante est constituée essentiellement par des séries calcaires qui dominent les hautes altitudes perçant ainsi les formations friables schisteuses et alluvionnaires qui jonchent presque la quasi-totalité des versants de la zone culminante.

Suivant l'enquête que nous avons menée sur le terrain ainsi que l'examen du MNT de la région deux modèles de pentes peuvent être pris.

a. Modèle simple (fig. 48):

Il s'agit d'un modèle simple qui montre une certaine inclinaison du sommet jusqu'au point que nous considérons comme point basal de référence, seulement il faut retenir que la distance qui sépare les deux points 1 et 2 change d'une zone à une autre.

Pour en sortir le modèle physique de propagation on se base sur la loi suivante :

L'énergie mécanique (E_{M1}) d'un objet qui entre en mouvement est représentée par l'addition de l'énergie potentielle (E_{P1}) et une autre cinétique (E_{C1}) :

$$E_{M1} = E_{P1} + E_{C1}$$

Au point 1 : l'énergie cinétique est nulle parce que le bloc n'a pas entré en mouvement encore, est la vitesse égale à 0, à cet instant l'énergie mécanique E_{M1} égale l'énergie

potentielle E_{p1} .

$$E_{M1} = E_{p1} \Rightarrow E_{M1} = P.H \Rightarrow \text{l'équation (1)}$$

p est le poids et s'écrit $P = M.g$

(M) est la masse du bloc et (g) la gravité.

Au point 2 :

Au niveau de ce point le bloc est en mouvement et on travaillant sur la même loi de la cinématique on peut avoir :

$$E_{M2} = E_{P2} + E_{C2}$$

$E_{P2} = 0$ parce que tout simplement la hauteur égale 0 pour la simple raison c'est le point de référence donc le point 0 pour nous.

Donc l'énergie mécanique à ce niveau $E_{M2} = E_{C2} = 1/2 \cdot M \cdot V^2 + 1/2 \cdot E_N \cdot VA^2 \Rightarrow$ l'équation (2)

M est la masse, V est la vitesse de propagation, E_N est la force d'inertie et VA c'est la vitesse angulaire (vitesse de rotation).

Les lois physiques définissent la différence des énergies mécanique comme étant la somme des travaux des forces extérieures (T_E) qui peuvent influent directement sur le bloc lors de son mouvement, donc on obtient :

$$E_{M1} - E_{M2} = P.H - (1/2. M. V^2 + 1/2. E_N.VA^2) = \sum T_E \Rightarrow \text{l'équation (3)}$$

Sachant que

$$E_N = M.r^2 \quad r \text{ est le rayon du bloc.}$$

$$VA = V/r$$

$$T_E = F_r.d \quad F_r \text{ est la force résistante et } d \text{ est la distance parcourue}$$

Substituant E_N , VA et $F_r.d$ dans l'équation (3) on pourra avoir :

$$E_{M1} - E_{M2} = M.g.H - (1/2. M. V^2 + 1/2. E_N.VA^2) = F_r.d$$

En éliminant r^2 et sortant M comme variable commun, on aura:

$$M. (g.H - v^2) = \frac{F_r.d}{2}$$

Sachant que $V=1/2.g.T$ et $T=\sqrt{2H/g}$ en les substituant dans l'équation ci-dessus.

On obtiendra ainsi :

$$F_r = M/2.g.\sin \alpha$$

En revenant ainsi à l'équation $E_{M1} - E_{M2} = F_r.d$, on peut calculer sur n'importe quel point de la trajectoire défini par une distance d_n l'énergie mécanique.

b. Modèle de pente composite (fig. 48) :

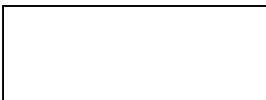
Le deuxième modèle de pente est tout à fait complexe car il est composé de trois catégories de pentes :

- La première est presque verticale sur quelques mètres de dénivelé. Au delà de cette pente commence une deuxième pente. Cette fois-ci elle est représentée par un angle d'inclinaison qui varie d'une zone à un autre; cependant cette pente est d'autant plus raide.

-La troisième pente est représentée essentiellement par un angle d'inclinaison faible et s'approche de la ligne horizontale.

Au point 1 :

L'énergie mécanique n'est représentée que par l'énergie potentielle, car l'énergie cinétique est nulle parce que le bloc n'est pas encore entré en mouvement.



$$E_{M1} = E_{P1} = p \cdot h_1 \quad \Rightarrow \text{equation (1).}$$

Au point 2 :

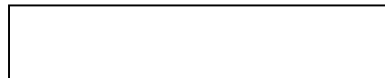
Le bloc est en chute libre jusqu'au point 2 , il est important de noter que les forces résistantes sont nulles parce que aucun contact avec la terre ou le massif rocheux n'est signalé (en plus nous avons supposé au paravent que les forces résistantes à l'air sont négligeables).

Donc on obtient $E_{M2} = E_{P2} + E_{C2}$.



A ce stade la vitesse angulaire est nulle cela veut dire que : $E_{C2} = 1/2M \cdot V_2^2$.

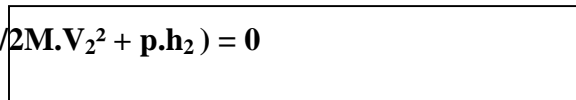
$$E_{M2} = 1/2M \cdot V_2^2 + p \cdot h_2$$



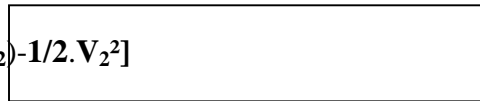
Comme nous avons évoqué au paravent la différence des énergies mécaniques égale la somme des travaux extérieures cela veut dire que : $\Delta E_M = \sum T_{Fr} = 0$

On peut écrire la formule comme suit :

$$E_{M1} - E_{M2} = p \cdot h_1 - (1/2M \cdot V_2^2 + p \cdot h_2) = 0$$



$$E_{M1} - E_{M2} = M \cdot [g \cdot (h_1 - h_2) - 1/2 \cdot V_2^2]$$



Donc $p \cdot h_1 = (1/2M \cdot V_2^2 + p \cdot h_2)$.

En simplifiant celle-ci on obtiendra

$$V_2 = \sqrt{2g \cdot (h_1 - h_2)}$$



Au point 3 :

Le mode de propagation du bloc s'est changé en premier temps il y a eu une chute libre tandis que maintenant le bloc est maintenant entré dans un mouvement rotationnel.

Donc on peut écrire :

$$E_{M2} - E_{M3} = (E_{P2} + E_{C2}) - (E_{P3} + E_{C3}) = Fr \cdot d_2$$

$$E_{M2} - E_{M3} = [1/2M \cdot (V_2)^2 + p \cdot h_2] - [1/2M \cdot (V_3)^2 + 1/2 \cdot En \cdot Va^2 + p \cdot h_3]$$

$$E_{M2} - E_{M3} = M [1/2 \cdot (V_2)^2 + g \cdot h_2] - M [(V_3)^2 + g \cdot h_3]$$

$$E_{M2} - E_{M3} = M [1/2 \cdot (V_2)^2 - 1/2 \cdot (V_3)^2 - 1/2(V_3)^2 + g (h_2 - h_3)].$$

Sachant que $(V_2)^2 - (V_3)^2 = 2g (h_2 - h_3)$.

$$E_{M2} - E_{M3} = M [1/2 \cdot 2 \cdot g \cdot (h_2 - h_3) + g \cdot (h_2 - h_3) - 1/2(V_3)^2].$$

$$E_{M2} - E_{M3} = M \cdot [2 \cdot g \cdot (h_2 - h_3) - 1/2(V_3)^2] = Fr \cdot d_2$$

En simplifiant la formule suivante on obtient : $E_{M2} - E_{M3} = M (2 \cdot g \cdot (h_2 - h_3) - 1/2 \cdot V_3^2)$

$$E_{M2} - E_{M3} = M [(V_2)^2 - 3/2 (V_3^2)]$$

Au point 4 :

A ce niveau on suppose que le point final du trajet du bloc puisque la vitesse est nulle, l'énergie cinétique égale (0) et aussi l'énergie potentielle égale (0) parce que la hauteur (h=0).

Donc on obtiendra $E_{M3} - E_{M4} = \sum T_{Fr}$

$$E_{M3} - 0 = \sum T_{Fr} = Fr \cdot d_3$$

$$1/2M \cdot V_3^2 + 1/2 \cdot M \cdot g \cdot h_3 = Fr \cdot d \Rightarrow MV_3^2 + M \cdot g \cdot h_3 = Fr \cdot d_3$$

A la fin on aura un rapport (Fr) les forces de résistance en fonction de **M, h et d**.

$$d_3 = \frac{M (V_3^2 + g \cdot h_3)}{Fr}$$

2-Application de la simulation :

a- Les modèles de pentes simples que nous avons choisis correspondent réellement à des pentes soumises dans leur grande partie à la disposition morphologique du massif rocheux. Si on prend le cas du versant oriental du Dj Belkheiret d'où la nécessité de réaliser une telle mesure à cause d'une densité urbaine qui se niche dans cet endroit; on verra très bien que la pente correspondant au modèle simple proposé dans la présente étude. La morphologie de la trajectoire des éboulis à travers cette pente montre une certaine inclinaison du haut en bas avec un angle plus ou moins à forte inclinaison.

Pou ce massif, les énergies mécaniques calculées théoriquement dans un point de référence situé à proximité des agglomérations pour les blocs de volume allant de 1 m3 à 5 m3 sont respectivement 16500 à 82500 kj pour cela le système de protection qui devra être installer doit supporté une telle énergie.

Le même cas est rencontré sur le versant Sud-Est du massif de Rokba Atba où des ouvrages de grande importance sont implantés en aval. Pour leur protection on envisage un système de protection qui devra maintenir devant une chute de blocs de volume différent allant de 1m3 à 5m3 dont les énergies sont respectivement 4800 kj et 24000 kj (tabl. 7 et 8).

Il est important de noter que ces valeurs restent théoriques car nous n'avons pas pu caler ce modèle à cause de l'absence des données de terrain.

b- le modèle de pente complexe:

Les valeurs théoriques obtenues à partir du modèle physique proposé restent plus ou moins proches de la réalité (tabl. 9 et 10). Cependant à travers des sorties effectuées dans cette région nous avons constaté :

- Au niveau du massif de Belkheiret :

Le profil de pente dans la partie occidentale de ce massif est d'autant plus complexe que le modèle de pente proposé; car l'existence de plusieurs micros haut fond peut entraîner une diminution de la vitesse de des blocs incidents. En réalité les blocs se repartissent ® du village à environ 3 km loin de la source nourricière (bloc d'environ 3 m³) ce qui donne un intervalle d'erreur pour ce modèle de 1,1 de km. Le coefficient qui correspond à la topographie, les forces de frottement et la forme des blocs peut être calculé en faisant le rapport de la valeur réelle ® et celle calculée (T) on obtient une correction avec le coefficient

$$\partial = R/T = 0,70$$

-Le secteur de Batha :

Les blocs se répartissent tout le long de ce massif seulement le modèle théorique proposé donne des distances de 2,7 km qui paraît raisonnable cependant les blocs incidents de ce massif peuvent changer leur trajectoire à cause de la présence d'un talweg en aval. L'entrechoque des blocs avec les parois de ce oued peut diminuer l'énergie cinétique ce qui donne à la réalité une distance de parcours moins courte (de 1,23km) que celle calculée, mais le plus important c'est la présence du village de Mitidja qui se trouve tout près de la zone parcourue par les blocs.

Le coefficient de propagation dans cette partie et en appliquant le même la opération on obtient

$$\partial = 0,45.$$

- Le secteur de Sra Abdelkader:

Ce secteur est d'autant plus important de point de vue longueur. Cependant, on a proposé à titre d'exemple, un modèle de pente qui commence de sa partie occidentale et qui s'achève vers le village de Sidi Slimane, la distance parcourue par un bloc calculée théoriquement est de l'ordre de 1,7 km, elle paraît normale puisque le volume proposé est de l'ordre de 1m³ soit

2650 kg et la pente se prolonge jusqu'au village de Sidi Slimane. Néanmoins sur le terrain, la dispersion des blocs suivant le versant de ce massif elle ne peut être qu'à environ 1,07 km ce qui donne un coefficient de: $\partial = 0,63.$

-Le massif de Bou Maâlah:

Ce petit massif surplombe le village de Mitidja par une étroite fenêtre, c'est dans dernière que le modèle a été proposé, cependant la distance calculée (0,81 km) paraît un peu exagérée à cause de la faible différence d'altitude qui sépare le sommet par rapport du replat où il est bâti le village, la valeur réelle de propagation est de l'ordre de 0,56 km par rapport au point de départ à cause du changement de la trajectoire des éboulements engendrée par la présence d'un talweg. En faisant le rapport de la valeur réelle et celle calculée on obtient un coefficient de propagation:

$$\partial = 0,69.$$

-Le versant occidental du Grand Pic:

Comme nous avons cité dans les chapitres précédents, c'est le massif le plus culminant de cette région ainsi que l'Algérie occidentale. La distance probable du parcours d'un bloc incident d'une altitude de 1824 m peut valoir à 1,3 km ce qui peut être coïncidant avec la réalité, en effet sur terrain des blocs se localisent même tout près de la route qui mène de

B.B.Nâama à Bou Caïd, ce qui confirme la fiabilité de ces résultats. La donnée réelle du terrain est d'environ 1,1 km loin du point de départ. Cependant la présence, dans quelques points, d'une forêt peut fausser ces valeurs, ce qui donne un coefficient :

$$\partial = 0,84$$

3- Le système de protection (fig. 49):

Plusieurs villages plus ou moins denses sont localisés sur les versants de ces massifs auxquels ils sont très attachés. L'objectif de la présente étude n'est pas de leur choisir d'autres lieux qui constitueront une sorte d'exil, mais de la conjugaison de tous corps d'état s'avère indispensable pour faire face à ce type de risques.

Plusieurs systèmes et ouvrages de protection peuvent être envisager parmi les quels on peut citer: écrans rigides ou déformables; écrans de grillage pare blocs à dissipation d'énergie; fosses et merlons de protection; ouvrages déviateurs et galeries pare blocs.....etc.

a- Les écrans et les murs de protection:

Cependant l'installation de tout ouvrages nécessite une étude géotechnique détaillée du site, en prenant en considération des données techniques réalisées au paravent.

A l'aide des modèles proposés, on peut calculer l'énergie mécanique d'un bloc incident dans un point de référence. Ces points se situent sur la trajectoire que les blocs peuvent prendre lors de leurs chutes, et correspondent aussi aux limites des agglomérations.

L'énergie mécanique d'un bloc de volume d'un mètre cube tombant de Belkheiret dans un point de référence qui se localise tout près du village (1 km loin du centre du massif) peut être évaluée de 67538,3 k j. Un autre bloc qui tombe, cette fois-ci du massif de Batha peut arriver à proximité du village de Mitidja avec une énergie potentielle de l'ordre de 38120,09kj.

Un long parcours sépare l'extrémité occidentale de Sra Abdelkader et le village de Mitidja mais cela n'empêche pas son exposition aux risques des éboulis qui prennent naissance à partir de ce massif. Ces blocs peuvent arriver au village avec une énergie mécanique de l'ordre de 88596,9 K.J.

Les éboulements produits, au niveau de Bou Maâlah peuvent atteindre les dernières agglomérations du petit village de Mitidja avec une énergie mécanique 36254,04 K.j

Le grand Pic lui aussi peut générer des éboulements importants avec une énergie mécanique de l'ordre de 76232,5 k.j. Tout près de l'hôpital et les maisons éparpillées sur la même latitude.

Ces valeurs constitueront une très bonne base de données pour l'installation des ouvrages de protection. C'est dire tout simplement que les ouvrages qui seront construits doivent se tenir devant une telle énergie. Ces ouvrages de protection doivent être installés là où il y a des potentialités humaines et économiques surtout aux alentours des villages pour constituer une certaine protection.

b- Les filets pare-blocs:

Nous avons beaucoup apprécié l'existence d'un filet pare-blocs sur le versant méridional de Rokba Atba. Il peut maintenir une part des éboulis qui peuvent toucher quelques ouvrages récemment bâtis tel le lycée qui niche au contre-bas du même massif. On conseille les autorités locales de généraliser cette opération pour toucher les autres massifs. Cependant, l'installation de tels filets doit être conçu pour protéger les agglomérations ainsi que les infrastructures c'est dire tout simplement un plan de réalisation doit préparer au préalable en tenant compte des potentialités urbaines et économiques.

c- les gabions (planche 6D et E) :

Une carte a été réalisée représentant ainsi des trajectoires probables des éboulis lors de leur propagation. On propose à cet effet, l'installation des séries de Gabions avec une hauteur

fisante pour constituer un obstacle devant les blocailles énormes. Les distances séparant ces filets de blocs ne doit pas dépasser 20 m, on suppose aussi que une série dégradante peut minimiser l'énergie mécanique voire stopper même le bloc (planche 6D).

d- le reboisement et la protection de la forêt (planche 6A et 6B):

Le service des forêts au niveau de la Daïra de B.B.Naâma développe des efforts substantiels pour pouvoir rendre à la région son caractère forestier avec lequel elle a été connue pendant l'époque coloniale. Une centaine d'hectares de forêts font des projets de futur. Cependant, cette superficie reste totalement insuffisante devant l'ampleur du risque on recommande aux autorités locales de multiplier ces travaux de reboisement, sachant que la forêt est le moyen idéal pour minimiser les effets dévastateurs de ces types de risques.

e- Planification et urbanisme:

Il est très important de noter que dans cette région existent des zones probablement protégées, d'après les visites que nous avons faites sur terrain et dans le cadre d'urbanisme et de planification, on envisage l'extension de la ville de B.B.Naâma vers le nord ouest c'est un endroit protégé d'une part du risque d'éboulement par le monticule de Aïn Nessour et la forêt et d'autre part c'est une zone plus moins plate où le risque de glissement de terrain est faible.

Le village de Bou Caïd est menacé dans sa partie sud par les risques de glissements et d'éboulements, sa partie nord est plus ou moins stable, cela signifie que cette zone est plus

sure pour maintenir sa future extension. Celles-ci demeurent des propositions qui peuvent être corrigées par des spécialistes.

VI-CONCLUSION:

Une telle protection repose sur une meilleure compréhension du comportement de ces mouvements de terrain. Sur la base des données statistiques, on a constaté que le volume des blocs dominants reste inférieur à 1m^3 dans sa totalité. Cependant le volume prend de l'ampleur à proximité des zones à exploitation minière, ce qui laisse à déduire que l'action anthropique (l'emploi des explosifs) a son rôle déterminant dans la provocation de ce type de risque. On a pu aussi classer les zones selon leur degré de désagrégation, la zone de Belkheiret est fortement touchée avec une densité maximale de 0.2 blocs/m². Cela nous amène à conclure que les conditions intrinsèques ainsi que les facteurs de la géodynamique externe sont proprement développées dans cette région que par ailleurs.

Le SIG a constitué une base de traitement importante pour : localiser, classer et interpréter les zones selon le degrés de risque auxquelles sont exposées.

A- le croisement de la carte des pentes et celle de la lithologie de la région nous a permis de ranger la zone d'étude en deux zones bien distinctes l'une de l'autre:

- zones instables et génératrices d'éboulement avec un pourcentage de 14%;
- Zones menacées avec un pourcentage de l'ordre de 82,46%

B- la superposition des deux couches des pentes à celles produites nous a conduit à grouper en quatre zones à risque (fort, plus ou moins fort, moyen, faible, faible à nul) avec des pourcentages respectivement (11.1%, 23.44%, 22.48%, 29.64%, 15.65%).

C- la superposition de carte réalisée précédemment à celle représentative de la couverture forestière nous a permis de mieux entreprendre le rôle de la forêt. En effet, une simple comparaison entre les pourcentages des zones menacées selon leur degrés d'exposition aux risques nous été utile à constater que le risque plus moins fort qui se localise dans les parties où la couverture forestière est bien développée s'est rétréci avec un pourcentage de l'ordre de 6.23 % de la surface totale. La modélisation et l'application de la simulation nous ont permis de quantifier le risque. Les énergies mécaniques d'un bloc en mouvement peuvent être calculées avec précision pour mettre en évidence des écrans rigides dont le but primordial est de protéger la ville de ces risques.

Cinquième chapitre

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSIONS GENERALES

I- CAUSES ET EFFETS

La région de l'Ouarsenis (Grand Pic, Bordj Bou Naâma) enregistre une histoire géologique complexe (Mattauer, 1958 ; Benhamou, 1996) qui lui donne une certaine particularité structurale (reliefs imposante, structure fragmentée, inclinaison exagérée...). Par leur morphologie, le Grand Pic constitue un jalon important à l'étude des risques naturels. Ses formations géologiques sont essentiellement carbonatées qui superposent morphologiquement des masses marneuses (étant la série renversée). La disposition de ces masses rocheuses compactes surplombent les zones urbanisées et aménagées ; elles envisagent donc une menace perpétuelle pour les habitants limitrophes.

La tectonique a joué un rôle important à la mise en place de ces massifs : renversement de la série stratigraphique, des failles de différentes directions (N45°E, N60°E, NE, SW), des diaclases et des fissures attestent une intense activité tectonique. Ces éléments de fissurations jouent un rôle prépondérant à la dégénération des éboulements et des écroulements.

Les reliefs à inclinaison exagérée, essentiellement le flanc Est du Grand Pic (50°E), Rokba Atba (70°SSE) et Sra Abdolkader (80°S) dominant des agglomérations limitrophes peuvent augmenter leur sensibilité aux risques ; par contre des couches inclinées vers le centre du massif posent une certaine sécurité.

En plus des résultats liés à l'activité tectonique, s'ajoute un autre facteur géodynamique extrêmement important, c'est le morcellement de la roche par l'effet des oscillations thermiques plus journalières que mensuelles voire-même annuelles. Ce phénomène a d'autant d'influence sur des altitudes élevées où l'amplitude des variations thermiques devient importante, atteint parfois 20° ; c'est à ce niveau, que la majorité de destabilisations des blocs prennent naissance. La région de l'Ouarsenis est plus pluvieuse que les régions limitrophes avec un taux annuel atteignant parfois les 500 mm. L'effet de la pluviométrie, contribue soit à la dégénération des glissements de terrain soit au déclenchement des éboulements. Dans le premier cas, la circulation des eaux souterraines d'origine pluviale et nivologique est assurée par des infiltrations à travers la lithologie alluvionnaire et schisteuse.

L'analyse des risques relatifs aux *glissements de terrain* se base sur le facteur lithologique, la pente et drainé par un écoulement souterrain comme élément majeur contribuant facilement à l'apparition des niches de décollement. La circulation de l'eau s'estompe par des amas argileux formant donc, localement des loupes marécageuses appelées localement "*Merdjas*". Ces dernières engendrent à leur tour des niches de décollement dont les effets peuvent être parfois dévastateurs aux commodités nécessaires des riverains, comme des infrastructures sportives à titre d'exemple.

Les *effondrements* consistent à l'analyse de l'instabilité des toits des anciennes galeries qui demeurent irréalisable statistiquement, car l'accès à la mine est strictement défavorable, à cause de leur exploitation d'une part, et de leur effondrement spontané d'autre part. A cet effet, nous nous sommes contentés donc, dans la présente étude que par leur localisation. Il est bien important de garder à l'esprit que les effondrements ne constituent en aucun cas, un risque lié directement à la population, mais leur déclenchement peuvent intervenir à la dégénération d'autres risques tels que les éboulements à la suite des explosifs utilisés quotidiennement. Ces galeries sont exclusivement localisées sur les quatre massifs de la zone culminante.

Les *éboulements* ont la grande part d'étude à cause de leur intensité. Cette analyse s'est soldée par l'établissement d'une carte de synthèse des risques géologiques. Une analyse géostatistique basée sur les données de terrain, nous a été très utile pour visualiser le comportement de ces éboulements. En effet, après l'organisation et le classement des données, il s'est avéré que les blocailles dont le volume ne dépasse pas un mètre prennent dans la majorité des cas de l'importance et cela nous a mené à conclure que la massif est fortement exposé aux facteurs externes comme les oscillations thermiques en particulier.

Le volume des blocs prend légèrement de l'ampleur dans des endroits qui se localise à proximité des zones largement exploitées (mines et carrières). Néanmoins, nous avons supposé que l'action anthropique s'ajoute aux facteurs de la géodynamique externe pour compliquer la situation. Alors les vibrations des sols sous l'effet des explosifs rendent ces localités fortement instables.

II- ANALYSE DES RISQUES ET PROTECTION

La statistique (R) montre une distribution spatiale groupée avec une densité plus ou moins forte au niveau de Belkheiret, légèrement forte dans la partie nord du Grand Pic et une densité plus ou moins faible par la présence d'une couverture forestière qui assure une certaine protection comme c'est le cas dans la partie Sud du même massif.

L'établissement d'un système de protection efficace devant toutes chutes de blocs exige de localiser les zones vulnérables aux risques. Pour cela nous avons élaboré un traitement basé essentiellement sur des données géographiques. En effet, la superposition de la couche lithologique de la région et celles des Plans d'Occupation de Sol (POS) nous a permis de mieux visualiser les zones menacées, représentant ainsi un taux de 14% de la zone totale et autres instables productrices des éboulements avec 82,46 %. La synthèse de cette carte s'est réalisée par le croisement de la carte des pentes et celle de l'occupation des sols. Cette étape nous a mené à déduire que les zones menacées peuvent être classées suivant le degrés d'exposition aux risques (faible, moyen, ± fort à fort). Grâce à cette opération, nous avons pu constaté le rôle primordiale de la forêt. Le risque devient modéré à faible en aval de celle-ci.

III- SIMULATION ET APPLICATION

Cette opération nécessite à une analyse d'impact et de la propagation lors de la chute. A cet effet, nous avons adopté des modèles physiques de pentes sur lesquelles des simulations ont été appliquées. Cette analyse nous a conduit à dire qu'un bloc d'un mètre cube de volume peut s'éloigner de sa source jusqu'au 4 km ; ce qui paraît un logique car lors de notre sortie nous avons constaté qu'il y a des blocs qui sont éloignés jusqu'au village Sidi Sâad distant environ 3 à 4 km de B.B.Naâma. Le plus important est de calculer l'énergie mécanique d'un bloc sur un point de référence ; sachant que ce point doit être localisé au delà du village pour restaurer la protection. Les résultats obtenus peuvent constituer une base de données pour les travaux géotechniques pour la réalisation des obstacles fortifiants et rigides pour protéger ou diminuer l'impact.

IV- RECOMMANDATIONS ET CARTES D'ALEAS

Les retombées de cette étude sont achevées par la réalisation d'une carte des aléas dans laquelle nous exposons les différentes zones sensibles ainsi que leur degrés de vulnérabilité aux différents risques. Cependant, une analyse structurale détaillée de la fissuration au niveau des massifs rocheux constitue un jalon important pour compléter la réalisation de telles cartes. Par le biais de cette étude nous lançons un avis d'appel à l'ensemble des géologues ainsi que des urbanistes et des aménagistes d'entamer une étude cartographique détaillée de cette zone qui s'achèvera par la réalisation d'une carte pluridisciplinaire qui sera d'une utilité primordiale que se soit dans le domaine de l'exploitation minière ou dans d'autre purement urbanistique.

Ce travail pourrait servir à l'établissement d'une cartographie géotechnique de la ville de Bordj Bou Naâma, ce qui faciliterait le travail du projecteur dont la première tâche est la recherche du meilleur site avant d'entamer les études d'avant projet. Ce choix initial à évidemment une grande importance dans les problèmes d'aménagement et d'urbanisme.

Enfin, la protection de la population nécessite une réponse rigoureuse qui exige deux grandes orientations : 1°) limiter ou modifier les effets des paramètres naturels qui consiste à amenuiser fortement l'expression du phénomène ou bien empêcher le déclenchement de celui-ci ; 2°) modifier les enjeux afin d'éviter toute atteinte au préjudice tant à la population concentrée qu'aux infrastructures inhérentes à celles-ci.

« Au terme de ce travail, j'espère que les autorités locales de la Daïra de Bordj Bou Naâma, prennent en considérations ces recommandations et de relancer les avant-projets d'infrastructures hors zones à hauts risques ». Zaâgane M.

- Alhayari M.** (1989). - Une détermination des caractéristiques mécaniques résiduelles des versants naturels: méthodes à l'équilibre limite et des éléments finis. These de Doct.univ. Joseph Fourier. Grenoble I . 214 P.
- ANDREI. S MANCA .S (1993).** -Forecast of moisture movement in saturated soils. Proc . of the 2 Int . Seminars on Soil mechanics and foundation engineering of Iran. (1993). Pp 160-174.
- ANDREI .S . MANCA S. (1995).**- Systematisation . Stockade and re-used of data regarding soil stabilisation. *Revue of the Romanian society for soil and foundation engineering.* pp. 43-74.
- ANTOINE P., CAMPOROTA P., GIRAUD A., ROCHET L. (1987),** La menace d'écroulement aux ruines de séchilienne, *Bull. liaison labo.P. et Ch.*, 150/151, oct.1987, pp. 55-64.
- AUGIER C. (1967)-** Quelques éléments essentiels de la couverture sédimentaire des Hauts plateaux. *Publ. Ser. Carte. géol. Algérie, Nlle. Sér.*, n°34, pp. 47-80., 8 fig., 2 tab., 6 pl.
- AZIMI C., DESVAREUX P., GIRAUD A., MARTIN-COCHER J.(1982),** Méthode de calcul de la dynamique des chutes de blocs- application à l'étude du versant de la montagne de la Pâle (Vercors), *Bull. liaison labo.P.et Ch.*, 122, nov,-déc.,pp.93-102.
- BASSET R. (1895)-** Etude sur la Zenatia de l'Ouarsenis et du Maghreb Central. *Bull. corresp. Africaine* 15. Paris: Leroux. Pub Lg: French. Cat: comparative linguistics, Zenatia, Ouarsenis, the Central Maghreb historical linguistics, grammar, sample texts, glossary, Algeria, Morocco.
- BELOUAR A., BOULFOUL A. et SERIDI A. (2004).**- détermination des caractéristiques Mentouri Constantine (Sci & tech B- N°:22- 2004) .pp 114- 121 11 fig.
- BENAISSA A . (1998).**-Proprietés géotechniques de quelques formations géologiques propices aux glissements de terrains . *Rummel.* N°6 1998. pp 111-120.
- BENAISSA A. (1999).**-Proprietés géotechniques de quelques formations géologiques propices aux glissements de terrains dans l'agglomération de Constantine (Algérie). *Bull. Eng. Geol. Env.* 57. pp 301-310.
- BENHAMOU M. (1996)-** Evolution tectono-eustatique d'un bassin de la Téthys maghrébine : l'Ouarsenis (Algérie) pendant le Jurassique inférieur et moyen. *Thèse. Doct. Etat. Univ.* Oran, 434 p., 139 fig., 27 pl.
- BENHAMOU M. ELMI S & DROMART G. (2005)-** Origine des épisodes détritiques d'une plate-forme carbonatée émergée pendant le Carixien (Grand Pic de l'Ouarsenis, Algérie): références, environnement et paléoclimats. *Revue et mémoires de la géologie marocaine (sous presse).*

- BENHAMOU M., ELMI S., DROMART G., SALHI. A., BENDELLA. M & BENYOUCEF. M. (2005)-** Sédimentation continentale syn-tectonique en régime distensif au sein de la plate-forme carbonatée carixienne du Grand Pic de l'Ouarsenis (Tell, Algérie) : signification paéostrucurale et paléogéographique. *10^{ème} Cong. Sédiment-Livre des résumés, Publ. ASF.* Paris, n° 51, 354 p.
- BENYOUCEF M., BENHAMOU M., BENDELLA M & SALHI A. (2005)-** Aspect sédimentologique et environnemental du complexe turbiditique albo-aptien dans la région du Hammam Sidi Slimane (Ouarsenis, Algérie). *Abstract. 8th International Conference of the Geology of the Arab World (GAW 8).* (Sous presse)
- BENYOUCEF M., BENHAMOU M & BENDELLA M. (2005)-** La marge continentale africaine de la Téthys pendant l'Albo-Aptien : un évènement détritique majeur. *Abstract. 1st International Conference of The Tethys Geological Society.* (Sous presse).
- BESSON L. (1996)-** Les risques naturels en montagne, Traitement, Prévention, Surveillance. Artès-publialp, 437 p.
- BERNARD . G.** Rapport d'interprétation géologique et géotechnique des résultats de sondage. Zone Bellevue . Lausanne (Suisse). N°1511-40 . décembre (1978)
- BETIER G., SAVORNIN J., DALLONI M., FLANDRIN J & GLANGEAUD L. (1937)-** Observations tectoniques sur la zone du « flysch albo-aptien » dans la région littorale algéroise. *C. R. Somm. S. G. F.*, 244 p.
- BETIER G & DIVERS (1938)-** Feuille Alger-Nord de la Carte géologique au 1/500.000. *Bull. Serv. Carte. géol. Algérie.*
- BETIER G & DIVERS (1939)-** Notice explicative des Cartes géologiques au 1/500.000. *Bull. Serv. Carte. géol. Algérie.*
- BIAREZ. J.. FAVRE J.I. (1976). -** Corrélations de paramètres en mécanique des sols. Ecole Centrale Des Arts et Manufactures. pp.1-15.
- BISHOP A.W** Progressive failure with special reference to the mechanism causing it *Pro. Geotechnical Conf.Oslo.II.(1967).* Pp.3-10.
- BLANC A., DURVILLE J.,L., FOLLACCI;-P., GAUDIN B., PINCENT B.(1987),** Méthodes de surveillances d'un glissement de terrain de très grande ampleur: La Clapière, Alpes-Maritimes, France , *Bull. AIGI?* 35,pp.37-46.
- BJERRUM L. (1954)-** Théorical and experimental investigation on the shear strength of soils . *Norvegian geotechnical Institute Publication N°5 . Oslo. Norway* **BRIVES A. (1894)-** Les terrains miocènes de la région de Carnot (Algérie). *Bull. Soc. Géol. France.*, (3), XXII, pp. 17-29.

- BRIVES A. (1897a)**- Les terrains miocènes du bassin du Chélif et du Dahra. *Matér. Carte. géol.* Algérie., 2^{ème} sér., *Strat., descript. Rég.* n°2.
- BRIVES A. (1897b)**- Fossiles miocènes. *Matér. Carte. géol.* Algérie., 1^{er} sér., *Paléont., Monog.*
- BRIVES A. (1897c)**- Les terrains tertiaires du bassin du Chélif et du Dahra. *Thèse. Sc.*, Alger 1897, 136 p., 5 pl.s
- BRIVES A. (1925a)**- Feuille géologique au 1/50 000è d'Orléansville. *Publ. Ser. Carte. géol.* Algérie, Alger.
- BROCKELMANN, Carl. (1932)**- Gibt es einen hamitschen Sprachstamm? *Anthropos* 27: 797-818. PubLg: German. Cat: historical linguistics.
- BURROUGH, PA. (1986)**- Principles of geographical information systems for land resources assesment. *Monographs on soil land resources survey.* N°: 62, Oxford, UK, Calendron pp193.
- CAIRE A. (1957)**- Etude géologique de la région des Biban (Algérie). *Bull. Ser. Carte. géol.* Algérie, Alger. N. Sér., n° 16, 2 vol., 818 p.
- CAIRE A., GLANGEAUD L., MATTAUER M & POLVECHE J. (1953a)**- Essai de coordination de l'autochtone et de l'allochtone dans l'Atlas tellien de l'Algérie central. *Bull. Soc. Géol.* France., (6), t. III, pp. 931-936.
- CAIRE A & MATTAUER M. (1953a)**- Note préliminaire sur la nappe de glissement medjanienne du Tell algérien méridional. *C.R. Ac. Sc.*, t. 237, pp. 653-657.
- CAIRE A & MATTAUER M. (1953b)**- Le Miocène du sillon du Chélif-Soummam et la mise en place des nappes sud-telliennes (Algérie). *C.R. Ac. Sc.*, t. 237, pp. 1735-1736.
- CALEMBERT L. (1936)**- Note préliminaire sur la tectonique du Massif de l'Ouarsenis. *Ann. Soc. Géol. Liège.* Belgique., t. 60., pp. 40-44.
- CALEMBERT L. (1937a)**- Sur la stratigraphie du massif de l'Ouarsenis. *Ann. Soc. Géol. Belgique.*, t. LX, pp. b 208-221.
- CALEMBERT L. (1937b)**- Tectonique du massif culminant de l'Ouarsenis. *Ann. Soc. Géol. Belgique.*, t. LXI, *mém.*, n°1, pp. b 4-38, fig. 18.
- CALEMBERT L. (1952)**- Massif culminant de l'Ouarsenis. *XIX^{ème} Congr. Géol. Inter.*, Alger, 1,3.
- CALEMBERT L. (1955)**- L'autochtone sud-tellien. A propos d'hypothèses récentes. *Bull. Soc. Géol. France.*, (6). V, pp. 381-390.
- CFGI, (Comité Français de Géologie de l'Ingénieur). (2000)** .- Caractérisation et cartographie de L'aléa dû aux mouvements de terrain. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Collection Environnement –Les risques naturels.

- CHIKHI N. et HOUARI H. (2004).**- Caractérisation des formations argileuses cas de Constantine (Sci & tech B-N°: 22). Univ. Mentouri Constantine Décembre 2004 pp 103-109 14 fig.
- CLAUDE. C (1992)**- Système d'information géographique en mode image. Presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne 186 p.
- COIFFAIT P.E. (1992)**- Un bassin post nappe dans le cadre structural. L'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord Orientale). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelle. Nancy.
- DALLONI M. (1922)**- La géologie du pétrole et la recherche des gisements pétrolifères en Algérie. Alger, J. Carbonel, 1922.
- DALLONI M. (1936)**- Matériaux pour l'étude géologique du massif de l'Ouarsenis. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, Alger. 2è sér., n°13.
- DALLONI M. (1952)**- L'Atlas tellien occidental. *Pub. XIXè Cong. Géol. Inter.*, Alger, 1952, *Mon. rég. Algérie*, n°24.
- DAGORNE. A.. & AL.. (1990)**- L'utilisation de la télédétection aérospatiale en mode multi-satellites. multi-capteurs et multi-dates pour l'étude de la reprise de la végétation après incendie: l'exemple du massif de Tanneron (Var-Alpes-Maritimes) ». Photo-interprétation. N° 1990-5, p. 45-47.
- DELMAS P., CARTIER. G. et P. POUGET (1987)**- Méthodes d'analyses des risques liés au glissements de terrain), bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. *Risques naturels* n°: 150 et 151 JUIL, Août, sep et oct. 1987 PP 29-38 11 fig.
- DERRICHE .Z ET CEIKH-LOUNIS G. 2004.**- Caractéristiques géotechniques des marnes plais anciennes d'Alger. *Bull Eng Geol Environ* 2004 63:367-378 pp 367-378 13 fig.
- DIDIER M, (1991)**: Utulité et valeur de l'information géographique Paris, Economica, 1991,-pp 225. CD422694,IGN 58924.
- DURAND DELGA M. (1954)**- Les rapports des venues doléritiques du Mouled-Demamene (chaîne numidique, Algérie) et de la mise en place de la nappe bordière de petite Kabylie. *XIX^{ème} Congr. Géol. Intern.* Alger, 1952, C. R. section XV, fasc. XVII, pp. 37-41., 1 fig.
- DURAND DELGA M. (1961)**- Le sillon géosynclinal du flysch oligocène en Méditerranée occidentale. *C. R. Ac. Sci.*, Paris, 252, pp. 431-433.
- DURAND DELGA M. (1965)**- Le problème de la position structurale du flysch albo-aptien dans le Nord du Rif : la nappe de Melloussa-Chouamat (Maroc). *C. R. Soc. Géol. France*, pp. 58-59.
- DURAND DELGA M. (1969)**- Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Pub. Ser. Géol. Algérie (Nlle série)*, *Bull.* n°39, pp. 89-131., 9 fig.

- DURAND DELGA M., HOTTINGER L., MARCAIS J., MATTAUER M., MILLIARD Y & SUTER G. (1962)**- Données actuelles sur la structure du Rif. *Mém. H. Sér. Soc. Géol. France*, (Livre à la mémoire du professeur P. Falot), t. 1, pp. 399-422. (France), *EEGS*, Portugal.
- DUSSAUGE-PEISSER C., 1998.** -Evaluation du risque éboulement, chute de blocs. Bilan, études Complémentaires et perspectives. Rapport de DEA, LIRIGM, Université Grenoble I, 66p.
- DUSSAUGE-PEISSER C., 2002.**-Evaluation de l'aléa éboulement rocheux. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 222 p.
- DUSSAUGE-PEISSER, C., HELMSTETTER, A., GRASSO, J.R., HANTZ, D., DESVARREUX, P., DUSSAUGE-PEISSER, C., WATHELET, M., JONGMANS, D., HANTZ, D., COUTURIER, B. & SINTES, M., 2003.**- Investigation of a fractured limestone cliff (Chartreuse Massif, France) using seismic tomography and ground penetrating radar. *Near Surface Geophysics*, 2003, 161-170.
- EVRRARD H. (1987).**- Risques liées aux carrières souterraines abandonnées de Normandie, bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. *Risques naturels* n°: 150 et 151 JUIL, Août, sep et oct. 1987 pp 96-108 14 fig.
- FALCETA J.-L.(1985)**, Un nouveau modèle de calcul des trajectoires de blocs rocheux, *Rev. Fr. Géotech.*, 30, pp 11-17.
- FOLLACCI J.-P. (1984)**, surveillance des déplacements du versant de la Clapière, Jour. D'études, *Auscultation des ouvrages en terre et des terrains*, ENPC, 11-12 déc, Paris.
- FOLLACCI J.-P., GUARDIA P., IVALDI J.-p.** , le grand glissement rocheux de la Clapière à Saint -Etienne de La Tinée dans son cadre géodynamique alpin, V^{ème} Symposium int. sur les glissements de terrain ,Lausanne.
- FRAYSSINES M. (2005).**- Contribution à l'évaluation de l'aléa d'éboulement rocheux (rupture) (thèse doctorat) Univ, Joseph Fourier – Grenoble I ., pp 218 87 fig.
- FRAYSSINES M., 2005.**- Analyses en retour d'éboulements rocheux dans les falaises calcaires, XXIII^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil 2005 – Risque & Environnement.
- FICHEUR E. (1889)**- Géologie de l'Ouarsenis : Sur la présence de la *Terebratula diphya* dans l'Oxfordien supérieur. *A.F.A.S.*, Paris.
- FICHEUR E. (1890)**- Description géologique de la Kabylie du Djurdjura. Etude spéciale des terrains tertiaires. *Thèse*. Univ. Paris. 680 p.
- FICHEUR E. (1900)**- Le Crétacé inférieur dans le massif des Matmatas (Alger). *Bull. Soc. Géol. France.*, (3), t. 28, pp. 590-596.
- GENTIL L. (1895)**- Sur les gîtes calaminaires de l'Ouarsenis. *A.F.A.S. Fraou*
- GENTY H., 2002.**- Etude en retour d'éboulements rocheux survenus sur les falaises calcaires

- de la région grenobloise. *Mémoire de maîtrise STU*, Université J. Fourier, Grenoble.
- GLANGEAUD L. (1925b)**- Les éruptions tertiaires nord-africaines, leurs relations avec la tectonique méditerranéenne. *C. R. XIX^{ème}, Session Cong. Géol. Int. Alger, XV, fasc. XVII*, pp. 71-101, 5 fig.
- GLANGEAUD L. (1927)**- Cartes géologiques de Cherchell et Gouraya au 50 000è, Alger. *Serv. Carte. géol. Algérie*.
- GLANGEAUD L. (1932)**- Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. *Bull. Serv. Carte. géol. Algérie*, n°8.
- GLANGEAUD L. (1933)**- Unités paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie). *Actes. Soc. Linn. Bordeaux*, t. 85, pp. 173-220., 13 fig., 1 pl.
- GLANGEAUD L. (1951)**- Interprétation tectonophysique des caractères structuraux et paléogéographiques de la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, (6), t. I, pp. 735-276.
- GLANGEAUD L. (1952a)**- Sur les terrains complexes des chaînes du type liminaire (mosaïques, amygdales, virgations, décrochements, ect). *XIX^{ème}. Congr. Géol. Int. Algérie, Sect, III, fasc. III*.
- GLANGEAUD L. (1952b)**- Les phénomènes géophysiques et l'évolution de la Méditerranée occidentale. *Ann. Géophys.*, t. 8, n° 1. *C.R. Séances. Comité Et. Phys. Int. Terre* (Bruxelles, 1951), pp. 112-132.
- GLANGEAUD L. (1952c)**- Tectonophysique comparée des chaînes telliennes et rifaines. *Bull. Soc. Géol. France.*, (6), t. 2, pp. 619-639.
- GOGUEL J. et PACHOUD A., 1972.**- Géologie et dynamique de l'écroulement du Mont Granier, dans le massif de la Chartreuse, en novembre 1248, *Bulletin du B.R.G.M.*, III(1), pp. 29-38.
- GOURINARD Y. (1952a)**- Elément de technologie des barrages algériens et de quelques ouvrages annexes : le barrage de l'Oued Fodda. *XIX^{ème} Cong. Géol. Int., t.I*, pp. 155-173, 6 pl., 1 cart géol.
- GOURINARD Y. (1952b)**- Recherche sur la géologie du littoral oranais. *Thèse. Sci. Publ. Serv. Carte. géol. Algérie. N. S., Bull. n°6*, Alger.
- GUIDE TECHNIQUE LCPC, 2004.**- Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux. Collection environnement, Les risques naturels. ISSN 1151-1516, 86 p.
- GOURINARD Y & LUCAS G. (1957)**- Précision sur l'âge des formations jurassiques du Koudiat Larouah (Oued Fodda, Orléansville). *C.R.S. Soc. Géol. France.*, n°11-12, pp. 224-226.
- INTERREG_I, 1998.** -Risques générés par les grands mouvements de versant - Etude de 4 Sites des Alpes franco-italienne. *Programme Interreg I*, Italie-France.

- INTERREG IIC, (2001).**- Prédiction des mouvements de versants et des instabilités de falaises
Confrontation des méthodes d'étude des éboulements rocheux de l'Arc Alpin. *Programme
Interreg Iic*, Méditerranée occidentale et Alpes latines.
- JABOYEDOFF M., PHILIPPOSIAN F., MAMIN M., MARRO C., & ROUILLER J.D., 1996.**-
Distribution spatiale des discontinuités dans une falaise. Approche statistique et
probabiliste, PNR 31, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 90p.
- JABOYEDOFF M., BAILLIFARD F., MARRO C., PHILIPPOSIAN F. & ROUILLER J.D., 1999.**-
Detection of rock instabilities : Matterock methodology. In "Proceedings of the Joint Japan-
Swiss scientific on Impact Load by Rock Falls and Design of protection Structures,
Kanazawa", Japan 4-7 October 1999.
- JABOYEDOFF M., DUDT J.P. & LABIOUSE V., 2005.**- An attempt to refine rockfall hazard
zoning based on the kinetic energy, frequency and fragmentation degree. *Natural Hazards
and Earth System Sciences*, 5, 621-632.
- JABOYEDOFF M., ROUILLER J. D., MARRO C., PHILIPPOSIAN F. & MAMIN M., 1998.**-
Pentes instables dans le Pennique valaisan. MATTEROCK: une méthodologie
d'auscultation des falaises et de détection des éboulements majeurs potentiels. *Final Report
PNR31*, VDF, Zürich.
- JEANNIN M. (2005).**- Etude des processus d'instabilité des versants rocheux par prospection
géophysique, Apport du radar géologique (thèse doctorat) Univ, Joseph Fourier –Grenoble
I, pp 241-103 PP fig.
- JEANNIN M., 2001.** -Approches quantitatives de l'érosion des versants rocheux. Etude des
gorges de l'Arly et du sillon subalpin. Mémoire de DEA, Lirigm, Univ. J. Fourier,
Grenoble.
- JEANNIN, M. & GIRAUD, A., 2002.**- Probabilistic approach to rock fall hazard assessment:
potential of historical data analysis. *Natural Hazard and Earth System Sciences* 2, 1-13
- JEANNIN M. (2005).**- Etude des processus d'instabilité des versants rocheux par prospection
géophysique, Apport du radar géologique (thèse doctorat) Univ, Joseph Fourier –Grenoble
I, pp 241-103 PP fig.
- KOUIDRI RABIA & OUGRINE MOUSSA. 2006.**- Cartographie automatique de zones de
mouvements de terrains à partir de données digitales: cas de kef Bou Khélil près de Ouzera,
Région de Médéa, Algérie. *Bull, des sciences, géographiques N°: 17* pp 51-53.
- KOUIDRI RABIA. ET AL. 2003.**-L'érosion ravinante sur les terres agricoles Médéa Algérie-
Bulletin des sciences géographiques, INCT pp 53-56.

- KRIGE. D.G 1951-**: A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand, *journal of the chemical, metallurgical and mining society of south of Africa* 52,119-139.
- L.T.P.E 1990** ; étude géotechnique lotissement Chekierbe. Zone Boussois. 06 Mars 1985.
- L.T.P.E 1995**: Etude géotechnique, contournement Sud de Constantine, Aïn El Bey,
- L.T.P.E 2000** : Etude géotechnique, échangeur, Constantine, 05 juillet 2000.
- MAGNE J & MATTAUER M. (1955)**- Découverte d'une unité "Miocène inférieur" dans l'allochtone tellien. *Bull. Ser. Carte. géol. Algérie*, n°5 (1954), pp. 235-247.
- MAGNE J., POLVECHE J & SIGAL J. (1955)**- Sur la présence de Miocène sous le Néocomien des Chouala (Tell oranais, Algérie). *S.R.A.C. Sc. t. 240*, pp. 2251-2253.
- MATHERON G., BEUCHER .H & FOUQUET C DE G. A (1988)** – Simulation conditionnelle à trois facies dans une falaise de la formation du Brant, *Extr de: les études géostatistiques 5 semaines CFSG sur la géostatistique*, 15-16 juin 1987, fontainebleau – (Sci, de la terre série informatique; 28) pp 213-249.
- MATHERON G.- (1979)** - Comment traduire les catastrophes ou les structures de failles générales, ENSMP, CGMM. Centre de géostatistique et de morphologie mathématique. Fontainebleau, vol 1, 36 pp, CGMM; N°:617.
- MATTAUER M. (1953 b)**- Sur les nappes de glissement de l'Ouarsenis oriental. *C.R.Ac.Sc. t. 237*, pp. 741-743.
- MATTAUER M. (1953 c)**- Structure de la bordure sud tellienne de l'Ouarsenis oriental. *C.R.S.S.C. Géol. France.*, n°14, pp. 291-293.
- MATTAUER M. (1957)**- Les problèmes du Miocène inférieur dans le Tell algérien. *Bull. Soc. Géol. France* (6), pp. 901-908.
- MATTAUER M. (1958)**- Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie). *Bull. Serv. Géol. Algérie. n. ser.*, n°17. *Mong. Rég.*, 534 p.
- NICAISE D. (1869)**- Géologie de l'Ouarsenis. *Bull. Soc. Sc. Nat. et Climat. Alger*, 1
- PAULSEN S. KRAUTER E. & HANISH J. (1999)**.-Rapport d'expertise sur les glissements de terrains de la ville de Constantine (Algérie) Institut fédéral des géosciences et des ressources naturelles Hanovre (R.F.A).N°: arch 117989.
- POLVECHE J. (1955)**- Sur le contact crétacé moyen-crétacé supérieur au Sud du massif de l'Ouarsenis occidental (Algérie). *C.R. Ac. Sc.*, t. 241, pp. 420-422.
- POLVECHE J. (1956a)**- Quelques affleurements d'Eocène peu connus dans la bordure sud-tellienne oranaise. *C.R.S. Soc. Géol. France.*, n°12, pp. 205-207.

- POLVECHE J. (1956b)**- La terminaison méridionale des nappes sud-telliennes dans la région de Tiaret (Algérie). *Bull. Soc. Géol. France.*, (6), t. VI, pp. 643-652.
- POLVECHE J. (1960)**- Contribution à l'étude géologique de l'Ouarsenis oranais. *Bull. Serv. Carte. géol. Algérie*, n sér., n°24, t. I et II, 577p.
- POMEL A. (1881)**- Carte géologique provisoire de l'Algérie. 2^{ème} édition 1/800.000. *Publ. Serv. Carte. géol. Algérie.*
- REPELIN J. (1895a)**- Géologie des environs d'Orléansville. *A.F.A.S. Bordeaux. France.*
- REPELIN J. (1895b)**- Considération stratigraphique sur les plissements de l'Ouarsenis. *Bull. Soc. Géol. France*, 3, t. XXIII, pp. 160-166.
- REPELIN J. (1896)**- Etude géologique des environs d'Orléansville. *Thèse. Doc. Ann. Fac. Sci., Marseille.*, t. V.
- ROCHET L. (1987)**- Application des méthodes numériques de propagation à l'étude des éboulements rocheux, bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. *Risques naturels* n°: 150 et 151 JUIL, Août, sep et oct. 1987 pp 84-95 9 fig.
- ROCHET L. (1987)**, Développement des modèles numériques dans l'analyse de la propagation des éboulements rocheux, 6^e Cong. Société inter. Méca. Roches, Montréal
- ROWE P.W. (1958)**-General report on papers in section I. Proceedings of the Brussels conf. On Earth Pressure Problems. Brussels . Belgium. Vol .3. (1958). Pp 25-30.
- SDAU, (2005)**-Etude des aléas majeurs d'écroulement rocheux sur les falaises calcaires du Y Grenoblois. Phase 3 : propagation des éboulements en masse. Rapport d'étape du Syndicat Mixte pour l'élaboration et le SSAUAG (Suivi du Schéma d'Aménagement et D'Urbanisme de l'Agglomération Grenobloise), rapport interne, Grenoble, mars 2005.
- STEPHEN G. EVANS (1998)**. Les glissements de terrain dans la ville de Constantine. Commission géologique du Canada. 25 septembre 1998.
- SOUDEE Y., LEPELLEY L. et CANOVILLE A. (1985)**- Inventaire des effondrements de terrain au 1^{er} janvier , pays d'Auge Calvados, doc. DDE Calvados..
- TCHOUMATCHENCO P. (1994)**- Brachiopodes du Jurassique inférieur et moyen du Kef Sidi Amar : Massif culminant de l'Ouarsenis (Algérie du Nord). *Geol. Balcanica*, 24, 1, Sofia, pp. 25-61.
- TCHOUMATCHENCO P & KHRISCHEV KH. (1992a)**- Le Jurassique dans les monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). Stratigraphie. *Geol. Balcanica*. Sofia, 22-5, pp. 29-39., 10 fig.

- TCHOUMATCHENCO.P & KHRISCHEV KH. (1992b)**- Le Jurassique dans les monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). Paléogéographie. *Geol. Balcanica*. Sofia, 22-6, pp. 63-69., 2 fig.
- TCHOUMATCHENCO P., NIKOLOV T., KOZHOUKHAROV D., BENEV B., GOCEV ., KATZKOV N., KHRISCHEV KH., NOEV M., NICOLOV Z., SLAVOV I., TOÏTCHEV ., TZANKOV TZ & ZIDAROV N. (1995)**- Le Crétacé inférieur dans le massif de l'Ouarsenis et les Monts de Tiaret (Algérie du Nord). *Geol. Balcanica*. Sofia, 22(2), pp. 27-59.
- THORIN R., UNVOIS J.-P. (1977)**, Identification des cavités décelées par sondages, *Bull. liaison Labo.P et Ch.*, 88, mars-avr., pp.124-128.
- VENGEON J.M., HANTZ D. et DUSSAUGE C., 2001.**- Prédicabilité des éboulements rocheux : Approche probabiliste par combinaison d'études historiques et géomécaniques, *Revue Française de Géotechnique*, N° 95/96, 143-154.
- VENGEON J.-M., JONGMANS D., JEANNIN M., WATHELET M., GIRAUD A., & MERIC O., 2002.**-Geophysical Investigation of the large Séchilienne gravitational movement, the Alps (France), *EEGS*, Portugal.
- WILDI W. (1983)**- La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : Structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. Phy*, Paris, n°3, pp. 201-299.
- WILDI W. (1979)**- Evolution de la plate-forme carbonatée de type austro-alpin de la Dorsale calcaire (Rif externe, Maroc septentrional) au Mésozoïque. *Bull. Soc. Géol. France*. (7). t. XXI, pp. 49-56., 4 fig.
- WILDI W. (1985)**- Heavy mineral distribution and dispersal pattern in Penninic and ligurian flysch basins (Alps, northern Apennines). *G. Geol., Sér.* 3, 47 (1-2), pp. 77-99.

LISTE DES FIGURES

Premier chapitre

Fig.1 : Les grands ensembles structuraux de l'Algérie du nord.....	9
Fig.2 : Les grands ensembles géographiques de la chaîne alpine en Méditerranée occidentale.....	11
Fig.3 : Localisation géographique de l'Ouarsenis.....	13
Fig.4 : Géomorphologie de la région culminante de L'Ouarsenis.....	13
Fig.5 : Coupe interprétative à travers l'Ouarsenis d'après Polvèche 1960.....	15
Fig.6 : Situation structurale de l'Ouarsenis (In Benhamou 1996).....	17
Fig.7 : Schéma montrant la démarche du travail.....	26

Deuxième chapitre

Fig.8 : Les principales formations jurassiques de l'Ouarsenis d'après Benhamou 96.....	29
Fig.9 : Carte géologique de la zone culminante d'après Clembert 1952 (modifiée).....	32
Fig.10 : Coupe de Rokba Atba.....	33
Fig.11 : Coupe de l'extrémité occidentale de Sra Abdelkader.....	35
Fig.12 : Coupe de l'extrémité orientale de Sra Abdelkader.....	35
Fig.13 : Coupe ENE-WSW sur le versant occidental du Grand Pic.....	37
Fig.13 : Coupe transversale de Dj Belkheiret.....	38
Fig.15 : Pluviométrie mensuelle de notre secteur d'étude.....	41
Fig.16 : Pluviométrie annuelle de notre secteur d'étude.....	41
Fig.17 : Schémas de drainage des eaux souterraines.....	43
Fig.18 : Carte des isoséistes du séisme du 10 octobre 1980(Asnam).....	45

Troisième chapitre

Fig.19 : Illustration d'un glissement de terrain	50
Fig.20 : Analyse de stabilité.....	50
Fig.21 : Glissement de terrain NE de B.B.Naâma.....	52
Fig.22 : Glissement de terrain SE de B.B.Naâma.....	52
Fig.23 : Glissement de terrain SW de B.B.Naâma.....	52
Fig.24 : Glissement de terrain SE de B.B.Naâma.....	52
Fig.25 : Glissement de terrain sud de B.B.Naâma.....	54
Fig.26 : Glissement de terrain sur la route B.B.Naâma Bou Caïd.....	54
Fig.27 : Glissement de terrain toujours sur la route B.B.Naâma Bou Caïd.....	54
Fig.28 : Glissement de terrain sur la route de SOMIBAR.....	54
Fig.29 : Carte de localisation des principaux glissements de terrain sur les alentours de B.B.Naâma.....	56
Fig.30 : Localisation des effondrements dus à une chute de toit d'une ancienne mine sur le massif de Belkheiret.....	60
Fig.31 : Les différentes configurations potentiellement instables et mécanismes d'instabilité associés (d'après Hantz 2001).....	62
Fig.32 : Schéma montrant la désagrégation sous l'effet de la force de gravité.....	65
Fig.33 : Des prises de vues des paysages des éboulements dans différents points de la zone culminante.....	68
Fig.34 : Carte d'alea des risques géologiques dans la région de l'Ouarsenis.....	72

Quatrième chapitre

Fig.35 : Les différenciations des pourcentages des classes traitées.....	79
Fig.36 : Les pourcentages de chaque classe dans des endroits différents de la zone culminante....	83
Fig.37 : Corrélation des différentes courbes.....	85
Fig.38 : Histogramme montrant la densité des éboulis aux zones explorées.....	85
Fig.39 : Modèle numérique de terrain du secteur d'étude.....	92
Fig.40 : La carte des pentes de la zone culminante.....	94
Fig.41 : Carte des altitudes.....	96
Fig.42 : Carte d'occupation du sol.....	97
Fig.43 : Carte montrant les zones instables et génératrices de risque et autres menacées.....	99
Fig.44 : Carte montrant les différentes classes des risques d'éboulements (sans couverture forestière.....	100
Fig.45 : Carte montrant les différentes classes des risques d'éboulement (avec couverture forestière.....	101

Fig.46 : Histogramme montrant la restitution du risque plus ou moins fort sous l'effet de la forêt	102
Fig.47 : Schéma montrant les différentes forces exercées sur un bloc en mouvement.....	105
Fig.48 : Les différents modèles de pentes et leur localisation.....	109
Fig.49 : Carte de prévention des risques d'éboulement.....	116

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les précipitations mensuelles dans la région de B.B.Naâma.....	40
Tableau 2 : Les précipitations mensuelles dans la région de B.B.Naâma.....	41
Tableau 3 : Les pourcentages des classes par zones.....	84
Tableau 4 : Le pourcentage des éboulements par zones.....	86
Tableau 5 : La moyenne des distances l'un des blocs à ces voisins.....	88
Tableau 6 : La distribution spatiale des éboulis dans leur zonage spatiale.....	88
Tableau 7 : Les énergies mécaniques au point (1).....	114
Tableau 8 : Les énergies mécaniques calculées tout près des agglomérations (point 2)...	114
Tableau 9 : Paramètres des vitesses et distances calculées théoriquement.....	114
Tableau 10 : Valeurs des énergies mécaniques calculées dans un point proposé (théoriques et corrigées).....	114

RESUME

La zone culminante de l'Ouarsenis est réputée par ses massifs élevés dans l'Algérie occidentale, cette morphologie suscite d'innombrables phénomènes de mouvements de terrain.

Les mouvements de terrain s'expliquent par la combinaison des facteurs permanents ou de prédisposition (nature et structure des formations géologiques, pente, ect...), des facteurs externes températures (pluies torrentielles, neige, secousse séismique) et ou des travaux anthropiques (fuites de canalisation; travaux de terrassement malencontreux, explosifs employés par les mineurs). Les nappes souterraines et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions souterraines sont très souvent à l'origine de déclenchement des mouvements de versants ; glissements de terrain ; éboulements, effondrements, coulées ou laves torrentielles.

La situation demeure inquiétante surtout quand on sache que des villages entiers et des maisons sont éparpillées sur les versants et que les habitants s'approchent sans cesse de ces zones dangereuses. Dans cette perspective, entamer une étude détaillée prenant en compte les risques en relation avec la composante spatiale, s'avère plus indispensable qu'importante pour pouvoir déceler et localiser les principaux secteurs à hauts risques. A partir de là, nous pourrions dans le meilleur des cas chercher à éviter ou à s'en protéger en minimisant le fort possible leurs effets dévastateurs afin qu'ils soient les moins dommageables possibles.

L'analyse spatio-temporelle et la quantification du risque d'éboulement selon des modèles géométriques simples et homogènes gérés par des lois physiques simples constitue la base d'analyse de la quatrième partie. Ces interprétations se couronnera finalement par les recommandations et la proposition d'un système de protection efficace contre ce risque catastrophique.

Mots clés:

Risques, mouvements de terrain, éboulements, aléa, facteurs, prévention, system de protection, Ouarsenis.

SUMMARY

The culminating zone of Ouarsenis is considered by its solid masses raised in Western Algeria, this morphology causes innumerable phenomena of movements of ground.

The movements of ground are explained by the combination of the permanent factors or predisposition (natural and structure of the geological formations, slope, ect...), of the external factors temperatures (torrential rains, snow, seismic jolt) and or of work anthropic (escapes of drain; malencontreux, explosive earthworks employees by the minors). The underground tablecloths and more exactly their fluctuations related on the weather conditions or sometimes to the underground actions are very often at the origin of release of the movements of slopes; landslides; crumblings, collapses, cast or torrential lava.

The situation especially remains worrying when it is known that whole villages and houses are scattered on the slopes and that the inhabitants approach these danger zones unceasingly. From this point of view, to start a detailed study taking of account the risks in relation to the space component proves more essential than significant to be able to detect and locate the principal sectors at the high risks. From there, we could in the best of the cases seek to prevent where to protect itself some by minimizing the possible fort their devastators effects so that they are the least detrimental possible.

The space-time analysis and the quantification of the risk of falls of ground according to simple and homogeneous geometrical models' managed by simple physical laws constitute the base of analysis of the fourth part. These interpretations will be crowned finally by the recommendations and the proposal for a system protection effective against this catastrophic risk.

Key words:

Risks, movements of ground, roc falls, aléa, factors, prevention, system of protection, Ouarsenis.