

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE

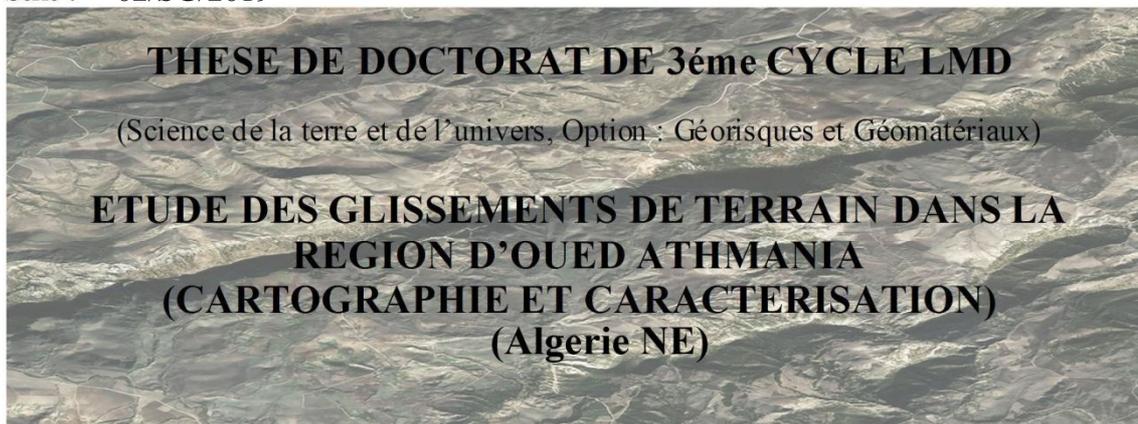


FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE LA GEOGRAPHIE  
ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

N° d'ordre : 44/D3C/2019

Série : 02/SG/2019



PAR  
CHEROUANA LOUBNA

Devant le jury :

Mr MARMÍ Ramadane..... Président.....Pr Université Frères Mentouri Constantine 1  
Mr BOUREFIS Ahcene.....Directeur de thèse.....Pr Université Frères Mentouri Constantine1  
Mr BENABBAS Chaouki..... Co-Directeur de thèse..Pr Université Saleh Boubnider Constantine3  
Mr BENZAOUZ Med Tahar...Examinateur.....Pr Université Frères Mentouri Constantine 1  
Mr DJAIZ Fouad.....Examinateur.....MCA Université Batna 2  
Mm Dib Henia.....Eximinateur.....MCA Université Frères Mentouri Constantine1

2018



## REMERCIEMENT

Ce manuscrit est l'aboutissement de plusieurs années de travail et de réflexion qui ont été pour moi autant de moments d'émotions, d'enthousiasme, parfois de scepticisme ou encore de doutes. Ce sont des années, au cours desquels, j'ai découvert le monde de la géologie et où j'ai noué des relations précieuses avec des gens exceptionnels. C'est avec un immense plaisir que je me plie au traditionnel devoir des remerciements. En premier lieu, je souhaite remercier mon directeur de thèse, Mr le Professeur **BOUREFIS Ahcene** pour avoir su diriger mes travaux en me laissant suffisamment d'autonomie sans pour autant me négliger : un juste équilibre qui demande des qualités rares.

Mes remerciements s'adressent également chaleureusement à mon co-directeur de thèse, Monsieur le Professeur **BENABBAS chaouki** pour ses conseils avisés et surtout pour ses qualités humaines.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres du jury qui ont bien voulu accepter de lire et d'évaluer ce travail. **Mr MARMI Ramdane** Professeur de l'université Frères Mentouri ; **Mr BENAZZOUZ Med Tahar** Professeur de l'Université des Frères Mentouri ; **Mr DJAIZ Fouad** Maître de conférence à l'Université Batna2, **Mm DIB Henia** Maître de conférence à l'Université Frères Mentouri.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers **Mr BOULARAK Moussa**, Maître assistant à l'université de Constantine1, qui avait su me montrer, dès la fin de ma licence, tout l'intérêt de la géologie et qui m'avait alors permis d'entrevoir la richesse de ma thèse. C'est grâce à ses conseils avisés que ma route a pris la direction de la recherche, je le remercie vivement pour le suivi de mes travaux scientifiques mais surtout pour ses qualités humaines.

Je dois remercier **Mr CHABOUR Nabil** Professeur à l'université Frères Mentouri et **Mr BOUMAZBEUR Abderrahmane**, Professeur à l'université de Tébessa pour ses aides, ses conseils, ses directives et surtout pour son intérêt apporté à ce travail.

Je remercie également **Mr HADJI Riheb** Maître de conférences à l'université de Tébessa **Mr BOUFAA Kamel** Maître de conférences à l'université des Frères Mentouri **Mr BOUGHRARA** Professeur de l'université des Frères Mentouri ; **Mr CHETTAH W** ; **Mr BOUAICHA F** ; **Mr et Mme BELHANACHI** Maître ; **Mme AIT ABDELOUAHAB** ; **Mr HAMADOU** ; **Mr MEBARKI** Professeur de l'université des Frères Mentouri pour leurs soutiens et leurs aides

Je remercie également tout les enseignants de la faculté des sciences de la terre de l'université frères mentouri particulièrement : **Mr NAMOUCHI** ; **M<sup>elle</sup> DJABAR** ; **Mm CHARIAT**, **Mme OUSHTET s** ; **M<sup>elle</sup> LAAZIZ** **M<sup>elle</sup> MAKHLOOF** ; **M<sup>elle</sup> BOUGARNE**, **Mr BOUADJA F**.

Une partie de ce travail est issu d'une collaboration avec le laboratoire de diffraction des rayons x (Université de Liège -Belgique), j'exprime toute ma reconnaissance à **Mr Draidia**

**Saleh ; Mm Nathalie Fagel, Mr Havanith, M<sup>elle</sup> Laura ; Mr Bachir ; Mr Alexe** pour les analyses et les discussions concernant les résultats.

Je n'oublie pas de remercier toutes les personnes avec lesquelles j'ai eu des discussions scientifiques fructueuses : **BOULAMAIZ Taib (université d'Annaba), HADJI Mouataz bilah (hpe); Mr LEBCIR (hpe) ; Boukarzaza Nouseiba (hpe) ; Mr Moukhtari ; Mr Souli A ; Naziha ; Haifa ; Olfa.**

Un grand merci au, staff administratif et technique de l'institut de sciences de la terre et de l'aménagement du territoire **samira , zeineb, yasmina, khawla,hadjer, Mme Meriem, Mr Moustapha, Mm lebiéd M, Mr houssine(LGE),**

Toute ma gratitude est adressée à mes amis pour leurs soutiens et la bonne ambiance, pour tous les bons moments qu'on a passé ensemble, soit au cours des stages, des congrès scientifiques ou de l'enseignement, particulièrement à, **Mansour Marawa(Maroc), Tlili Haifa(Tunisie), Smida olfa(Tunisie), Diab Imene(Bab ezzouar), Kamel Azzouni(Maroc), Boukarzaza Nouseiba, Belhouchette Manel, labeid Yousef, hadji Mouataz bilah ; Mr labcir ; Mm imene ; Amira, shoubeila ,laura (Belgique) ; wassila ( CGS Alger),Mr Hamla Belgacem(DG hpe-est) ; M<sup>elle</sup> wassila (hpe-est) ;Mr Souli Abd el Waheb(PDG cecom cirta) ; Mr Filali(directeur de l'environnement ; Benzid Y , Zaouak Z, karboua A , Boulamaiz Taib(université d'Annaba)**

Que ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail et que j'aurais oubliés dans les lignes, se sachent associés à ces remerciements en particulier tonton **Filali Aissa**, ma tante **Filali Hanane**.

Tout le mérite revient à ma famille qui a supporté mon absence au cours des stages et des congrès scientifiques, leur apport moral n'a d'égal que leur compréhension et leur gentillesse, à **mes chers parents, à mes sœurs et mon frère et tous mes proches, à toute la famille Cherouana.**

Je rejoins mes profonds sentiments à **mon père** qui m'a beaucoup aidé, supporté et soutenu dans les moments les plus difficiles et je lui dis merci

**CHEROUANA L**

Constantine, le 10/5/2018

**Merci à tous**

# TABLE DES MATIERES

|   |          |
|---|----------|
| Résumé.....   | 1        |
| Abstrat.....  | 2        |
| ملخص.....   | 3        |
| <b>1.Introduction.....</b>  | <b>4</b> |
| <b>CHAPITRE 1 :</b><br><b>CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIE REGIONALE</b> |          |
| <b>2. Cadre géographique :</b>  |          |
| 2 .1 Situation géographique.....  | 6        |
| 2 .2 Orographie .....   | 6        |
| 2 .3 Hydrographie .....   | 10       |
| 2 .4 Climat et végétation.....  | 11       |
| 2 .5 Activité humaine et économique .....                                 | 12       |
| <b>3 .Cadre géologique</b>  |          |
| 3 .1 Les grands ensembles morpho-structuraux.....                         | 13       |
| 3.2 Contexte géologique régional.....                                     | 14       |
| 3.2.1.Le domaine interne .....  | 15       |
| 3.2.2.Le domaine médian ou domaine des flyschs.....                       | 15       |
| 3.2.2.1 Les flyschs Maurétaniens.....                                     | 16       |
| 3.2.2.2 Les flyschs Massyliens .....                                      | 16       |
| 3.3.2.3 Les flyschs Numidiens.....  | 16       |
| 3.2.3.Le domaine externe .....  | 16       |
| 3.2.3.1.Les séries telliennes.....  | 17       |
| 3.2.3.2 Les séries de l'avant pays.....                                   | 17       |
| - Unité néritique constantinoise .....                                    | 17       |
| - Unités sud- sétifiennes.....  | 17       |
| -Unités des Sellaoua .....  | 1'm      |
| - Le Parautochtone Nord-aurésien .....                                    | 1'm      |
| -L'autochtone Nord-aurésien.....  | 1'm      |
| <b>4. Cadre tectoniques</b>   |          |
| 4 .1.Sismicité.....   | 19       |
| 4 .2. Phases tectoniques.....   | 20       |
| 4.2.1 TRIAS.....  | 20       |
| 4.2.3 Jurassique Moyen et Supérieur.....                                  | 20       |
| 4.2.4 CRETACE INFERIEUR.....  | 21       |
| 4.2.5 CRETACE SUPERIEUR .....   | 21       |
| 4.2.6 TERTIAIRE.....  | 21       |
| 4.2.6.1 LA PHASE FINI- LUTETIENNE .....                                   | 21       |

# TABLE DES MATIERES

---

|   |           |
|---|-----------|
| 4..2.6.2. LES PHASES MIOCENE.....   | 22        |
| 4.2.6.3. LA TECTONIQUE RECENTE .....  | 23        |
| <b>Conclusion.....</b>  | <b>25</b> |
| <br><b>CHAPITRE 2 :</b><br><b>OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE</b><br><b>ET CONTEXTE LITHOSTRATIGRAPHIQUE</b><br><br> |           |
| II. Les travaux antérieurs sur la région d’oued Athmania .....  | 26        |
| II. 1.La lithostratigraphie de la région d’étude.....   | 30        |
| II .1.1 .La Nappe Néritique constantinoise.....   | 30        |
| - Le Trias.....   | 31        |
| -Le Jurassique .....  | 36        |
| - le Crétacé .....  | 36        |
| II .1.2 . La série allochtone (les nappes telliennes).....  | 41        |
| II .1.2.1. Les formations de la nappe peni-tellienne .....  | 41        |
| II .1.2 . 2. Formations de la Nappe Tellienne Sensu stricto.....  | 42        |
| II .1.3 . La Nappe du flysch Numidien.....  | 44        |
| II .1.4 Les formations Post-Nappes.....   | 47        |
| II .1.4 .1.Les formations du Mio-Pliocène continental.....  | 47        |
| II .1.4 .1.1.Les formations du Mio-Pliocène continental . Les formations du Miocène.....                              | 49        |
| II .1.4 .1.2. Les formations du Pliocène- Villafranchien .....  | 49        |
| II .1.4 .2. Les formations Quaternaires .....   | 52        |
| Conclusion .....  | 56        |

# TABLE DES MATIERES

---

## CHAPITRE 3 PARTICULARITES GEOMORPHOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES ET INDICES D'INSTABILITE ET DE LA NEOTECTONIQUE.

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....   | 59 |
| 3. Particularités morphologiques et géologiques de la région d'étude ..... | 60 |
| 3.1. La Carte hypsométrique et l'évolution du relief.....                  | 60 |
| 3.1.1. Les principaux éléments du relief structural.....                   | 62 |
| a) Les zones hautes.....   | 62 |
| a1. Zone 1 .....   | 64 |
| -Djebel Toukouia .....   | 64 |
| - Koudiat Moulsalem .....  | 65 |
| - Koudiat el Mkilta .....  | 65 |
| - Le bombement de Dra Zouaria.....   | 65 |
| - Le bombement de Si Bou Djamline.....                                     | 65 |
| -Le bombement de chouf er Rouini .....                                     | 66 |
| - Koudiat Bahloul.....   | 66 |
| - Le rocher d'oued Athmania.....   | 66 |
| - Le bombement de Dra Tamedlet.....  | 66 |
| - Le bombement de chouf Aissa.....   | 66 |
| - Le mamelon de Bir hachem.....  | 66 |
| a2. La Zone2.....  | 70 |
| - Synclitorium de Chettaba et l'ensemble Friktia-Garnechouf.....           | 70 |
| - Dj Friktia et Dj Garnechouf .....  | 70 |
| - Kef Es Seker.....  | 70 |
| - Koudiat Si Sidene.....   | 72 |

# TABLE DES MATIERES

|   |      |
|---|------|
| - Koudiat Bou Ahmar.....  | 72   |
| a 3.Zone3.....  | 75   |
| - Djebel Felten.....  | 75   |
| - Sidi R'mam.....   | 76   |
| - Djebel Oulad Selem et Sekoum.....                                   | 77   |
| a4 .Zone 4.....   | 79   |
| - Le horst monoclinale de dj Meimel.....                              | 79   |
| - Dj Medelsou.....  | ‘m0  |
| - Dj Chaima .....   | ‘m1  |
| B. Les zones basses : plaines et vallées .....                        | ‘m2  |
| -Oued Rhumel .....  | ‘m3  |
| - Oued Sedjar .....   | ‘m4  |
| - Oued Seguin .....   | ‘m4  |
| - Oued Athmania .....   | ‘m4  |
| -Oued Bou Yacour .....  | ‘m4  |
| -Oued Guergour Feroudj.....   | ‘m4  |
| 3.2 Analyse géomorphologique par MNT.....                             | ‘m4  |
| 3.3. Particularités et anomalies hydrographiques .....                | ‘m5  |
| 3.3.1. Les principaux facteurs de forme du réseau hydrographique..... | ‘m5  |
| 3.3.2. Organisation du Réseau hydrographique.....                     | ‘m6  |
| 3.3.3 Analyse et anomalies du réseau hydrographique .....             | ‘m'm |
| 3.3.3.1. Cas particuliers d'écoulement dans la zone d'étude .....     | ‘m9  |
| - Oued el Rhumel.....   | ‘m9  |
| -Sous bassin d'oued Athmania.....                                     | 90   |

# TABLE DES MATIERES

---

|   |     |
|---|-----|
| -Le sous bassin d'oued Sedjar.....  | 91  |
| -Le sous bassin d'oued Guergour .....                                       | 91  |
| -Le dôme de si Bou Djamline .....   | 92  |
| 3.3.3.2. Analyse linéaire du réseau hydrographique.....                     | 93  |
| 1. Définition .....   | 93  |
| 2. Principe et méthode.....   | 93  |
| 3. Interprétation des résultats.....  | 95  |
| 4. Analyse et cartographie des indices de l'instabilité dans la région..... | 95  |
| 4.1 : Interprétation des photos aériennes .....                             | 96  |
| 4.2 : Cas de désordres dans la région.....                                  | 96  |
| 1- Le glissement de la route nationale N°5 .....                            | 99  |
| 2- Glissement au niveau de CW134 .....                                      | 99  |
| 3- Le barrage d'Oued Athmania .....   | 100 |
| Conclusion.....   | 101 |

## **CHAPITRE4 CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG**

|  |      |
|--|------|
| Introduction.....  | 103  |
| 4. Cartographie de la susceptibilité d'alea glissement de terrain.....     | 104  |
| 4.1. Description de la Méthode « Analytical Hierarchy Process » (AHP)..... | 104  |
| 4.2. Résultats et discussions .....  | 107m |
| 4.2. 1. La lithologie .....  | 109  |
| 4.2.2.Le relief.....   | 110  |

# TABLE DES MATIERES

---

|  |      |
|--|------|
| 4.2.3. La pente .....  | 113  |
| 4.2. 4.L'exposition des versants.....  | 115  |
| 4.2. 5.Linéaments.....   | 117  |
| 4.2. 6.Réseau de Drainage .....  | 117  |
| 4.2. 7.Densité Des Sources .....   | 121  |
| 4.2. 'm.Densité sismique .....   | 121  |
| 4.2. 9.Indice de végétation .....  | 125  |
| 4.2. 10.Précipitation.....   | 125  |
| 4.2. 11.Carte De Synthèse.....   | 129  |
| 4. 3. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X .....   | 132  |
| 4.3.1. Description de la technique utilisée .....  | 132  |
| 4.3.1.1. Diffraction des rayons X.....   | 132  |
| 4.3.1.2. Description de l'appareillage utilisé .....   | 134  |
| 4.3.1.3. Préparation des échantillons pour l'analyse diffractométrique.....  | 135  |
| 4.3.1.3.1 .Confection de la poudre totale désorientée et analyse diffractometrique semi quantitative<br>des minéraux argileux et non argileux..... | 136  |
| -Broyage .....   | 136  |
| 4.3.1.3.2 Confection de la lame orientée et analyse diffractometrique qualitative des minéraux<br>argileux< 2<br>µm .....                          | 137  |
| A)Mise en suspension proprement dite .....   | 137  |
| -Test de présence de carbonates.....   | 13'm |
| -Test de présence de sulfates.....   | 13'm |
| B) Confection des agrégats orientés (A.O.) .....   | 139  |
| C) Enregistrement des diffractogrammes de rayons X.....  | 139  |

# TABLE DES MATIERES

---

|   |      |
|---|------|
| -Traitement dit de "routine .....   | 139  |
| -Agrégat orienté séché à l'air, dit naturel .....                               | 139  |
| a.2. Agrégat orienté glycolé.....   | 140  |
| a.3. Agrégat orienté chauffé à 500°C .....                                      | 141  |
| 4.3. Analyse et interprétation des diffractogrammes de rayons X.....            | 141  |
| 4.3.1 Résultats des essais minéralogiques de rayon X (échantillon totale) ..... | 145  |
| 4.3.2 Minéraux argileux identifiés par diffraction des rayons x .....           | 155  |
| Conclusion.....   | 156  |
| CONCLUSION GENERALE.....  | 157m |
| ANNEXE.....   | 172  |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....   | 177  |
| LISTE DES FIGURES   |      |
| LISTE DES PHOTOGRAPHIES   |      |
| LISTE DES TABLEAUX  |      |

## Résumé:

L'Algérie septentrionale, présente une géologie complexe, des structures et des formations variées reflétant une histoire géologique et paléogéographique mouvementée. Elle se localise dans une zone de convergence de plaques et se caractérise par une activité sismique importante, résultat d'une géodynamique interne importante.

La région d'Oued Athmania, qui fait partie de cette marge active, a connu une évolution morpho structurale importante durant le Miocène et pendant tout le Quaternaire. Le relief présente de nombreuses déformations : certains versants ont un aspect chaotique et boursoufflé reflétant la fragilité du milieu et sa sensibilité à la morphogénèse active qui se manifeste, entre autres, par différents types de mouvements de terrain allant des petits arrachements aux grands glissements, basculement des champs de cultures et par conséquent diminution des terrain agricoles, perturbation de la dynamique fluviale et dépôt d'une quantité considérable de matériaux au niveau des lits des oueds. Ces désordres, par leur ampleur et leur étendue commencent à poser de sérieux problèmes pour l'aménagement et les infrastructures routières. Ce travail est une contribution à la connaissance de ces mouvements gravitaires, à l'identification des facteurs majeurs qui en sont responsables, notamment ceux liés au contexte morpho structural et à la cartographie des zones susceptibles aux glissements de terrain dans la région d'oued Athmania.

La méthodologie adoptée s'est basée sur l'analyse de l'environnement géologique : il s'agissait de tirer les particularités géomorphologiques, hydrographiques et comprendre l'histoire et l'évolution de la zone d'étude. Les observations de terrain, le déchiffrement de photos aériennes, l'analyse du réseau hydrographique, des cartes géologiques et topographiques, de la carte hypsométrique et du modèle numérique de terrain ont constitué autant d'étapes qui nous ont permis d'émettre une hypothèse sur le processus d'instabilité des versants, ainsi la mise en évidence de la part de causalité des paramètres faciologiques tels que la composition granulométrique et le cortège minéralogique des formations affectées et leurs propriétés, afin de cartographier les zones potentiellement vulnérables à l'aide d'un système d'information géographique qui constitue une conduite assurée vers un véritable système d'aide à la décision. Cette cartographie exploite les fonctionnalités offertes par les SIG pour la structuration des données, le croisement des couches d'information et l'analyse spatiale des différentes thématiques. Elle inclue aussi l'approche d'analyse hiérarchique multicritère AHP qui nous a permis d'assembler une multitude de critères de décision dans un seul modèle, de faire l'évaluation comparée de chaque paire de critères et de calculer leurs poids pour l'appréciation comparée de chaque paire d'options en regard de chaque sous-critère. La combinaison de ces techniques de travail, nous a permis de révéler de nouvelles morpho-structures dans la région et d'identifier une grande variété d'instabilité de terrains ; cette diversité est liée à la complexité géologique, principalement la tectonique et le cortège minéralogique des formations géologiques qui semblent jouer le rôle d'un catalyseur dans l'accélération et le développement des instabilités dans la région.

**Mots clés :** oued Athmania, susceptibilité aux glissements, système d'information géographique(SIG), Analyse hiérarchique Multicritère(AHP)

## **Abstract:**

Northern Algeria presents a complex geology, structures and varied formations reflecting a geological history and palaeogeographic event. It is localized in a zone of convergence of plates and is characterized by a seismic activity important, result of an important internal geodynamics.

The region of Oued Athmania, which is part of this active margin, has undergone a significant morpho-structural evolution during the Miocene and throughout the Quaternary. The relief has many deformations: some slopes have a chaotic and bloated appearance reflecting the fragility of the environment and its sensitivity to active morphogenesis manifested, inter alia, by different types of ground movements ranging from small stripping to large landslides, tipping crop fields and consequently reduced agricultural land, disruption of river dynamics and deposition of a considerable amount of materials at the wadi beds. These disturbances, in their size and scope, are beginning to pose serious problems for development and road infrastructure. This work is a contribution to the knowledge of these gravitational movements, to the identification of the major factors that are responsible for them, in particular those related to the morpho structural context and the mapping of the areas susceptible to landslides in the oued Athmania region.

The methodology adopted was based on the analysis of the geological environment: it was to draw geomorphological and hydrographic features and to understand the history and evolution of the study area. Field observations, the deciphering of aerial photos, the analysis of the hydrographic network, geological and topographic maps, the hypsometric map and the digital terrain model were all steps that allowed us to make an assumption about the process of slope instability, thus highlighting the causal part of the faciological parameters such as the granulometric composition and the mineralogical procession of the affected formations and their properties, in order to map the potentially vulnerable zones with the help of a geographic information system that provides assured leadership to a real decision support system. This cartography exploits the functionalities offered by GIS for the structuring of data, the crossing of information layers and the spatial analysis of different themes. It also includes the AHP multicriteria hierarchical analysis approach which allowed us to assemble a multitude of decision criteria into a single model, to make a comparative evaluation of each pair of criteria and to calculate their weights for the assessment. Compared each pair of options against each subcriterion. The combination of these working techniques allowed us to reveal new morpho-structures in the region and to identify a wide variety of terrain instabilities; this diversity is related to the geological complexity, mainly the tectonics and the mineralogical procession of the geological formations which seem to play the role of a catalyst in the acceleration and the development of the instabilities in the region.

**Keywords:** oued Athmania, susceptibility in the slidings, système of geographical information (SIG), Analytical Hierarchy Process (AHP).

## ملخص

يتميز شمال الجزائر جيولوجيا معقدة، وبنيات مختلفة التكوينات التي تعكس تاريخا حافلا بالتغيرات التكتونية ، ونظرا لموقعها بالقرب من منطقة لوح تقارب القارات والتي تتميز بنشاط زلزالي كبير ، نتيجة لديناميكا الجيولوجية الداخلية الهامة للأرض التي تحدث تطوراً مورفولوجيا كبيرا

منطقة وادي العثمانية تنتمي الى هذه المنطقة النشطة والتي عرفت تطوراً مورفولوجيا كبيرا خلال عصر الميوسين وطوال الحقبة الرباعية. العديد من التشوهات و التغيرات على مستوى بعض المنحدرات و التضاريس مما سبب لها مظهر الفوضى الذي يعكس هشاشة البيئة وحساسيتها للانزلاقات، و يتجلى ذلك من خلال أنواع مختلفة من حركات الأرض كتحويل الانهيارات الأرضية الصغيرة إلى كبيرة، إمالة حقول المحاصيل ، وبالتالي الحد من الأراضي الزراعية ، و عرقلة ديناميات النهر عند إيداع كمية كبيرة من المواد في سرير الوادي. وقد بدأت هذه الاضطرابات ، من حيث حجمها ونطاقها ، تطرح مشاكل خطيرة للتنمية والبنية التحتية للطرق.

نههدف من خلال هذا البحث الى معرفة هذه الحركات الارضية وتحديد العوامل الرئيسية المسؤولة عن تواجد هذه الاخيرة، وخصوصا تلك المتعلقة بالمورفوتكتونية لرسم خريطة المناطق المعرضة للانهارات الأرضية . تعتمد المنهجية على تحليل البيئة الجيولوجية و التي تسعى إلى استخلاص المعالم الجيومورفولوجية والهيدروجرافية وفهم تاريخ وتطور منطقة الدراسة. من خلال الجمع بين المراقبة الميدانية، فك رموز الصور الجوية، وتحليل الخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية، الشبكة الهيدروغرافية، الخريطة الكنتورية ونموذج التضاريس الرقمي، والذي هو خطوة هامة لتحديد عملية عدم استقرار المنحدرات ، وبالتالي تسليط الضوء على العوامل المؤثرة مثل التكوين الحبيبي و المعدني للتكوينات المتضررة وخصائصها ، من أجل رسم خريطة للمناطق التي يحتمل أن تكون عرضة للخطر من خلال نظام المعلومات الجغرافية الذي يشكل سلوكاً مؤكداً نحو نظام حقيقي لدعم القرار. إنه يستغل الوظائف التي يوفرها نظام المعلومات الجغرافية في هيكل البيانات، وعبور طبقات المعلومات والتحليل المكاني لمختلف المواضيع. كما يشمل معايير متعددة التحليل الهرمي الذي يسمح بتجميع العديد من المعايير في نموذج واحد، للتقييم المقارن من كل زوج من معايير وحساب وزنها في تقييم مقارن كل زوج من الخيارات بجانب كل تصنيف فرعي. الجمع بين هذه التقنيات سمح لنا بالكشف عن هياكل مورفولوجية جديدة في المنطقة والتعرف على مجموعة متنوعة من التضاريس الغير مستقرة، ويعود هذا التنوع إلى تعقيد الجيولوجية أساسا التكتونية والتركييب المعدني للصخور والتي يبدو أنها تلعب دور المحفز في تسريع وتطور عدم الاستقرار في هذه المنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** وادي العثمانية ، قابلية الانهيارات الأرضية ، نظام المعلومات الجغرافية، تحليل هرمي متعدد المعايير

# **CHAPITRE 1**

**CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET  
GEOLOGIE REGIONALE**

## 1. Introduction Générale :

La région d'Oued El Athmania appartient au bassin Néogène poste-nappes, elle se caractérise par une sismicité importante et une tectonique active depuis le Miocène. La région de Mila renferme des formations carbonatées qui constituent les reliefs de la région et des formations argileuses et marneuses, à caractère détritique, épaisses de 40m à 50m entrecoupées par de minces passés sableux, sensibles à l'érosion et aux mouvements de terrain et sur lesquelles est construite la ville de Oued El Athmania et les infrastructures importantes de la région (routes, autoroutes, barrages..). La tectonique récente, la nature lithologique (argiles et conglomérats), la morphologie des terrains, les précipitations et la dynamique des eaux jouent un rôle important dans le déclenchement des mouvements de masse dans la région. Ces facteurs soulignent la vulnérabilité des ouvrages et des édifices de la région au risque des glissements de terrain. L'emprise croissante des aménagements sur ce milieu conduit des populations et des infrastructures (barrage, route) à se trouver exposées aux risques, ceci a pour conséquence une demande d'une étude géologique détaillée qui permette de caractériser les spécificités de cette région.

Le travail de recherche entrepris dans le cadre de cette thèse de doctorat s'inscrit dans un axe de recherche relatif aux risques naturels, plus précisément au risque de glissement de terrain dans la région d'Oued El Athmania, Il a pour objectif d'analyser les facteurs favorisant les instabilités dans cette région et de cartographier les zones menacées pour attirer l'attention des aménageurs sur les dangers potentiels ou réels présents.

Ce travail s'attache tout d'abord à analyser les données morpho-structurales qui permettent de caractériser les traits dominants et les détails de la morphologie, définir les secteurs homogènes et identifier les systèmes de discontinuités et leur organisation. Cette étape est basée sur l'analyse de cartes topographiques, cartes hypsométriques à différentes échelles, cartes géologiques ainsi que des photos aériennes et d'images satellitales. Cette partie s'attache aussi à analyser les données géologiques et hydrographiques qui permettent de caractériser les écoulements à l'intérieur des bassins versants et d'identifier la nature et les propriétés des matériaux qui sont impliqués dans les glissements.

Le bassin néogène post nappes de Mila, présente plusieurs indices d'instabilités des versants pour lesquels les mouvements de versant et leurs étendues sont inquiétantes. Leurs études exigent la conjugaison de nombreux paramètres, naturels et/ou anthropiques conditionnant l'apparition et le développement des mouvements de versants. Certains de ces facteurs sont d'ordre géologiques (lithologie, linéament, morphologie.....etc.), topographiques (pente, relief, réseau de drainage, densité des sources.....etc.) et environnementaux (occupation de sol, indice de végétation NDVI, précipitation.....etc.), leur action simultanée est à l'origine du déclenchement des mouvements des versants.

La cartographie par des méthodes classiques des différents mouvements, exige plus de temps et de moyen comparativement aux méthodes modernes basées sur des données numériques et de télédétection qui offrent d'autres possibilités en terme de célérité dans le traitement et sa communication, c'est le caractère phare des SIG et de télédétection.

## CHAPITRE 1

---

### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIE REGIONALE

Aujourd'hui les SIG et la télédétection, complétée par des levées de terrain, s'avèrent un outil pratique et fiable d'aide à la décision et à l'orientation des aménageurs vers l'organisation et l'utilisation de l'espace. Les informations extraites des cartes, des photos aériennes et des images satellitales et leurs traitements permettent de cartographier des zones à risque de glissement de terrain. Des approches mathématiques et statistiques de plus en plus fiables ont été appliqués aux divers domaines de la géologie, et l'une de ces méthodes est 'Analytical Hierarchy Process' dite AHP. Cette méthode a permis de cartographier la susceptibilité des terrains propices aux glissements de terrain dans notre terrain d'étude.

### 2. Cadre géographique :

#### 2.1 Situation géographique :

L'aire d'étude est située au Nord- Est de l'Algérie, à 13 Km au N-E de Chelghoum Laid (Wilaya de Mila). Elle fait partie des monts de Constantine. La zone d'étude correspond à la coupure de la carte topographique à l'échelle 1/50000 de la feuille d'oued Athmania (n°96). Elle couvre une partie de la wilaya de Mila et de Constantine (Fig.1.1). Elle se caractérise par un relief varié et présente deux grandes zones distinctes, au Nord, des montagnes et des collines : M'sid Aicha, Zouagha et El-Halfa et au Sud, les plaines et les hauts plateaux. Administrativement la zone d'étude est délimitée (Fig. 1 .2) :

- au Nord, par les wilayas de Jijel et de Skikda ;
- à l'Est, par la wilaya de Constantine,
- au Sud, par les wilayas de Batna et d'Oum el Bouaghi,
- à l'Ouest, par la wilaya de Sétif.

La région qui fait l'objet de cette étude est située entre les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : ( $36^{\circ} 17'30''$ -  $36^{\circ}7'0''$ ), Longitude :( $6^{\circ} 15' 30''$ -  $6^{\circ} 36' 30''$ ). Elle s'étale sur une superficie totale d'environ  $650,45\text{km}^2$ , et se caractérise par une population résidente de plus de 95689 habitants (ONS, Constantine2005).

#### 2.2 Orographie :

Sur le plan orographique (Fig. 1. 3), la région d'étude se caractérise par deux types de reliefs distincts : Une zone haute qui couvre la partie montagneuse de la région, l'altitude y varie entre 750m et 1182m au niveau dj Friktia, et une zone basse occupée par des vallées et des plaines dont l'altitude varie de 550m à 700m. La zone haute occupe une surface moins importante que la zone basse. La région se distingue par un relief montagneux, fortement accidenté avec ses facies calcaires néritiques du crétacé inférieur à moyen, elle regroupe une série de djebels et de chainons isolés de la nappe néritique constantinoise, parmi lesquels on peut citer : Dj Toukouia (1106m) , Dj Chettaba (800m), Dj Ganechouf( 1220m), Dj Friktia(1182m), Dj Feltene (1121m), Dj Oulad Selem et Sekoum (950m), Dj Medelsou(950m), Dj Chaima (874m), Dj Meimel (1038m) .

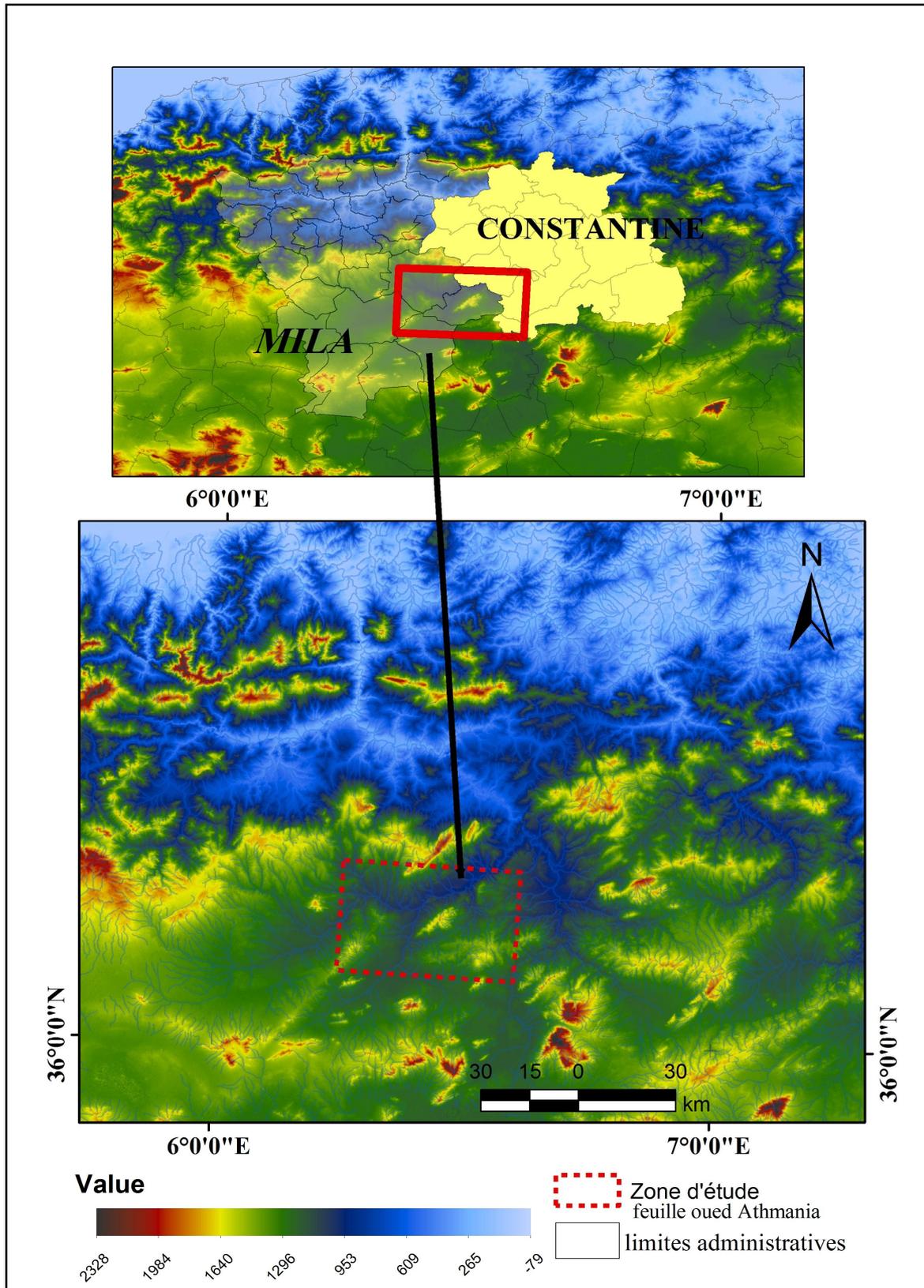


Fig. 1.1 : Localisation de la zone d'étude.

# CHAPITRE 1

## CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIE REGIONALE

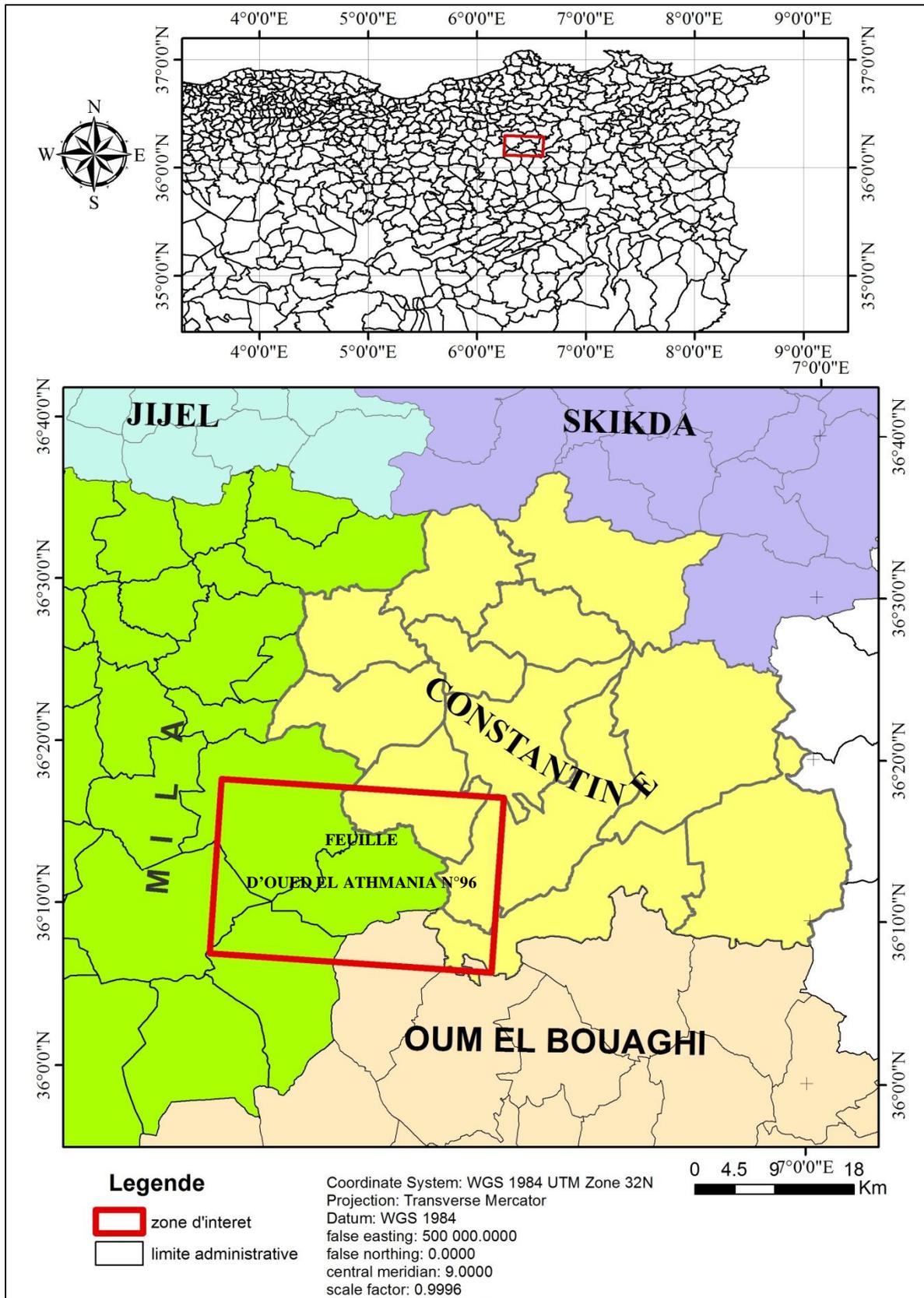
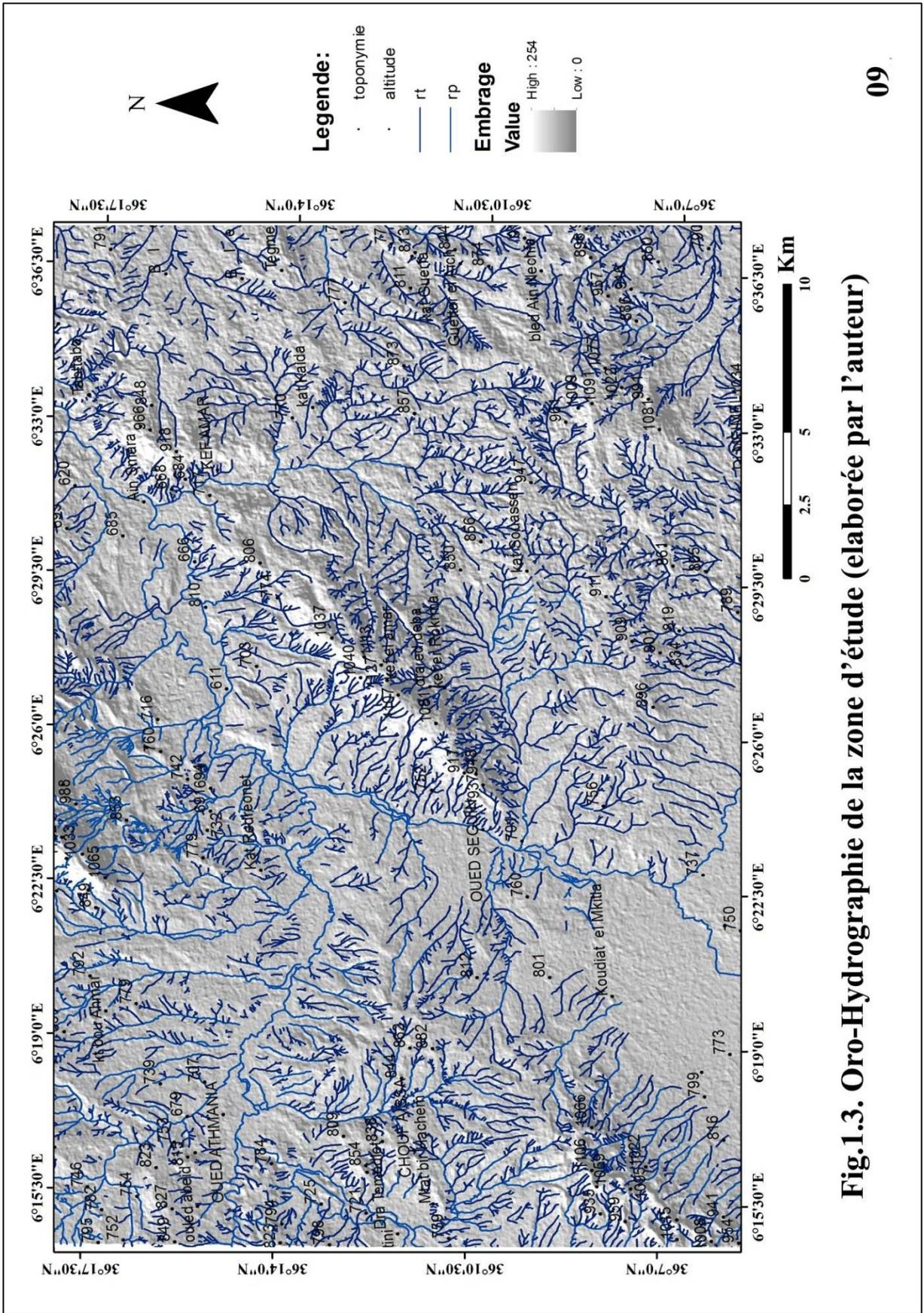


Fig. 1.2 : Limites administratives de la zone d'étude.



2.3 Hydrographie :

La zone étudiée appartient au bassin versant N°10 (SBV : 10 -4) kébir-Rhumel, d'une surface de 8815 Km<sup>2</sup>, elle reçoit des précipitations moyennes annuelles de 582 mm et se trouve entre la chaîne littorale kabyle au Nord et les massifs méridionaux du tell au Sud. Il traverse les hautes plaines constantinoises selon une orientation NE-SW jusqu'au confluent avec oued Boumerzoug puis il pénètre les gorges célèbres du rocher de Constantine (Mebarki, 1984).

La zone d'étude est drainée par un réseau hydrographique dense et perturbé, de type arborescent ou dendritique dans lequel s'écoulent d'importants cours d'eau (Fig. 1.4) comme Oued Rhumel dans la partie Nord-Est avec une morphologie assez complexe, oued Bou Yacour qui rejoint oued Rhumel au niveau d'oued Athmania avec une orientation sensiblement Ouest-Est, oued Athmania qui coule avec une orientation NW-SE, oued Guergour Feroudj avec une direction Nord-Sud qui rejoint oued Rhumel au sud, oued Seguin Oued Sedjar qui rejoint oued Rhumel dans sa partie Sud.

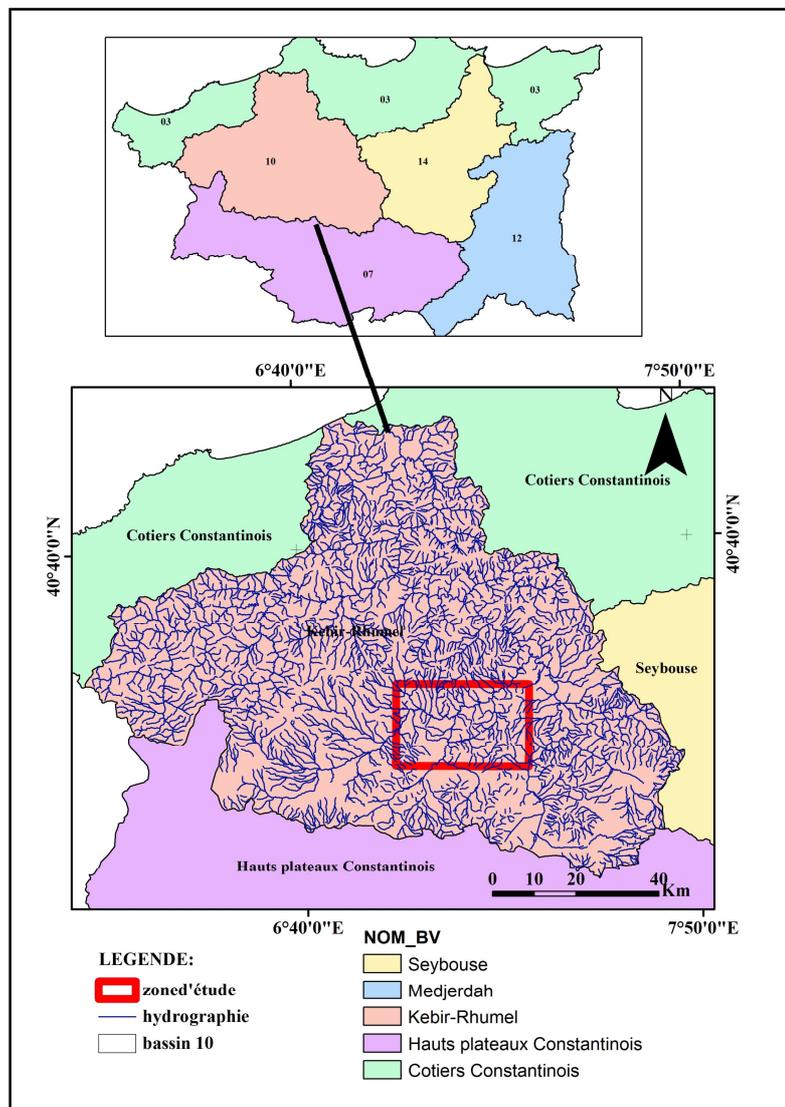


Fig.1.4 : Localisation de la zone d'étude dans le bassin versant el Kebir -Rhumel.

2.4 Climat et végétation :

La zone d'étude est caractérisée par un climat semi aride à hiver doux (Fig.1.5) ; entourée de part et d'autre par un climat sub- humide frais caractéristique des reliefs montagneux (Cote M., 1974 ; Rullan-Perchirin F ,1985), elle est marquée par des écarts de températures assez importants : élevées en été, avoisinant les 40°C et généralement basses en hiver, ils peuvent parfois descendre en dessous de zéro degré. Les précipitations sont assez importantes avec une moyenne de plus de 500mm /an. Le couvert végétal est peu important, il se résume principalement aux cultures céréalières et aux herbes sauvages pour les plaines et une végétation parfois plus dense sur les flancs de montagnes.

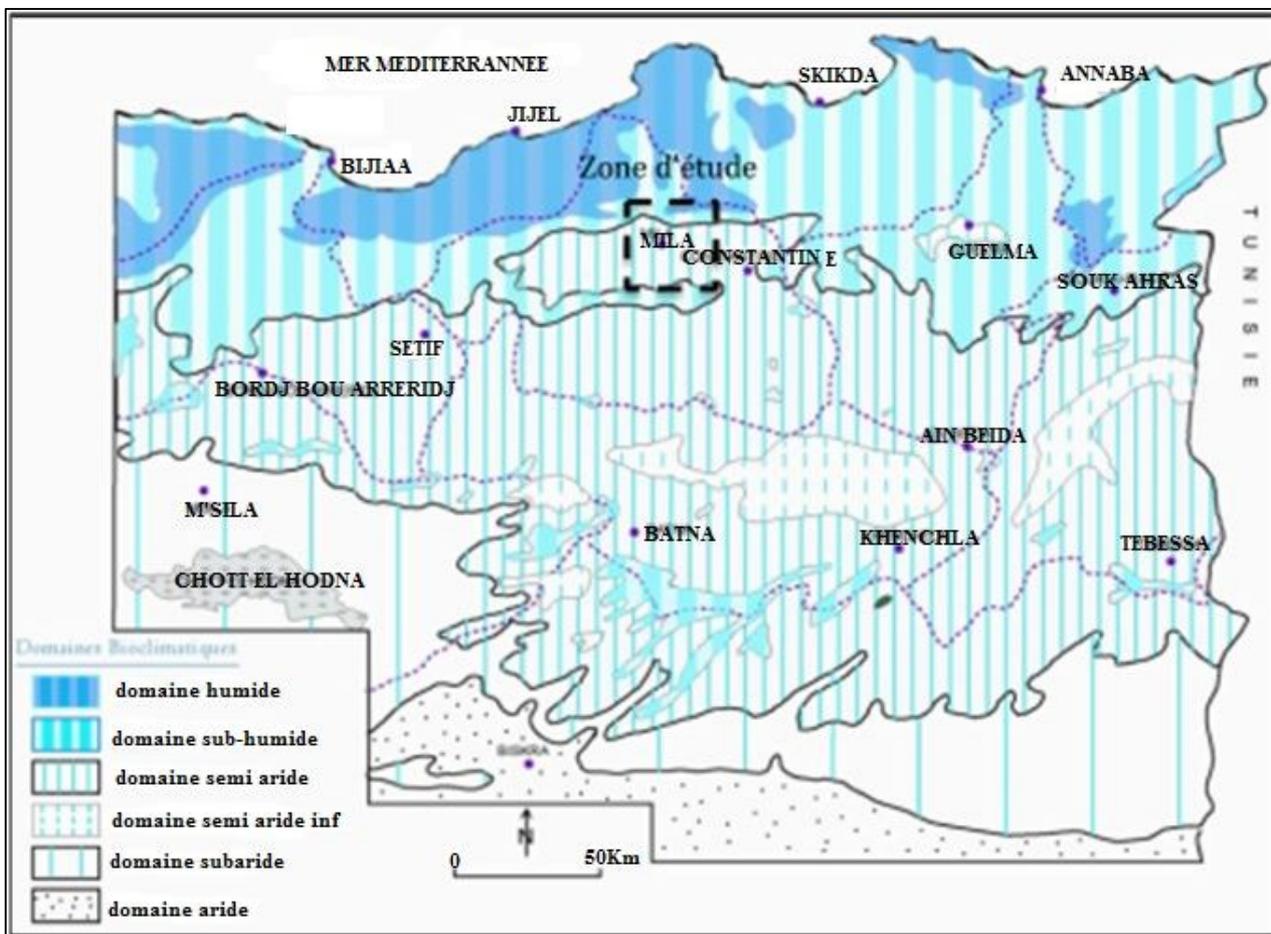


Fig 1.5: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est Algérien (Cote M., 1974).

#### 2.5 Activité humaine et économique :

Du point de vue superficie, les communes de Mila sont parmi les régions les plus étendues de l'est algérien (130.60 Km<sup>2</sup>). Elle compte environ 67992 habitants en 2005 et elle est dotée d'infrastructures variées.

La région de Mila est essentiellement à vocation agricole. Les céréales et l'élevage représentent les principales activités. Le secteur industriel est réduit à quelques petites industries dont certaines ont cessé leur activité (l'unité de faïences Mila 15000m<sup>2</sup>/an.):

- Une unité briqueterie : Ferdjioua et Mila d'une capacité de 50000 t/an.
- Une unité de mise en bouteille d'eau minérale : Tassala 16000.000 b/an.
- Une unité de pierres taillé (Sidi Khelifa) 1000m<sup>3</sup>/an.

3 Cadre géologique :

3.1 Les grands ensembles morpho-structuraux :

L'Afrique du Nord a connu une évolution géodynamique et structurale à la fois unitaire et Complexe au cours du cycle alpin méso-cénozoïque (Bouillin, 1986 ; Frizon de Lamotte et al, 2009). Cette évolution a conduit à la différenciation de domaines paléogéographiques, en liaison avec l'ouverture de la mer téthysienne et de l'océan atlantique (Dercourt J et al. 1985 ; Martinez et al .., 1990). Les domaines paléogéographiques rencontrés sont les produits de la phase atlasique (Eocène) et la phase alpine (Miocène inférieur). Le domaine méditerranéen est marqué par des structures compressives qui sont d'ouest en Est : les chaînes Bétiques, Rifaines, Telliennes, Atlasiques, les Pyrénées, les Alpes, les Apennins, les Dinarides et les Carpates.... (Barrier et al., 2004 ; Jolivert, 2007 ; Mauffret, 2006) et des bassins tel que le bassin algérien (Fig. 1.6).

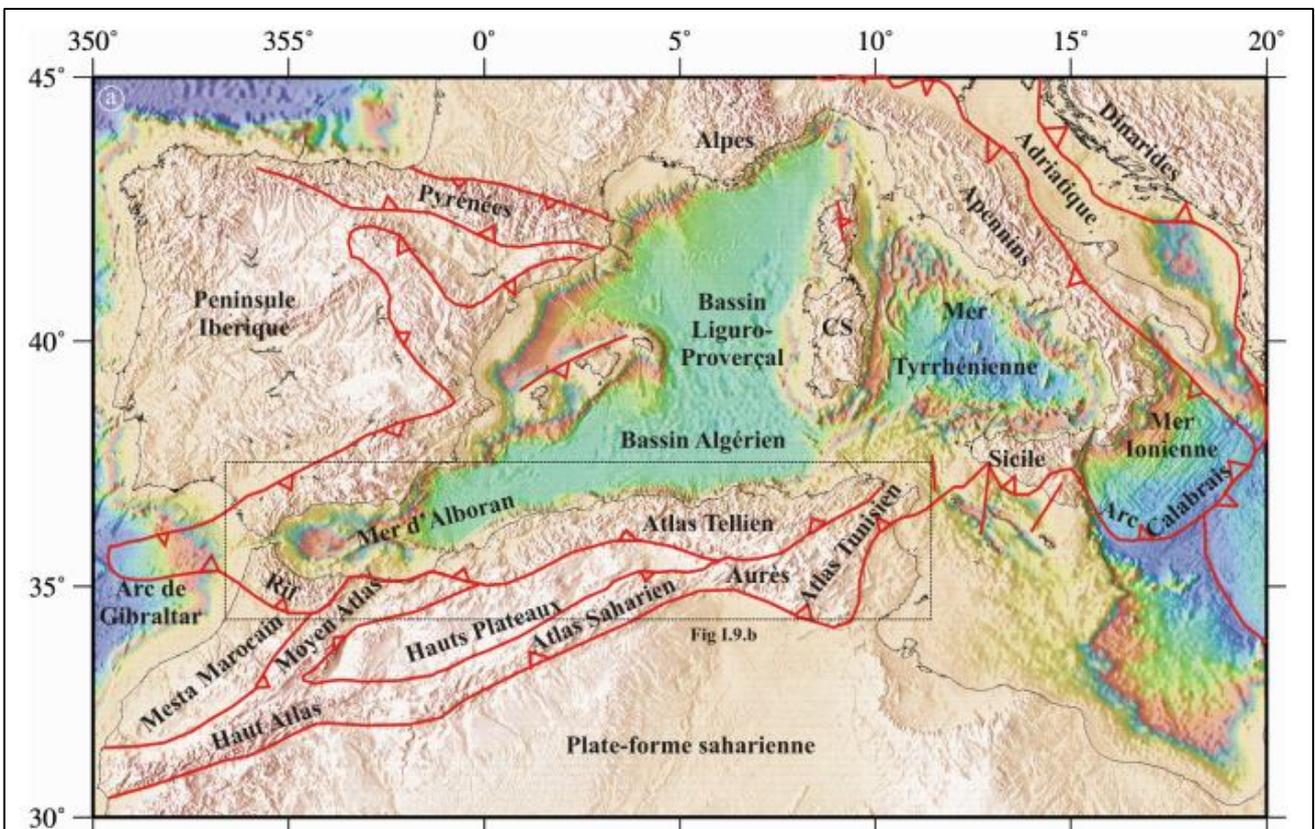


Fig. 1 .6 : Carte des principales unités géologiques composant le pourtour de la Méditerranée occidentale (Durand Delga ,1969.).

3.2 Contexte géologique régional :

Pour mieux comprendre l'histoire géologique de la région d'étude, il paraît indispensable de la situer dans son contexte géologique régional ; c'est-à-dire dans le cadre des chaînes côtières d'Afrique du Nord, (Wildi W., 1983) ou Maghrébides, (Durand Delga M., 1969).

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin Péri-Méditerranéen (Durand-Delga, 1969) d'âge Tertiaire, elle s'étend d'Ouest en Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud à l'arc calabro-sicilien (Fig. 1 .7).

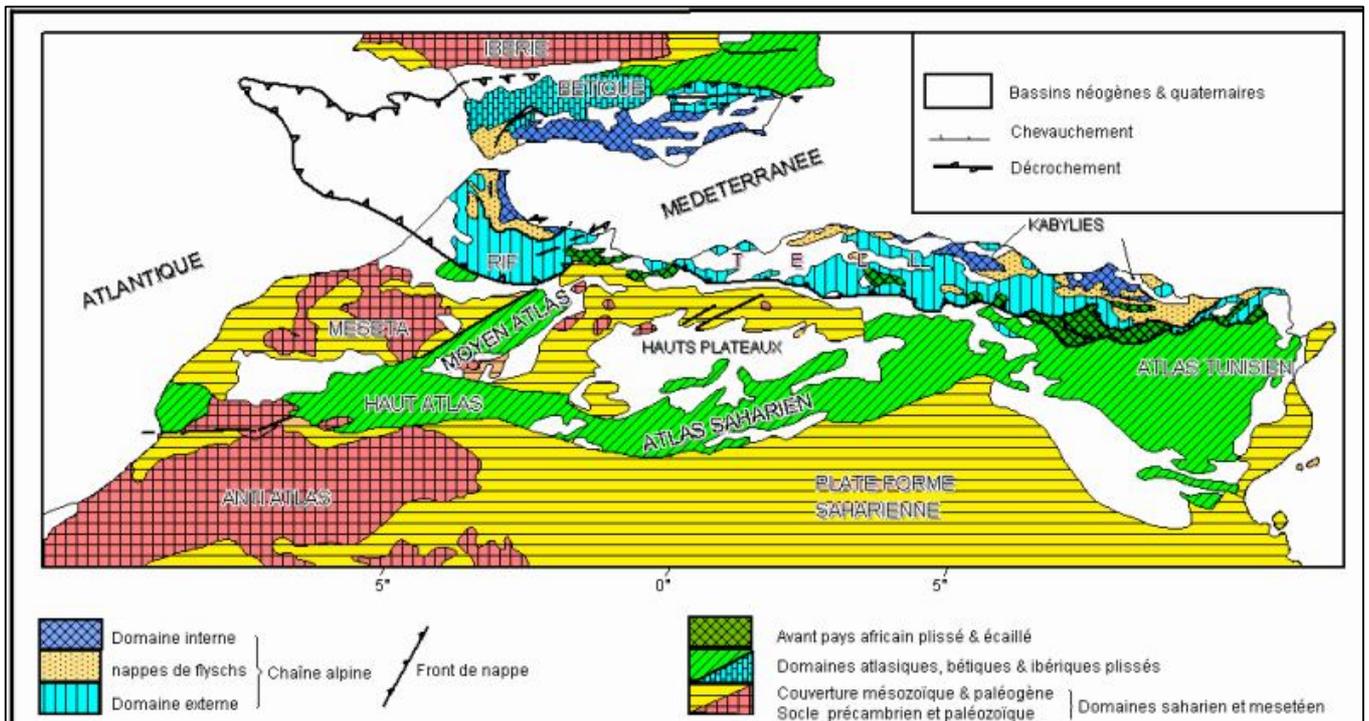


Fig. 1 .7 Carte schématique structurale de la chaîne tello-rifaine (Wildi W., 1983).

Dans ce domaine en forme d'anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, situées à l'intérieur de l'anneau et représentées aujourd'hui par différents massifs, dispersés le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sa périphérie. Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes de charriages. En Algérie, la chaîne des Maghrébides montre du Nord au Sud les domaines suivants :

#### 3.2.1. Le domaine interne :

Ce domaine est formé d'éléments issus de la dilacération de la plaque d'Alboran. En Algérie, il s'agit du socle kabyle et de la dorsale calcaire (**Durant Delga, 1969, JP.Boullin et al, 1984**). Le socle kabyle est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu ou pas métamorphique.

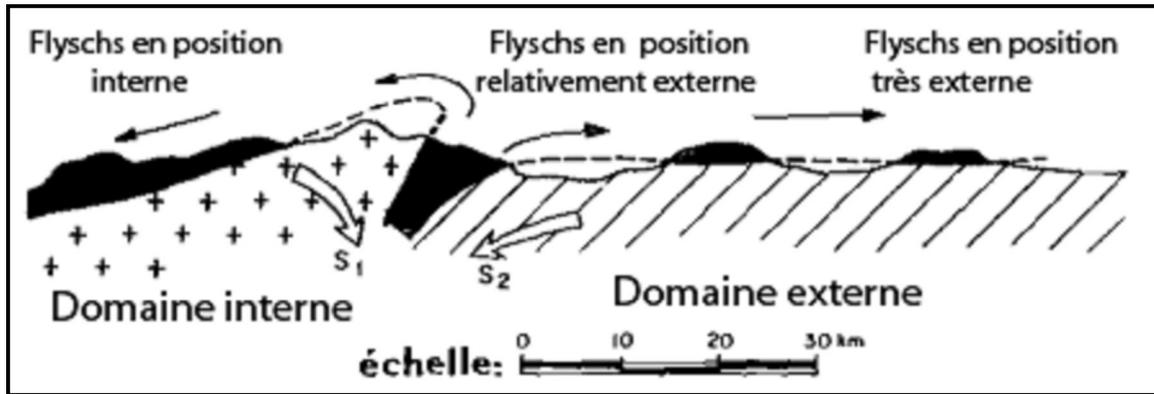
Ce socle affleure d'Ouest en Est, sur 120 km de longueur et 30 km de largeur, dans les massifs du Chenoua (à l'ouest d'Alger), d'Alger, de Grande Kabylie et de Petite Kabylie (entre Jijel et Skikda), il constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie. Le socle est par endroit recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur–Miocène inférieur appelés Oligo-Miocène Kabyle. Les massifs internes des Maghrébides ont donc constitué une zone haute de la fin du Paléozoïque à l'Oligocène supérieur. Le socle kabyle est bordé au sud par les unités mésozoïques et cénozoïques de la Dorsale Kabyle appelée parfois « chaîne calcaire ». Ce dernier domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au cap Ténès, on la retrouve ensuite dans le massif du Chenoua puis au Sud Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine et on la suit sur 90 km jusqu'au Sud d'Annaba (**Durand Delga, 1969**).

La dorsale kabyle se présente sous forme d'écaillés d'âge permo-triasiques à Eocène moyen (Lutétien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias. La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe (**Durand Delga M., 1969 ; Raoult J.F., 1974 ; Vila J.M., 1980**).

#### 3.2.2. Le domaine médian ou domaine des flyschs:

C'est un domaine qui correspond à un milieu marin profond constitué par des nappes de flyschs créacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Binzerte (Tunisie). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités.

Ces flyschs se présentent de trois manières : en position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriés sur les zones internes, et appelés flyschs Nord-kabyles ; en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs Sud-kabyle) et enfin en position très externe, sous forme de masse isolées flottant sur le Tell charriés jusqu'à une centaine de kilomètres au sud (**Durand Delga ,1969**) (Fig.1 .8).



**Fig.1 .8 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (Durand Delga ,1969) .**

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens, auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs numidiens d'âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur (Fig.1.9).

### 3.2.2.1 Les flyschs Maurétaniens :

Ils sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont composés d'alternances de bancs argileux, calcaires et gréseux. La série débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

### 3.2.2.2 Les flyschs Massyliens :

Ils occupent une position externe dans le domaine des flyschs et comportent une série pélito-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série pélito-micro-bréchiq,ue, d'âge Crétacé supérieur.

### 3.3.2.3 Les flyschs Numidiens :

Ils sont constitués de niveaux gréseux d'âge Oligocène terminal–Aquitani, ils sont épais de plusieurs centaines de mètres et reposent sur des argilites versicolores d'âge oligocène supérieur. Ces flyschs reposent ¶ à la fois sur les zones internes et sur les zones externes.

### 3.2.3. Le domaine externe :

Le domaine externe représente la marge téthysienne du continent africain, on peut distinguer deux grands types de séries :

- Les séries telliennes
- Les séries de l'avant pays

#### 3.2.3.1. Les séries telliennes

En Algérie orientale et aux confins algéro-tunisiens, les séries telliennes ont été découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes entités, dont les limites suivent à peu près les lignes paléogéographiques du Crétacé, du Paléocène et de l'Eocène. Ce sont, du Nord vers le Sud (**Wildi W., 1983 ; Vila J.M., 1980**) :

- les nappes ultra-telliennes, aux formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène. Celles-ci ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch massylien.
- les nappes telliennes sensu-stricto formées du Lias de plate-forme, surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses.
- les nappes péni-telliennes dont les séries néritiques du Crétacé à l'Oligocène sont carbonatées et marneuses. Les nappes péni-telliennes, définies dans l'Est algérien, présentent des caractères proches de ceux du néritique constantinois.

Ces dernières séries montrent de grandes affinités avec celles de leurs avant-pays méridionaux, les unités sud-sétifiennes et l'unité néritique constantinoise.

#### 3.2.3.2 Les séries de l'avant pays

La chaîne des Maghrébides est bordée, au sud, par des avant-pays de nature et de comportement tectonique variables.

On peut considérer, successivement d'Est en Ouest les unités et les domaines suivants :

##### - Unité néritique constantinoise

Les séries néritiques constantinoises forment des massifs isolés, de tailles variables ; caractérisées principalement par des formations carbonatées, du Mésozoïque, cette unité fut considérée pendant longtemps comme autochtone (**Durand Delga, 1969**) ; elle est allochtone et chevauche, pour **Vila (1980)**, les écaillés des Sellaouas et les unités sud-sétifiennes. L'autochtonie de cette unité est reprise par **Chadi (1991) et Coiffait (1992)**. Une certitude cependant : durant les phases tectoniques alpines, cette unité s'est comportée de façon rigide.

##### - Unités sud-sétifiennes :

Ces unités considérées par **Savornin J.,(1920)** comme « bati pré-saharien », ont été décrites par **Vila J.M., (1980)** sous l'appellation « ensemble allochtone sud-sétifien ».

Elles sont caractérisées par des séries mésozoïques de plates formes admettant des intercalations pélagiques.

### -Unité des Sellaoua :

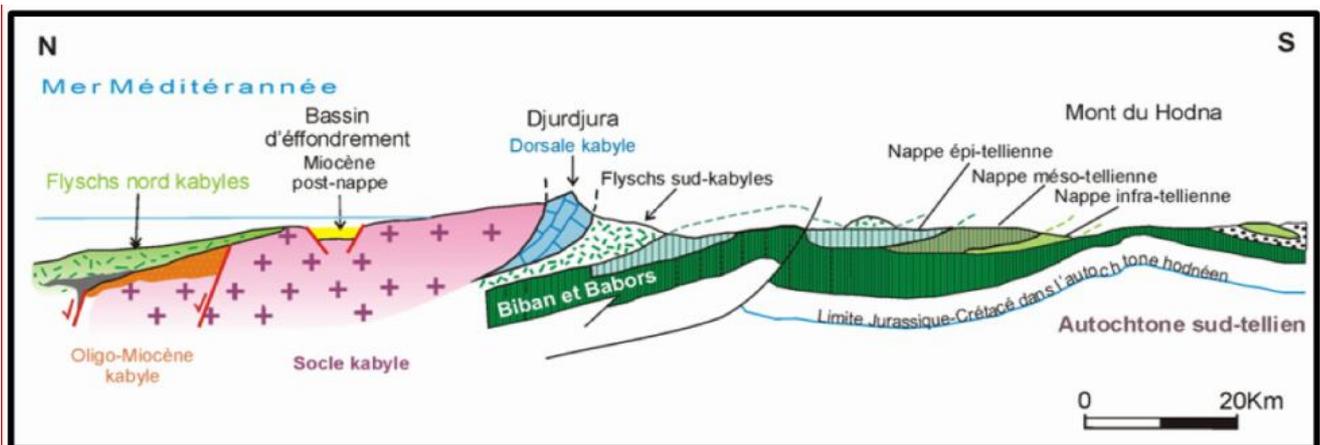
Ces unités sont issues d'un sillon allongé du Sud-Ouest au Nord-Est. Elles affleurent au Sud-Est des massifs composant l'unité néritique constantinoise et comprennent essentiellement des terrains marno-calcaires crétacés avec un léger apport détritique dans le Crétacé supérieur. Le Paléocène et le Lutétien supérieur sont marneux, par contre l'Yprésien est carbonaté et riche en Nummulites ; l'Oligocène est signalé par **J.M. Vila (1980)** et par **P.E. Coiffait (1992)**. L'écaillage de ces séries est attribué à des raccourcissements considérables ayant provoqué des chevauchements de grandes ampleurs.

### - Le Parautochtone Nord-aurésien :

Il constitue le bord septentrional de l'autochtone atlasique. Ce para-autochtone est défini par l'ensemble des structures formées par les monts d'Aïn Yaghout et par les Djebels (Hanout, Guellif, Sidi Reghis) dans la région d'Aïn Kercha et d'Oum El Bouaghi. Cet ensemble a été violemment affecté par la tectonique alpine. Le Trias de la région des lacs peut être interprété comme le cœur d'un vaste pli couché (diapir triasique).

### -L'autochtone Nord-aurésien :

Il s'agit là du domaine atlasique, caractérisé par un ensemble secondaire, plissé à la fin de l'Eocène selon des directions atlasiques, et par un Trias diapirique d'âge aptien, plus à l'Est, dans la région de l'Ouenza et les monts de Tébessa (**Farah A.S., 1999**).



**Fig.1 .9: Coupe générale synthétique des Maghrébides (région du Constantinois)**

(Durand -Delga ,1969 )

### 4. Cadre tectonique :

#### 4.1. Sismicité :

D'après les enregistrements disponibles au niveau des stations sismiques, la région de Mila, bien que située à la limite entre deux provinces géologiques présente une sismicité modérée (J.P. Michel, 2000). La région de Mila est située dans une zone sismique classée d'après Bockel comme pouvant subir des secousses d'intensité VI à VII dans l'échelle de Mercalli (Fig 1.10). Cette zone est bordée au Nord-Ouest et au Sud-Est par deux zones sismiquement plus actives et d'intensité supérieure à VIII (J.P Michel, 2000). La sismicité de la région est modérée mais il arrive que des événements destructeurs se produisent, on peut citer :

- Le séisme de 23/08/1978 dans la zone de chevauchement de Sidi Merouane, distante de 16 km du site du barrage de Beni Haroune avec une magnitude non déterminée mais probablement inférieure à 3.5 (Mm).
- Le séisme de 20/12/1983 dans le massif de Sidi Driss à environ 27km à l'Est du site avec une magnitude de 4.6 (Mm).
- Le séisme répertorié comme le plus important sur un rayon de 50 km autour de la ville de Mila est celui de 27/10/1985 de magnitude 5.9 (Mm) et dont l'épicentre est situé au Sud-Est de Constantine (à Ibn Badis).

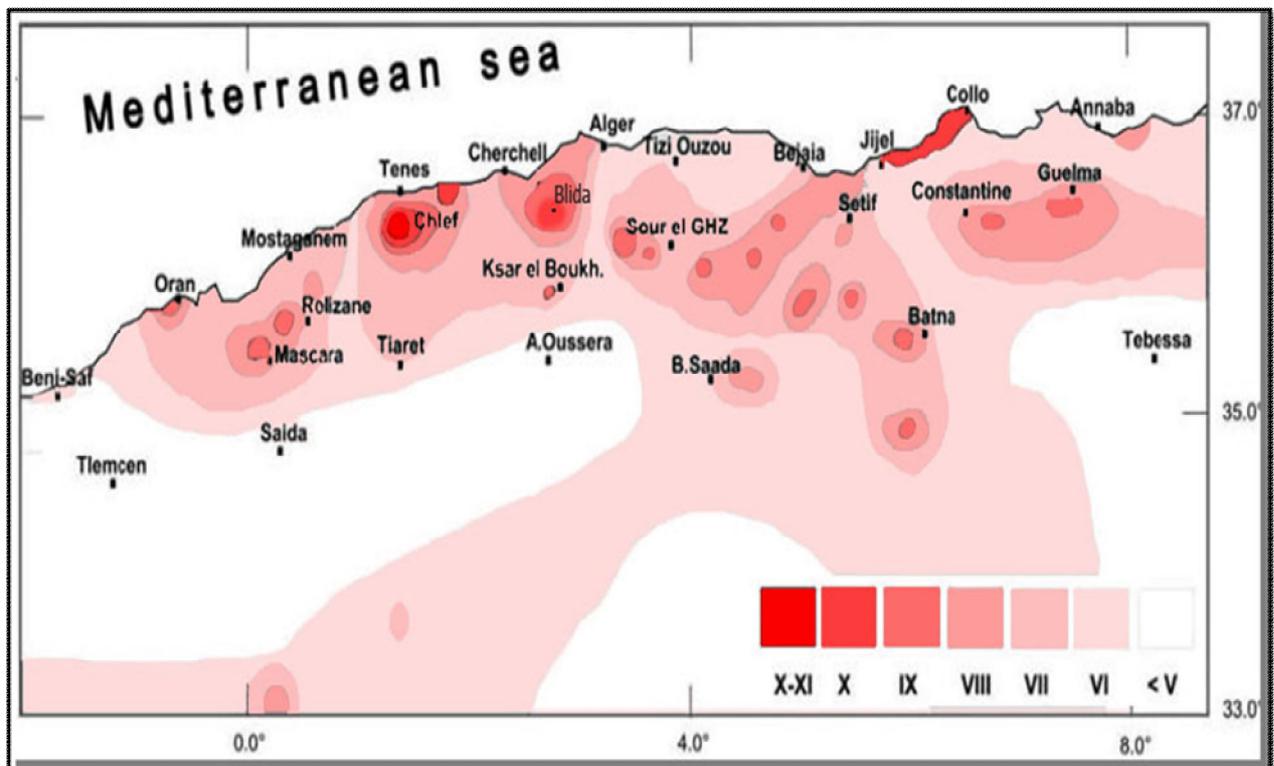


Fig1.10: Sismicité de la zone d'étude (C.G.S 2008).

### 4.2. Phase tectoniques

La chaîne alpine d'Algérie (Fig .1.11) s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques tertiaires. Cette structuration correspond à la fermeture du sillon des flyschs, dont les déformations ont été influencées par l'héritage structural anté-Tertiaire, (**Kazitani, N. 1986 ; Aris.Y, 1994**), après comparaison des données sur le socle paléozoïque de la marge septentrionale africaine et ceux du paléozoïque saharien, il est admis que la structuration du bassin maghrébin est héritée d'une structuration ancienne (**Guiraud.R, 1973**). Cette différenciation serait due au fonctionnement d'un accident connu actuellement sous le nom de flexure "sud atlasique ", délimitant la plate forme saharienne stable des domaines actifs de l'avant pays de la chaîne des maghrébides (**Guiraud .R, 1973**).

Les structures de la chaîne alpine de l'Algérie Nord-orientale et leur répartition sont la conséquence de plusieurs événements tectoniques :

#### 4.2.1 Au TRIAS :

Durant le Trias L'Algérie du Nord a été soumise à une période de distension généralisée qui s'est accompagnée d'un volcanisme basique associé à une sédimentation argilo –gypseuse dominante (**Guiraud. R, 1973**) et des carbonates du keuper.

#### 4.2.2 Au JURASSIQUE :

Au Jurassique inférieur, la distension provoque une subsidence différentielle qui se poursuit au Crétacé inférieur lors de la structuration générale Est-Ouest caractéristique des bassins maghrébins (**Durozoy, 1960**). Au jurassique moyen et supérieur la tectonique est mise en évidence par des variations latérales de faciès. La plate forme constantinoise se distingue dès la fin du Lias comme un haut-fond à sédimentation calcaire dominantes.

#### 4.2.3 Au Jurassique Moyen et Supérieur :

A cette période, l'approfondissement et le caractère océanique des milieux sédimentaires se confirment et s'accroissent. Le bloc africain est décalé par un coulissage senestre par rapport à l'Ibérie et au bloc Alboran à partir de 165 Ma, engendrant probablement les premiers plissements dans les Babors vers la fin du Malm, avec des axes de plis d'orientation N-S. Le Malm représente la fin d'une période de distension et de subsidence caractérisant le Lias et le Dogger.

Dans les zones telliennes, les structures associées à la tectonique du Malm sont attestées par des discordances angulaires marquant la base du Crétacé inférieur.

Plus au Sud, dans l'avant pays, la phase Jurassique supérieure se manifeste par une sédimentation terrigène au cours du Néocomien sans discordance angulaire notable, (**Wildi, 1983**).

#### 4.2.4 Au CRETACE INFERIEUR :

Il se caractérise par une période orogénique calme, aucune phase tectonique importante n'est connue à cette époque. L'origine du dépôt des sédiments détritiques sur la bordure Nord de l'Afrique ne serait pas tectonique mais climatique. D'après l'interprétation des anomalies magnétiques dans l'atlantique Nord, les coulissages senestres E-W entre l'Ibérie et l'Afrique s'arrêtent pratiquement dès l'Aptien supérieur (110 Ma), (**Wildi W, 1983**).

Suivant une transversale régionale au Crétacé inférieur, une alternance de régressions et de transgressions individualisant ainsi des zones sédimentaires préfigurant déjà les unités structurales majeures, tel le domaine néritique, qui dès cette période, apparaît comme une plate forme carbonatée située entre deux sillons.

#### 4.2.5 Au CRETACE SUPERIEUR :

Une phase tectonique post-sénonienne ou encore la phase laramienne marquant une compression subméridienne de direction NNW-SSW a engendrée des plis E-W (**Durand Delga, 1955**). Les structures issues de cette phase sont souvent déversées vers le sud et sont liées à des discordances, à des hard grounds, à des lacunes et à des intercalations détritiques mais quoi qu'il en soit, la phase laramienne (**R, Guiraud 1973**) semble avoir été en Algérie beaucoup moins intense que dans les cordillères bétiques et les alpes orientales par exemple.

#### 4.2.6 Au TERTIAIRE :

La chaîne alpine de l'Algérie Nord orientale s'est surtout structurée pendant les phases Tertiaires.

##### 4.2.6.1 LA PHASE FINI- LUTETIENNE :

Elle correspond à une période de compression marquant la fin d'un grand cycle sédimentaire qui a débuté au Trias supérieur, et dont l'organisation n'a pas été perturbée malgré des manifestations tectoniques locales enregistrées avant le Cénomanién (**Aris Y., (1994)**).

Cette phase placée vers la fin du Lutétien est appelée phase atlasique par **Guiraud. R, 1973** et phase priabonienne selon **Vila J.M., (1980)**. Cette phase compressive est expliquée par la fermeture de la Téthys occidentale par la rotation de l'Afrique autour d'un pôle situé à l'Ouest de Tanger, conduisant à la collision entre la partie orientale de l'Alboran et la marge Africaine tellienne.

Dans les zones internes la position relative E-W de la Kabylie par rapport au Tell est bloquée dès l'Éocène supérieur. Cette phase est associée à des accidents verticaux de direction NE-SW tels que l'accident N45°-50° E d'El Kentour qui se prolonge jusque dans l'avant pays au Sud-ouest, entre les monts du Bélezma et ceux du Hodna correspondant à la « transversale de Constantine ».

Dans l'atlas saharien où elle est manifestement la plus évidente, en raison de son intensité et du fait de l'absence ou du peu d'importance des déformations ultérieures, elle montre une direction de raccourcissement NW-SE.

#### 4..2.6.2.Au MIOCENE :

##### **-Phase compressive du Burdigalien :**

La phase Miocène est caractérisée par une direction de raccourcissement N-S. La partie occidentale de la plaque d'Alboran continue sa migration vers l'Ouest, pour entrer finalement en collision avec la marge rifaine de l'Afrique. Cette migration contribue à l'ouverture du bassin nord algérien.

Cette phase se manifeste par :

- L'avancée de la nappe numidienne vers le Sud et la formation des olistostromes kabyles dans une dépression septentrionale.
- Un bombement à l'aplomb du bord kabyle méridional, où s'étaient antérieurement empilées les unités de flyschs sur les nappes telliennes au Priabonien.
- Des structures plissées, au sud du domaine kabyle.

A la fin du Miocène inférieur et au début du Miocène moyen, des bras de mer envahissent des golfes de la partie septentrionale des chaînes algériennes. Dans les Babors, les premiers sédiments post-nappes marins se déposent.

Cette transgression va de paire avec une phase volcanique calco-alcaline et un plutonisme qui a mis en place les intrusions granitiques en grande Kabylie, dans les Babors et en petite Kabylie. Les datations radiométriques y indiquent souvent des âges entre 12 et 16 Ma.

##### **- Phase tangentielle tortonienne -phase alpine- :**

Pour Vila J.M., (1980), c'est la phase tortonienne majeure, à vergence Sud qui est responsable de vastes raccourcissements impliquant les formations postérieures au Burdigalien supérieur dont la nappe numidienne. Toujours selon le même auteur, cette phase serait responsable de la genèse de la nappe néritique constantinoise, des unités allochtones des Sellaoua, de l'ensemble «sud-sétifien» et des «unités méridionales à nummulites».

Cette phase a engendré dans l'ensemble de l'Algérie Nord orientale des chevauchements vers le Sud des unités méridionales à nummulites, des unités sud-sétifiennes et des écaillés de Sellaoua, ainsi que des plissements à axes E-W des monts du Hodna jusqu'à la transversale de l'Aurès, genèse des « plis emboutis » qui interfèrent et reprennent les plis éocènes **Vila (1980)**.

Pour revenir à la notion de tectonique tangentielle tortonienne, **Vila (1980)** distingue, du nord au sud et de haut en bas de l'édifice structural :

- La zone intermédiaire est fortement plissée (Burdigalien-Langhien).
- La zone nappée méridionale, où se manifestent de vastes mouvements anormaux, impliquant les formations postérieures au Burdigalien supérieur.
- Les nappes telliennes sont reprises en bloc.
- L'ensemble allochtone sud-sétifien constitue un empilement de lames en série normale.
- La nappe néritique constantinoise et les unités allochtones de type Sellaoua relaient en plan l'ensemble allochtone sud-sétifien vers l'Est.

#### 4.2.6.3.LA TECTONIQUE RECENTE

Dans les zones externes de la chaîne alpine d'Algérie orientale, la tectonique post-nappe n'a pas fait l'objet d'étude détaillée. A l'échelle du constantinois, les structures attribuées à cette tectonique évoquent une tectonique polyphasée qui se traduit par des plis, des failles inverses parfois décrochantes ou chevauchantes et par des failles normales plus tardives (**Coiffait, 1992 ; J.M.Vila, 1980**). Pour **Voûte C (1967)** cette tectonique distensive est accompagnée de décrochements de direction Nord Est-Sud ouest et Nord Ouest-Sud Est dans les environs des Sellaoua.

# CHAPITRE 1

## CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIE REGIONALE

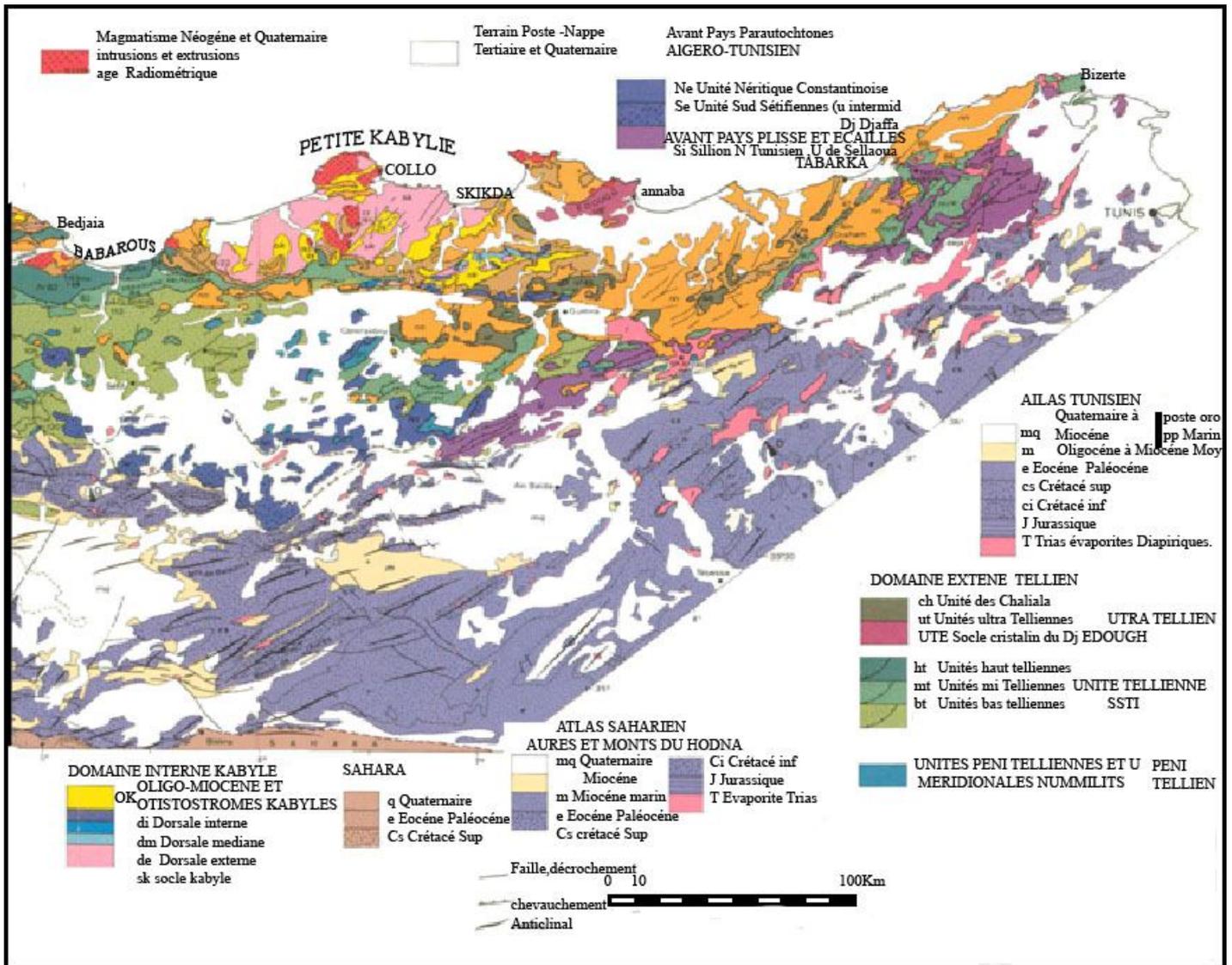


Fig.1 .11: Carte géologique de l'Algérie orientale et de la Tunisie septentrionale

(D'après Wildi W, 1983)

#### **Conclusion :**

La chaîne des Maghrébides, constitue un tronçon de la chaîne Alpine d'Afrique du Nord. Elle s'est différenciée en plusieurs domaines paléogéographiques qui sont actuellement en position superposés.

Du Nord vers le Sud, se succèdent les unités comme suit :

Les zones internes, formées par des terrains cristallophylliens anciens qui constituent le socle kabyle et des terrains essentiellement carbonatés apparaissant sous forme d'affleurements rectilignes et discontinus, dits dorsale kabyle ou chaîne calcaire qui forme la couverture sédimentaire carbonatée du socle.

Le domaine des flyschs, constitué par différents types de flyschs, occupant une position allochtone et reposant en différents modes sur les zones externes.

Plus au Sud, se situent les zones externes. Elles sont définies comme étant des séries épaisses à dominante marneuse issues du sillon tellien.

Les phases tectoniques successives ont affecté les structures antérieures dont les unités, de la chaîne des Maghrébines.

# **CHAPITRE 2**

**OUED ATHMANIA : CADRE  
GEOLOGIQUE ET CONTEXTE  
LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

## **II. Historiques des travaux antérieurs réalisés sur la région :**

La région d'étude correspond au môle Néritique Constantinois et fait aussi partie de l'Ouest des hautes plaines sétifiennes.

Les premiers travaux effectués remontent au **XIX<sup>ème</sup>** siècle. **En 1899, Ficheur** établit une esquisse géologique du massif du Chettaba et des îlots triasiques de la région de Constantine et ses environs.

Dans les années **1911 à 1954 Joleaud. L** a admis l'existence de nappes de charriages dans le constantinois en considérant le Trias comme une semelle plastique à ces derniers. En 1912 ce même auteur a découvert le Valanginien à ammonites pyriteuses et l'Albien à échinides et ostraces dans le massif de Chettaba.

Entre **(1944-1952), Deleau. P** a étudié le Crétacé dans le tell constantinois et ses variations brusques de facies dans différentes publications et congrès.

**Durozoy. G en 1952** a fait une étude sur l'hydrogéologie préliminaire des massifs calcaires Crétacés des monts de Constantine.

Dans la année même **(1952) Van de Fliert. J.R** a complété la carte géologique de l'Algérie à l'échelle 1/500000<sup>ème</sup> et la feuille de Oued Athmania N°96 au 1/50000<sup>ème</sup>, en se basant sur les travaux de Joleaud, Deleau et Durozoy.

Entre **(1962-1969), Raoult J.F et Vila J.M** déduisent une phase tectonique tangentielle d'âge fini Lutétien, en se basant sur une étude faciologique et structurale de la dorsale kabyle et du domaine des flyschs.

Postérieurement à ces travaux, la recherche géologique prenait une autre dimension à la suite du développement de techniques nouvelles, notamment celles liées à la stratigraphie et la micropaléontologie.

En effet, au cours de ces années, l'étude géologique du constantinois était reprise par l'équipe **de Durant-Delga. M. 1969** qui a alors établi les grands traits évolutifs tant paléogéographiques que structurales de cette région.

**Guiraud. R, (1967-1973)**, est le premier qui a découvert l'allochtonie du môle Néritique constantinois.

A partir de **1973, Vila J.M** en coopération avec **SONATRACH** a étudié le constantinois à grande échelle, ce qui a abouti à la publication d'une série de cartes géologiques à l'échelle 1/50.000<sup>ème</sup> et 1/200.000<sup>ème</sup> de Sétif et de Constantine. Dans ce travail **Vila J.M** reprend et développe le concept de l'allochtonie du môle Néritique constantinois.

**Kazi-Tani. N. (1986)** établit les grands traits de la paléogéographie de l'Algérie du Nord et interpréta l'évolution structurale des monts de Constantine par un modèle en blocs basculés.

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  

---

**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

**Lahondère J.C. (1987)**, explique que la structure des séries ultra-telliennes résulte des diverticulatons mises en place lors de la phase priabonienne.

**Chadi M.(1991) et Coiffait. E.P. (1992)** s'opposent à l'allochtonie de la couverture du môle Néritique et apportent de nouvelles idées qui expriment l'origine sédimentaire du contact séparant le toit de la plate-forme de sa couverture marno-calcaire.

**Aris. Y. (1994)**, a réalisé une analyse tectonique et microtectonique des séries jurassiques à Plio-Quaternaire du constantinois centrale.

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

Sur le plan géologique, la région d'oued Athmania fait partie des zones externes septentrionales de la chaîne des Maghrébides, qui est caractérisée par un empilement de plusieurs unités géologiques à vergence SE (vergence du charriage), qui se sont chevauchées les unes sur les autres et qui sont de bas en haut (Fig.2.1) :

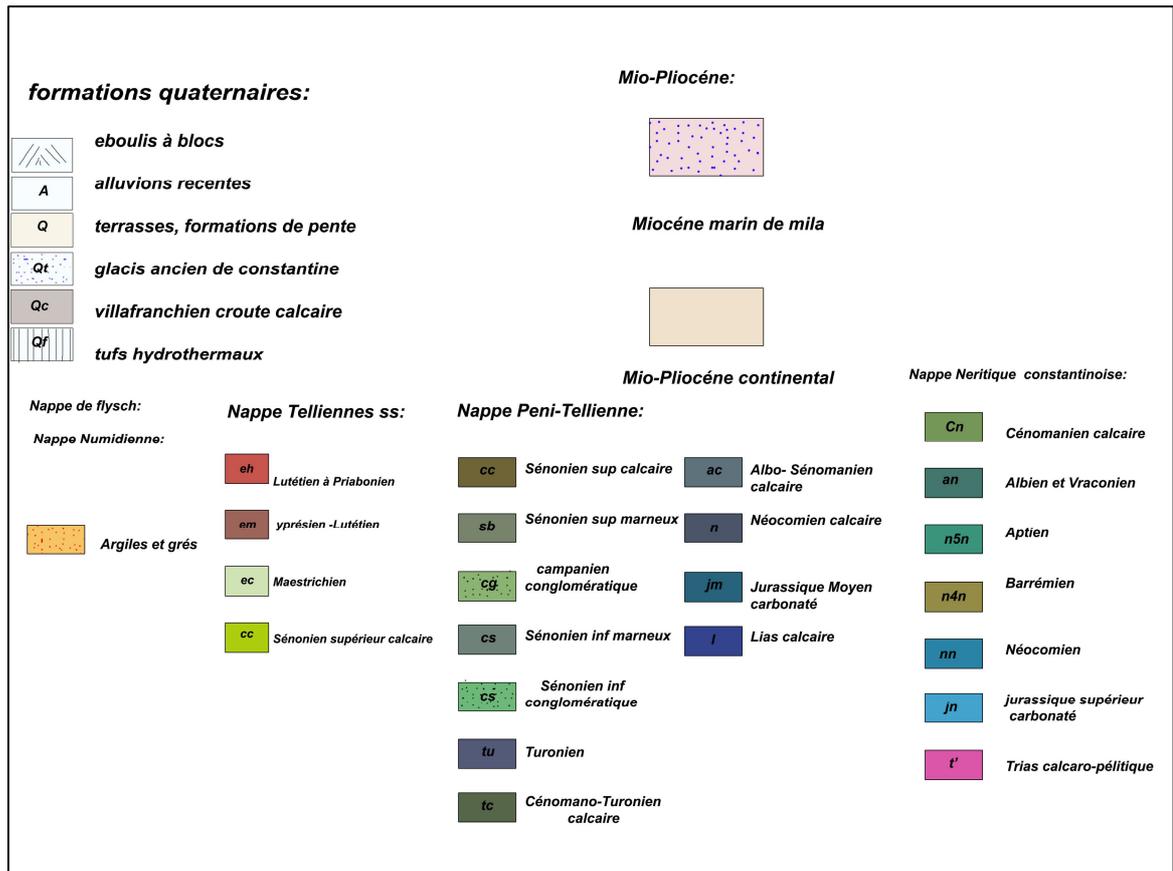
❖ **L'unité Néritique.**

❖ **Les nappes telliennes** qui comprennent :

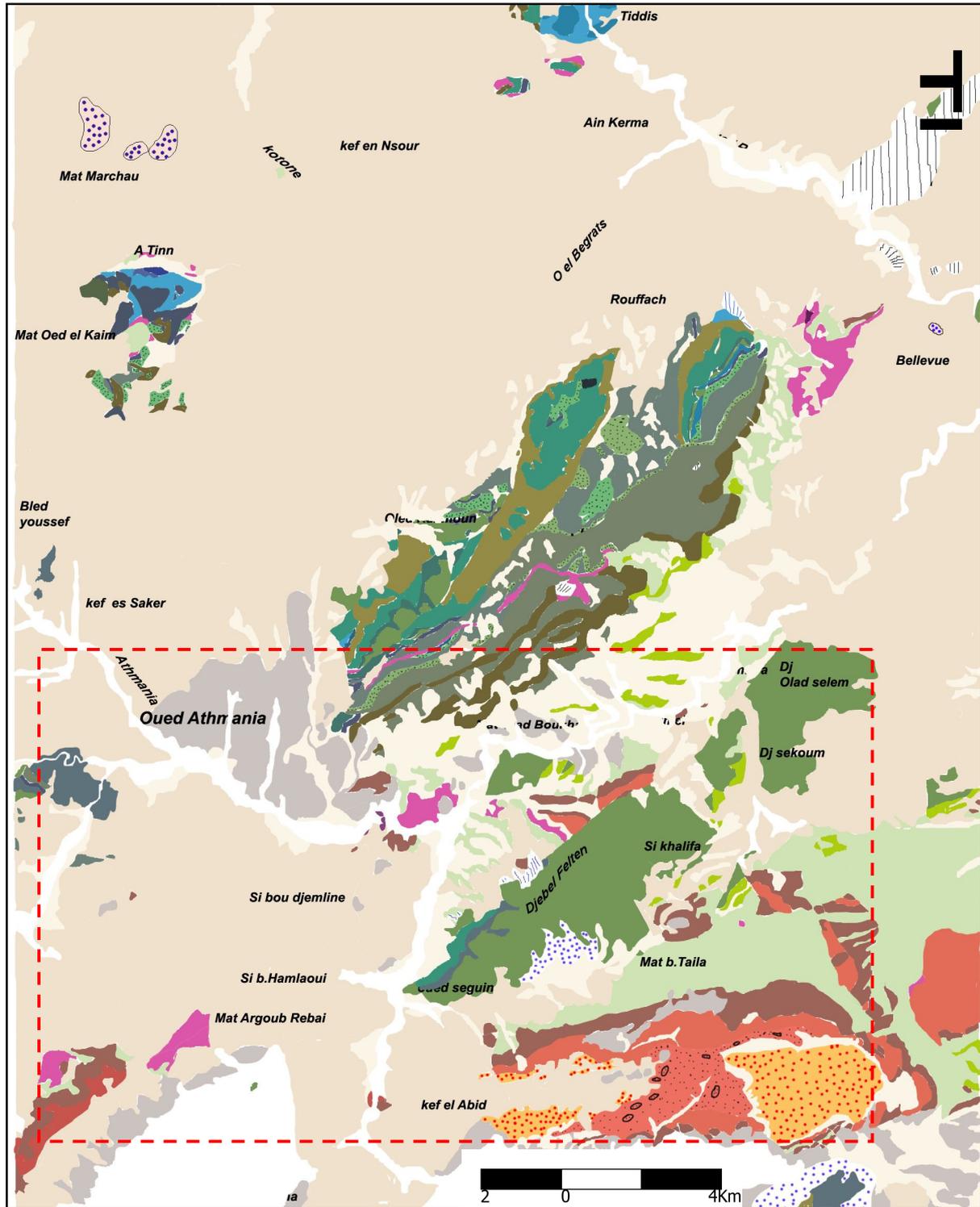
- 1- une unité tellienne méridionale à matériel sénonien inf,
- 2- une unité tellienne méridionale à matériel sénonien sup,
- 3- unité tellienne méridionale à matériel Eocène).

❖ **La nappe Numidienne.**

❖ **Les Formations Post-Nappes (Néogène).**



**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2 .1 : Positionnement de la zone d'étude dans le domaine du constantinois (extrait de la carte géologique de Constantine au 1/200000<sup>ème</sup> (redessinée par l'auteur).**

## **II. 1. La lithostratigraphie de la région d'étude :**

Les terrains affleurant dans la zone d'étude sont représentés par des formations allant du Trias jusqu'au Quaternaire. L'étude stratigraphique de ces formations a été pour l'essentiel réalisée par : (**Van De Fliert, 1955 ; Guy, 1960, Vila, 1980; Durozoy, 1960**).

L'étude stratigraphique présentée ici est une synthèse de tous les travaux antérieurs, y compris ceux de l'auteur, et sur laquelle on peut lire les grands traits évolutifs de la région du Constantinois centrale en générale et la zone d'étude en particulier.

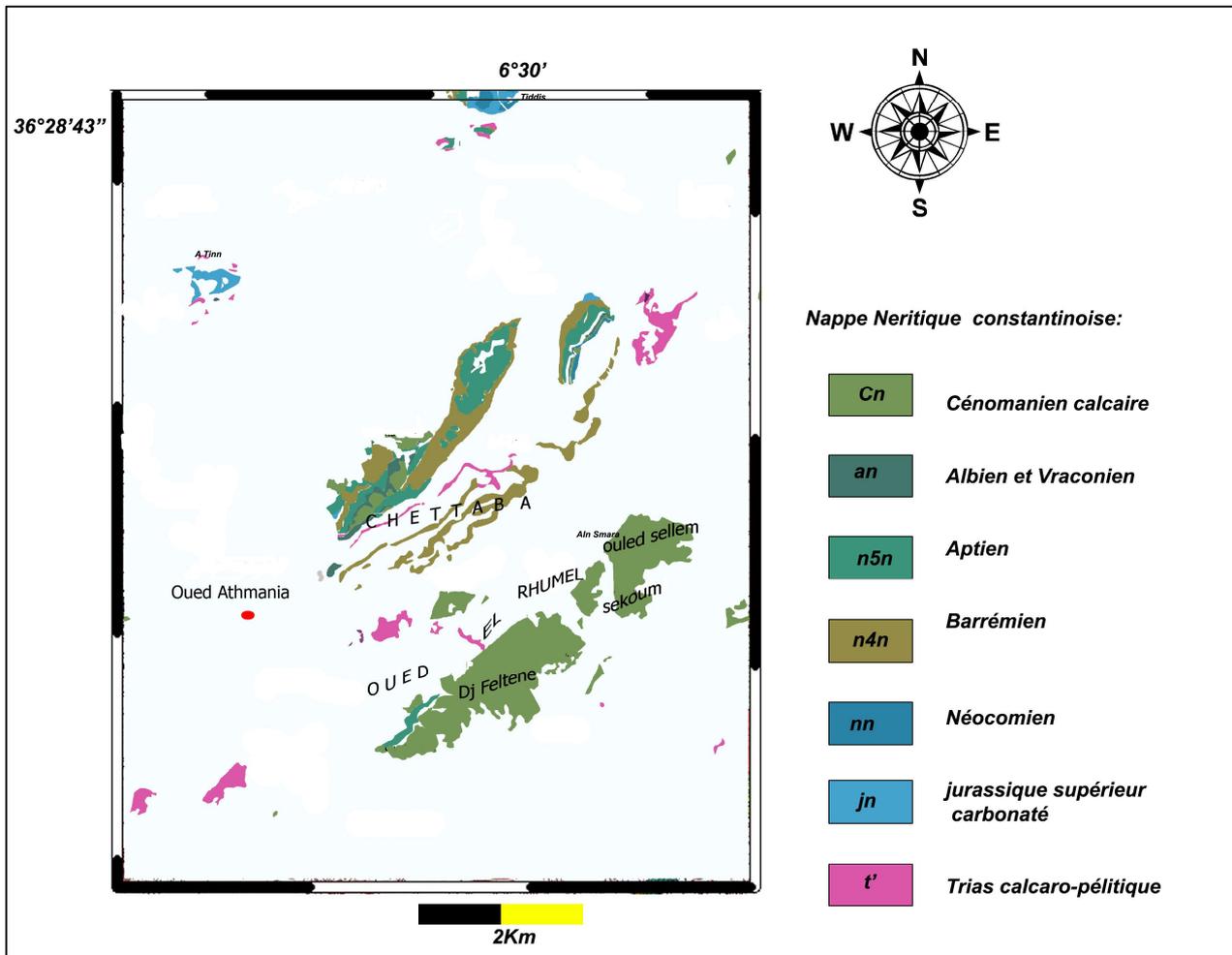
### **II.1.1 . La série du substratum (la Nappe Néritique constantinoise) :**

La Nappe Néritique Constantinoise correspond à l'essentiel des reliefs calcaires isolés. Selon **Vila (1980)**, La néotectonique aurait dispersé les affleurements des séries néritiques constantinoises en massif isolés de tailles variables. Cette nappe occupe une surface importante dans la zone d'étude.

Dans la zone concernée par cette étude, les affleurements les plus importants de la nappe néritique constantinoise correspondent aux : Dj Chaima, Dj Felten, Dj Meimel, Dj Toukouia en plus des formations présentes dans les massifs de : Dj Chettaba, Dj Grouz, Dj Akhal qui constituent d'un point de vue stratigraphique, un ensemble intermédiaire entre les formations carbonatées du domaine néritique, 'type Rocher de Constantine' et les formations marneuses Penitelliennes type djebel Akhal (**Lahondère J.C. ; Magne J. 1987**). En effet, pour J.C. Lahondère, les massifs calcaires de Dj Chettaba ainsi que leur couverture marneuse appartiennent à une même série stratigraphique, celle du domaine penitellien (**Guellal et al, 1977**). Pour J. M Vila, **1980**, les formations penitelliennes sont réduites au seul terme marneux de cette série et reposent par l'intermédiaire d'un contact anormal sur les calcaires du domaine néritique.

La série néritique puissante de près de 1000 m (**Vila, 1980**), ne comporte pas de terme plus récent que le Sénonien, elle est caractérisée par des formations carbonatées d'âge Mésozoïque reposant sur un Trias pélitique ou gréseux. Le Jurassique est dolomitique, le Crétacé inférieur (Néocomien à Albien) est constitué par une épaisse série de calcaires, et le Cénomaniens-Turonien et Sénonien supérieur sont transgressifs avec des biomicrites au sommet (Fig.2 .2).

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.2 : Carte des Affleurements de la nappe Néritique Constantinoise extraite de la carte géologique Constantine 1/200000<sup>ème</sup> (redessinée par l'auteur).**

Pour une meilleure compréhension de l'organisation structurale du terrain étudiée, nous avons procédé à un lever géologique au 1/50000<sup>ème</sup> de la région d'étude. L'analyse de la carte géologique de oued Athmania à l'échelle 1/50000<sup>ème</sup>, révèle les formations géologiques suivantes :

- **Les affleurements du Trias :**

A la différence des autres formations sédimentaires rencontrées dans le secteur d'étude, le Trias apparait toujours en position anormale, que ce soit en 'diapir francs' ou comme 'lubrifiant' le long des contacts anormaux. En effet, les formations triasiques présentent dans certaines parties de l'aire d'étude, de nombreux affleurements qui occupent parfois des surfaces importantes (lame étroite alignée du Trias sur 2 km dans le massif de Chettaba). Ces

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---

formations apparaissent injectées le long des contacts anormaux sous forme de lames entre les différentes unités (cf. Fig.2 .2). Souvent, le Trias affleure en position anormale au milieu des dépôts récents, un exemple est donné par le Dj Toukouia, où le Trias présente le long d'un nœud de failles surmonte des terrains récents ce qui traduit bien la présence d'une structure profonde. Les formations triasiques sont constituées par des formations évaporitiques, hétérogènes (marnes bariolées, gypse, débris de calcaires jaunes et blancs, blocs d'ophites, cargneules et quartz bipyramidés) (**Van de Fliert, 1955**).

Dans la région d'étude, les formations triasiques ont été signalées par Van De Fliert, 1955 sur la feuille de oued Athmania N°96 (1/50000<sup>ème</sup>) et par J.M.Vila, 1980 sur la feuille de Constantine (1/200000<sup>ème</sup>), elles correspondent aux terrains les plus anciens dans la zone d'étude.

Le travail de terrain que nous avons effectué dans la zone d'étude nous a permis de reconnaître deux types d'affleurements dans le Trias: un faciès de forme subcirculaire (de type diapir) affleurant à l'extrémité Nord-Est du massif de Chettaba (point coté 760m) et à Mazret Si Mahamar et un affleurement serpentant des contacts anormaux et s'alignant sensiblement selon une direction NE-SW à l'exemple de la bande triasique qui s'aligne plus ou moins sur la structure du dj Chettaba).

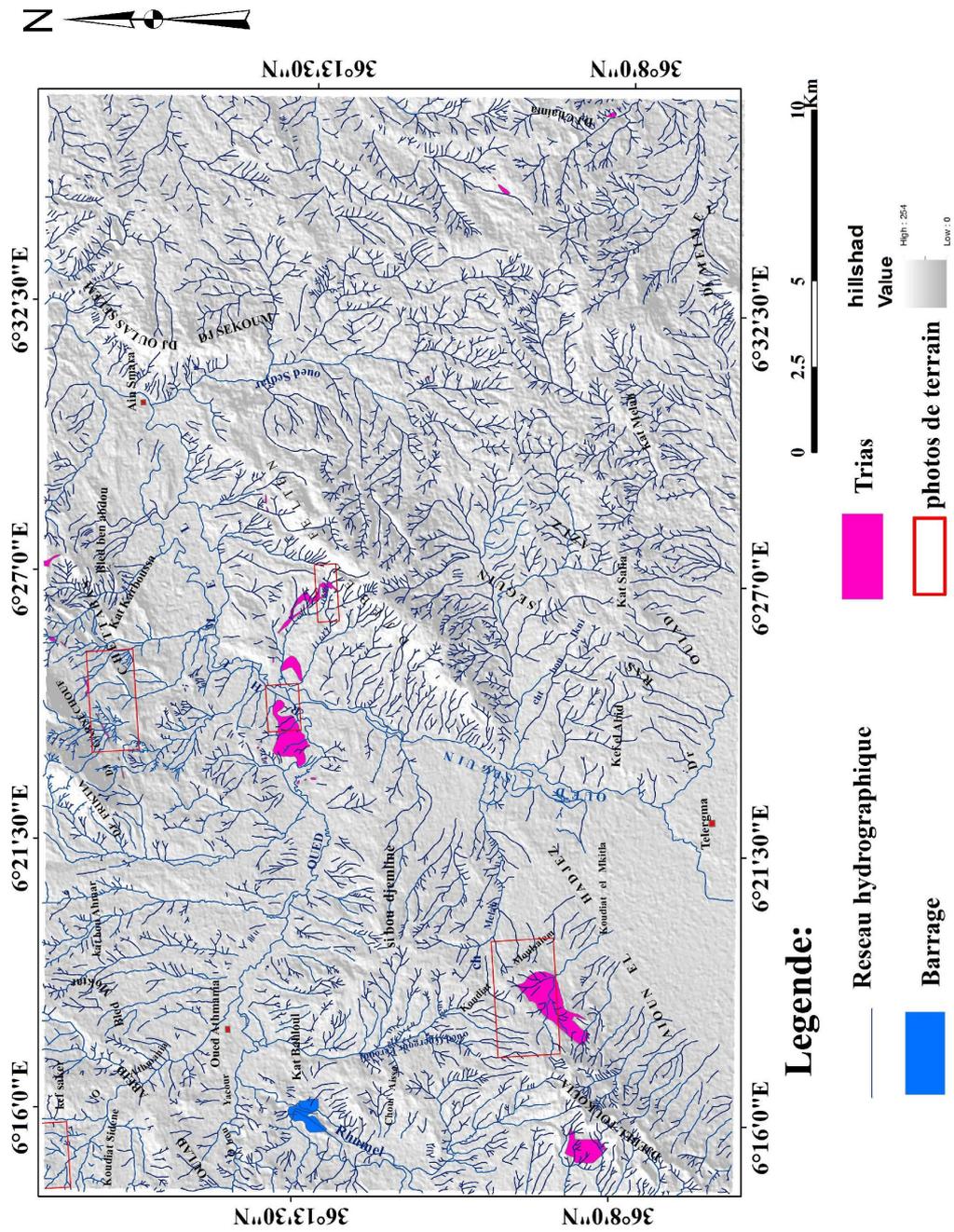
Les observations effectuées sur terrain (Photo.2.1) et l'analyse minutieuse des cartes et des photos aériennes de différentes échelles nous ont permis de constater que les formations triasiques sont soit, injectées le long des accidents bordières des massifs néritiques, soit disposées en lames à la base des unités allochtones, et dont les directions sont conformes aux croisements de plusieurs directions de failles, souvent orthogonales (E-W, N-S ; N30°E , N130E).

La répartition spatiale des affleurements triasiques présents dans notre terrain d'étude et visibles sur la feuille de oued Athmania N°96 au 1/50000<sup>ème</sup> de Van de Fliert, (1955), est d'Est en Ouest comme suit :

- Une bande étroite et alignée de direction NE-SW au niveau de Djebel Chettaba tout près de Douar Béni Aziz au Nord de Constantine, le Trias jalonne un contact anormal (entre les différentes unités).
- Un Trias nettement diapirique au niveau de la plâtrière d'el Djebass, à l'Est de Dj Karkara (N-E d'Oued Athmania, cf. Fig.2.2)
- Au Nord et au Nord Ouest des anciennes mines de Djebel Felten, du Ch<sup>t</sup> el Melah et M<sup>at</sup> Oulad Boukhadra et au Sud Est du Dj Felten. On note un petit affleurement de 2 km au Sud Ouest d'oued Sedjar.
- Au niveau de Djebel Toukouia et de M<sup>at</sup> Khalifa, le Trias apparaît au milieu des terrains récents ce qui reflète bien la néo-activité de ces terrains.
- Au Sud de Guettar- el- Aich, affleurent des affleurements plus importants et très riches en gypse.

La position des différents affleurements triasiques cités dans le texte est indiquée sur la carte (Fig.2 .3.).

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.3:** carte des affleurements Triasiques dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000eme ( modifiée par l'auteur).

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---



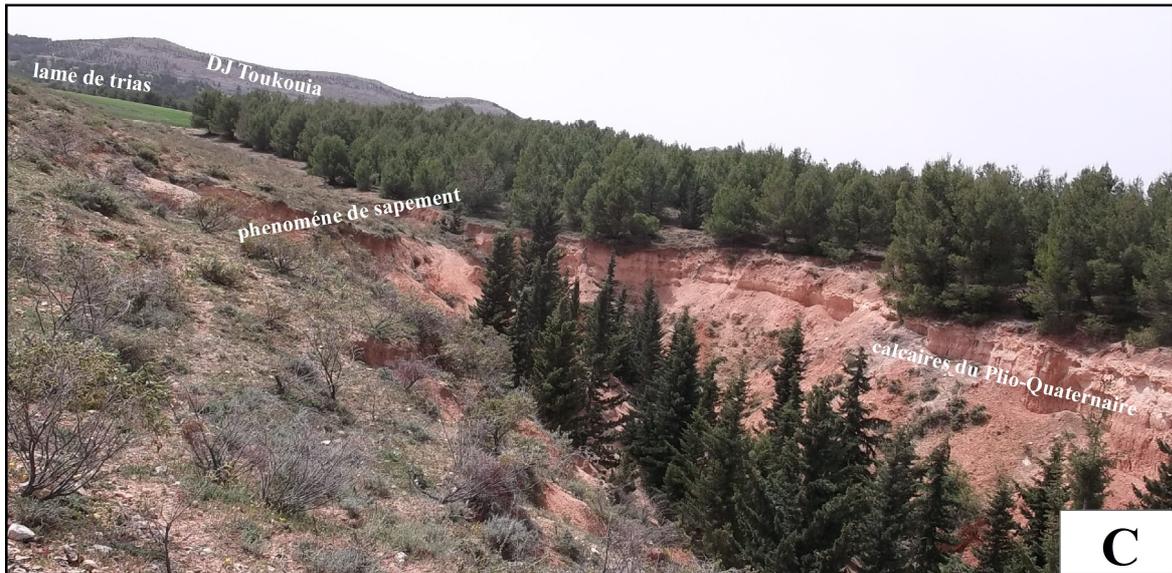
**A : Bande du trias au flanc SE de Goulia**



**B : Lame de trias passe au Sud d'el Goulia**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---



**C : Des traces de gypse au flanc Sud de Dj Toukouia.**



**D : Argiles à gypse le long de la RN 5 menant à Chelghoum el Aïd**

**Photo.2 .1 (A, B, C, D) : Affleurements des formations triasiques dans la région d'étude.**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

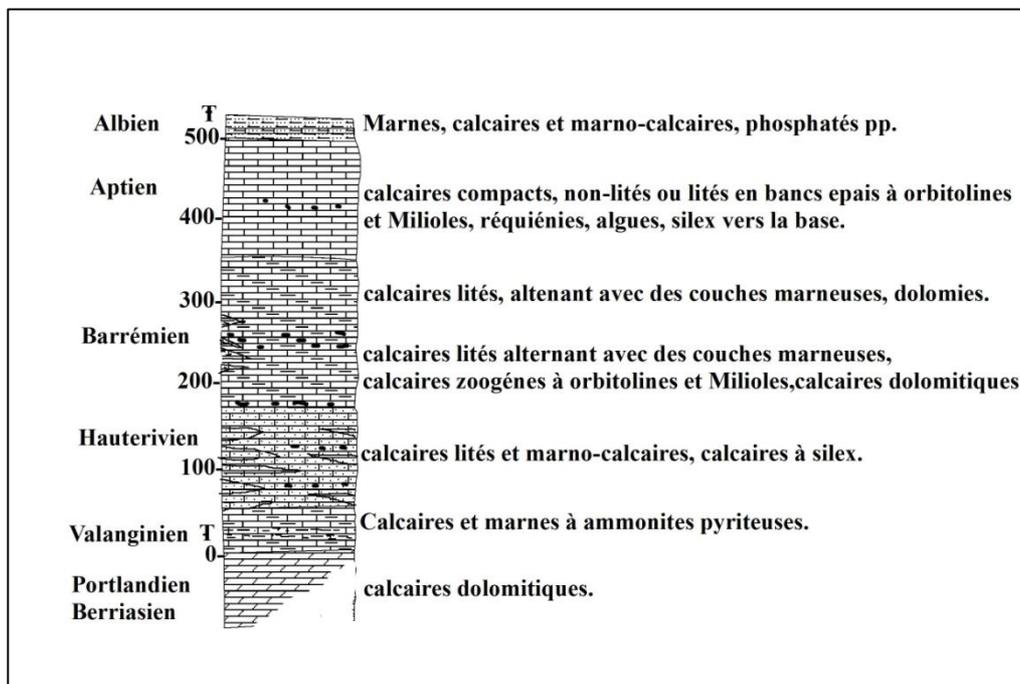
---

- **Les affleurements du Jurassique :**

Les formations jurassiques semblent être absentes sur la feuille d'oued Athmania, elles n'affleurent qu'à l'extrémité Sud Ouest du Dj Frikitia, au noyau de l'anticlinal de djebel Frikitia- Garne Chouf et sur l'abrupt du dj Karkara au Nord de la région d'étude (feuille de Constantine 1/200000). Le Jurassique présent dans la partie septentrionale du secteur d'étude est constitué par des calcaires dolomitiques en bancs métriques, pauvres en fossiles, d'âge Portlandien – Berriasien et d'une épaisseur de 75m affleurant sous des marnes et des calcaires Valanginiens (Fig.2.4). Cet affleurement de jurassique a été signalé en 1914 par Joleau (Page.439).

- **Les affleurements du Crétacé Inférieur et Moyen :**

Les affleurements du crétacé sont bien représentés dans la région d'étude, surtout les calcaires Cénomaniens (Crétacé moyen). La série est complète au niveau de dj Frikitia (Fig.2.4). La base est formée par un niveau principalement marneux fossilifère, à ammonites pyriteuses, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, superposée à des calcaires dolomitiques du Portlandien-Berriasien. Ce niveau est surmonté par une série de 450m de calcaire dolomitique et des dolomies sans fossiles. Les calcaires sont soit lités, en bancs peu épais ou non lités, ces calcaires montrent de nombreux passages latéraux entre eux. Une grande partie des calcaires est non fossilifères, surtout à la base de la série. On trouve fréquemment des calcaire zoogènes à orbitolines et Miliolites alors que les calcaires phytogènes à algues se localisent vers le sommet. Des nodules et des formations irrégulières de silex noir et gris abondent dans les niveaux inférieurs (Van de Fliert, 1955).



**Fig.2 .4: Colonne stratigraphique schématique du crétacé inf au Dj Frikitia (Van de Fliert, 1955) (Log redessinée pour une meilleure visualisation.).**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---

**Les formations Valanginiennes :** Les dépôts Valanginiens correspondent à une alternance de calcaires et de couches marneuses à Ammonites pyriteuses, visibles à l'extrémité Sud Ouest du Dj Frikitia sur 1Km de longueur et au Sud Est du même djebel. On note un petit affleurement moins important que le premier au niveau de M<sup>tat</sup> A° el Kiana, il est représenté par des calcaires à grains très fin, de couleur bleue, gris bleu, gris brun ou rougeâtre en bancs d'une épaisseur de 15 à 50cm (**Van de Fliert, 1955**).

**Les formations de l'Hauterivien :** Les assises de l'Hauterivien se trouvent comme le Valanginien à deux endroits : en position normale dans le horst centrale à l'extrémité Sud Ouest de dj Frikitia et en position renversée au SSE du même djebel (Van De Fliert, 1955). Les dépôts correspondent à une alternance monotone de calcaires et de couches plus marneuses. Les calcaires se présentent en bancs à grain très fin, d'épaisseur variable de 30cm à 1m, parfois à taches ou point ferrugineux et à nodules de silex vers le sommet. Les marnes sont moins épaisses que les calcaires. Ces couches sont masquées par une couverture mince d'éboulis au niveau de la série normale et des alluvions du Quaternaire au niveau de la série renversée (**Van de Fliert, 1955**).

**Les formations du Barrémien :** Le Barrémien n'affleure dans la région qu'à l'extrémité Sud Ouest du Dj Frikitia, en superposition normale et concordante sur des dépôts attribués à l'Hauterivien et dans la série renversée de Guebar el Azri au Sud Sud Ouest du Dj Frikitia: (J.R Van De Fliert, 1955). Du point de vue lithologique, le Barrémien est composé par quelques mètres d'intercalations de bancs de calcaire à orbitolines et surtout par de marnes surmontés par des calcaires lités à grain fin, de couleur grise ou gris bleu, montrant parfois des teintes brunâtres. Des couches marneuses moins épaisses de couleur grisâtre ou bleuâtre y sont interstratifiées. Les calcaires lités présentent un changement de facies par passage latérale à des calcaires zoogènes gris à orbitolines et milioles (**Van de Fliert, 1955**).

**Les formations de l'Aptien :** Les dépôts Aptiens sont constitués par des calcaires lités ou non, en bancs épais, compacts, à grain fin microbréchoïdes ou cristallins, contenant parfois des silex, de couleur gris clair à gris foncé, ces formations apparaissent (**Van de Fliert, 1955**) :

- Sur l'anticlinal du Dj Frikitia au niveau de M<sup>tat</sup> Bou Taouil et M<sup>tat</sup> Karbet Sebrria au Nord de ch<sup>t</sup> Settha avec un pendage moyen à fort vers le SE en général.
- Sur le flanc Nord du massif de Dj Felten, tous près de Aine Ed Diba et sur la rive droite d'oued Seguin.
- Dans le massif du Dj Meimel.

**Les formations de l'Albien :** Les affleurements albiens sont représentés à Dj Frikitia-Garne Chouf (flanc Sud de dj Zouaoui où la série est plus complète) photoN°2.2, Dj Felten, Dj Meimel.

D'après **Joleaud** en 1912 l'Albien comprend de haut en bas les formations géologiques suivantes :

- Des calcaires lités noirs alternant avec des marnes (50m) ;

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---

- Marnes noires très fossiles (30m) ;
- Calcaires grumeleux fossilifères jaunâtres, ferrugineux, glauconieux, phosphatés (10m).



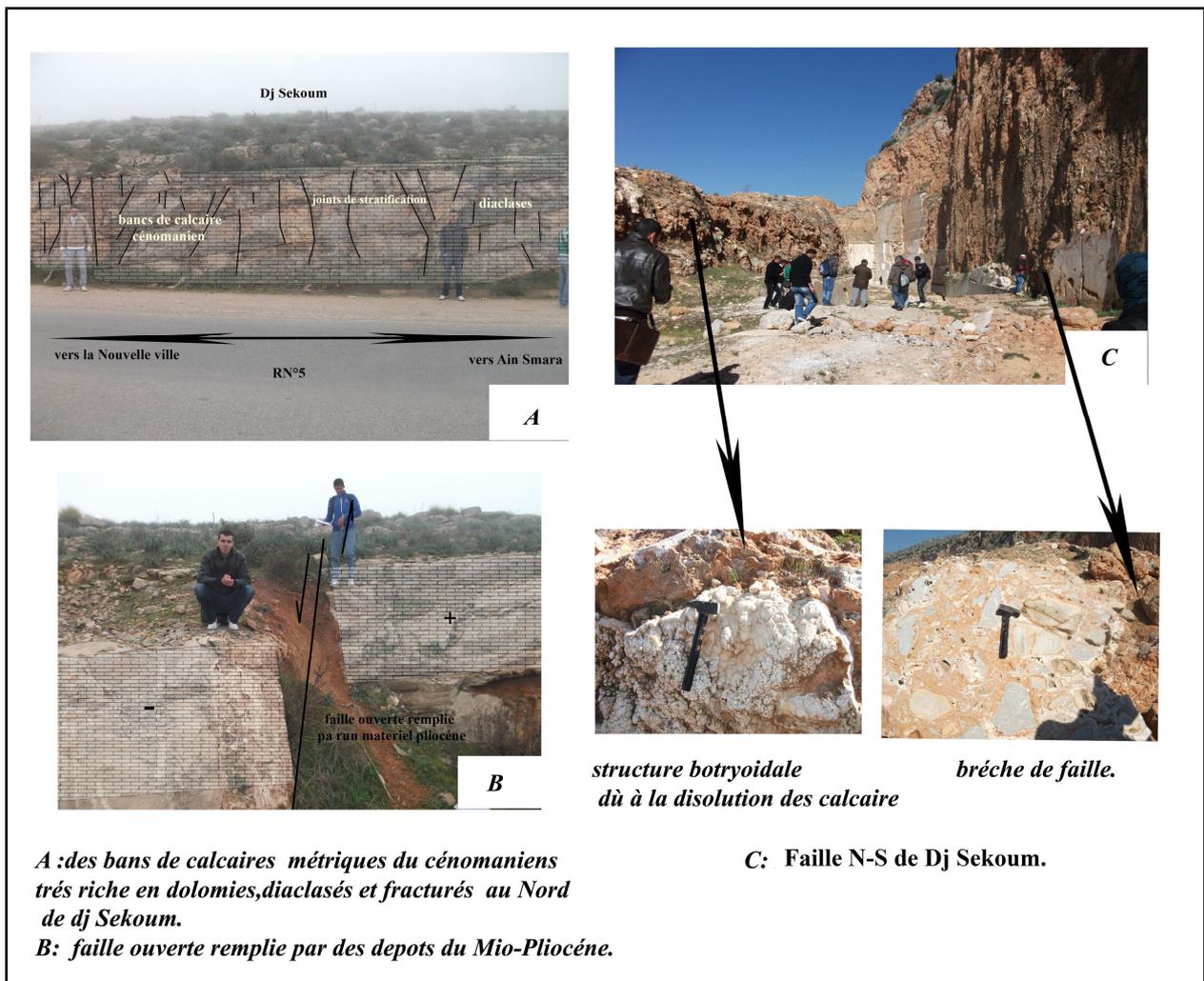
**Photos N°2.2 : Calcaires Albiens très fracturé à la terminaison periclinale Nord de dj Zouaoui.**

**Les formations Cénomaniennes :** Les dépôts Cénomaniens occupent une surface importante dans la région d'étude, ils se composent principalement des calcaires compacts, lités en bancs épais, à grain fin et microbréchoides, des calcaires zoogènes à orbitolines et surtout à miliolites, de couleur gris clair alternant avec des couches marneuses (Fig.2.5). On relève ces dépôts du Cénomaniens dans les massifs suivants (**Van de Fliert, 1955**) :

- Des bancs décimétriques à métriques de calcaire Cénomaniens, très fracturés sur la route qui mène vers Ain Smara (photo n°2.3). Tout le flanc de dj Sekoum est constitué par des calcaires cénomaniens fracturés.
- Sur l'ensemble de dj Felten- Sidi Raman-Ouled Selem-Sekoum et au dj Mhiris et sur le petit massif près d'A<sup>e</sup> el Mebdoua (Douar Ouled Arama).

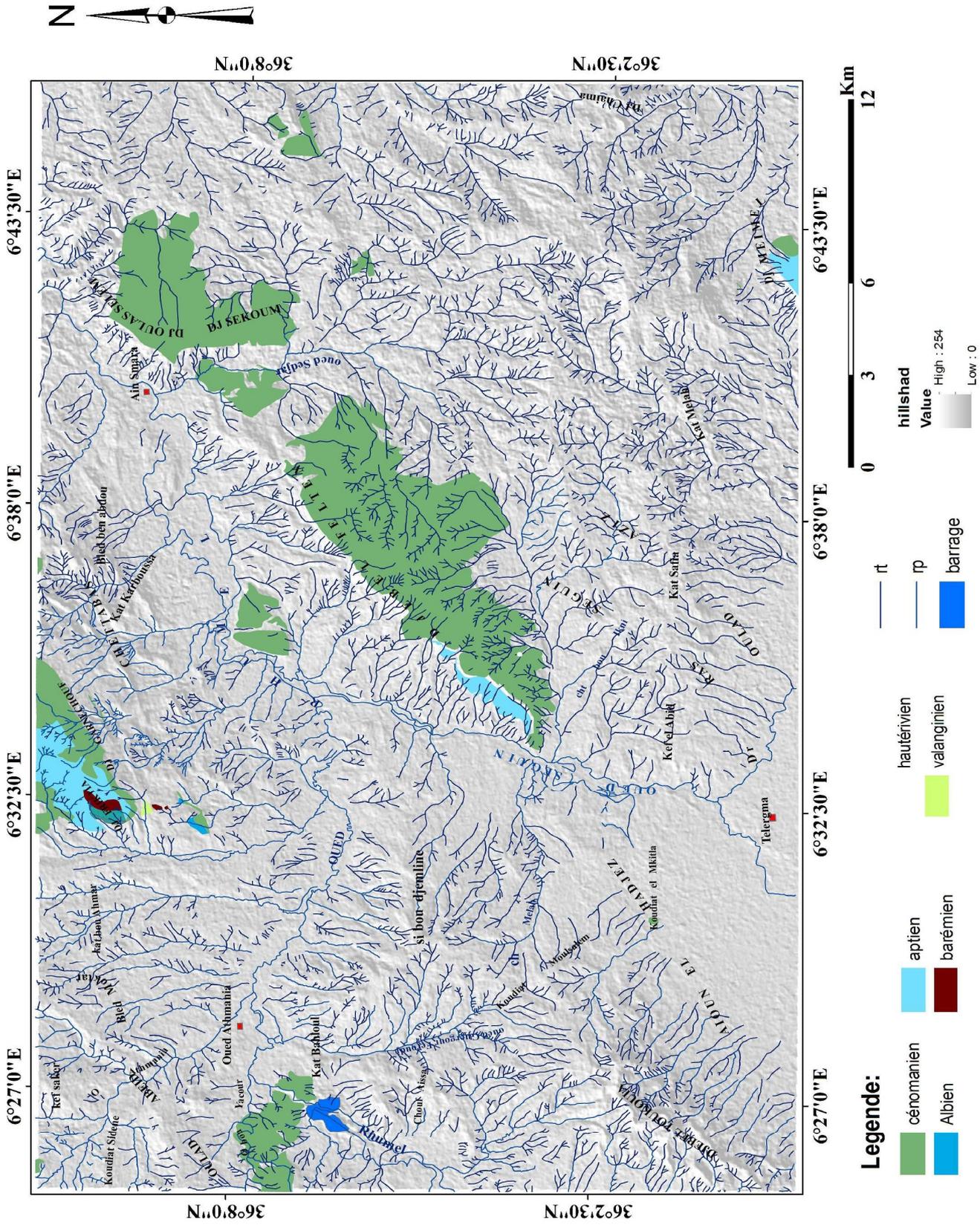
**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

- Un petit affleurement du Cénomaniens est visible dans la même direction de dj Felten au niveau de koudiat Mkitla.
- Un petit affleurement à l'extrémité Nord Ouest de la région, dans le Miocène s'étendant à l'Ouest de Kef es Saker.
- Au niveau de Dj : Meimel, Grouz et koudiat Tegmert au NE de la région.
- Au dj Garnechouf et à ouled Rahmou (Nord dj Frikitia) qui se composent presque entièrement de calcaires cénomaniens, dans la région de Chettaba (klippe de A° Goulia (NE) et la serie renversée de Guebar el Azeri (W)) ou apparaissent de petits affleurements cénomaniens.



**Photo N°2.3 : Les formations cénomaniennes dans la région d'étude**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.5. carte des affleurements du crétacé inf dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000ème ( modifiée par l'auteur).**

### **II .1.2 . La série allochtone (les nappes telliennes) :**

Les nappes telliennes dans la région d'étude correspondent à la couverture allochtone de la série Néritique. La superposition des différentes nappes telliennes présentes dans la région d'étude est comme suit :

#### **II .1.2 . 1. Les formations de la nappe péni-tellienne :**

La nappe péni-tellienne occupe une surface importante de la zone d'étude, elle est caractérisée par des formations calcaires et marneuses d'âge allant du Lias au sénonien supérieur. La série la plus complète est observable dans la dépression du Chettaba (Fig.2.6).

**Emschérien :** L'ensemble des dépôts Emschériens (crétacé inf) est représenté dans la région par une série complexe de calcaires, marno-calcaires, marnes, marnes schisteuses et schistes argileuses. Des changements spectaculaires de facies par passage latéral brusque de calcaire à marnes et marno-calcaire sont particulièrement visibles au niveau du dj Friktia-Garnechouf et du synclinal du Chettaba (**Van de Fliert, 1955**).

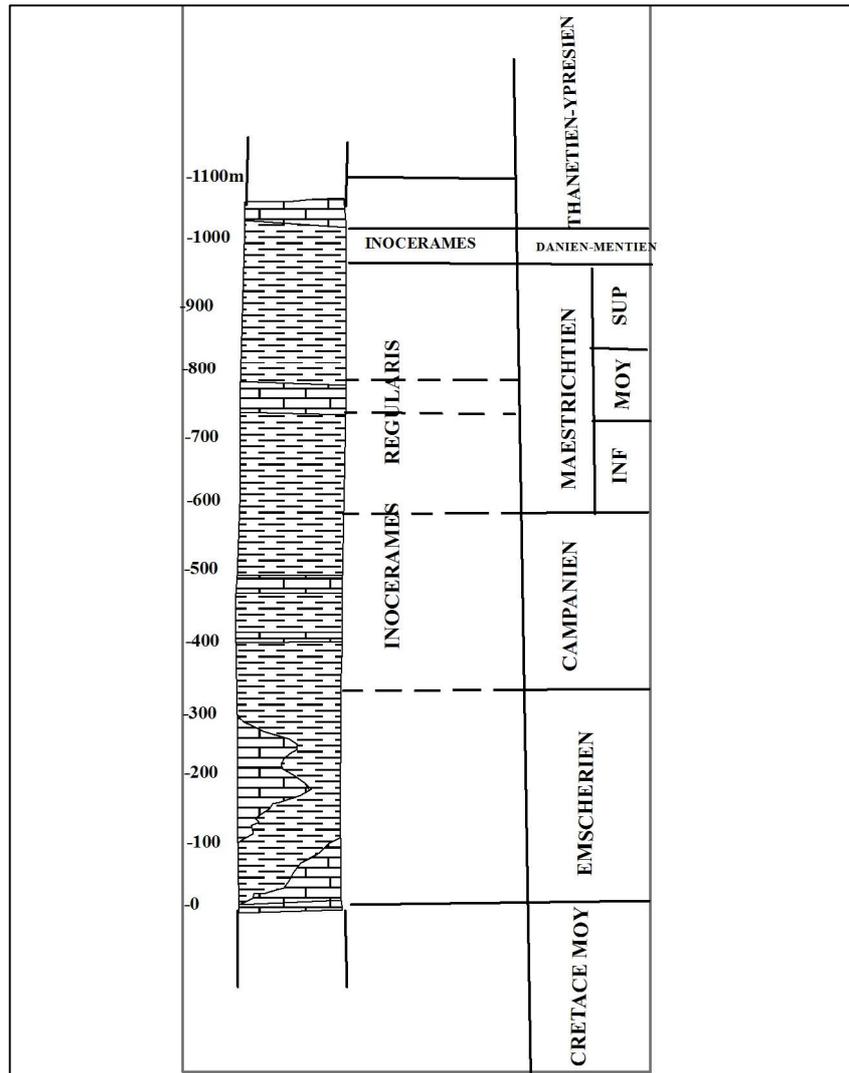
**Campanien :** Les dépôts campaniens sont constitués par une série de marnes plus ou moins schisteuses à intercalation de bancs de marno-calcaires de couleur bleu gris. Deux niveaux de calcaires et de calcaires marneux à inocérâmes interrompent ces niveaux. Sur le flanc Nord du grand synclinal du Chettaba et dans l'anticlinal du Dj Chaima (extrême Est de la feuille), ces calcaires ont une épaisseur de 15 à 25m et sont séparés par 60 m de marnes schisteuses et de marno-calcaire (**Van de Fliert, 1955**).

**Maastrichtien :** Les affleurements du Maëstrichtien sont bien développés dans le Nord Est de la région. Ils sont composés par une série de marnes et de marnes schisteuses bleu noir ou bleu gris de 150m d'épaisseur, dans laquelle s'intercalent des bancs de marno-calcaires ou de calcaires marneux surmontés par des calcaires à inocérâmes, d'épaisseur moyenne de 50cm. Il se présente en plusieurs affleurements (**Van de Fliert, 1955**) .

- Dans la dépression du Chettaba, entre Friktia- Garnechouf et Felten- Selem.
- Au Sud du Dj Felten- Selem – Tegmert
- Au Dj Chaima.

La position des différents affleurements du Crétacé Supérieur cités dans le texte est indiquée sur la carte (Fig.2 .7.).

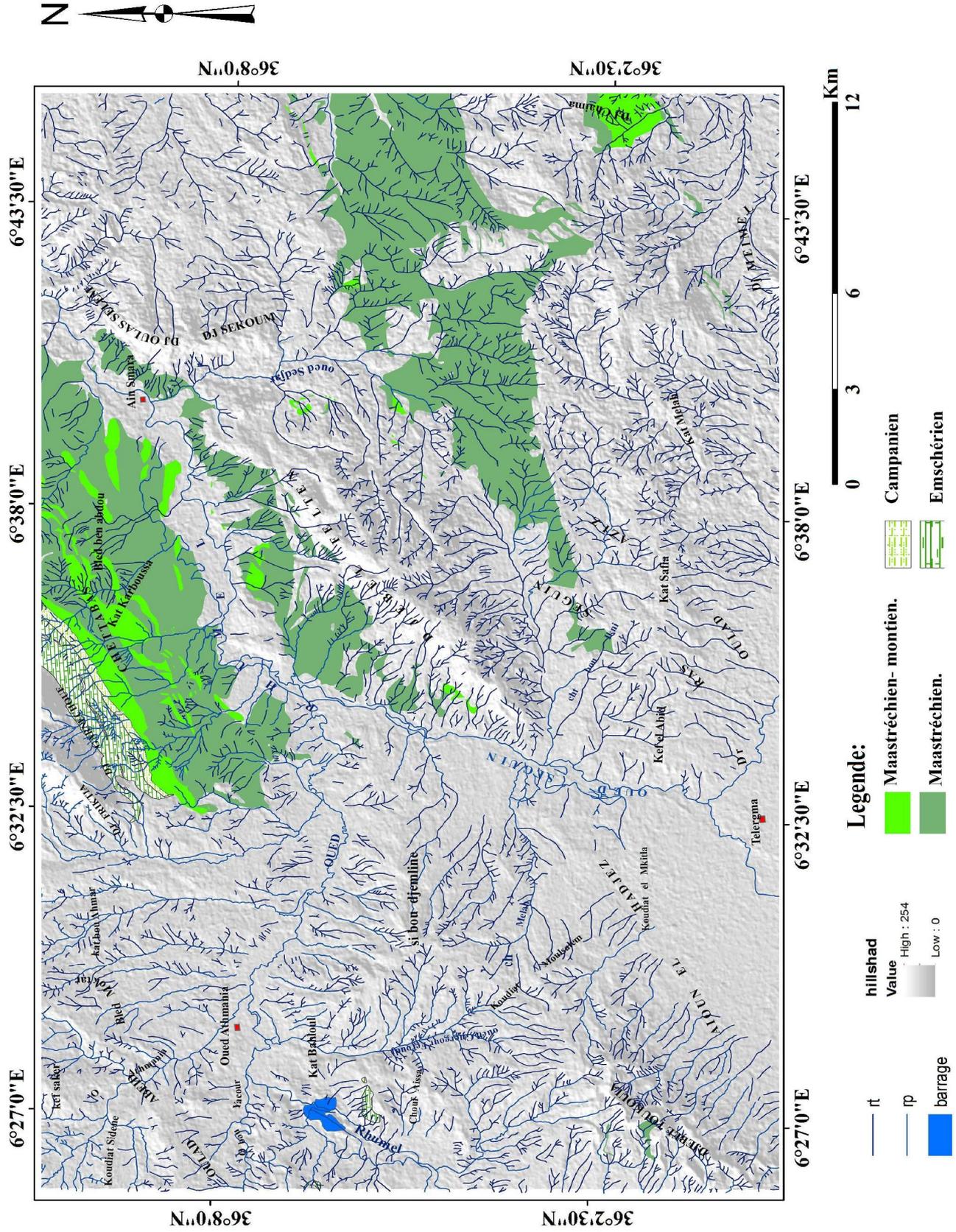
**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.6 : Colonne stratigraphique schématique du Sénonien, dans la dépression du Chettaba d’après Van de Fliert, 1955.**

**(Log retravaillé pour une meilleure visualisation).**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.8. carte des affleurements du Crétacé sup dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000ème ( modifiée par l'auteur).**

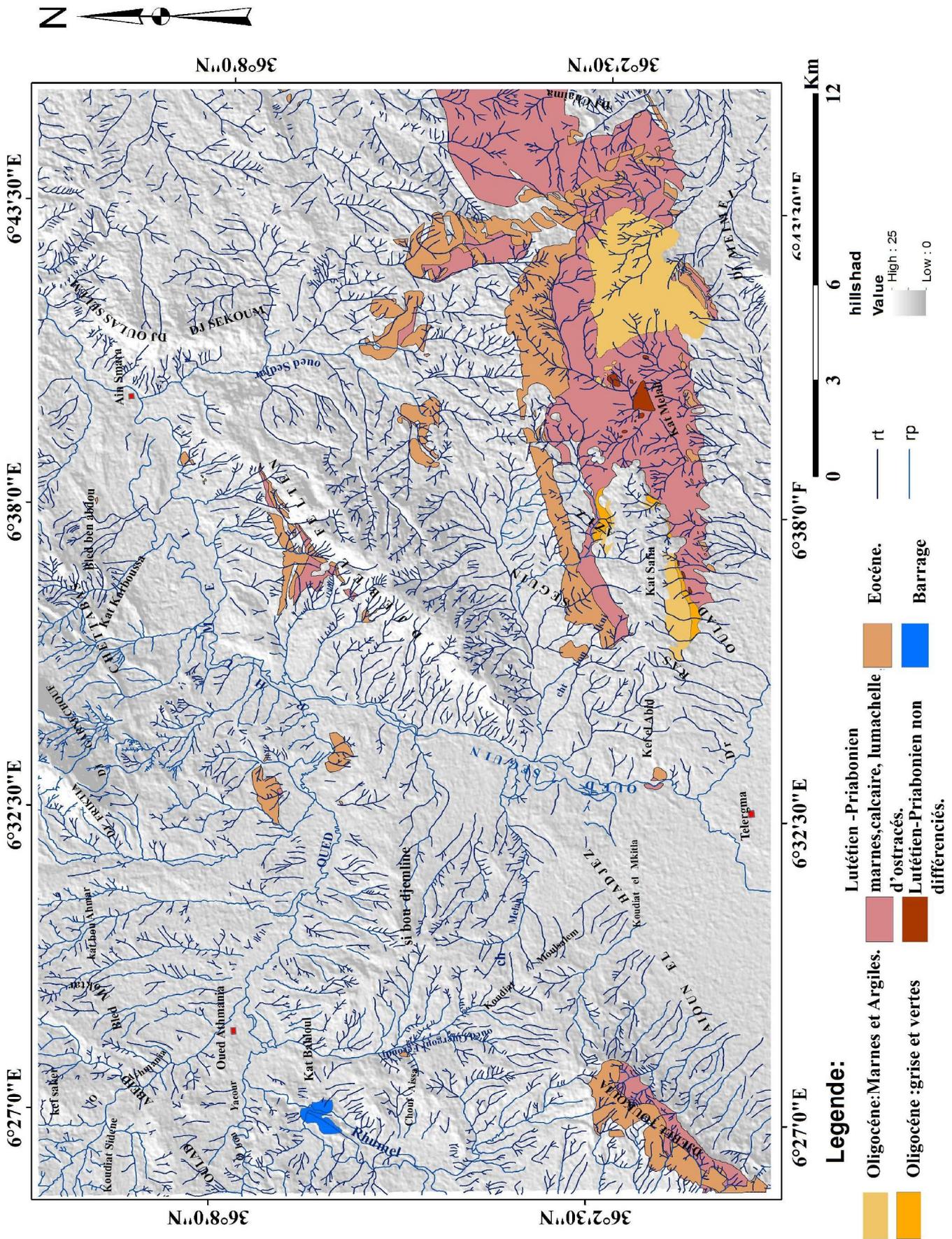
### **II .1.2 . 2. Formations de la Nappe Tellienne Sensu stricto :**

Elle est Localisée principalement au Nord et au Sud-Ouest de la région d'étude, elle est caractérisée par des séries à dominante marneuse et calcaire allant du sénonien à Lutétien (Fig.2.8).

#### **Eocène inferieur- Lutétien inférieur :**

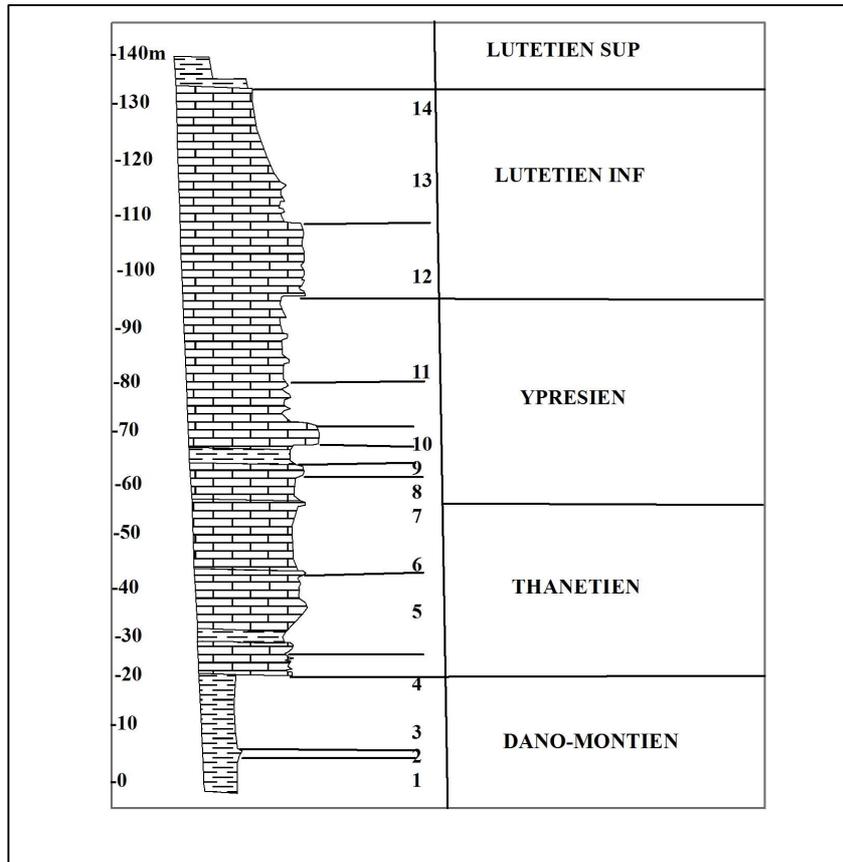
L'Eocène inferieur est très bien connu en Algérie. D'après les travaux de **Flandrin(1948)** in.**Van de.Fliert(1955)**, il est représenté dans la région par des affleurements de grande importance du point de vue tectonique et stratigraphique. Il est constitué principalement par une intercalation des calcaires et des dépôts marneux ou marno-calcaires du Dano-Montien et du Lutétien sup à la base et des calcaires en plaquettes, marno-Calcaire ou marnes dures au sommet qui sont séparées par des niveaux de calcaire à silex avec des changements latéraux de facies (tantôt marneux tantôt calcaires). La série est plus complète à l'Ouest du douar Fayet au Nord du Dj Felten (Fig.2.9). Les formations de L'Eocène inferieur- Lutétien inférieur sont observables au Nord du Dj Felten, au SW du village d'Ain Smara, au Dj Toukouia, sur le flanc Nord du synclinal du Dr oulad Aaziz –Dj Medelsou, au Nord du Dj Meimel, à l'Est du Tegmert.

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.9. carte des affleurements du Crétacé sup( ensemble tellien s.s) extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000ème ( modifiée par l'auteur).**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.9 : Colonne stratigraphique schématique de l’Eocène inf- Lutétien inf, (Fliert1955).**

**Lutétien supérieur :**

Les dépôts attribués au Lutétien supérieur dans la région d’étude affleurent principalement dans la partie méridionale de la feuille et au Nord de Dj Felten. Ces affleurements sont les suivants :

1. Au Nord du Dj Felten : dans l’axe du synclinal de Bled Ben Djeloul et sur le flanc Nord de son prolongement occidental sur le revers Sud du K<sup>at</sup> Redreouet.
2. Au centre et sur les revers de Dj Toukouia
3. A l’ouest de kef el Abeid, entre oued Seguin et Téléghma

Les dépôts lutétiens se composent d’une série d’argiles plus ou moins marneuses, d’épaisseur de l’ordre de 350m dans lesquels s’intercalent deux niveaux lenticulaires à éléments calcaires de couleur brun jaune. Les dépôts argilo-marneux sont plus ou moins séléniteux et contiennent du gypse sous forme de minces croutes blanches.

### **II .1.3 . La Nappe du flysch Numidien (Priabonien –Oligocène) :**

L'ensemble Numidien comporte à la base des marnes et des argiles tendres de couleur habituellement verdâtre, parfois bleuâtre ou rougeâtre et des grés siliceux parfois quartziteux dans la partie supérieure. Vers la base de la série marno-argileuse s'intercalent des éléments de calcaires. Les dépôts du flysch Numidien n'affleurent que dans la partie méridionale de la zone d'étude, ils affleurent dans la cuvette synclinale du Douar oulad Aziz- Dj Medelsou et au douar ouled Belaguel.

### **II .1.4 Les formations Post-Nappes:**

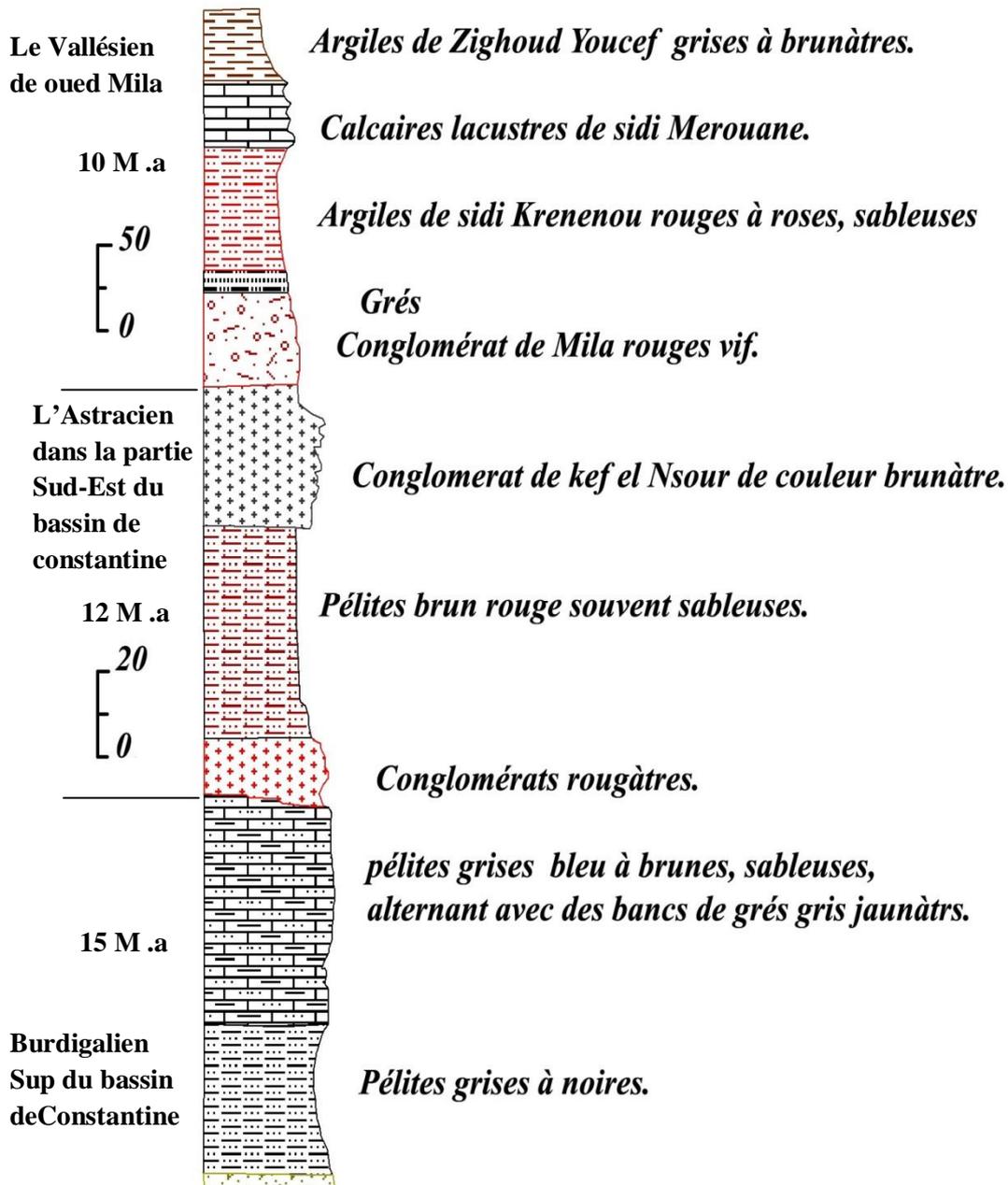
Ce sont les dépôts du Néogène et Quaternaire déposés après la mise en place des nappes de charriages au Burdigalien moyen et supérieur suivant une direction E-W. Le remplissage du bassin de Mila débute localement par des formations marines d'âge Burdigalien terminal et passent vers le haut à des formations continentales et lacustres Miocène et Plio-Quaternaire. (Vila, 1980 et Coiffait, 1992).

La description détaillée des dépôts Néogènes faite par Coiffait en 1992 (Fig.2.10), montre de bas en haut, la présence des formations suivantes :

1. Des pélites grises à noires, reposant sur différents termes des nappes sous jacentes.
2. Des pélites sableuses grises bleu à brunes, alternant avec des bancs de grés calcaireux gris jaunâtre, friables, et des pélites parfois riches en glauconie renferment de nombreux petits cristaux de gypse fibreux.
3. Des conglomérats rougeâtres souvent grossiers, dont les bancs sont séparés par des interlits d'argiles rouges souvent sableuses ou à galets. Ces conglomérats sont observables au nord du massif du Chettaba entre Rhouffak et Saleh bey.
4. Des pélites bruns rouges souvent sableuses, contenant fréquemment des galets centimétriques à décimétriques, ces pélites contiennent du gypse fibreux au niveau des diaclases.
5. Des conglomérats brunâtres, formés d'éléments centimétriques à décimétriques et grés souvent grossiers.
6. Des conglomérats rouges vifs, à blocs parfois encroutés, noyés dans une matrice argilo-sableuse.
7. Des grés à nombreuses stratifications entrecroisées qui peuvent présenter aussi un litage parallèle à la stratification.
8. Des argiles rouges à roses sableuses dans lesquelles s'intercalent surtout dans la partie inférieure d'assez nombreuses lentilles de grés.
9. Des calcaires lacustres de teinte rose alternant avec des niveaux d'argiles rougeâtres contenant des concrétions carbonatées.

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

10. Des pélites grises à brunes parfois noires souvent gypseuses. Certains niveaux sont très sableux.



**Fig.2.10 :** Colonne lithostratigraphique des dépôts Néogènes du bassin de Mila

(Coiffait, 1992), (retravaillée pour une meilleure visualisation).

**II .1.4 .1.Les formations du Mio-Pliocène continental :**

Le domaine constantinois regroupe essentiellement des terrains néogènes à facies allant de dépôts continentaux à des dépôts lacustres ou fluviaux (Fig.2.11) Ces formations occupent de larges surfaces dans la région d'étude, correspondantes à peu près à la moitié de la feuille d'oued el Athmania n°96.

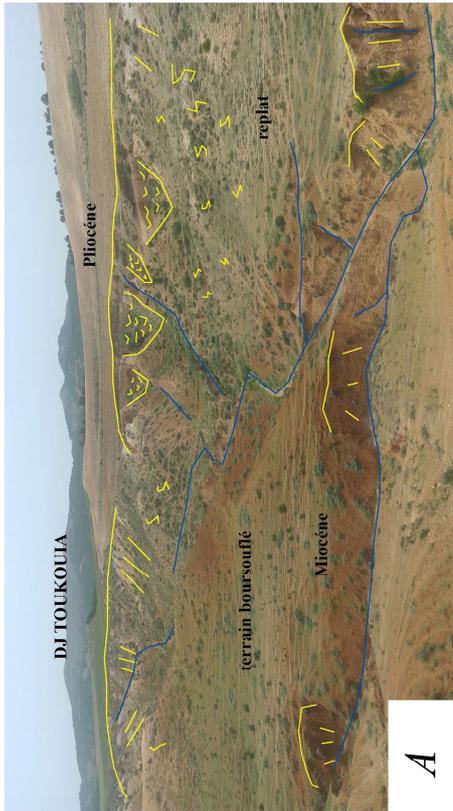
#### **II .1.4 .1.1.Les formations du Mio-Pliocène continental. Les formations du Miocène :**

Une très puissante série de conglomérats et de grès calcaires jaunâtres et parfois des marnes plus au moins gréseuses, brunâtre, constituent les formations du Miocène supérieur et moyen dans la région. Elles sont particulièrement développées sur les revers Nord et Sud-Est de dj Toukouia (photo2.4) où les terrains Miocènes recouvrent en discordance les terrains les plus anciens. Plus au Nord de dj Toukouia, à Si Bou Djemline et Kef seker , K<sup>at</sup> Sidene et K<sup>at</sup> Guameh dans la région de ouled Abeid, le Miocène se compose d'une série de marnes gris noir à intercalations d'éléments calcaires, surtout localisées vers le sommet, ces derniers peuvent passer latéralement à des calcaires travertineux brunâtres et à des marnes et brèches rougeâtres au Nord du contrefort oriental du dj Grouz .

#### **II .1.4 .1.2. Les formations du Pliocène- Villafranchien :**

Les dépôts du Pliocène – villafranchien occupent une surface importante dans la région d'étude, Ils sont principalement lacustres, formés généralement à une certaine distance des lignes de rivage, ils se subdivisent en quatre niveaux selon leur caractère lithologique:

1. Un niveau inférieur rouge, principalement marneux localisé au nord du rocher d'oued Athmania, dans la série de Dra Tamedlet, à l'ouest de Bir Hachem
2. Un niveau moyen blanc de calcaire localisé essentiellement dans la région du Tegmert – Selem, au Nord de dj Toukouia.
3. Un niveau de conglomérats, grès et sables jaunes du villafranchien.
4. Un niveau rougeâtre de marnes.



**A**



**B**

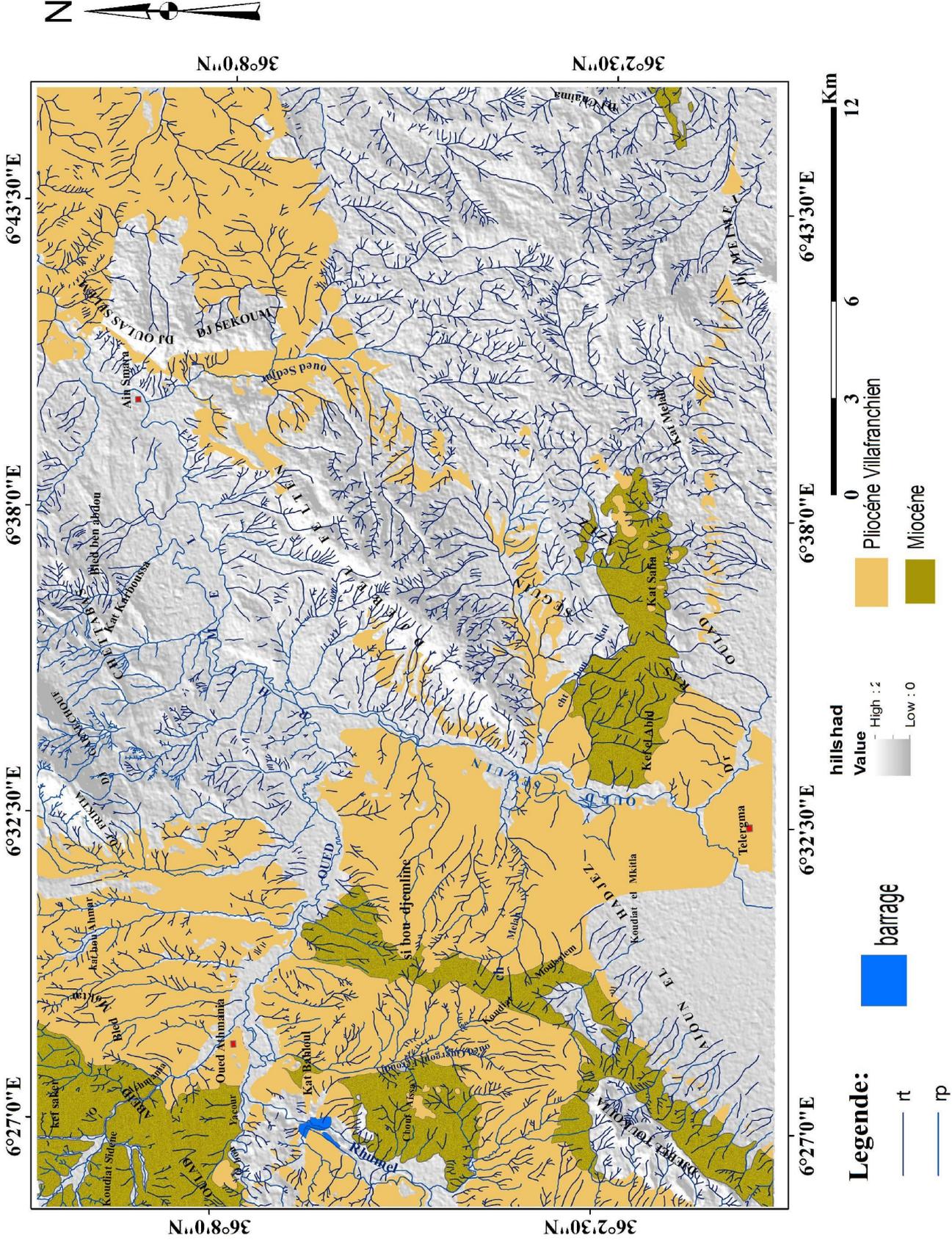


**C**

**A: instabilités dans le terrain Mio-Pliocène au NEde Djebel Toukouia .**  
**B: Remblais Mio-Pliocène sur la rive droite de la RN°5.**  
**C: deblai Mio-Pliocène du tracé de A1 qui mene vers chalghoum el Aid.**

**Photo N24: Terrain Mio -Pliocène dans la région d'étude (collection personnelle)**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.11. Carte des affleurements Néogènes dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 ( modifiée par l'auteur).**

### **II .1.4 .2. Les formations Quaternaires :**

Les dépôts Quaternaires sont largement représentés dans la région. Ils sont constitués d'alluvions actuelles et récentes, des éboulis et formations de pente, des alluvions anciennes de terrasses et croues calcaires, des conglomérats, graviers, sables et limons.

1. Les éboulis sont surtout déposés aux bordures des massifs calcaires, constitués généralement par une accumulation de fragments rocheux déplacés par gravité. Ils sont bien représentés au niveau de : Dj Friktia – Garne Chouf, Dj Felten, Dj Meimel, Dj Toukouia. Photos N°2.4.

2. Les alluvions récentes et actuelles des fonds de vallée et de cônes de déjection correspondent à des limons, des graviers et des galets roulés déposés essentiellement au fonds de la vallée d'oued Rhumel et ses principaux affluents (oued Bou Yacour, Oued Athmania, Oued Sedjar, Oued Seguin.) Photos N°2.5.

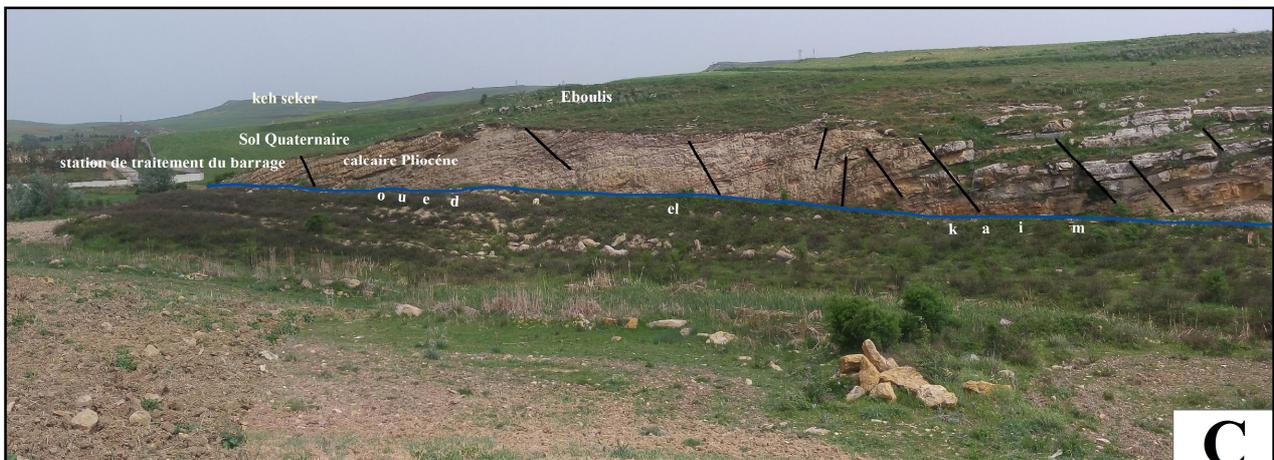
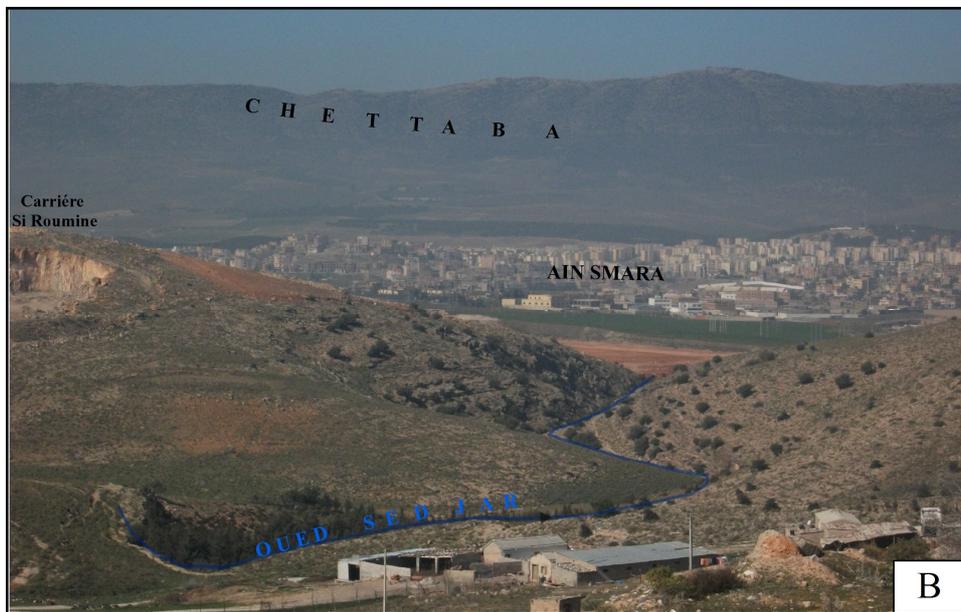
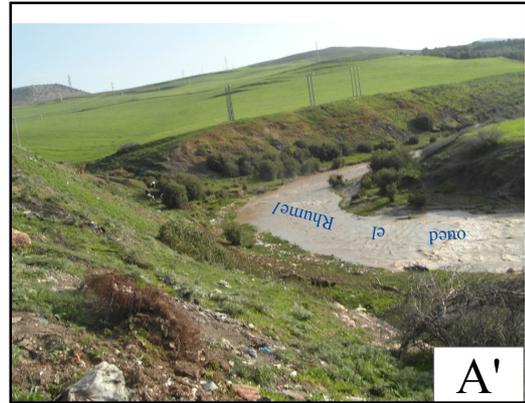
3. Les terrasses alluviales anciennes et récentes sont constitués principalement par des blocs de calcaires gréseux plus au moins roulés et enrobés dans une matrice limoneuse de couleur rougeâtre à brunâtre, provenant du démantèlement des formations anciennes. Ces dépôts s'observent essentiellement sur les rives d'oued Rhumel, ils forment des terrasses qui s'étendent sur plusieurs centaines de mètres (ferme de Delorme, le long d'oued Rhumel).

4. Les alluvions caillouteuses des plateaux sont déposées dans les parties bases de la région avant que celles-ci aient été ravinées par l'érosion, elles sont constituées d'éléments grossiers cimentées par une croue de calcaire blanchâtre ou rougeâtre, on note la présence de ces formations aux bordures des vallées (oued Rhumel) et des massifs (dj Chettaba, dj Medelsou, dj Felten).

Les dépôts du quaternaire sont constitués essentiellement par l'accumulation de galets et de blocs de taille variable, noyés dans une masse argileuse sans aucune stratification visible. Ces dépôts correspondent à des déplacements en masse sous forme de coulées boueuses et leurs surface est le siège de nombreux glissements de terrain (P.E Coiffait, 1992). Selon cet auteur, la plus importante de ces coulées est celle sur laquelle est construite la ville de Mila.

La position des différents affleurements Quaternaires cités dans le texte est indiquée sur la carte (Fig.2 .12.).

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---



**A, A' : Oued El Rhumel au niveau de Constantine et Ain Smara.**

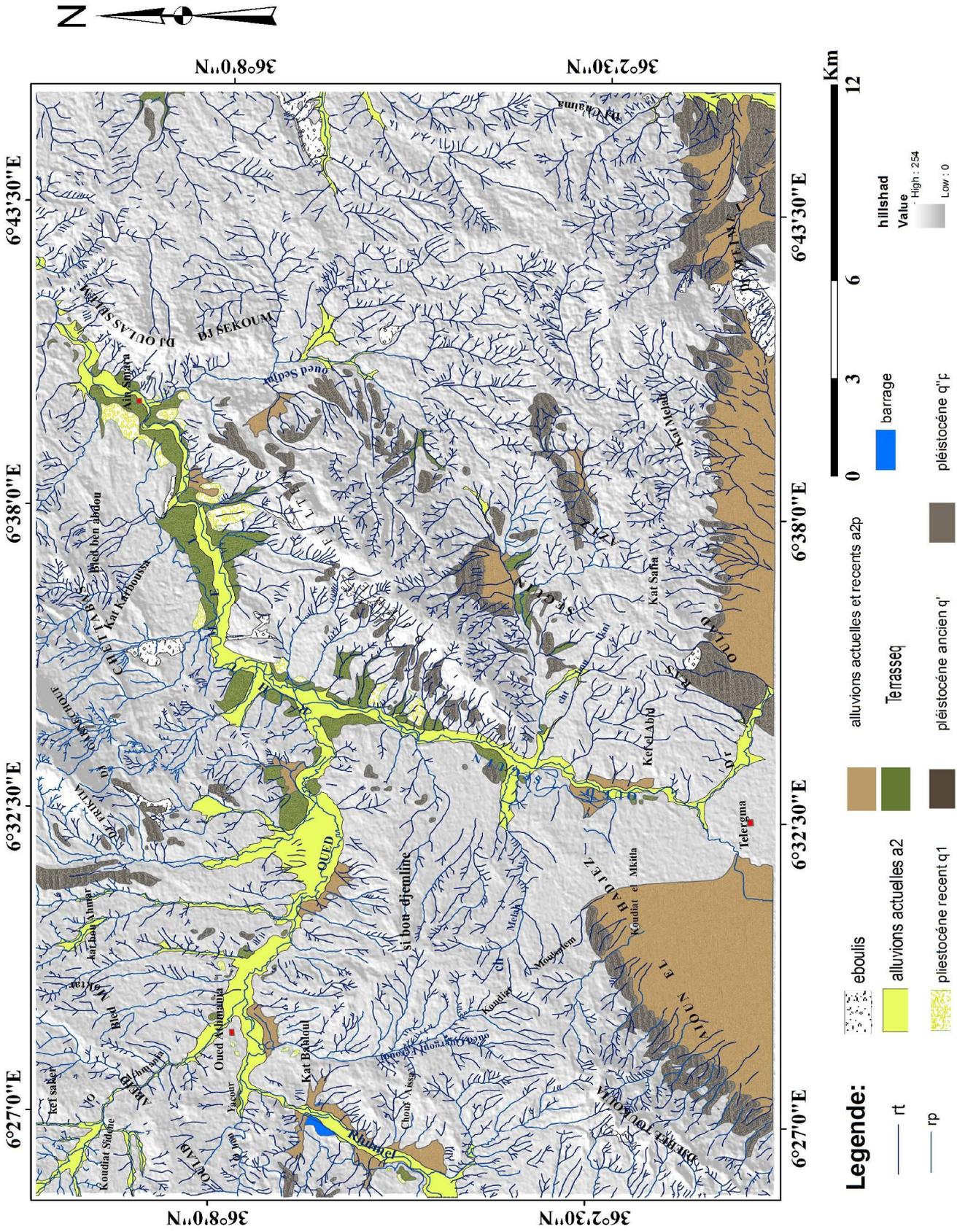
**B : Vue du sud d'oued Sedjar.**

**C : Oued Athmania qui devient oued el Kaim au niveau de Borj ben Zaggouta.**

**D : les dépôts d' Oued Bou Yacour**

**Photos N°2.5 : les dépôts du Quaternaire (collection personnelle).**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.12. carte des affleurements du Quaternaire dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000ème ( modifiée par l'auteur).**

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---

**Conclusion :**

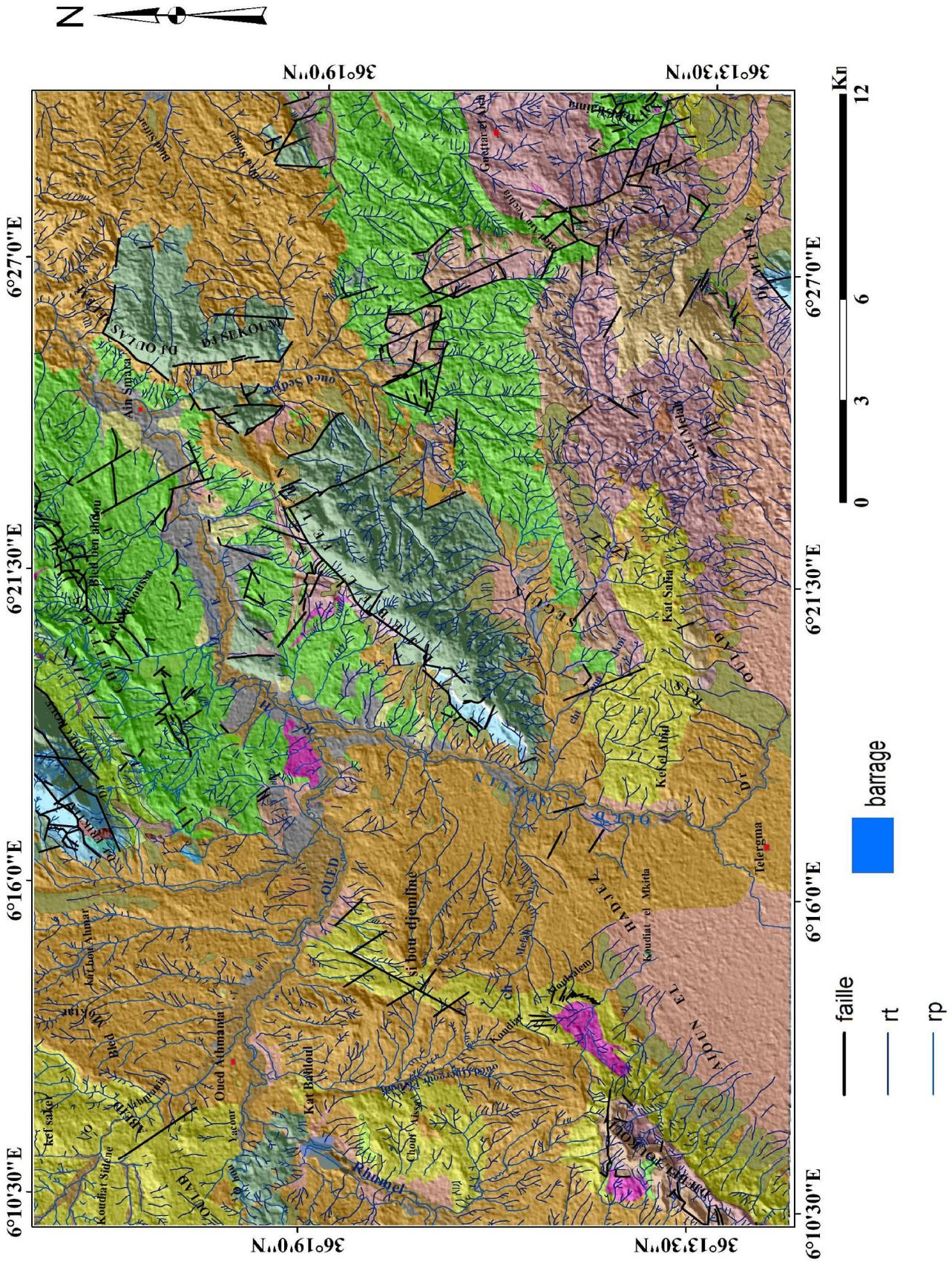
La région d'étude fait partie du bassin Néogène de Mila qui appartient au domaine tellien. Ce dernier constitue les zones externes de la chaîne des Maghrébides.

Cette zone du Nord constantinois est caractérisée par un empilement de plusieurs unités géologiques, à savoir l'unité Néritique à matériel carbonaté, l'unité tellienne méridionale à matériel Eocène et Sénonien à dominante marneuse, le flysch numidien à formations gréseuses et les formations post-nappes néogènes à dominante détritique (argiles et marnes).

La carte présentée ci-dessous (Fig.2.13), montre tous les affleurements des formations géologiques de différents domaines paléogéographiques et structuraux. Les principales formations présentes sur la carte sont des dépôts Néogènes post-nappes. Ces formations, déposées postérieurement à la mise en place des nappes de charriage, ont connu des événements tectoniques Miocènes et Plio-quadernaires qui ont abouti à des structures (plis et failles). Des structures actuelles et encore actives, indiquent que le régime décrochant et compressif persiste jusqu'aujourd'hui.

La carte géologique d'oued Athmania montre bien la prédominance des formations Mio-plio-quadernaire (principalement des formations argilo-marneuses). Nous verrons plus loin que ces formations donnent lieu à des mouvements de terrain (glissements superficiels, coulées boueuses, fluages, tassement) forts intéressants.

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**



**Fig.2.13. carte géologique d'Oued Athmania à l'échelle 1/50000**  
 (modifiée par l'auteur).

**CHAPITRE 2**  
**OUED ATHMANIA : CADRE GEOLOGIQUE ET CONTEXTE**  
**LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

---

**Légende:**

**Formations du Quaternaire:**

-  Eboulis masquant le substratum
-  alluvions actuelles et recentes du fond des vallées
-  alluvions actuelles et recentes des plateaux
-  Terrasse de 15 à 25m
-  pliestocène recent terrasses de 30à 50m
-  pléistocène ancien q"
-  pléistocène : alluvions caillouteuses des plateaux

 Trias: mames bariolees, gypse cargneule

**Formations du Neogene:**

-  Pliocène Villafranchien: calcaires et marnes lacutres, brèches, conglomérat, grés
-  Miocène: calcaires, calcaires pisolithiques, marnes noires , poudingues.

**Formations du Paleogene:**

-  Oligocène: marnes, argiles grises et vertes
-  Oligocène: grés
-  Lutécien: calcaires globigerines, marne calcaire lumachelles
-  Lutetiene- Priabonien
-  Eocène: calcaires à silex , calcaires phosphatés

**Formations du Cretace sup:**

-  Mastréchien-montien: marnes noirs
-  Mastrichien: calcaires et mamocalcaire à inocérames, marnes bleu noir
-  Campanien: mamocalcaire à inocérames
-  Emschérien: marnes et mamocalcaire.

**Formations du Cretace inf:**

-  Cénomaniien: calcaires et dolomies
-  Albien: marnes bleu-noir
-  Aptien: calcaires
-  Barémien: calcaires, calcaires marneux, dolomies
-  Hautérivien: calcaires à nodules de silex
-  Valanginien: calcaires, marnes à ammonites

# **CHAPITRE 3**

**PARTICULARITES MORPHO-  
GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES,  
INDICES D'INSTABILITES ET DE LA  
NEOTECTONIQUE**

## CHAPITRE 3

---

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

---

#### **Introduction :**

La forme du relief est le résultat de plusieurs facteurs (érosion différentielle, action géodynamique, facteurs climatiques .....etc.), chacun de ces facteurs conduit à la création d'une forme caractéristique dans un contexte géologique déterminé et sous un climat donné.

La géomorphologie est la science qui a pour objet la description et l'explication des formes du relief terrestre, elle met en évidence la répartition spatiale des différentes structures, le dénombrement de relief et le caractère des pentes et des versants.

Dans ce chapitre, nous allons tenter d'analyser le paysage du terrain d'étude, cherche à tirer les particularités géomorphologiques et hydrographiques et comprendre l'histoire et l'évolution de la zone d'étude, à travers une combinaison d'observations de terrain, de déchiffrement des photos aériennes, d'analyses des cartes géologiques, du réseau hydrographique, de la carte hypsométrique et du modèle numérique de terrain.

L'analyse de la carte hypsométrique, a été mise en œuvre pour évaluer le démembrement et l'évolution du relief. Les courbes hypsométriques ont été construites à partir de neuf cartes topographiques au 1/50 000 et quatre cartes topographiques d'oued Athmania à l'échelle 1/25 000 (1-2, 3-4 5-6, 7-8). Les cartes au 1/50.000 sont celles d'oued Athmania (feuille n°96), Constantine (feuille n°73), Chelghoum el aïd (feuille n°95), Radjas Frada (feuille n°72), Ain M' Lila (feuille n°120), Ain Fakroune (feuille n°121), el Aria (feuille n°74), St Donat (feuille n°119), El khroub (feuille n°97). Toutes les cartes ont été assemblées, géoréférenciées, digitalisées (chaque 50 mètres d'altitude pour l'échelle au 1/50.000 et chaque 25 mètres pour l'échelle au 1/25.000) et classifiées en tranches d'altitudes sous forme d'une carte thématique qui s'appelle carte hypsométrique.

Cette technique nous a permis d'identifier et de caractériser les principales morpho-structures de la région d'étude, à partir de révélateurs directs et indirects extraits de la carte réalisée.

### 3. Particularités morphologiques et géologiques de la région d'étude :

#### 3.1. La Carte hypsométrique et l'évolution du relief :

La carte hypsométrique est la représentation graphique d'un relief hiérarchisé par classes d'altitude; Cette carte nous apporte beaucoup d'informations sur l'évolution plane du relief, elle permet aussi d'identifier la somme des particularités orographiques et tectoniques affectant la région. L'analyse et l'interprétation se font sur un fond géologique qui permet de confirmer les structures particulières et les anomalies tirés de la carte hypsométrique.

Les cartes hypsométriques (Fig.3.1) établies dans le cadre de cette recherche sont en fait l'assemblage des différentes cartes couvrant le secteur d'étude à l'échelle 1 /50000<sup>ème</sup> et à l'échelle 1 /25000<sup>ème</sup>.

La carte montre un relief qui s'organise en élément quasiment parallèles, que l'hydrographie a souvent traversé de façon perpendiculaire. L'analyse de la carte d'altitude montre la disposition de deux types de relief distincts : une zone haute qui couvre la partie montagneuse de la région et dont l'altitude varie entre 750m et 1182m au niveau dj Frikia, et une zone basse occupée par des vallées et des plaines dont l'altitude varie de 550 à 700m.

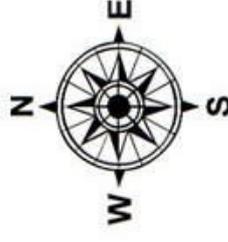
La carte réalisée (Fig.3.1), montre que le terrain d'étude est entouré par des zones hautes constituées d'une série de djebels isolés de la nappe néritique constantinoise, dont l'altitude peut atteindre 1281m au niveau de dj Ouasch et une vaste zone basse occupée principalement par des oueds et des plaines dont l'altitude descend jusqu'à 250m au niveau de oued Rhumel.

L'analyse minutieuse de la carte montre que le terrain est caractérisé par des versants irréguliers et un relief assez contrasté et complexe, cette complexité est le résultat de plusieurs facteurs qui se conjuguent (lithologie, climat et tectonique). La mise en place des nappes de charriage a eu également un rôle important dans le façonnement du relief et l'évolution géomorphologique de la région.

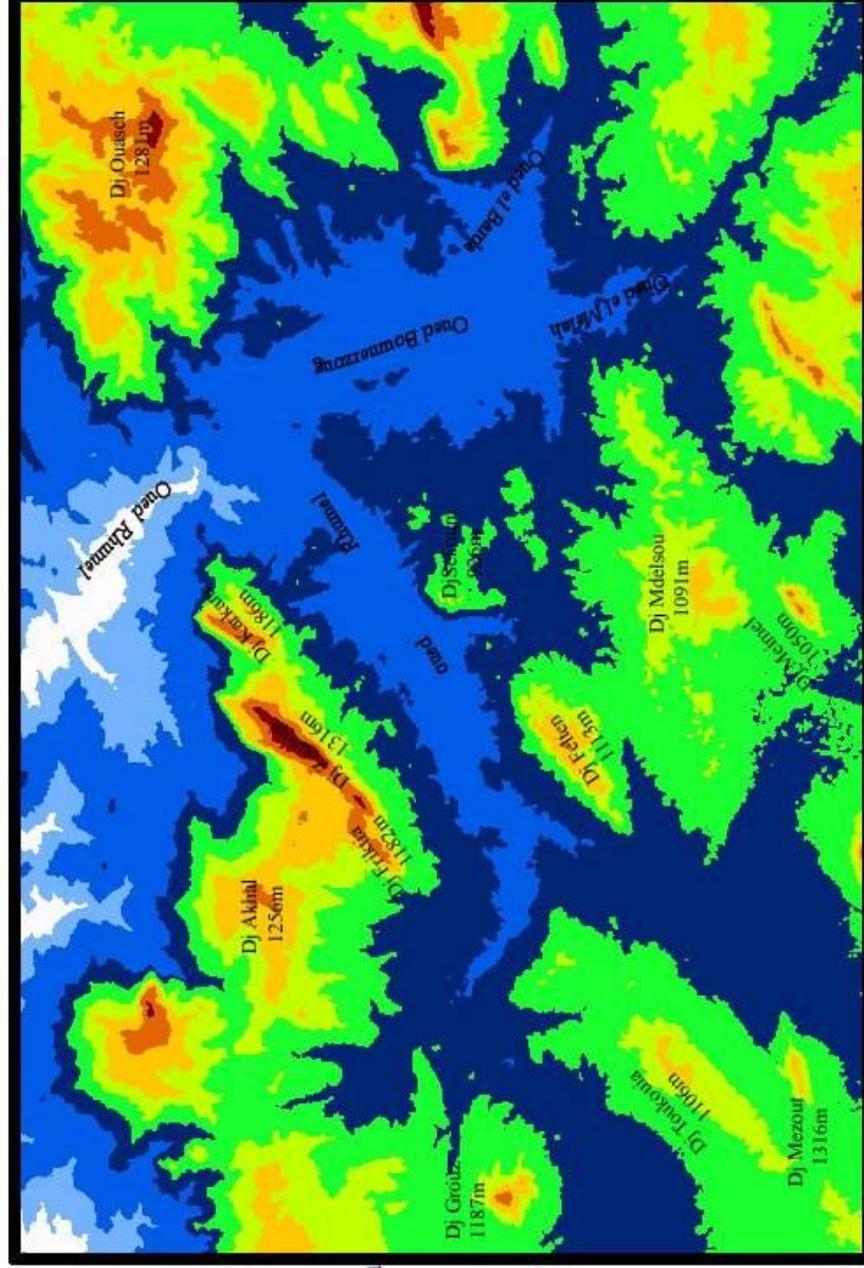
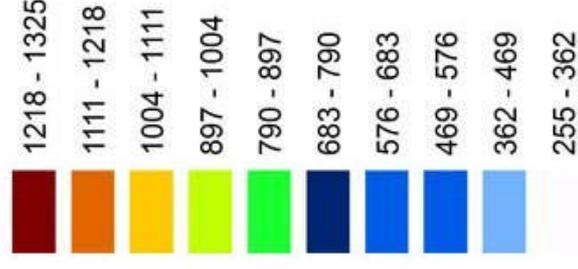
Numéro  
des cartes assemblées

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 72  | 73  | 74  |
| 95  | 96  | 97  |
| 119 | 120 | 121 |

- FelleN° 72: Redjas El Frada
- FelleN°73: Constantine
- FelleN°74: El Aria
- FelleN°95: Chateau Rhumel
- FelleN°96:Oued Athmania
- FelleN°97: Khroub
- FelleN°119: St Donat
- FelleN°120: Aine Milila
- FelleN°121: Ain Fakroune



Altitude:



Echelle : 1/50 000 ème 0 1Km

**Fig.3.1: cartes hypsométrique couvrant la zone d'étude (assemblage des différentes cartes topographiques à l'échelle 1:50000ème)**

## CHAPITRE 3

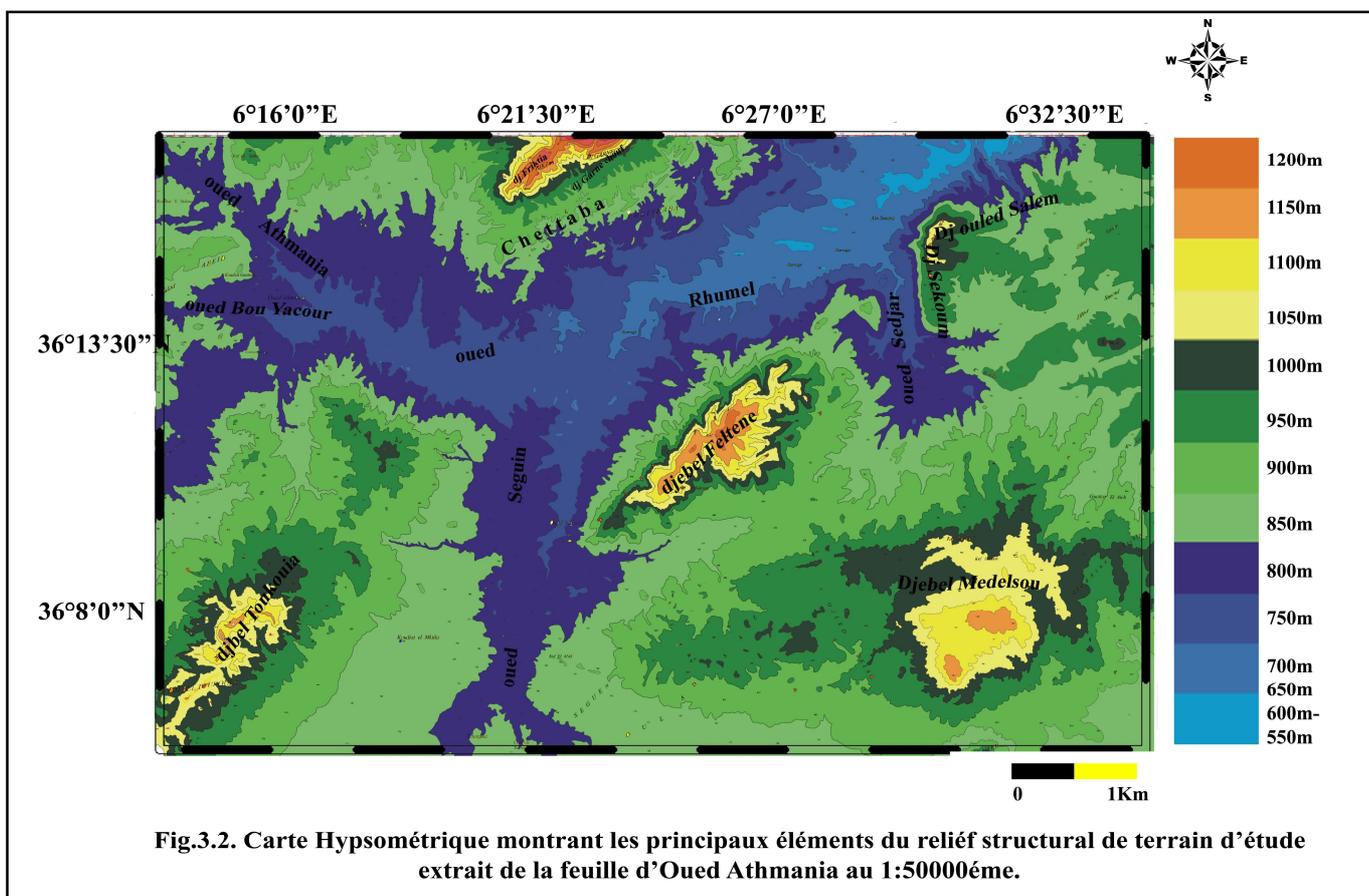
### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

#### 3.1.1. Les principaux éléments du relief structurel :

L'analyse de la carte hypsométrique de la région d'étude (feuille d'oued Athmania à l'échelle 1/50000<sup>ème</sup>N°96), (Fig.3.2), nous a permis de faire ressortir les grands éléments du relief structural:

##### a) Les zones hautes :

Elles occupent une surface moins importante que les zones basses, elles se distinguent par un relief montagneux fortement accidenté et ses facies calcaires néritiques du crétacé moyen et inférieur. Ces zones hautes regroupent une série de djebels et de chaînons isolés de la nappe néritique constantinoise, parmi lesquels on peut citer : dj Toukouia (1106m) , dj Chettaba (800m), dj Ganechouf ( 1220m), dj Friktia (1182m), dj Felten (1121m), dj Oulad Selem et Sekoum (950m), dj Medelsou (950m), dj Chaima (874m), dj Meimel (1038m), k<sup>at</sup> Bahloul(778m), Chouf Aissa(876m), chouf er Rouini(907m), K<sup>at</sup> Si Sidene(800m), k<sup>at</sup> es seker (861m),kat Bou Ahmar (805m), kat Guerfa (813m), kat el Mkilta (606m), kat Mousalem (921m).



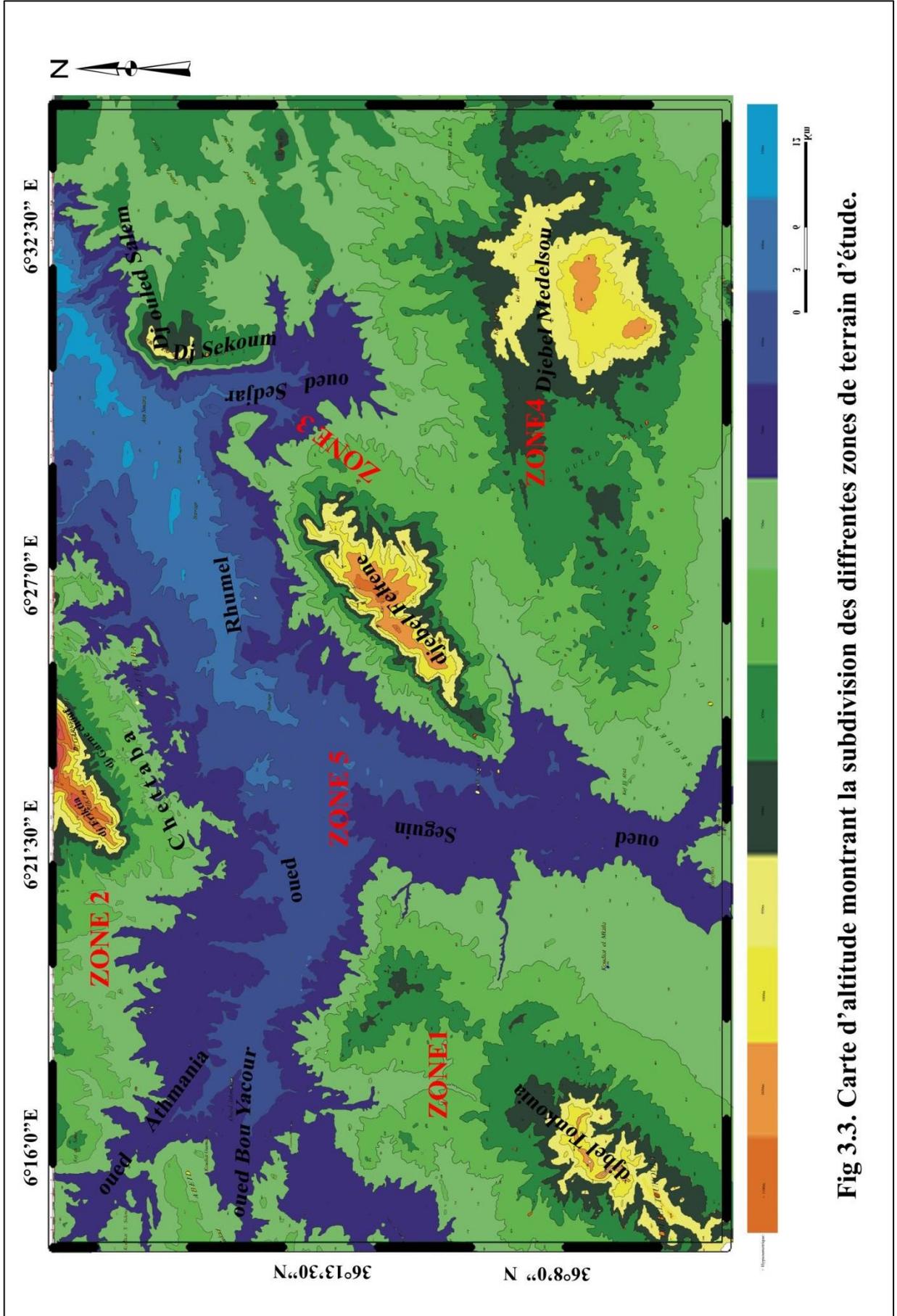


Fig 3.3. Carte d'altitude montrant la subdivision des differentes zones de terrain d'étude.

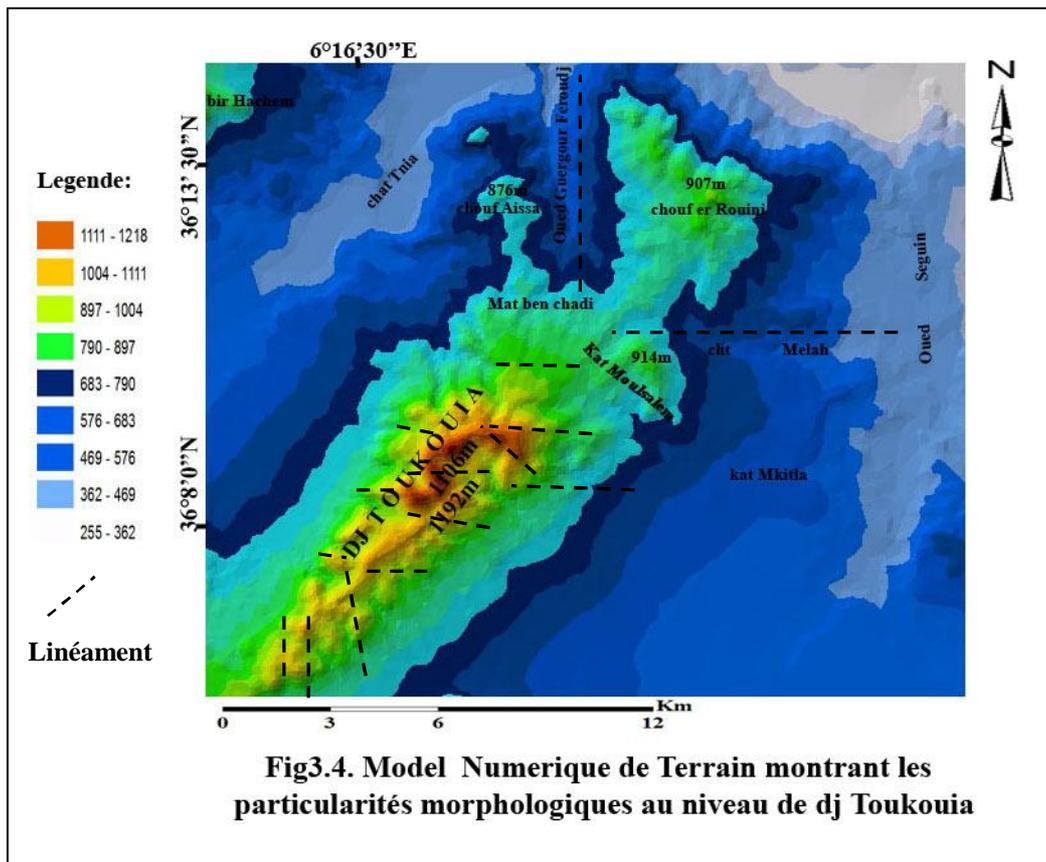
## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

#### A 1 Zone 1 :

#### ➤ Djebel Toukouia (1192m) :

C'est l'élément dominant dans la plaine de Téléghma, tant du point de vue de l'altitude que de la superficie qu'il occupe, l'un de ses sommets atteint 1192m et constitue le point culminant de toute la région d'étude. Djebel Toukouia présente une forme pseudo-triangulaire, il occupe la partie méridionale de la zone d'étude avec une superficie de 177.004 ha, de direction NE-SW, il change de direction au niveau du bombement de sidi Bou Djemline et devient NNE-SSW. Djebel Toukouia est visible dans la partie sud occidentale de la feuille d'oued Athmania N°96 et sur La feuille de St Donat N° 119. Le massif présente un anticlinal originellement de direction atlasique avec une crête de forme sigmoïde et des versants à pente concave vers le haut, marqués par plusieurs escarpements. Le massif présente une morphologie triangulaire assez particulière et forme une structure bien dessinée dans le paysage, il est marqué par un relief qui est linéaire sur ces versants et déformé et disloqué au niveau de sa crête (Fig.3.4).



Le massif de Toukouia est asymétrique, ses deux versants sont irréguliers, marqués par plusieurs escarpements, notamment son flanc Est. Ce vigoureux massif est large au niveau de sa terminaison orientale et devient plus étroit au niveau de sa terminaison occidentale et on note une linéarité parfaite dans sa crête. Son allure est affectée par un réseau d'accidents qui

le délimitent, les plus importants ont une direction E-W, N-S, NE-SW (Fig.3.5). Le massif est constitué principalement par un matériau jeune déformé qui reflète bien l'aspect de la néo-activité de ce dernier. Les calcaires à silex et phosphatés de l'Eocène inférieur affleurent en son cœur et les formations du quaternaire constituent ses versants. Les formations triasiques jalonnent les accidents dont les directions sont: E-W, N-S et NE-SW. Le massif est marqué par des alignements oro-hydrographiques parfaits, correspondant à des surcreusements intenses, bien canalisés et contrôlés par la tectonique. Sa ligne de partage des eaux est décalée, souvent accompagnée par des virgations des oueds et des déformations du relief.

➤ **Koudiat Mousalem (921m) :**

Elle est orientée N115E et atteint 921m d'altitude, elle montre une différence d'altitude de 271m par rapport à dj Toukouia (1192m) qui le relie sur son côté Est. Koudiat Mousalem présente un petit anticlinal à sommet complexe et des versants réguliers à pentes constantes (Fig 3.5). Koudiat Mousalem est constituée essentiellement par des marnes noires et des grès très fracturés du Miocène et des calcaires lacustres du Pliocène. Sa morpho-structure montre une torsion dans son relief, marqué par des décrochements dextres. Le versant oriental à pendage fort est marqué par une fracturation récente et intense. Koudiat Mousalem est délimitée par des accidents importants de direction E-W correspond à des linéaments et des surcreusements des chaabats (le linéament de chat Ain Laers au Nord et celui d'oued Guergour observé au Sud).

➤ **Koudiat el Mkilta (206m) :**

C'est un petit monticule de direction sensiblement N-S qui domine la plaine de Télergma, il est constitué principalement par des calcaires du Cénomaniens, à pendage fort vers le SW, ennoyé dans les formations alluvionnaire des plateaux du Quaternaire. L'apparition de cette morpho-structure au sein des formations récentes est due à la présence d'une grande faille profonde de direction N30°E qui délimite le massif de dj Felten sur son flanc septentrional (Fig.3.5).

➤ **Le bombement de Dra Zouaria (812m) :**

Il correspond à un petit anticlinal de direction E-W (Fig.3.5), il est constitué principalement par des calcaires lacustres du Pliocène. Son sommet est arrondi et ses versants sont réguliers et à pentes constantes. Le bombement est marqué par des linéaments hydrographiques orientés N-S et E-W, mettant en exergue des surcreusements des formations pliocènes (ch<sup>t</sup> Melah et ch<sup>t</sup> Beida) et des changements brutaux de directions.

➤ **Le bombement de Si Bou Djamline (938m) :**

C'est un monoclinal orienté sensiblement N-S, il atteint 938m d'altitude, son sommet est de forme complexe et ses versants sont irréguliers, entourés par plusieurs Koudiats. Le bombement de Si Bou Djamline est constitué par des formations mio-pliocènes, soulignés par la présence d'un réseau de failles qui affectent particulièrement les formations du Miocène. Le bombement est marqué par des linéaments hydrographiques orientés le plus souvent E-W,

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

correspondant à Ch<sup>t</sup> Guergour, Ch<sup>t</sup> krira, Ch<sup>t</sup> Memoui Beida, Ch<sup>t</sup> Mehra, Ch<sup>t</sup> Zenxeda et Ch<sup>t</sup> Melah(Fig.3.5).

➤ **Le bombement de chouf er Rouini (907m) :**

Il est orienté sensiblement NW-SE et atteint 907m d'altitude, il montre une asymétrie dans ses versants: un versant nord, raide et convexe vers le haut, caractérisé par des courbes de niveaux de plus en plus serrées en allant vers le bas et un versant Sud, moins abrupt et plus doux, il est constitué principalement par les calcaires du Pliocène. Le bombement de chouf er Rouini montre des surcreusements de direction E-W empruntés par des chaabats qui s'écoulent vers oued Guergour Feroudj (Fig.3.5).

➤ **Koudiat Bahloul (778m) :**

Elle est orientée sensiblement E-W et atteint 778m d'altitude, elle présente un bombement à sommet arrondi et à versants irréguliers, concaves vers le haut. Koudiat Bahloul est constituée principalement par des formations récentes du Mio-Pliocène. Son versant oriental est marqué par des accidents de direction E-W et un changement de direction d'oued Guergour Feroudj de N-S, correspondant à l'accident N-S d'oued Guergour à NE-SW ou il rejoint oued Rhumel(Fig.3.5).

➤ **Le rocher d'oued Athmania 805m (contrefort de dj Grouz):**

Il atteint 805m d'altitude et occupe la partie occidentale de la feuille d'oued el Athmania et se prolonge dans la feuille de château Rhumel. Dj Grouz est un anticlinal de direction NW-SE, il est composé principalement de calcaires du cénomanien très kastifiés. Le massif est marqué par la présence de failles orientées N-S, correspondant à la linéarité des couches calcaires et à la virgation d'oued Bou Yacour. On note la présence de sources chaudes qui atteignent une température de 37°C sur la rive droite d'oued el Rhumel (Fig.3.5).

➤ **Le bombement de Dra Tamedlet (854m) :**

Il s'agit d'un petit anticlinal allongé sensiblement E-W, atteignant 854m d'altitude. Il est constitué -par des grés et des marnes du Miocène. La morpho-structure est marquée par des linéaments E-W et N-S correspondants à des surcreusements de chaabats (Fig.3.5).

➤ **Le bombement de chouf Aissa (816m) :**

Il atteint 816m d'altitude et forme un anticlinal à sommet complexe et versant irréguliers et de direction NE-SW, il est composé principalement de formations du Miocènes qui constituent sa charnière. Il est marqué par un réseau hydrographique radial et dense et des linéarités parfaites des chaabats ou on note la présence des blocs d'éboulis détachés du massif (Fig.3.5).

➤ **Le mamelon de Bir hachem (803m) :**

Il est allongé E-W et atteint 803m d'altitude, il forme un monoclinal à sommet arrondi de forme complexe et des versants à pente constante, il est marqué par des linéaments E-W et des incisions linéaire dues à l'érosion des formations(Fig.3.5).

CHAPITRE 3

PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

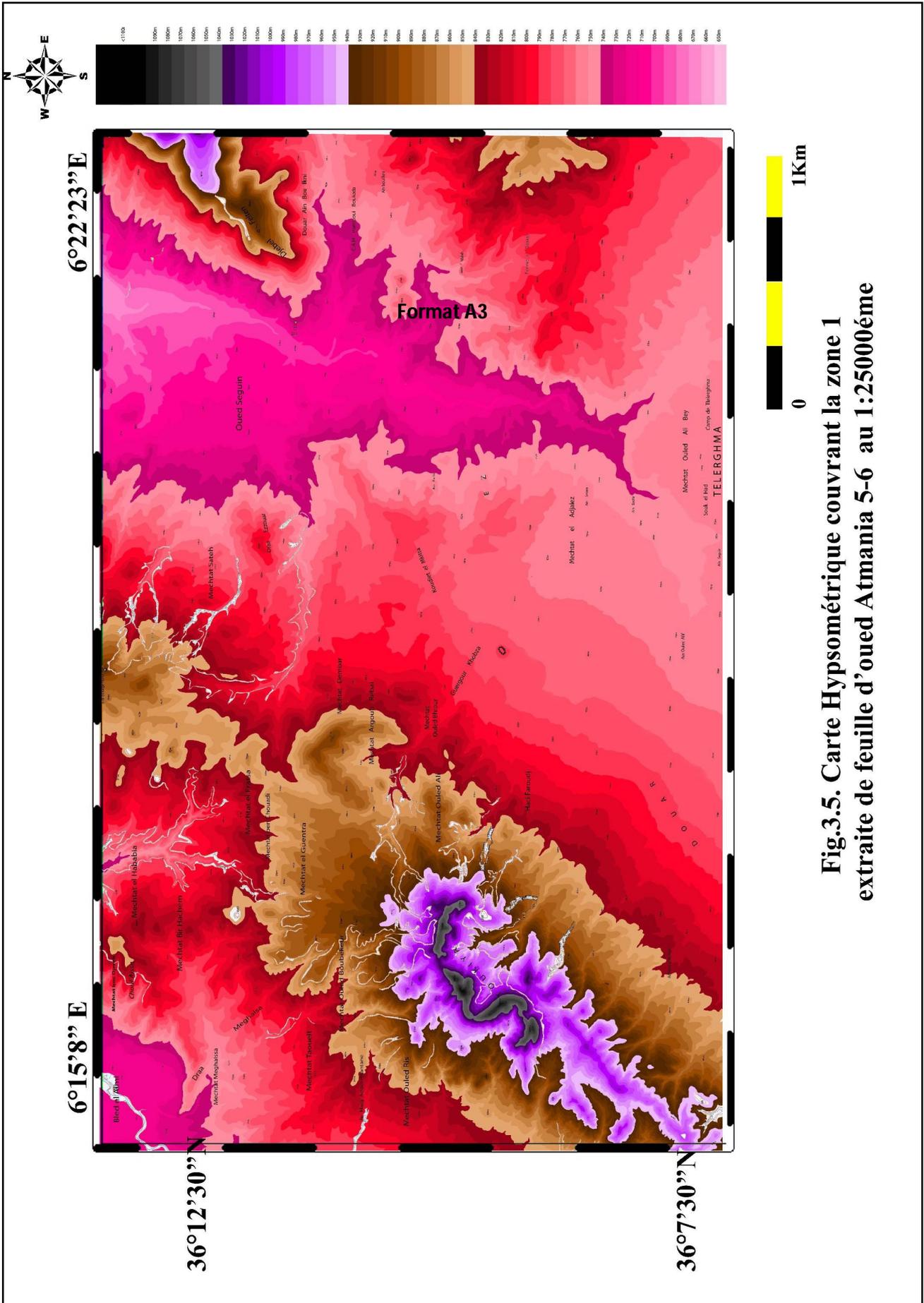


Fig.3.5. Carte Hypsométrique couvrant la zone 1 extraite de feuille d'oued Atmania 5-6 au 1:25000ème

### CHAPITRE 3

#### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

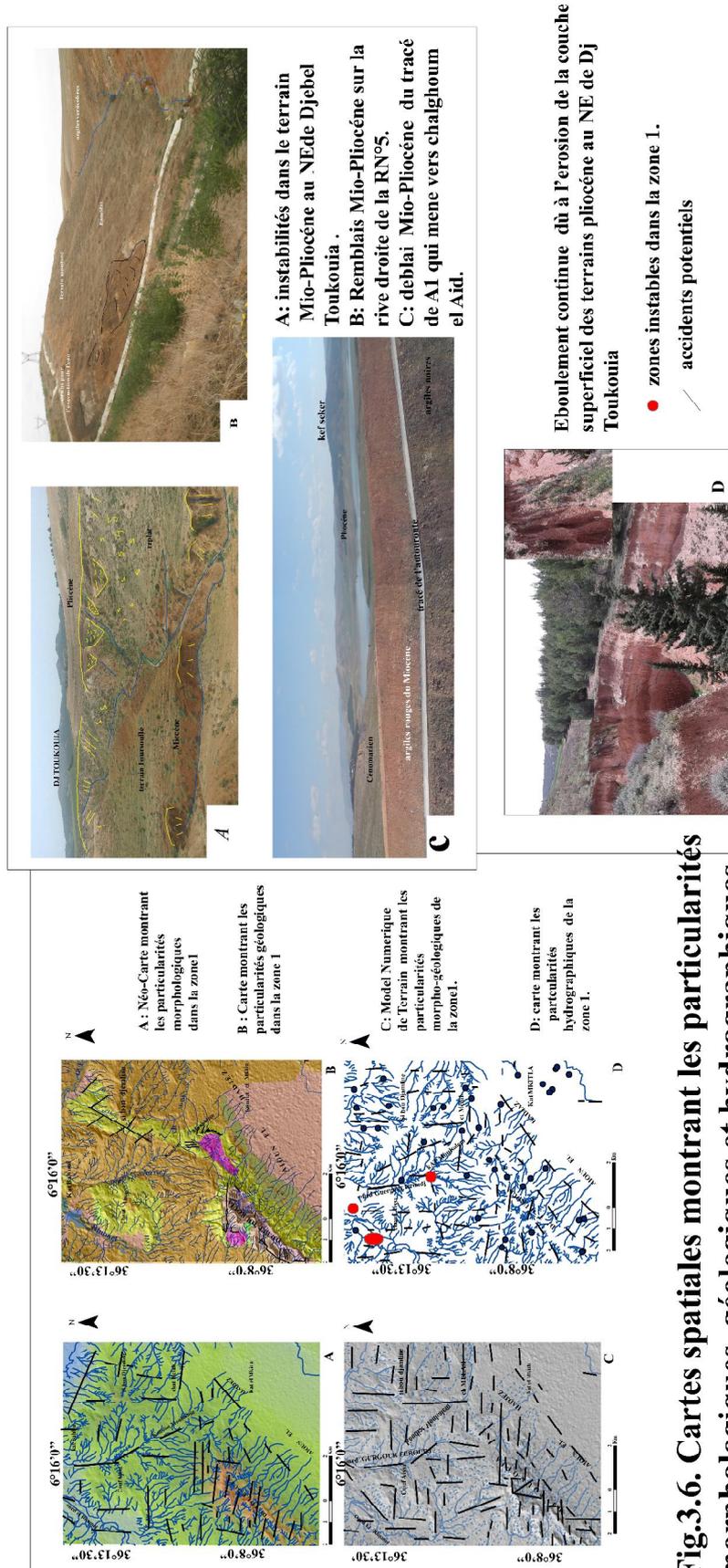
A partir des cartes spatiales réalisées (Fig. 3.6), nous constatons que la zone située entre dj Toukouia et les Koudiats qui les entourent (kat Mousalem, kat chouf er Rouini, chouf Aissa et le bombement de si Bou djamline.....) montrent une série d'anomalies et indices d'instabilités qui viennent confirmer l'activité de cette zone :

- Des déformations et des discontinuités importantes affectent la crête de Dj Toukouia.
- Un relief jeune et démembré, marqué par une inflexion rectangulaire dans les calcaires éocènes et lutétiens du dj Toukouia.
- Présence d'un Trias diapirique qui apparaît entre les calcaires éocènes et les formations récentes le long d'un nœud de failles.
- Présence d'une discordance angulaire entre les dépôts plio-villafranchiens et les dépôts du Miocène supérieur.
- Rotation et torsion de certaines structures (k<sup>at</sup> Mousalem) qui se manifestent par des décrochements.
- Des surcreusements intenses orientés N-S et E-W, empruntés par des chaabats qui s'écoulent vers le Nord et vers l'Est pour rejoindre Oued Guergour feroudj au Nord et Oued Seguin à l'Est.
- Une série de points d'eau alignées NE-SW, E-W et le plus souvent N-S.
- L'existence d'une source chaude (source de Hammam Grouz) à l'est de dj Grouz.
- Présence d'instabilités de terrain au Nord de dj Toukouia et au sud d'oued Guergour Feroudj qui se manifestent par des affaissements et des glissements de terrain.

**Ces particularités représentent des indices probants sur la nature active de cette zone et la réactivation des structures profondes.**

# CHAPITRE 3

## PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE



**Fig.3.6. Cartes spatiales montrant les particularités morphologiques, géologiques et hydrographiques dans la zone 1.**

#### A2 La Zone2.

##### ➤ **Synclitorium de Chettaba et l'ensemble Frikitia-Garnechouf**

C'est un massif pénitellien qui se situe au Nord ouest de Constantine et de coordonnées  $6^{\circ}30'E$  et  $36^{\circ}20'N$ , il apparaît comme une lentille sigmoïde à grand rayon de courbure et de direction  $N40^{\circ}E$ . Ce massif couvre une superficie d'environ  $100km^2$ , il est constitué par un ensemble de faciès, intermédiaires entre les formations carbonatées type rocher de Constantine et les formations à dominantes marneuse penitelliennes type djebel Akhal (Lahondère, 1983). Dans ce massif, on relève l'apparition des formations triasiques en deux modes, soit sous forme de diapirs francs subcirculaires notés à l'extrémité N-E du massif, soit comme lubrifiant le long des contacts anormaux, en bandes serpentés étroits et alignés selon une direction sensiblement NE-SW (photo3.2). Le massif est délimité par un réseau de failles pluridirectionnelles (NE-SW, N-S, NW-SE), qui s'organisent en échelon. Une grande faille bordière courbe, orientée sensiblement  $N30^{\circ}E$ , délimite le massif sur son côté oriental et lui confère sa forme lenticulaire. Au moins deux failles à décrochements senestres délimitent le massif dans sa partie centrale. Ces failles sont en relation étroite avec la mise en place du graben situé entre djebel Felten et djebel Chettaba et le horst de djebel Frikitia et Garnechouf. Le massif est constitué par une couverture sénonienne en écailles, à pendage fort (photo3.1) et il est séparé de dj Frikitia et Garnechouf par une zone de forte érosion ou se développe un réseau hydrographique dense, de type dendritique, perpendiculaire à la direction des couches(Fig.3.7).

##### ➤ **Dj Frikitia et Dj Garnechouf :**

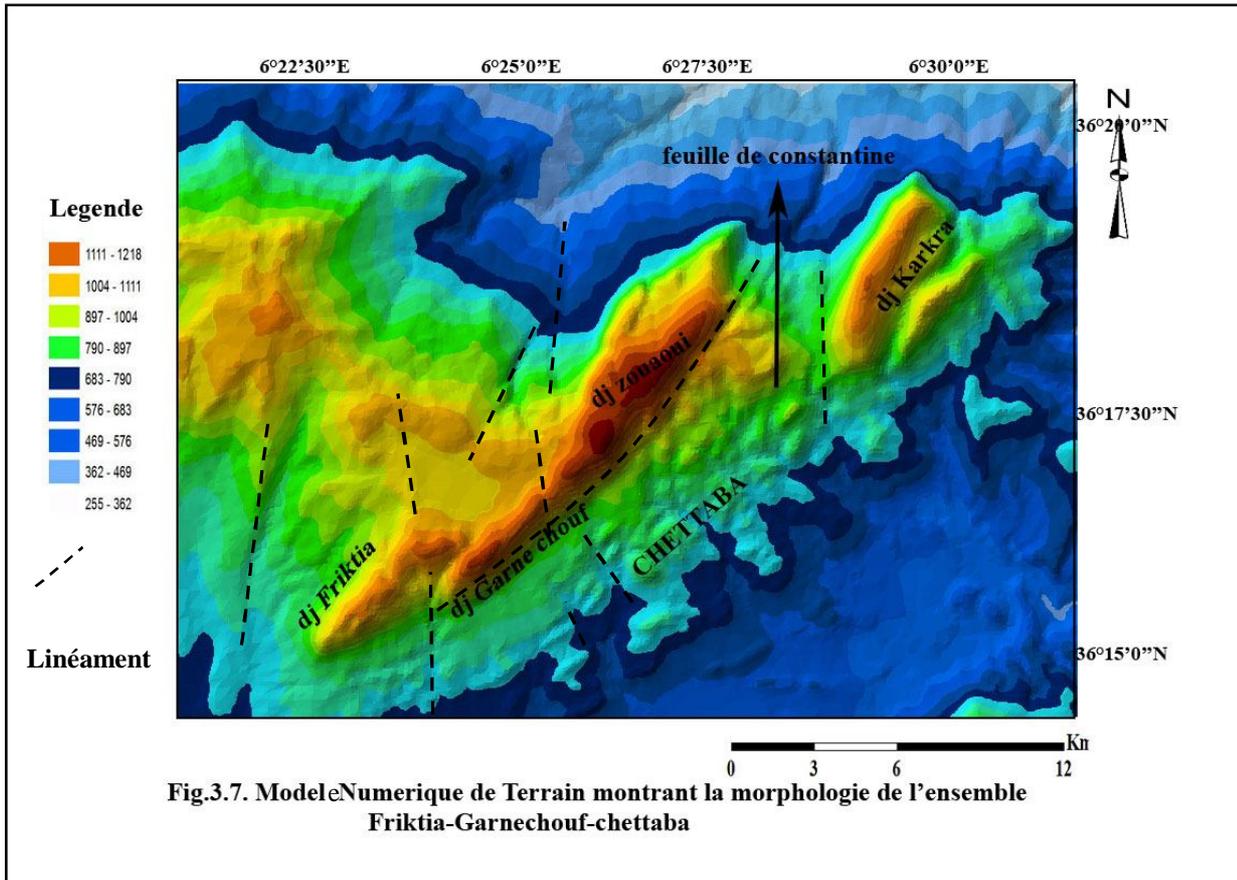
Ce sont des surfaces anticlinales parallèles de direction  $N60^{\circ}E$  dans la feuille d'oued el Athmania et deviennent  $N40^{\circ}E$  dans la feuille de Constantine. Elles occupent la partie Nord orientale de la feuille d'oued el Athmania. Ces massifs sont constitués principalement par des calcaires cénomaniens fracturés à pendage sud. Les deux massifs sont séparés par des failles orientés N-S qui sont bien visibles dans le modelé du relief(Fig.3.7).

##### ➤ **Kef Es Seker (861m):**

Il se situe sur la rive droite d'oued Athmania entre Chettaba et k<sup>at</sup> si Sidene, il est orienté NW-SE et atteint 861m d'altitude. Il apparaît comme un monoclinal à sommet arrondi et à versants de pentes variables, asymétrique. Son versant sud présente plusieurs escarpements, alors que son versant Nord présente une pente douce et constante. Kef es seker est constitué principalement par des grès et des marnes du Miocène. Il est délimité par des accidents parallèles N-S qui correspondent à la linéarité parfaite des Oueds qui l'entourent particulièrement oued Athmania qui présente une linéarité parfaite bien marquée dans le paysage.

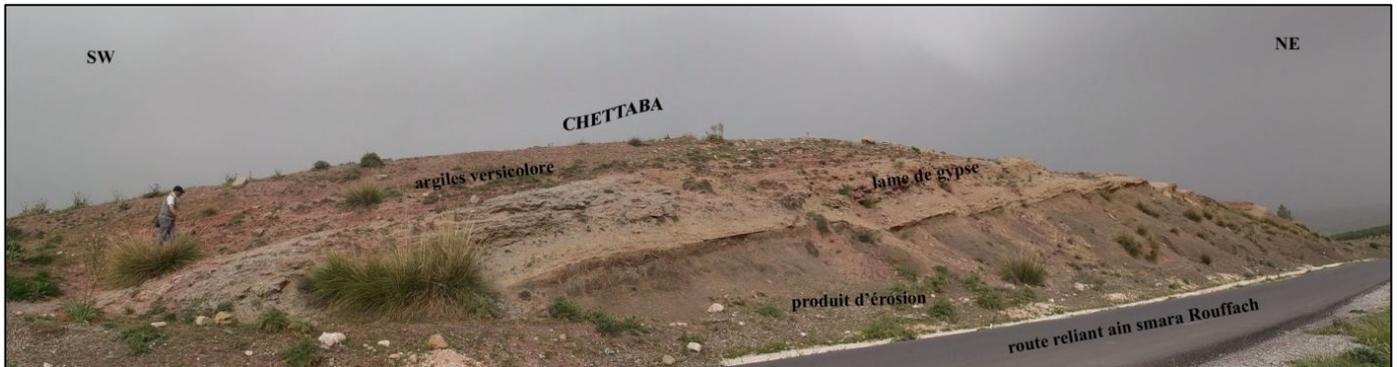
### CHAPITRE 3

## PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE



## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE



**Photo.3.2. Une bande alignée de Trias au niveau de Goulia au NE de chettabas**

➤ **Koudiat Si Sidene (782m) :**

Elle est orientée Nord-Sud et atteint 782m d'altitude. Elle est constituée principalement de terrains du Miocène. La morpho-structure est délimitée par des accidents pluridirectionnelles (N-S, E-W, NW-SE), la direction E-W est la plus importante, elle correspond à la linéarité parfaite de Ch<sup>t</sup> kasser et Ch<sup>t</sup> el Merdja et met cote à cote les terrains du Miocène avec les terrains du Quaternaire( cf, Fig.3.5).

➤ **Koudiat Bou Ahmar (805m) :**

Elle est orientée NNW-SSE et atteint 805m d'altitude. Elle est située entre oued Bourbi et Ch<sup>t</sup> Laoudj et elle est constituée de terrains Miocènes. Koudiat Bou Ahmar se signale par la présence d'importants accidents N-S, mettant souvent les terrains Miocènes en contact avec les terrains Quaternaires(cf, Fig.3.5).

**L'interprétation des cartes spatiales couvrant la zone 2 (Fig.3.8) a permis de tirer les particularités suivantes :**

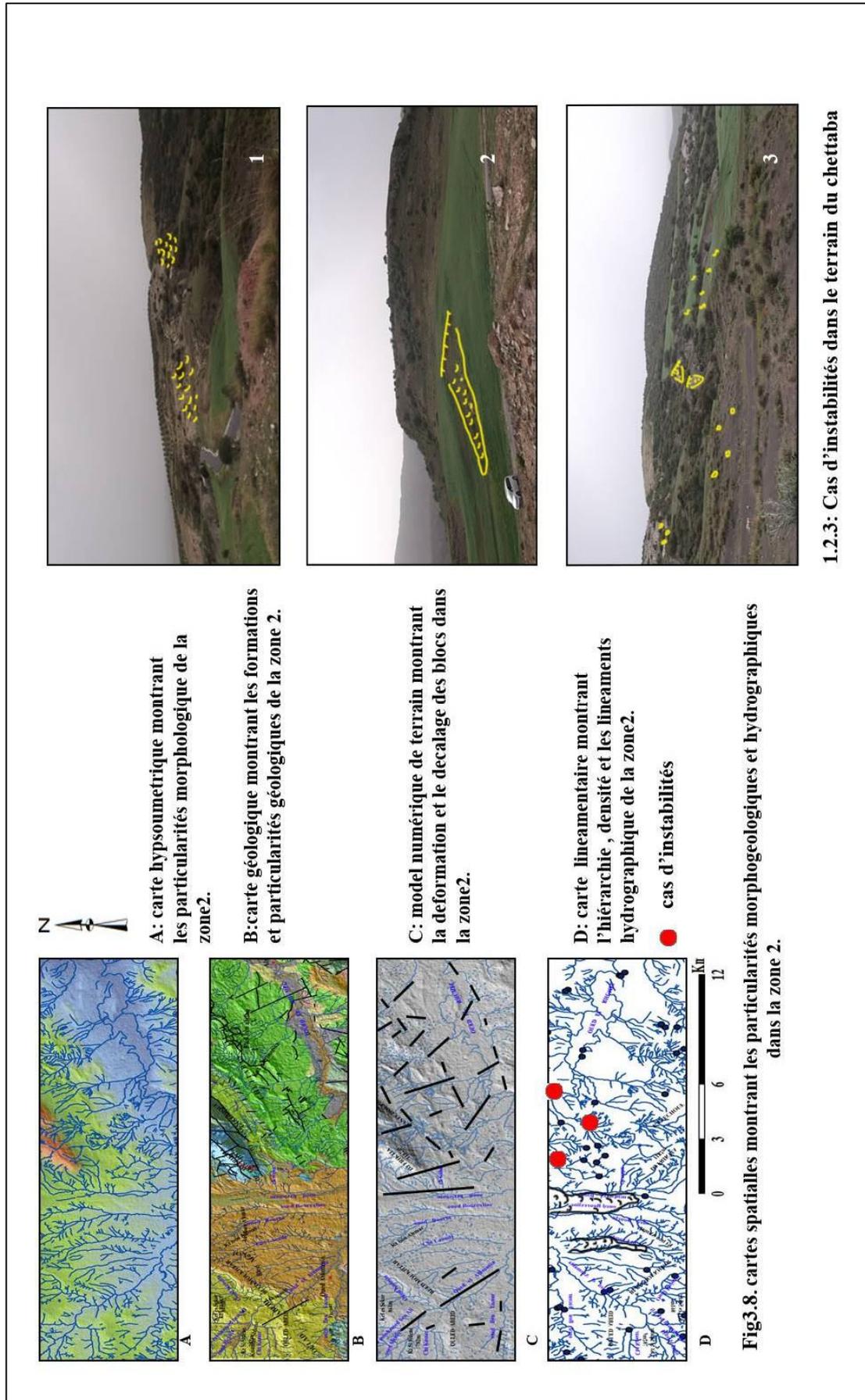
- Une fracturation intense affecte l'ensemble Friktia Garnechouf et le synclinorium de Chettaba ;
- Arrêt brutal des formations calcaires de dj Friktia et Garnechouf, conséquence de la faille N110°E ;
- Réseau hydrographique dense, de type parallèle à subparallèle, contrôlé par les failles N-S, N110°E et NW-SE (Chaabat Bourbi, Chaabat Krichem, Oued Athmania) ;
- Disparition de quelques Chaabats au Nord de Chettaba à la faveur de failles orientées NE-SW ;
- Décalage des blocs de calcaires du Maestrichtien sous l'effet des failles senestres ;
- Présence de failles bordières, orientées N40°E, encadrant le fossé d'effondrement d'Ain Smara et l'ensemble Friktia- Garnechouf.
- Présence d'une lame de Trias linéaire sous l'ensemble de la couverture sénonienne du flanc de l'ensemble Friktia-Garnechouf et qui passe au Sud et au Nord de Goulia.

## **CHAPITRE 3**

---

### **PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE**

- Présence de glissements de terrains qui se développent dans les marnes du Maestrichtien et d'éboulements qui se développent au pied des massifs néritiques et des dalles pliocènes.



## CHAPITRE 3

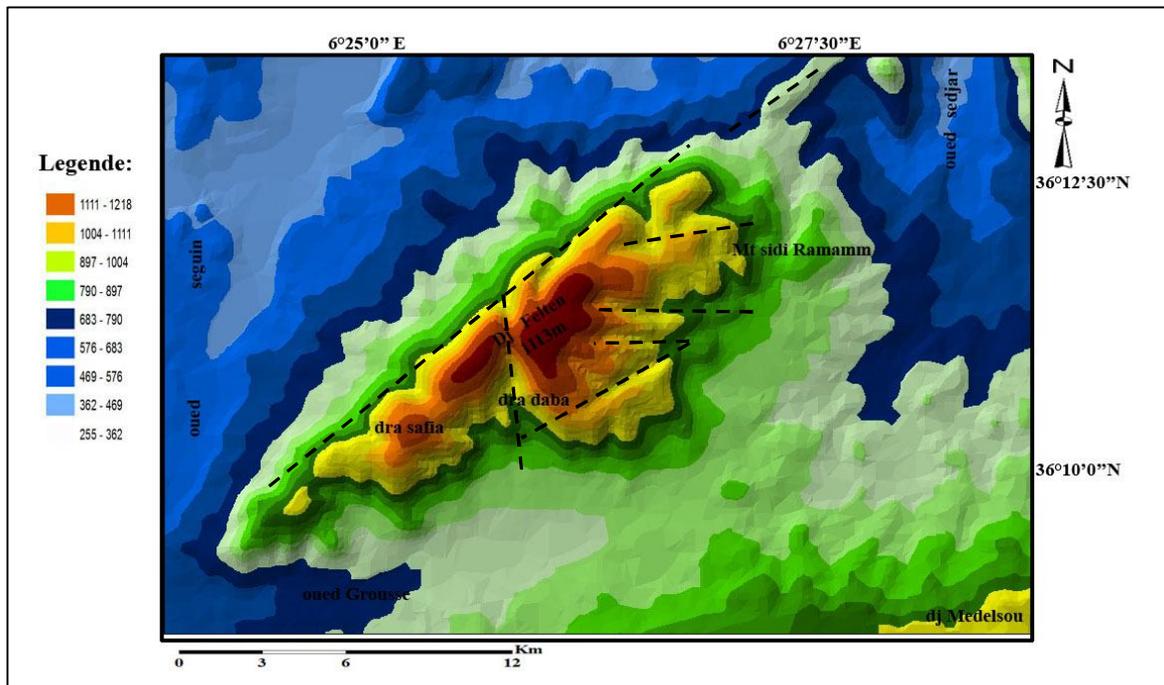
### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

#### a 3.Zone3:

#### Ensemble Felten, Sidi R'mam, Oulad Selem, Sekoum

##### ➤ Djebel Felten (1113m):

C'est le massif calcaire le plus imposant dans la feuille d'oued Athmania, il apparaît dans la partie centrale de la région avec une structure en horst monoclinal allongé parallèlement à djebel Chettaba et de direction NE-SW (Fig.3.9). Il atteint une altitude qui dépasse 1110m. Le massif présente une asymétrie assez nette montrant un versant NW à pente raide, concave vers le haut ou la dénivelée se fait vite, les courbes de niveau deviennent de plus en plus écartées vers le bas, et un versant SE à pente moins raide ou la dénivelée se fait lentement montrée par des courbes de niveau régulièrement espacées.



**Fig .3.9.Modèle numérique de terrain montrant la morphologie de Dj Feltene .**

Djebel Felten est essentiellement constitué par des calcaires cénomaniens (cf, Fig.3 .9). Il est limité du coté NW et E par des failles ou systèmes de failles subverticales en gradins dont le rejet peut atteindre quelques centaines de mètres. Le massif présente une linéarité parfaite dans le relief du coté Nord occidentale, cette linéarité constaté est confirmée par certain auteurs (Vila, 1980 et V. de Fliert, 1952) comme une faille certaine de direction NE-SW (BENABBAS.Ch ; 2009). Cette faille se prolonge jusqu'au djebel El Ouahch, passant par l'ensemble Sekoum-ouled Sellem. Une seconde faille importante, de direction N-S, délimite le massif dans sa partie centrale et le recoupe en deux. Cette seconde faille se prolonge

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

jusqu'au K<sup>at</sup> Safra au sud et sidi Khalifa au Nord. Une autre faille, de même direction, a été relevée à partir d'un MNT réalisé au niveau de ce djebel. Le massif est limité aussi par une faille E-W dans sa partie méridionale (Photo3. 3) Dans la partie orientale de ce massif, on note quelques failles transversales importantes suivant lesquelles le compartiment Ouest s'est soulevé par rapport au compartiment Est. Une faille analogue de direction NE-SW limite les calcaires et les dolomies cénomaniens. Ces failles importantes et profondes, particulièrement les failles N-S sont accompagnées par des minéralisations (plomb et zinc des anciennes mines du Djebel Felten et de Ch<sup>t</sup> Dahala).



Photo .3.3. Vue panoramique du versant NW de djebel Feltene.

#### ➤ Sidi R'mam (844m):

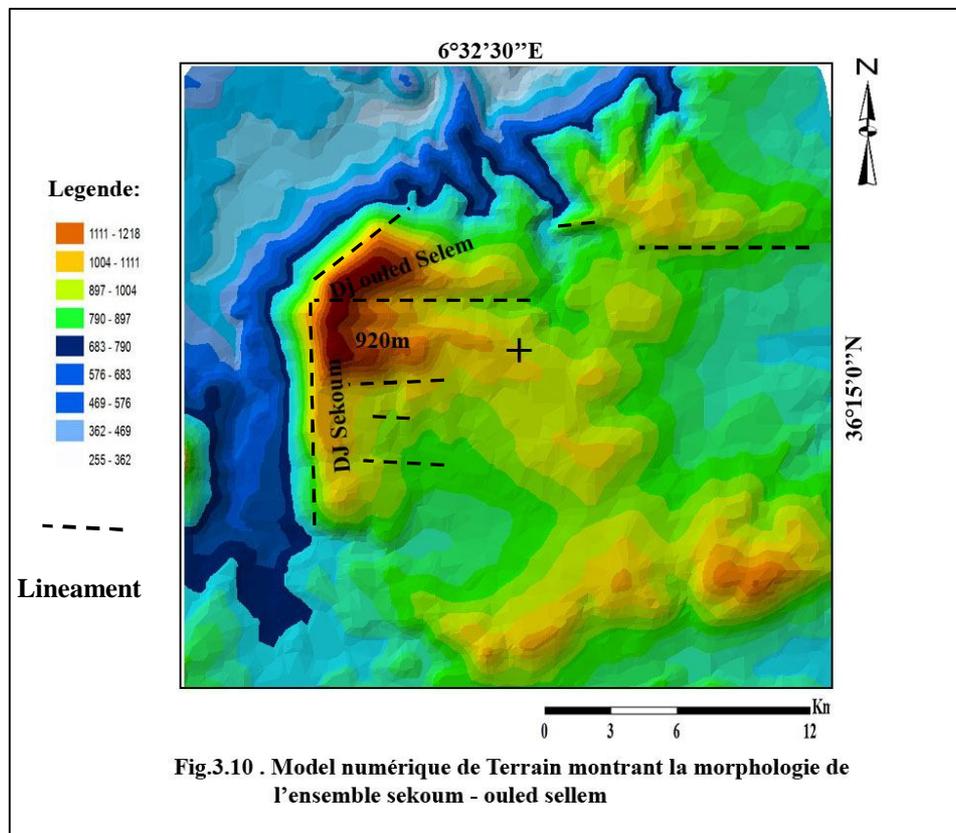
Le rocher de Sidi R'mam apparaît au milieu de la dépression qui sépare Dj Felten à l'ouest et Dj Oulad Selem-dj Sekoum à l'Est. Cette dépression tectonique est caractérisée par le même motif tectonique que celui qui délimite ces deux djebels limitrophes, un système de failles NW-SE delimitte le massif du coté occidental et des failles N-S du coté oriental, cette direction est en relation directe avec les failles E-W qui delimitent Dj oulad selem et Sekoum du coté Sud. Ces failles importantes encaissent les mineralisations de plomb,de zinc et de marbre d'Ain Smara. Le rocher de Sidi R'mam est composé par des calcaires et des calcaires dolomitiques du Cénomaniens, de pendage moyen de 20° E (BENABBAS.Ch; 2009)

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

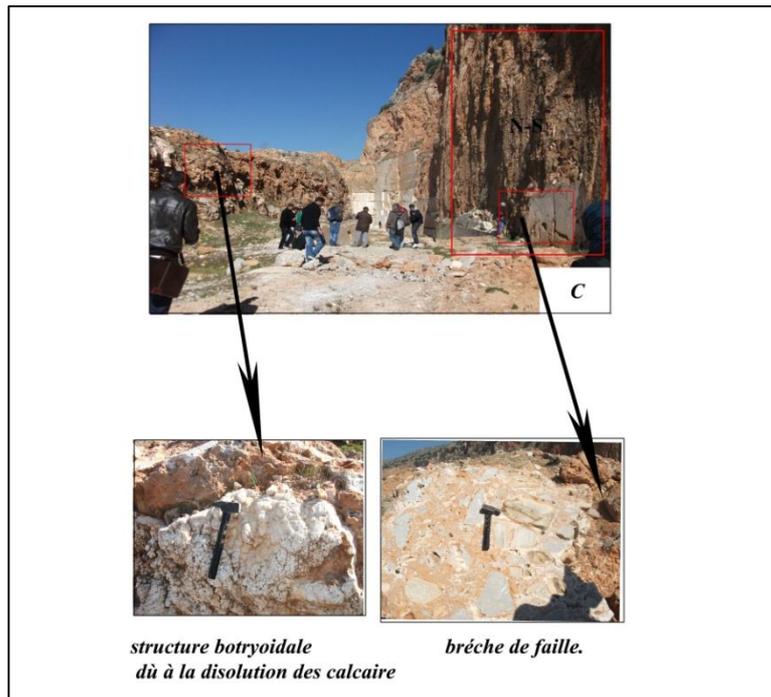
#### ➤ Djebel Oulad Selem et Sekoum:

Au Nord de Dj Felten, apparaît le monoclin de Djebel Sekoum avec des calcaires du Cénomaniens, fracturés et kastifiés en surface. Le massif est délimité au Nord et au Sud par deux failles de direction analogue E-W et par un accident de direction N-S du côté occidental (Photo.3.4). Au point 923 m apparaît dj oulad sellem comme un monoclin de direction N-S, le massif est délimité du côté occidental par un accident de direction NE-SW et du côté oriental par des failles de direction E-W et d'autres de direction NW-SE délimitant le massif dans sa partie septentrionale. Ces failles correspondent à des zones de minéralisation 'carrière de l'onyx d'Ain Smara (Fig. 3.10).



## CHAPITRE 3

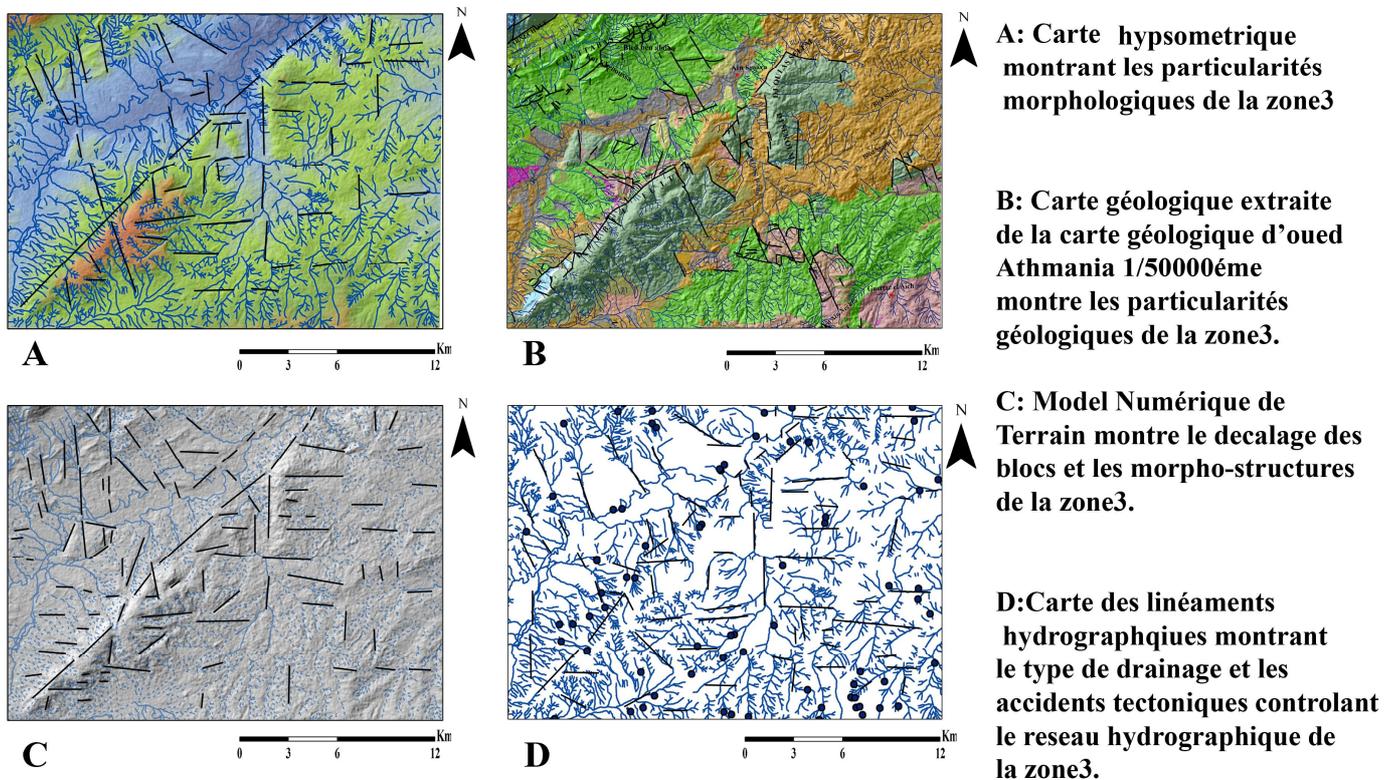
### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE



**Photo.3.4. carriere de marbre pur de l'onyx avec la faille N-S qui le délimite**

**Le déchiffrement des cartes spatiales (Fig3.11) établies dans la zone située entre l'ensemble dj Felten Sekoum et Oulad Selem nous a permis de faire ressortir les constatations suivantes :**

- Un grand escarpement orographique délimite l'ensemble Felten-Sekoum-ouled Selem, il correspond à la faille N40°E ;
- Perturbation du réseau hydrographique le long de cette structure ;
- Linéarité des sources dans la même direction de la faille N°40E;
- La faille N40°E qui délimite l'ensemble, met en contact les formations du Crétacé avec les formations néogènes ;
- Linéarité parfaite N-S d'oued Sedjar, correspondant à la faille N-S qui délimite les calcaires cénomaniens du dj Sekoum à l'Est, des formations pliocènes à l'Ouest ;
- Des failles orientées E-W auxquelles correspond la linéarité parfaite E-W de chaabat Dekali qui mettent en contact les formations Cénomaniennes avec les formations Mio-pliocènes ;
- Angularité de l'oued Rhumel au niveau de chaabat Ain Zitoune et chaabat Bou Kreiba qui coïncide avec la présence des failles orientées N110°E ;
- Présence de lambeaux de Trias à la faveur de la faille N130°E qui traverse dj Felten ;
- Erosion intense au niveau de la ferme Sedjar ;
- Présence des glissements de terrain sur la rive droite de l'oued Rhumel au niveau de chaabat Brahim au Sud de dj Mhiris et sur le versant Nord de dj Felten.



**Fig.3.11. Cartes spatiales extraites de la feuille d'oued Athmania au 1/50000 montrant les particularités morpho-structurales et hydrographiques de la zone 3.**

**a4Zone 4 :**

➤ **Le horst monoclinal de dj Meimel (1160m) :**

Il occupe la partie sud orientale de la feuille d'oued Athmania et continue dans la feuille d'Ain M'lila, il apparaît comme un monoclinal flexuré de direction NE-SW parallèlement à dj Felten, il est constitué par des calcaires du crétacé inférieur et moyen. Le massif est limité par une faille longitudinale importante, de direction sensiblement NE-SW et une faille N-S qui le coupe en deux et abaisse sa moitié inférieure (Fig. 3.12).

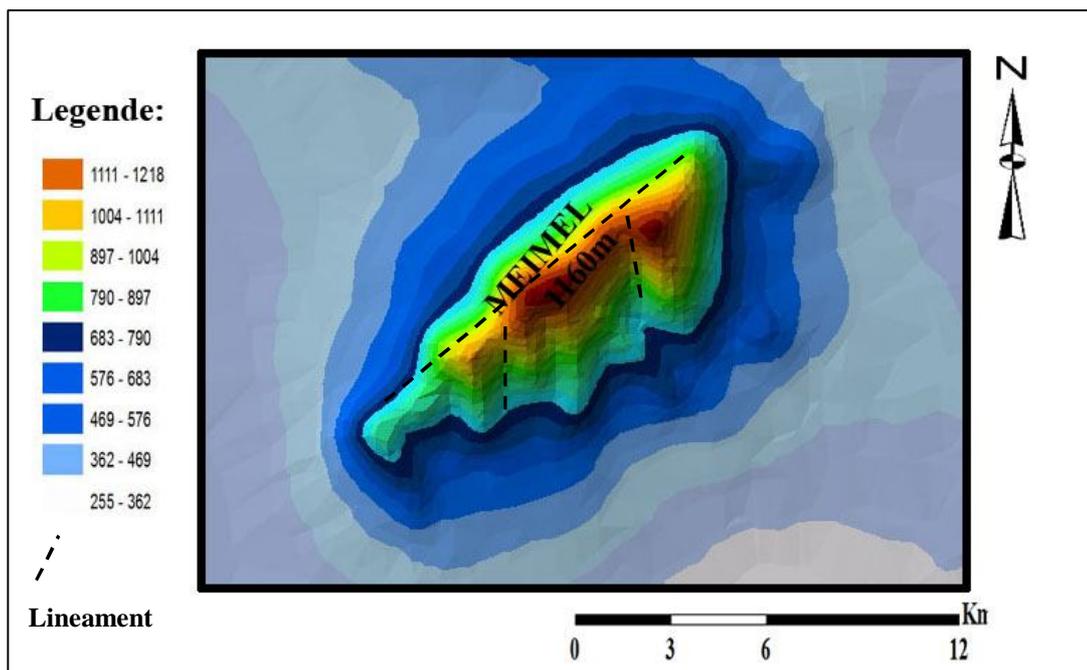


Fig. 3.12. Modèle Numérique de Terrain présentant Dj Meimel

➤ Dj Medelsou (1080m):

Il apparait comme un synclinal de direction E-W, il est masqué en grande partie par des dépôts du Miocène, Pliocène-Villafranchien et du quaternaire. Le massif est limité par un alignement orographique de direction E-W dans sa partie septentrionale, il est délimité par des failles de direction NE-SW dans son coté oriental (Fig. 3.13).

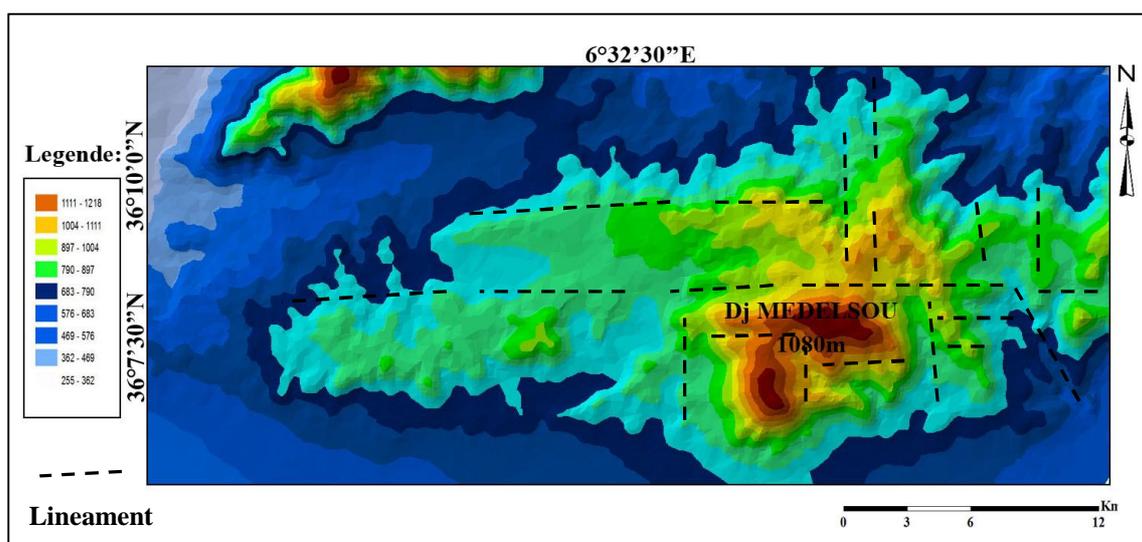


Fig. 3.13. Modele Numérique de Terrain présentant Dj Medelsou.

#### ➤ **Dj Chaima :**

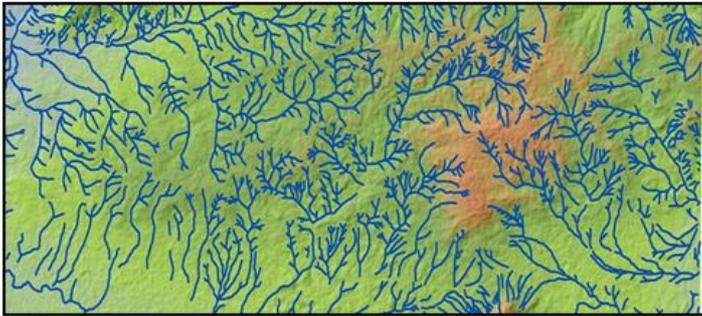
C'est un petit anticlinal très fracturé, à pente constante, de direction NW-SE qui occupe la partie orientale de la feuille (cf, Fig. 3.1).

**L'analyse des cartes spatiales (Fig. 3.14) qui couvrent la zone composée principalement par dj Medelsou et les djebels limitrophes est caractérisée par :**

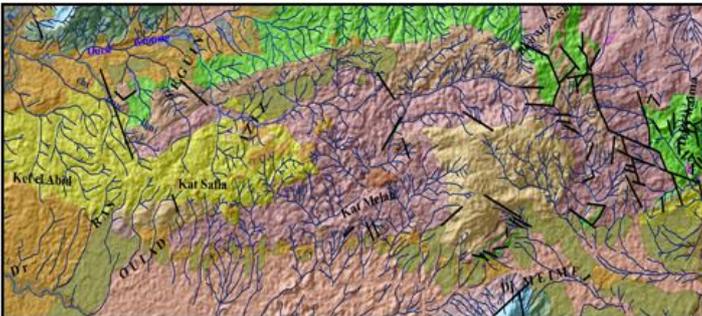
- Un escarpement orographique délimitant dj Medelsou et correspondant à une linéarité parfaite E-W des formations Eocènes ;
- Un système de failles NW-SE délimite le massif de djebel Medelsou sur son coté oriental et correspond à l'accident de Guettar El Aich, qui se matérialise par une linéarité parfaite des couches éocènes de même direction, qui traverse dj Felten et qui coïncide avec l'angularité d'oued el Rhumel ;
- Présence de lambeaux du trias dans la direction des failles orientés NW-SE ;
- Réseau hydrographique dense et perturbé ;
- Présence de sources d'eau alignées le long des grandes directions (E-W, NW-SE).
- Discontinuité du réseau hydrographique au sud de dj Medelsou et présence des formations pliocènes et quaternaires linéaires auxquelles correspond un accident E-W qui met en contact les formations éocènes avec les formations du Quaternaire ;
- Présence d'éboulis actuels au pied du massif témoignant d'une forte activité tectonique.

### CHAPITRE 3

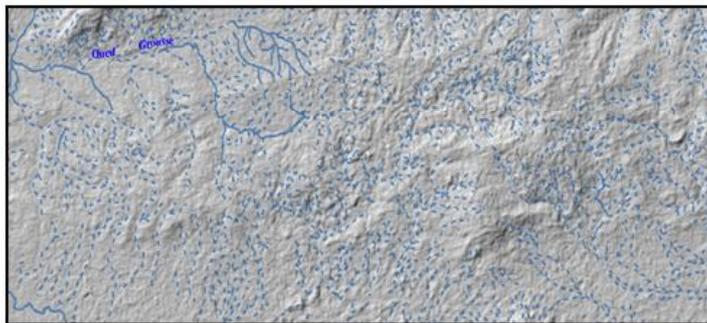
#### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE



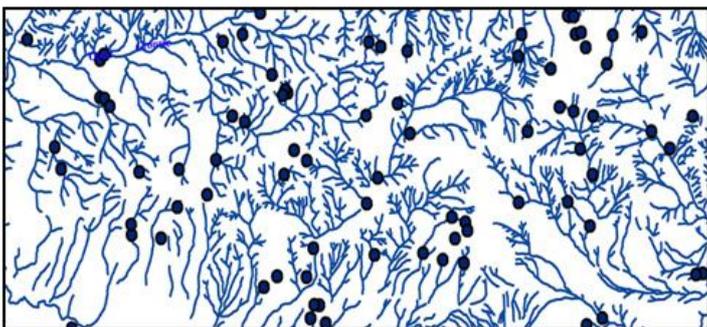
**A:** Carte hypsométrique montrant les particularités morphologiques dans la zone 4.



**B:** carte géologique montrant les formations et les particularités géologiques dans la zone 4.



**C:** Modèle Numérique de terrain les désordres tectoniques affectant la zone 4.



**D:** carte linéaire montrant l'hiérarchie, la densité et les ligneaments d'ordre hydrographique dans la zone 4.



**Fig.3.14** Cartes spatiales montrant les particularités morphogéologiques et hydrographiques dans la zone 4

**B. Les zones basses : plaines et vallées :**

Elles sont représentées par des plaines, des dépressions intra-montagneuses, des vallées et des oueds (Fig.3.15.), elles occupent des surfaces importantes et des terrains moins accidentés que les zones hautes.

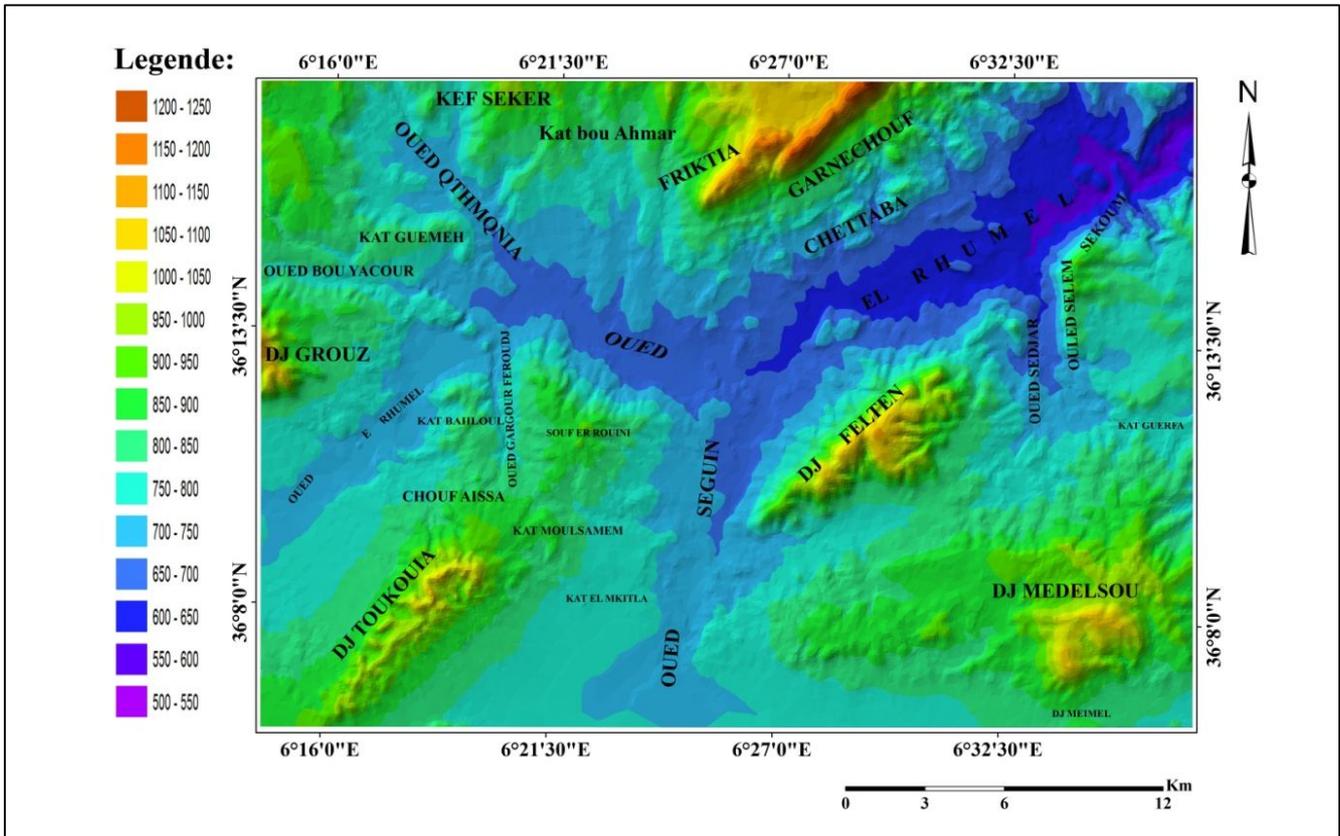


Fig. .3.15. Modèle Numérique de Terrain présentant les zones bases de la région d'étude.

**1. Oued Rhumel :** C'est la vallée la plus importante dans notre région d'étude, elle présente une allure particulière qui reflète bien la morphologie complexe de cette vallée. Oued Rhumel change sa direction plusieurs fois le long de son parcours de chelghoum el Aïd jusqu'à Constantine. Le long de la vallée on note une série d'anomalies géomorphologiques qui sont l'effet direct d'une activité tectonique.

- Morphologie particulière marqué par plusieurs changements brusques de direction (NE-SW, ENE-WSW, E-W, NE-SW) ;
- Linéarité parfaite sur des centaines de mètres ;
- Resserrement de cette vallée au Nord d'Ain Smara, traduite par l'accident qui délimite dj oulad Selem du coté oriental ;

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

- Une perte d'eau le long des failles ouvertes N-S (faille oued Seguin, oued Sedjar, oued Grousse) constatée par l'irrégularité de leurs débits.
- Perturbation de son tracé par la direction NE-SW.

2. **Oued Sedjar** : Il traverse des formations néogènes et présente une linéarité parfaite sur 10Km de distance, il rejoint oued Rhumel avec une direction N-S. Sur sa rive droite, on note la présence de la structure N-S qui délimite djebel Sekoum-ouled Salem (carrière de Onyx), sa rive gauche présente des escarpements de faille orientées N-S, où ce réseau correspond le changement brusque de direction d'oued Rhumel (NE-SW vers ENE-WSW).
3. **Oued Seguin** : Il coule à 800m d'altitude avec une direction N-S pour rejoindre oued Rhumel au niveau 730m, il reçoit sur sa rive gauche oued el Meleh qui est orienté E-W et sur sa rive droite oued Grousse avec une direction E-W, qui sont considérés comme des failles potentielles orientées E-W. Oued Seguin est contrôlé par un réseau de failles en échelon orientées N-S.
4. **Oued Athmania** : De direction NW-SE, il rejoint oued Rhumel à l'altitude 700m, cette vallée a inondée plusieurs fois la ville d'oued Athmania. Il rejoint oued Baala et oued Boumalek qui ont une direction E-W
5. **Oued Bou Yacour** : est l'un des affluents de oued Rhumel, il coule dans la ville d'oued Athmania à 700m d'altitude avec une direction W-E pour rejoindre oued Rhumel.
6. **Oued Guergour Feroudj** : est l'un des affluents d'oued el Rhumel qui coule à 800m d'altitude avec une direction N-S entre Si Bou Djamline et Chouf Aissa, il présente une linéarité parfaite N-S qui coïncide avec le changement de direction brusque d'oued el Rhumel.

#### 3.2 Analyse géomorphologique par MNT :

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) (Fig.3.16) offre de larges possibilités pour la reconnaissance du paysage géomorphologique dans un laps de temps assez court, notamment pour l'analyse morphostructurale du terrain à travers, entre autres, la détection de discontinuités topographiques (ruptures de pentes). Une base de données géo-référenciées (Oued Athmania-SIG) a été établie à partir de la carte topographique d'oued Athmania au 1/25000<sup>ème</sup>, intégrant les paramètres clefs expliquant la géomorphologie structurale de la région. L'analyse multisources (MNT, cartes dérivées, géologie, hydrographie) montre que la région d'étude est caractérisée d'une part, par un relief fortement accidenté avec une structuration complexe et des linéaments multidirectionnels à dominante N-S et, d'autre part, par une importante dynamique actuelle résultant de l'activité des eaux courantes et d'une topographie très marquée par l'empreinte des données structurales (lithologie et tectonique).

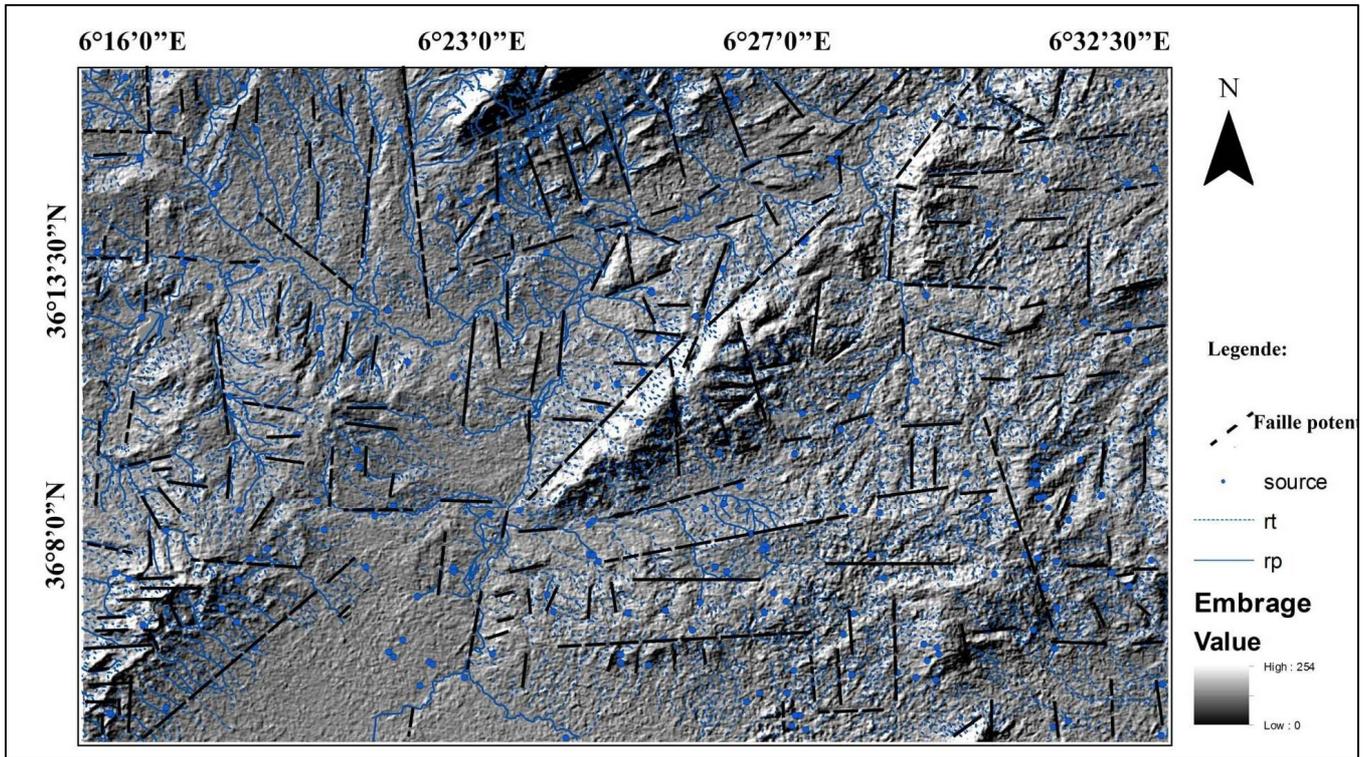


Fig.3.16. Carte linéamentaire à partir d'un modèle numérique de terrain.

### 3.3. Particularités et anomalies hydrographiques :

Le réseau hydrographique est l'un des composants de la géomorphologie. Pour Deffontaines (1990): « il correspond à tout écoulement linéaire concentré sur une surface topographique qu'il transforme progressivement. Il représente aussi un état du cycle de l'eau, celui de l'écoulement qui suit le chemin le plus facile, minimisant sans cesse leur entropie ». Le réseau hydrographique est très sensible aux variations endogènes et exogènes notamment les changements climatiques et la déformation tectonique. L'objectif principal de cette partie est de décrire l'interaction entre la fracturation d'une part et le drainage d'autre part. Pour atteindre cet objectif, une carte linéamentaire du réseau hydrographique a été élaborée. L'analyse du réseau hydrographique cartographié de par: son organisation, son hiérarchisation et sa densité, nous a permis de distinguer d'excellents marqueurs de la tectonique récente. La méthode de Rascatov, combinée avec la carte hypsométrique et le modèle numérique de terrain dérivé sur l'ensemble du réseau hydrographique nous a permis de tracer une carte linéamentaire. Cette carte est associée par un ensemble d'arguments qui viennent justifier la nature tectonique de ces linéaments qui sont récapitulés dans la le tableau 3.1(Annexe).

#### 3.3.1. Les principaux facteurs de forme du réseau hydrographique :

Le tracé du réseau hydrographique résulte des interactions simultanées de facteurs à la fois

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

nombreux et complexes. Si l'eau par nature est incompressible et s'écoule par le chemin le plus court du point haut (sommet, crête,..) au point bas (mer, lac, fleuve...). Durant son long parcours, cette eau rencontre des obstacles qui modifient son tracé. Nous nous attacherons uniquement aux causes qui sont d'ordre géologique Fig .3.17.

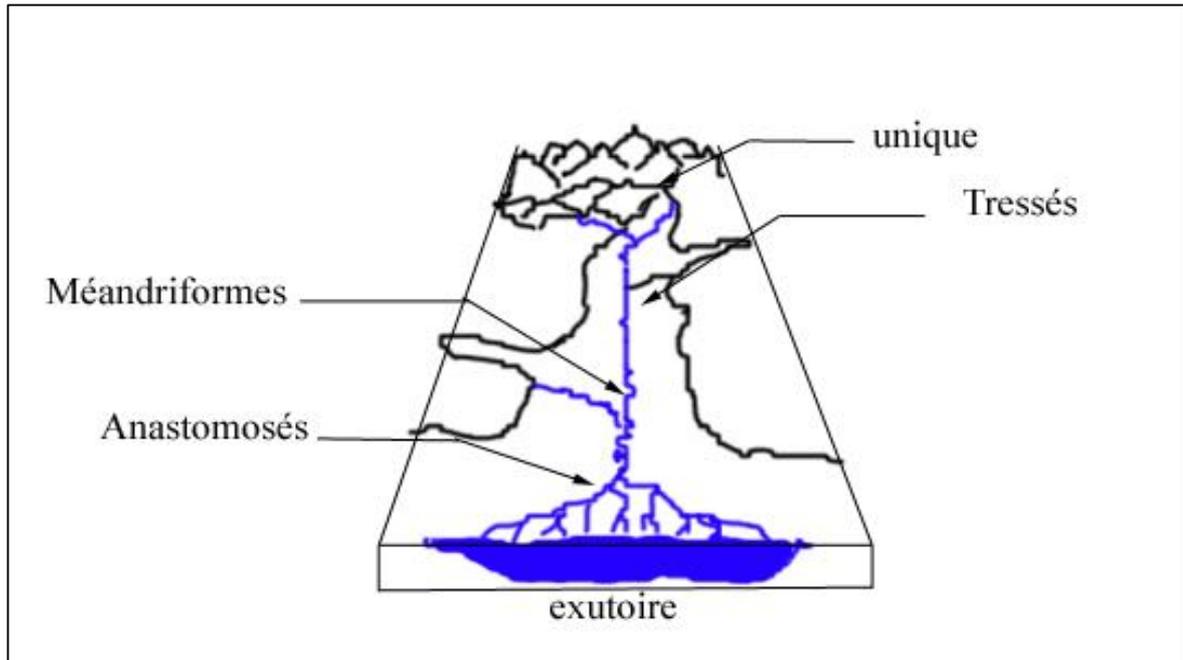


Fig .3.17. Morphologie du réseau hydrographique.

#### 3.3.2. Organisation du Réseau hydrographique :

La zone étudiée appartient au bassin versant N°10, kébir-Rhumel, qui se trouve entre la chaîne littorale kabyle au Nord et les massifs méridionaux du Tell. Oued Rhumel prend sa source vers 1 160 m dans les marges méridionales du Tell, au Nord-ouest de Belaa. Il draine, suivant une orientation Sud-ouest - Nord-est, les sous-bassins semi-arides des hautes plaines (Tadjenanet, Chelghoum Laid), puis franchit le rocher de Constantine en s'encaissant profondément (200 m de dénivellation) dans des gorges calcaires. Il s'écoule ensuite, suivant une direction Nord-ouest et plus au Nord, aux environs de Sidi Merouane, il conflue avec l'oued Endja qui draine la partie occidentale du bassin. (Mebarki ,2008).

L'analyse de l'hierarchie de l'ensemble du réseau hydrographique traversant la zone d'étude montre que l'aire d'étude est caractérisée par un chevelu hydrographique dense et perturbé, de type arborescent ou dendritique dans sa majorité et présentant des ramifications assez complexes (Fig.3.18). La partie centrale de la zone d'étude est occupée par oued Rhumel, qui présente le long de son parcours d'oued Athmania à Ain Samara passant par la région de Constantine, une morphologie assez complexe. Le modelé, l'allure et la nature lithologique du relief sont des données essentielles dans l'analyse du réseau hydrographique.

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

L'analyse de la carte du réseau hydrographique montre que le fossé d'effondrement d'Ain Smara est dominé par un relief accidenté (failles normales, décrochement dextre et senestre des structures) et le cours d'eau y présente un chevelu hydrographique dense de type subparallèle à dendritique indiquant la complexité et l'hétérogénéité des terrains traversés.

La zone d'étude comporte plusieurs lignes de partages d'eaux (Dj Toukouia, Dj Felten, K<sup>t</sup> Si Bou Djamline, Dj Medelsou, Chouf Aissa.....), les plus importantes sont celles qui ruissèlent suivant les grandes structures de la région sous forme d'un arc à convexité vers le sud-ouest et des structures auréolaires (en profondeur) au niveau des collines et des Koudiats, se traduisent par un réseau radial et divergeant ou par un drain (oued) en forme semi circulaire.

L'oued el Rhumel qui coule selon une direction globale NW-SE et sur une longueur de 30.19 Km, prend naissance à 20 Km d'oued Athmania au niveau de Constantine (feuille n°96) et coule de la ville de M'echira sur 8 Km en traversant la ville d'oued Athmania (2km) et la ville Ain Smara (20km). L'oued Rhumel traverse dans toute sa longueur le bassin d'effondrement d'Ain Smara et reçoit d'importants affluents (oued Sedjar, oued Seguin, oued Bou Yacour, oued Athmania), descendant des massifs limitrophes, et dont les directions dominantes sont : N-S , E-W , NW –SE.

La partie centrale de la carte d'oued Athmania est occupée par la vallée d'oued Seguin qui prend naissance au niveau de la ville de Télerghma. Dans cette vallée, l'oued Seguin coule suivant une direction N-S, sur une longueur de 12km où il rejoint oued el Rhumel. Le long de son parcours, il reçoit oued el Melah et oued Grousse qui ont une direction E-W.

A l'Est de oued Seguin, nous trouvons oued Sedjar et à l'Ouest, oued Guergour, oued Bou Yacour et oued Athmania, de directions successivement N-S, N-S, E-W, NW-SE formant des micro-bassins, ces derniers affluent et coulent dans un terrain à relief très accidenté et traversent une lithologie très hétérogène, ce qui facilite la formation des vallées profondes (oued Sedjar).

Entre les micro-bassins s'installent les différents affluents secondaires, talwegs, ravins et chaabats de la vallée d'oued el Rhumel qui présente une morphologie et des directions signifiant la complexité du terrain traversé.

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

La répartition spatiale des points d'eau dans la zone est régie par la tectonique et la lithologie de la région d'étude, où on note un groupement des sources le long des accidents tectoniques avec apparition des sources thermales au niveau de hammam Grouz, de Teleghma...etc).

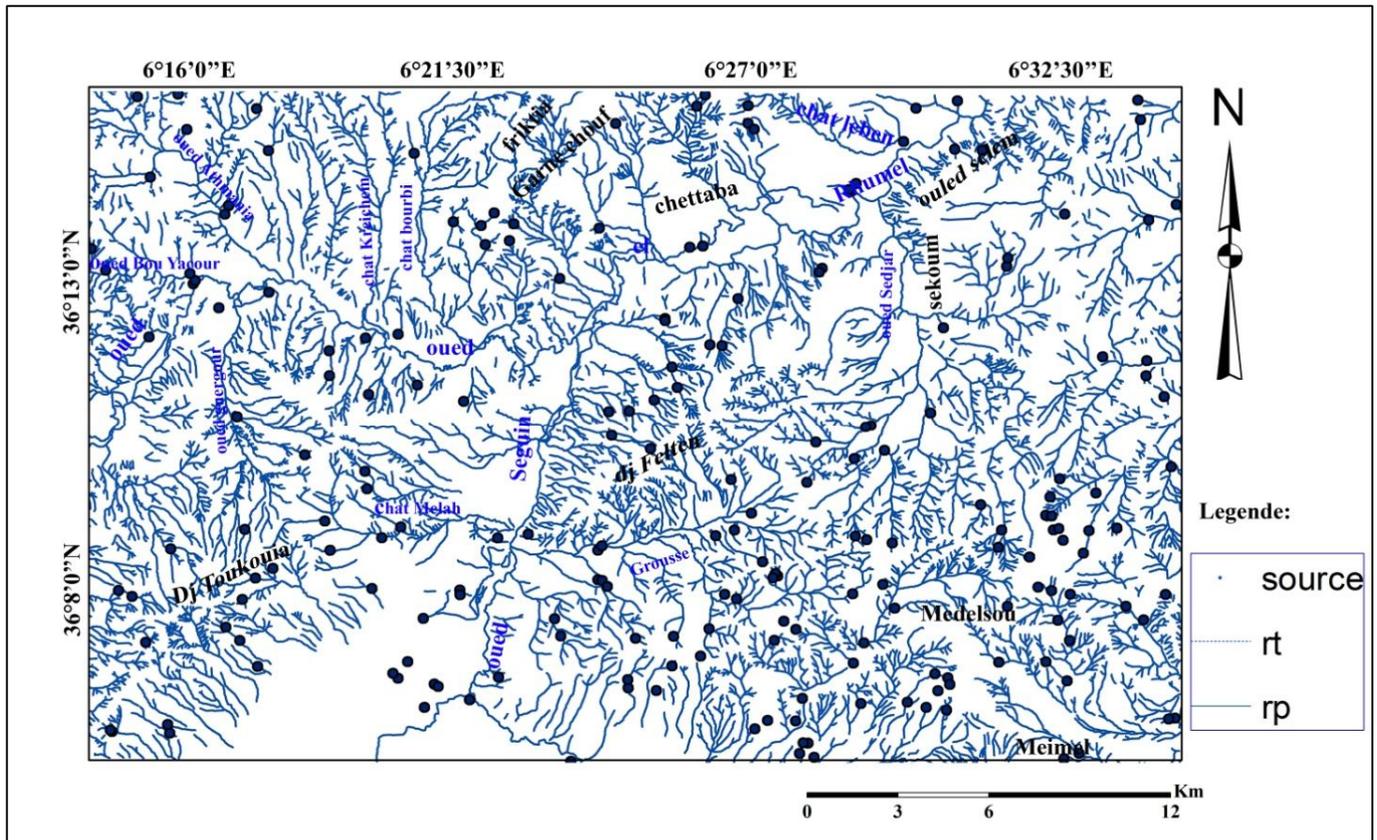


Fig.3.18. Carte du réseau hydrographique extraite de la carte topographique au 1 :50000ème.

#### 3.3.3 Analyse et anomalies du réseau hydrographique :

Les anomalies d'ordre hydrographique constatées, soulignent l'influence des données structurales sur la modification du réseau hydrographique. La principale particularité des cours d'eau dans cette région réside dans la densité et le type de répartition spatiale du chevelu hydrographique.

Une première analyse de la carte du réseau hydrographique, met en valeur une dissymétrie considérable des bassins versants, des rives des oueds et même du volume des

Structures géologiques. La carte du réseau hydrographique de la région d'étude montre aussi les modifications importantes des directions des cours d'eau imposés par la tectonique.

La vallée d'Oued el Rhumel est fortement dissymétrique, tant du point de vue de la distribution des morpho-structures que de l'organisation de son écoulement. Oued Rhumel

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

occupe un large chenal et coule sur une longueur de 30 Km présentant des méandres assez importants signifiant la complexité morphologique et tectonique du terrain traversé. La vallée présente aussi une dissymétrie dans la répartition de ses terrasses.

L'observation détaillée du réseau hydrographique et des MNT à l'échelle 1/25000<sup>ème</sup> montrent des perturbations assez significatives :

- Ecoulement linéaire des cours d'eau (oued Rhumel, oued Seguin, oued Bou yacour, oued Sedjar) sur des centaines de mètres ;
- Changements brusques des directions d'écoulements ;
- Angularités parfaite des oueds ;
- Resserrement d'oued Rhumel au Nord d'Ain Smara ;
- Ramifications assez complexes ;
- Sinuosité assez particulière dans certaines parties qui reflète l'érosion différentielle du terrain ;
- Disparition de certains oueds;
- Apparition des sources linéaires ;
- Perpendicularité du chevelu hydrographique dans la partie occidentale de la carte.

#### 3.3.3.1. Cas particuliers d'écoulement dans la zone d'étude :

##### -Oued el Rhumel

L'écoulement et le débit de l'oued el Rhumel, de Chalghoum el Aïd jusqu'à Ain Smara, traversant la ville de oued el Athmania est irrégulier (Fig.3.19). Oued Rhumel change sa direction plusieurs fois et se ressert au niveau d'Ain Smara. La dissymétrie de la répartition spatiale des terrasses et des morpho-structures de part et d'autre de cet oued, s'explique par la présence d'obstacles structuraux pluridirectionnelles et de l'hétérogénéité des terrains traversés. La vallée de l'oued el Rhumel se compose essentiellement de méandres. Ce type de réseau méandriformes apparaît dans les cours inférieurs à faible pente où les eaux ont une vitesse réduite et une faible et fine charge sédimentaire.

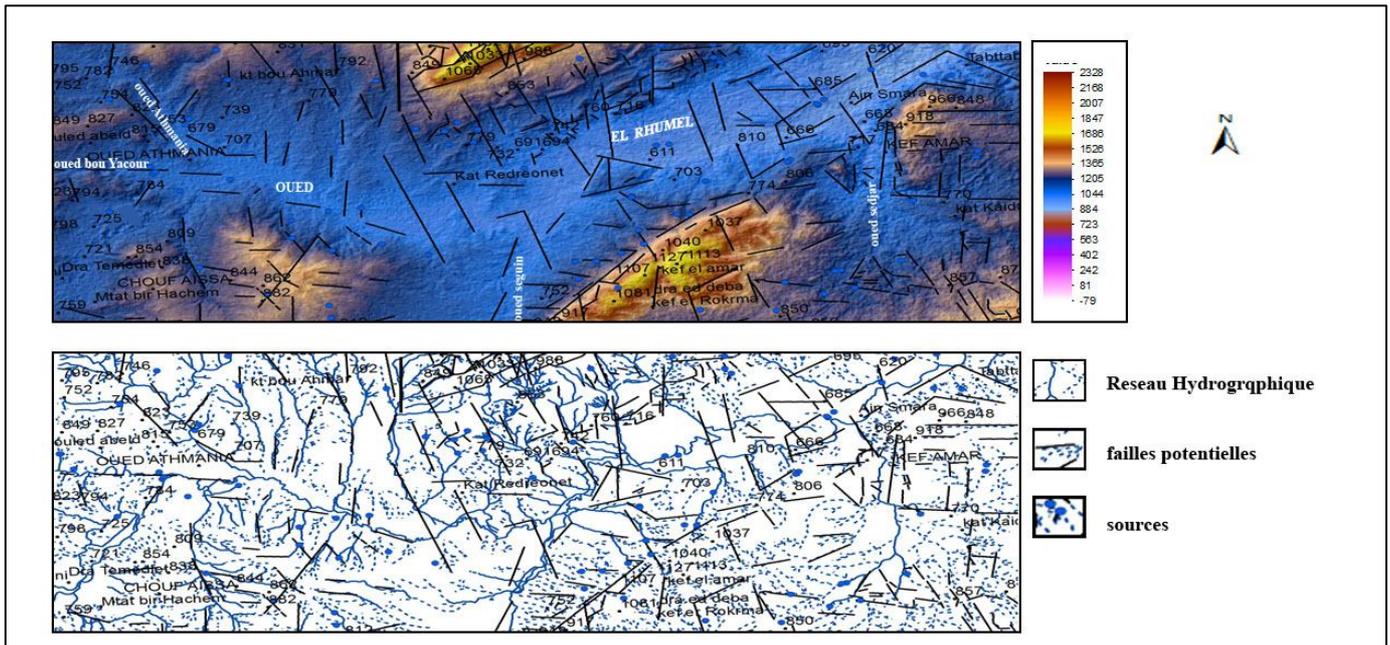


Fig. 3.19 . Particularités hydrographiques dans le bassin d'effondrement d'Ain Smara

**-sous bassin d'oued Athmania :**

1. Ecoulement linéaire et régulier sur des centaines de mètres de l'oued Bourbi, le long de son trajet pour rejoindre Oued el Rhumel avec un angle de 90° (type parallèle).  
Ce type indique généralement une pente moyenne à forte, mais peut également se trouver dans les régions à structure topographique allongée et parallèle (Fig 3.20), On note aussi au centre de la carte la disparition de certains cours d'eau avant de rejoindre le cours principale, ceci s'explique par la perméabilité des terrains traversés et la perte d'eau le long des accidents tectoniques.
2. Ecoulement linéaire EW et irrégularité dans le débit de l'oued Bou Yacour sur 5 km avec des perturbations méandrique jusqu'à rejoindre oued el Rhumel avec la même direction, ceci explique par la faible pente et la fine charge sédimentaire avec le rôle de la tectonique.
3. Ecoulement linéaire NW-SE de l'oued Athmania qui forme avec son affluent une forme arborescent (dendritique), ceci s'explique par la présence des sédiments uniformément résistants, horizontaux ou biseautés par une surface horizontale.

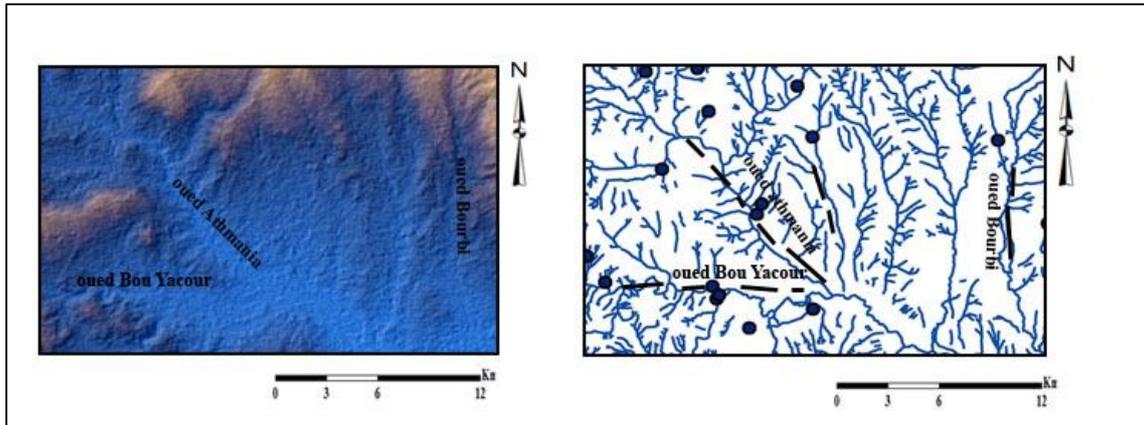


Fig. 3 .20 . Ecoulement linéaire et chevelu hydrographiques parallèle dans le sous bassin d'oued Athmania

**-Le sous bassin d'oued Sedjar**

Ecoulement linéaire et arborescent intense bien canalisé, diffus dans la partie inférieure d'oued Sedjar avec la présence de plusieurs sources alignées, ceci s'explique par l'hétérogénéité des terrains traversés et par la présence des obstacles d'origine tectonique (Fig .3 .21)

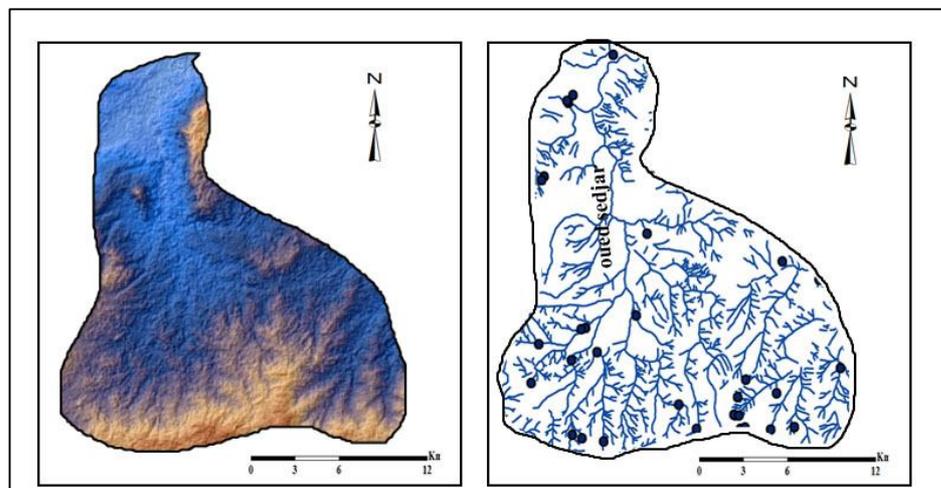


Fig .3 .21 Ecoulement dendritique et anomalies hydrographiques

**Dans le sous bassin d'oued Sedjar**

**Le sous bassin d'oued Guergour :**

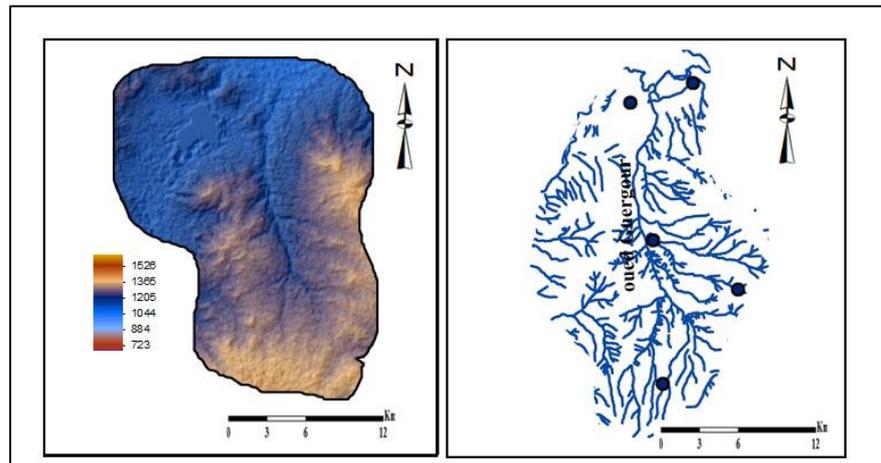
- Une dissymétrie et érosion différentielle et intense bien canalisé d'Oued Guergour qui est expliquée par la présence des terrains fragiles et d'obstacles d'origine structurale (faille N-S).

### CHAPITRE 3

#### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

Les pertes d'eau le long de la faille ouverte N-S expliquent l'irrégularité du débit de oued Guegour.

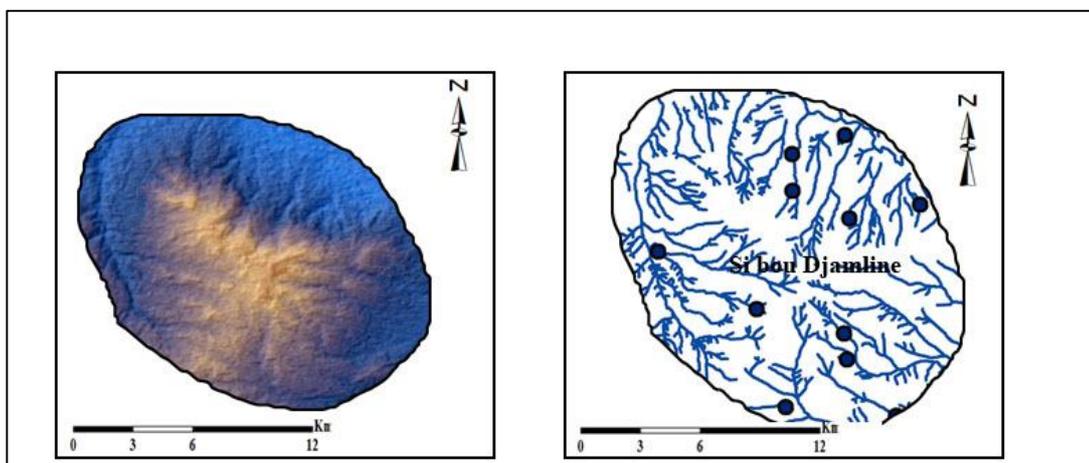
- L'apparition de plusieurs sources d'eau alignées le long de la direction N-S, vient confirmer la présence de l'accident en question.



**Fig. 3.22. Ecoulement linéaire N-S dans le sous bassin versant d'oued Guergour Ferroudj.**

- **Le dôme de si Bou Djamline :**

La figure 3.23a montre un drainage radial divergeant au niveau de Si Bou Djamline avec la présence de plusieurs sources, expliquées par la présence des structures auréolaires, de type dôme tectonique tardif, en profondeur.



**Fig. 3.23a. Ecoulement radial dans la dôme de si Bou Djamline .**

3.3.3.2. Analyse linéamentaire du réseau hydrographique :

1. Définition :

Le terme linéament est issu du latin linea qui signifie ligne. De nombreuses définitions lui ont été données (Sander, 2007), nous préférons pour notre part, elle donnée par Hobbs (1912, in O'Leary et al. 1976, Lachaine, 1999): «lignes significatives du paysage révélant l'architecture cachée du sous sol rocheux». Cette définition attribue un sens particulier au mot linéament et l'associe à un caractère géologique porteur d'informations sur les structures.

Benabbas (2006), définit le terme linéament comme suit : « Des structures rectilignes ou légèrement incurvées qui apparaissent dans le paysage et qui peuvent correspondre soit à des traits physiographiques liés à la végétation, l'hydrographie ou à la morphologie: crêtes, limites de reliefs; soit à des lignes d'affleurements ou encore à des éléments d'origine structurale: failles, rebroussements de couches, réseau dense de diaclases. Les linéaments peuvent être aussi le reflet de structures profondes (flexures, failles de socle, des plis profonds)».

2. Principe et méthode :

La méthodologie adoptée consiste en une cartographie des linéaments à partir du réseau hydrographique de la région en utilisant la méthode de Rascatov (Fig3. 23b.). Les linéaments relevés sont visibles en figure 3.23 et compilés dans le tableau.3.1, ou on donne l'orientation, la longueur et les éléments de jugement de chaque linéament. Les éléments identifiés sont ensuite confrontés à la carte topographique et à la carte géologique.

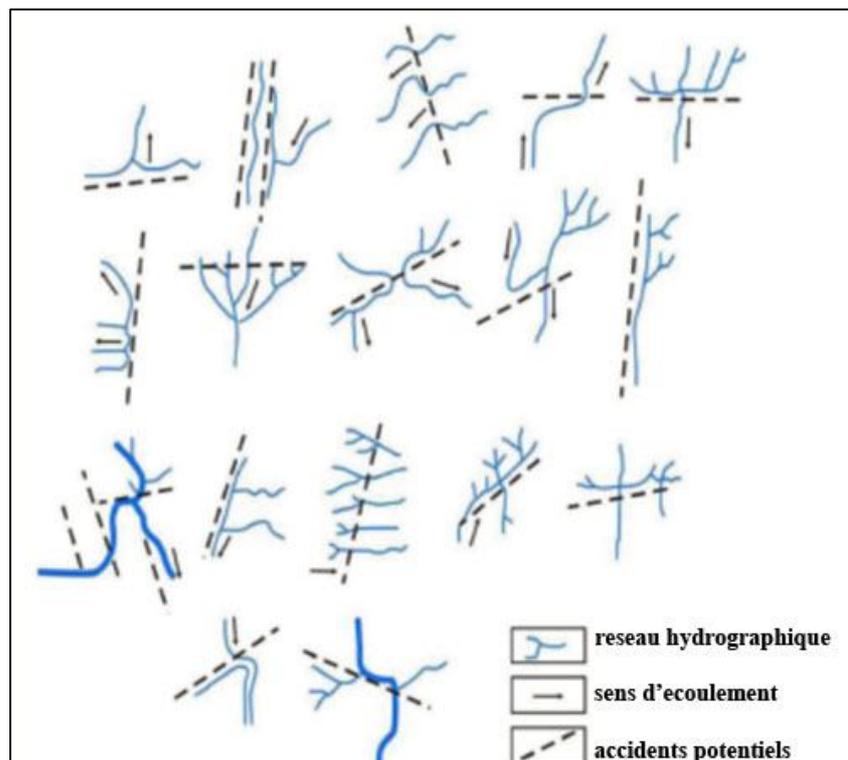


Fig. 3.23b. Méthode de Rascatov de déchiffrement des linéaments hydrographiques

CHAPITRE 3

PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

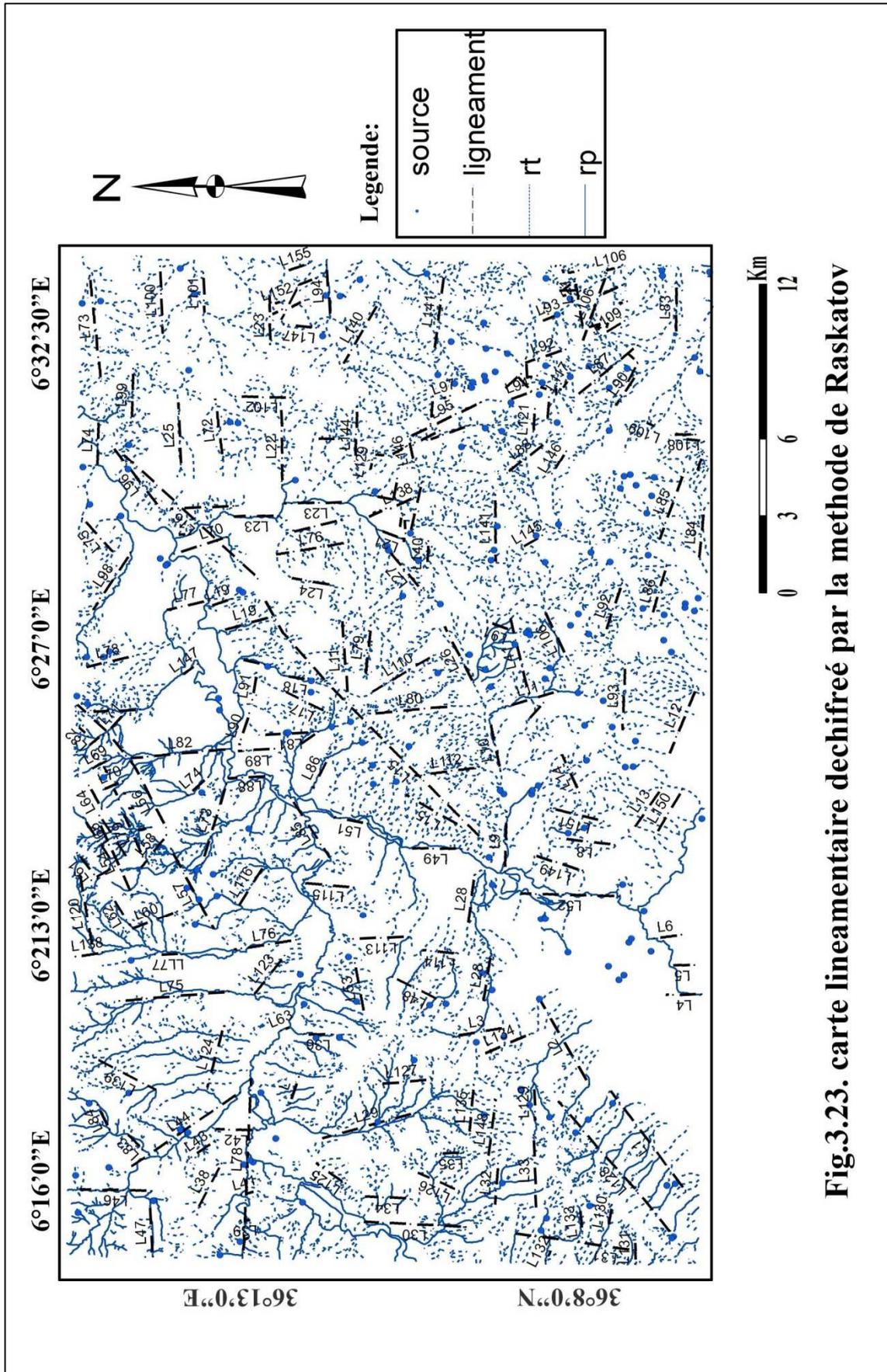
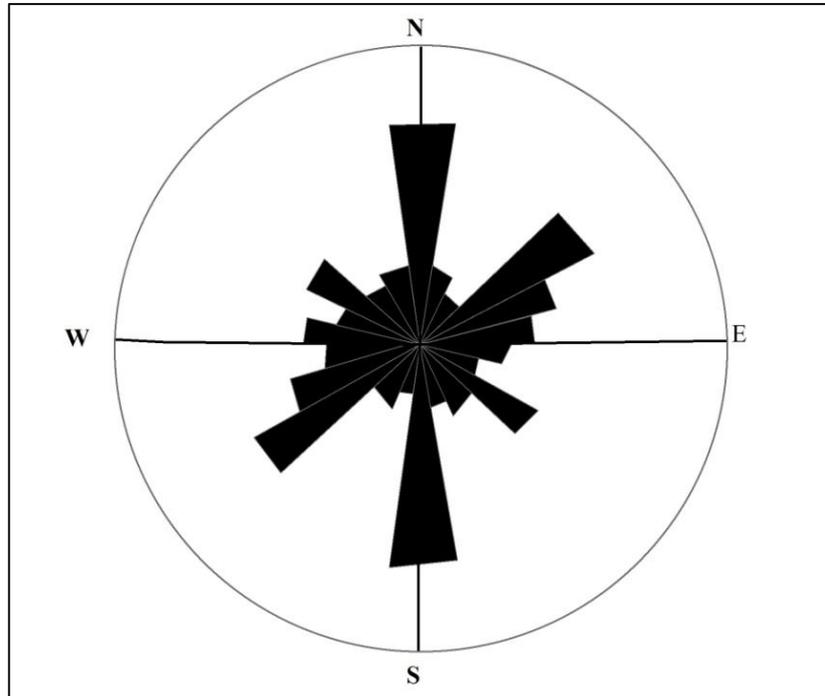


Fig.3.23. carte lineamentaire dechifreee par la methode de Raskatov



**Fig.3 .25. Rosace des directions des linéaments sous Rock Work .**

### **3.Interprétation des résultats :**

L'analyse linéamentaire du réseau hydrographique a permis de mettre en évidence deux directions majeures N-S (30 %), NE-SW (27.19%), NW-SE (26.15%), E-W (16.92%) qui sont des directions structurales. Ces dernières sont bien marquées par le tracé du réseau hydrographique. Les tracés du chevelu hydrographique ne suivent pas une forme monotone dans toute la feuille, ils sont tantôt radiaux, tantôt parallèles, souvent dendritiques ou arborescents, guidés par les morpho-structures et la nature lithologique des terrains traversés. La direction E-W est peu visible dans notre terrain d'étude, elle montre des grandes ampleurs (atteint jusqu'à 4km de longueur) et elle est bien marquée par le tracé du chevelu hydrographique.

### **4. Analyse et cartographie des indices de l'instabilité dans la région :**

Cette partie vise à cartographier les zones instables dans le secteur d'étude et de relever les signatures de la tectonique récente.

Nous avons utilisé comme outil, l'analyse et l'interprétation des photos aériennes qui offrent de larges possibilités d'analyser le terrain d'étude.

Dans la région de Mila, en général, et dans notre région d'étude, en particulier, les berges de oueds (oued el Rhumel, oued Guergour, oued Sedjar ) et les versants de montagne ( Chettaba, Felten) sont le siège de la plupart des instabilités. Ces derniers se manifestent sous forme de glissements de terrains, chute de blocs ou solifluxion. Ils sont le résultat de la conjugaison de

plusieurs facteurs de prédisposition et de déclenchement (relief accidenté, prédominance des terrains tendres, versants à pentes accentuées, climat agressif, intervention anthropique). Les instabilités occasionnent régulièrement des dégâts préjudiciables sur l'environnement (blocage et destructions des routes, fermeture provisoire des voies de communications), particulièrement sur la RN 5.

#### **4.1 : Interprétation des photos aériennes :**

La photo interprétation est un document très important pour toute étude géologique, elle apporte beaucoup de nouvelles informations qui n'existent pas sur la carte topographique. Le stéréoscope permet au géologue d'identifier les différents types de roches, de délimiter les diverses parcelles de culture, de déterminer les structures géologiques, et de déceler par ailleurs les différentes anomalies morpho-structurales et les problèmes d'instabilités de terrain.

Le déchiffrement des photos aériennes et la réalisation de la Photo-carte 1 (Fig 3.26 : assemblage des photos 14-15-16-17-18-19 de la boîte N°96) a permis de tirer les constatations ci-dessous.

L'analyse de l'ensemble des photos aériennes couvrant le secteur de Kat Guemeh, au Nord d'oud Bou Yacour montre :

- Des instabilités sur le versant nord de Kat Guemeh sous forme de solifluxions, avec des discontinuités dans les couches calcaires du pliocène
- Plusieurs corps glissants de grande ampleur qui se développent au Sud de kat Guemeh menaçant le barrage d'oued Athmania et les différentes infrastructures de la région.
- Un grand degré de fracturation affectant la zone et qui touche des terrains récents.
- Présence des éboulis aux pieds de la corniche calcaire de Kt Guemeh dues à la dislocation des calcaires pliocènes.
- Erosion intense dans les calcaires du Pliocène.

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

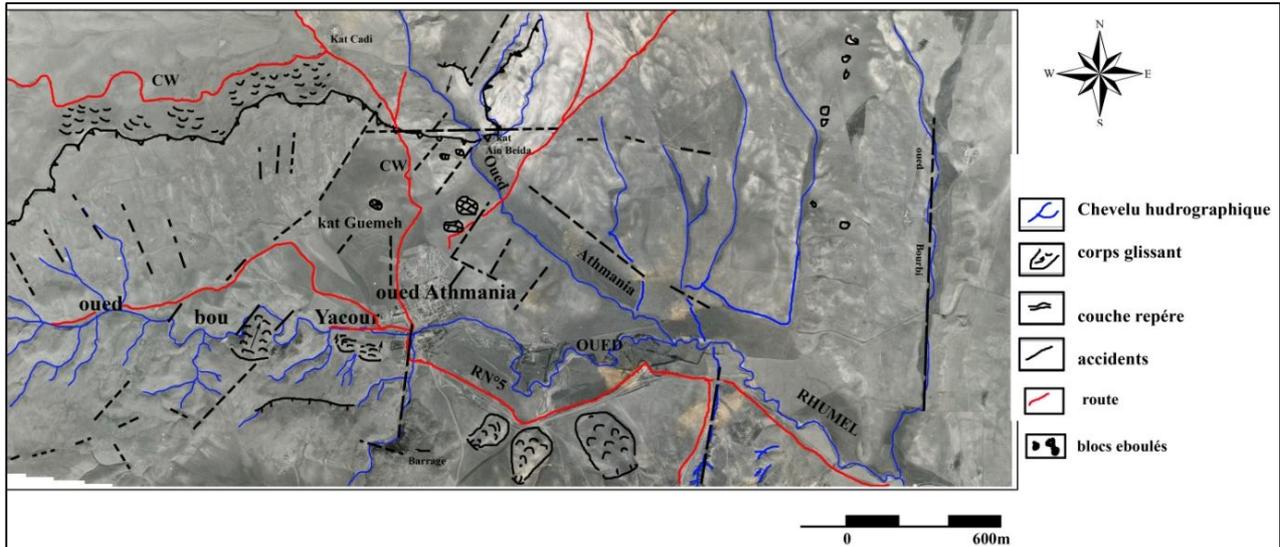


Fig .3.26. Photo-carte montre les instabilités au Nord d'oued Bou Yacour.

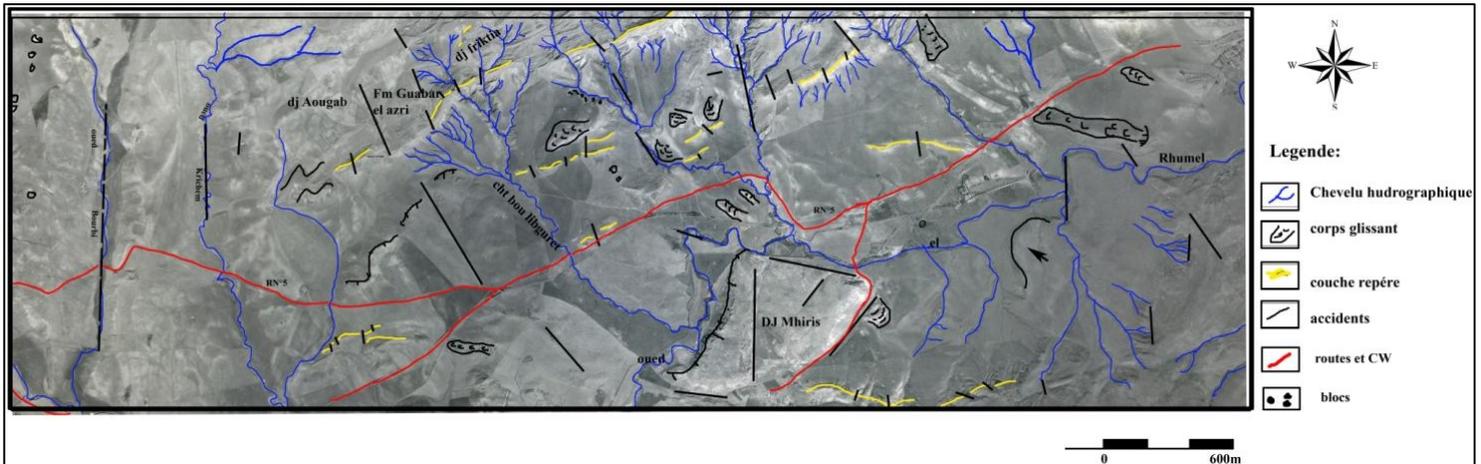
#### 1. Photo-carte 2 : (Fig3.27 : assemblage des photos 19-20-21-22- de la boîte N°96).

Le versant Nord de dj Friktia présente :

- Des discontinués avec des dislocations dans les calcaires du Maestrichtien et du Cénomanién.
- Une fracturation intense affectant le versant Nord de dj Friktia avec la prédominance de la direction N130°E.
- Des corps glissants dans la couverture sénonienne qui se développent aux pieds du massif, sur les deux rives d'oued el Rhumel et aux pieds de dj Mhiris et qui sont dues essentiellement au grand degré de fracturation affectant la zone d'étude et qui menacent la route nationale N°5.
- Changement de type de drainage (parallèle à subparallèle) signifiant le changement des terrains traversés.

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

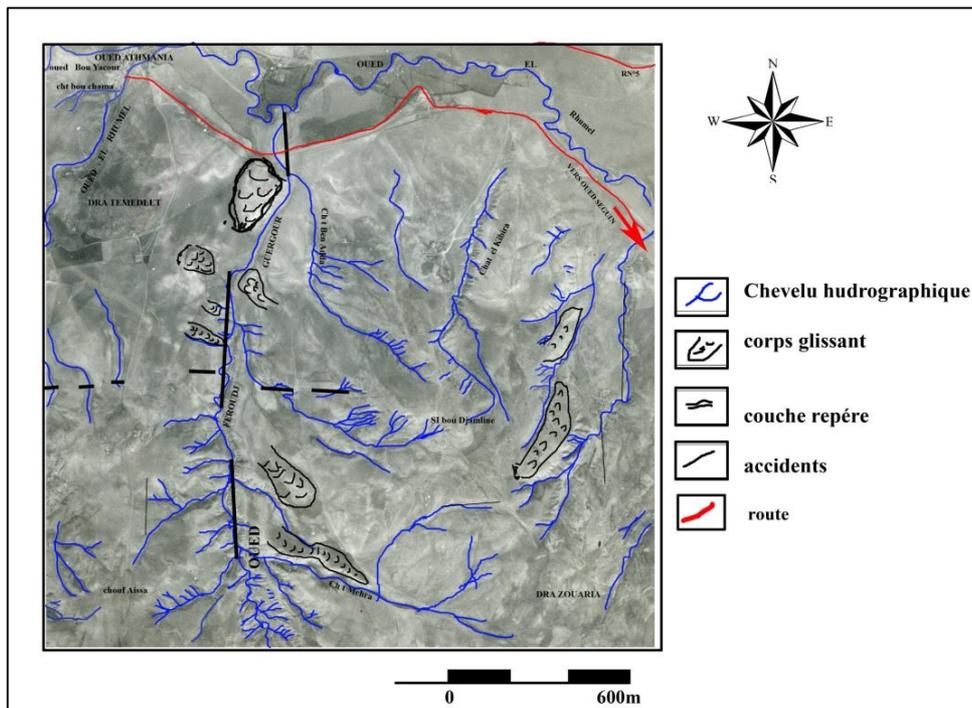


**Fig .3.27. Photo-carte montrant la fracturation et les instabilités au flanc Nord de dj Frikia.**

#### 2. Photo-carte 3 :Fig3.28: (assemblage des photos 39-40 de la boîte N°96)

L'analyse de cette photo carte montre :

- Un ravinement intense et profond de chaabat Guergour.
- Des corps glissants qui se développent au niveau de chaabat Guergour et ses affluents et qui menacent le chemin de la wilaya qui mène vers oued Seguin et RN°5 .
- Une fracturation récente intense N-S contrôlant l'écoulement d'oued Guergour.



**Fig .3.28. Photo-carte montre les instabilités au niveau de chaabat Guergour et RN°5.**

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

#### 4.2 : Cas de désordres dans la région :

Dans la région d'oued Athmania, la route nationale n°5 et les chemins de la wilaya (CW), connaissent d'importants glissements de terrain occasionnés lors des périodes pluvieuses et accentués par leurs prédispositions au glissement (relief montagneux et nature lithologique du terrain). Nous pouvons citer plusieurs cas de glissements de terrains survenus à oued Athmania, plus particulièrement ceux qui touchent la RN 5, le barrage oued Athmania et le chemin de Wilaya n°1 34 (Fig.3.29).



Fig.3.29 : Localisation des zones instables dans la région d'étude.

#### 1- Le glissement de la route nationale N°5 :

Le tracé de la route nationale N°5 traverse une topographie accidentée et des terrains variés sur le plan géologique et géomorphologique. Un tronçon de la route nationale 5 (zone A) traverse un versant irrégulier, moutonné, à pente raide, constitué par des formations du Mio-pliocène et du quaternaire (argiles, conglomérats, éboulis). Le site présente des indices d'instabilités (niches d'arrachements, solifluxion, replat de glissement ....etc.). En outre, l'instabilité du versant entraîne l'affaissement d'une partie de la route et le cisaillement et la déformation des bordures de trottoir (Photo .3.5)

## CHAPITRE 3

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

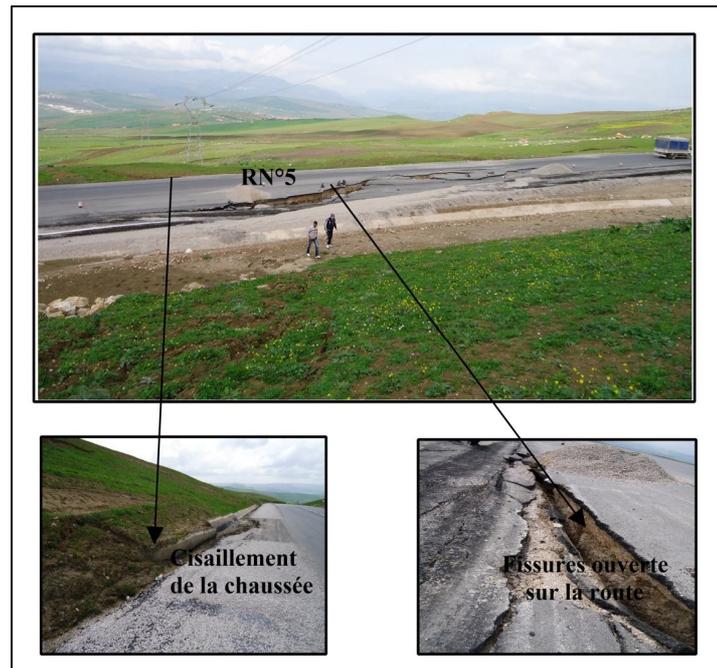


Photo.3.5 : Affaissement de la RN°5 suite à un mouvement

#### 2 : Glissement au niveau de CW134 :

Le chemin de la wilaya N°134 menant vers oued Athmania, traverse une topographie tourmentée, une pente moyenne à raide et des dépôts discordants sur les séries antérieurs. Les affleurements sont riches en gypse, ce qui favorise les glissements de terrain. Ces derniers se présentent sous forme de replats topographiques, de sols moutonnés et gorgés d'eau, de boursofflures et de ravinement intenses. Ces déformations importantes en surface font penser à des paléo-mouvements réactivés actuellement (Photo .3.6) .

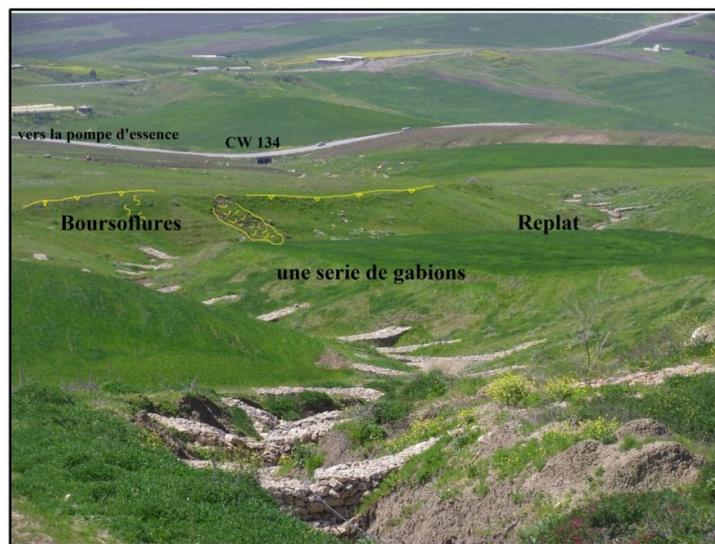
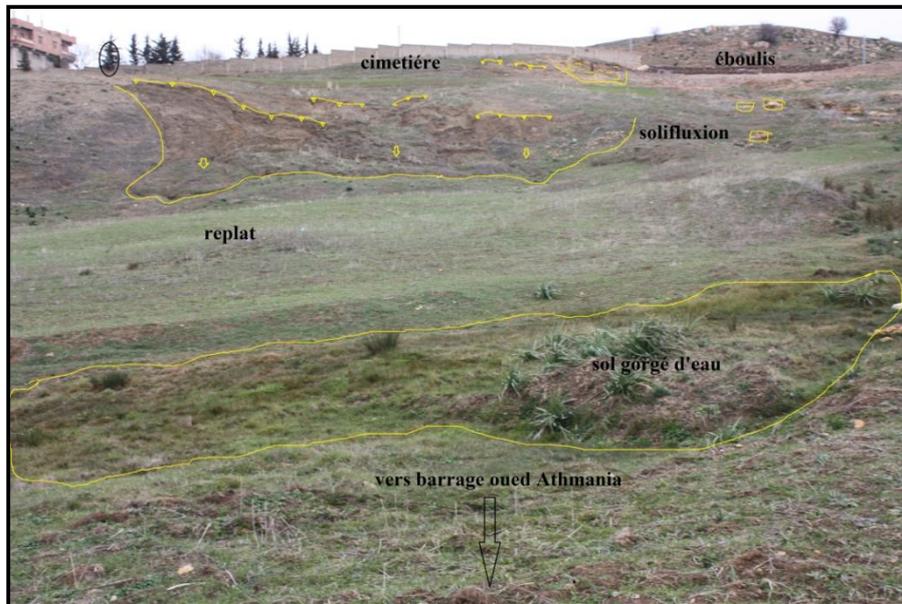


Photo.3.6.: Glissements de terrain affectant CW134

#### 3 Le barrage d'Oued Athmania :

Le barrage d'oued Athmania est implanté sur un terrain constitué principalement d'une succession de formations argileuses et des marno- calcaires du Miocène continental, recouvertes par des calcaires lacustres. Lors de nos sorties de terrain, nous avons noté la présence de plusieurs instabilités de type coulées à blocs et solifluxions de grande envergure qui menacent sérieusement le barrage. Cette instabilité est du essentiellement au contexte lithologique du terrain (marnes, argiles à gypse) sur lequel est implanté le barrage, ainsi qu'aux propriétés morphologiques du site (terrain moutonné, gorgé d'eau ...)



**Photo .3.7 : Glissements de terrain affectant le chemin de la wilaya 101 menant vers le barrage d'Oued Athmania.**

#### Conclusion :

L'analyse morpho structurale basée sur l'interprétation des cartes hypsométriques et le modèle numérique de terrain (MNT) de la région d'étude, a permis de mettre en évidence les constatations suivantes :

- Un grand degré de déformation dans un relief jeune (djebel Toukouia).
- Surcreusement linéaire de certains oueds reflétant l'érosion intense dans la région (oued Sedjar, oued Guergour).

## CHAPITRE 3

---

### PARTICULARITES MORPHO-GEOLOGIQUES, HYDROGRAPHIQUES, INDICES D'INSTABILITES ET DE LA NEOTECTONIQUE

- Des limites orographiques rectilignes qui pourraient coïncider avec des accidents (dj Felten, dj Medelsou, dj Friktia.).
- Changement brutal de direction et angularité de certains oueds qui sont contrôlés par la tectonique.

L'analyse du réseau hydrographique montre que la région d'étude est caractérisée par un chevelu hydrographique dense. L'influence de la tectonique sur les types d'écoulements est considérable, elle se traduit par des perturbations dans le chevelu hydrographique et la dissymétrie des rives des oueds, notamment oued el Rhumel et oued Seguin. La carte linéamentaire a fait ressortir de nouvelles structures et à confirmer certaines autres.

Le recoupement des anomalies d'ordre géologique, morphologique, hydrographique nous a permis d'identifier, de caractériser et de cartographier de nouvelles morpho-structures et d'identifier les zones propices aux glissements de terrain.

# **CHAPITRE 4**

**CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE  
DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX  
GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG**

## Chapitre 4

---

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

---

#### INTRODUCTION :

Les problèmes de mouvements de terrain de nature multidimensionnelle et interdisciplinaire, sont souvent mal définis et utilisent de nombreux critères d'importance inégale, nécessitant la manipulation d'une quantité considérable de données aussi bien quantitatives que qualitatives. La consultation de la bibliographie dans le domaine des géorisques montre, que peu d'approches se basent sur les procédés d'analyse des facteurs de mise en jeu des glissements de terrain (nature lithologique des sols, propriétés minéralogiques, néotectonique, caractéristiques physiques de terrain...), et utilisent la modélisation pour structurer les composantes et évaluer les critères du problème en fonction de leurs poids. C'est ce constat qui nous a amené à envisager l'examen de l'apport de la modélisation multicritère dans la cartographie des terrains susceptibles aux glissements, et d'identifier la minéralogie d'échantillons des terrains vulnérables.

L'objectif de cette partie, est d'élaborer une démarche pour la classification des zones susceptibles au glissement de terrain à partir de l'analyse multicritère et d'un système d'information géographique (SIG). Ce travail, utile aux décideurs, permettra une meilleure politique de planification urbaine, une meilleure gestion des risques et un développement durable de la région.

L'analyse multicritère fournit aux décideurs des outils permettant de résoudre des problèmes décisionnels complexes où plusieurs critères doivent être pris en compte dans le choix d'options (Salomon F., 2001). Ainsi, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à l'analyse hiérarchique multicritère, qui consiste à classer les sites potentiels à l'alea glissement de terrain sur la base d'un indicateur unique ou de différents indicateurs, le tout en vue de ressortir l'alternative qui s'approche le plus des objectifs recherchés et de la réalité de terrain. Cette démarche nécessite tout d'abord de cibler les facteurs principaux, puis de délimiter les alternatives d'un risque, d'établir les critères et leur pondération correspondante. Ensuite, il faut évaluer chaque critère pour chaque alternative et l'ensemble des résultats est inscrit dans des cartes décisionnelles alternatives/critères. Des matrices seront interprétées en vue d'obtenir un classement des différentes alternatives et de distinguer celle qui satisfait au mieux les exigences requises.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4. Cartographie de la susceptibilité d'alea glissement de terrain :

La cartographie de la susceptibilité et de l'instabilité des terrains, est devenue une étape indispensable dans la gestion des risques et l'aménagement du territoire, notamment ceux liés aux glissements de terrain. La susceptibilité exprime la probabilité d'occurrence spatiale d'un phénomène donné dans un lieu et dans un espace de temps bien déterminé (Varne, 1984). La région d'étude, qui fait partie du bassin de Mila est caractérisée, par la prédominance des terrains argileux, par un relief accidenté, une géomorphologie très complexe et des conditions climatiques qui font que la région est le siège de plusieurs instabilités de terrain.

La méthodologie adoptée constitue une conduite assurée vers de véritables systèmes d'aide à la décision. Elle exploite les fonctionnalités offertes par les systèmes d'information géographique (SIG), pour la structuration des données, la superposition des couches d'information et l'analyse spatiale des différentes thématiques. Elle inclue aussi, l'approche d'analyse hiérarchique multicritère AHP, qui permet d'assembler une multitude de critères de décision dans un seul modèle, de faire l'évaluation comparée de chaque paire de critères et de calculer leurs poids pour l'appréciation comparée de chaque paire d'options en regard de chaque sous-critère.

Dans cette partie, nous nous proposons d'appliquer la méthode « Analytical Hierarchy Process » dite AHP, pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain dans notre région d'étude. La superposition des différents facteurs de prédisposition et de déclenchement constitue la base des données pour la production de la carte de synthèse.

Les étapes de traitement sont illustrées en figure 4.1.

#### 4.1. Description de la méthode Analytical Hierarchy Process (AHP) :

La méthode AHP est une approche analytique multicritère d'aide à la décision. Elle repose essentiellement sur des calculs complexes ayant recours à l'algèbre matricielle. Cette méthode a été utilisée dans plusieurs domaines, tous aussi variés les uns que les autres, tels ceux concernant la planification des transports, l'analyse comparative des opérations logistiques, la gestion des risques naturels .....etc. Elle a été développée par Thomas Saaty en 1970, elle permet de décomposer un problème complexe en un système hiérarchique, dans lequel sont établies des combinaisons binaires à chacun des niveaux de la hiérarchie.

L'analyse par la méthode AHP consiste à :

- Représenter et modéliser les données à références spatiale ;
- Décomposer la problématique par la structuration du problème multicritère de façon hiérarchique plus simple à comprendre et à évaluer (classes, critères, poids) ;
- Créer des matrices et donner des poids pour chaque facteur (alternatives, critères et sous critères.) ;
- Structurer des priorités entre les critères et les rangs ;
- Etablir une cohérence logique entre les sous critères ;
- Synthétiser l'analyse de résultat semi quantitative par la production de la carte de synthèse.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

La méthode AHP passe par une conversion ordinaire, c'est-à-dire l'attribution d'un facteur de pondération aux critères (poids), et pour ce faire, nous utilisons une échelle adéquate, celle proposée par Saaty en 1984 (Tab .4.1).

**Tab.4.1. Echelle des valeurs utilisées par Saaty en 1984.**

| Degrés d'importance | Définitions  | Explications  |
|---------------------|--|---|
| <b>1</b>            | Importance égale des deux éléments                   | Deux éléments contribuent autant à la propriété   |
| <b>3</b>            | Un élément est un peu plus important que l'autre     | L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre |
| <b>5</b>            | Un élément est plus important que l'autre            | L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre  |
| <b>7</b>            | Un élément est beaucoup plus important que l'autre   | Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique                     |
| <b>9</b>            | Un élément est absolument plus important que l'autre | Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible.     |
| <b>2, 4, 6, 8</b>   | Les valeurs intermédiaires                           | Utilisé pour représenter un compromis entre les préférences poids 1, 3, 5, 7 et 9.                  |
| <b>Inverses</b>     | Opposites  | Utilisé pour la comparaison inverse.  |

CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

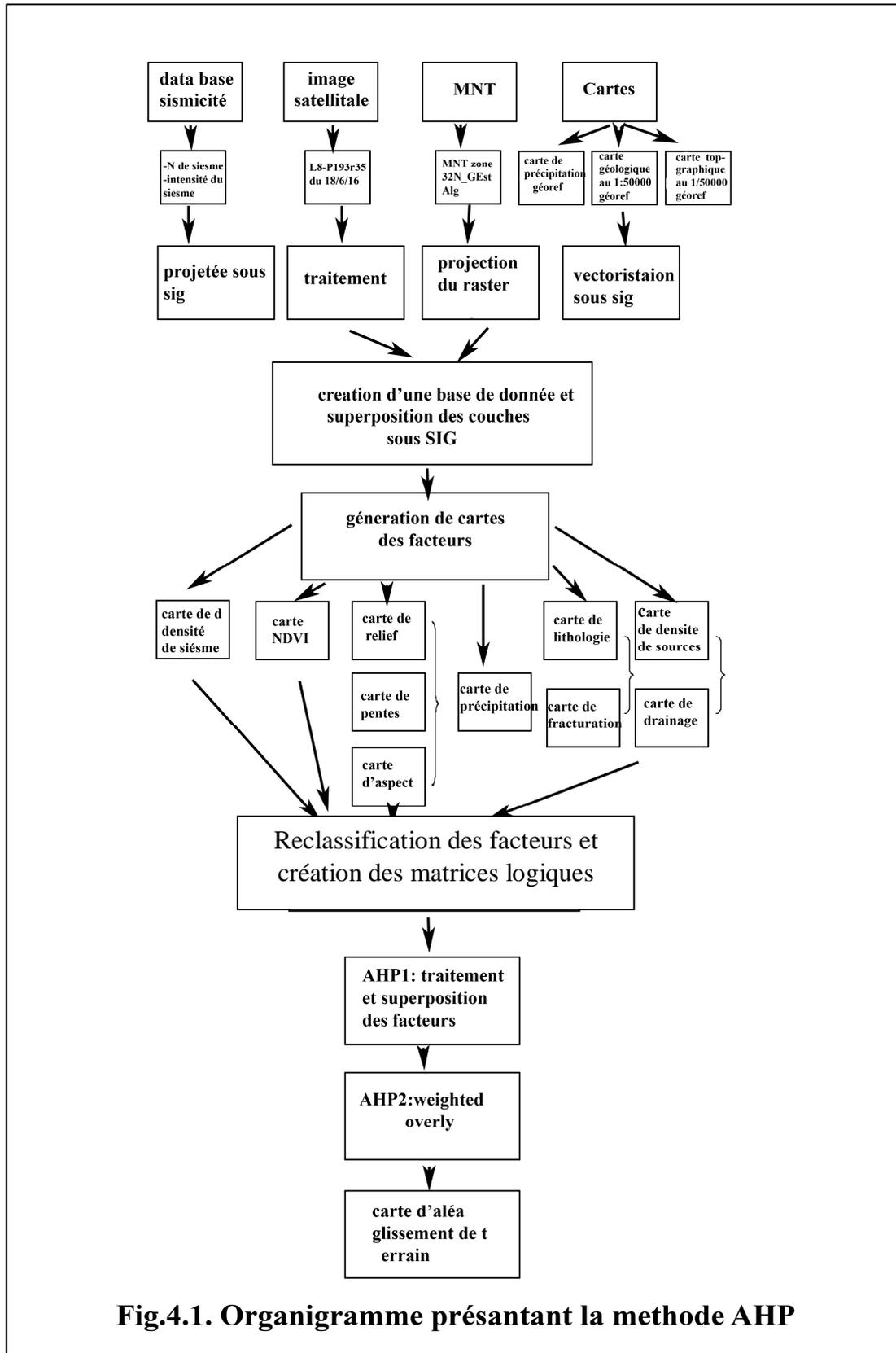


Fig.4.1. Organigramme présentant la méthode AHP

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

La comparaison constitue, à la fin, une matrice carrée où chaque valeur d'élément va de 1/9 à 9. Les éléments de la diagonale de la matrice sont toujours égaux à 1 alors que les éléments non diagonaux indiquent la perception relative de l'importance d'une caractéristique par rapport à une autre (Fig.4.2.).

$$A = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ 1/r_{12} & 1 & \dots & r_{2j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/r_{1j} & 1/r_{2j} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

**Fig4.2. Exemple de matrice de corrélation selon Saaty 1980.**

Une fois la matrice de comparaison remplie, on calcule sa valeur propre et son vecteur propre. Le vecteur propre indique l'ordre de la priorité ou de l'hierarchie des caractéristiques étudiées. Ce résultat est important pour l'évaluation de la susceptibilité, puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque critère. La valeur propre est la mesure qui permettra d'évaluer la cohérence ou la qualité du résultat obtenu. L'objectif de cette étape est de calculer le poids des facteurs et des classes et ainsi calculer le rapport de cohérence (CR). (Consistency Ratio) qui dépend du nombre de facteurs.

$$\mathbf{CR=CI/RI}$$

Où

**CR** rapport de cohérence (Consistency Ratio).

**CI** : indice de cohérence (Consistency Index).

**RI** : indice aléatoire (Random Index).

Pour une matrice de 10\*10 par exemple (Tab 4.2), le RI est 1.51 et le CR doit être inférieur à 0.1 pour accepter les poids calculés.

**Tab.4.2. les valeurs de l'indice aléatoire (RI).**

| N  | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.51 |

N : nombre de facteurs

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

La génération de la carte de susceptibilité au glissement de terrain passe par le calcul de la valeur de l'indice de la susceptibilité au glissement **LSI** (**L**andslide **S**usceptibility **I**ndex) pour chaque pixel.

$$LSI = \sum (W_i * R_i)$$

Où

**LSI** : est l'indice de la susceptibilité au glissement

**W<sub>i</sub>** : est le poids de facteur.

**R<sub>i</sub>** : est le poids de la classe.

Les valeurs obtenues de **LSI** seraient subdivisées en cinq catégories de zones susceptibles aux glissements de terrain **LSZ** (**L**andslide **S**usceptibility **Z**one) qui peuvent être classées en cinq zones :

- Zone rouge de très forte susceptibilité.
- Zone marron de forte susceptibilité.
- Zone orange de susceptibilité modérée.
- Zone jaune de faible susceptibilité.
- Zone verte de très faible susceptibilité.

#### 4.2. Résultats et discussion :

L'utilisation de la méthode d'analyse multicritère (AHP) combinée à des systèmes Information géographique (SIG), offre une aide à la prise de décision pour l'évaluation.

De l'aléa glissement de terrain. La principale production cartographique de cette étude est une carte de synthèse globale générée, suite un processus décisionnel, comprenant la modélisation des couches d'information, la conversion en raster des layers, le calcul des poids relatifs aux critères suivant la méthode AHP et l'intégration de leurs poids sous un SIG en vue de leurs agrégations. Le résultat de l'agrégation des différentes cartes critères suivant leur poids, nous a permis de classer l'aire d'étude en zones de susceptibilité différentes.

Le principe d'élaboration des cartes des différents facteurs qui interviennent dans la L'instabilité des terrains est basé sur l'évaluation multicritère et l'appréciation experte des poids relatifs de ces facteurs pour établir une matrice dont les éléments sont comparés par paire (Tab.4.3), cette opération est suivi de la même manière pour la construction des matrices de corrélation, dont le **CR** (Consistency Ratio) et le **rang** (poids) sont calculés et ce pour chacun de facteurs.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

**Tab.4.3. Matrice de corrélation des facteurs comparés par paire.**

| Facteurs  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | Poids en% |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>1</b> | 4        | 5        | 2        | 5        | 5        | 3        | 2        | 5        | 2        | 0.14      |
| <b>2</b>  | ¼        | <b>1</b> | 1        | 1/6      | 1/3      | 2        | ¼        | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 0.0231    |
| <b>3</b>  | 1/5      | 1        | <b>1</b> | 1/5      | 1/3      | ½        | ¼        | 1/3      | ½        | 1/5      | 0.024     |
| <b>4</b>  | 2        | 3        | 5        | <b>1</b> | 5        | 5        | 5        | 3        | 5        | 3        | 0.0236    |
| <b>5</b>  | 1/5      | 3        | 3        | 1/5      | <b>1</b> | 2        | ½        | ¼        | 2        | ¼        | 0.061     |
| <b>6</b>  | 1/5      | ½        | 2        | 1/5      | ½        | <b>1</b> | 1/3      | ¼        | 1/3      | 1/3      | 0.118     |
| <b>7</b>  | 1/3      | 4        | 4        | 1/5      | 2        | 3        | <b>1</b> | 1/3      | 3        | 1/3      | 0.085     |
| <b>8</b>  | ½        | 5        | 3        | 1/3      | 4        | 4        | 3        | <b>1</b> | 3        | ½        | 0.089     |
| <b>9</b>  | 1/5      | 3        | 2        | 1/5      | ½        | 3        | 1/3      | 1/3      | <b>1</b> | ½        | 0.049     |
| <b>10</b> | 2        | 5        | 5        | 1/3      | 4        | 3        | 3        | 2        | 2        | <b>1</b> | 0.0174    |

**CR=0.07**

(1) Précipitation, (2) exposition des versants, (3) élévation, (4) pente, (5) indice de la végétation, (6) drainage, (7) densité de séisme, (8) fracturation et linéament, (9) densité de sources, (10) lithologie.

Le rapport de cohérence CR (Consistency ratio) de la matrice globale est de l'ordre de **0.07**, il est **admissible** pour appliquer la méthode AHP

#### **4.2.1. La lithologie :**

La lithologie joue un rôle très important dans la mise en jeux des glissements de terrain. Elle constitue le facteur le plus important dans notre estimation. Les argiles et les marnes miocènes qui occupent une partie importante dans notre secteur d'étude sont connue par leur susceptibilité au glissement de terrain, bien montrés par les dégâts occasionné sur la route N°5 reliant Constantine-Mila, l'autoroute (pk281) et certains chemins de la wilaya (Fig.4.3).

La matrice établie (Tab.4.4) montre que les marnes et les argiles marneuses du miocène prennent des poids importants par rapport aux autres classes, respectivement **0.30** et **0.18**, les éboulis **0.12**, les alluvions **0.04**, les calcaires **0.12**, trias **0.07**, les calcaires marneux **0.11**, les marneux calcaires **0.08**.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

**Tab.4.4. Matrice de corrélation des paires de la lithologie.**

| Lithologie          | Alluvions | éboulis | calcaire | clamarneux | marne | Marnocalcaire | terrasse | Trias | Argile-marneuse | Poids      |
|---------------------|-----------|---------|----------|------------|-------|---------------|----------|-------|-----------------|------------|
| Alluvions           | 1         | 0,33    | 0,5      | 0,5        | 0,33  | 0,2           | 0,25     | 0,16  | 0,11            | 0,04024183 |
| Eboulis             | 3         | 1       | 0,66     | 0,66       | 1     | 1,66          | 1,33     | 2     | 3               | 0,12752357 |
| Calcaire            | 2         | 1,5     | 1        | 1          | 1,5   | 2,5           | 2        | 3     | 4,5             | 0,12391465 |
| calcaire<br>marneux | 2         | 1,5     | 1        | 1          | 1,5   | 2,5           | 2        | 3     | 4,5             | 0,11391465 |
| Marne               | 3         | 1       | 0,66     | 0,66       | 1     | 1,66          | 1,33     | 2     | 3               | 0,30752357 |
| Marnocalcaire       | 5         | 0,65    | 0,45     | 0,45       | 0,6   | 1             | 0,8      | 1,2   | 1,8             | 0,08972261 |
| Terrasse            | 4         | 0,75    | 0,5      | 0,5        | 0,75  | 1,25          | 1        | 1,5   | 2,25            | 0,06148113 |
| Trias               | 6         | 0,5     | 0,33     | 0,33       | 0,5   | 0,83          | 0,66     | 1     | 1,5             | 0,07799087 |
| Argile-<br>marneuse | 9         | 0,33    | 0,22     | 0,22       | 0,33  | 0,55          | 0,44     | 0,66  | 1               | 0,18768712 |

**CR =0.08**

#### 4.2. 2.Le relief :

L'analyse de la carte d'altitude montre la disposition de deux types de relief distincts : une zone haute qui couvre la partie montagneuse de la région dont l'altitude varie entre 750 et 1182 m au niveau dj Friktia, et une zone basse occupée par des vallées et des plaines dont l'altitude varie de 550m à 700m.

Les zones hautes dans la région occupent une surface moins importante que les zones basses, elles se distinguent par leur facies calcaire néritique du crétacé moyen et inférieur, un relief montagneux et fortement accidenté.

Les zones basses dans la région, sont représentées par des plaines, des dépressions intra-montagneuses, des vallées et des oueds, elles occupent des surfaces importantes et des terrains moins accidentés que les zones hautes, elles se caractérisent par la prédominance des terrains argileux et marneux qui sont le siège de la plupart des mouvements gravitaires (Fig.4.4).

En théorie, la susceptibilité aux glissements de terrain est proportionnelle à l'élévation qui est en relation directe avec les précipitations sous différentes forme (neige, pluie). Les sommets compris entre 1080 et 1192m sont souvent plus arrosés et sont le siège de fortes chutes de neige en hiver, cet état tend à diminuer en allant vers les terrains de faible altitude 550m-600m Tab.4.5.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

Tab.4.5. Matrice de corrélation des paires de relief.

| Relief           | 550-680  | 680-850  | 850-1020 | 1020-1190 | 1190-1360 | Poids      |
|------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| <b>550-680</b>   | <b>1</b> | 3        | 5        | 7         | 9         | 0,5195775  |
| <b>680-850</b>   | 0,33     | <b>1</b> | 3        | 4         | 7         | 0,25929795 |
| <b>850-1020</b>  | 0,2      | 0,33     | <b>1</b> | 2         | 3         | 0,11165978 |
| <b>1020-1190</b> | 0,14     | 0,25     | 0,5      | <b>1</b>  | 2         | 0,06847142 |
| <b>1190-1360</b> | 0,11     | 0,14     | 0,33     | 0,5       | <b>1</b>  | 0,04099336 |

CR =0.01

CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

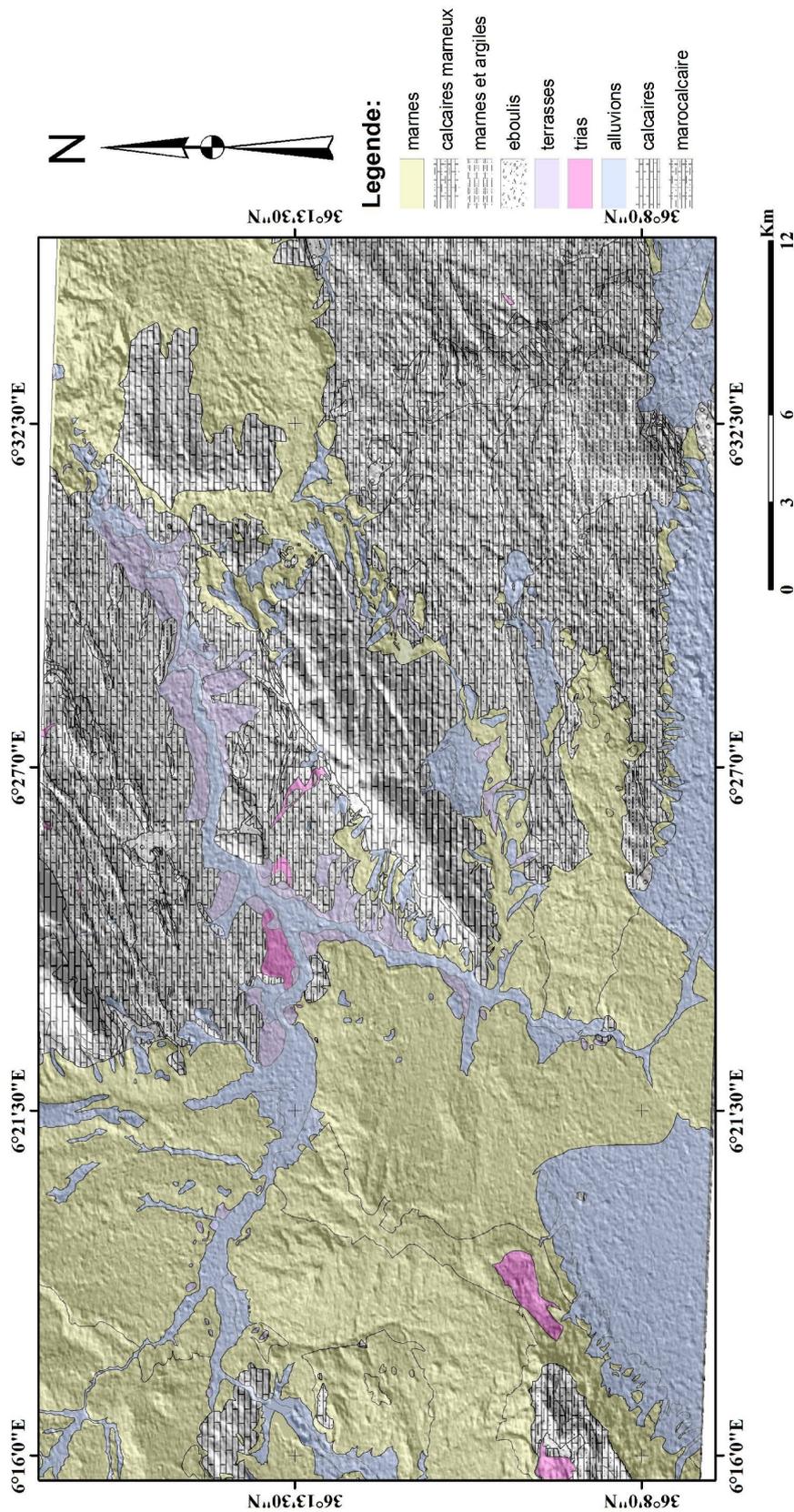


Fig.4.2. Carte lithologique reclassifiée de la région d'étude.

CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

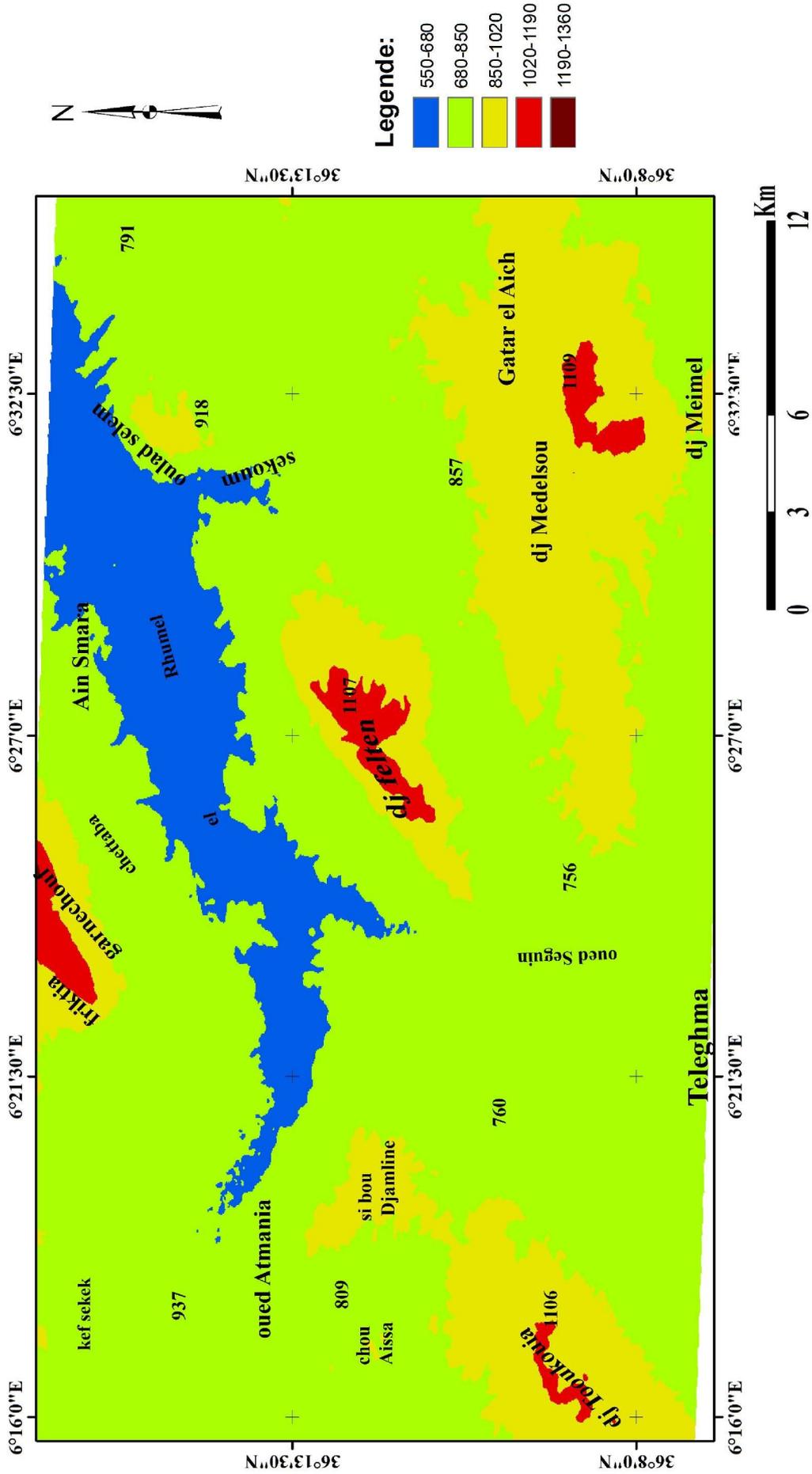


Fig.4.3. Carte de relief reclassifiée de la région d'étude

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.2.3. La pente :

La pente est le deuxième paramètre en importance dans notre estimation. La carte est dérivée d'un MNT (30m\*30m) et par reclassification des classes, nous avons généré une carte de pentes de six classes de **10° en 10°** et où les pentes varient de 0° à 60° (Tab.4.4).

La topographie de la région présente une large gamme des pentes (Fig.4.5.).

- **La catégorie 0-10°** : Les terrains sont de très faibles pentes, localisés dans la partie centrale de la carte. Ils sont les plus exposés aux inondations pendant les périodes pluvieuses de l'année.
- **La catégorie 10-20°** : les terrains sont de faibles pentes localisées dans la partie occidentale de la carte.
- **La catégorie 20°-30°** : Cette catégorie regroupe les terrains à pente moyenne, elle est largement prédominante et elle représente 52% de la superficie totale de la carte.
- **La catégorie 30°-40°** : Cette catégorie représente des terrains à pente modérée.
- **La catégorie 40°-50°** : Les terrains sont de forte pente, elle occupe les pieds de versants.
- **La catégorie 50°-60°** : Cette catégorie représente les terrains de pente très forte et occupe les versants de montagne.

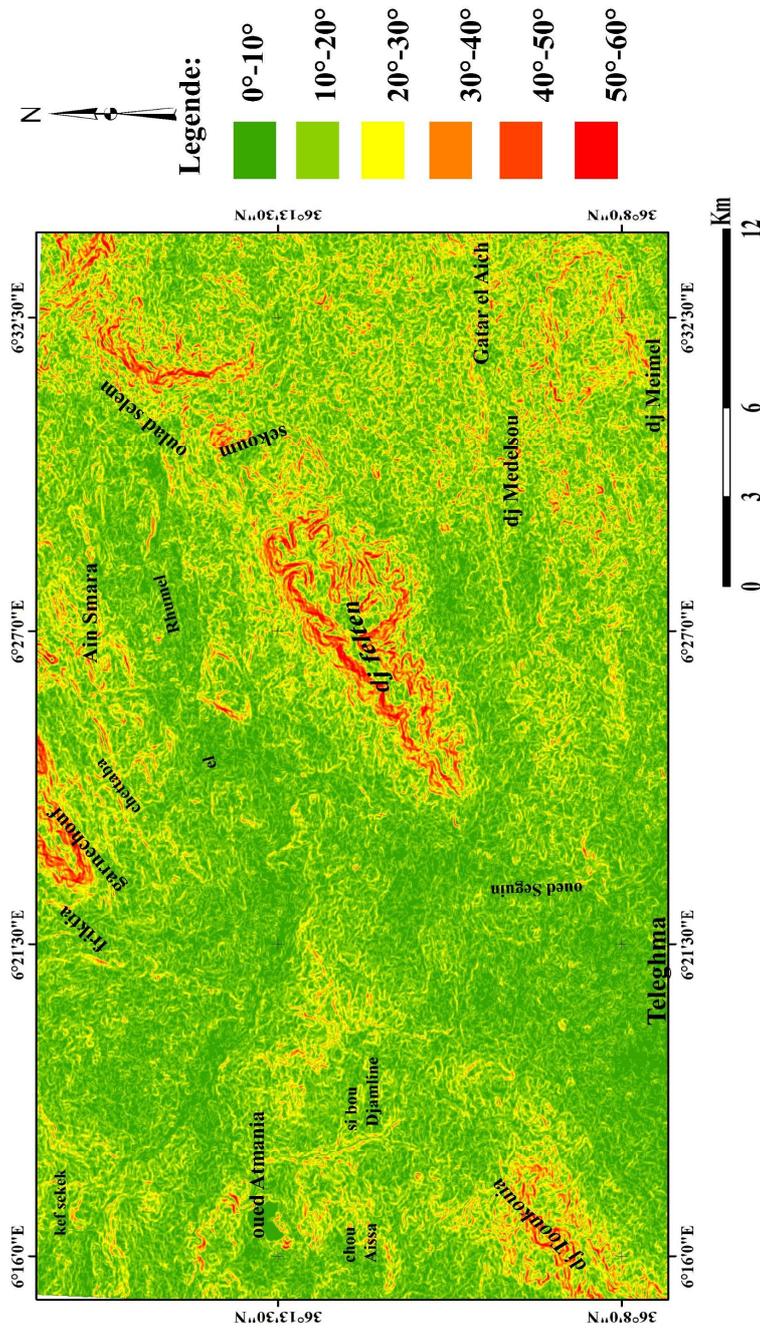
En théorie on admet que la susceptibilité est d'autant plus importante que la pente est raide. De ce fait, celles appartenant à la classe **50°- 60°** dispose un poids important **0.1421** (Tab.4.6) et cette classe prédomine globalement sur le versant montagneux (Frikitia-Garnechouf, Felten, Toukouia, Sekoum et Oulad Selem). La carte montre aussi, que les deux classes de **10°-20°** et **20°-30°**, les plus prédominantes, disposent de poids importants **0.30 à 0.20**, suivi par les terrains à pente **30°-40°** et **40°-50°** avec des poids **0.16 à 0.15**. La majeure partie du terrain d'étude est caractérisé par des terrains de moyennes à faibles pentes relativement moins susceptibles aux glissements de terrain. Les pentes faibles **0°-10°** occupent les niveaux bas des oueds (oued el Rhumel, oued Seguin, oued Bou Yacour, oued Sedjar....).

Tab.4.6 . Matrice de corrélation des paires de pentes.

| Pente   | 0°-10° | 10°-20° | 20°-30° | 30°-40° | 40°-50° | 50°-60° | Poids      |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0°-10°  | 1      | 0,33    | 0,2     | 0,14    | 0,13    | 0,11    | 0,03868959 |
| 10°-20° | 3      | 1       | 1,66    | 2,33    | 2,66    | 3       | 0,30717149 |
| 20°-30° | 5      | 0,6     | 1       | 1,4     | 1,6     | 1,8     | 0,20074595 |
| 30°-40° | 7      | 0,43    | 0,71    | 1       | 1,14    | 1,28    | 0,16045443 |
| 40°-50° | 8      | 0,38    | 0,63    | 0,88    | 1       | 1,13    | 0,15076229 |
| 50°-60° | 9      | 0,33    | 0,55    | 0,77    | 0,88    | 1       | 0,14217625 |

CR=0.07

CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG



4.4. Carte de pentes reclassifiée de la région d'étude

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

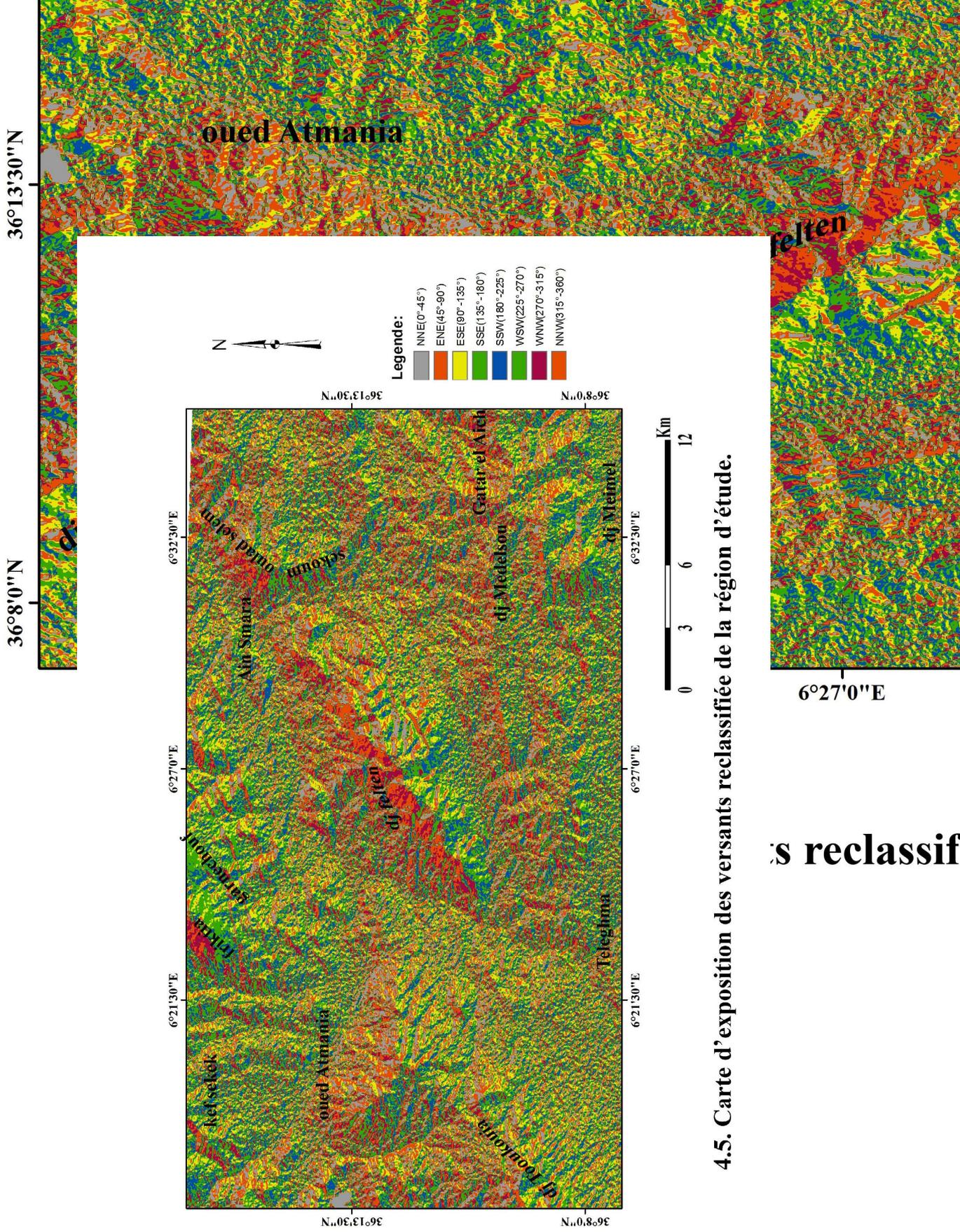
#### 4.2.4. L'exposition des versants :

L'exposition des versants est l'un des facteurs les plus importants dans la mise en place des glissements de terrain, il influence fortement le microclimat et par suite l'humidité du sol. La carte établie (Fig.4.6.) est un produit également dérivé d'un MNT (30m\*30m). En effet les versants les plus humides et les plus arrosés sont ceux orientés perpendiculairement aux directions des courants humides. Ils sont orientés WNW (270° -315°) et NN W (315°- 360°), et compte tenu à l'humidité du à cette exposition, ils sont les plus susceptibles au glissement de terrain et prennent des poids importants dans la matrice établie (Tab.4.7) de l'ordre de **0.29**, les autres directions NNE--SSE- SSW qui correspondent l'angle de 0° à 225° sont à l'ombre des courants humides.

**Tab.4.7. Matrice de corrélation des paires d'exposition des versants.**

| Aspect   | 1- 45 | 45-90 | 90-135 | 135- 180 | 180- 225 | 225 -270 | 270 -315 | 315 -360 | Poids      |
|----------|-------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| 0-45     | 1     | 0,33  | 0,5    | 0,5      | 0,33     | 0,25     | 0,11     | 0,11     | 0,02492054 |
| 45 -90   | 3     | 1     | 4      | 4        | 3        | 3        | 0,16     | 0,16     | 0,11907121 |
| 90-135   | 2     | 0,25  | 1      | 1        | 0,5      | 0,25     | 0,16     | 0,16     | 0,0386345  |
| 135- 180 | 2     | 0,25  | 1      | 1        | 0,5      | 0,25     | 0,16     | 0,16     | 0,0386345  |
| 180- 225 | 3     | 0,33  | 2      | 2        | 1        | 0,5      | 0,2      | 0,2      | 0,06220934 |
| 225- 270 | 4     | 3     | 4      | 4        | 2        | 1        | 0,2      | 0,2      | 0,11716597 |
| 270 -315 | 9     | 6     | 6      | 6        | 5        | 5        | 1        | 1        | 0,29968197 |
| 315- 360 | 9     | 6     | 6      | 6        | 5        | 5        | 1        | 1        | 0,29968197 |

**CR = 0.09**



4.5. Carte d'exposition des versants reclassifiée de la région d'étude.

is reclassif

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.2.5. Linéaments :

La tectonique de la région et particulièrement les failles actives jouent un rôle déterminant dans la mise en place des glissements de terrain, elles prennent plus d'importance quand elles sont conjuguées avec d'autres paramètres faille-lithologie, faille-séisme, faille-eau...etc.

La carte de fracturation utilisée dans cette estimation, est la superposition de deux couches d'informations, extraites de la carte géologique et de la carte linéamentaire couvrant notre secteur d'étude (Fig.4.7.). La méthode des zones tampons, a été également appliquée aux linéaments dont on distingue cinq classes, avec un pas de 900m de distance (Tab.4.8). La proximité par rapport à la fracturation exprime, la forte susceptibilité, toutefois, l'éloignement exprime l'inverse. Les classes (300-900) et (900-1800), prennent des poids importants, respectivement **0.55** et **0.23** alors que le poids des autres classes varie entre **0.03** à **0.1**.

**Tab.4.8. Matrice de corrélation des paires des linéaments.**

| Extension        | 300-900  | 900-1800 | 1800-2700 | 2700-3600 | 3600-4500 | Poids      |
|------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>300-900</b>   | <b>1</b> | 4        | 7         | 8         | 9         | 0,55817236 |
| <b>900-1800</b>  | 0,25     | <b>1</b> | 3         | 5         | 7         | 0,23848767 |
| <b>1800-2700</b> | 0,14     | 0,33     | <b>1</b>  | 2         | 4         | 0,10486444 |
| <b>2700-3600</b> | 0,13     | 0,2      | 0,5       | <b>1</b>  | 2         | 0,06102875 |
| <b>3600-4500</b> | 0,11     | 0,14     | 0,25      | 0,5       | <b>1</b>  | 0,03744678 |

**CR = 0.04**

#### 4.2.6. Réseau de Drainage :

Le réseau hydrographique contient une multitude d'informations concernant la fracturation, la nature et la perméabilité des terrains traversés, un substrat argileux avec une faible densité de drainage renseigne sur la dynamique d'un versant: un réseau dense indique la présence d'un substrat imperméable...etc. La carte du réseau de drainage utilisée dans cette estimation (Fig.4.8.), est extraite de la carte topographique couvrant la zone d'étude et où la méthode des zones tampon a été également appliquée. On distingue cinq classes avec un pas de 440m de distance. La distance inférieure à 440m est la plus susceptible aux glissements de terrain et représente le poids le plus important dans la matrice établie (Tab.4.7.).

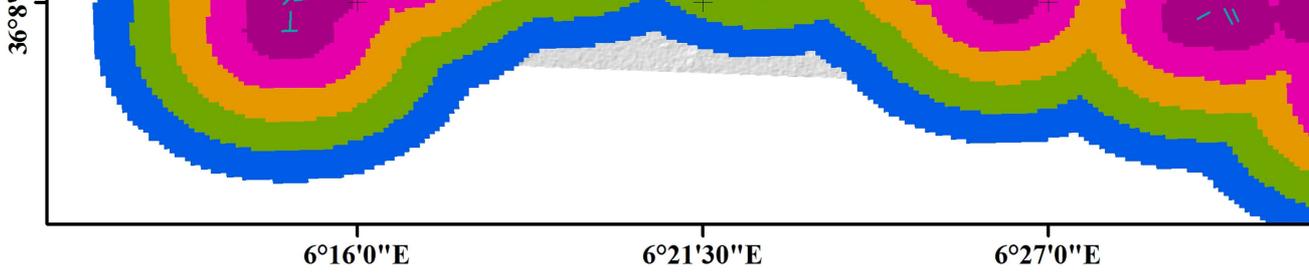
## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

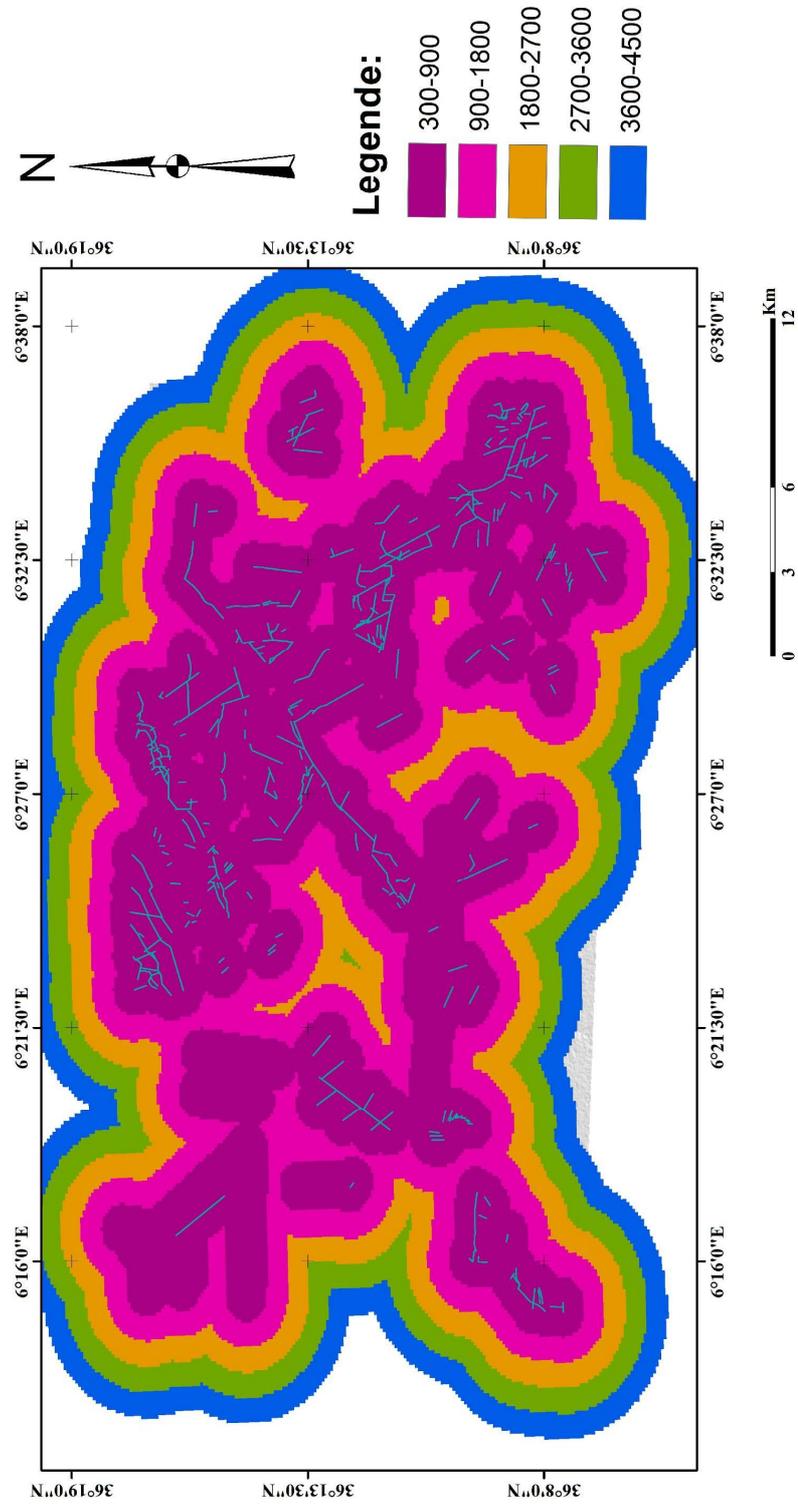
Tab.4.9. Matrice de corrélation des paires de réseau de drainage.

| Distance /oued | 200-440 | 440-880 | 880-1320 | 1320-1760 | 1760-2200 | Poids      |
|----------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|------------|
| 200-440        | 1       | 3       | 5        | 7         | 9         | 0,51650757 |
| 440-880        | 0,33    | 1       | 3        | 4         | 7         | 0,25828487 |
| 880-1320       | 0,25    | 0,33    | 1        | 2         | 3         | 0,11651027 |
| 1320-1760      | 0,14    | 0,25    | 0,5      | 1         | 2         | 0,06804163 |
| 1760-2200      | 0,11    | 0,14    | 0,33     | 0,5       | 1         | 0,04065566 |

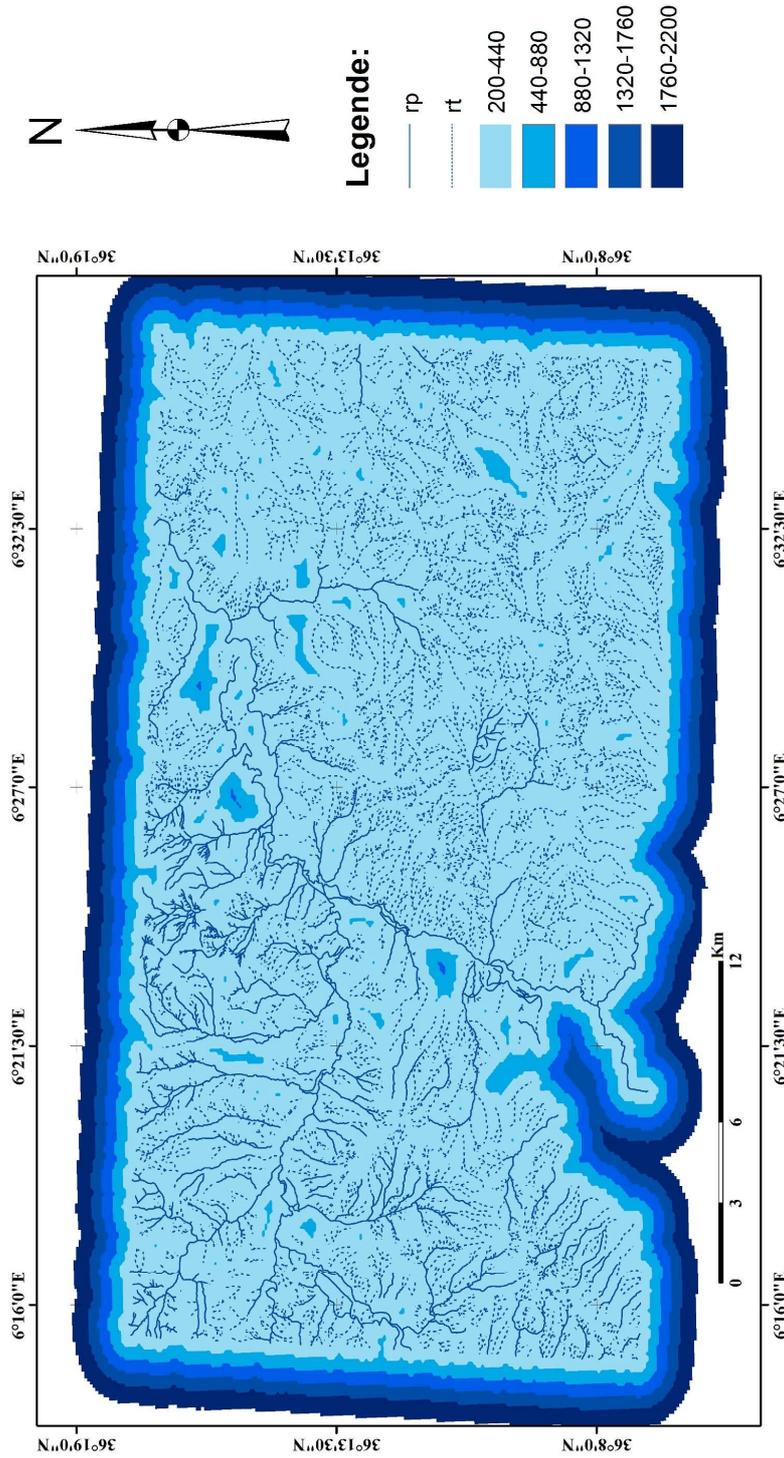
CR =0.02



#### 4.6. Carte des zones tampons des lineaments et des fractures



4.6. Carte des zones tampons des lineaments et des fractures de la zone d'étude



4.7. Carte des zones tampons du drainage de la zone d'étude

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.2.7. Densité des sources :

L'eau joue un rôle primordial dans le déclenchement des glissements en milieux argileux. Elle exerce sur les sols une influence particulière, qui se traduit de plusieurs manières. Lorsque l'eau s'infiltré dans le sol, elle prend la place qu'occupait l'air dans les interstices, les fissures et les cavités. L'eau étant plus lourde que l'air, le terrain peut se retrouver surchargée, ce qui joue en faveur de la gravité au détriment de la force de cohésion. La prise en charge de ce facteur a nécessité l'inventaire et la vectorisation à partir de la carte topographique couvrant le secteur d'étude de l'ensemble des sources d'eau (Fig.4.9.). La carte produite a été soumise à plusieurs procédés de traitement qui a permis de produire la carte de densité des sources, dans laquelle, ressortent cinq classes de densité. Plus la densité des sources est élevée, plus le terrain est susceptible aux glissements de terrain. La matrice de corrélation établie (Tab.4.10.), montre que la partie méridionale de la zone d'étude est occupée par une densité importante des sources d'eau, avec un poids important de l'ordre de **0.52**.

**Tab.4.10. Matrice de corrélation des paires de sources d'eaux**

| Densité des sources | 0-9 | 9-18 | 18-27 | 27-36 | 36-45 | Poids      |
|---------------------|-----|------|-------|-------|-------|------------|
| 0-9                 | 1   | 0,33 | 0,2   | 0,14  | 0,11  | 0,03369818 |
| 9-18                | 3   | 1    | 0,25  | 0,16  | 0,12  | 0,05958705 |
| 18-27               | 5   | 4    | 1     | 0,35  | 0,2   | 0,13874937 |
| 27-36               | 7   | 6    | 3     | 1     | 0,25  | 0,24673187 |
| 36-45               | 9   | 8    | 5     | 4     | 1     | 0,52123354 |

**CR=0.07**

#### 4.2. 8. Densité sismique :

La sismicité est l'un des paramètres les plus importants qui peut réactiver ou mettre enjeu des glissements de terrain, elle provient d'une rupture brutale dans les roches profondes et qui se propage jusqu'à la surface, générant un séisme, cette rupture est appelé faille active. Lorsque le seuil de rupture est atteint le long de la faille active, l'énergie élastique générée se manifeste sous forme d'ondes sismiques qui se propagent dans la terre et font secouer le sol. L'analyse de la carte de densité sismique établie (Fig.4.10.) à partir des données existantes et après plusieurs traitements sous SIG, montre que l'activité sismique de la région est faible à modérée. Elle se localise essentiellement dans les formations néogènes. Par ailleurs, on note que la densité sismique est importante au niveau des structures actives qui sont situés dans

## Chapitre 4

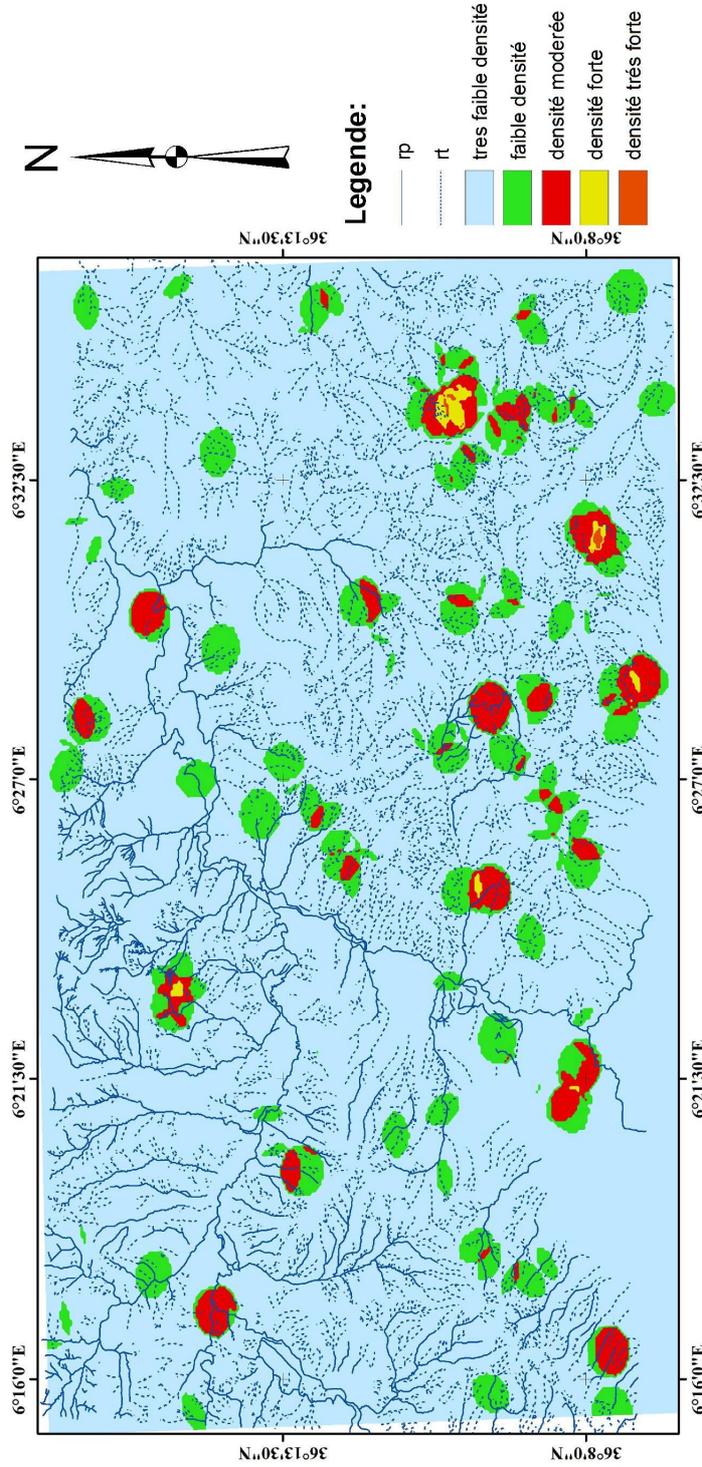
### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

partie occidentale de la carte et auxquelles correspondent, les séismes les plus forts qui touchent la région et dont la magnitude ne dépasse pas, toutefois, 3. La matrice de comparaison établie (Tab.4.11.), montre que la gamme qui prend la fréquence la plus importante prend le poids le plus important dans la matrice (**0.52**), elle se situe généralement au Nord de l'oued el Athmania, au nord de dj Toukouia, Guatar el Aich, dj Grouz, alors que celle de densité faible (0-2,2-5), prend des poids moins importants (0.033-0.06).

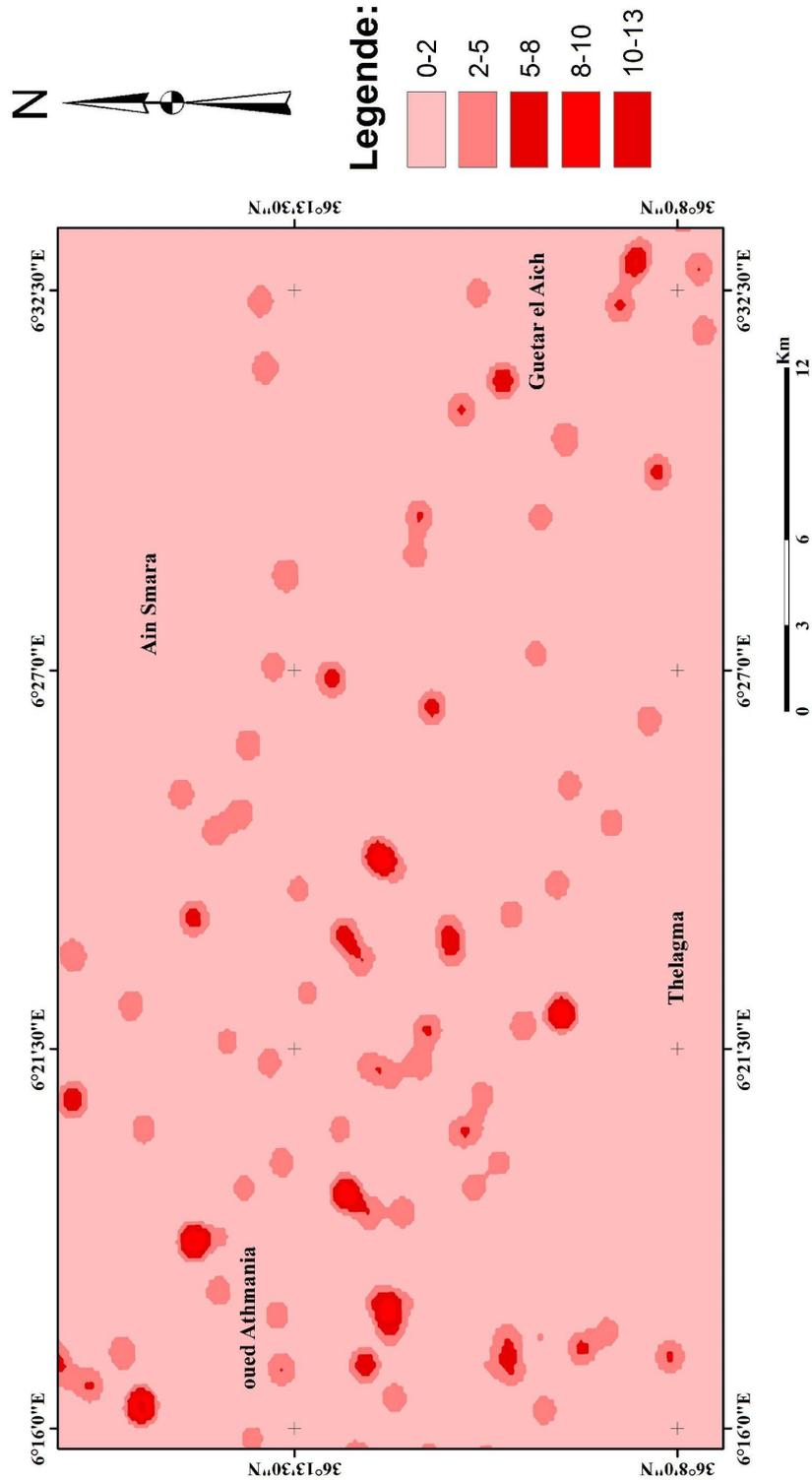
**Tab.4.11.Matrice de corrélation des paires de la densité sismique.**

| Densité sismique | 0-2 | 2-5  | 5-8  | 8-10 | 10-13 | Poids      |
|------------------|-----|------|------|------|-------|------------|
| 0-2              | 1   | 0,33 | 0,2  | 0,14 | 0,11  | 0,03362948 |
| 2-5              | 3   | 1    | 0,25 | 0,17 | 0,13  | 0,0610506  |
| 5-8              | 5   | 4    | 1    | 0,33 | 0,2   | 0,13792123 |
| 8-10             | 7   | 6    | 3    | 1    | 0,25  | 0,24661852 |
| 10-13            | 9   | 8    | 5    | 4    | 1     | 0,52078016 |

**CR =0.08**



4.8. Carte de densité des sources de la région d'étude



4.9. Carte de densité des intensités des séismes de la région d'étude

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.2.9. Indice de végétation :

La couverture végétale s'avère d'une importance considérable pour la stabilisation des versants, car les racines renforcent et fixent les couches de sols, c'est pourquoi les arbres et arbustes dotés de racines profondes et denses sont plus efficaces pour réduire les mouvements de sols. La végétation aide surtout, à prévenir les glissements de terrain superficiels. La vulnérabilité d'un versant est observée à travers la densité de sa couverture végétale, on a, pour ce fait, discriminé les zones forestières et fortement boisées de celles non boisées (Tab.4.12), (Fig.4.11).

**Tab.4.12. Matrice de corrélation des paires de l'indice de végétation.**

| NDVI          | -0.82 --0.42 | -0.42 -0 | 0- 0.42  | 0.42- 0.84 | >0 ,84   | Poids      |
|---------------|--------------|----------|----------|------------|----------|------------|
| -0.82- -0 ,42 | <b>1</b>     | 3        | 4        | 8          | 9        | 0,48621599 |
| -0.42 -0      | 0,33         | <b>1</b> | 3        | 6          | 7        | 0,26655191 |
| 0-0.42        | 0,25         | 0,33     | <b>1</b> | 4          | 6        | 0,15298993 |
| 0.42 -0.84    | 0,13         | 0,17     | 0,25     | <b>1</b>   | 3        | 0,06097508 |
| >0.84         | 0,11         | 0,14     | 0,17     | 0,33       | <b>1</b> | 0,03326709 |

**CR=0 .06**

#### 10. Précipitations

Les précipitations sont la quantité totale d'eau météorique, liquide ou solide qui tombe sur une surface horizontale déterminée. Les précipitations représentent un paramètre climatique très important pour notre étude, ils conditionnent l'écoulement saisonnier et influent directement sur le régime des cours d'eau et sur celui des nappes aquifères. Ils favorisent aussi le processus d'érosion, responsable du déclenchement des mouvements gravitaires.

La carte des précipitations établie (Fig.4.12.), montre que la région d'étude est caractérisée par une pluviométrie contrastée, où la partie NW de la région reçoit une lame d'eau plus élevée que la partie Sud de la région, quantité d'eau allant de 550mm à 500mm. Ce sont des quantités d'eau jugées suffisante pour le déclenchement des glissements de terrains, surtout dans les terrains argileux imbibés d'eau. Ces précipitations diminuent graduellement en allant vers le sud, jusqu'à atteindre une lame d'eau de l'ordre de 400mm.

La matrice de corrélation établie (Tab.4.13.), montre que les lames d'eau de l'ordre de 500mm à 550mm prennent des poids importants de l'ordre de 0.71 par rapport aux autres qui ne dépassent pas 0.08.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

Tab.4.13. Matrice de corrélation des paires des précipitations.

| Précipitation | 400 | 450 | 500  | 550  | Poids      |
|---------------|-----|-----|------|------|------------|
| 400           | 1   | 0,5 | 0,33 | 0,11 | 0,05542971 |
| 450           | 2   | 1   | 0,5  | 0,11 | 0,08641988 |
| 500           | 3   | 2   | 1    | 0,13 | 0,13950642 |
| 550           | 9   | 9   | 8    | 1    | 0,71864398 |

CR=0.04

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

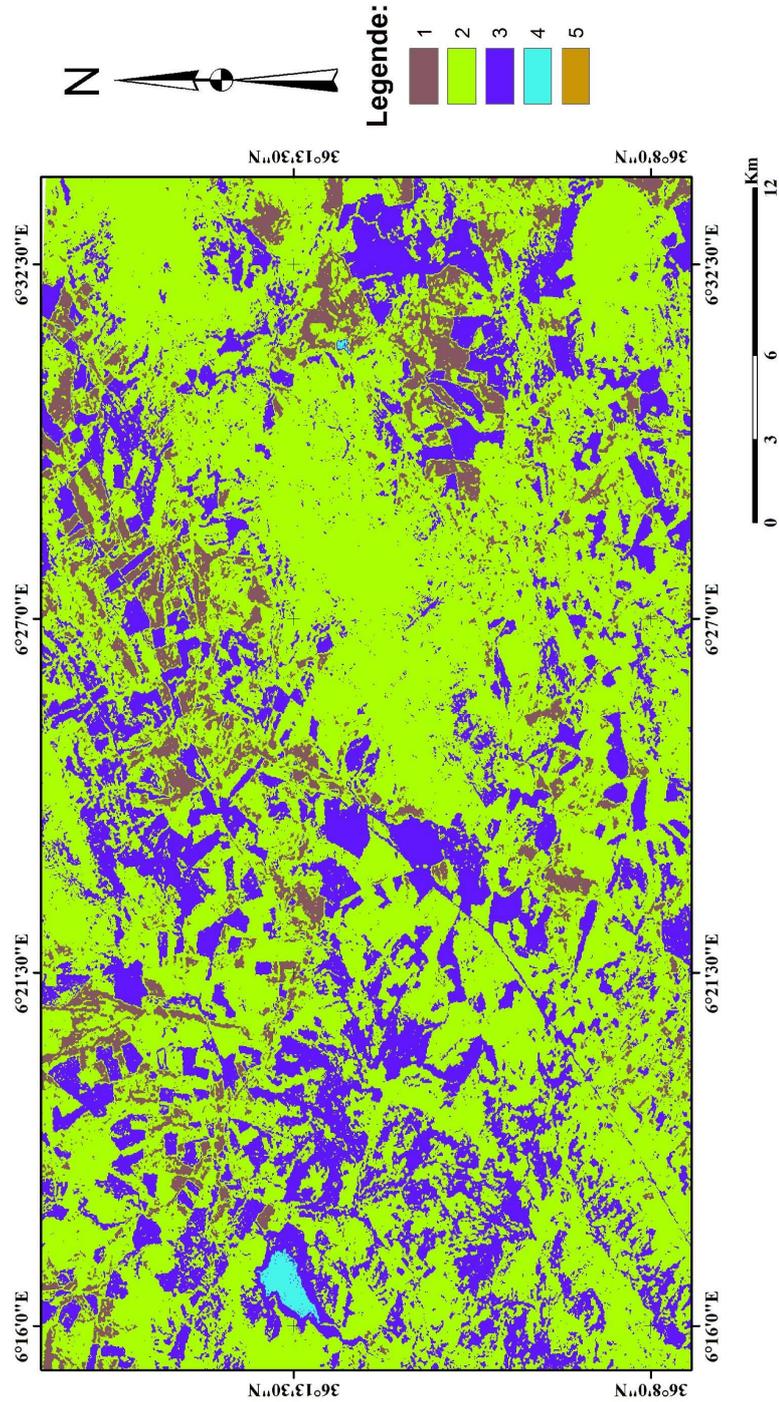


Fig.4.10. Carte d'indice de végétation de la région d'étude

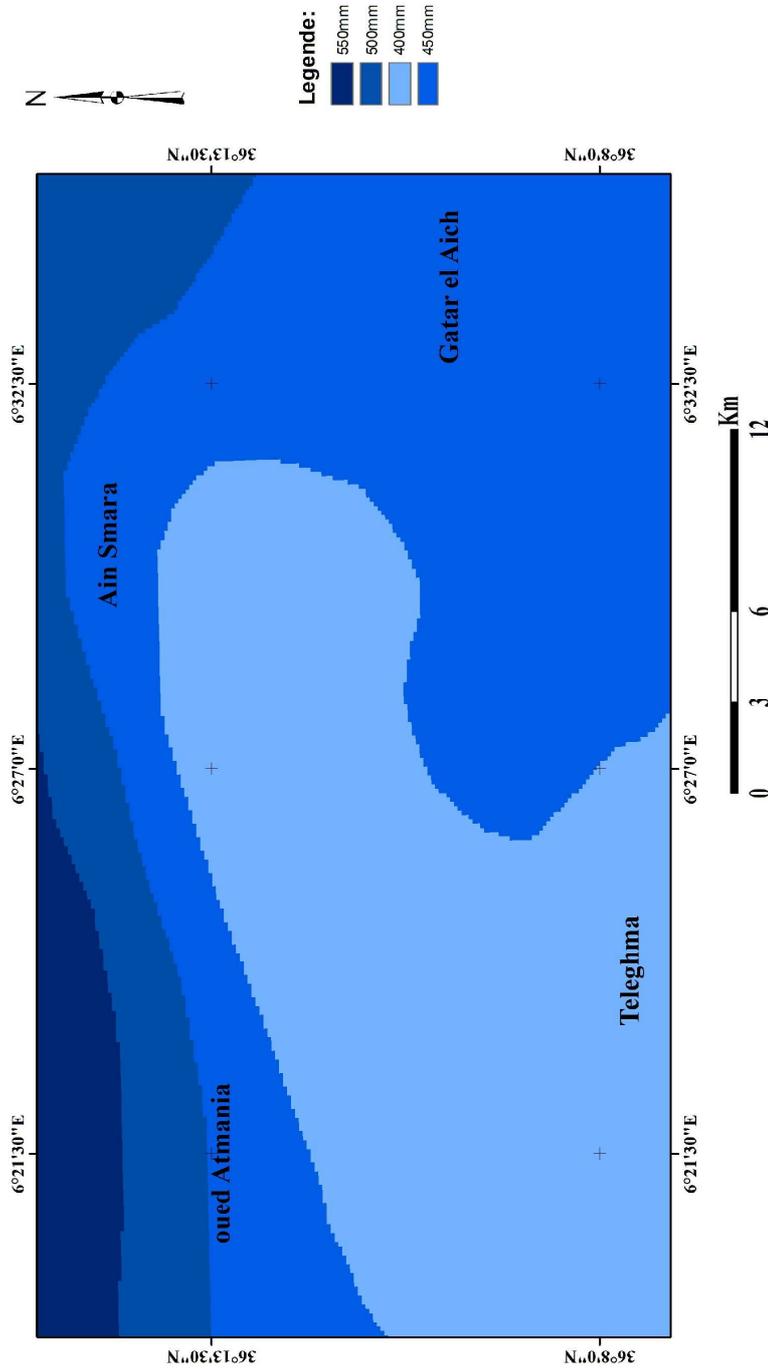


Fig.4.11. Carte des pricipitations de la région d'étude

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.2.11. Carte de synthèse

La carte de synthèse finale ( Fig.4.13) qui exprime le degré de susceptibilité au glissement de terrain a été obtenu par l'application de la méthode AHP selon la formule suivante :

$$LSI = \sum (W_i \cdot R_j)$$

Où

Le **LSI** représente la susceptibilité relative de l'occurrence des glissements de terrains dans la région. L'indice est d'autant plus élevé que le terrain est potentiellement instable, le nombre global des valeurs a été déclassifié en cinq classes, selon le degré de probabilité des terrains potentiellement instables :

- Zone de très forte susceptibilité (TFS)
- Zone de forte susceptibilité(FS)
- Zone de susceptibilité modérée(MF)
- Zone de faible susceptibilité(fS)
- Zone de très faible susceptibilité(tfS)

Les pourcentages d'extensions relatifs des zones de susceptibilité sont donnés dans le tab.4.14

**Tab.4.14. Fréquence des glissements de terrain dans région d'étude.**

| Classes de susceptibilité               | Surface en m <sup>2</sup> | % en surface d'extension | Nombre de points de glissement | Rapport de fréquence FR |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| <b>Très Forte Susceptibilité(TFS)</b>   | 5.29                      | 0.88                     | 4                              | <b>0.13</b>             |
| <b>Forte Susceptibilité (FS)</b>        | 304.52                    | 50.78                    | 46                             | <b>1.58</b>             |
| <b>Moyenne Susceptibilité (MS)</b>      | 264.74                    | 44.15                    | 12                             | <b>2.32</b>             |
| <b>Faible Susceptibilité (fS)</b>       | 24.93                     | 4.15                     | 1                              | <b>0.09</b>             |
| <b>Très Faible Susceptibilité (tfS)</b> | 0.13                      | 0.02                     | 0                              | <b>0</b>                |

Les résultats obtenus (Tab. 4.14.), montrent qu'environ **50%** de la surface totale de la région d'étude se classe comme une zone **de moyenne (44%) à forte (51%) susceptibilité** et recèle **58** points de glissement géo-localisés qui représente 92.06% du total des glissements relevés. Les autres zones, qui représentent respectivement les surfaces 0.13 m<sup>2</sup>, 24.93 m<sup>2</sup>, 5.29 m<sup>2</sup> avec

## Chapitre 4

---

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

des pourcentages qui ne dépassent pas **7%** des points vulnérables sont situés dans les zones de Très Faible (0.02%), Faible Susceptibilité 4.15% et Très Forte Susceptibilité 0.88%.

Les résultats obtenus ont été validé par le calcul de rapport de fréquence pour chaque classe de susceptibilité selon la formule suivante :

**Rapport de fréquence= Surface d'extension(%)/ nombre de points de glissement(%)**

Les valeurs de rapport de fréquence révèlent que les zones qui contiennent des valeurs élevés indiquent une forte possibilité d'avoir des terrains instables, alors que celles qui contiennent des valeurs inférieures à 1 représentent les terrains ou il y a le moins de possibilité d'avoir un aléa de glissement de terrain. Un rapport de fréquence égale à 1, signifie que la classe considérée est à égale chance pour enregistrer un glissement de terrain dans la région. Les valeurs du rapport de fréquence égale à 2.32 pour la zone de moyenne susceptibilité et 1.58 pour la zone de forte susceptibilité, signifient une forte possibilité d'avoir une instabilité dans ces deux zones, alors qu'on enregistre pour les zones de très forte susceptibilité et pour la zone de faible susceptibilité un rapport de fréquence respectivement de 0.13 et 0.09 , signifiant une faible possibilité d'enregistrer des points vulnérables.

La carte finale de synthèse avec le positionnement des points vulnérables dans la région (Fig.4.13), atteste bien la fiabilité de la méthode AHP pour la cartographie des zones susceptibles aux glissements de terrain.

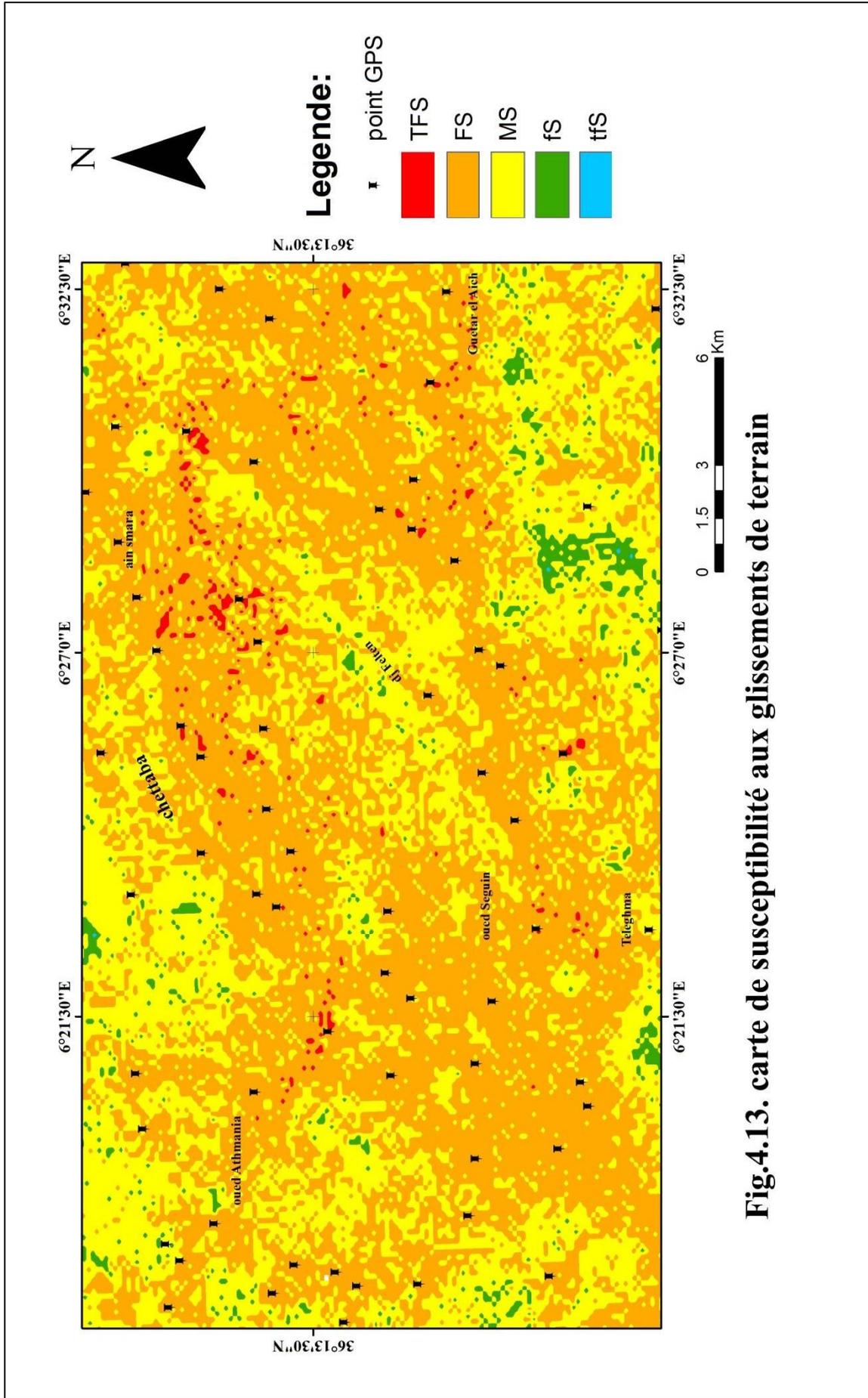


Fig.4.13. carte de susceptibilité aux glissements de terrain

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### 4.3. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X :

Dans la région de Mila en générale et ma région d'étude en particulier, les sols argileux occupent des surfaces considérables et sont souvent le siège d'instabilité de terrain. Les caractéristiques de ces sols argileux et leurs compositions minéralogiques sont un facteur dont il faut tenir compte dans la stabilité des versants. Dans ce but, nous avons sélectionné huit échantillons situés dans les zones à problème d'instabilité (sol à solifluxion, sols à glissement de terrain...etc.). Ces instabilités sont très répandues aux alentours d'oued Guergour Feroudj, tous près de l'autoroute Est- Ouest et le long d'oued el Rhumel de Chelghoum el Aïd jusqu'à Constantine (Fig.4.14).

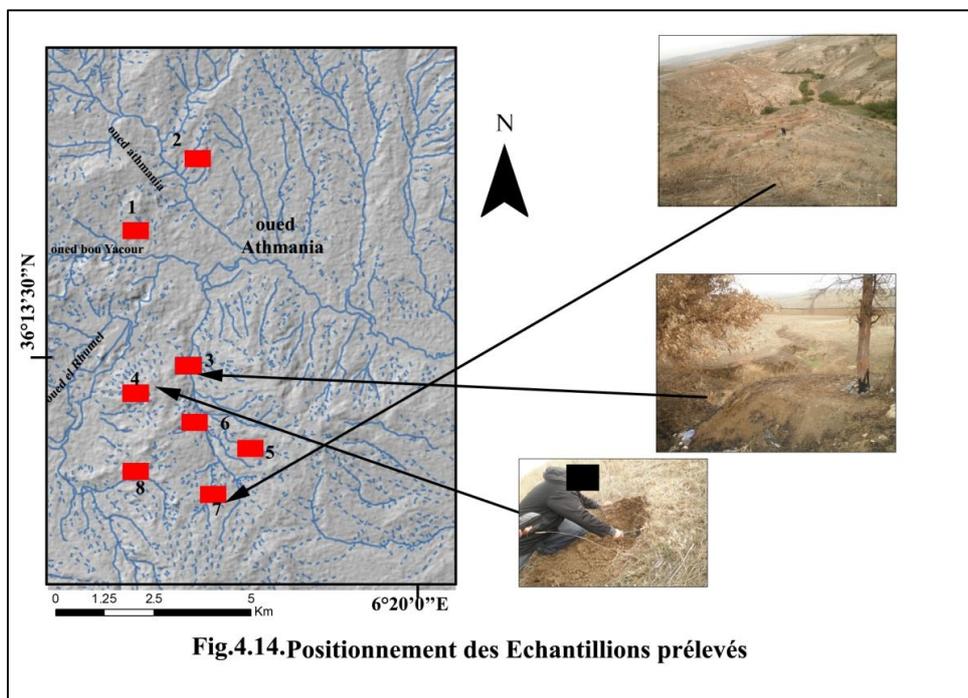


Fig.4.14. Positionnement des Echantillons prélevés

#### 4.3.1. Description de la technique utilisée :

##### 4.3.1.1 Diffraction des rayons X

La diffraction des rayons X est une méthode adaptée à l'identification de la composition minéralogique des assemblages argileux. Elle consiste à appliquer un rayonnement d'une longueur d'onde du domaine des rayons X (entre 0.1 et 10 nm) sur un échantillon orienté ou non. L'analyse des phases cristallines est rendue possible grâce aux périodicités de l'arrangement atomique des cristaux. Ces périodicités sont dues à un empilement de plans réticulaires identiques dans un cristal et sont décrites par des longueurs correspondant aux distances entre les plans d'empilement (Fig. 4.15). Cette distance entre les plans réticulaires est nommée distance réticulaire. Ainsi, lorsque le rayonnement pénètre le cristal, une partie de l'énergie est absorbée entraînant l'excitation des atomes et l'émission de rad

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

**n** : nombre entier correspondant à l'ordre de diffraction

**$\lambda$**  : longueur d'onde du rayonnement

**d** : distance réticulaire

**$\theta$**  : angle de diffraction

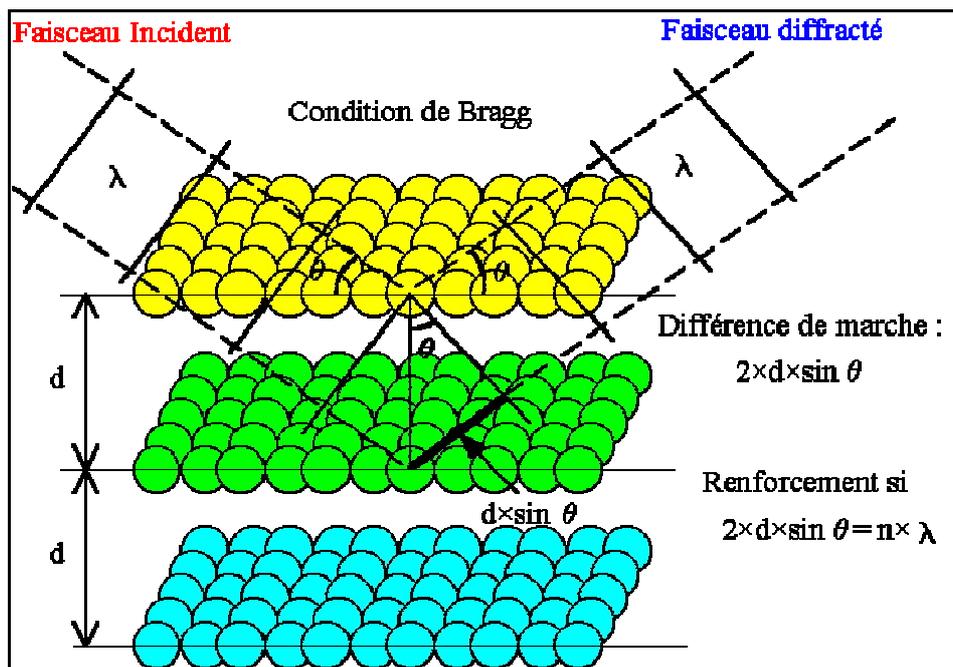


Fig.4.15 : Schéma de diffraction des rayons x par une famille des plans

Après diffraction, on obtient un diffractogramme du faisceau diffracté en fonction de l'angle de diffraction  $2\theta$  et la distance réticulaire  $d$  (en Å). L'identification des phases présentes dans un échantillon se fait par comparaison de son diffractogramme (positions et intensités des raies diffractées) avec des diffractogrammes de phases connues.

Deux méthodes d'investigation par diffraction des rayons X sont classiquement appliquées par le laboratoire d'analyse « DRX » de l'Université de Liège. Dans un premier temps, une analyse sur poudre totale fournit les éléments d'une semi-quantification de tous les minéraux présents et notamment la fraction totale regroupant minéraux phyllosilicates. D'autre part, l'analyse de la fraction argileuse (inférieure à  $2 \mu\text{m}$ ) extraite du matériau est préparée sous forme de lames orientées. Elle fournit une bonne estimation des divers composants argileux grâce à l'application de trois diagnostics : « normal », avec l'éthylène glycol et le chauffage à  $500^\circ\text{C}$ .

#### 4.3.1.2. Description de l'appareillage utilisé :

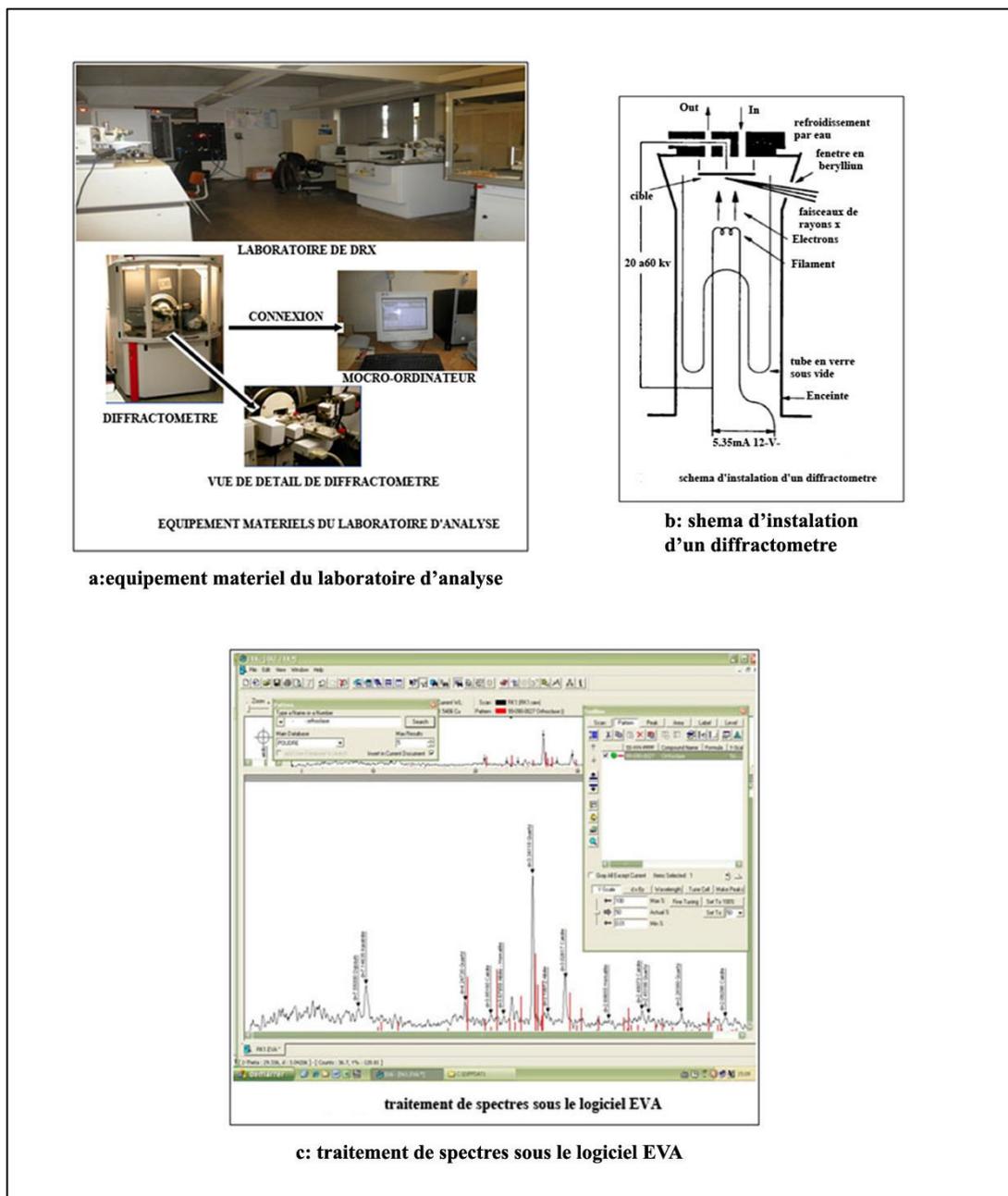
L'appareil de diffractométrie des rayons X (ou diffractomètre) est composée d'un générateur haute tension, d'une anticathode (tube émetteur de rayons X), d'un spectrogoniomètre et d'une chaîne d'analyse et d'enregistrement.

Le bloc générateur (type Brucker D8 advance de l'Université de Liège), engendre à la sortie, des tensions de 20 à 60 Kv et des intensités de 10 à 80 mA. La cuve à haute tension est refroidie par un système à eau courante dont le débit doit atteindre au moins 4 litres/minute, lorsque l'appareil est en service. Les rayons X sont engendrés, lorsque des électrons, se déplaçant à très grande vitesse, entrent en collision avec les atomes d'un matériau. Afin de produire des rayons X, on utilise un "tube X" source d'électrons, une haute tension d'accélération et une cible. L'anticathode est un tube en verre sous vide qui isole la source d'électrons par rapport à la cible. La source d'électrons est un filament de tungstène chauffé par un courant dont la valeur (entre 4 et 36 mA) détermine la température et le nombre d'électrons émis par seconde. Ce filament est soumis à une tension cathodique pouvant atteindre 60 Kv. La cible métallique, soumise à un potentiel équivalent à celui du filament, joue le rôle d'anode. Au point d'impact du faisceau d'électrons sur la cible, des rayons X sont émis dans toutes les directions. Le rayonnement sort par une fenêtre, en béryllium, parfaitement transparente aux rayons X. Le diffractomètre de rayons X utilisé dispose d'un tube en cuivre ( $K\alpha_1 = 1.5405 \text{ \AA}$  et  $K\alpha_2 = 1.5418 \text{ \AA}$ ) soumis à une tension de 30 Kv et une intensité de 30 mA, soit une puissance de 900 Watts. Afin d'obtenir un rayonnement monochromatique, le faisceau de rayons X est filtré dès sa sortie du tube par une fine pellicule de Ni qui ne laisse passer que les longueurs d'onde de la raie  $K\alpha$ .

Le matériel est connecté à un micro-ordinateur dans lequel est installé le logiciel EVA qui facilite le traitement et l'interprétation des spectres (photo.4.1).

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG



**Photo.4 .1. Equipement matériels et logiciels de diffractométrie**

#### 4.3.1.3 Préparation des échantillons pour l'analyse diffractométrique:

Un des principaux buts de la préparation est de concentrer la fraction argileuse contenue dans l'échantillon de départ. En effet, dans certaines roches silicoclastiques plus grossières, telles que les grès, la fraction argileuse est fortement diluée ce qui nécessite au préalable une concentration des particules argileuses. Cet enrichissement se fait par divers traitements, qui

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

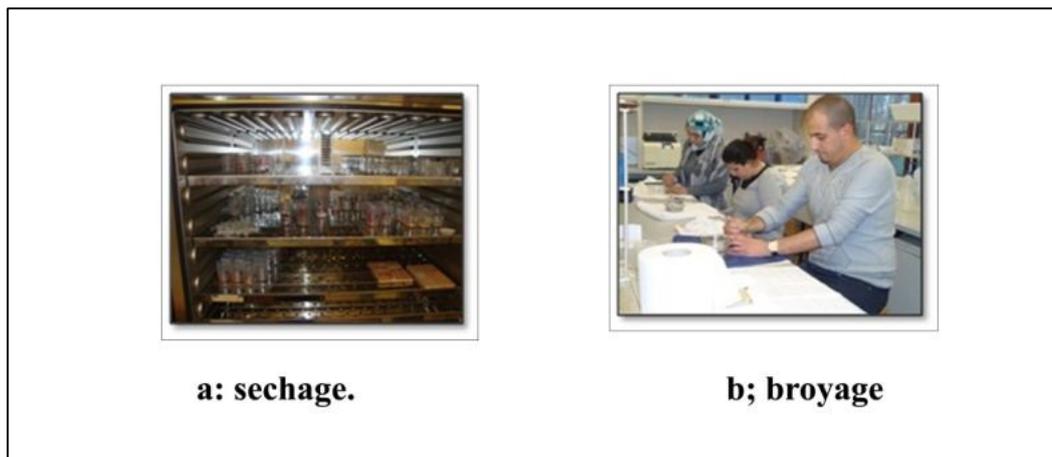
ont pour but de dissocier l'échantillon en permettant la séparation et l'extraction des particules argileuses.

#### 4.3.1.3.1. Confection de la poudre totale désorientée et analyse diffractométrique semi quantitative des minéraux argileux et non argileux :

##### - Broyage :

Après le séchage des échantillons dans une étuve à 40°C, tous les échantillons sont soumis à un broyage manuel (photo.4.2) avec mortier en agate et pilon en porcelaine. Le broyage manuel est très important, car il faut parvenir à dissocier les particules sans altérer ni leur taille, ni leur morphologie. Les broyeurs mécaniques sont à éviter, car le broyage excessif induit des modifications au sein des constituants argileux (ouverture des illites, abondance anormale des fractions fines, etc.). La poudre obtenue est ensuite tamisée à 250µm.

Une partie de celle-ci est prélevée pour la réalisation de poudres désorientées sur roche totale. Celles-ci serviront à mettre en évidence le contenu minéralogique de la roche totale et à déterminer éventuellement les composants minéraux majeurs.



**Photo.4.2. Préparation des échantillons**

Après un broyage modéré ; le produit fin obtenu est placé dans un support adéquat (photo.4.3). Le matériau doit subir une bonne désorientation de particules fines, l'état désorienté est matérialisé dans le diffractogramme par l'occurrence de toutes les réflexions (hkl) des minéraux présents. Il existe plusieurs techniques de désorientation des minéraux, parmi ces techniques on applique sur la surface de dépôt un papier buvard assez grossier qui vient se mouler sur ce dépôt. Une désorientation parfaite des particules de la poudre globale n'est jamais atteinte, quelle que soit la méthode de préparation. Les échantillons sont prêts pour une analyse diffractométrique.

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG



**Photo.4.3. Préparation des lames orientées.**

#### **4.3.1.3.2. Confection de la lame orientée et analyse diffractometrique qualitative des minéraux argileux <math>< 2 \mu\text{m}</math> :**

La préparation de l'échantillon consiste à orienter les particules argileuses afin de renforcer leur réflexion principale

##### **A) Mise en suspension proprement dite :**

On met quelques milligrammes (20mm à 30mm) de chaque échantillon brut et séché à 40°C dans l'eau distillée (c'est une étape importante car elle va permettre de concentrer les fractions fines représentatives de l'ensemble de l'échantillon), ensuite on tamise le matériau sous l'eau distillée, en le faisant passer à travers un tamis de 63 micron, on recueille le produit filtré dans un erlenmeyer, tout en ajoutant une quantité suffisante d'eau déminéralisée, on laisse décanter pendant deux jours.

- **Test de présence de carbonates:**

Avant toute mise en suspension, il faut absolument vérifier s'il n'existe pas de composés carbonatés dans la roche, car ils ont un effet flocculant sur les suspensions argileuses

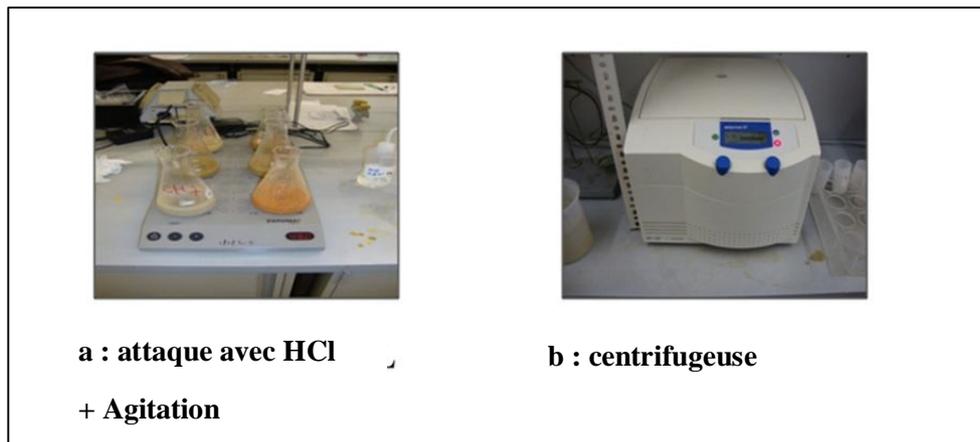
**Photo.4.4.**

L'élimination des carbonates est réalisée selon les étapes suivantes :

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

- ✓ Attaquer l'échantillon par l'acide HCL dilué, sous agitation magnétique à haute et légère vitesse (ajouter un barreau aimanté).
- ✓ Vérifier à chaque fois le pH de la solution.
- ✓ ajouter des petites quantités d'acide jusqu'à l'obtention d'une suspension stable (solution acide).
- ✓ Lorsque la solution devient acide (papier pH devient rouge), attendre et vérifier à nouveau que la réaction soit complète.
- ✓ Retirer l'erlenmeyer de la plaque d'agitation, retirer le barreau aimanté, ajouter l'eau distillée et laisser décanter la solution.
- ✓ Vider le surnageant clair.
- ✓ Centrifuger au moins cinq fois afin de rincer correctement l'échantillon avec l'eau déminéralisée.



**Photo.4.4. Test de présence des carbonates.**

- **Test de présence de sulfates :** en cas de présence de sulfates :
  - ✓ ajouter de l'eau chaude (le gypse est soluble dans l'eau à partir de 60°C)
  - ✓ laisser décanter la solution
  - ✓ vider le surnageant clair
  - ✓ centrifuger au moins trois fois afin de le rincer correctement.
  
- **Confection des agrégats orientés (A.O.) :**

Après le test de présence des carbonates et des sulfates, les suspensions sont agitées et laissées au repos pendant 50 minutes. A ce moment, le centimètre supérieur de la suspension ne contiendra que des particules  $<2 \mu\text{m}$ .

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

A l'aide d'une seringue, on prélève environ 1,5 cc de ce centimètre supérieur, et on le dépose sur une plaquette de verre de 25 mm x 25 mm x 1 mm (le dépôt ne doit être, ni trop mince, ni trop épais). Lors du séchage à température ambiante, toutes les particules argileuses se déposent parallèlement les unes sur les autres (avec leur axe C perpendiculairement à la lame de verre). Cette orientation naturelle des particules favorise les réflexions (001) des argiles avant analyse diffractométrique et permet d'effacer les réflexions gênantes (hk0).

#### B. Enregistrement des diffractogrammes de rayons X :

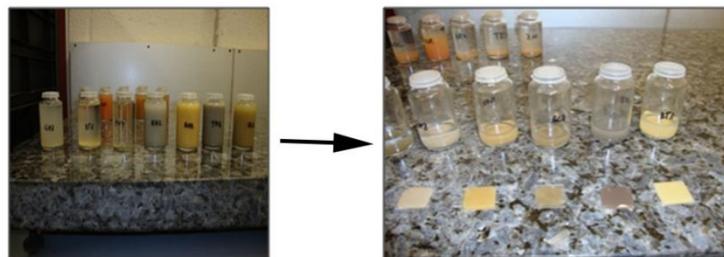
Pour certains minéraux argileux, les distances réticulaires (001) varient d'une manière caractéristique après certains traitements appropriés. La détermination des minéraux argileux est basée sur le comportement de la distance réticulaire (001) lors des traitements.

##### -Traitement dit de "routine" :

##### -Agrégat orienté séché à l'air

Le premier enregistrement est réalisé sur les lames orientées (A.O.), séchées à l'air libre, qui représente l'échantillon naturel ou normal (N). Il s'agit du diagramme de référence auquel seront comparées les modifications provoquées par les autres traitements.

Lors de l'enregistrement, il est très important de connaître le taux d'humidité relative de l'air ambiant. Les smectites, minéraux gonflants par excellence, sont très sensibles à ce taux. Cette variation se marquera sur la mesure du (001) des smectites. En général, on travaille à des taux de 35 à 45 % d'humidité relative, de façon à pouvoir comparer les différents échantillons (**Photo.4.5**).



**Photo.4 .5 . Lame orientée séchée**

**A l'air libre**

##### - Agrégat orienté glycolé :

Le second test est réalisé sur le même agrégat orienté après salivation aux vapeurs d'éthylène glycol, [C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> O<sub>2</sub>]. Ce traitement a pour but d'intercaler les molécules organiques entre les feuillets de certains minéraux argileux de type 2:1 hydratables. Pour cette opération, on reprend les échantillons étudiés à l'état "naturel" ou "normal", on les introduit dans une

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

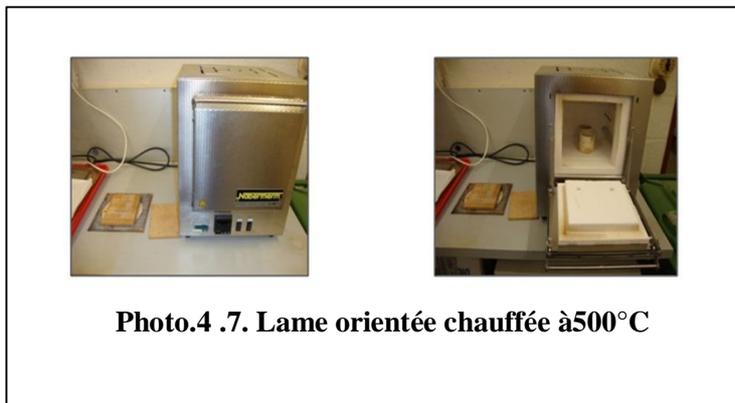
enceinte fermée (dans laquelle se trouve l'éthylène glycol), après un vide préalable, permettant une meilleure vaporisation du polyalcool à température ambiante, on laisse séjourner les lames orientées durant une nuit (photo.4.6).



**Photo.4.6. Lame orientée glycolée**

#### **-Agrégat orienté chauffé à 500°C :**

Le troisième test, réalisé sur le même échantillon, consiste à chauffer l'agrégat orienté jusqu'à 500°C durant 4 heures. Ce traitement provoque une déshydratation irréversible des minéraux argileux du type 2:1 hydratés (vermiculite, smectite) et détruit la kaolinite, tout en conservant la chlorite et l'illite. Il faut laisser refroidir lentement les lames afin d'éviter un décollement du dépôt. On obtient alors un enregistrement de l'échantillon dit « chauffé à 500°C » photo.4.7.



**Photo.4 .7. Lame orientée chauffée à 500°C**

Les différentes variations de la distance interréticulaire  $d(001)$  des minéraux argileux simples lors des tests de routine, peuvent être synthétisés sous forme d'un tableau (Tab.4.15.), où sont repris les différents symboles des minéraux argileux simples et des éventuelles variantes, telles que :

$d(001)$  N(Å), distance réticulaire du plan (001) en angström lors du test "normal"

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

d(001) EG(Å), distance réticulaire du plan (001) en angström lors du test à l'éthylène glycol  
d(001) Q(Å), distance réticulaire du plan (001) en angström lors du test "chauffé"

**Tab.4.15 : Valeurs de la réflexion basale (001) des principaux minéraux argileux, obtenues après les traitements.**

| Minéral            | Symbole | d(001) N(Å) | d(001) EG(Å) | d(001) Q(Å) |
|--------------------|---------|-------------|--------------|-------------|
| Kaolinite          | K       | 7           | 7            |             |
| Illite             | I       |             |              |             |
| Muscovite          | Mu      | 10          | 10           | 10          |
| Biotite            | Bi      |             |              |             |
| Chlorite           | C       | 14          | 14           | 14 (13.6)   |
| Chlorite gonflante | CSw     | 14          | 16           | 14          |
| Vermiculite        | V       | 14          | 14           | 9.6-10      |
| Smectites          | Sm      |             |              |             |
| Montmorillonite    | M       |             |              |             |
| Beidellite         | Bei     | 12-14       | 17           | 9.7-10      |
| Nontronite         | Non     |             |              |             |
| Saponite           | Sap     |             |              |             |

#### Résultats et discussion :

#### 4.3 Analyse et interprétation des diffractogrammes de rayons X :

##### 4.3.1 Résultats des essais minéralogiques de rayon X (échantillon totale) :

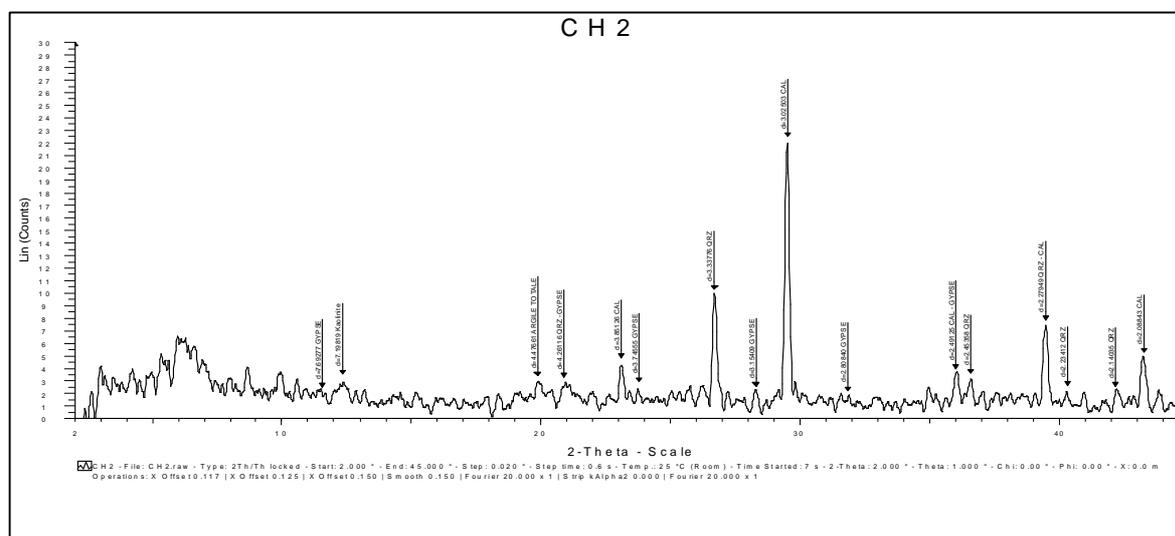
Le diffractogramme des rayons x se compose d'un certain nombre de raies (pics de réflexions (001)) qui répondent à la loi de BRAGG. Les raies sont repérées par leur apex, par rapport à l'angle  $2\theta$  de diffraction (Fig.4.16). L'angle de diffraction est converti en distance réticulaire (exprimée en Å), au moyen d'une table de conversion (Tab.4.15) suivant la formule de Braag :

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

Avec  $K\alpha_1 \text{ Cu} = 1.5405 \text{ \AA}$ .

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG



**Fig.4.16. : Diffractogramme des rayons X**

**Tab.4.16 : conversion de  $2\theta$  ° en  $d$  (Å).**

| $2\theta$ ° | $d$ en Å | Minéral     |
|-------------|----------|-------------|
| 27          | 3.34     | Quartz      |
| 17          | 4.83     | Gypse       |
| 24          | 3.04     | Calcite     |
| 11          | 7.16     | Kaolinite   |
| 8           | 10.1     | Biotite     |
| 28          | 3.20     | Plagioclase |
| 23          | 3.79     | Orthoclase  |
| 6           | 14.2     | Chlorite    |
| 2           | 40.1     | Biotite     |

L'exemple repris dans le tableau 4.17 montre un diffractogramme de rayons X auquel on a adjoint la valeur angulaire des pics et leur "d" calculé.

La quantification de l'ensemble des minéraux présents dans la roche totale, consiste à mesurer l'intensité basale (réflexion (001)) des principaux composants. Les intensités sont corrigées par un facteur spécifique à chaque espèce minérale. Les facteurs correctifs utilisés dans le cadre de cette étude sont repris dans le tableau de quantification Suivant :

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

**Tab.4.17 : Exemple de calcul des pourcentages des principaux minéraux (échantillon N°2)**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 46           | 1.00                  | 46              | <b>9.74%</b>  |
| Calcite       | 104          | 1.65                  | 171.6           | <b>36.34%</b> |
| Argile totale | 11           | 20.00                 | 220             | <b>46.66%</b> |
| Gypse         | 9            | 0.40                  | 3.6             | <b>0.76%</b>  |
| Kaolinite     | 13           | 0.70                  | 9.1             | <b>1.92%</b>  |
| Plagioclase   | 8            | 2.80                  | 22.4            | <b>4.74%</b>  |
|               |              |                       | 472.1           | <b>100%</b>   |

L'analyse des différents échantillons montre que ceux-ci sont composés de quartz, calcite, gypse, kaolinite, plagioclase.

**Tab.4.18 : Pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°1**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 86           | 1.00                  | 86              | <b>14.33%</b> |
| Calcite       | 94           | 1.65                  | 155.1           | <b>25.85%</b> |
| Argile totale | 17           | 20.00                 | 340             | <b>56.55%</b> |
| Gypse         | 12           | 0.40                  | 4.8             | <b>0.8%</b>   |
| Kaolinite     | 20           | 0.70                  | 14              | <b>2.33%</b>  |
|               |              |                       | 600             | <b>100%</b>   |

**Tab.4.19 : Pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°3**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 86           | 1.00                  | 86              | <b>12.74%</b> |
| Calcite       | 98           | 1.65                  | 161.7           | <b>23.96%</b> |
| Argile totale | 19           | 20.00                 | 380             | <b>56.32%</b> |
| Gypse         | 14           | 0.40                  | 5.6             | <b>0.83%</b>  |
| Kaolinite     | 11           | 0.70                  | 7.7             | <b>1.14%</b>  |
| Plagioclase   | 12           | 2.80                  | 33.6            | <b>4.98%</b>  |
|               |              |                       | 674.6           | <b>100%</b>   |

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

**Tab.4.20: Pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°4**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 98           | 1.00                  | 98              | <b>17.15%</b> |
| Calcite       | 80           | 1.65                  | 132             | <b>23.10%</b> |
| Argile totale | 15           | 20.00                 | 300             | <b>52.51%</b> |
| Gypse         | 14           | 0.40                  | 5.6             | <b>0.98%</b>  |
| Kaolinite     | 11           | 0.70                  | 7.7             | <b>1.34%</b>  |
| Plagioclase   | 10           | 2.80                  | 28              | <b>4.90%</b>  |
|               |              |                       | 571.3           | <b>100%</b>   |

**Tab.4.21: pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°5**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 98           | 1.00                  | 98              | <b>18.08%</b> |
| Calcite       | 82           | 1.65                  | 135.3           | <b>24.79%</b> |
| Argile totale | 14           | 20.00                 | 280             | <b>51.67%</b> |
| Gypse         | 10           | 0.40                  | 4               | <b>0.73%</b>  |
| Kaolinite     | 11           | 0.70                  | 7.7             | <b>1.42%</b>  |
| Plagioclase   | 6            | 2.80                  | 16.8            | <b>3.10</b>   |
|               |              |                       | 541.8           | <b>100%</b>   |

**Tab.4.22: pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°6**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 16           | 1.00                  | 16              | <b>5.72%</b>  |
| Calcite       | 105          | 1.65                  | 173.25          | <b>62.04%</b> |
| Argile totale | 4            | 20.00                 | 80              | <b>28.64%</b> |
| Gypse         | 4            | 0.40                  | 1.6             | <b>0.57%</b>  |
| Kaolinite     | 4            | 0.70                  | 2.8             | <b>1.002%</b> |
| Plagioclase   | 2            | 2.80                  | 5.6             | <b>2.005%</b> |
|               |              |                       | 279.25          | <b>100%</b>   |

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

**Tab.4.23: pourcentage des minéraux présents dans l'échantillon N°7**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 17           | 1.00                  | 17              | <b>12.60%</b> |
| Calcite       | 25           | 1.65                  | 41.25           | <b>30.58%</b> |
| Argile totale | 2            | 20.00                 | 40              | <b>29.66%</b> |
| Gypse         | 74           | 0.40                  | 29.6            | <b>21.95%</b> |
| Kaolinite     | 2            | 0.70                  | 1.4             | <b>1.03%</b>  |
| Plagioclase   | 2            | 2.80                  | 5.6             | <b>4.15%</b>  |
|               |              |                       | 134.85          | <b>100%</b>   |

**Tab.4.24: Pourcentage des présents dans l'échantillon N°8**

| Composition   | Counts en cm | Facteur de correction | Counts corrigés | Pourcentage%  |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Quartz        | 70           | 1.00                  | 70              | <b>11.72%</b> |
| Calcite       | 101          | 1.65                  | 165.65          | <b>27.90%</b> |
| Argile totale | 16           | 20.00                 | 320             | <b>53.58%</b> |
| Gypse         | 12           | 0.40                  | 4.8             | <b>0.80%</b>  |
| Kaolinite     | 11           | 0.70                  | 7.7             | <b>1.28%</b>  |
| Plagioclase   | 10           | 2.80                  | 28              | <b>4.68%</b>  |
|               |              |                       | 597.15          | <b>100%</b>   |

Les résultats de l'analyse de diffraction des rayons x sur la roche totale montrent que nos huit échantillons, sont constitués par un pourcentage important de calcite et d'argile totale qui dépasse pour cette dernière et pour les échantillons 1, 3, 4, 5 et 8 les 50%, ce qui met en exergue l'abondance des minéraux argileux dans ces échantillons. L'échantillon 7 est riche en gypse (22%) et il se localise dans la zone de glissement qui affecte le tracé de l'autoroute Est-Ouest, coté oued Athmania.

#### 4.3.2 Minéraux argileux identifiés par diffraction des rayons x :

L'analyse aux rayons x de la fraction argileuse inférieure à 2  $\mu\text{m}$ , montre la présence des minéraux argileux suivants : Illites, kaolinites et chlorites. La quantification des minéraux argileux consiste en la mesure de l'intensité basale, réflexion (001) des principaux composants pour les minéraux simples, ou hauteur à mi-largeur des bandes de diffraction, pour les interstratifiés irréguliers. Elle tient compte aussi, des modifications de faciès, d'intensité et de position des réflexions au cours des traitements. Les intensités sont corrigées par un facteur spécifique à chaque espèce minérale, tributaire du phénomène de polarisation de Lorenz ainsi que de l'espacement en d ( $\text{\AA}$ ) de la réflexion basale dans la fourchette 7  $\text{\AA}$  à 17  $\text{\AA}$

## Chapitre 4

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

(Nathali. F, 1990). Les facteurs correctifs utilisés dans le cadre de cette étude sont repris dans le tableau 4.25 :

**Tab.4.25 : Facteurs correctifs des minéraux argileux.**

| Minéral             | Formules des mesures  | Facteurs correctifs d'intensité |
|---------------------|---|---------------------------------|
| Illites             | Int d(001) illite EG  | 1                               |
| Kaolinites          | Int d(001) Kaolinite EG   | 0.7                             |
| Chlorites           | Int d(001) chlorite EG  | 0.34                            |
| (10 - 14sm)I        | Int d(001) illite N - Int d(001) illite EG                        | 0.8                             |
| 10 - (10 - 14Sm)    | Int bande de diffraction à 11Å au N                               | 0.4                             |
| 10 - (10 - 14c)-14c | Int bande de diffraction à 14Å située en-dessous du chlorite au Q | 0.34                            |
| A17                 | Int bande de diffraction à 17Å au N                               | 0.25                            |

La somme des produits (intensité) multipliés par les facteurs correctifs, est ramenée à 100 par la règle de trois. On obtient alors une évaluation semi-quantitative en pourcent (%) des différents minéraux constitutifs de l'échantillon.

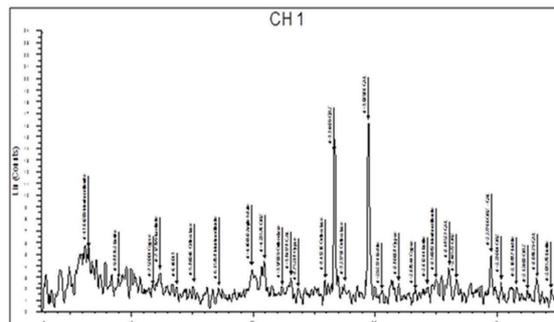
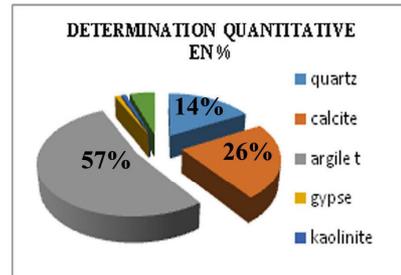
## Chapitre 4

# CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

## Echantillon N°1

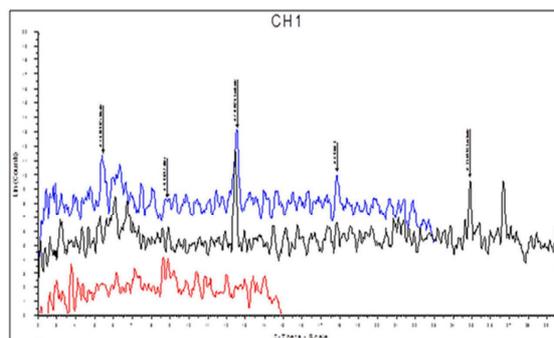
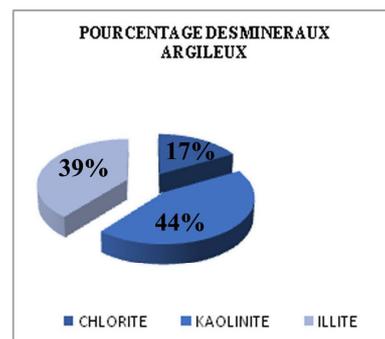
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 14.33%      |
| Calcite       | 25.85%      |
| Argile totale | 56.66%      |
| Gypse         | 0.8%        |
| Kaolinite     | 2.33%       |
| Plageoclase   | 00          |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

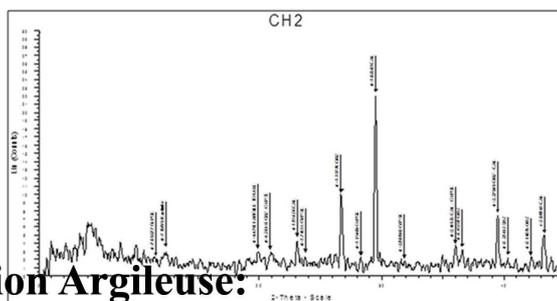
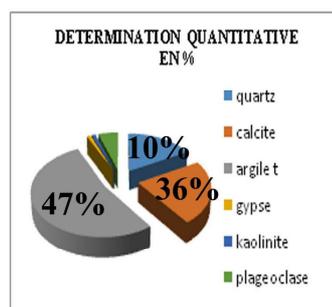
| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 17.13%      |
| KAOLINITE   | 43.58%      |
| ILLITE      | 39.28%      |



## Echantillon N°2

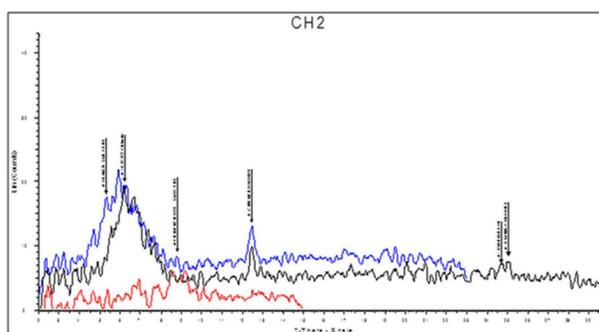
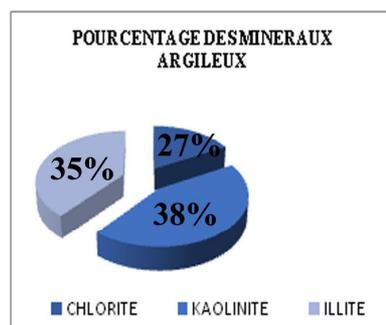
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 9.74%       |
| Calcite       | 36.34%      |
| Argile totale | 46.66%      |
| Gypse         | 0.76%       |
| Kaolinite     | 1.92%       |
| Plageoclase   | 4.74%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction Argileuse:

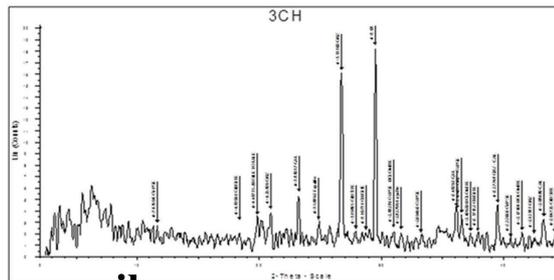
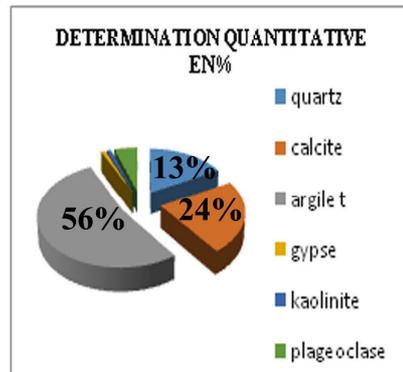
| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 26.83%      |
| KAOLINITE   | 38.25%      |
| ILLITE      | 34.99%      |



## Echantillon N°3

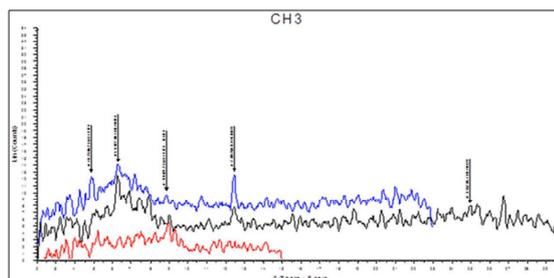
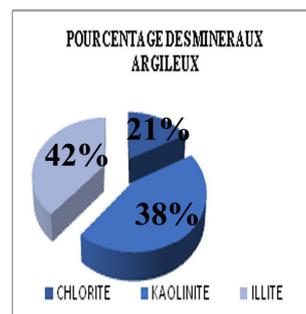
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 12.74%      |
| Calcite       | 23.96%      |
| Argile totale | 56.32%      |
| Gypse         | 0.83%       |
| Kaolinite     | 1.14%       |
| Plageoclase   | 4.98%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 20.54%      |
| KAOLINITE   | 37.89%      |
| ILLITE      | 41.55%      |



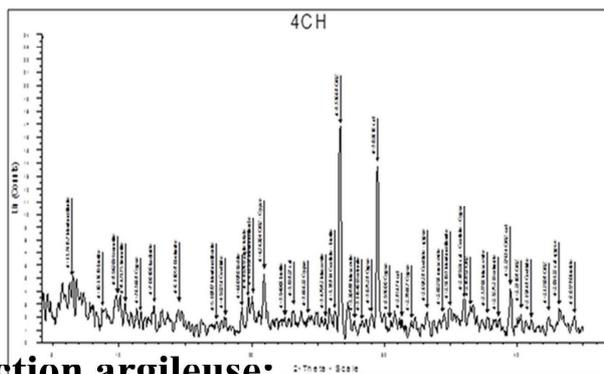
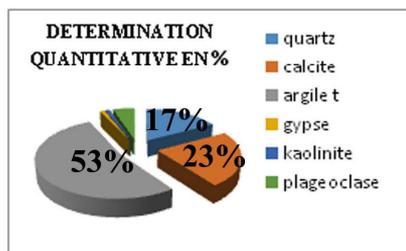
## Chapitre 4

# CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

## Echantillon N°4

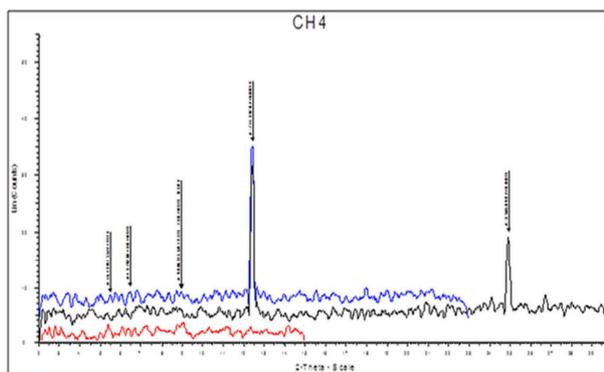
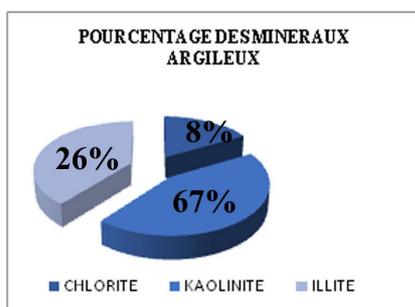
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 17.15%      |
| Calcite       | 23.10%      |
| Argile totale | 52.51%      |
| Gypse         | 0.98%       |
| Kaolinite     | 1.34%       |
| Plageoclase   | 4.90%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 8.11%       |
| KAOLINITE   | 66.88%      |
| ILLITE      | 25.5%       |



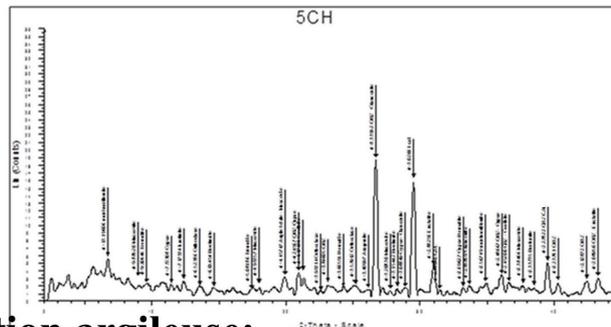
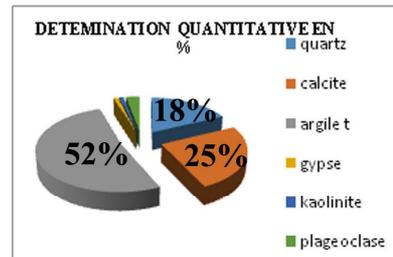
## Chapitre 4

# CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

## Echantillon N°5

### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 18.084%     |
| Calcite       | 24.97%      |
| Argile totale | 51.67%      |
| Gypse         | 0.73%       |
| Kaolinite     | 1.42%       |
| Plageoclase   | 3.10%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

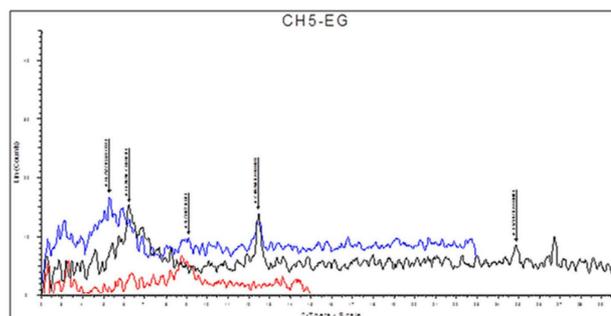
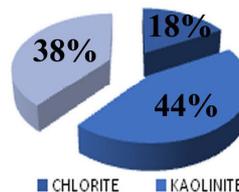
COMPOSITION POURCENTAGE

CHLORITE 17.87%

KAOLINITE 43.76%

ILLITE 38.36%

POURCENTAGE DES MINÉRAUX ARGILEUX



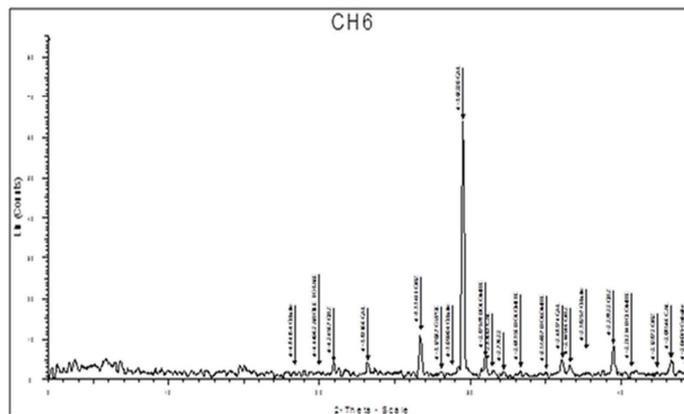
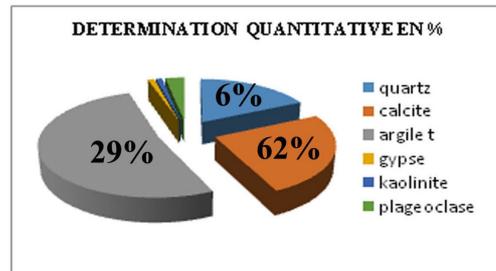
## Chapitre 4

# CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

## Echantillon N°6

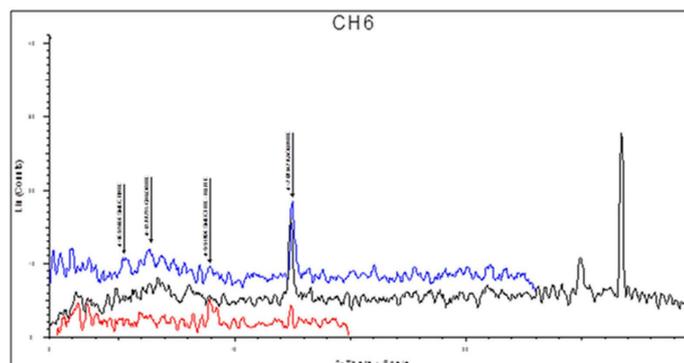
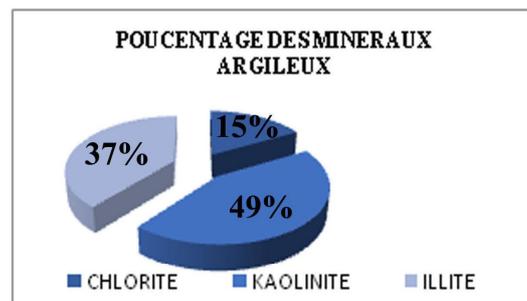
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 5.72%       |
| Calcite       | 62.04%      |
| Argile totale | 28.64%      |
| Gypse         | 0.57%       |
| Kaolinite     | 1.002%      |
| Plageoclase   | 2.005%      |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

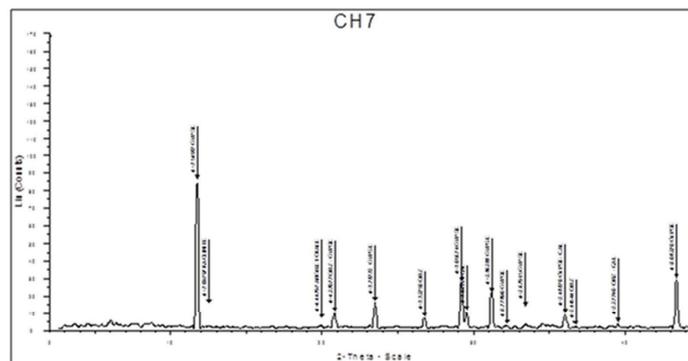
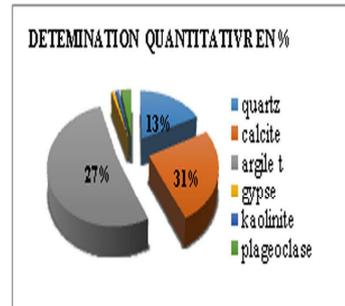
| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 14.90%      |
| KAOLINITE   | 48.57%      |
| ILLITE      | 36.52%      |



## Echantillon N°7

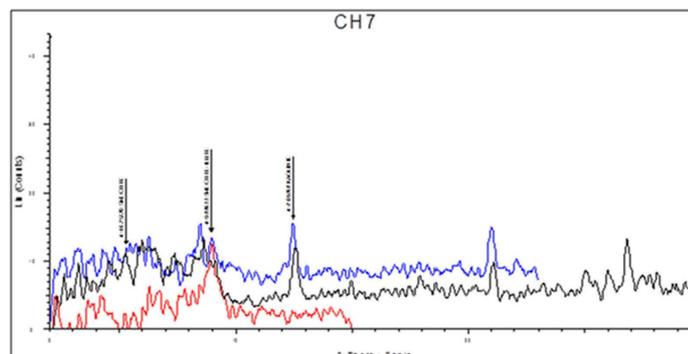
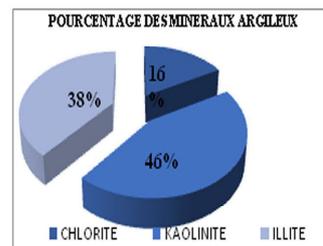
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 12.60%      |
| Calcite       | 30.58%      |
| Argile totale | 29.66%      |
| Gypse         | 21.95%      |
| Kaolinite     | 1.03%       |
| Plageoclase   | 4.15%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse:

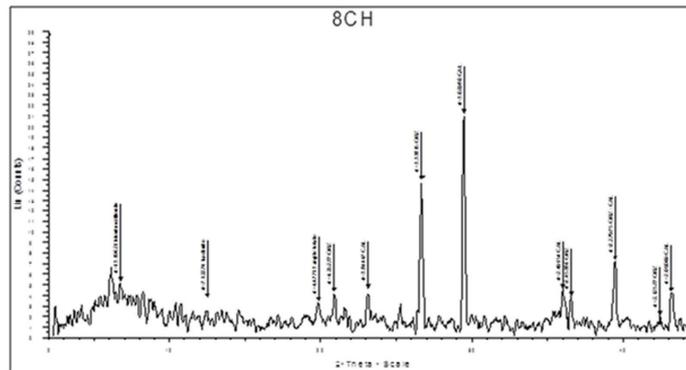
| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 16.15%      |
| KAOLINITE   | 37.53%      |
| ILLITE      | 46.30%      |



## Echantillon N°8

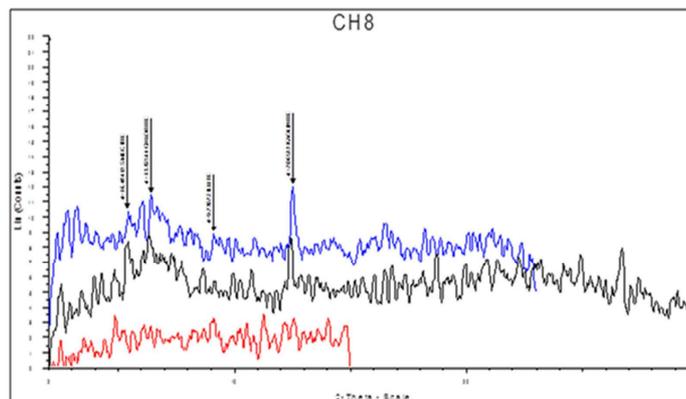
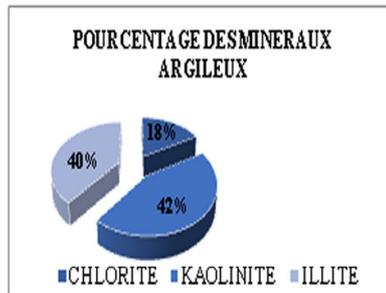
### 1. Minéralisation totale:

| COMPOSITION   | POURCENTAGE |
|---------------|-------------|
| Quartz        | 11.72%      |
| Calcite       | 27.90%      |
| Argile totale | 53.58%      |
| Gypse         | 0.80%       |
| Kaolinite     | 1.28%       |
| Plageoclase   | 4.68%       |
| Total         | 100%        |



### 2. Fraction argileuse

| COMPOSITION | POURCENTAGE |
|-------------|-------------|
| CHLORITE    | 18.27%      |
| KAOLINITE   | 39.83%      |
| ILLITE      | 41.89%      |



## Chapitre 4

---

### CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES SUSCEPTIBLES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN PAR SIG

#### **Conclusion :**

La région de d'étude présente une diversité d'instabilités de terrains. Cette diversité est liée à la complexité géologique : principalement la lithologie, ainsi qu'à l'importance des dénivellations (faisant intervenir les pentes) et les conditions climatiques. Les formations meubles couvrent de plus grandes surfaces que les formations rocheuses ou compactes, en plus, les pentes des versants peu couverts (végétation arbustive peu développée) facilitent grandement l'action des phénomènes d'érosion. L'application de la méthode d'analyse hiérarchique multicritère dans notre zone d'étude nous a permis de dégager les zones à forte susceptibilité au glissement de terrain dans la région d'oued Athmania. A partir de la carte de répartition d'aléa glissement de terrain, nous avons identifié les zones les plus susceptibles en amont des deux sous-bassins de la haute vallée el Rhumel –el kebir, notamment dans les zones à dominance de sols argileux, présentant des terrains nus et des pentes fortes.

## CONCLUSION GENERALE

La région d'oued el Athmania fait partie du Môle Constantinois, elle se caractérise par un empilement de plusieurs unités géologiques, à savoir l'unité néritique à matériel carbonaté, l'unité tellienne méridionale à matériel éocène et sénonien, essentiellement marneuse et les formations post-nappes néogènes à dominante détritique (argiles, marnes). Les formations post-nappes, ont connu des événements tectoniques miocènes et plio-quadernaires, qui ont abouti à des structures, encore actuellement actives et indiquant que le régime décrochant et compressif persiste jusqu'aujourd'hui.

L'analyse morpho structurale basée essentiellement sur l'analyse et l'interprétation des cartes hypsométriques, des photos aériennes et des modèles numériques de terrain (MNT) ont permis de mettre en évidence le grand degré de déformation du relief. Ce dernier s'exprime par des arrêts et des changements brutaux de certaines structures, des déformations et cisaillements le long des crêtes, de surcreusements linéaires de certains oueds qui témoignent d'une tectonique récente Mio-Plio-Quadernaire.

L'analyse du réseau hydrographique, montre que la région d'étude se caractérise par un réseau hydrographique dense. L'influence de la tectonique sur le type d'écoulement est sensible, elle se traduit par des perturbations dans le chevelu hydrographique et la dissymétrie des rives des oueds, notamment oued el Rhumel et oued Seguin. La carte linéamentaire fait apparaître certaines structures non cartographiées précédemment et confirmant d'autres.

Le recoupement des anomalies d'ordre géologique, morphologique, hydrographique nous a permis d'identifier, de caractériser et de cartographier l'ensemble des indices morpho-structuraux et d'identifier les zones propices aux glissements de terrain.

La région d'oued el Athmania, présente une grande diversité d'instabilités de terrains. Cette dernière est liée à la complexité géologique principalement la tectonique et la lithologie. Aussi l'importance des dénivellations auxquelles s'ajoutent les pentes et les conditions météorologiques. Les formations meubles occupent une grande aire géographique par comparaison aux formations rocheuses ou compacte. Les pentes des versants peu couverts (végétation arbustive peu développée) facilitent grandement l'action de phénomène d'érosion ce qui favorise les glissements de terrain. L'application de la méthode d'analyse hiérarchique multicritère dite AHP dans notre zone d'étude, nous a permis de déterminer des zones à moyenne et à forte susceptibilité aux glissements de terrain. A partir de la carte de répartition spatiale d'aléa glissement de terrain, nous avons identifié les zones les plus

susceptibles en amont des deux sous-bassins de la haute vallée el Rhumel –el kebir. Ces dernières se concentrent notamment dans les zones à dominance des sols argileux, surtout dans les terrains dénudés et à pentes fortes.

Les résultats d'analyse par diffraction des rayons x sur la roche totale des zones jugés vulnérables montrent la présence de minéraux argileux, notamment la kaolinite.

# ANNEXE

**Tab.3.1 : Tableau récapitulatif des différents linéaments hydrographiques.**

| Numéro de linéament                              | Direction                       | Longueur                                       | Observations /caractéristiques  |
|--|---------------------------------|--|---|
| L1<br>L2   | N40°E<br>N40°E                  | 4 Km<br>3.16Km                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoulement linéaire de plusieurs chaabats ;</li> <li>• Disparition de quelques chaabats avant de rejoindre leurs affluents signifiant la quantité d'eau perdue.</li> <li>• Alignement de plusieurs sources le long de ces deux accidents.</li> <li>• Linéarité parfaite des formations alluvionnaires.</li> <li>• Présence des calcaires cénomaniens de k<sup>t</sup> Mkilta en contact avec les alluvions quaternaires.</li> </ul> <p>Cet accident réapparaît au niveau de dj Felten.</p> |
| L3   | N-S                             | 1.61Km   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Changement brutal de direction d'oued Melah de E-W à N-S</li> <li>• Linéarité parfaite d'oued Melah le long de cet accident</li> <li>• présence de quelques sources alignées.</li> <li>• L3 bloqué par L28</li> </ul>  |
| L4<br>L5<br>L6<br>L7<br>L57<br><b>En échelon</b> | N-S<br>N-S<br>N-S<br>N-S<br>N-S | 1.14Km<br>1.02Km<br>0.83Km<br>3.14Km<br>1.65Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de oued Seguin</li> <li>• Une géologie différente de part et d'autres d'oued Seguin.</li> <li>• Oued Seguin montre une asymétrie nette avec une rive droite abrupte et escarpée et une rive gauche</li> </ul>   |

|  |                   |                            |   |
|--|-------------------|----------------------------|---|
|  |                   |                            | <p>peu pentue avec une série de replats.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dissymétrie des terrasses</li> <li>• Présence des sources alignées le long de cet accident.</li> </ul>  |
| L8                                       | N-S               | 1.90Km                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chabet el Maleh avec présence de plusieurs chaabats alignés sur sa rive droite.</li> <li>• Dissymétrie de ces rives.</li> <li>• Changement de pendage des couches.</li> <li>• Présence de sources alignées.</li> <li>• Met en contact les formations miocènes avec les formations pléistocènes.</li> </ul>   |
| L9<br>L10<br>L27<br><br><b>En relais</b> | E-W<br>E-W<br>E-W | 1.94Km<br>1.54Km<br>2.12Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued Grousse.</li> <li>• Lithologie différente de part et d'autre de cet oued qui met en contact les formations du céno-manien avec les formations du pléistocène.</li> <li>• Changement brutal de direction d'oued Grousse.</li> <li>• Ravinement intense sur la rive droite avec des pentes fortes et des pentes douces avec un ravinement rare sur la rive gauche.</li> <li>• Perturbation dans son écoulement exprimée sous forme des méandres.</li> <li>• Présence de plusieurs sources le long de ce linéament.</li> <li>• Changement brutal de direction.</li> </ul> |
| L11                                      | N-S               | 1.86Km                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de oued Grousse.</li> <li>• Bloque l'accident L10</li> <li>• Une lithologie différente de part et d'autre de cet oued Qui met en contact les formations de l'éocène avec</li> </ul>   |

|            |                |                   |   |
|------------|----------------|-------------------|---|
|            |                |                   | les formations du Quaternaire.  |
| L12        | N160°E         | 2.32Km            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement linéaire et intense de plusieurs chaabats.</li> <li>• Disparition de quelques chaabat avant de rejoindre leur cours d'eau principal.</li> <li>• Différence de Lithologie de part et d'autre des chaabats.</li> </ul>  |
| L13        | N160°E         | 1.52Km            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement linéaire et intense de plusieurs chaabats.</li> <li>• Met en contact les formations éocènes avec les formations quaternaires.</li> </ul>  |
| L14        | N35°E          | 1.35Km            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations calcaires du dj Felten et ouled Selem avec les formations du quaternaire et du Priabonien.</li> <li>• Réseau hydrographique intense et perturbé le long de ce linéament.</li> <li>• dissymétrie de dj Felten, avec présence des escarpements de lignes de failles - pentes fortes et accentués le long de ce linéament.</li> <li>• Présence des formations triasiques le long de ce linéament.</li> <li>• Présence des sources d'eau linéaires dans la même direction du L16 et L15</li> </ul> |
| L15<br>L16 | N45°E<br>N45°E | 10.41Km<br>5.84Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued kranquet.</li> <li>• Présence des formations triasiques alignées.</li> <li>• Présence des sources d'eau.</li> </ul>  |
| L17        | N60°E          | 1.50Km            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Bou Kreiba.</li> <li>• Ravinement intense sur sa rive droite avec absence de ravinement sur sa rive gauche.</li> <li>• Présence des sources le long</li> </ul>   |
| L18        | N60°E<br>N60°E | 0.83Km<br>0.91Km  |   |

|     |                  |                  |  |
|-----|------------------|------------------|--|
| L19 | N100°E<br>N100°E | 1.68Km<br>0.79Km | <p>de cette direction.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Ain Zitoune.</li> <li>• Ravinement intense des chaabats le long de chaabat Zitoune.</li> <li>• Perturbation d'oued el Rhumel par la direction N100E.</li> <li>• Présence des sources linéaires.</li> <li>• Met en contact les formations du créacé avec le formations du quaternaire.</li> </ul> |
| L20 | N-S              | 2.02Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de chaabat oudja.</li> <li>• Ravinement intense.</li> <li>• Présence des sources.</li> <li>• Met en contact les formations pléistocènes et les formations quaternaires</li> </ul>  |
| L21 | N65°E            | 0.97Km<br>0.90Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations du cénomanien avec les formations du quaternaire.</li> <li>• Présence des sources linéaires.</li> <li>• Ravinement intense.</li> <li>• Changement de pendage des couches</li> </ul>   |
| L22 | E-W              | 2.50Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite E-W de chaabat kef Trab.</li> <li>• Ravinement intense sur la rive droite de chaabat kef trab.</li> <li>• Met en contact les formations du cénomanien avec les formations pléistocènes.</li> <li>• Pente raide et ravinement intense sur sa rive droite, pente douce et absence de ravinement.</li> </ul>                              |
| L23 | N-S              | 1.43Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S d'oued Sedjar et de chaabat</li> </ul>   |

|     |       |        |   |
|-----|-------|--------|---|
| L23 | N-S   | 2.02Km | <p>Ouldja.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perturbation d'oued el Rhumel par ce linéament.</li> <li>• Met en contact les formations du céno-manien du dj Sekoum et les formations Mio-Pliocènes.</li> <li>• Pente accentuée le long de ce linéament.</li> <li>• Ravinement intense.</li> <li>• Présence des sources linéaires.</li> <li>• Présence des formations différentes de part et d'autre de l'oued (calcaires céno-manien – des alluvions du quaternaire- Pliocène – villafranchien).</li> </ul> |
| L24 | N60°E | 1.37Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Mdraj Naro.</li> <li>• Ravinement intense sur la rive gauche de cette chaaba.</li> <li>• Met en contact les formations céno-maniennes de Mat si Khalifa et les formations Mio-Pliocènes.</li> <li>• Changement de direction des couches.</li> </ul>  |
| L25 | EW    | 2.13Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traverse les formations céno-maniennes du dj Sekoum.</li> <li>• Linéarité parfaite E-W de chaabat Dakali et chaabat kef Dzal.</li> <li>• Ravinement intense et perturbé.</li> <li>• Présence de sources d'eau.</li> </ul>  |
| L26 | N30°E | 2.12Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite des chaabats au niveau de Mazrat Amri.</li> <li>• Ravinement intense.</li> <li>• Met en contact les formations du céno-manien avec les formations Mio-pliocènes.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>   |
|     |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations éocènes avec les</li> </ul>  |

|     |            |                  |   |
|-----|------------|------------------|---|
| L27 | N30°E      | 1.68Km           | <p>formations Mio-pliocènes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Acela.</li> <li>• Ravinement intense et pentes accentuées le long de ce linéament.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>   |
| L28 | E-W        | 1.65Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Melah.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources d'eau.</li> </ul>  |
| L28 | E-W        | 1.60Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Changement de direction des structures (Koudiat Mousalem).</li> </ul>  |
| L29 | N-S        | 3.09Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Guergour- Feroudj.</li> <li>• Une symétrie parfaite de cette chaaba</li> <li>• Un ravinement intense et long sur sa rive droite et moins intense et court sur sa rive gauche.</li> <li>• Une lithologie différente de part et d'autre de cette chaaba (l'accident met en contact les formations du Miocène avec les formations Pliocènes- – Villafranchiennes).</li> </ul> |
| L30 | N-S        | 3.28Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité d'un segment d'oued el Rhumel et chaabat Etnia le long de ce linéament.</li> <li>• Ravinement intense le long de ce linéament.</li> <li>• Présence des sources linéaires.</li> <li>• Met en contact les formations Miocènes avec les formations du quaternaire.</li> </ul>   |
| L31 | N-S<br>N-S | 1.79Km<br>1.55Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de chaabat Houmam.</li> <li>• Ravinement intense dans le sens du linéament.</li> <li>• Met en contact les formations éocènes et les formations Mio-pliocènes.</li> </ul>  |

|     |        |        |   |
|-----|--------|--------|---|
|     |        |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de formations triasiques le long de ce linéament.</li> </ul>  |
| L32 | E-W    | 1.32Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et perturbé le long de ce linéament (chaabat el haci).</li> <li>• Présence de sources.</li> <li>• Linéarité parfaite E-W des formations miocènes.</li> </ul>  |
| L33 | E-W    | 2.31Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et perturbé le long de ce linéament.</li> <li>• Linéarité parfaite des formations éocènes.</li> <li>• Présence des formations triasiques cote à cote avec les formations miocènes.</li> </ul>                         |
| L34 | N-S    | 1.48Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire.</li> <li>• Présence de sources.</li> <li>• Met en contact les formations du quaternaire avec les formations miocènes.</li> </ul>   |
| L35 | N-S    | 0.94Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de plusieurs chaabats.</li> <li>• Met en contact les formations miocènes avec les formations pliocènes.</li> <li>• Ravinement intense et perturbé.</li> </ul>   |
| L36 | N-S    | 0.95Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de chaabat Diab.</li> <li>• Ravinement intense et présence des sources.</li> <li>• Met en contact les formations miocènes et les formations Pliocènes.</li> </ul>   |
| L37 | N145°E | 1.01Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire de plusieurs chaabats (chaabat ben Adda, chaabat el Kbira).</li> <li>• Met en contact les formations miocènes avec les formations pliocènes.</li> <li>• Perturbation du réseau hydrographique.</li> </ul> |

|     |        |        |   |
|-----|--------|--------|---|
| L38 | N150°E | 1.70Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire de plusieurs chaabats.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>   |
| L39 | N-S    | 0.34Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de segments N-S dans le lit d'oued Bou Yacour dont la direction principale d'écoulement (Ouest-Est).</li> </ul>   |
| L40 | N-S    | 0.38Km |   |
| L41 | N-S    | 0.41Km |   |
| L42 | N-S    | 1.33Km |   |
| L43 | N130°E | 0.98Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire de plusieurs chaabats.</li> <li>• Met en contact les formations miocènes avec les formations pliocènes.</li> </ul>  |
| L44 | N125°E | 4.28Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• linéarité parfaite d'oued Athmania jusqu'à sa jonction avec oued Rhumel.</li> <li>• La symétrie d'oued Athmania.</li> <li>• Arrêt brutal des formations Villafranchiennes.</li> <li>• Epaisseurs différentes des formations villafranchiennes avant de disparaître.</li> <li>• Arrêt brutal des structures N-S.</li> </ul> |
| L45 | N-S    | 2.54Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued Bourbi ;</li> <li>• Ravinement intense sur sa rive gauche.</li> <li>• Assymétrie géométrique d'oued Bourbi.</li> <li>• Différence de pentes de part et d'autre d'oued Bourbi.</li> <li>• Cette structure est parallèle à la structure d'oued Kriechem.</li> </ul>                                |
| L46 | N-S    | 2.28Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S des chaabats au niveau de kef seker.</li> <li>• Met en contact les formations Miocènes avec les formations quaternaires.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> </ul>   |
|     |        |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chabat</li> </ul>  |

|                          |                          |                                      |   |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| L47                      | E-W                      | 1.62Km                               | <p>kassar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations du quartenaire avec les formations Miocènes.</li> <li>• Ravinement intense et perturbé avec présence de sources.</li> </ul>   |
| L48                      | N60°E                    | 1.91Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire.</li> <li>• Présence de sources.</li> <li>• Perturbation du réseau hydrographique par ce linéament.</li> </ul>  |
| L49<br>L50<br>L51<br>L52 | N-S<br>N-S<br>N-S<br>N-S | 1.65Km<br>1.12Km<br>1.21Km<br>3.14Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued Seguin.</li> <li>• Lithologie différente de part et d'autre de ses segments orientés N-S.</li> <li>• La vallée d'oued Seguin montre une dissymétrie assez nette, avec une rive droite à pente raide et une rive gauche à pente douce.</li> <li>• Arrêt brutal de la structure de dj Felten.</li> </ul> |
| L53                      | E-W                      | 1.61Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire.</li> <li>• Présence de sources.</li> <li>• Perturbation du réseau hydrographique par ce linéament.</li> </ul>  |
| L54                      | N100°E                   | 0.31Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued el Rhumel.</li> <li>• Changement de direction.</li> <li>• Ravinement intense sur la rive droite de l'oued et absence de ravinement sur la rive gauche.</li> </ul>  |
| L55                      | N-S                      | 1.51Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de chaabat bled Mokhtar.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> <li>• Changement de pendage et d'épaisseur des couches.</li> </ul>  |
| L56                      | N45°E                    | 4.90Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire dans le sens du linéament.</li> <li>• Linéarité parfaite des</li> </ul>   |

|   |        |   |  |
|---|--------|---|--|
| L57   | N45°E  | 2.93Km  | calcaires maestrichtiens avec changement de pendage et d'épaisseur.<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Décalage de blocs calcaires le long de ce linéament.</li> <li>• Réseau hydrographique perturbé avec des changements brutaux du sens d'écoulement.</li> </ul>   |
| L58<br>L60<br>L63<br>L69<br>L70<br>L71<br>L72 | N100°E | 1.35Km<br>1.90Km<br>0.91 Km<br>0.80 Km<br>0.65 Km<br>0.74 Km<br>0.56 Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et écoulement linéaire dans la même direction du linéament.</li> <li>• Décalage des blocs de calcaires maestrichtiens.</li> <li>• Perturbation du réseau hydrographique par ce linéament.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>   |
| L59<br>L61<br>L62<br>L64<br>L65               | N45°E  | 1.73Km<br>1.06 Km<br>1.12 Km<br>0.88 Km<br>1.73 Km                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite des calcaires maestrichtiens avec changement d'épaisseur des couches.</li> <li>• Décalage des calcaires le long de ces linéaments.</li> <li>• Présences des corps glissants.</li> <li>• Linéarité de plusieurs chaabats dans le sens des linéaments.</li> <li>• Réseau hydrographique dense et perturbe qui délimite djebel Garne Chouf et Friktia.</li> <li>• Présence des sources linéaire au niveau de Bled Ben Abdou.</li> <li>• Pentes raides des flancs de djebel Friktia et Garne chouf.</li> </ul> |
| L66<br>L67<br>L68                             | N-S    | 0.36 Km<br>0.45 Km<br>0.25 Km   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloquent les directions N45°E.</li> <li>• Ravinement intense N-S.</li> <li>• Décalage et changement de pendage des couches calcaires.</li> </ul>  |
|   |        |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrêt brutal des formations calcaires.</li> </ul>   |

|                          |       |                                      |  |
|--------------------------|-------|--------------------------------------|--|
| L75<br>L76<br>L77        | N-S   | 3.68Km<br>2.02Km<br>1.02Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de chaabat Krichem et oued Bourbi.</li> <li>• Linéarité parfaite d'oued Kriechem.</li> <li>• Ravinement intense dans sa rive droite d'oued Krichem.</li> <li>• Géologie différente de part et d'autre de cette structure</li> <li>• Structure parallèle à la structure d'oued Bourbi.</li> <li>• Oued Bourbi traverse les calcaires et les marnes du Pliocène-Villafranchien.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>   |
| L78                      | E-W   | 5.66Km                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued Bou Yacour (E-W), avec quelques méandres le long de son parcours d'oued Athmania a Chalghoum el aïd.</li> <li>• Densité différente du réseau hydrographique de part et d'autre de ce linéament.</li> <li>• Changement brutal de la direction d'oued Rhumel de NE-SW à NW-SE à la faveur de cette structure.</li> <li>• Géologie différente de part et d'autre de cette structure.</li> <li>• L'écoulement d'oued Bou Yacour suit la même direction que cette structure.</li> <li>• Des Pentes différentes de part et d'autre de cette structure.</li> </ul> |
| L79<br>L80<br>L81<br>L82 | N40°E | 1.51Km<br>0.41Km<br>0.41Km<br>0.40Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseau hydrographique dense et perturbé au niveau de Djebel Chettaba.</li> <li>• Linéament des sources d'eaux au niveau de cette structure.</li> <li>• Met en contact les formations récentes du quaternaire avec les formations de la nappe Pénitellienne.</li> <li>• La présence de lambeaux de trias alignés à la faveur de</li> </ul>   |

|            |        |                  |  |
|------------|--------|------------------|--|
|            |        |                  | cette structure.   |
| L83<br>L84 | N25°E  | 0.71Km<br>1.03Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite d'oued kniouia.</li> <li>• Différentes lithologies de part et d'autre d'oued kniouia.</li> <li>• Met en contact les formations miocènes avec les formations Pliocènes-villafranchiennes.</li> </ul>                            |
| L85        | N30°E  | 2.28Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perturbation d'oued el Rhumel.</li> <li>• Présence des formations gypsifères.</li> <li>• Présence de sources.</li> </ul>  |
| L86<br>L87 | N110°E | 1.12Km<br>0.78Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite de chaabat Melah.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> <li>• Perturbation du chevelu hydrographique par certains accidents.</li> </ul>   |
| L88        | N-S    | 1.35Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S d'oued el Rhumel.</li> <li>• Met en contact les formations cénomaniennes avec les formations quaternaires.</li> <li>• Présence des formations gypsifères.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> </ul> |
| L89        | N-S    | 1.18Km           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations cénomaniennes du dj Mhiris avec les formations quaternaires.</li> <li>• Angularité d'oued el Rhumel.</li> <li>• Présence des glissements de terrains.</li> </ul>  |
| L90<br>L91 | N160°E | 1.10Km<br>1.05Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite des calcaires cénomaniens de dj Mhiris.</li> <li>• Présence des formations quaternaires cote à cote avec les formations cénomaniennes.</li> <li>• Linéarités N160°E d'oued el Rhumel.</li> </ul>                               |

|  |        |  |   |
|--|--------|--|---|
|  |        |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence des glissements de terrains.</li> </ul>   |
| L92<br>L93<br>L94<br>L95<br>L96<br>L97<br>L98              | N110°E | 1.38Km<br>0.75Km<br>0.73 Km<br>2.45 Km<br>0.35 Km<br>0.78 Km<br>1.12Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarités parfaites des formations éocènes dans la même direction du linéament.</li> <li>• Décalage des calcaires éocènes.</li> <li>• Changement du pendage des couches calcaires.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> <li>• Cisaille et déforme la ligne de crête.</li> </ul> |
| L99<br>L100  | E-W    | 0.66Km<br>0.79Km   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite des formations éocènes.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> </ul>  |
| L101<br>L102<br>L103<br>L104<br>L105                       | N30°E  | 0.31Km<br>0.45Km<br>0.75Km<br>0.80 Km<br>0.60 Km                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement intense et linéaire dans la même direction des linéaments.</li> <li>• Décalage dans les blocs de calcaires éocènes de dj Chaima.</li> </ul>   |
| L106<br>L110<br>L112<br>L113<br>L116<br>L117<br>En échelon | N160   | 2.28Km<br>0.35 Km<br>0.26 Km<br>0.36 Km<br>0.86 Km<br>0.42 Km          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations éocènes avec les formations tantôt Miocènes tantôt Maestrichtiennes.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> <li>• Changement de pendage et basculement de blocs calcaires.</li> </ul>  |
| L118<br>L119<br>L120                                       | E-W    | 0.22 Km<br>0.38 Km<br>0.72 Km  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloquent les linéaments (L106, L110, L112, L113, L116)</li> <li>• Linéarité parfaite des calcaires éocènes.</li> </ul>   |
| L121   | E-W    | 0.80 Km  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met en contact les formations éocènes avec les formations lutétiennes.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> </ul>  |
| L122   | N45°E  | 0.65Km   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloque L94 et L98.</li> <li>• Ravinement intense et présence de sources.</li> <li>• Présence des formations gypsifères le long de cette direction.</li> </ul>  |
|  |        |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S</li> </ul>  |

|                      |       |                         |  |
|----------------------|-------|-------------------------|--|
| L123                 | N-S   | 3.1 Km                  | <p>d'oued Bouhamdoune.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravinement rare et présence de quelques sources linéaires.</li> <li>• Met en contact des formations quaternaires avec les formations miocènes.</li> <li>• Pentes différentes de part et d'autre d'oued Bouhamdoune.</li> </ul> |
| L124                 | E-W   | 1.5Km                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite E-W de chabet Kassem.</li> <li>• Différence de pente de part et d'autre de chabat Kassem.</li> <li>• Met en contact les formations du quaternaire avec les formations du Miocène.</li> </ul>   |
| L125<br>L126         | NE-SW | 2.4Km<br>2.1Km          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseau dense et perturbé au niveau de chabet Azda.</li> <li>• Présence des sources d'eau.</li> <li>• Présence de plusieurs formations géologiques d'âge différent.</li> </ul>   |
| L127<br>L128<br>L129 | E-W   | 3.1Km<br>2.8Km<br>3.2Km | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite E-W de chaabat el Bagret et chaabat Mehtetr.</li> <li>• Ravinement intense le long de ces chaabats.</li> <li>• Présence des formations de différents âges.</li> </ul>  |
| L130                 | N-S   | 1.8Km                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linéarité parfaite N-S de oued Halouf.</li> </ul>   |
| L130                 | N-S   | 1.8Km                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pentes différentes de part et d'autre du linéament.</li> <li>• Présence des sources d'eau.</li> </ul>   |

## Bibliographie

- **ARIS Y, 1994:** étude tectonique et microtectonique des séries jurassiques à Plio-Quaternaire du constantinois centrale, thèse de doctorat, Université de Nancy.
- **AMELLAL I , BOUZIDI A,2016:** Localisation industrielle - utilisation d'un outil d'aide à la décision multicritère et d'un SIG : application au cas de la région Chaouia-Ouardigha au Maroc , International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 14 No. 1, pp. 243-253.
- **BELABBAS S, 2012 :** inventaire et caractéristiques des accidents actifs (impact sur la sismicité de la région de Constantine), thèse de magister, université de Sétif.
- **BENABBAS C, 2006:** évolution Mio-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de L'Algérie Nord Orientale; apport de la photogéologie et analyse morphostructurale. Thèse de doctorat, Université de Constantine.
- **BOUEDJA F., 2010 :** Tectonique actuelle et récente et risque sismique de la région de Constantine. Mémoire de magister. Université Ferhat Abbas- Sétif.
- **BOUILLIN J.P. 1986 :** Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, 547P-558P.
- **BELHANNACHI .H ,1991 :** étude structurale du massif du Chettaba (Ouest-constantinois, Algérie).
- **BERRIER M.J., KNOPOFF L.2004,** Structure of the upper mantle under the western Mediterranean Basin, Bull. Soc. Géol. France.
- **COTE M, 1974 :** les régions bioclimatiques de l'Est Algérien, Université Constantine, C.U.R.E.R, Ronéot, 6p.
- **COIFFAIT Phe, 1992:** un bassin poste- nappe dans son cadre structural; l'exemple de bassin de Constantine (Algérie Nord orientale), thèse de doctorat, Université de Nancy.
- **CHADI M., 1991:** Etude géologique de monts de Ain Mlila (Algérie orientale). Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy1, 191p
- **CHADI M., 2004:** Cadre géologique et structural des séries néritiques du Constantinois (Est Algérien). Thèse de doctorat d'Etat. Université de Constantine, 219 p.
- **DURAND DELGA, 1969:** étude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique, Bulletin N°24, Page 522.
- **DURAND-DELGA M., 1969 :** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, N. S., Bull. n°39
- **DUROZOY. G, 1952:** La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie, Données sur l'hydrogéologie algérienne, Hydrogéologie des massifs calcaires de Constantine. Etude préliminaire, XIXème, Congrès géologique international, Alger, pp. 96-111.
- **DUROZOY, G., 1960.** Etude géologique de la région de Chateaudun du Rhumel. Pub. Serv. Carte géologique de l'Algérie (Nouvelle Série), Bulletin n° 22.
- **DEFFONTAINES B., (1990),** Développement d'une méthodologie morphonéotectonique- Analyse des surfaces enveloppes du réseau hydrographique et des MNT, Thèse, Université Paris VI, 225pages.

- **DELEAU.P** (1952).- Le pays Constantinois. Publ. XIX. C. G. I. Alger, 1952, Monogr. Rég., 1<sup>o</sup> Série, n<sup>o</sup>13, 86 p
- **Dercourt, J., Zonenshain, L.P., Ricou, L.E., Kazmin, V.G., Le Pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbertshikov, I.M., Geysant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D.H., Boulin, J., Sibuet, (1985)**, Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias, *Tectonophysics*, 123, 241-315.
- **FRIZON DE LAMOTTE, D., SAINT BEZAR, B.A., BRACENE, R AND MERCIER, E., 2009**: The two50. Main steps of the atlas building and geodynamics of the western mediterranean, *Tectonics*, 19, 25, 27, 28, 36, 38, 39, 40, 41, 58, 106, 108, 134, 189, 190.
- **FALEHIA & SADIKI A, 2002** : Glissement rotationnel de Dhar El Harrag : exemple d'instabilité de terrain dans le Prérif central (Maroc), *Bulletin de l'Institut scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre.
- **FLAGEOLLET J C., 1988** : Les mouvements de terrain et leur prévention. Collection géographie. Masson. Editeur 120, bd saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06.224p.
- **FARAH.A, 1991** : étude du comportement hydrochimique d'un oued en zone méditerranéenne semi aride d'Afrique du Nord et de ses causes naturelles et anthropiques l'oued Rhumel, constantinois Algérie, thèse de doctorat, université d'Orléans , France.
- **FAGEL .N , BOSKI T, LIKHOSHWAY L , OBERHAENSLI H, 2003**: Late Quaternary clay mineral record in Central Lake Baikal (Academician Ridge, Siberia), article , revue *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 193 (2003) 159^179
- **FAGEL .N, 1990**: **practical** indentification of clay minerals; handbook for teachers and students in clay mineralogy; bibliothèque royale de Belgique ;N<sup>o</sup>D1986/1096/4.
- **FICHEUR E, 1899**: le massif du chettaba et les ilots triasiques de la région de Constantine B .S.G.F (3), XXII, p544-575.
- **HARBI A, PERESAN A, and PANZA G F., 2010**: "Seismicity of Eastern Algeria: a revised and extended earthquake catalogue," *Natural Hazards*, vol.54, no.3, pp.725–747.
- **HOBBS W H., 1912**: Lineaments of the border region. *Bull. Soc. Géol Américaine*. Vol. 15, pp 483-506.
- **GUIRAUD R, 1973**: l'évolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie d'après le bassin du Hodna et les régions voisines, thèse de doctorat.
- **GUELLALS S et AL. 1977a** : Rapport interne. (BEICIPSONATRACH) .
- **GUY TROUCHETTI, 1960** : Les foraminifères crétacés de Provence (Aptien Santonien).système, biostratigraphie, paléoécologie, paléogéographie. Thèse de Doctorat université de Provence.
- **JOLIVERT, L., FACCENNA, C. (2007)**, Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision, *Tectonics*, 19, 1095-1106.
- **JALEAUD, L., (1912)** : Etude géologique de la chaîne numidique et des monts de Constantine. Thèse, 438p. Paris et Montpellier
- **KAZI-TANI N., 1986** : Evolution géodynamique de la bordure Nord Africaine le domaine intra plaque nord orientale. Approche méga séquentielle.

- **KAMDOM SADO .E, 2011:** utilisation d'un modèle numérique de terrain et du réseau hydrographique pour la production d'une carte d'aleas d'inondations : cas de la ville de Douala, thèse de magister, Université Paris Est.
- **LAMYAA K, M'BARK AGOUSSINE B ET AL.....,2017:** Application de la méthode d'analyse multicritère hiérarchique pour la quantification de perte en sol dans un sous-bassin montagnard -haute vallée de Tifnoute (Haut Atlas marocain), Numéro spécial publié dans *Geo-Eco-Trop*, 493 page.
- **LAHONDERE, J.-C., MAGNE, J., 1983.** L'évolution du domaine néritique Constantinois dans la région de Guelma (Algérie) à la fin du secondaire et au début du Tertiaire : conséquences paléogéographiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 197 (Série D).
- **LAHONDERE. J.C, 1987 :** Les séries ultra-telliennes de l'Algérie Nord oriental et les formations environnantes dans leur cadre structural ; thèse sciences, université Paul Sabatier, Toulouse 221P.
- **LE PAPE S., 1998 :** Analyse et quantification du réseau hydrographique. Mémoire D'ingénieur E.S.G.T.Ecole supérieure des géomètres et topographie. 64 p.
- **MATHIEU FRESSARD, 2013:** Les glissements de terrain du Pays d'Auge continental (Normandie, France) Caractérisation, cartographie, analyse spatiale et modélisation, thèse de doctorat, université de Caen Basse-Normandie.
- **MEBARKI A, 1984. :** Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir-Rhumel, édition office des publications universitaire N°.8, Alger .
- **MEBARKI A., 2008,** Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'état, Université de Mentouri-Constantine .
- **Martinez D, Fernandez, M., Gueguen, E., and Sabat, F. (1990),** On the interference between the early Apennines–Maghrebides back-arc extension and the Alps-Betics orogen in the Neogene geodynamics of the Western Mediterranean, *Bull. Soc. Geol. Ital.*, 118, 75–89.
- **MAUFFRET, A., MALDONADO, A., AND CAMPILLO, A.C. (2006),** Tectonic framework of the Eastern Alboran and Western Algerian basins, Western Mediterranean, *Geo Mar. Lett.*, 12, 104-110.
- **OLIVET, L., 1997 :** La déformation des continents, exemples régionaux. Collection enseignement des Sciences, Hermann, Paris, France.
- **RULLAN-PERCHIRIN F ,1985 :** recherche sur l'érosion dans quelques bassins du constantinois (Algérie), thèse 3ème cycle, Université Paris 1, 356p.
- **RAOULT J F., 1969 :** Nouvelles données sur les flyschs du Nord dans la zone des oliviers( Nord du constantinois, Algérie)
- **RAOULT J F., 1974 :** Géologie du centre de la chaîne numidique (nord Constantinois, Algérie). *Mém. Soc.Géol. France*, N°121, 1-163.
- **SAVORNIN J., 1920 :** Etude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien. *Bull. du S.C.G.A.*, 2ème série stratigraphie, descriptions régionales N° 7.
- **SIDI MOHAMED A, ROUCHDI M, BOUZIANI M, EL IDRISSE A, 2017 :** intégration du sig et de l'analyse hiérarchique multicritère pour l'aide dans la planification urbaine, étude de cas de la province de khemisset, Maroc, ISSN: 1989-4627, *Papeles de Geografía*,

- **SALOMON F, 2001** : Les glissements de terrain du Pays d'Auge continental (Normandie, France) Caractérisation, cartographie, analyse spatiale et modélisation, doctorat de l'université de Caen Basse-Normandie France.
- **SAATY T, 1970**: Analytic Hierarchy Process for Evaluation of Environmental Factors for Residential Land Use Suitability; article, *International Journal Of Computational Engineering Research (ijceronline.com) Vol. 2 Issue. 7*
- **SAATY T, 1980**: The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York., pp. 20-25.
- **SAATY T, 1984**: An exposition on the AHP in reply to the paper 'remarks on the analytic hierarchy process. *Manag. Sci.*, 36, 259–268
- **SANDER 2007**:
- **Van de Fliert. J.R, 1952** : étude géologique de la région d'oued Athmania(Algérie), bulletin N° 3 du service de la carte géologique de l'Algérie, Alger.
- **VILA J.M., 1977** : carte de l'Algérie au 1/200000, feuille de Constantine avec notice explicative ; Algérie, service des cartes géologiques, Alger, Algérie
- **VILA J.M., 1978**: définition de la nappe néritique constantinoise, éléments majeurs de la chaîne alpine d'Algérie orientale, *CRS omm .soc géol .fr pp791-794*, Paris.
- **VILA J.M., 1980** : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse de Doctorat, université Paris VI, vol 3.
- **VARNE D.J 1984**: landslides types and processes. *Landslides and engineering practice. Highway research board special, rapport 29, nat. acad. sci.*, 20-47
- **VOUTE C. (1967)** : Essai de synthèse de l'Histoire géologique des environs d'Aïn Fakroun, Aïne Babouche et des régions limitrophes *Bull . Serv. Carte Géol. Algérie, nouvelle Série, N° 36* .
- **WILDI W., 1983**: La chaîne tello rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. géog. Phys.*, (24), 3, pp 201-297.

## DOCUMENTS UTILISES :

### Cartes Topographiques

- Feuille d'oued Athmania N°96, échelle 1/50 000ème.
- Feuille de Constantine N°93, échelle 1/ 50 000ème.
- Feuille d'oued Athmania N°1-2, échelle 1/25 000.
- Feuille d'oued Athmania N°3-4, échelle 1/25 000.
- Feuille d'oued Athmania N°5-6, échelle 1/25 000.
- Feuille d'oued Athmania N°7-8, échelle 1/25 000.

### Cartes Géologiques

- Carte géologique d'oued Athmania, échelle 1/50 000ème.
- Carte géologique de Constantine par l'Office National de la Géologie (Algérie), échelle 1/200 000ème.
- Carte géologique de Sétif par l'Office National de la Géologie (Algérie), échelle 1/200 000ème.
- Carte structurale de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins

Algéro-Tunisiens (1978) par J M Vila, échelle 1/500 000ème.

**Photographie aériennes :**

Boite N°96, Missions 1972, échelle 1/20. 000ème.

**Livres :**

L'utilisation de la photo-interprétation dans l'établissement des plans des risques liés aux mouvements de terrain, guide technique édité par le laboratoire central des ponts et chaussées, février 1999.

**Les sociétés consultées :**

- Agence National De Ressources Hydriques.AN.R.H de Constantine.
- Centre national des études et recherches en génie parasismique(C.G.S) : alea sismique en Algérie et microzonage, cas de l'Algérie

## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| <b>Fig. 1 .1</b> .localisation de la zone d'étude.....   | 7  |
| <b>Fig.1 .2</b> .limites administratives de la zone d'étude.....   | 8  |
| <b>Fig.1.3</b> .Oro-Hydrographie de la zone d'étude  | 9  |
| <b>Fig.1 .4</b> . Hydrographie de la zone d'étude.....   | 10 |
| <b>Fig 1.5.</b> carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est Algérien .....  | 11 |
| <b>Fig1.6.</b> sismicité de la zone d'étude.....   | 13 |
| <b>Fig. 1.7.</b> carte des principales unites geologiques composant le pourtour de la mediterranee occidentale.....  | 14 |
| <b>Fig. 1 .8.</b> carte schématique structurale de la chaine tello-rifaine .....   | 16 |
| <b>Fig.1 .9.</b> Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.....   | 18 |
| <b>Fig.1 .10.</b> Coupe générale synthétique des Maghrébides (région du Constantinois).....  | 19 |
| <b>Fig.1 .11.</b> Carte géologique de l'Algérie orientale et de la Tunisie septentrionale.....   | 24 |
| <b>Fig.2 .1 :</b> positionnement de la zone d'étude dans le domaine du constantinois extrait de la carte géologique Constantine 1/200000 <sup>ème</sup> .....                                    | 29 |
| <b>Fig.2.2.</b> Carte des Affleurements de la nappe Néritique Constantinoise extraite de la carte géologique Constantine 1/200000 <sup>ème</sup> .....   | 31 |
| <b>Fig.2 .3.</b> Carte des affleurements triasiques dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> .....  | 33 |
| <b>Fig.2 .4:</b> colonne stratigraphique schématique du crétacé inf au Dj Friktia.....   | 34 |
| <b>Fig.2.5:</b> carte des affleurements du Crétacé Inf dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> .....                                       | 40 |
| <b>Fig.2.6 :</b> colonne stratigraphique schématique du Sénonien, dans la dépression du Chettaba.....  | 42 |
| <b>Fig.2.7 :</b> colonne stratigraphique schématique de l'Eocène inf- Lutétien inf, près du Dr Fayet au SW d'Ain Smara.....  | 43 |
| <b>Fig.2 .8:</b> carte des affleurements du crétacé sup (Penitellien) dans la région d'étude extrait de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> .....                         | 45 |
| <b>Fig.2 .9:</b> carte des affleurements des formations du Crétacé Sup( nappe tellienne S.S) dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> ..... | 46 |
| <b>Fig.2.10 :</b> colonne lithostratigraphique des dépôts Néogènes du bassin de Mila.....  | 48 |
| <b>Fig.2 .11:</b> carte des affleurements des formations Néogènes dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> .....                            | 51 |
| <b>Fig.2 .12:</b> carte des affleurements du Quaternaire dans la région d'étude extraite de la carte géologique d'oued Athmania 1/50000 <sup>ème</sup> .....                                     | 55 |
| <b>Fig.2 .13:</b> Carte géologique de la région de oued Athmania à l'echelle1/50000 <sup>ème</sup> .....   | 57 |
| <b>Fig.3.1.</b> Carte hypsométrique couvrant la zone d'étude au 1 :5000 <sup>ème</sup> .....   | 61 |
| <b>Fig.3.2.</b> carte hypsométrique montrant les principaux éléments du relief structural au 1 :5000 <sup>ème</sup> .....  | 62 |
| <b>Fig.3.3.</b> carte d'altitude montrant la subdivision des différentes zones de terrain d'étude.....   | 63 |
| <b>Fig.3.4.</b> model numérique de terrain montrant les particularités morphologique au niveau de dj Toukouia.....   | 64 |
| <b>Fig.3.5.</b> carte hypsométrique couvrant la zone 1 au 1 :25000 <sup>ème</sup> .....  | 67 |
| <b>Fig.3.6.</b> carte spatiale montrant les particularités morphologiques, géologiques, hydrographiques  |    |

|  |     |
|--|-----|
| dans la zone 1 .....   | 69  |
| <b>Fig.3.7.</b> Model numérique de terrain montrant la morphologie de l'ensemble friktia-Ganechouf-chettaba.....           | 71  |
| <b>Fig.3.8</b> carte spatiale montrant les particularités morphologiques, géologiques, hydrographiques dans la zone2.....  | 74  |
| <b>Fig.3.9</b> model numérique de terrain montant les particularités morphologique au niveau de dj Felten.....             | 75  |
| <b>Fig.3.10</b> model numérique de terrain montant les particularités morphologique de l'ensemble sekoum-ouled sellem..... | 77  |
| <b>Fig.3.11</b> carte spatiale montrant les particularités morphologiques, géologiques, hydrographiques dans la zone3..... | 79  |
| <b>Fig.3.12</b> model numérique de terrain montant les particularités morphologique au niveau de djebel Meimel.....        | 80  |
| <b>Fig.3.13</b> model numérique de terrain montant les particularités morphologique au niveau de djebel Medelsou.....      | 80  |
| <b>Fig.3.14</b> carte spatiale montrant les particularités morphologiques, géologiques, hydrographiques dans la zone4..... | 82  |
| <b>Fig.3.15.</b> Model Numérique de Terrain de la région d'étude.....  | 82  |
| <b>Fig.3.16.</b> carte de fracturation à partir d'un model numérique de terrain.....                                       | 83  |
| <b>Fig.3.17.</b> morphologie du réseau hydrographique.....   | 85  |
| <b>Fig.3.18.</b> carte du réseau hydrographique.....   | 86  |
| <b>Fig.3.19.</b> particularités hydrographiques dans le bassin d'effondrement d'Ain Smara.....                             | 88  |
| <b>Fig.3.20.</b> écoulement linéaire et chevelu hydrographique parallèle dans la partie occidentale de la région.....      | 90  |
| <b>Fig.3.21.</b> anomalie de drainage au niveau d'oued Sedjar.....   | 91  |
| <b>Fig.3.22.</b> écoulement linéaire ns d'oued Guergour feroudj.....   | 91  |
| <b>Fig.3.23a.</b> écoulement radial au niveau de si bou djamline.....  | 92  |
| <b>Fig.3.2 b.</b> méthode de déchiffrement de Rascatov.....  | 93  |
| <b>Fig.3.24.</b> carte linéamentaire déchiffrée par la methode de Raskatov.....  | 94  |
| <b>Fig.3.25.</b> Rose de linéament sous rockwork.....  | 95  |
| <b>Fig.3.26.</b> photo carte montrant les instabilités au nord d'oued Bou Yacour.....                                      | 97  |
| <b>Fig.3.27.</b> photo carte montrant les instabilités au flanc nord de dj Friktia.....                                    | 98  |
| <b>Fig.3.28.</b> photo carte montrant les instabilités au niveau de chaabat Guergour et RN°5.....                          | 98  |
| <b>Fig.3.29.</b> localisation des zones instables dans la région.....  | 98  |
| <b>Fig.4.1.</b> organigramme présentant la méthode AHP.....  | 106 |
| <b>Fig4.2.</b> exemple de matrice de corrélation selon Saaty 1980.....   | 107 |
| <b>Fig.4.3.</b> carte des formations géologiques reclassifié de la région d'étude.....                                     | 111 |
| <b>Fig.4.4.</b> carte de relief après reclassification.....  | 112 |
| <b>Fig.4.5.</b> carte des pentes après reclassification.....   | 114 |
| <b>Fig.4.6.</b> carte d'exposition des versants.....   | 115 |
| <b>Fig.4.7.</b> carte de distance des fractures et des linéaments.....   | 119 |
| <b>Fig.4.8.</b> carte de distance de drainage.....   | 120 |
| <b>Fig.4.9.</b> carte de densité des sources d'eau de drainage.....  | 123 |
| <b>Fig.4.10.</b> carte de densité sismique de la région d'étude.....   | 124 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Fig.4.11.</b> carte d'indice de végétation de la région d'étude.....            | 127 |
| <b>Fig.4.12.</b> carte de précipitation de la région d'étude.....                  | 128 |
| <b>Fig.4.13.</b> carte de susceptibilité aux glissements de terrain.....           | 131 |
| <b>Fig.4.14.</b> carte de positionnement des échantillons prélevés.....            | 132 |
| <b>Fig.4.15:</b> Schéma de diffraction des rayons x par une famille des plans..... | 133 |
| <b>Fig.4.16. :</b> diffractogramme des rayons x.....                               | 142 |

## LISTE DES PHOTOGRAPHIE

|   |     |
|---|-----|
| <b>Photo.2 .1</b> les affleurements des formations triasiques dans la région d'étude.....                                 | 35  |
| <b>Photos .2.2 :</b> les calcaires Albiens très fracturé à la terminaison periclinale N de dj Zouaoui.....                | 38  |
| <b>Photo .2.3 :</b> les formations cénomaniens dans la région d'étude.....  | 39  |
| <b>Photo 2.4 :</b> les terrains Moi-Pliocènes dans la région d'étude.....   | 50  |
| <b>Photos .2.5 :</b> les dépôts du Quaternaire.....   | 54  |
| <b>Photo.3.1 :</b> les écailles Sénoniennes au niveau de Chettaba.....  | 71  |
| <b>Photo.3.2 :</b> une bande alignée de trias au niveau de Goulia au NE de Chettaba.....                                  | 72  |
| <b>Photo.3.3 :</b> vue panoramique du versant NW de djebel Felten.....  | 76  |
| <b>Photo.3.4 :</b> carrière de marbre de l'onyx avec la faille NS .....   | 78  |
| <b>Photo.3.5 :</b> Affaissement de la RN°5 suite à un mouvement de terrain.....   | 100 |
| <b>Photo.3.6 :</b> Glissements de terrain affectant CW134.....  | 100 |
| <b>Photo.3.7:</b> Glissements de terrain affectant le chemin de la wilaya 101 menant vers le barrage d'Oued Athmania..... | 101 |
| <b>Photo.4.1.</b> équipement matériel et logiciel de diffractométrie.....   | 135 |
| <b>Photo.4.2.</b> préparation des échantillons.....   | 136 |
| <b>Photo.4.3.</b> préparation des lames orientées.....  | 137 |
| <b>Photo.4.4.</b> test de présence des carbonates.....  | 138 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Photo.4.5.</b> lame orientée à l'air libre..... | 139 |
| <b>Photo.4.6.</b> lame orientée glycolée.....      | 140 |
| <b>Photo.4.7.</b> lame orientée chauffée.....      | 140 |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tab.3.1 :</b> Tableau récapitulatif des différents linéaments hydrographiques.....  | 158 |
| <b>Tab.4.1.</b> échelle des valeurs utilisée par Saaty en 1984.....  | 107 |
| <b>Tab.4.2.</b> les valeurs de l'indice aléatoire (RI).....  | 109 |
| <b>Tab.4.3.</b> Matrice de corrélation des facteurs comparés par paire.....  | 109 |
| <b>Tab.4.4.</b> Matrice de corrélation des paires de la lithologie.....  | 110 |
| <b>Tab.4.5 .</b> Matrice de corrélation des paires de relief.....  | 113 |
| <b>Tab.4.6 .</b> Matrice de corrélation des paires de pentes.....  | 115 |
| <b>Tab.4.7.</b> Matrice de corrélation des paires d'exposition des versants.....   | 117 |
| <b>Tab.4.8.</b> Matrice de corrélation des paires des linéaments.....  | 118 |
| <b>Tab.4.9.</b> Matrice de corrélation des paires de réseau de drainage.....   | 121 |
| <b>Tab.4.10.</b> Matrice de corrélation des paires de sources d'eaux.....  | 122 |
| <b>Tab.4.11.</b> Matrice de corrélation des paires de la densité sismique.....   | 125 |
| <b>Tab.4.12.</b> Matrice de corrélation des paires de l'indice de végétation.....  | 126 |
| <b>Tab.4.13.</b> Matrice de corrélation des paires des précipitations.....   | 129 |
| <b>Tab.4.14.</b> fréquence des glissements dans le terrain d'étude avec leur surface.....                                    | 141 |
| <b>Tab.4.15 :</b> Valeurs de la réflexion basale (001) des principaux minéraux argileux, obtenues après les traitements..... | 142 |
| <b>Tab.4.16 :</b> conversation de $^{\circ}2\theta$ en D en Å selon la loi de Bragg.....                                     | 143 |
| <b>Tab.4.17 :</b> exemple de calcul des pourcentages des principaux minéraux ( $ech^{\circ}2$ ).....                         | 143 |
| <b>Tab.4.18 :</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°1.....                                   | 144 |
| <b>Tab.4.19 :</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°3.....                                   | 144 |
| <b>Tab.4.20:</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°4.....                                    | 144 |
| <b>Tab.4.21:</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°5.....                                    | 145 |
| <b>Tab.4.22:</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°6.....                                    | 14  |
| <b>Tab.4.23:</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°7.....                                    | 145 |
| <b>Tab.4.24:</b> pourcentage des différents minéraux présents dans l'échantillon N°8.....                                    | 145 |
| <b>Tab.4.25 :</b> facteurs correctifs des minéraux argileux.....   | 146 |