

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique  
جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل  
Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم علوم الأرض والكون

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

**Option : Génie Géologique**

### *Thème*

**Estimation des discontinuités du massif  
rocheux  
Cas du tronçon de la route national N°43**

#### Membres de Jury

**Président** : Mr Tekkouk Mustapha  
**Examineur** : Mme Bouroudi Nihed  
**Encadrants** : Mme Yellas Chahra  
Dr Benzaid Riad

#### Présenté par :

**Bouldjadj Khawla  
Gherib Manel**

**Année Universitaire 2017-2018**

**Numéro d'ordre** (bibliothèque) : .....

# Remerciements

*Louage à Dieu le Clément Miséricordieux qui nous a guidés sur le chemin du savoir et de nous avoir procuré volonté et persévérance pour venir à terme de notre noble tâche.*

*Nos remerciements s'adressent tout d'abords à M<sup>me</sup> **Chahra Yellas** pour avoir accepté de nous intégrer dans l'équipe de recherche en géotechnique que dirige le docteur **R. Benzaid** lui-même Co-encadreur du travail, et d'avoir diriger le déroulement des différents étapes franchies avant d'aboutir a la mise au point finale de ce mémoire de fin de cycle de Master 2.*

*Elle a été toujours patiente à notre égard, soucieuse de nos errements dans les multiples tâches qui nous été assignées par ses conseils fructueux, ses critiques constructives qui nous ont été d'un apport considérable et inestimable.*

*Qu'elle trouve ici elle-même ainsi que **M<sup>r</sup> Benzaid** l'expression de toute notre gratitude et notre profond respect.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à messieurs les membres du Jury d'avoir accepté de nous réserver de leur temps précieux pour lire et juger le contenu de notre travail. Nous leur exprimons ici nos remerciements les plus expressifs pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce jugement.*

*Monsieur " **Rouikha Youcef** " Nous tenions à vous écrire un « grand Merci » sincère pour votre soutien, votre enseignement et vos conseils tout au long de ces années qui vient de s'écouler. Nous voulions que vous sachiez que vos étudiantes garderont toute leur vie un très bon souvenir de ces années d'étude. .*

*Nos déplacements sur terrain ne sauraient s'effectués sans le concours et l'aide précieuse que nous a accordé **M<sup>r</sup> Dr. M. Beghoul** en compagnie de son épouse sus-citée. Qu'il trouve ici l'expression de notre haute considération et respect pour sa disponibilité matérielle tout au long de l'accomplissement de notre travail.*

*Que toute personne ayant participé à l'élaboration de ce mémoire ou avoir éprouvé des moments de joie à notre égard durant nos rudes épreuves et réussite qu'elle trouve ici l'expression amplement sincères de nos vifs remerciements.*

***Khawla & Manal***

## TABLE DES MATIERES

Introduction générale .....	01
-----------------------------	----

### *Chapitre 01* *Généralité*

I. Problématique .....	03
II. Généralité .....	03
II.1. Cadre géographique .....	03
II.1.1. Situation géographique .....	03
II.1.2. Climat .....	04
II.1.3. Végétation .....	04
II.1.4. Orographie .....	05
II.1.5. Réseau hydrographique .....	05
II.1.6. Sismicité .....	06
III. Conclusion .....	07

### *Chapitre 02* *CADRE GEOLOGIQUE*

I. Introduction .....	08
II. Géologie régionale .....	08
II.1. Evolution géodynamique de la méditerranée occidentale .....	08
II.2. Tectogenèse de la chaîne des maghrébides et structures associées .....	08
II.2.1. Compartimentage structural de la Petite Kabylie occidentale .....	11
II.3. litho stratigraphie de la Petite Kabylie .....	12
II.3.1. le domaine Kabyle .....	12
II.3.1.1. le socle kabyle .....	12
II.3.1.2. le complexe volcano-sédimentaire(CVS) .....	13
II.3.1.3. le domaine de flysch .....	13
II.3.1.4. Formations telliennes .....	14
II.3.1.5. Les formations à l'OMK .....	15
II.3.1.6. Les formations post –nappes .....	15
III. Géologie locale .....	16
III.1. Présentation de la chaîne des Babors .....	16
III.1.1. Structures tectoniques .....	16
III.2. Lithostratigraphie et structure de l'unité Breck-Gouraya .....	17
III.2.1. Présentation .....	17
III.2.2. Description de faciès lithologiques du l'unité Breck-Gouraya .....	17
III.2.2.1. Roches magmatiques .....	17
III.2.2.2. Roches sédimentaires .....	19
III.2.3. Structures tectoniques .....	21
III.2.4. Structuration de l'unité Brek-Gouraya .....	22
VI. Conclusion .....	23

## *Chapitre 03*

### *Synthèse hydro-climatologique*

I. Introduction .....	24
II. Hydro-climatologie .....	24
II.1. Aperçu climatique .....	24
II.2. Analyse des paramètres climatiques .....	24
II.2.1. Précipitation .....	24
II.2.2. Température de l'air .....	25
II.2.3. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS .....	26
II.3. Bilan hydrologique .....	27
II.3.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	28
II.3.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) .....	29
II.3.2.1. Calcul de l'ETR .....	29
II.3.2.2. Calcul du déficit agricole (Da) .....	30
II.3.3. Interprétation du bilan hydrique de Thornthwaite .....	31
II.3.4. Estimation du ruissellement et de l'infiltration .....	31
VI. Conclusion .....	32

## *Chapitre 04*

### *Caractérisation des discontinuités dans les massifs rocheux*

I. Introduction .....	33
II. Paramètres géométriques .....	33
II.1. Orientation .....	33
II.2. Extension .....	34
II.3. Espacement .....	34
II.4. Densité de fracturation .....	36
II.5. Ouverture .....	36
III. Caractéristiques mécaniques .....	37
III.1. Altération .....	37
III.2. Rugosité .....	38
III.3. Épaisseur et remplissage des joints .....	38
VI. Projection stéréographique .....	38
V. Conclusion .....	41

## *Chapitre 05*

### *Résultats et discussions*

I. Introduction .....	42
II. Différentes stations de mesures .....	43
II.1. Station Aouana .....	43
II.1.1. Positions d'orientation des familles de discontinuités .....	43
II.1.2. Caractères géométriques .....	45
II.1.2.1. Exemple de calcul .....	45
II.2. Station Aftis 1 .....	48

<b>II.2.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités.....</b>	<b>48</b>
<b>II.2.2.Caractères géométriques.....</b>	<b>50</b>
<b>II.3.Station Aftis 2.....</b>	<b>51</b>
<b>II.3.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités.....</b>	<b>52</b>
<b>II.3.2.Caractères géométriques.....</b>	<b>53</b>
<b>II.4.Station des Grottes.....</b>	<b>54</b>
<b>II.4.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités.....</b>	<b>54</b>
<b>II.4.2.Caractères géométriques.....</b>	<b>56</b>
<b>II.5.Station des Falaises.....</b>	<b>57</b>
<b>II.5.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités.....</b>	<b>57</b>
<b>II.5.2.Caractères géométriques.....</b>	<b>60</b>
<b>III. Interprétation des résultats d'analyse blocométriques et impacts sur le</b>	<b>61</b>
<b>comportement géomécanique du massif</b>	
<b>rocheux.....</b>	
<b>III.1. Auscultation géotechnique.....</b>	<b>61</b>
<b>III.1.1.Discontinuités originelles.....</b>	<b>61</b>
<b>III.1.2. Discontinuités de compétence des roches .....</b>	<b>61</b>
<b>III.1.3. Discontinuités liées aux phases orogéniques.....</b>	<b>61</b>
<b>III.1.4. Discontinuités au sein du massif endogène .....</b>	<b>62</b>
<b>III.1.5. Discontinuités tardives.....</b>	<b>62</b>
<b>III.2.Interprétation des résultats d'analyse.....</b>	<b>62</b>
<b>III.2.1. Analyse blocométrique .....</b>	<b>62</b>
<b>VI. Conclusion.....</b>	<b>64</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>65</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>66</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>70</b>

## ***LISTE DES FIGURES***

### **Chapitre I :**

**Figure I.1 :** Localisation géographique du tronçon d'étude sur la carte topographique BOUGIE (NJ 31-16) au 1 / 250 000.

**Figure I.2 :** Carte des reliefs du tronçon d'étude.

**Figure I.3 :** Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel (A.N.R.H, 2012).

**Figure I.4 :** sismicité de la région du Babors (Harbi et al, 2010).

**Figure I.5 :** Sismicité en Algérie.

### **Chapitre II :**

**Figure II.1 :** Scénario de l'évolution géodynamique de la Thétys mésogéenne au droit du bassin Algérien. (*Du crétacé à l'actuel*).

**Figure II.2 :** Schéma structural de la Petite Kabylie Kieken, 1962.modifié.

**Figure II.3 :** Principaux facies des flysch crétacés et tertiaires de la Petite Kabylie occidentale. Jijel.

**Figure II.4 :** Coupe géologique montrant la structuration des principales unités tectoniques des babors orientaux (C.Yellas).

**Figure II.5 :** Affleurement de Dacite.

**Figure II.6 :** Talus Andésite.

**Figure II.7 :** Localisation du contact.

**Figure II.8 :** Fracturation intense du front de taille à l'entrée de tunnel des falaises.

**Figure II.9 :** Calcaires de la région d'Aftis.

**Figure II.10 :** Calcaires et dolomies (Lias) siège de résurgences.

**Figure .II.11 :** Coupe géologique montrant les structures en écailles de massif calcaire.

### **Chapitre III :**

**Figure III.1 :** Répartitions des précipitations moyennes mensuelles (2002-2015 station EL-Agrem).

**Figure III.2 :** Variations des températures moyennes mensuelles (2002-2015, station EL-Agrem).

**Figure III.3 :** Diagramme Ombrothermique durant la période 2002-2015 Station EL-Agrem.

**Figure III.4 :** Diagramme du bilan hydrique station EL-Agrem (2002-2015).

#### **Chapitre IV :**

**Figure IV.1 :** Orientation d'un plan de discontinuité.

**Figure IV.2 :** Bloc diagramme montrant les mesures de l'espacement (Warburton 1980).

**Figure IV.3 :** Ouverture et remplissage des fissures.

**Figure IV.4 :** Surface rugueuse d'un plan du massif.

**Figure IV.5 :** Epaisseur déformable d'un joint.

**Figure IV.6 :** Représentation stéréographique d'une demi-droite par un point.

**Figure IV.7 :** Représentation stéréographique d'une droite par deux points ( $D^+$  et  $D^-$ ).

**Figure IV.8 :** Représentation stéréographique d'un plan par un cercle.

#### **Chapitre V :**

**Figure V.1 :** Schéma géologique montrant les différents faciès de l'itinéraire géologique.

**Figure V.2 :** Résultats de projections stéréographiques mesures prises sur le site d'El Aouana.

**Figure V.3 :** Orientation des familles en Blocs diagrammes, station d'El Aouana (Stereonet).

**Figure V.4 :** Histogramme d'orientation des discontinuités, station d'El Aouana (Stereonet).

**Figure V.5 :** Différentes lignes de mesures dans la masse rocheuse, station d'El Aouana.

**Figure V.6 :** Résultats de projections stéréographiques, mesures prises sur le site Afis1.

**Figure V.7 :** Orientation des familles en Blocs diagrammes, station Aftis1 (Stereonet).

**Figure V.8 :** Histogramme d'orientation des discontinuités Station Aftis 1 (Stereonet).

**Figure V.9 :** Différentes ligne de mesure dans la masse rocheuse Station Aftis1.

**Figure V.10 :** Résultats de projections stéréographiques mesures prises sur le site Afis2.

**Figure V.11 :** Orientation des familles en Blocs diagrammes station Aftis2 (Stereonet).

**Figure V.12 :** Histogramme d'orientation des discontinuités station Aftis2 (Stereonet).

**Figure V.13 :** Différentes lignes de mesure dans la masse rocheuse station Aftis2.

**Figure V.14 :** Résultats de projections stéréographiques mesures prises sur le site Grottes.

**Figure V.15 :** Orientation des familles en blocs diagrammes, station des Grottes(Stereonet).

**Figure V.16 :** Histogramme d'orientation des discontinuités station des Grottes (Stereonet).

**Figure V.17 :** Différents ligne de mesure de la masse rocheuse station des Grottes.

**Figure V.18 :** Résultats de projections stéréographiques mesures prises sur le site des Falaises.

**Figure V.19 :** Orientation des familles en blocs diagrammes, station des Grottes(Stereonet).

**Figure V.20 :** Histogramme d'orientation des discontinuités station des Falaises(Stereonet).

**Figure V.21 :** Différents ligne de mesure de la masse rocheuse station les Falaises.

**Figure V.22 :** Différentes structures géométriques des massifs rocheux fracturés (Palmstrom, 1995).

**Figure V.23 :** Représentation des principales orientations azimutales des familles des discontinuités du secteur d'étude. (NE-SW et SSE-NNW).



## ***LISTE DES TABLEAUX***

### **Chapitre III**

**Tableau III.1.** Précipitations mensuelles durant la période 2002-2015 Station EL-Agrem.

**Tableau III.2.** Température moyennes mensuelles durant la période 2002-2015 Station EL-Agrem.

**Tableau III.3 .** Calcul de l'évapotranspiration potentielle selon Thornthwaite durant la période 2002-2015 Station El-Agrem.

**Tableau III.4 .** Bilan hydrique a la station EL-Agrem (2002-2015).

### **Chapitre IV**

**Tableau IV.1.** Différentes classes de l'espacement des discontinuités (Zhao J, 2008).

**Tableau IV.2 .**Classes de densité de discontinuités, (AFTES, 2001).

**Tableau IV.3.** Ouverture des discontinuités.

### **Chapitre V**

**Tableau V.1.** Résultats des caractéristiques géométriques, station d'El Aouana.

**Tableau V.2.** Résultats des caractéristiques géométriques, station Aftis1.

**Tableau V.3 .**Résultats des caractéristiques géométriques, station Aftis2.

**Tableau V.4.** Résultats des caractéristiques géométriques, station des Grottes.

**Tableau V.5.** Résultats des caractéristiques géométriques, station des Falaises.

### Introduction

Le comportement mécanique et hydraulique des massifs rocheux sont fortement liés aux réseaux de la fracturation ayant affecté le massif durant les phases tectoniques qu'elles soient compressives ou distensives.

La maîtrise de l'analyse géométrique et mécanique de la fracturation par les méthodes classiques ainsi que par modélisation numérique permet la mise au point d'une étude de stabilité ou des écoulements dans un milieu fissuré.

L'étude des différentes discontinuités d'un tel milieu impose une analyse statistique pour discerner toutes les familles directionnelles des discontinuités.

Chaque famille de fractures sera analysée indépendamment du reste des autres familles pour dégager la nature du comportement et les caractéristiques intrinsèques du massif fissuré. Ainsi nous pourrons déterminer l'impact de chaque type de discontinuité sur le découpage blocométrique du massif et son impact sur la stabilité du corps rocheux.

La méthodologie adoptée pour accomplir une étude de ce genre nécessite un travail de terrain judicieusement effectué une analyse statistique et un traitement informatique englobant un grand nombre de paramètres géométriques caractérisant le massif.

Le Levé systématique de terrain concerne les discontinuités suivantes :

- Les directions des failles (ruptures nettes au sein du massif).
- Les diaclases (perpendiculaires, parallèles ou obliques aux stratifications si elles existent).
- Les fentes (fractures d'extension) ou de traction.
- Les différents types de joints visibles.

Pour chaque type des discontinuités des mesures systématique de longueur (extension) d'espacement, ouverture, inclinaison et remplissage seront minutieusement examinées, répertoriées et analysées.

Le mode opératoire du levé du terrain des paramètres mesurés obéit aux règles suivantes :

- Orientation (par rapport au Nord. Magnétique)
- Pendage du plan de rupture / à l'horizontale.
- Extension (dimension de la discontinuité dans le volume du massif)
- Espacement (distance entre deux discontinuités contigües)
- Densité et le nombre de discontinuité /surface unitaire.

D'autres caractéristiques tels que : altération, réseau karstique, rugosité des plans de rupture, nature du remplissage seront prises en considération.

Toutes ces données et travaux réalisées et résultats d'analyse obtenus seront présentés dans ce mémoire selon le plan suivant en cinq chapitres essentiels.

- Introduction
- Chapitre I : Généralités
- Chapitre II : Cadre géologique locale
- Chapitre III : Synthèse hydro-climatologique
- Chapitre IV : Caractérisation des discontinuités dans les massifs rocheux
- Chapitre V : Résultats et discussion
- Conclusion Générale

## I. Problématique

La problématique essentielle de notre sujet de mémoire s'inscrit dans l'optique de garantir aux usagers de la RN43 plus précisément le tronçon reliant Bejaia à Jijel un milieu de confort du trafic tout en leur assurant fluidité, et sécurité vis-à-vis des aléas naturels pouvant endommager la voie routière ou bloquer le trafic.

La prise en compte des données géologiques, géomorphologiques et les risques y afférents, leur traitements par les méthodes nouvelles de calcul de stabilité est un moyen de contrôle efficace de la stabilité des talus du tronçon routier.

## II. Généralités

Dans ce chapitre seront exposées les données naturelles essentielles, ayant un impact certain sur le comportement des massifs rocheux que nous abordons dans notre étude.

### II.1. Cadre géographique

#### II. 1.1. Situation

La wilaya de Jijel est située au Nord-Est algérien à quelques 350km à l'Est d'Alger sur le littoral méditerranéen adossée à la chaîne des Bâbors orientaux. Elle s'étend sur 120 km de littoral méditerranéen, entre les méridiens 5°25 et 6°30 Est de Greenwich et les parallèles 36°10 et 36°50 Nord.



**Figure I.1.** Localisation géographique du tronçon d'étude sur la carte topographique BOUGIE (NJ 31-16) au 1 / 250 000

Le tronçon routier concerné par cette étude et compris entre le méridien d'El Aouana à l'Est de Aokas à l'ouest soit quelque 50 km de corniche aux pieds baignant dans l'eau de mer.

### II.1.2. Climat

La région montagneuse de Jijel se caractérise par un climat typiquement méditerranéen pluvieux et froid ( $11.7^{\circ}\text{C}$ ) en hiver, chaud ( $25.8^{\circ}\text{C}$ ) et humide en été.

Les valeurs maximales des précipitations observées pendant l'hiver est de 169 mm, tandis que la valeur minimale est de 8 mm en été avec une moyenne mensuelle de 1078mm durant la période 2002-2015.

Elle est considérée comme l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie.

### II.1.3. Végétation

Possédant un climat des plus propices pour la prolifération végétale, la région de Jijel est dotée d'un potentiel agricole et forestier des plus denses et des plus fascinant par sa verdoyance.

Selon Boudy (1952), il a été constaté que la présence d'un massif forestier à tendance à créer des conditions météorologiques favorisant une pluviométrie locale plus abondante.

Ceci dit, nous constatons que le territoire de cette région est couvert à 80% de forêt de chêne liège, chêne zéne, de maquis varié et de broussailles dense.

L'arboriculture de montagne participe fortement à la préservation de ce patrimoine forestier.

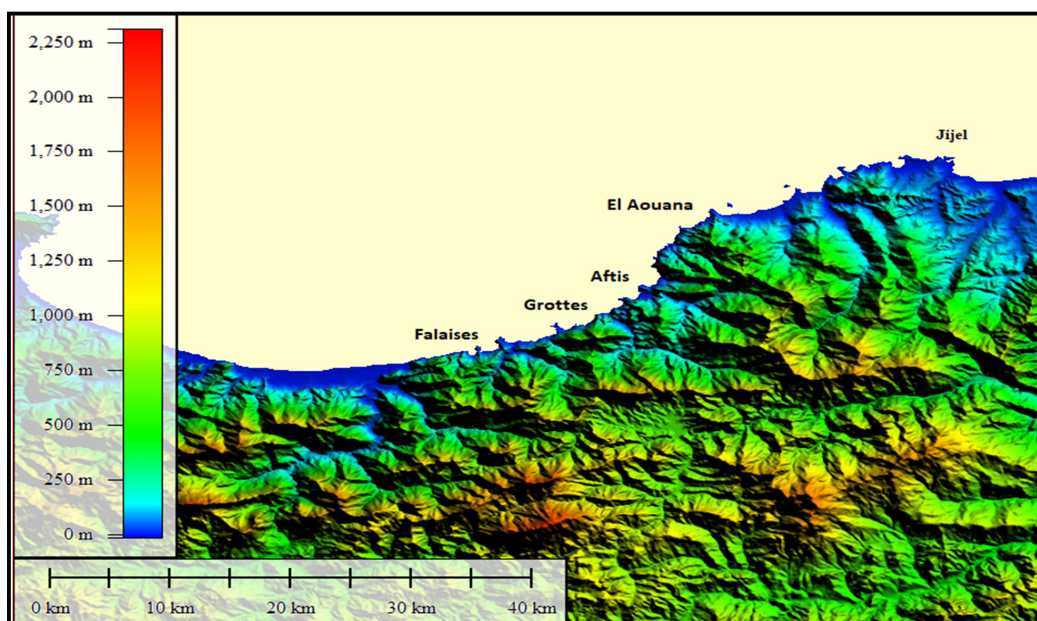


Figure I.2. Carte des reliefs du tronçon d'étude

## II. 1.4. Orographie

Région de montagne par excellence, la wilaya de Jijel offre un relief des plus accidenté et des plus difficiles d'accès pour les principaux acteurs économiques et sociaux.

En effet, plus de 80% du territoire est situé entre les altitudes 500 et 1500m et plus de 65% des terres possèdent des pentes topographiques supérieures à 25%.

Les montagnes de Tamesguida, Bouazza, Tababourt, Seddat et Mcid Echattat forment les plus hauts sommets et culminent à 1620m (Tamesguida).

Le restant de la superficie du territoire est constitué des plaines côtières, assez étroites et des plaines intra montagneuses assez réduites formant des clairières éparées.

## II. 1.5 .Réseau hydrographique

Fort de la présence d'un imposant massif tellien à l'Est et Baborien à Sud –Ouest, l'écoulement des eaux épouse parfaitement le schéma orographique décrit plus haut.

Les talwegs d'ordre inférieur affluent vers des plus importants cours d'eau qui se jettent sur la côte méditerranéenne dont on peut citer les plus importants d'Est en Ouest (Yellas, 2008) :

- Oued Bou- Siaba (El Milia)
- Oued Kabir (Blghimooz)
- Oued irdjana (El Anser)
- Oued Iraguene
- Oued Nil
- Oued DjenDjen
- Oued Kissir , Bourchaid , Oued Dar El Oued et Oued Ziama à l'extrême Ouest .

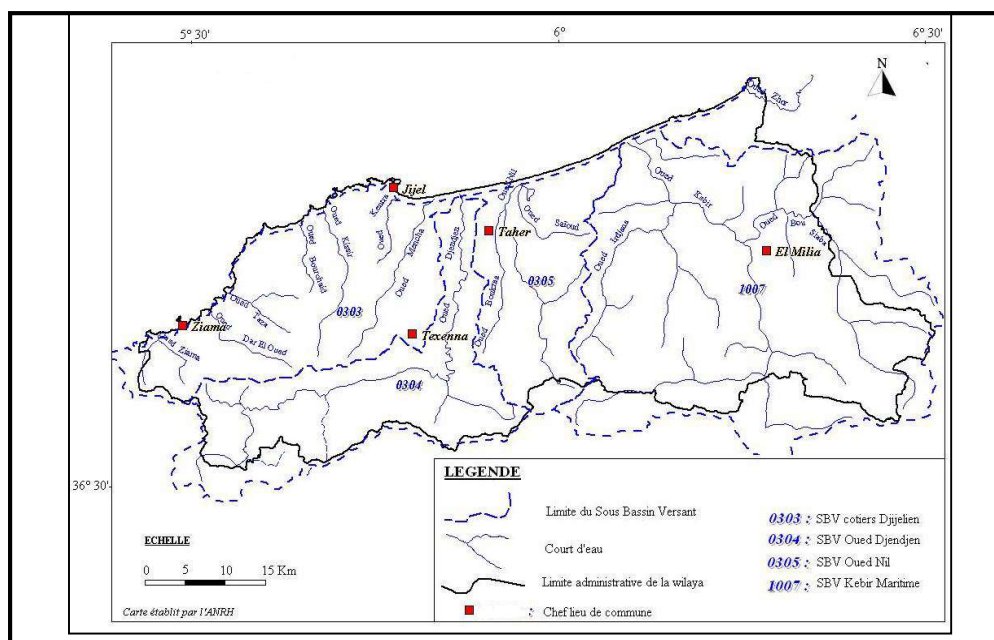
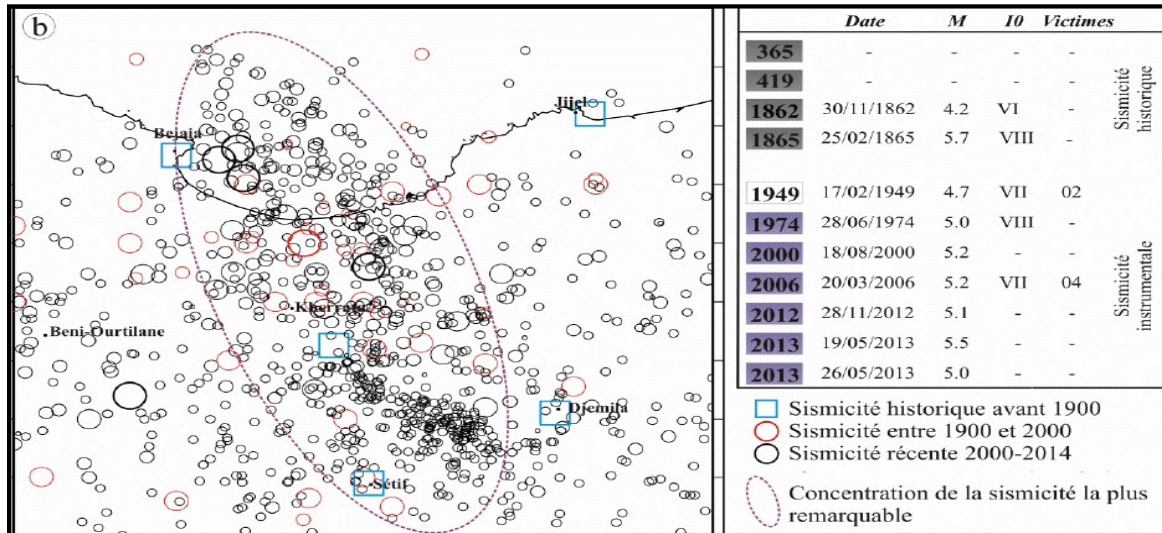


Figure I.3. Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel (A.N.R.H, 2012)

### II.1.6.Sismicité

Les séismes sont des phénomènes tectonophysiques induits par la géodynamique des plaques tectoniques et dont les principaux foyers sont situés au voisinage de la ligne de suture des plaques lithosphériques.



**Figure I.4.** Sismicité de la région du Babors (Harbi et al, 2010)

La côte ou littoral algérien à l'instar des autres régions du pourtour méditerranéen se trouve sur une zone caractérisée par une sismicité active selon les données du (CRAAG, 2014).

Les indices néotectoniques témoignant d'une réactivation des failles sismogènes durant le quaternaire comme le montre le chevauchement des structures alpines sur le néogène post nappes à Bejaia (Derder et al, 2014) et le chevauchement des terrains sénonien sur le numidien dans la région de Djimla (Jijel).

L'analyse linéamentaire des différents accidents et des fracturations associées a mis en évidence des directions d'accidents néotectoniques d'orientations ENE-WSW à NE-SW représentant des failles de réactivation à priori.

Les mécanismes au foyer de l'Algérie du Nord en général donnent une contrainte horizontale maximale orientée NW-SE à NNW-SSE (Derder et al, 2014) avec compression et décrochement.

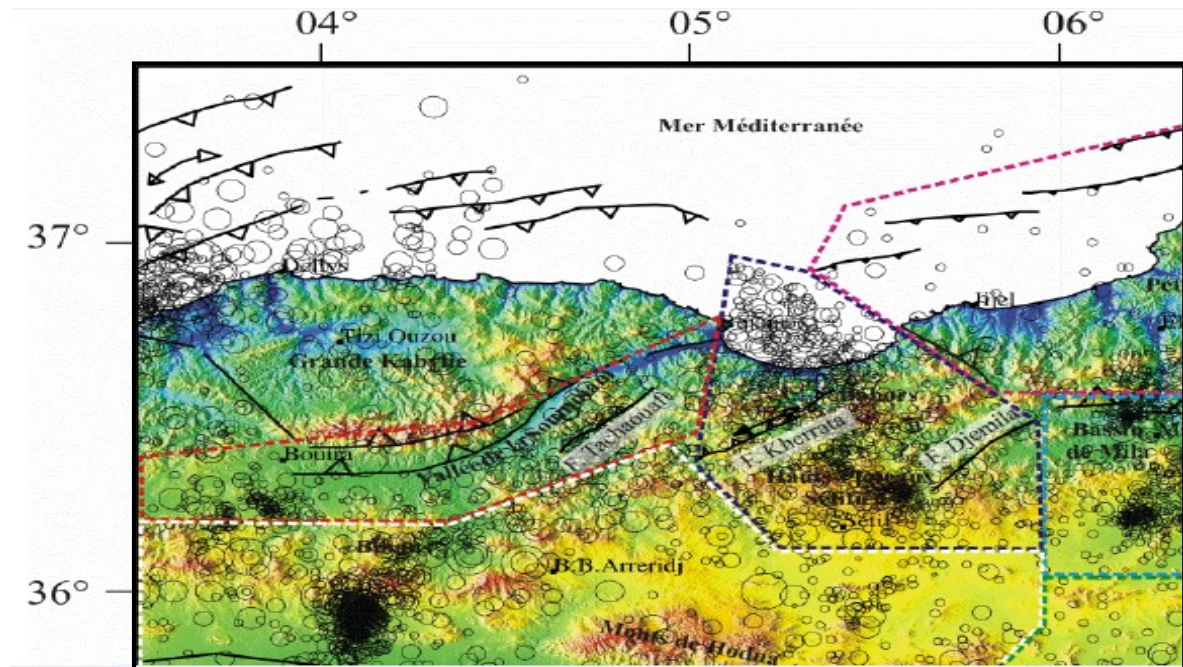
\*/ Il ressort des études menées dans ce contexte que :

\* La baie de Bejaia se trouve sur une zone à concentration sismique.

- La région de Jijel sur une zone à sismicité éparse.

Nous sommes alors en mesure de déduire que le tronçon routier longeant la corniche entre Jijel et Bejaia et certainement menacé par les divers impacts induits par le potentiel sismogène de cette région tello-baborienne.

Les effets d'instabilité induits sont les glissements de terrain, les chutes de blocs écoulements de falaise, les tassements dans les régions karstiques (région de ziama ) et les effondrements et les liquéfactions des sols et les raz de marée pouvant submergée la voie dans les zones basses ( Melbou- Souk el Tnine).



**Figure I.5.** Sismicité en Algérie (Harbi et al, 2003)

Ces effets peuvent causer beaucoup de dommages aussi bien en termes de vie humaines, d'infrastructures, ainsi qu'en termes d'efforts consentis pour désenclaver cette région montagneuse.

D'après la carte de zonage sismique de l'Algérie du Nord version CRAAG 2000, cette dernière montre que la bande tellienne notamment dans sa frange littorale est soumise au degré d'aléa sismique le plus élevé, aux conséquences lourdes nécessitant une prise en charge sérieuse et une politique volontariste d'aménagement du territoire pour limiter au maximum les scénarios de l'inacceptable.

### III. Conclusion

D'abord diagnostiquer les zones vulnérables du littoral Jijel-Bejaia traiter les données de la fracturation de massif et prévenir constamment les risques associé à cet environnement géologique doivent s'inscrire dans les priorités des scientifique et des pouvoir publics pour parer à d'éventuelles catastrophes naturelles menaçant en permanence ce tronçon du littoral.



**I. Introduction**

L'étude géologique d'une région donnée est une étape préalablement nécessaire et indispensable pour tous les travaux d'implantation de projet technique, ou pour l'utilisation du sol et du sous-sol de cette région.

Ainsi, concernant notre sujet sur la fracturation d'un massif rocheux, une reconnaissance approfondie des structures géologiques et leur caractérisations géométrique, au sein d'un environnement complexe comme celui de la chaîne tellienne des bords s'avère des plus indispensables pour aspirer à une maîtrise des comportements géotechniques et prédire les réponses des massif rocheux aux différents aléas naturels.

**II. Géologie régionale****II.1. Evolution géodynamique de la méditerranée occidentale**

Tous les scénarios concernant l'évolution et le mode de convergence lors de la fermeture de la mésogée sont unanimes à considérer que toutes les manifestations tectoniques post crétacé ont conduit au détachement d'une terraine formée de blocs crustaux dénommés (Al Ka Pe Ca) Boullin 1987 Raoult (1989) qui dérivent du sud de l'Europe vers l'Afrique (Frizon et al, 2000) (Tapponier, 1977).

Le bloc kabyle dérive vers le sud et entre en collision avec la plaque africaine durant le Miocène (Jalvet et Facenna, 2000). Cette collision est certainement responsable de la structuration de la chaîne tellienne d'Afrique du nord, d'une part de la mise en place de roches magmatiques liées au relâchement tectonique tardi-orogénique d'autres part ainsi que de l'activité sismique récente de la région tellienne d'Algérie septentrionale (Abacha, 2015).

**II.2. Tectogenèse de la chaîne des maghrébides et structures associées**

L'évolution géodynamique de cette imposante chaîne montagneuse a été guidée par l'ouverture d'abord de la Téthys mésogéenne au début du mésozoïque puis sa fermeture (Laurent et al, 2000) par convergence oblique des plaques Eurasienne au nord et Africaine au sud. Durant le cénozoïque. Cette fermeture traduit un raccourcissement accommodé par des phases de serrage tectonique paroxymal d'âge Oligo-miocène (Pichon et al, 1971).

Plusieurs scénarios se rapportant à cette convergence ont été proposés par les auteurs tels (Boullin, 1986), (Frizon, 2000) le bassin mésogéen algérien.

Le scénario de Maury (Figure II.1) prend en compte la mise en place de roches magmatiques adakitiques d'El Aouana en particulier leur mode génétique caractéristique de subduction de plaque tectoniques.

Notons que les chaînes alpines du pourtour méditerranéen (Bétiques, Pyrénées, Apennins, dinarides et chaîne maghrébide, ainsi que les bassins de la méditerranée occidentale (algéro-provençal entre autres) constituent les zones frontières des plaques commandant cette convergence (Raoult et al, 1986).

Les structures post-collisionnelles associées à cette convergence ayant mis en contact des zones paléogéographiques initialement éloignées l'une de l'autre sont représentées par des grands chevauchements d'unités et charriages des terrains du nord vers le sud tellien (Djellit 1987).

Le scénario de fermeture de la tethys alpine s'inscrit dans le processus géodynamique depuis le rifting triasique et liasique puis l'ouverture du bassin des flysch entre l'Europe et l'Afrique au crétacé inférieur.

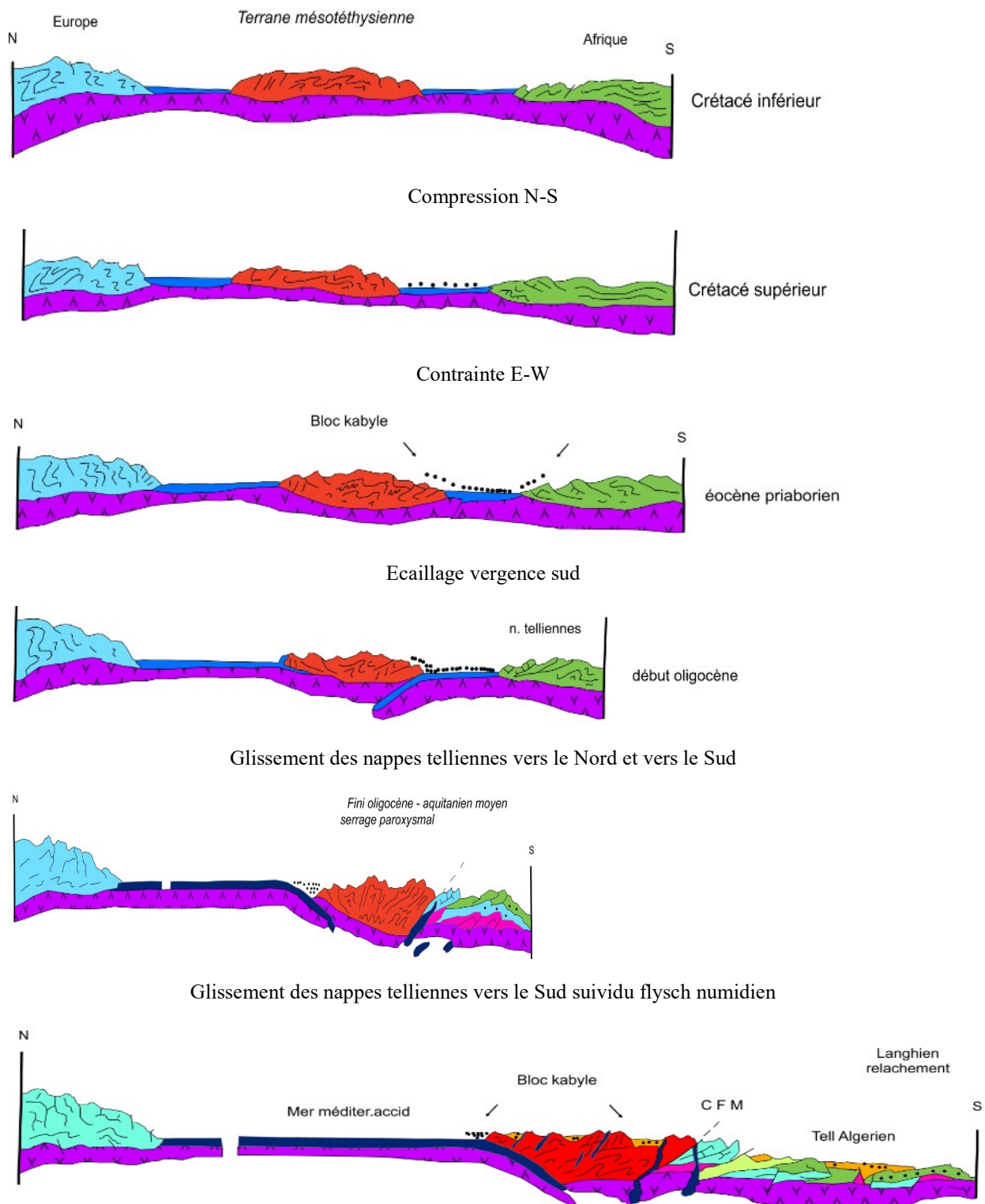
Le détachement du bloc Kabyle de la marge européenne et sa dérive vers le sud marque le début de la convergence oblique transpressive avec rotation antihoraire de la plaque africaine à partir de crétacé supérieur.

L'écaillage à vergence sud débute à l'éocène inférieur.

Le serrage continu avec fermeture de bassin algérien et écaillage du socle Kabyle avec érosion des zones émergées et dépôts molassiques à partir de l'oligocène supérieur.

Le serrage atteint son paroxysme au miocène moyen élevé avec expulsion des flyschs vers le Nord et vers le Sud, avec glissement de nappes gravitaires (olistolite) en milieu aquatique.

Finalement l'étalement de la chaîne intervient au miocène supérieur avec distension Nord-Sud soulignée par une mise en place d'un magmatisme adakitique d'El'Aouana suivi d'une transgression post orogénique miocène. Voir la figure suivante :



Etalement gravitaire de la chaîne / Magmatisme Adakitique / Bassins post- orogéniques/ Glissement de nappes gravitaires

**Figure II.1.** Scénario de l'évolution géodynamique de la Thétysmésogénienne au droit du bassin Algérien. (Du crétacé à l'actuel).

D'après Maury et al. 2000, interprétation et dessin en collaboration avec l'encadrement pédagogique de M<sup>me</sup> C. Yellas & Dr R. Benzaid.

La chaîne tellienne septentrionale de la Petite Kabylie en générale est constituée de deux compartiments structuraux :

### II.2.1. Compartimentage structural de la Petite Kabylie occidentale

Il existe deux compartiments structuraux régionaux séparés par un contact bordier ou frontalier majeur marquant la ligne de suture post collisionnelle (Djellit, 1987), (Delga, 1955).

- Le bloc structural **Nord** constitué des nappes gravitaires supérieures (supra kabyles).
- Le bloc structural **Sud** dit inférieur constitué du socle kabyle et des unités (infra kabyles) qu'il chevauche.

**Au Nord :** le comportement structural septentrional constitué de nappes gravitaires, à contact basal relativement plat constitué d'un Olistostrome Aquitano-Serravallien H. Djellit (1987) noyé dans une mollasse Oglie-miocène et cachet par les dépôts post nappe du mio-pliocène. (On parle des formations supra-Kabyles).

**Au Sud :** un compartiment structural inférieur constitué des nappes du domaine kabyle à contact redressé à 70° N issues des zones internes de la chaîne.

Ce domaine kabyle chevauche vers le sud le domaine des flysch selon un contact bordier NE-SW. Ce dernier chevauche à son tour le domaine tellien externe de la chaîne.

On parle de structures ou formations infra-kabyles.

La configuration structurale de la région de petite Kabylie en générale résulte de la dérive vers le Sud-Est du bloc kabyle détaché de la marge sud de la plaque européenne et sa collision avec la marge nord-africaine (Masclé et al, 2001) (Tricart et al, 1994).

Ce raccourcissement tertiaire traduit une inversion tectonique globale au sein du bassin téthysien méditerranéen conduisant à la mise en place de structures chevauchantes et un écaillage intense ; enregistré au sein des formations sédimentaires du tell algérien en général et de la région considérée en particulier (Obert, 1981).

L'aboutissement de cette accommodation tectonique a permis la configuration du schéma structural suivant :

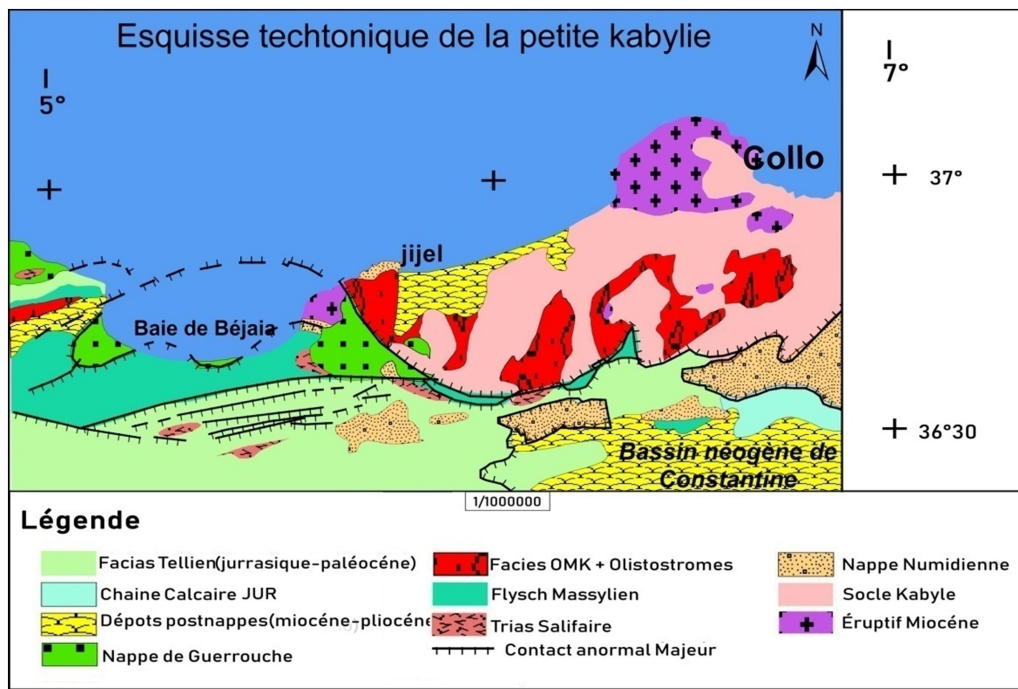


Figure II.2. Schéma structural de la Petite Kabylie Kieken, 1962. modifié

### II.3. Litho stratigraphie de la Petite Kabylie

Les terrains sédimentaires et cristallophylliens constituant les deux compartiments structuraux sont issus de domaines paléogéographiques distincts et occupent les positions actuelles comme suit :

- Au Nord : Les formations métamorphisées du domaine interne de la chaîne ou domaine kabyle et sa couverture carbonatée (chaîne calcaire ou CVS) pour la Petite Kabylie occidentale.
- Le domaine de flysch : position intermédiaire.
- Au Sud : Le domaine tellien ou zones externes de la chaîne.

#### II.3.1. Domaine kabyle

Il est représenté par les faciès du socle kabyle et sa couverture

##### II.3.1.1. Socle kabyle

Il est constitué de deux séries cristallophylliennes :

- A la base : une ensemble gneissique admettant des marbres à grenat, des kinzigites, leptynites et des assemblages à faciès granulitiques (600 m environ)
- Au sommet : un ensemble phylladique cambro-ordovicien surmonté par des argiles à graptolite siluro-dévoniennes transgressive et discord sur la série phylladique (Delga, 1955) et

des calcaires à orthocères. Le tout est surmonté par une série détritico-sédimentaire non métamorphisée (400m environ).

Le domaine kabyle est intrudé par un corps apllo-pegmatitique à porphyres de muscovite et des tourmalines noires.

### **II.3.1.2. Complexe volcano-sédimentaire (CVS)**

Il représente l'équivalent structural de la chaîne calcaire (ou dorsal kabyle) et forme la couverture du socle métamorphique avant l'inversion tectonique tertiaire.

Il forme l'échelle structurale de Sandouh-Tabellout dans la région de Texenna au sud de Jijel et la zone des Achaïches au sud d'El Milia H.Djeleit, Bouillin, J.F Raoult(1989)

Le CVS est constitué de 3 termes bien distincts de bas en haut

- Une série de roches vertes basaltiques à la base. (gabbro, pillow-lava et radiolarites 200 à 300m)
- Des calcschistes centimétriques métamorphisés.
- Une série pélito-quartzitique schisteuse au sommet (Bouillin et al ,1977).

### **II.3.1.3. Domaine de flysch**

La controverse sur la position du sillon des flyschs par rapport au domaine kabyle émergé au mésozoïque subsiste toujours : ultra kabyle, citra kabyle ou peri-kabyle (mixte). L'argumentation des uns et des autres n'a pas encore trouvé satisfaction chez la communauté des géologues intéressés par ce domaine ou ayant déjà émis leur thèse sur le sujet.

Ceci dit, nous pensons que le domaine de sédimentation des flyschs ouvert à l'Aptien (DelgaJP.Bouillin) avec des dépôts rythmiques et turbiditiques a été le siège des plus importants enregistrements sédimentaires jusqu'à sa fermeture post burdigalienne. (Dépôts numidiens les plus tardifs)

En fonction de leur position dans le sillon, de la nature et de la minéralogie associée on distingue 4 types de flysch dans la région de Petite Kabyle :

- le flysch massylien distal alboaptien
- le flysch mauretanienn proximal thitonien éocène – éocène
- Le flysch grésomiacacé (nummulitique priabon-oligocène) (JF Raoult et JP Bouillin, 1971)
- Le flysch numidien : aquitano- burdigalien

Les contenus lithologiques de chaque flysch sont représentés sur les colonnes suivantes :

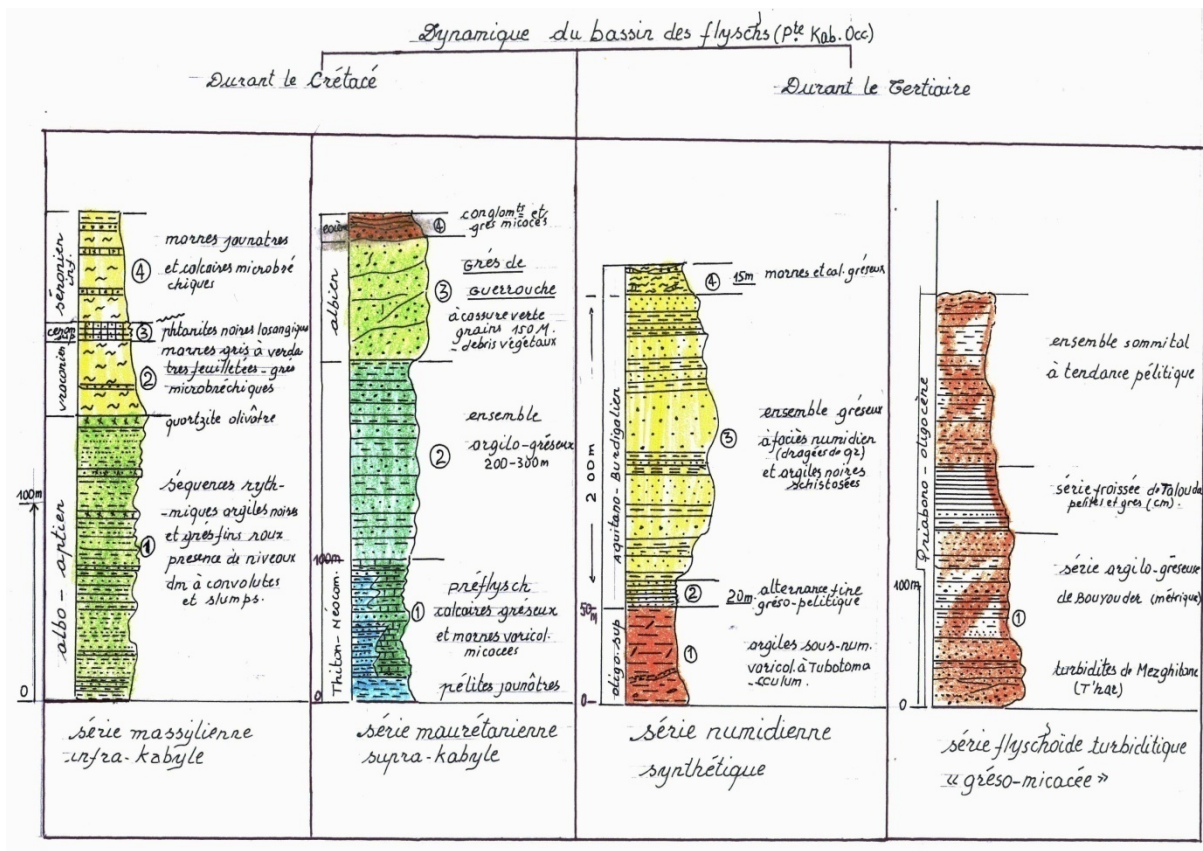


Figure II.3. Principaux faciès des flysch crétaqués et tertiaires de la Petite Kabylie occidentale. Jijel.

II.3.1.4. Formations telliennes

Elles représentent le domaine externe de la chaîne tellienne et sont engagées sous le domaine interne des flyschs et sont fortement déformées à nombreuses discordances allant du lias au miocène. (Delga, 1955), (Obert, 1981)

Elles comportent de bas en haut :

A/ une série liasique (300-400m) de dolomie massives bréchiqes (Lias inférieur) et des calcaires massif à entroques du lias moyen et des calcaires à filaments et radiolaires du lias supérieur.

B/ un ensemble (500-600m) discordant sur le lias constitué de schistes et calcschiste, des marnes jaunâtres et marno-calcaire, du crétaqué inférieur (Obert, 1981).

C/ une série carbonatée plutôt marneuse du crétaqué supérieur admettant des calcaire à incérâmes du campanien et dans laquelle s'individualisent des marnes noires à fausses boules jaunes et des alternances des calcaires flyschoides.

D/ des marnes supérieures (10-20m) grise feuilletées à passés calcaro-gréseuse du miocène transgressif.

### **II.3.1.5. Formations à l'OMK : transgressives et discordantes sur le socle kabyle effondré**

Elles affleurent au Nord de la région de la Petite Kabylie et sont constituées de bas en haut :

- des conglomérats polygéniques de l'oligocène supérieur grossiers remaniant des éléments du socle kabyle. H. Djellit
- des grés de base microconglomérats micacés et marnes jaunes gréseuses molassiques surmonté par des marnes jaunes micacées. (aquitano-burdigalien inférieur)

Dans les zones méridionales l'OMK présente des discordances qui s'estompent en allant vers le Nord H. Djellit (1987). Ceci témoigne de mouvements de surrection du socle au Sud et d'un effondrement au Nord approfondissement du bassin comme en témoigne l'existence de silexites dans les termes sup sommitaux de l'OMK pouvant atteindre l'aquitain selon D. Delga, JP Bouillin, H. Djellit, JF Raoul. (1980).

Les formations molassiques précédemment décrits de l'OMK évoluent vers un olistostrome puissant d'environ 300m d'épaisseur atteignant le serravallien H. Djellit .

Il est constitué de blocs exotique tectono-sédimentaires de taille, de nature et d'âge variés, provenant probablement de l'extrusion du matériel à caractères flysch situé au sud du domaine kabyle lors d'une ou plusieurs phases tectoniques de serrage selon les auteurs. Leur taille varie du Cm à plusieurs Km.

On y distingue des blocs à faciès massylien, maurétanien, grés- micacé (nummulitique), et numidien noyés dans la matrice molassique d'âge Aquitano-Serravallin selon (H. Djellit) à Langhien selon d'autres Bouillin et al.

Dans la région d'EL Aouana (Bourchaid et Amala) des blocs bien moulés de forme sphéroïde de matériel volcanique (bombes) de diamètre métrique à pluri métrique s'intercalent dans des panneaux du flysch dissocié à faciès maurétanien. On considère actuellement les unités de flysch constituant l'Olistostrome comme des nappes gravitaires ayant glissé du Sud vers le Nord en milieu aquatique.

### **III.3.1.6. Formations post –nappes**

Transgressifs et discordants sur les différents termes antérieurs, les dépôts post –nappes d'âges Burdigaliens chez les anciens auteurs (D. Delga, JF Raoul, JP Bouillin) ils ont été datés du tortono-massenien par (Djellit, 1987) compte tenu de l'âge serravallien des termes supérieurs de la molasse olistostromique sur lesquels ils reposent.



Ces attributions sont des considérations associée sur la succession chronologique des événements géodynamiques ayant marqué la région.(Y. Rouikha inedit)

Il comporte :

- Des marnes bleues compactes à miches calcaires de couleur jaune acre. Très épaisses (300m).
- Des conglomérats, sable du pliocène (50m environ) .

Ces dépôts reposent en discordance sur le Socle Kabyle et les termes molassiques olistostromiques dans les bassins néogènes de Petites Kabylie

Ces marnes ont été déposées dans des bras de mer miocène.

### III. Géologie locale

Le site objet de notre étude traverse la chaîne des Babors orientaux sur plus de 50 km le long du littoral méditerranéen appartenant donc à la zone des Babors internes selon les subdivisions adoptées.

#### III.1. Présentation de la chaîne des Babors

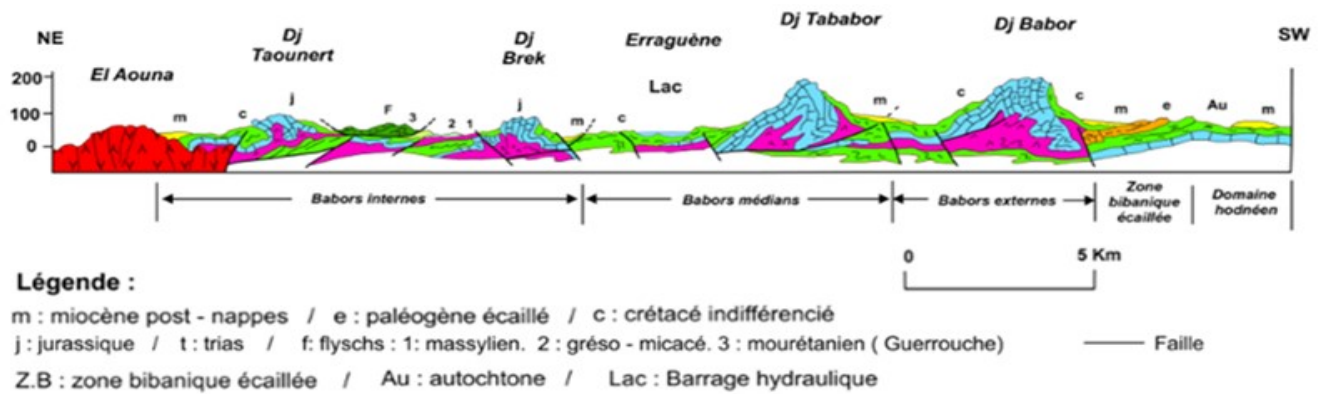
Elle est limitée à l'Est par le massif endogène d'El Aouana et la nappe maurétanienne de Guerrouche, au sud-ouest par les Bibans au Nord par la mer méditerrané à l'ouest par les Babors occidentaux.

La chaîne des Babors orientaux forme un segment de la chaîne tellienne d'Afrique du Nord et est constituée de trois grandes unités tectoniques disposées du nord au sud

- L'unité Breck-Gouraya ou Babors internes
- L'unité d'Erraguène –Barbacha ou Babors médians
- L'unité de Djebel Babors ou Babors externes.

##### III.1.1.Structures tectoniques

Les Babors orientaux font partie du domaine tellien interne .ils sont constitués d'une succession de nappes de charriage à vergence Sud dominante et organisées en unités tectoniques par des contacts anormaux majeurs et des failles inversestardi-orogéniques a pendage sud qui viennent segmenter les différentes unités en place ( Delteil et al, 1976).



**Figure II.4.** Coupe géologique montrant la structuration des principales unités tectoniques des babors orientaux C.Yellas (2018).

## III.2.Lithostratigraphie et structure de l'unité Breck-Gouraya

### III.2.1. Présentation

C'est l'unité concernée par l'étude géomécanique étant donné qu'elle est traversée par la RN43 le long du littoral Jijel – Bejaia.

Cette unité est intrudée au Nord Est par le massif endogène sur une dizaine de Km.

Le reste du tronçon est constitué de faciès carbonaté du Jurassique (Lias en particulier) formant la splendide corniche Jijelienne.

### III.2.2. Description de faciès lithologiques du l'unité Breck-Gouraya

#### III.2.2.1.Roches magmatiques

Ces roches limitent plutôt l'unité coté Est et font partie de notre étude sur le tronçon H.Benali.

Les roches magmatiques formant le massif d'El Aouana sont de type calco-alcalin semi profondes intermédiaires Benali, (Sermoud, et al, 2003) :

Indiquent d'âge miocène moyen élève (14-16MA) de ces éruptions et intrusions.

Les différents corps présentent des minéralogies assez proches compte tenu du contexte géodynamique relatif à leur mise en place syn- post collisionnelles (Sijona, 1995).

1/ La lignée volcanique est constituée de coulées andésitique, dacitique continentale et épicrostiques marines. L'empilement volcanique caractérise la structure d'ensemble du corps magmas (Laouar et al ,2017).

2/ la lignée subvolcanique dite intermédiaire à micro diorite, diorite et microgranodiorite à caractère quartzitique.

Les deux lignées sont de type calco-alcalines riche en  $Al_2O_3$  et  $Na_2O$  (Maury et al ,1997).

Elles se sont mises en place par cristallisation fractionnée provenant de deux sources différentes.

### a/ les microdiorites et faciès associés

Elles forment l'essentiel de la lignée intermédiaire et est constitué de quartz, plagioclases, amphiboles subautomorphe et biotite.

Le fort pourcentage de  $\text{SiO}_2$  amorphe leur acquiert une résistance face à l'érosion marine.

Elles présentent des couleurs variant du brun roux au vert gris sombre selon la présence de pigments minéraux en % suffisant.

### b/ les dacites et andésites

Elles présentent de textures microlithiques dans l'ensemble et sont riches en plagioclase, andésine et amphibole.

Les dacites présentent un degré de vulnérabilité à l'érosion plus élevé. Elles se présentent sous forme d'un empilement volcanique (andésite, pyroclaste et tuf) les dacites représentent des coulées continentales (Laouar et al, 2017)



**Figure II.5.** Affleurement de Dacite



**Figure II .6.** Talus Andésite

### c/ les pyroclastites

Formées de fragments issus de la bouche de la caldeira volcanique en de but d'éruption sous l'effet de la pression de gazes volcaniques ascendants.

Les éléments issus de la fragmentation pyroclastique sont d'ordre pluri de cimétrique et de composition très hétérogène.

d/ les tuffites

De bris volcaniques fins associés à des sédiments peu reconnaissables (grain de sable et fragment de testes) témoignant d'une mise en place au milieu aquatique des coulées volcaniques.

### III.2.2.2. Roches sédimentaires : description lithologique

Dans la partie occidentale du tronçon routier affleurent les calcaires massifs, des calcaires dolomitiques et des dolomies secondaires ruiniformes du jurassique inférieur (lias) (Obert, 1981).

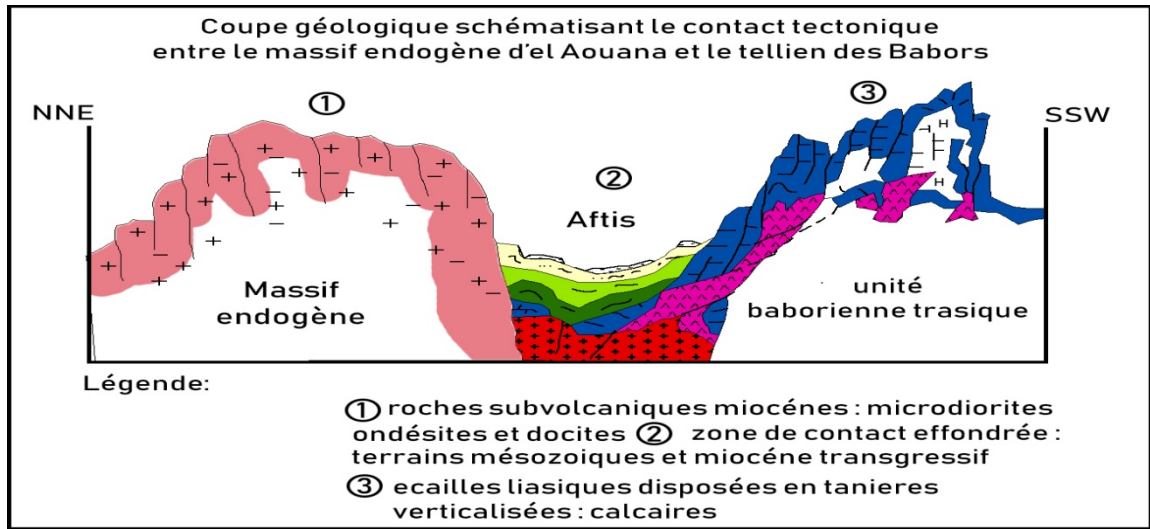
1/ *Trias* : souvent associé aux accidents majeurs et servant de semelles au glissement des unités tectoniques et à la verticalisation des écaillés liasiques.

Le facies triasique gypsifère est représenté par des argiles vari colore, des grés rouge en bancs minces et des intrusions ophitiques.

2/ *Jurassique* : Il est représenté par son terme liasique à facies généralement calcaro-dolomitique en bancs épais et massifs. Les termes marneux sont localement coincés entre les lanières verticales calcaro-dolomitiques.

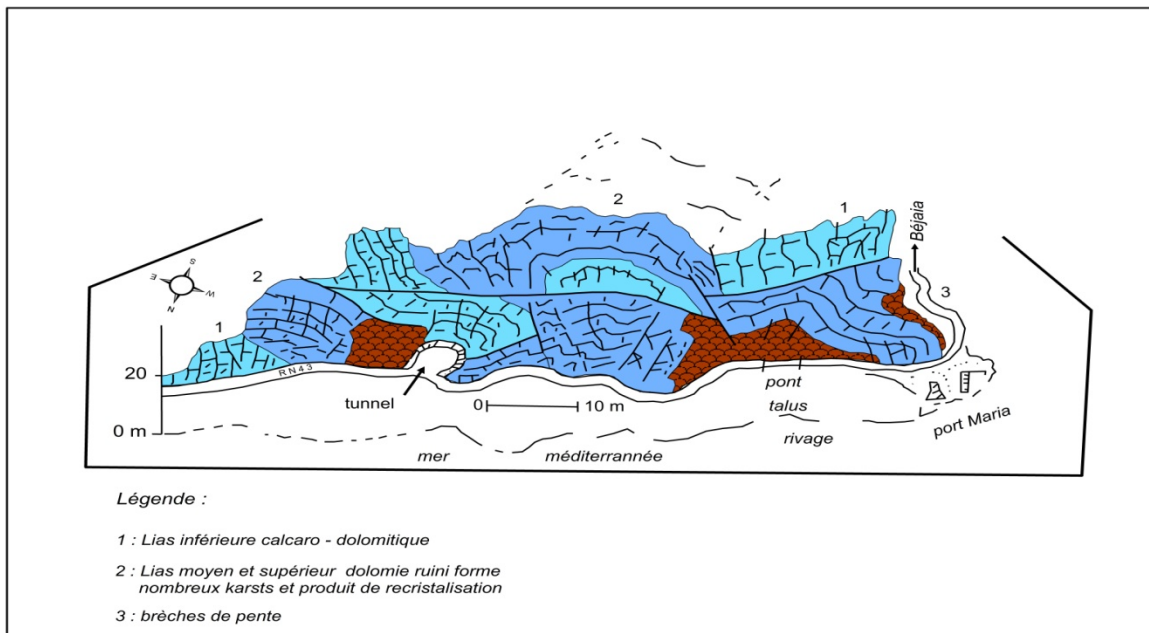
Séparés du massif endogène par un grand contact tectonique, ces massifs calcaires verticalisés souvent sont constitués de cristaux de calcite cristalline, de filaments millimétriques et pouvant admettre des particules Oolithiques. L'alternance avec d'autre facies de la lignée détritique est très rare. La cassure est conchoïdale et la texture sublithographique à veinules de calcite de recristallisation ; ils présentent des tectoglyphes à caractère très compressif soulignées par des oxydations ferralitiques nombreuses.

Ils couvrent l'essentiel de la zone Aftis, Ziama Mansouriah sur plus d'une dizaine de km.



**Figure II.7.** Localisation du contact de massif endogène-unité tellienne.

La dolomitisation : ce processus y est fréquent dans ce domaine fortement fracturé. Les faciès dolomitiques ruiniformes caractérisent les hautes falaises de la corniche ou on observe un nombre impressionnant de fabriques calcitiques tapissant les parois internes des karsts. Le caractère magnésien (rougeâtre) souligne l'aspect du paysage. Voir la figure suivante :



**Figure II.8.** Fracturation intense du front de taille à l'entrée de tunnel des falaises



**Figure II. 9.**Calcaires de la région d'Aftis

Les termes du Jurassique supérieur n'affleurent pas dans le secteur immédiat de notre étude.

3/ le crétacé inférieur : Dans la région de Ziama au sud de Djebel Brek affleurent des marnes jaunes et marno-calcaires du crétacé inférieur (Obert, 1981) associés à des intrusions triasiques le long de contact tectonique majeur.

4/ le crétacé supérieur : il est représenté par des faciès à tendance marneuse à passés calcaires discontinues, il est présent dans la région de Ziama tapissant les dépressions et fond de vallées.

5/ le miocène : Il fait plutôt son apparition dans les zones les plus occidentales du tronçon dans la région de Melbou. Il est représenté par des conglomérats grossiers accrochés à certains escarpements témoignant de la néotectonique responsable des effondrements locaux.

6/ formation superficielle (Les brèches de pentes et colluvions) :

Ces dépôts de pentes très solidifiées et cimentés par la calcite en circulation tapissent certains talus non traités. Les contres-bas des pentes calcaires peuvent constituer des zones de faible résistance à long terme. Certaines de ces zones ont été prises en charge et traitées au béton projeté.

### III.2.3. Structures tectoniques

Les Babors orientaux font partie du domaine tellien interne. Ils sont constitués d'une succession de nappes de charriage à vergence sud organisées en unités tectoniques. Du nord au sud on rencontre :

- L'unité Brek-Gouraya traversée par la RN43 – sujet de notre étude.
  - L'unité d'Erraguene intermédiaire.
- Et plus au sud l'unité de Babor.

III.2.4. Structuration de l'unité Brek-Gouraya

Constitué de facies carbonatés (calcaire et dolomie massifs du lias) cette unité se présente sous forme de lanières verticalisées, le long de la route d'Aftis à Aokas. Formant d'énormes falaises surplombant la mer.



Figure II. 10. Calcaires et dolomies (Lias) siège de résurgences.

Les grands contacts anormaux souvent redressés à la verticale sont soulignés à l'intérieur du massif même par du trias argilo-gypsifère (Obert, 1981)

Les écaillés calcaires disposés souvent à la verticale sont séparés par de escarpement ascendant du nord vers le sud.

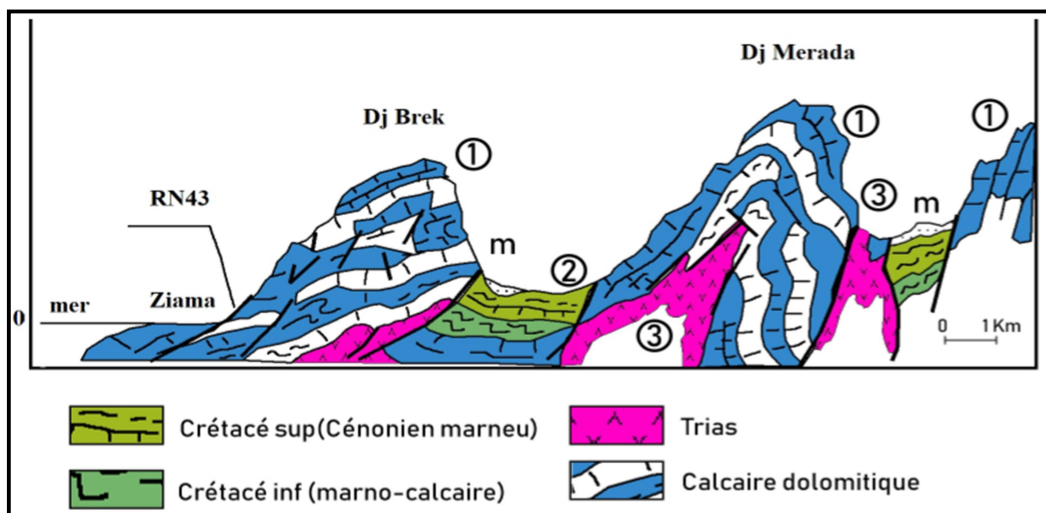


Figure II.11. Coupe géologique montrant les structures en écaillés de massif calcaire.

De rares vallées étroites interrompent de la monotonie de la falaise calcaire.

**VI. Conclusion**

Au terme de cette étude, portant sur la nature des terrains et leur structuration il nous a été très opportun d'apprécier l'ensemble des problèmes liés au comportement des massifs rocheux à travers sa nature et sa structure géologique

Les différents comportements géotechniques et hydrauliques des terrains rocheux de la région concernée traduisent les conséquences directes des événements géologiques polyphasées qui ont affecté la région et comme enregistré par des réseaux de fracture de différentes directions azimutale.



**I. Introduction**

L'eau par ses propriétés physico-chimiques très variées joue un rôle des plus marquants concernant la morphologie externe des terrains ainsi que dans le comportement interne des massifs rocheux fissurés.

Son pouvoir d'infiltration et de dissolution de certaines substances minérales. Lui confère plus d'une propriété des stabilisations au sein des différents terrains de l'écorce terrestre.

De même par son pouvoir d'hydratation et d'hydrolyse, l'eau transforme la nature minéralogique, la cohérence et affaiblit la résistance des matériaux rocheux.

De ce fait la caractérisation hydraulique et hydrogéologique de notre site d'étude présente plus d'une urgence pour pouvoir estimer les risques et enjeux liés à la circulation de l'eau dans les fissures du massif.

**II. Hydro-climatologie****II.1. Aperçu climatique**

Le caractère important du climat algérien est sans aucun doute la grande variation de la répartition des précipitations et des températures. Cette variation est fonction des influences méditerranéennes et sahariennes et des irrégularités topographiques, principalement l'altitude et l'orientation des chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien et Saharien. Ces derniers protègent les hautes plaines sétifiennes et jouent le rôle de barrières en face des vents désertiques du Sud, et ceux chargés d'humidité venant du Nord.

En ce qui concerne la région étudiée, le climat est de type méditerranéen. Il est caractérisé par une période douce et humide relativement tempérée, suivi d'une période chaude et sèche.

**II.2. Analyse des paramètres climatiques**

Les conditions climatiques jouent un rôle principal dans la détermination de la chimie des eaux (superficielle et souterraine). Parmi les facteurs hydro-climatologiques, nous étudions la pluviométrie et la température de l'air à partir des données des périodes récentes qui s'étendent de 2002 à 2015 pour la station EL-Agrem.

**II.2.1. Précipitations**

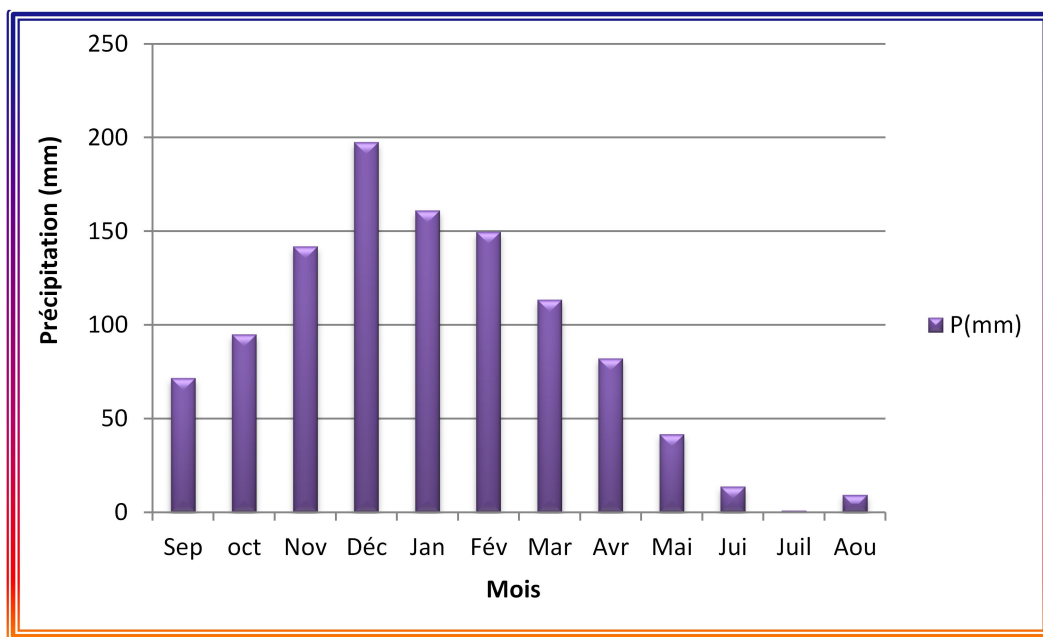
La pluviométrie ou la hauteur des précipitations est toujours définie comme l'épaisseur compté suivant la verticale de la lame d'eau qui s'accumulerait sur une surface horizontale, si toutes les précipitations reçues par celle-ci s'y trouvaient immobilisées (G. Reméniras, 1980) Cette hauteur de précipitation est soumise aux lois de la nature, et aux relations durant la période de l'année, avec le relief.

Cette étude s'intéresse uniquement aux précipitations liquides (pluies), qui constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique de la région.

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Totale
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	
P (mm)	72	95	142	198	161	150	113	82	42	14	1	9	1078
	103			169			79			8			

**Tableau III.1.** Précipitations mensuelles durant la période 2002-2015 Station EL-Agrem

Le tableau (III.1) indique que La valeur maximale des précipitations est observée pendant l’hiver avec 169 mm, tandis que la valeur minimale est de 8 mm en été.



**Figure III.1.** Graphe des répartitions des précipitations moyennes mensuelles (2002-2015, station EL-Agrem)

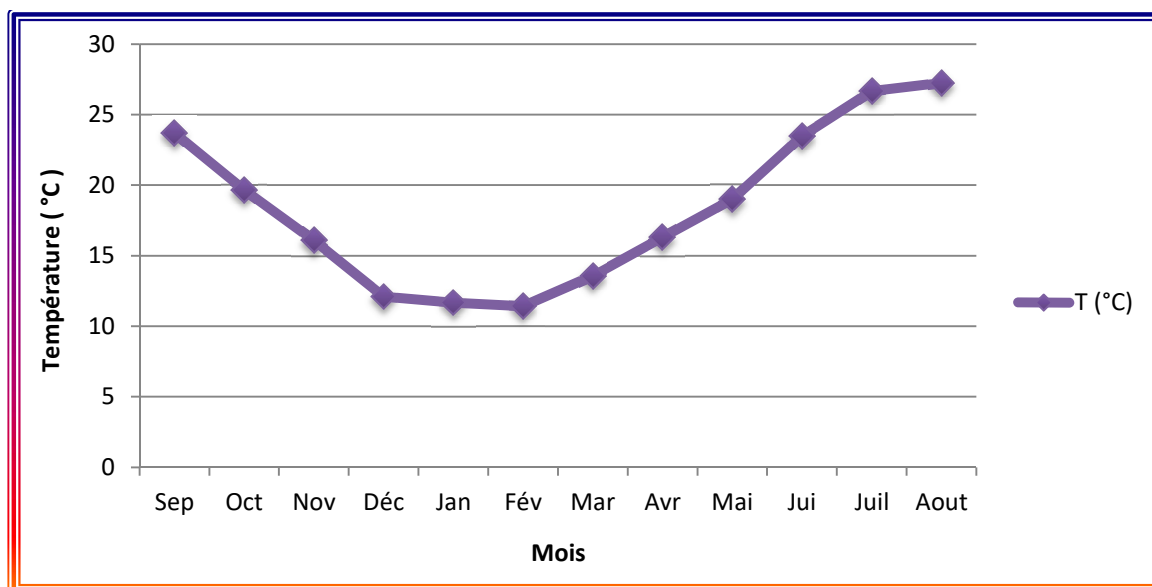
**II.2.2 Température de l’air**

La température de l’air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d’écoulement (évapotranspiration). Le tableau ci-dessous résume les données concernant ce paramètre, mesurées à la station d’EL-Agrem.

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moyenn e Annuelle
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	18,4
T (°C)	23,7	19,7	16,1	12,1	11,7	11,4	13,6	16	19	23,5	26,7	27,3	
	19,8			11,7			16,3			25,8			

**Tableau III.2.** Température moyennes mensuelles durant la période 2002-2015 Station EL-Agrem

Le tableau (III.2) indique que l’hiver est la saison la plus froide avec une température de 11,7°C, par contre l’été est la saison la plus chaude avec une température de l’ordre de 25,8°C.



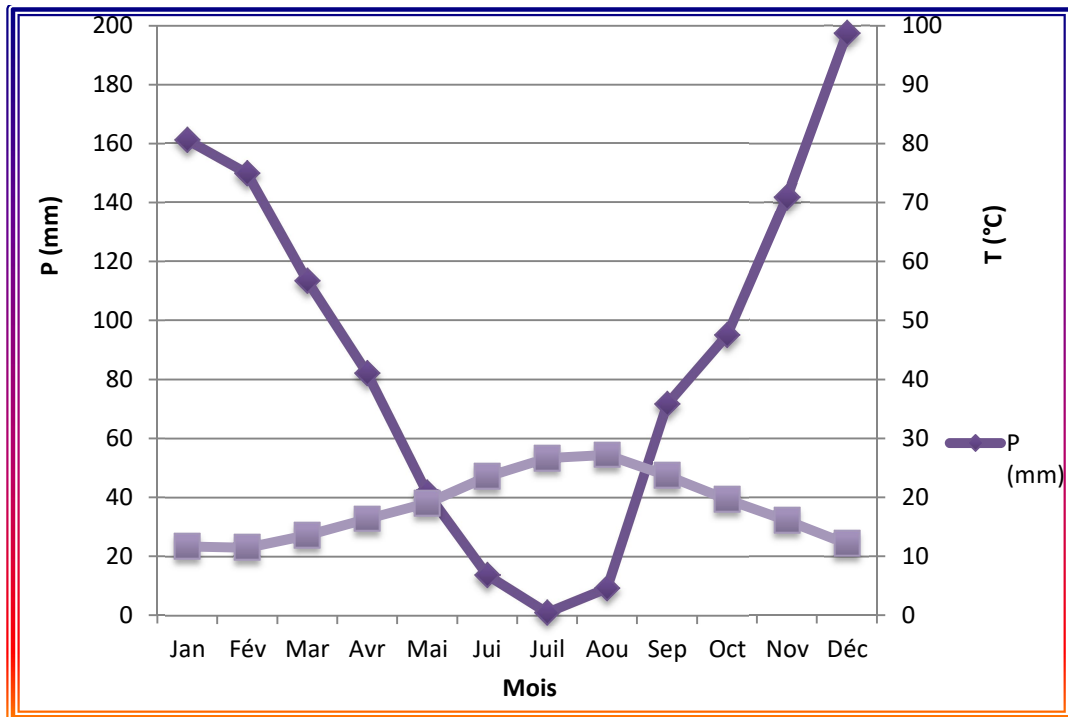
**Figure III.2 :** *Graphe des variations des températures moyennes mensuelles (2002-2015, station EL-Agrem)*

### II.2.3 Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Ce diagramme est d’une importance capital, il permet de déterminer les mois les plus secs correspond selon la définition de Gausсен et Bagnouls aux mois où le total des précipitations est égal ou inférieur aux double de la température moyenne mensuelle du même mois, soit  $P \text{ (mm)} \leq 2T^{\circ}\text{c}$ . Il résulte de la combinaison des deux paramètres climatiques principaux (précipitation et température), Une relation qui permet d’établir un graphique

Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double de précipitation (Fig. III.3).

Lorsque la courbe représentative des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire. Par contre, si la courbe représentative des températures passe au-dessus de celle des précipitations, la période correspondante sera déficitaire.



**Figure III.3.** Diagramme Ombrothermique durant la période 2002-2015  
Station El-Agrem

Le diagramme ombrothermique nous permet d'avoir une idée générale sur les périodes sèches et humides. La première s'étend de la mi-mai jusqu'à la fin du mois d'Aout et la seconde du début de Septembre jusqu'à la mi-mai.

### II.3. Bilan hydrologique

La connaissance du bilan hydrique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les différentes composantes suivantes :

Evapotranspiration réelle (ETR), ruissellement (R) et l'infiltration dans le sous-sol.

L'élaboration d'un bilan hydrique, est d'une grande nécessité, afin d'évaluer les réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région.

Ce bilan se présente par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa \quad (III .1)$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en mm,

ETR : Evapotranspiration réelle en mm

R : Ruissellement en mm,

I : Infiltration en mm, Wa : Variation des réserves (négligeable).

### II.3.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

C.W. Thornthwaite a défini l'évapotranspiration potentielle (ETP) comme correspondante à la perte en eau qui se produit, si à aucun moment, il n'y avait dans le sol de déficit dans les besoins de la végétation.

Penman a proposé que cette définition soit modifiée et qu'il y soit précisé que la surface du sol soit entièrement couverte de végétation verdoyante.

La formule utilisée pour le calcul de l'ETP selon Thornthwaite est la suivante :

$$ETP = 16 \left( \frac{10 \times T}{I} \right)^a \quad (\text{III.2})$$

$$\text{Avec : } I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{où } i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad (\text{III.3})$$

Où :

*ETP* : Évapotranspiration potentielle non corrigée en mm (30 jours / mois et 12h / jour)

*T* : Température moyenne mensuelle en (°C)

*I* : Indice thermique mensuel

*a* : Exposant climatique, cependant G. Castany en (1936) conseil de retenir:

$$a = 0,016 I + 0,5 \quad (\text{III.4})$$

Pour la région étudiée :  $I = 89,278$

$$a = 1,928$$

L'indice thermique (*i*) pour chaque mois est donné par le tableau de référence en fonction de la température, (pour chaque température mensuelle, il y'aura un indice thermique *i*).

*K* : Facteur de correction par lequel convient de multiplier selon le mois et la latitude de la région (et donc de l'insolation soit 36°N) les valeurs de l'ETP non corrigées pour obtenir celle corrigées.

$$ETP_{\text{corrigé}} = ETP_{\text{non corrigé}} \times K \quad (\text{III.5})$$

Les résultats de l'ETP mensuelle sont reportés dans le tableau suivant :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Année
P (mm)	71,59	94,98	141,84	197,51	161,01	149,77	113,38	82,09	41,66	13,74	1	9,28	1078
T (°C)	23,7	19,7	16,1	12,1	11,7	11,4	13,6	16	19	23,5	26,7	27,3	220,8
I	10,546	7,972	5,873	3,811	3,622	3,482	4,498	5,818	7,547	10,412	12,632	13,065	89,278
ETP (mm)	105,09	73,58	49,87	28,75	26,95	25,63	35,51	49,28	68,63	103,4	132,25	138,04	836,98
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	/
ETPcorr (mm)	108,24	71,37	42,89	24,15	23,45	21,79	36,58	54,21	83,04	126,15	163,99	160,13	915,99

**Tableau III.3.** Calcul de l'évapotranspiration potentielle selon Thornthwaite durant la période 2002-2015 Station El-Agrem

### II.3.2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)

L'Evapotranspiration réelle désigne la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur par évaporation du sol et du couvert végétal et transpiration des plantes (Thornthwaite, 1955). Elle est principalement dépendante des apports en précipitations, de la capacité du sol à stocker l'eau, du couvert végétal et de l'évaporation du sol.

#### II.3.2.1 Calcul de l'ETR

Pour calculer L'ETR on utilise la méthode de Thornthwaite :

- 1) Si les précipitations (P) du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.

$$ETR = ETP \quad (III.6)$$

- 2) Si les précipitations (P) du mois sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (ETP), dans ce cas, Thornthwaite admet l'utilisation d'une réserve facilement utilisable (RFU) :  $ETR = \sum p_i + RFU$  ; celle-ci est supposée mobilisée comme suit :

- a) Si la RFU antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance des précipitations :

$$ETR = ETP \quad (III.7)$$

- b) Si la RFU est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l'ETR reste inférieure à celle-ci est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU, il existe un déficit agricole Da

II.3.2.2. Calcul du déficit agricole (Da) :

Le déficit d'eau que l'on appelle parfois le déficit agricole égale à la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

$$Da = ETP - ETR \tag{III.8}$$

Il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes (et les sols) si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

Le tableau suivant représente les résultats du bilan hydrique obtenu après calcul par la méthode de Thornthwaite, sur une période de 14 ans (2002-2015), pour la station EL-Agrem :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Année
P (mm)	71,59	94,98	141,84	197,51	161,01	149,77	113,38	82,09	41,66	13,74	1	9,28	1078
ETPc (mm)	108,24	71,37	42,89	24,15	23,45	21,79	36,58	54,21	83,04	126,15	163,99	160,13	915,99
P-ETPc (mm)	-36,65	23,61	98,95	173,36	137,56	127,98	76,80	27,88	-41,38	-112,41	-162,99	-150,85	/
ETR (mm)	71,59	71,37	42,89	24,15	23,45	21,79	36,58	54,21	83,04	72,36	1	9,28	511,71
Da (mm)	36,65	0	0	0	0	0	0	0	0	53,79	162,99	150,85	404,28
Ws (mm)	0	0	22,56	173,36	137,56	127,98	76,8	27,88	0	0	0	0	566,14
RFU (mm)	0	23,61	100	100	100	100	100	100	58,62	0	0	0	/

Tableau III.4. Bilan hydrique a la station EL-Agrem (2002-2015)

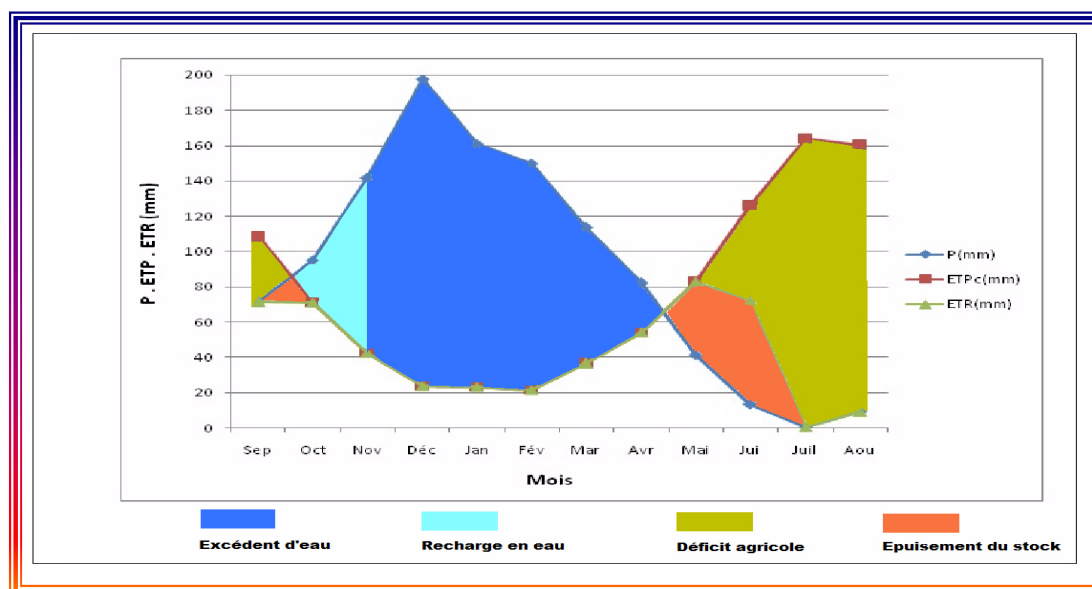


Figure III.4. Diagramme du bilan hydrique station EL-Agrem (2002-2015)

### II.3.3 Interprétation du bilan hydrique de Thornthwaite

D'après le bilan hydrique de Thornthwaite, représenté par le tableau (III.4) et schématisé par la figure (III.4), on constate qu'à partir du mois d'octobre les précipitations deviennent supérieures à l'ETP. De ce fait, il existe une reconstitution d'une partie des réserves du sol.

Ces dernières atteignent leurs maxima à 100 mm au mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril, alors il est enregistré un excédent pour ces six mois d'une valeur annuelle de 566,14 mm.

L'ETR est d'une valeur annuelle de 511,71 mm et le déficit agricole est de 404,28 mm avec un maximum constaté au mois de juillet de 162,99 mm.

La période déficitaire en eau commence à partir du mois de juin jusqu'au mois de septembre.

Cela permet de prévoir les besoins annuels en eau d'irrigation.

La figure (III.4), schématise bien les différentes composantes du bilan hydrique.

### II.3.4 Estimation du ruissellement et de l'infiltration

Pour le calcul des ruissellements et des infiltrations on utilise :

Evapotranspiration potentielle : ETP = 915,99 mm

Précipitations totales annuelles : P = 1077,85 mm

Lame évapotranspirée : ETR = 511,71 mm.

#### ➤ Ruissellement (R)

Les formules que nous donnons ci-après permettent d'évaluer le ruissellement comme suit :

Pour  $R < 600$  mm, on admet la formule de **Tixeront-Berkaloff, 1956** :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP^2)} \quad (\text{III.9})$$

Pour  $R > 600$  mm, ce qui est notre cas on admet la formule de **Romantchouk, 1974** :

$$R = \frac{P^3}{3} \quad (\text{III.10})$$

$$R = \frac{(1,078)^3}{3} = 0,4174 \text{ m} \rightarrow R = 417,4 \text{ mm}$$



➤ **Infiltration (I)**

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le sol et le sous-sol, elle alimente les eaux souterraines, eau rétention, écoulement hypodermique, écoulement souterrain et la reconstitution des réserves aquifères.

Elle est estimée à partir de la formule du bilan hydrologique :

$$P = ETR + R + I + Wa \quad (\text{III.11})$$

Avec :

$$ETR = 511,71 \text{ mm}$$

$$R = 417,4 \text{ mm}$$

$$P = 1078 \text{ mm}$$

$$\text{Considérons } Wa = 0$$

L'application numérique de la formule donne :

$$1078 = 511,71 + (417,4 + I)$$

$$I = 1078 - 929,11 \rightarrow I = 148,74 \text{ mm}$$

Soit  $I = 13,8\%$  des précipitations.

### III. Conclusion

L'étude climatologique nous a permis de constater que le climat du tronçon étudié est tempéré, due à l'influence méditerranéenne, caractérisé par des précipitations de l'ordre de 1015,61 mm/an et des températures moyennes mensuelles de l'ordre de 18,4 °C. D'après le tableau (III.1) La valeur maximale des précipitations est observée pendant l'hiver avec 169 mm, tandis que la valeur minimale est de 8 mm en été.

Les calculs réalisés à l'aide du bilan hydrologique, ont montrés que 13.8 mm participent à l'infiltration soit 13.8 % des précipitations, et 417.4 mm participent au ruissellement soit 38.72 % des précipitations totales.

**I. Introduction**

Le but d'un inventaire des discontinuités par levé systématique sur l'affleurement est de dresser un classement typologique de ces hétérogénéités texturales d'un massif rocheux.

On admet actuellement que chaque famille de discontinuités dans un massif rocheux est considérée comme une réponse à un paléo-stress issu des champs de contraintes appliquées au massif pendant les différentes phases successives de compression ou de distension des plaques tectoniques surtout que notre zone d'étude se trouve dans une région où les manifestations néotectoniques sont accommodées par des failles régionales à caractères sismogènes.

Le travail d'inventaire suivi d'un traitement de données par approche statistique permet de qualifier ou même de quantifier dans la mesure du possible l'impact de la variation des propriétés géométriques des discontinuités sur le comportement mécanique du massif considéré.

La crédibilité d'une telle étude scientifique impose une mise en œuvre des plus fidèles lors des levés de terrain concernant les mesures des orientations azimutales des discontinuités et des plongements de leur plan de faiblesse ainsi que leur extension.

Se basant sur tout ce qui est relaté plus haut, les spécialistes géotechniciens et autres concepteurs d'ouvrages pouvant d'emblée se référer aux classifications en vigueur pour en déduire les propriétés élastiques exactes et proposer ainsi les méthodes de rétention ou de stabilisation adéquates.

**II. Paramètres géométriques**

Beaucoup de discontinuités sont le résultat d'une ou plusieurs actions mécaniques que le massif a subi au cours de son histoire tectonique. A chacune de ces actions, on peut associer une ou plusieurs familles de discontinuités.

L'étude statistique fait apparaître généralement les familles de discontinuités qui existent dans le massif. Parfois, il est nécessaire de renoncer à représenter le système de discontinuités par un ensemble de familles directionnelles (Abdelouahed Tahiri, 1992).

On définit pour une discontinuité ou une famille de discontinuités les paramètres géométriques suivants :

**II.1. Orientation**

La position du plan de discontinuité est décrite par son orientation dans l'espace muni d'un repère ayant un axe parallèle au Nord magnétique (fig IV .1).

L'orientation est représentée par la direction de la ligne d'intersection du plan de discontinuité et du plan horizontal, et par le sens et l'angle de pendage de la ligne de plus grande pente (Abdelouahed Tahiri, 1992).

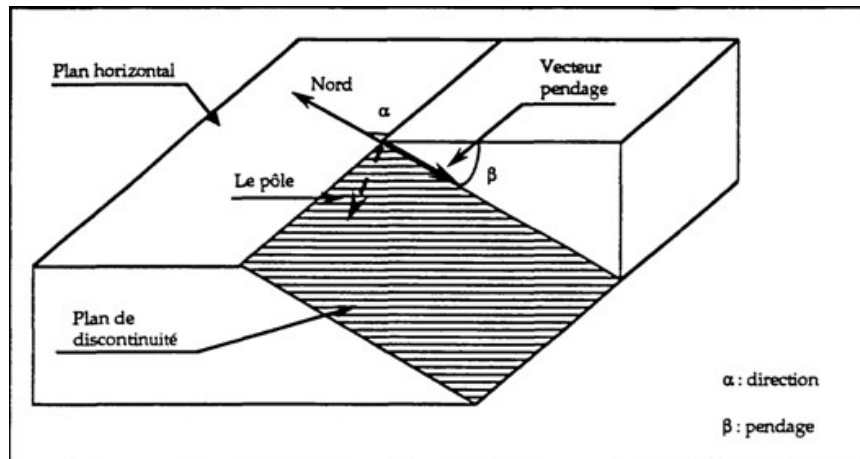


Figure IV.1. Orientation d'un plan de discontinuité

On représente aussi une discontinuité par :

- ✓ le vecteur pendage : qui matérialise la ligne de plus grande pente du plan de discontinuité. Il est défini par l'azimut de sa trace sur le plan horizontal et son pendage.
- ✓ le vecteur perpendiculaire au plan de discontinuité.

La projection stéréographique des discontinuités sur un canevas (Schmidt, Wulff',...), permet de faire un classement des discontinuités en familles directionnelles. Une étude statistique permet d'identifier les familles et de dégager une loi de distribution des discontinuités au sein de chaque famille.

L'orientation et le pendage peuvent être traités comme une seule variable (vecteur) ou séparément. Leur distribution est souvent représentée par une loi normale hémisphérique dans le premier cas ou par des lois normales ou log-normales dans le second cas.

## II.2. Extension

L'extension caractérise la dimension de la discontinuité dans l'espace. Ce paramètre est difficile à évaluer car sur le terrain on n'observe pas la totalité de la discontinuité mais uniquement sa trace sur un parement (Abdelouahed Tahiri, 1992).

L'extension peut être estimée à partir de la distribution de la longueur de trace de la discontinuité (Warburton, 1980).

## II.3. Espacement

C'est la distance moyenne qui sépare deux intersections successives d'une ligne droite, appelée également ligne d'échantillonnage, avec les traces de fractures d'un affleurement.

Cette grandeur dépend de la ligne de levé et de l'extension des discontinuités. En effet, pour un nombre constant de traces sur une surface, les traces longues ont plus de chances d'être intersectées par la ligne de levé et paraissent plus rapprochées.

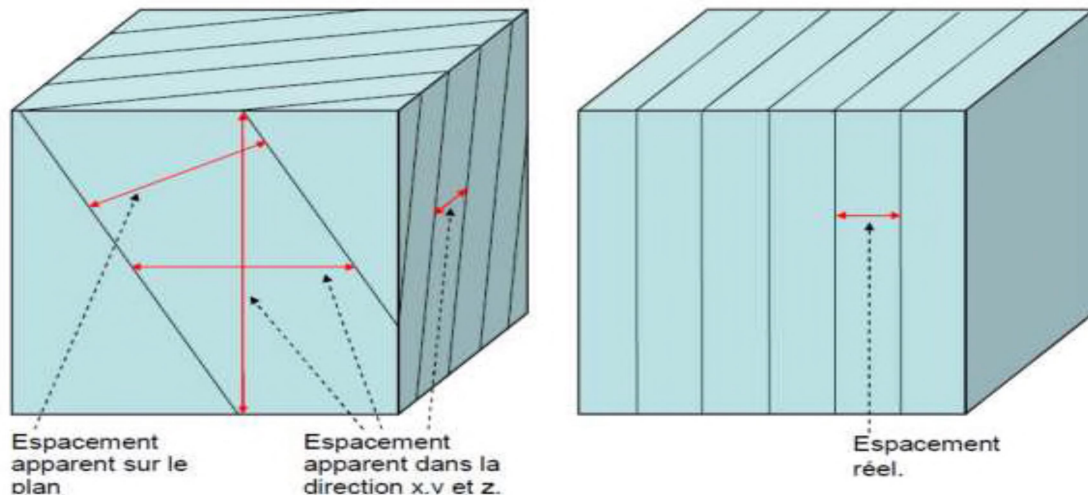


Figure IV.2. Bloc diagramme montrant les mesures de l'espace (Warburton 1980).

La classification de l'espace des joints est représentée dans le tableau ci-dessous:

Description	Espace des joints (m)
Espace extrêmement étroit	< 0.02
Espace très étroit	0.02 - 0.06
Espace étroit	0.06 - 0.2
Espace modéré	0.2 – 0.6
Espace large	0.6 – 2
Espace très large	2 – 6
Espace extrêmement large	> 6

Tableau IV.1. Différentes classes de l'espace des discontinuités (Zhao J, 2008)

Il est défini comme :

$$ES_{1mo} = \frac{ES_{1vrais\ moyen}}{\text{nombre de ligne de mesure (cm)}} \tag{IV.1}$$

$$ES_{1vrais\ moyen} = ES_{moyen} * \cos \alpha_1 \tag{IV.2}$$

$$ES_{moyen} = \frac{L_1}{N_1} - 1 \tag{IV.3}$$

Avec :

- $ES_{moyen}$  : le long de ficelle.
- $L_1$  : la longueur de la ficelle.
- $N_1$  : nombre de discontinuités.

## II.4. Densité de fracturation

Une définition plus précise de la densité de fracturation serait tout simplement de compter le nombre des discontinuités successives intersectées par les lignes de mesures.

On définit ainsi **intervalle de discontinuités (ID)** comme la moyenne des intervalles découpés par discontinuités successives (quel que soit leur orientation) le long d'une ligne de mesure caractérisée par sa longueur et son orientation. Pour obtenir la moyenne, il faut répéter cette mesure le long de plusieurs lignes de mesures de différentes orientations. (AFTES, 2001) a établi une classification de la densité de fracturation (Kimour, 2016). Elle est définie comme :

$$D_1 = ID_1 + ID_2 + ID_3 + \dots + ID_n / L_1 \quad (IV.4)$$

Avec :

ID : intervalles de discontinuités successifs le long de chaque ligne de mesure.

Ainsi :

Elle se définit pour un banc donné d'épaisseur connue, comme la somme des fréquences caractéristiques des différentes familles du réseau.

Classes	Indice ID d'intervalle entre les discontinuités	Termes descriptifs
<b>ID1</b>	> 200 cm	Densité de discontinuités très faible
<b>ID2</b>	60-200 cm	Densité de discontinuités faible
<b>ID3</b>	20-60 cm	Densité de discontinuités moyenne
<b>ID4</b>	6-20 cm	Densité de discontinuités forte
<b>ID5</b>	< 6cm	Densité de discontinuités très forte

**Tableau IV.2.** Classes de densité de discontinuités, (AFTES, 2001)

### -Fréquence des Joints

La fréquence des joints ( $\lambda$ ), est définie comme le nombre de joints par mètre linéaire. C'est donc simplement l'inverse de l'espacement des joints (E (Sj)), c.-à-d.  $\lambda = 1 / E(Sj)$

La fréquence est définie comme suit :

$$F_1 = 1 / ES_{1 \text{ vrais moyen}} \left( \frac{fr}{m} \right) \quad (IV.5)$$

$$S_1 = \sum n_k = l_1 * F_1 \quad (IV.6)$$

Avec:

- n : nombre de ligne.

## II.5. Ouverture

Ce paramètre affecte largement la perméabilité des discontinuités et modifie considérablement leur comportement hydraulique.

Il est défini comme étant la distance entre les deux épontes d'une discontinuité mesurée perpendiculairement à son plan moyen et il suit généralement une loi exponentielle décroissante ou log-normale.

La détermination de l'ouverture est limitée souvent aux relevés examinés directement sur un affleurement ou sur des carottes de sondages.

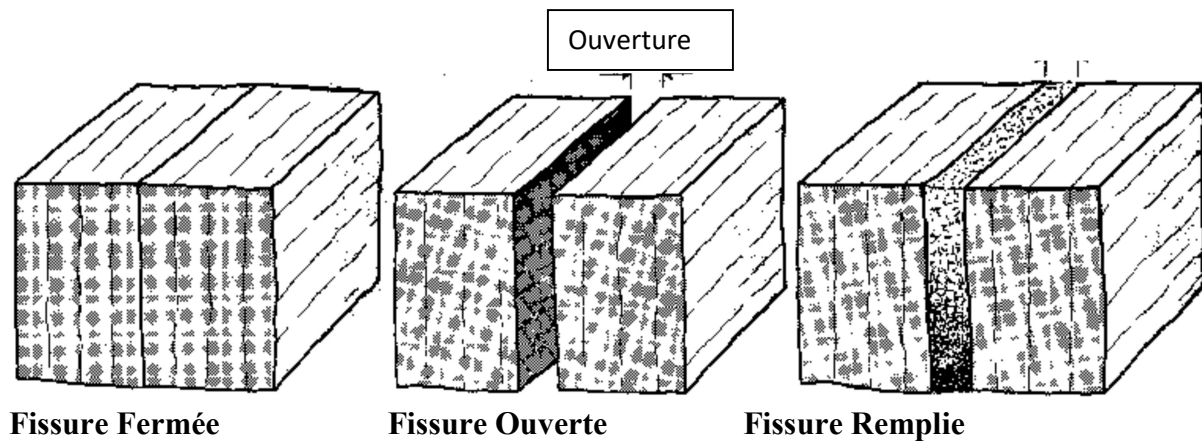


Figure IV.3. Ouverture et remplissage des fissures

Ouverture	Description	Dispositif
<0.1mm	Très étroit	Fermé
0.1-0.25mm	Etroit	
0.25-0.5mm	Partiellement ouvert	
0.5-2.5mm	Ouvert	Espacé
2.5-10mm	Largement ouvert	
1-10cm	Très largement ouvert	Ouvert
10-100cm	Extrêmement largement ouvert	
>1m	Caverneux	

Tableau IV.3. Ouverture des discontinuités

### III. Caractéristiques mécaniques

De nombreuses études ont été réalisées sur le comportement mécanique des discontinuités (notamment Barton (1977), Bandis (1981), Bray et Hoek (1981).

Le comportement mécanique d'une discontinuité (ou d'un joint) est essentiellement influencé par sa rugosité, le degré d'altération des épontes et le remplissage éventuel.

#### III.1. Altération

L'altération est la modification des propriétés physico-chimiques et mécaniques des roches constitutives des massifs sous l'action des agents atmosphériques et des conditions environnementales.

### III.2. Rugosité

Un joint est une interface séparant deux plans en contact. Les surfaces peuvent être lisses ou rugueuses. La condition de contact régit l'ouverture de l'interface. L'interface peut être remplie avec des matériaux intrusifs ou d'altération.



Figure IV.4. Surface rugueuse d'un plan du massif

### III.3. Epaisseur et remplissage des joints

Le remplissage est le matériel présent dans les discontinuités rocheuses, entre les deux surfaces adjacentes de la roche.

En général, les propriétés du matériel de remplissage affectent la résistance au cisaillement, la déformabilité et la perméabilité des discontinuités.

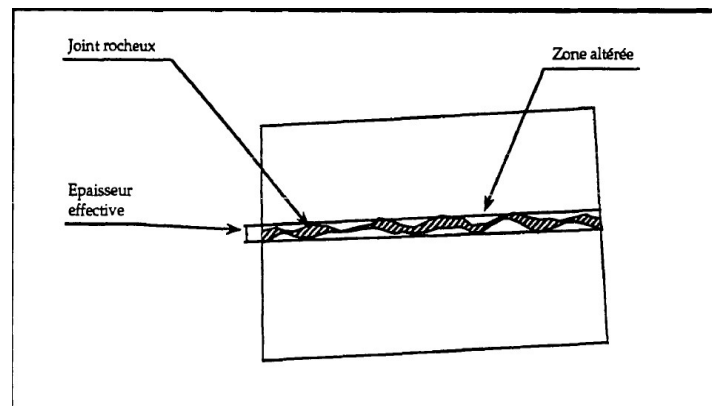


Figure IV.5. Epaisseur déformable d'un joint

## IV. Projection stéréographique

Une projection est « un système de correspondance entre les points de la surface à représenter et les points du plan de projection, tel que chacun de ceux-ci représentent un point et un seul de la surface projeté » (Reignier, 1957). Une projection est donc une construction géométrique qui consiste à reporter des objets 3D sur des plans 2D (Viallon et al. 1976).

On distingue **les projections conformes** (conservation des angles) et **les projections équivalentes** (conservation du rapport entre deux éléments de surface (distance)).

La représentation stéréographique permet de représenter sur un plan (le stéréogramme), certains objets situés dans l'espace tridimensionnel, tels que : droites, demi-droites, plans, cônes, demi-espaces, pyramides, dièdres. Ces objets sont constitués par un ensemble de demi-droites, issues d'un même point S (sommet du cône, par exemple).

Le logiciel **Stereonet** est un graphique de l'hémisphère inférieur ou supérieur sur lequel on peut tracer une variété de données géologiques. La projection stéréographique consiste à tracer des données 3D (planaires ou linéaires) sur une surface 2D (stereonet), où elles peuvent être manipulées et interprétées.

La représentation stéréographique peut se décomposer en trois étapes (illustrées par la figure IV.6 dans le cas d'une demi-droite) :

Une **translation**, qui déplace l'objet de manière à amener le point S en un point O, centre d'une sphère, dite sphère de référence.

- L'**intersection** de cet objet avec la sphère de référence.

- La **projection** de cette intersection sur un plan horizontal.

En ingénierie des roches, la projection utilisée est la projection **stéréographique** ou de **Wulff**, qui permet de projeter les points de la sphère sur un plan horizontal passant par O, à partir d'un foyer situé au sommet (ou à la base, selon la convention utilisée) de celle-ci. Cette projection a la propriété de transformer un cercle de la sphère en un cercle du plan de projection, mais la surface du cercle n'est pas conservée. Elle est également utilisée en cartographie, notamment pour représenter les régions polaires.

En géologie structurale, on utilise la projection de **Schmidt**, qui a la propriété de transformer un cercle de la sphère en une ellipse de même surface (Hantz, 2012).

La représentation stéréographique d'une demi-droite (ou d'un vecteur) est un point, situé à l'intérieur du cercle de référence si celle-ci est dirigée vers le bas, et à l'extérieur si elle est dirigée vers le haut (figure IV.6). Une droite est représentée par deux points (figure IV.7). Un plan est représenté par un cercle passant par deux points diamétralement opposés du cercle de référence (figure IV. 8). Ces deux points représentent l'horizontale du plan (courbe de niveau). Sa ligne de plus grande pente est également représentée par deux points, dont un correspond au vecteur pendage (dirigé vers le bas). Un cône est représenté par un cercle, mais qui ne passe pas par deux points diamétralement opposés du cercle de référence ("petit" cercle, par opposition aux "grands" cercles, qui représentent des plans).



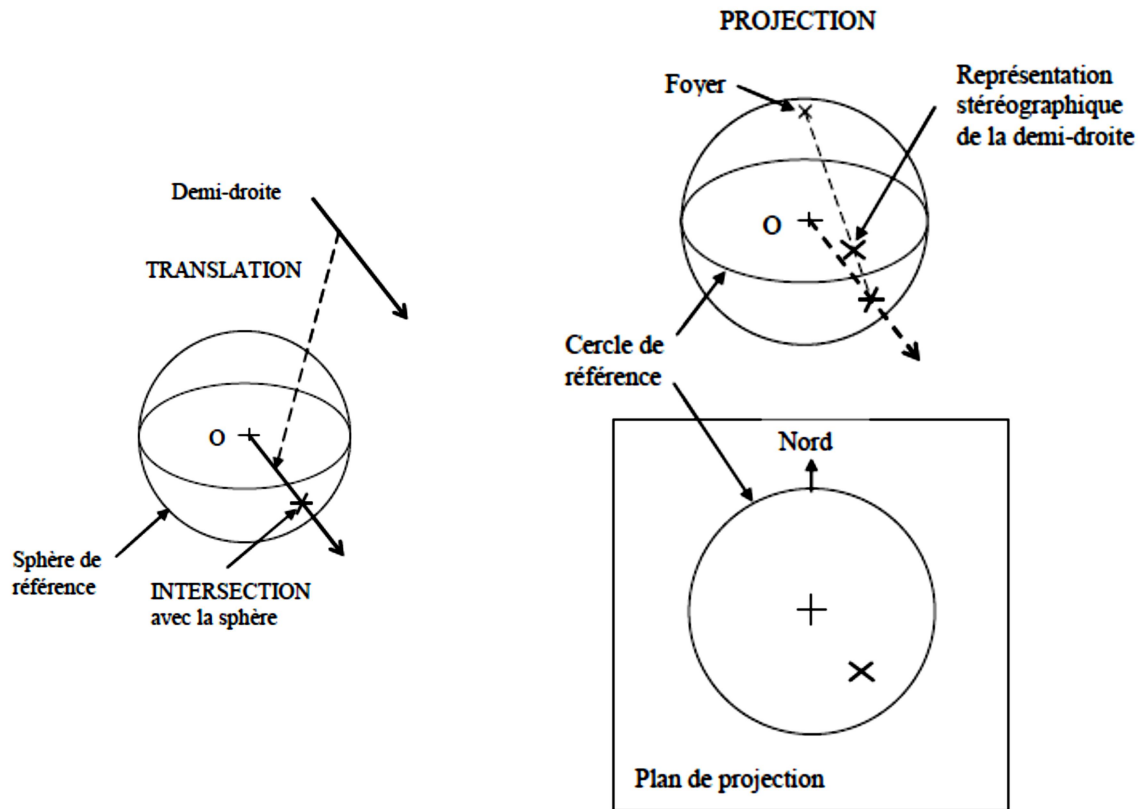


Figure IV.6. Représentation stéréographique d'une demi-droite par un point

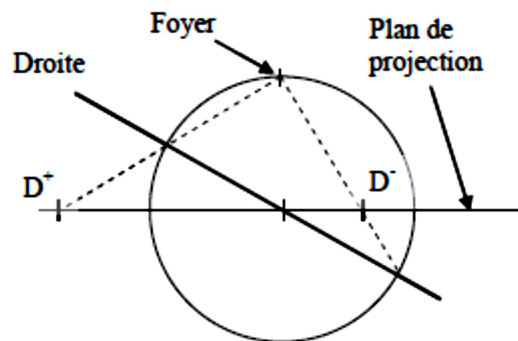


Figure IV.7. Représentation stéréographique d'une droite par deux points ( $D^+$  et  $D^-$ )

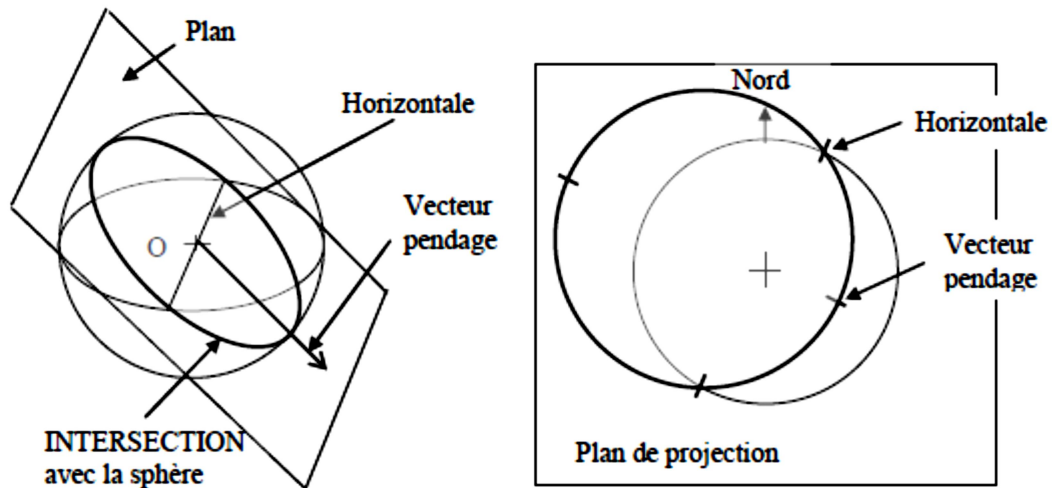


Figure IV.8. Représentation stéréographique d'un plan par un cercle

### V. Conclusion

Les massifs rocheux sont présentés comme un milieu discontinu, composé de discontinuités et de la matrice rocheuse. La présence des discontinuités peut avoir une grande influence sur le comportement et la structure du massif.

L'étude des massifs rocheux ne sont donc pas seulement basée sur la caractérisation de la roche saine, mais on doit se basé sur la caractérisation géométrique des discontinuités.

I.Introduction

Le présent chapitre dans son ensemble traite des données de la blocométrie du massif baboriens littoral et les interprétations géomécaniques relatives. En effet, l'état de fracturation de ce massif représente l'enregistrement des différents phénomènes et processus géodynamiques ayant participé à la configuration géotectoniques actuelle.

Les discontinuités observées ne sont que des résultats de ces événements qui ont marqué la matrice rocheuse depuis la diagenèse jusqu'aux mouvements de compression actuel du massif ; elles représentent en mécanique des roches des interruptions dans le comportement normal de la matrice.

Notre sujet grâce aux différents traitements à l'aide des méthodes de traitement de données (logiciel Stereonet), permettra de mieux comprendre l'attitude des différents blocs pendant et après les différents travaux d'aménagement routiers.

Les levés de terrain que nous avons mené ont été exécutés dans différentes stations représentées sur l'itinéraire géologique figure

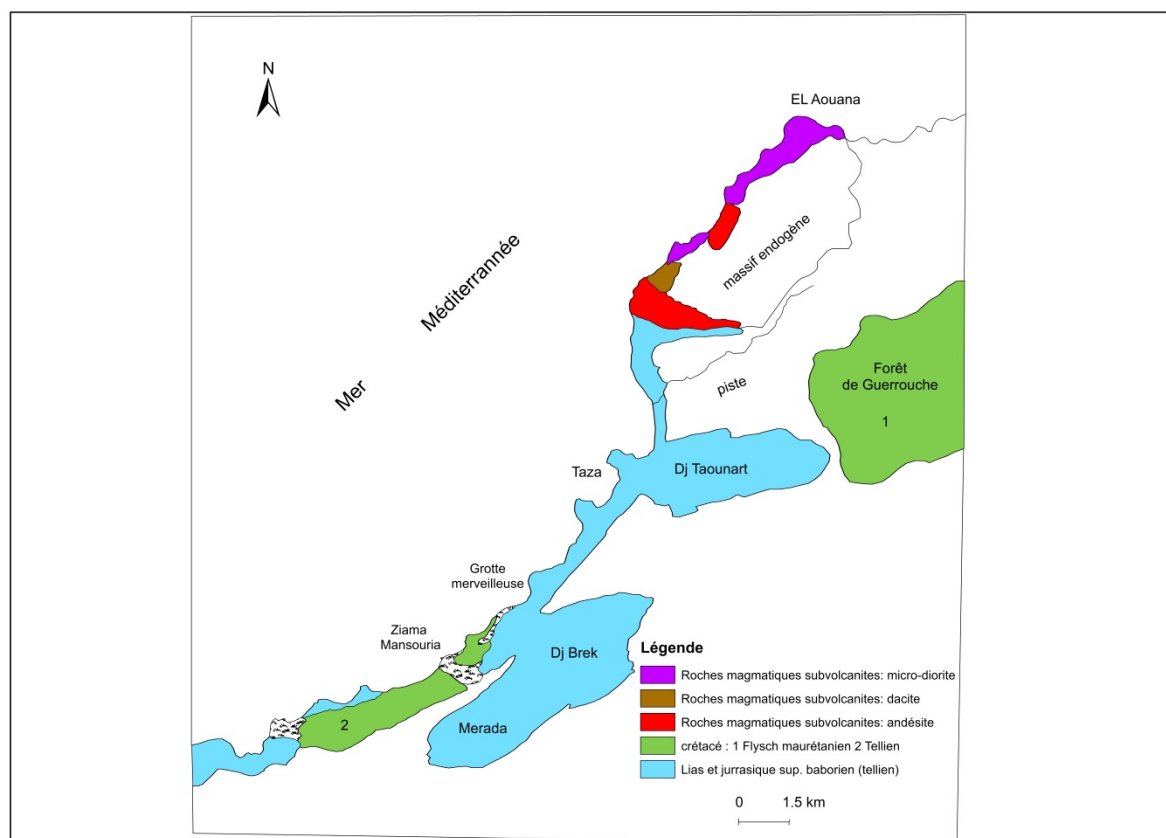
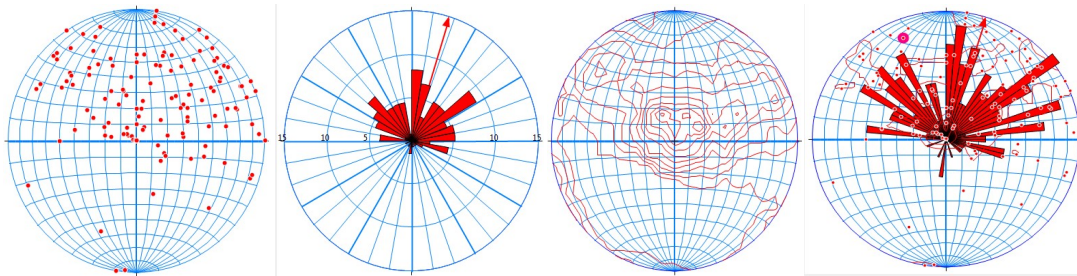


Figure V.1.Schéma géologique montrant les différents faciès de l'itinéraire géologique

## II. Différentes stations de mesures

### II.1.Station Aouana

La projection stéréographique de 134 discontinuités (voir Annexe)des différentes mesures qui sont représentées sur le canevas de Schmidt à l'aide de logiciel de projection stéréographique, Stereonet sous forme des contours,des rosasses et des nuages de points.



**Figure V.2.**Résultats de projections stéréographiques  
Mesures prises sur le site d'El Aouana

La complexité de la mise en place des roches magmatiques d'El Aouana et l'activité tectonique de cette région Nord Baboriennes ont abouti à l'individualisation de trois familles de discontinuités très distinctes .La classification de ces dernières selon le pourcentage des discontinuités est représentée par des courbes d'isodensité en projection stéréographique.

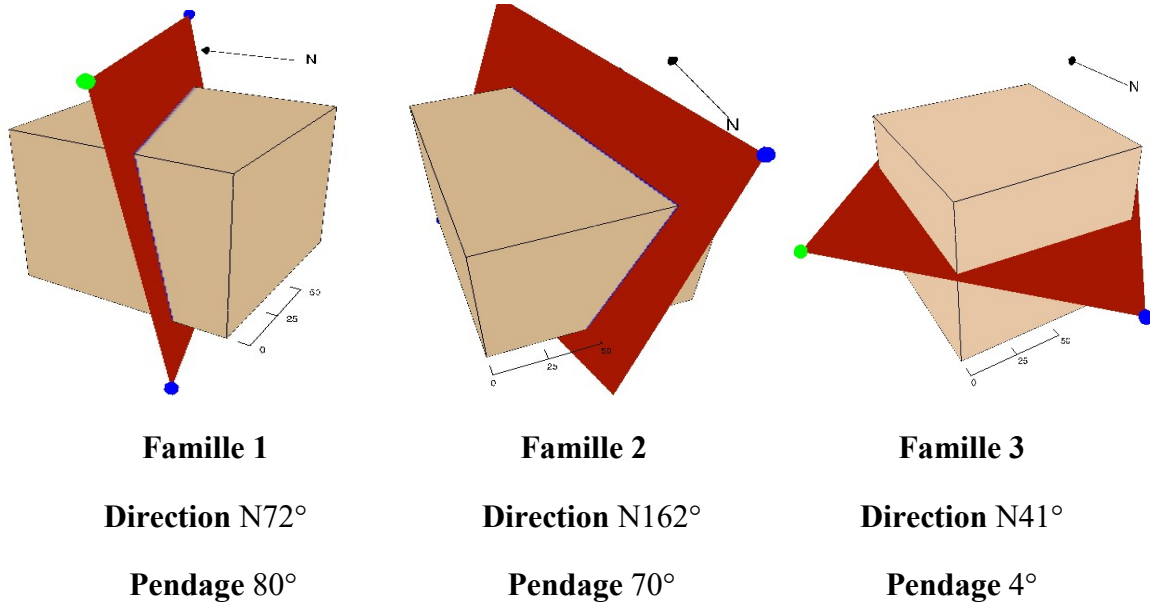
#### II.1.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités

Famille 1 : présente une orientation verticale de direction N 72° et un pendage de 80°, cinq lignes de mesures et un effectif total de 25.

Famille 2 : présente une orientation inclinée de direction N 162° et un pendage de 70°, cinq lignes de mesures et un effectif total de 51.

Famille 3 : présente une orientation horizontal de direction N 41° et un pendage de 4°, cinq lignes de mesures et un effectif total de 58.

Les positions d'orientation et les pourcentages de répartition de chaque famille sont présentés comme suit :



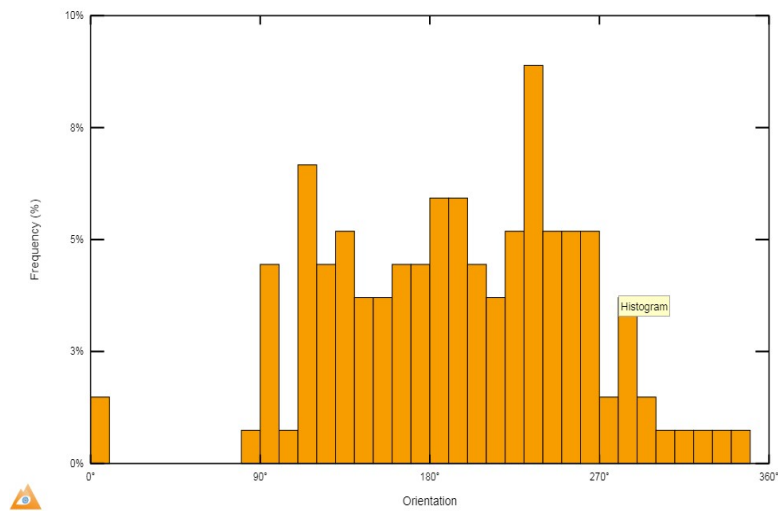
**Figure V.3.**Orientation des familles en Blocs diagrammes, station d’El Aouana (Stereonet)

Les résultats de la simulation à trois dimensions pour 134 joints sont représentés sur la figure V.3., un modèle a été réalisé à partir de l’orientation des différentes discontinuités en fonction de leurs fréquences.

Ce modèle réalisé à partir de nos paramètres d’entrées (voir annexe) présente une variation aléatoire (gaussienne) de la fréquence. Les valeurs obtenues par le logiciel Stereonet sont représentés par des pourcentages, l’ensemble de ces courbes se localise dans des fréquences fortes selon leur orientation.

L’histogramme est caractérisé par une fréquence de 8.9 % pour la famille 1, 5.2 %pour la famille 2 et 1.5% pour la famille 3

La figure V.3 présente l’histogramme de la fréquence des discontinuités en fonction de leur orientation.



**Figure V.4.**Histogramme d’orientation des discontinuités, station d’El Aouana (Stereonet)

## II.1.2. Caractères géométriques

### II.1.2.1. Exemple de calcul

#### Famille 1 : Extension grande

Effectif total :  $N_1 = 25$

Nombre d'intervalles  $N_1 - 1 = 24$

Longueur de la ficelle :  $L_1 = 100$  m,

Nombres des lignes de mesure :  $l_1 = 5$  lignes

L'angle moyenne du pendage :  $\alpha_1 = 61.48$

$\cos \alpha_1 = 0.48$

#### 1.1. Espacement

•  $ES_1$  moyen le long de la ficelle =  $L_1 / N_1 - 1$

$$ES_1 \text{ moyen} = 100 / 24$$

$$ES_1 \text{ moyen} = 4.35 \text{ m}$$

•  $ES_1$  vrai moyen =  $ES_1 \text{ moyen} \times \cos \alpha_1$

$$ES_1 \text{ vrai moyen} = 4.35 \times 0.48$$

$$ES_1 \text{ vrai moyen} = 2.088$$

•  $ES$  moyen le long de chaque ligne de mesure =  $ES_1 \text{ vrai moyen} / l_1$

$$ES \text{ moyen} = 2.088 / 5$$

$$ES \text{ moyen} = 0.42$$

#### 1.2. Fréquence

$$F_1 = 1 / ES_1 \text{ vrai moyen}$$

$$F_1 = 1 / 2.088$$

$$F_1 = 0.48 \text{ Fr / m}$$

#### 1.3. Surface spécifique

$$S_1 = F_1 \times l$$

$$S_1 = 0.48 \times 5$$

$$S_1 = 2.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

#### 1.4. Densité de fracturation

$$D_1 = ID_1 + ID_2 + ID_3 / L_1$$

$$D_1 = 3 / 100$$

$$D_1 = 0.03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

### Famille 2 : Extension moyenne

Effectif total :  $N_2 = 51$

Nombre d'intervalles  $N_2 - 1 = 50$

Longueur de la ficelle :  $L_2 = 100$

Nombres des lignes de mesure :  $l_2 = 5$  lignes

L'angle moyenne du pendage :  $\alpha_2 = 48.18$

$\cos \alpha_2 = 0.67$

#### 2.1. Espacement

•  $ES_2$  moyen le long de la ficelle =  $L_2 / N_2 - 1$

$$ES_2 \text{ moyen} = 100 / 50$$

$ES_2 \text{ moyen} = 2\text{m}$

•  $ES_2 \text{ vrai moyen} = ES_2 \text{ moyen} \times \cos\alpha_2$

$ES_2 \text{ vrai moyen} = 2 \times 0.67$

$ES_2 \text{ vrai moyen} = 1.34\text{m}$

•  $ES_{\text{moyen}} \text{ le long de chaque ligne de mesure} = ES_2 \text{ vrai moyen} / l_2$

$ES_{\text{moyen}} = 1.34/5$

$ES_{\text{moyen}} = 0.268$

### 2.2. Fréquence

•  $F_2 = 1/ ES_2 \text{ vrai moyen}$

$F_2 = 1/1.34$

$F_2 = 0.75 \text{ Fr} / \text{m}$

### 2.3. Surface spécifique

•  $S_2 = l \times F_1$

$S_2 = 5 \times 0.75$

$S_2 = 3.75 \text{m}_2/\text{m}_3$

### 2.4. Densité de fracturation

$D_2 = ID_1 + ID_2 + ID_3 + \dots + ID_{10} / L_1$

$D_2 = 10/100$

$D_2 = 0.1 \text{m} = 10 \text{cm}$

### Famille 3 : Extension petite

Effectif total :  $N_3 = 58$

Nombre d'intervalles  $N_3 - 1 = 57$

Longueur de la ficelle :  $L_3 = 100\text{m}$

Nombres des lignes de mesure :  $l_3 = 5 \text{ lignes}$

L'angle moyenne du pendage :  $\alpha_3 = 48.87$

$\cos\alpha_3 = 0.66$

### 3.1. Espacement

•  $ES_3 \text{ moyen le long de la ficelle} = L_3 / N_3 - 1$

$ES_3 \text{ moyen} = 100/57$

$ES_3 \text{ moyen} = 1.75 \text{ m}$

•  $ES_3 \text{ vrai moyen} = ES \text{ moyen} \times \cos\alpha_3$

$ES_3 \text{ vrai moyen} = 1.75 \times 0.66$

$ES_3 \text{ vrai moyen} = 1.115$

•  $ES_3 \text{ moyen le long de chaque ligne de mesure} = ES_3 \text{ vrai moyen} / l_3$

$ES_3 \text{ moyen} = 1.115/5$

$ES_3 \text{ moyen} = 0.223$

### 3.2. Fréquence

•  $F_3 = 1/ ES_3 \text{ vrai moyen}$

$F_3 = 1/1.115$

$F_3 = 0.89 \text{ Fr} / \text{m}$

### 3.3. Surface spécifique

•  $S_3 = l \times F_1$

$S_3 = 5 \times 0.89$

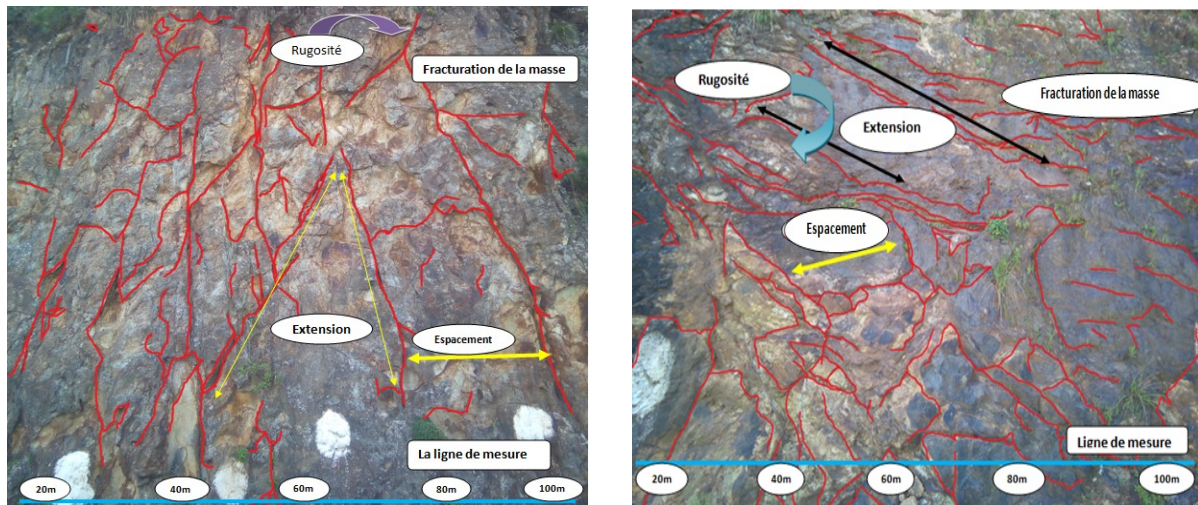
$S_3 = 4.45 \text{m}_2/\text{m}_3$

### 3.4. Densité de fracturation

$D_3 = ID_1 + ID_2 + ID_3 + \dots + ID_{15} / L_3$

$$D_3 = 15/100$$

$$D_3 = 0.15\text{m} = 15\text{cm}$$



**Figure V.5.** Différentes lignes de mesures dans la masse rocheuse, station d'ElAouana

La figure V.4 montre les différents paramètres géométriques des différentes ficelles prises sur la ligne de mesure de la station d'El Aouana.

**Famille 1 :** l'espacement calculé est égal à **0.42m**, qui correspond à la classe **(0.2-0.6)** représentant des discontinuités à **espacement modéré (moyennement espacées)**, une surface spécifique de  **$2.4\text{m}^2/\text{m}^3$** , une fréquence de l'ordre de **0.48 fr/m** et une densité de fracturation de **0.03m(3cm)** qui correspond à un indice **<6cm** représentant une densité très forte.

**Famille 2 :** l'espacement calculé est égal à **0.268m**, qui correspond à la classe **(0.2-0.6)** représentant des discontinuités **d'espacement modéré (moyennement espacées)**, une surface spécifique de  **$3.75\text{m}^2/\text{m}^3$** , la fréquence est de l'ordre de **0.75fr/m** et une densité de fracturation de **0.1m(10cm)** qui correspond à un indice de fracturation de **(6-20cm)** représentant une **densité forte**.

**Famille 3 :** l'espacement calculé est égal à **0.231m**, qui correspond à la classe **(0.2-0.6)** représentant des discontinuités **d'espacement modéré (moyennement espacées)**, une surface spécifique de  **$4.45\text{m}^2/\text{m}^3$** , la fréquence est de l'ordre de **0.89fr/m** et une densité de fracturation de **0.15m(15cm)** qui correspond à un indice de fracturation de **(6-20cm)** représentant une densité forte.

Les résultats de ces trois familles sont représentés dans le tableau ci-dessous :



Station 1: El Aouana				
Famille 1: Extension grande				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F) (Fr/m)	Surface spécifique (S) ( $m^2/m^3$ )	Densité de fracturation (ID) (m)
61.48	0.4	0.5	2.5	0.03
Famille 2: Extension moyenne				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S) ( $m^2/m^3$ )	Densité de fracturation (ID) (m)
48.18	0.268	0.75	3.75	0.1
Famille 3: Extension petite				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F) (Fr/m)	Surface spécifique (S) ( $m^2/m^3$ )	Densité de fracturation (ID) (m)
48.87	0.231	0.89	4.45	0.15

Tableau V.1. Résultats des caractéristiques géométriques, station d'El Aouana

## II.2. Station Aftis 1

La projection stéréographique de 137 discontinuités (voir Annexe) des différentes mesures qui sont représentées sur le canevas de Schmidt à l'aide du logiciel de projection stéréographique, Stereonet sous forme des contours, des rosasses et des nuages de points.

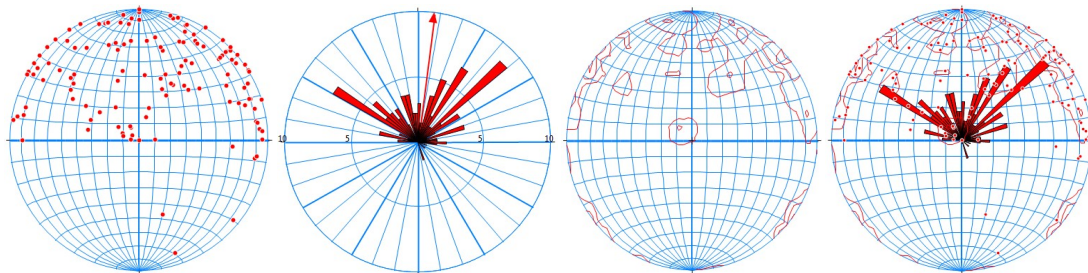


Figure V.6. Résultats de projections stéréographiques, mesures prises sur le site Aftis 1

Le site d'Aftis 1 est contigu au massif endogène d'El Aouana est se trouve fortement tectonisé par la remontée du magma proximal. Cette complexité structurale conjuguée à l'activité tectonique régionale a permis la mise en place trois familles de discontinuités distinctes .Elles sont classées selon leur pourcentage respectif et représentée par des courbes d'isodensité.

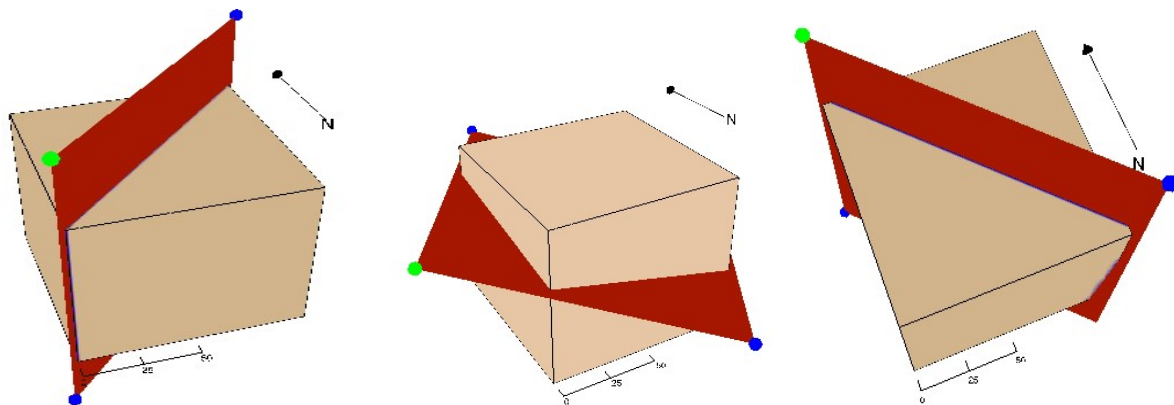
### II.1.1. Positions d'orientation des familles de discontinuités

Famille 1 : d'une orientation verticale, de direction N 45° et un pendage de 90°, cinq ligne de mesures et un effectif total de 46.

Famille 2 : d'une orientation subhorizontale, de direction N 31° et un pendage de 15°, cinq ligne de mesures et un effectif total de 29.

Famille 3 : d'une orientation incliné, de direction N 135° et un pendage de 85°, cinq ligne de mesures et un effectif total de 62.

Les positions d'orientation et les pourcentages de répartition de chaque famille sont présentés sur les blocs diagramme comme suit :



**Famille 1**

**Direction N45°**

**Pendage 90°**

**Famille 2**

**Direction N31°**

**Pendage 15°**

**Famille 3**

**Direction N135°**

**Pendage 85°**

**Figure V.7.**Orientation des familles en Blocs diagrammes, station Aftis1 (Stereonet)

Les résultats de la simulation à trois dimensions pour 134 joints sont représentés sur la figure V.5, un modèle a été réalisé à partir de l'orientation des différentes discontinuités en fonction de leurs fréquences.

Ce modèle réalisé à partir de nos paramètres d'entrées (voir annexe) présente une variation aléatoire (gaussienne) de la fréquence. Les valeurs obtenues par le logiciel Stereonet sont représentées par des pourcentages, l'ensemble de ces courbes se localise dans des fréquences fortes selon leur orientation.

L'histogramme est caractérisé par une fréquence de 11.9 % pour la famille 1, 7 % pour la famille 2 et 2.1% pour la famille 3

La figure V.7 présente l'histogramme de la fréquence des discontinuités en fonction de leur orientation.

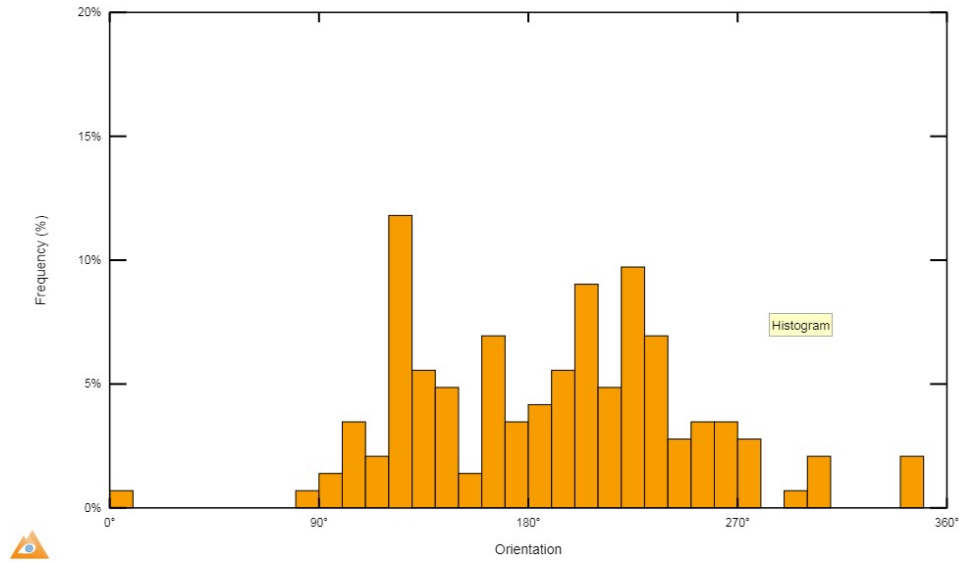


Figure V.8. Histogramme d'orientation des discontinuités

Station Aftis 1 (Stereonet)

### II.1.2. Caractères géométriques

La figure V.8 montre les principaux paramètres géométriques relevés sur les différentes ficelles de la ligne de mesure.

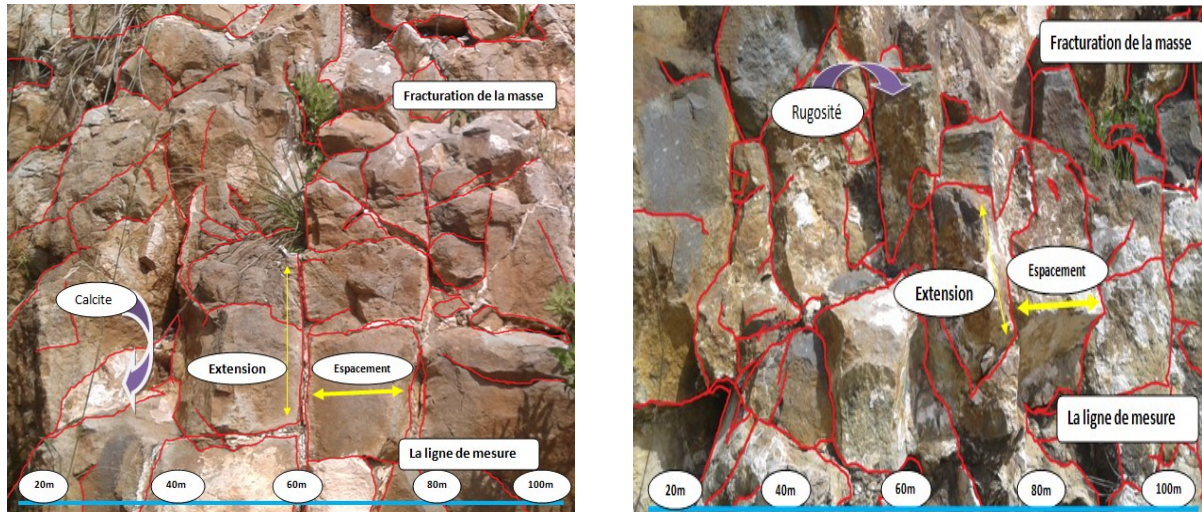


Figure V.9. Différentes ligne de mesure dans la masse rocheuse

Station Aftis 1

**Famille 1 :** l'espace est égal à **0.128m**, faisant partie de la classe **(0.06-0.2)** et correspond à des discontinuités **d'espace étroit**. Surface spécifique de **7.8m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, une fréquence de l'ordre de **1.56fr/m** et une densité de fracturation de **0.03m(3cm)** correspond à un indice qui est **<6cm** plaçant la famille 1 dans la catégorie **densité très forte**.

**Famille 2** : l'espacement est égal à **0.274m**, fait partie de la classe **(0.2-0.6)** et correspond à des discontinuités **d'espacement modéré (moyennement espacées)**, une surface spécifique de **3.6m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence y est de l'ordre de **0.72fr/m** et une densité de fracturation de **0.06m(6cm)** correspondant à un indice de fracturation de **(6-20cm)** traduisant une **densité forte**.

**Famille 3** : l'espacement est égal à **0.231m**, fait partie de la classe **(0.2-0.6)** qui correspond à des discontinuités **d'espacement modéré (moyennement espacées)**, une surface spécifique de **4.45m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence y est de l'ordre de **0.89 fr/m** et une densité de fracturation de **0.15m(15cm)** correspondant à un indice de fracturation de **(6-20cm)** traduisant densité **forte**.

Les résultats de ces trois familles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Station 2: Aftis 1				
Famille 1: Extension grande				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S) (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Densité de fracturation (ID) (m)
72.74	0.128	1.56	7.8	0.03
Famille 2: Extension moyenne				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S)(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Densité de fracturation (ID) (m)
67.41	0.274	0.72	3.6	0.06
Famille 3: Extension petite				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S)(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Densité de fracturation (ID) (m)
60.02	0.16	1.25	6.25	0.13

Tableau V.2. Résultats des caractéristiques géométriques, station Aftis1

### II.3. Station Aftis 2

La projection stéréographique de 240 discontinuités (voir Annexe) des différentes mesures qui sont représentées sur le canevas de Schmidt à l'aide de logiciel de projection stéréographique, Stereonet .sous forme des contours ,des rosasses et des nuages de points.

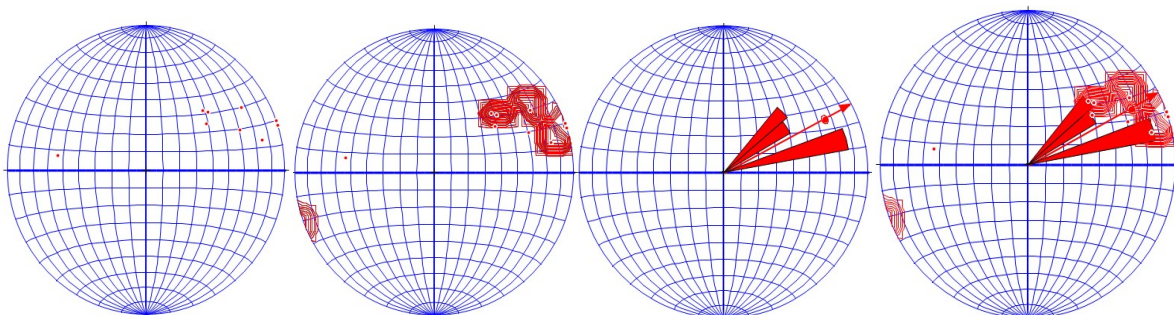


Figure V.10. Résultats de projections stéréographiques Mesures prises sur le site Afis2

Deux familles de discontinuités ont été définies ayant comme paramètres géométriques dont les valeurs sont reportées sur le tableau V.3.

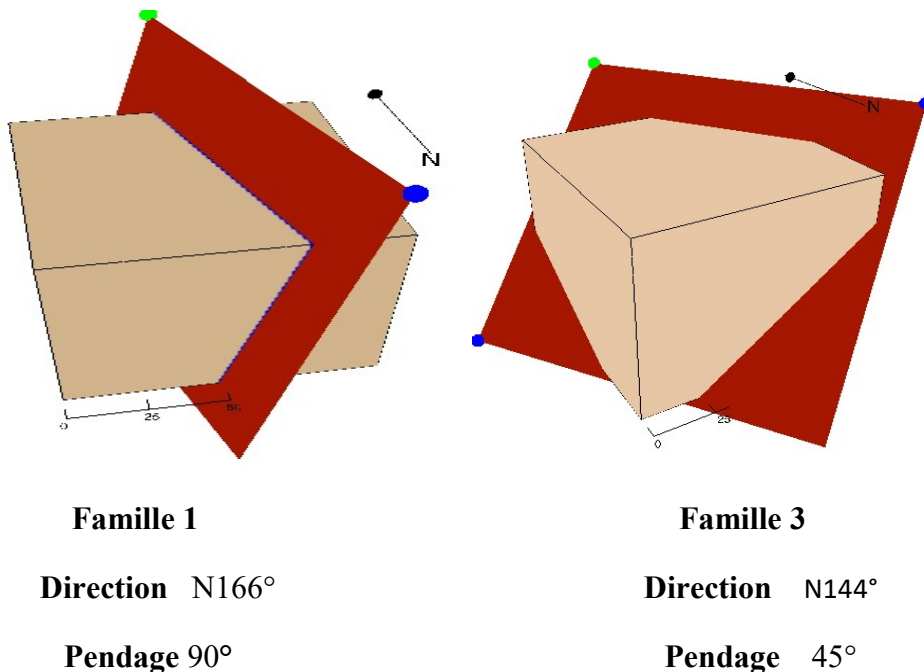
L'activité tectonique intense ayant affecté le massif rocheux durant les phases de structuration est à l'origine de la mise en place de deux familles de discontinuités. La classification de ces dernières selon leur pourcentage respectif est représentée par des courbes d'isodensité en projection stéréographique.

### II.1.1. Positions d'orientation des familles de discontinuités

Famille 1 : d'une orientation inclinées de direction N 162° et un pendage de 90°, deux ligne de mesures et un effectif total de 232.

Famille 3 : d'une orientation verticale de direction N 144° et un pendage de 45°, deux ligne de mesures et un effectif total de 8.

Les positions d'orientation et les pourcentages de répartition de chaque famille sont présentés sur les blocs diagramme comme suit :



**Figure V.11.**Orientation des familles en Blocs diagrammes

Station Aftis2 (Stereonet)

Les résultats de la simulation à trois dimensions pour 134 joints sont représentés sur la figure V.9., un modèle a été réalisé à partir de l'orientation des différentes discontinuités en fonction de leurs fréquences.

Ce modèle réalisé à partir de nos paramètres d'entrées (voir annexe) présente une variation aléatoire (gaussienne) de la fréquence. Les valeurs obtenues par le logiciel Stereonet sont représentés par des pourcentages, l'ensemble de ces courbes se localise dans des fréquences fortes selon leur orientation.

L’histogramme est caractérisé par une fréquence de 29.7% pour la famille 1, et 28.3% pour la famille 3.

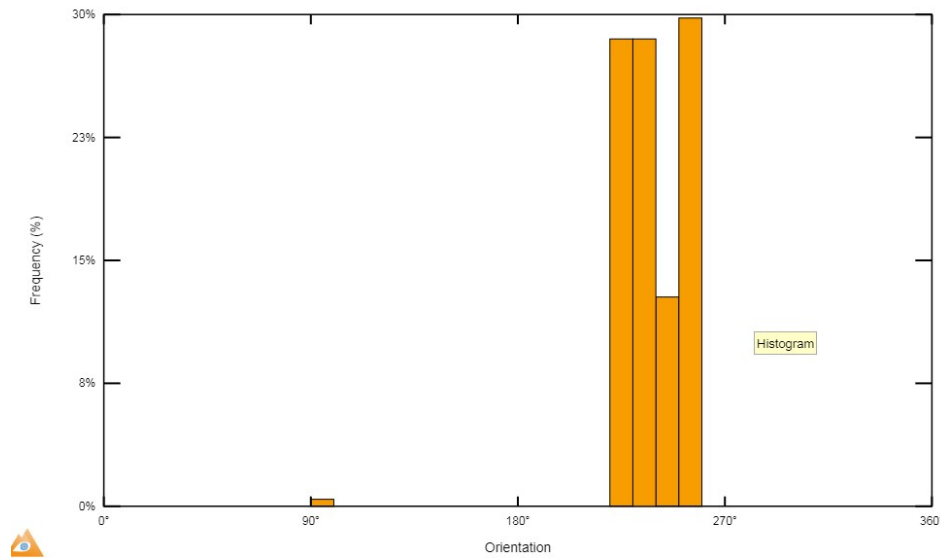


Figure V.12.Histogramme d’orientation des discontinuités

Station Aftis2 (Stereonet)

### II.1.2.Caractères géométriques

La figure montre les principaux paramètres géométriques relevés sur les différentes ficelles de la ligne de mesure.

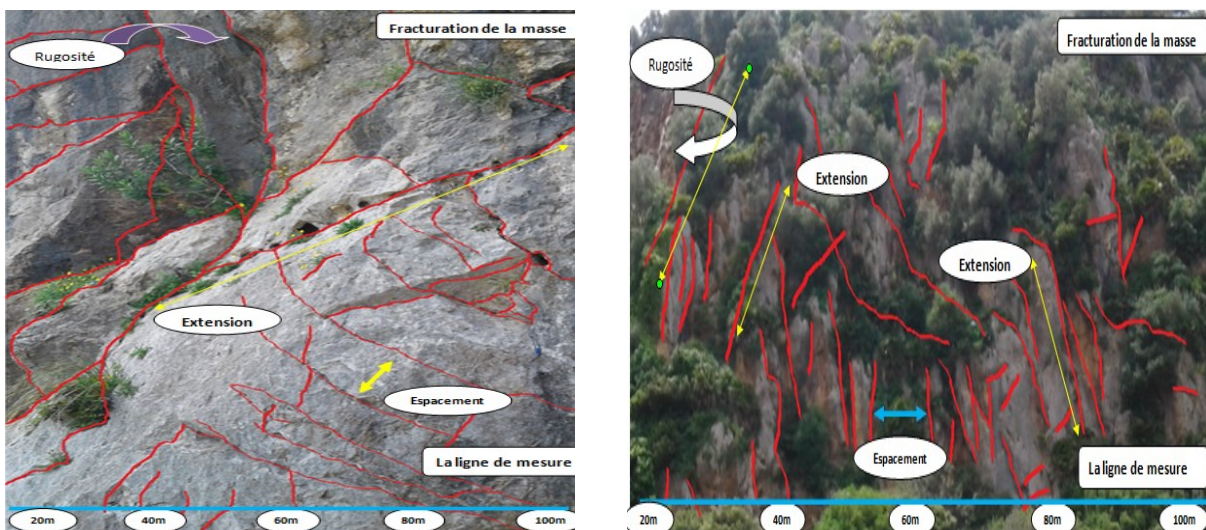


Figure V.13.Différentes lignes de mesure dans la masse rocheuse

Station Aftis2

**Famille 1 :** l’espace calculé égal à **0.032m** correspond à la classe **(0.02-0.06)** représentant des discontinuités **d’espace très étroit**, une surface spécifique de **11.76m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence est de l’ordre de **5.88fr/m** et une densité de fracturation de **0.175m (17.5cm)** ce qui correspond à un indice de **6-20cm** représentant une **densité forte**.

**Famille 3** : l'espacement calculé est égal à **1.29 m**, correspond à la classe **(0.6-2)** représentant des discontinuités **d'espacement large**, une surface spécifique de **0.78m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence y est de l'ordre de **0.39 fr/m** et une densité de fracturation de **0.05m (5cm)** ce qui correspond à un indice de fracturation de **(0.02-0.06cm)** représentant une densité **très étroite**.

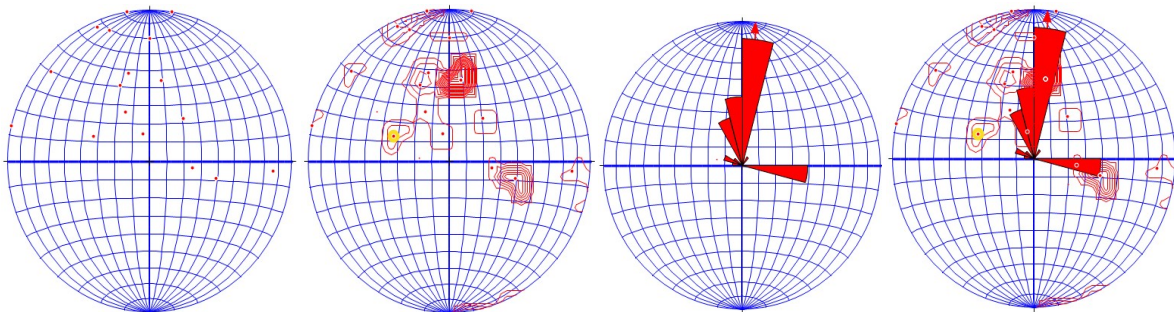
Les résultats de ces deux familles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Station 3: Aftis 2				
Famille 1: Extension grande				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F) (Fr/m)	Surface spécifique (S) (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Densité de fracturation (ID) (m)
68.39	0.032	5.88	11.76	0.175
Famille 3: Extension petite				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S) (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Densité de fracturation (ID) (m)
63	1.29	0.39	0.78	0.05

**Tableau V.3.**Résultats des caractéristiques géométriques, station Aftis2

#### II.4.Station des Grottes

La projection stéréographique de 37 discontinuités (voir Annexe) des différentes mesures qui sont représentées sur le canevas de Schmidt a l'aide du logiciel de projection stéréographique, Stereonet .sous forme des contours ,des rosasses et des nuages de points.



**Figure V.14.**Résultats de projections stéréographiques  
Mesures prises sur le site Grottes

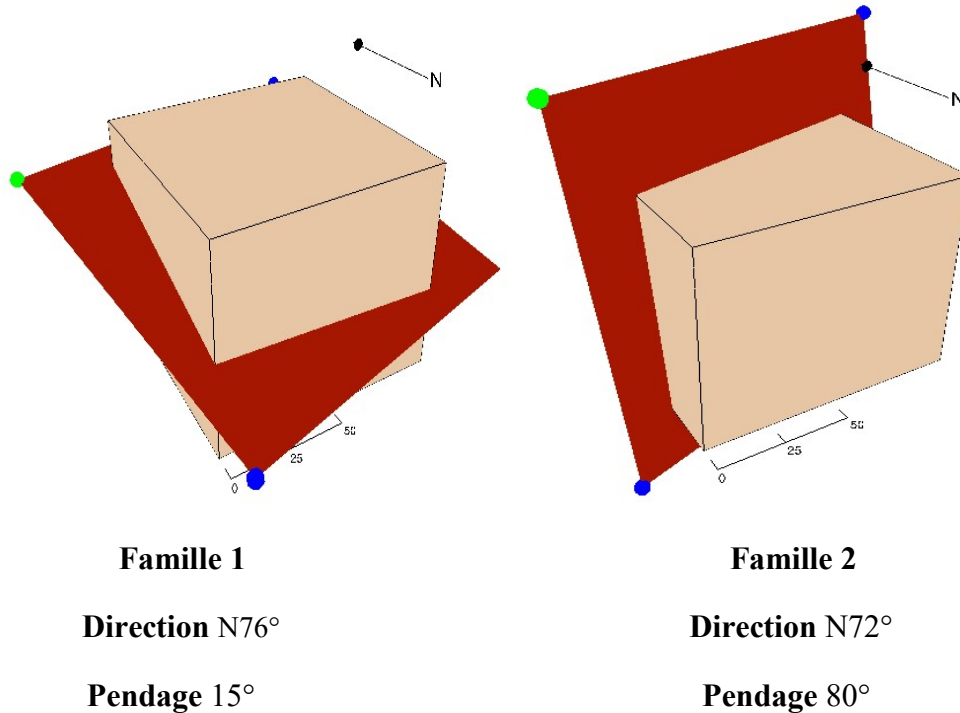
Deux familles de discontinuités ont été définies ayant des paramètres géométriques (Tableau V.4) à cause de la complexité de la mise en place des roches et l'activité tectonique de cette région, la classification de ces dernières selon le pourcentage des discontinuités est représentée par des courbes d'isodensités en projection stéréographique.

##### II.1.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités

Famille 1 : d'une orientation horizontale de direction N 76° et un pendage de 15°, deux ligne de mesures et un effectif total de 33.

Famille 2 : d'une orientation verticale de direction N 72° et un pendage de 80°, deux ligne de mesures et un effectif total de 4.

Les positions d'orientation et les pourcentages de répartition de chaque famille sont présentés comme suit :



**Figure V.15.**Orientation des familles en blocs diagrammes, station des Grottes (Stereonet)

Les résultats de la simulation à trois dimensions pour 37 joints sont représentés sur la figure V.9., un modèle a été réalisé à partir de l'orientation des différentes discontinuités en fonction de leurs fréquences.

Ce modèle réalisé à partir de nos paramètres d'entrées (voir annexe) présente une variation aléatoire (gaussienne) de la fréquence. Les valeurs obtenues par le logiciel Stereonet sont représentées par des pourcentages, l'ensemble de ces courbes se localise dans des fréquences fortes selon leur orientation.

L'histogramme est caractérisé par une fréquence de 32.5% pour la famille 1, et 13.6 % pour la famille 2.



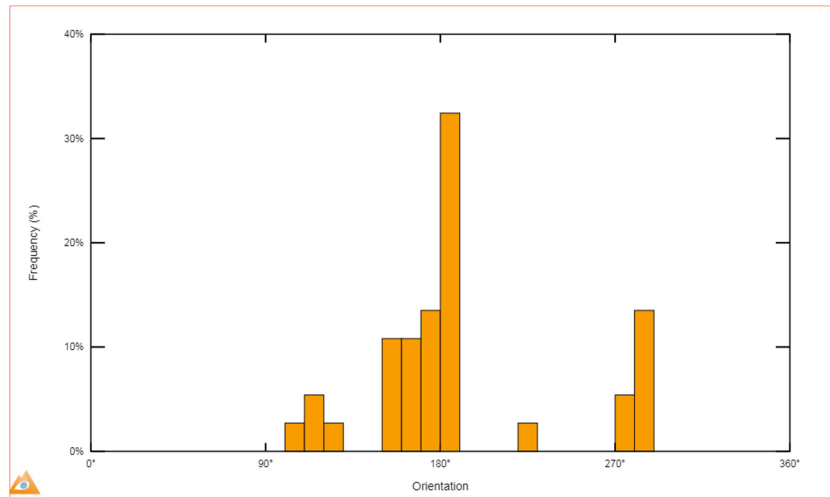


Figure V.16. Histogramme d'orientation des discontinuités

Station des Grottes (Stereonet)

### II.1.2. Caractères géométriques

La figure montre les paramètres géométriques relevés sur le front de taille des grottes sur la ligne de mesure.

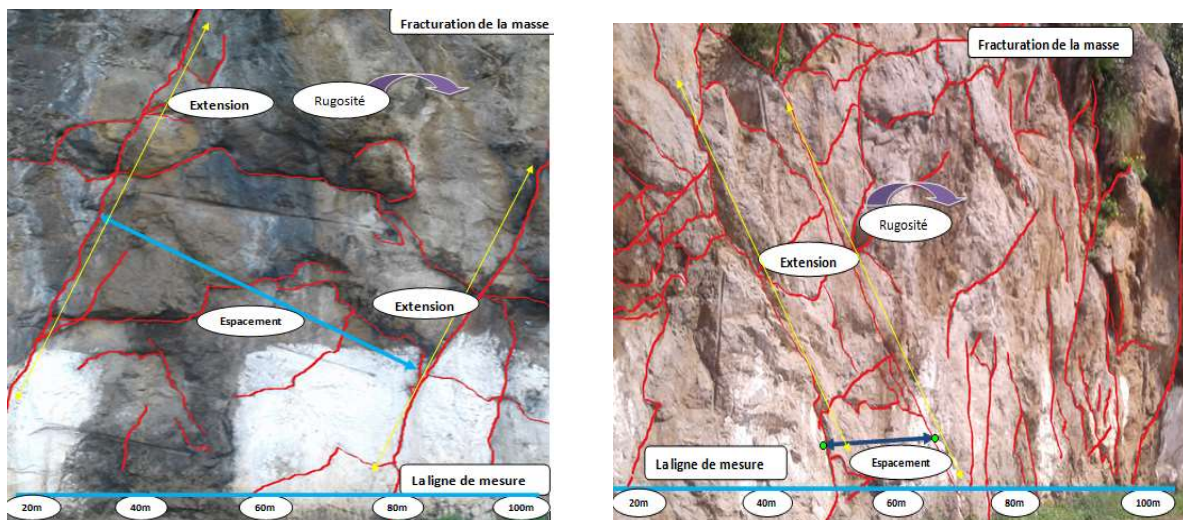


Figure V.17. Différents ligne de mesure de la masse rocheuse

Station des Grottes

**Famille 1** : l'espacement est égal à **0.38m**, fait partie de la classe **(0.2-0.66)** ce qui correspond à des discontinuités d'**espacement modéré**, une surface spécifique de **2.64m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence y est de l'ordre de **1.32fr/m** et une densité de fracturation de **0.1m(10cm)** correspondant à un indice de **6-20cm** traduisant une **densité forte**.

**Famille 2** : l'espacement est égal à **2.335**, et fait partie de la classe **(2-6)** ce qui correspond à des discontinuités d'**espacement très large**, une surface spécifique de **0.42m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence

y est de l'ordre de **0.21fr/m** et une densité de fracturation de **0.02m(2cm)** correspondant à un indice de fracturation **<0.06** traduisant une densité **très forte**.

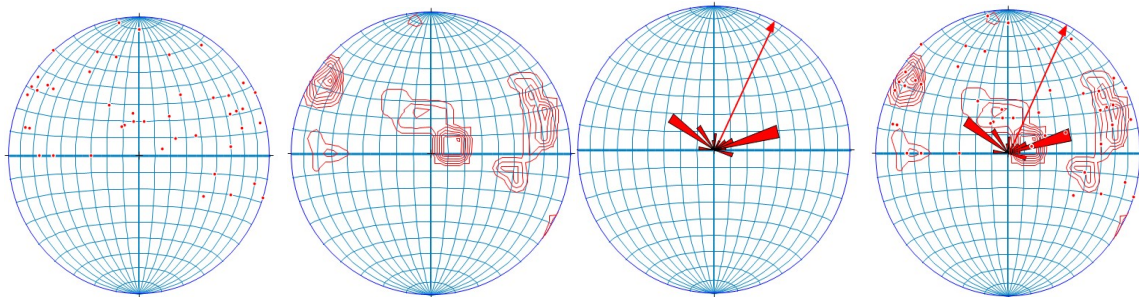
Les résultats de ces deux familles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Station 4: Les Grottes				
Famille 1: Extension grande				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F) (Fr/m)	Surface spécifique (S) ( $m^2/m^3$ )	Densité de fracturation (ID) (m)
60.48	0.38	1.32	2.64	0.1
Famille 2: Extension moyenne				
Pendage	Espacement(m)	Fréquence (F)(Fr/m)	Surface spécifique (S)( $m^2/m^3$ )	Densité de fracturation (ID) (m)
73.75	2.335	0.21	0.42	0.02

**Tableau V.4.**Résultats des caractéristiques géométriques, station des Grottes

## II.2.Station des Falaises

La projection stéréographique de 453 discontinuités (voir Annexe) des différentes mesures qui sont représentées sur le canevas de Schmidt à l'aide de logiciel de projection stéréographique, Stereonet .sous forme des contours ,des rosasses et des nuages de points.



**Figure V.18.**Résultats de projections stéréographiques  
Mesures prises sur le site des Falaises

Trois familles de discontinuités ont été décelées ayant des paramètres géométriques (TableauV.5traduisant une complexité de la mise en place des roches et l'activité tectonique de cette région, la classification de ces dernières selon le pourcentage des discontinuités est représentée par des courbes d'isodensités en projection stéréographique.

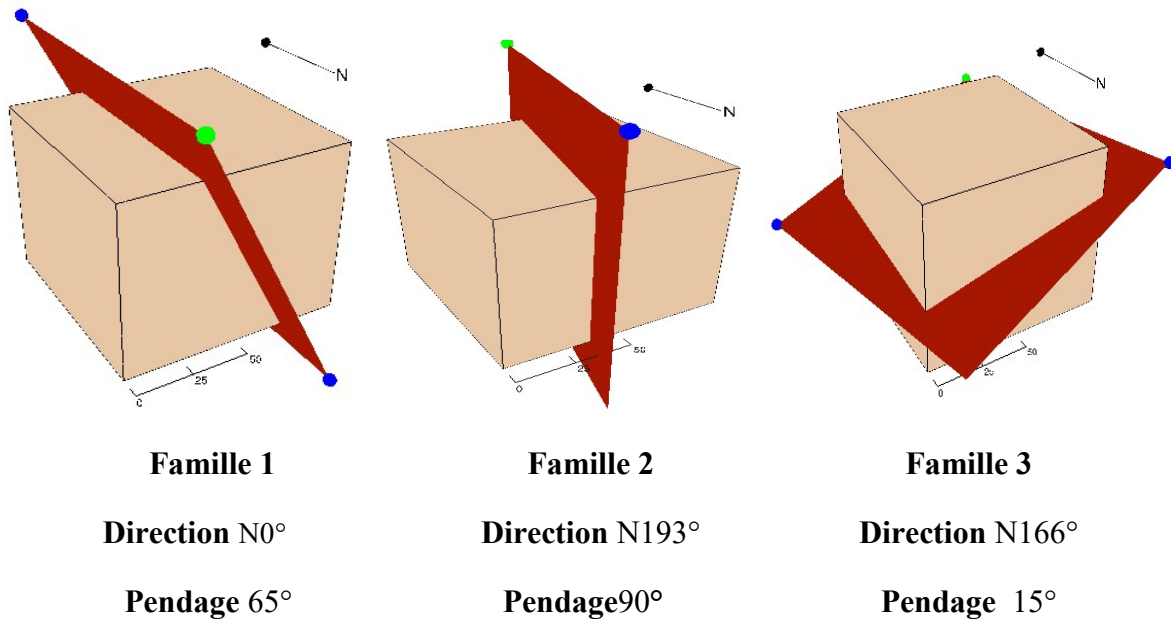
### II.1.1.Positions d'orientation des familles de discontinuités

Famille 1 : d'une orientation inclinée de direction N 0° et un pendage de 65°, six lignes de mesures et un effectif total de 246.

Famille 2 : d'une orientation verticale de direction N 193° et un pendage de 90°, six lignes de mesures et un effectif total de 132.

Famille 3 : d'une orientation verticale de direction N 166° et un pendage de 15°, six lignes de mesures et un effectif total de 75.

Les positions d'orientation et les pourcentages de répartition de chaque famille sont présentés sur les blocs diagrammes comme suit :



**Figure V.19.**Orientation des familles en blocs diagrammes, station des Grottes (Stereonet)

Les résultats de la simulation à trois dimensions pour 453 joints sont représentés sur la figure V.9., un modèle a été réalisé à partir de l'orientation des différentes discontinuités en fonction de leurs fréquences.

Ce modèle réalisé à partir de nos paramètres d'entrées (voir annexe) présente une variation aléatoire (gaussienne) de la fréquence. Les valeurs obtenues par le logiciel Stereonet sont représentés par des pourcentages, l'ensemble de ces courbes se localise dans des fréquences fortes selon leur orientation.

Vu le nombre important des discontinuités total relevé sur la totalité du massif qui dépasse la capacité de traitement de logiciel utilisé, nous avons opté pour une approche de traitement segmentaire.

Les résultats obtenus sont représentés sur les histogrammes d'orientation des discontinuités suivants :

- L'histogramme **a** est caractérisé par une fréquence de 20.9% pour la famille 1, 7 % pour la famille 2 et 2.1% pour la famille 3.
- L'histogramme **b** est caractérisé par une fréquence de 38.1 % pour la famille 1, 26 % pour la famille 2 et 4.7 % pour la famille 3.
- L'histogramme **c** est caractérisé par une fréquence de 36.5 % pour la famille 1, 24.3 % pour la famille 2 et 5 % pour la famille 3.
- L'histogramme **d** est caractérisé par une fréquence de 39.1 % pour la famille 1, 19.1 % pour la famille 2 et 3 % pour la famille 3.

- L'histogramme e est caractérisé par une fréquence de 79.8 % pour la famille 1, 10.2 % pour la famille 2 et 2 % pour la famille 3.
- L'histogramme f est caractérisé par une fréquence de 47.9 % pour la famille 1, 5.4 % pour la famille 2 et 2 % pour la famille 3.

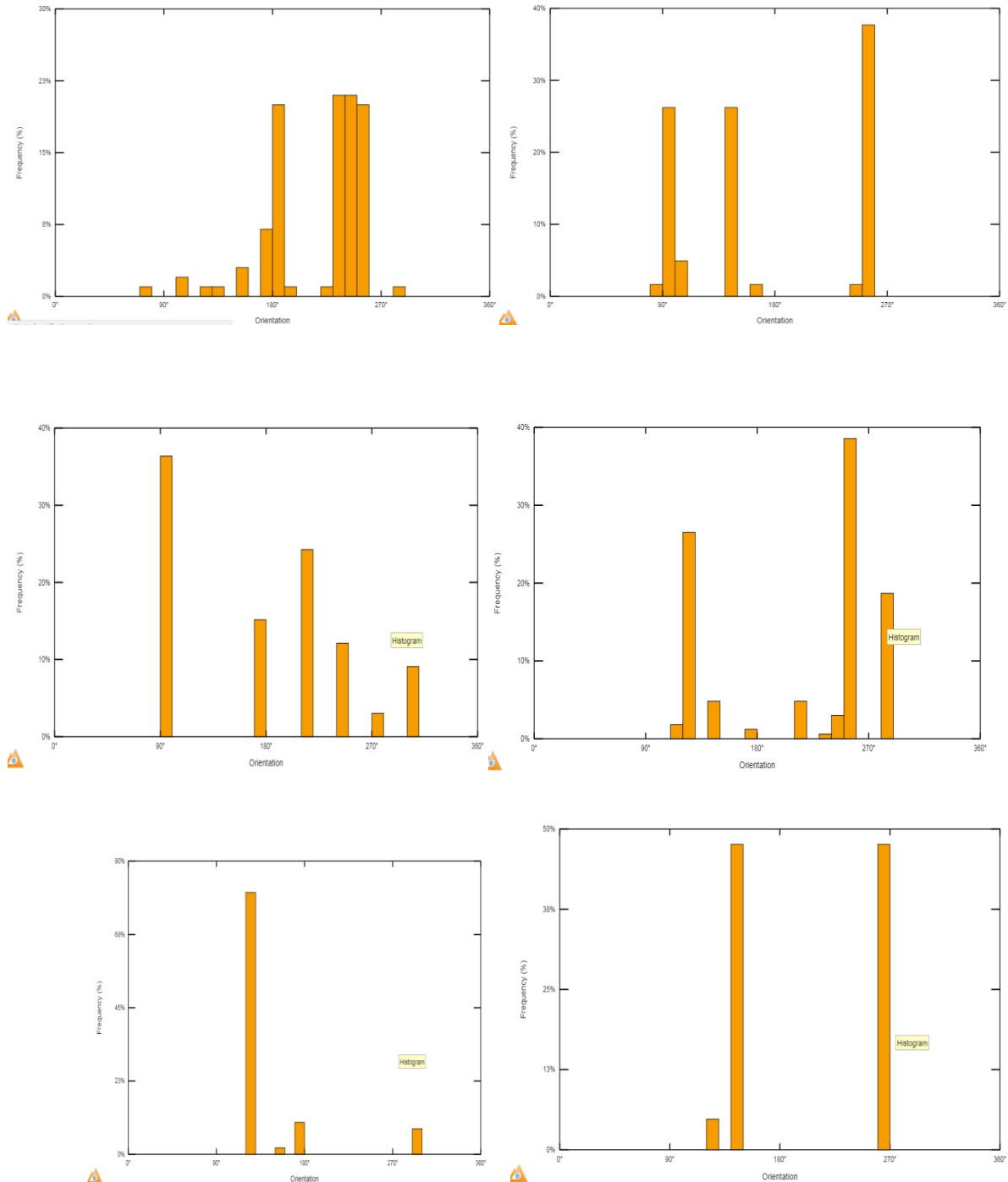


Figure V.20. Histogramme d'orientation des discontinuités

Station des Falaises (Stereonet)

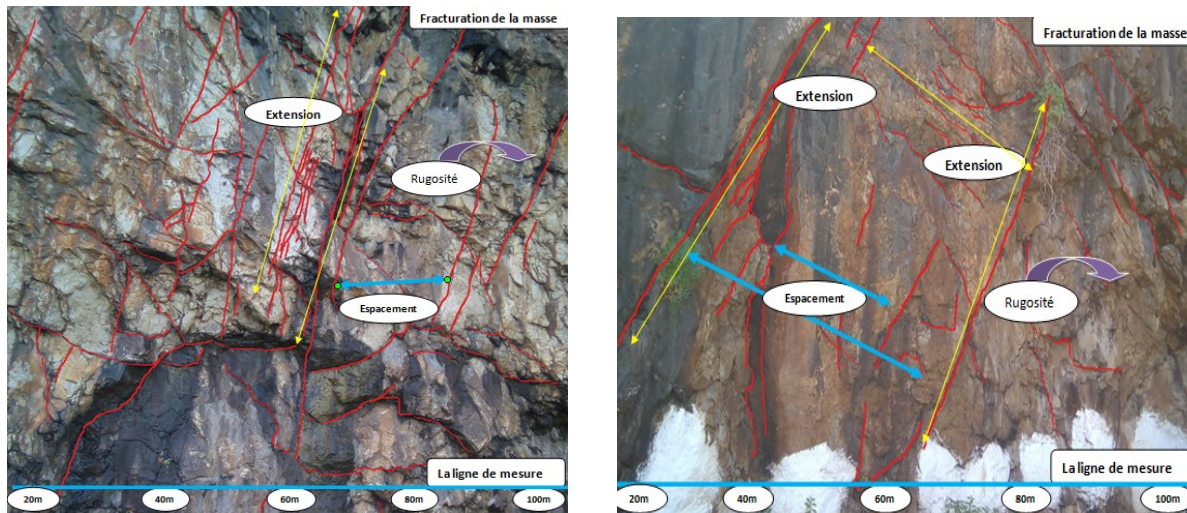


Figure V.21. Différents ligne de mesure de la masse rocheuse

Station les Falaises

### II.1.2. Caractères géométriques

**Famille 1 :** l'espacement calculé est égal à **0.045m**, qui correspond à la classe **<0.02m** représentant des discontinuités **d'espacement extrêmement étroit**, une surface spécifique de **22.2m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence est de l'ordre de **3.07fr/m** et une densité de fracturation de **0.125m (12.5cm)** qui correspond à un indice de **6-20cm** représentant une **densité forte**.

**Famille 2 :** l'espacement calculé est égal à **1.86m**, qui correspond à la classe **(0.6-2)** représentant des discontinuités **d'espacement large**, une surface spécifique de **19.38 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence est de l'ordre de **3.23fr/m** et une densité de fracturation de **0.067m(6.7 cm)** correspond à un indice de **6-20cm** représentant une densité **forte**.

**Famille 3 :** l'espacement calculé est égal à **0.24m**, qui correspond à la classe **(0.2-0.6)** représentant des discontinuités **d'espacement modéré**, une surface spécifique de **4.26m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>**, la fréquence est de l'ordre de **0.71fr/m** et une densité de fracturation de **0.017m (1.7 cm)** correspond à un indice **<6cm** représentant une densité **très forte**

Les résultats de ces deux familles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

<b>Station 5: Les Falaises</b>				
<b>Famille 1: Extension grande</b>				
<b>Pendage</b>	<b>Espacement(m)</b>	<b>Fréquence (F) (Fr/m)</b>	<b>Surface spécifique (S) (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densité de fracturation (ID) (m)</b>
55.82	0.045	1.32	22.2	0.125
<b>Famille 2: Extension moyenne</b>				
<b>Pendage</b>	<b>Espacement(m)</b>	<b>Fréquence (F)(Fr/m)</b>	<b>Surface spécifique (S) (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densité de fracturation (ID) (m)</b>
69.84	1.86	3.23	19.38	0.067
<b>Famille 3: Extension petite</b>				
<b>Pendage</b>	<b>Espacement(m)</b>	<b>Fréquence (F)(Fr/m)</b>	<b>Surface spécifique (S) (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densité de fracturation (ID) (m)</b>
29.93	0.24	0.71	4.26	0.017

**Tableau V.5.** Résultats des caractéristiques géométriques, station des Falaises

### **III. Interprétation des résultats d'analyse blocométriques et impacts sur le comportement géomécanique du massif rocheux**

#### **III.1. auscultation géotechnique**

L'ensemble des discontinuités relevées sur terrain (front du massif rocheux) aux différentes stations prises le tronçon routier relatent l'histoire géologique enregistrée depuis la mise en place des strates sédimentaire jusqu'aux dernières interventions anthropiques entrant dans le cadre des différents aménagements.

Une auscultation judicieuse des discontinuités peut révéler un certain nombre d'origines de ces discontinuités dont on peut citer les suivants :

##### **III.1.1. discontinuités originelles**

Elles sont liées aux joints de stratification des sédiments traduisant des disharmonies de comportement lors des phases de compression géotectonique.

##### **III.1.2. discontinuités de compétence des roches**

Les strates carbonatées (calcaire et dolomie) soumises aux sollicitations tectoniques accommodent différemment ces efforts au sein des structures tectoniques naissantes ; ainsi l'espacement en général des fractures diffère entre l'intrados et l'extrados d'un pli.

##### **III.1.3. discontinuités liées aux phases orogéniques**

La structuration du massif des bords orientaux s'est opérée en plusieurs phases successives depuis le crétacé supérieur jusqu'au miocène (D. Obert 1981) d'une part et en fonction de la position du bloc crustal tellien (marge Nord-africaine) par rapport aux zones de compression maximal. (Hors nous constatons que notre secteur faisant partie du domaine des Basbors

internes le plus proximal du domaine interne de la chaîne des Maghrébides ou la compression fut intense. Ainsi la fréquence serrée des différents linéaments tectoniques traduisant la fracturation du massif n'est qu'une réponse logique et fidèle aux efforts de serrage de la zone.

Plusieurs lignes de chevauchements d'unités, d'écaillage et de compartimentage, de failles majeures ayant pris naissance lors des serrages successifs selon des directions variables.

Plusieurs lignes de chevauchement, de failles majeures de compartimentage structural et d'écaillage intense des unités géologiques sont traduites par des couloirs de discontinuités regroupées en familles proches de la direction 'mère' de la déformation.

C'est l'intersection de ces discontinuités via leurs orientations azimutales sécantes, leur pendage respectif qui est à l'origine du découpage intense du massif en blocs disjoints plus au moins instables sur le front de taille.

#### **III.1.4. discontinuités au sein du massif endogène**

Les discontinuités observées aux seins du massif endogène d'El Aouana diffèrent totalement quant à leur origine de celle du massif carbonaté des Aftis, des Grottes et des Falaises.

Les principales causes majeures des lignes de discontinuités au sein des roches magmatiques sub-volcaniques ont pour origine le processus épisodal de l'activité volcanique elle-même. La venue de coulées intermittentes et successives s'est traduite par des lignes de faiblesse liées à plusieurs facteurs thermiques et minéralogiques entre autres.

En plus, le massif lors de son ascension acquiert une certaine décompression verticale se traduisant pas des fractures au sein des corps magmatiques et n'ayant aucune relation avec les phases tectoniques indiquées plus haut.

#### **III.1.5. discontinuités tardives**

Elles sont l'œuvre des circulations des eaux de ruissèlement le long de discontinuités déjà présentes et dont certaines réactions chimiques de dissolutions élargissent avec le temps. C'est le cas du réseau karstique au sein le massif carbonaté d'Aftis aux Falaises. Ce processus porte atteinte à la stabilité des blocs initialement découpées par la tectogenèse.

### **III.2. Interprétation des résultats d'analyse**

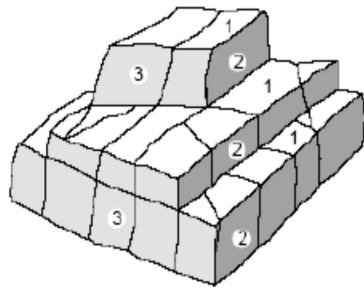
#### **III.2.1. Analyse blocométrique**

Le découpage blocométrique d'un massif rocheux en général résulte de l'intersection azimutale des plans des discontinuités contenus dans le volume rocheux.

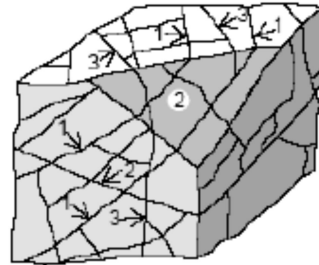
Plus le nombre de discontinuités sécantes est important, et plus seront réduits les volumes blocométriques.

En effet, les intersections des familles de discontinuités, des orientations et des espacements particuliers peuvent engendrer des blocs rocheux de formes et de volumes variés, dont certaines sont plus répondus et parmi lesquels :

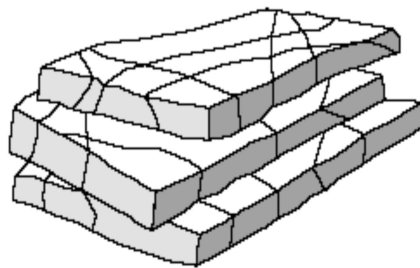
- Les blocs réguliers.
- Les blocs irréguliers.
- Les blocs tabulaires.
- Les blocs en colonnes.



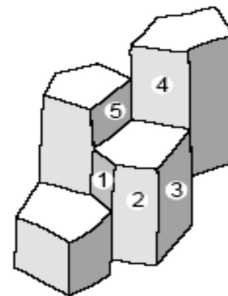
Blocs réguliers



Blocs irréguliers



Blocs Tabulaires



Blocs en colonnes

Figure V.22. Différentes structures géométriques des massifs rocheux fracturés (Palmstrom, 1995)

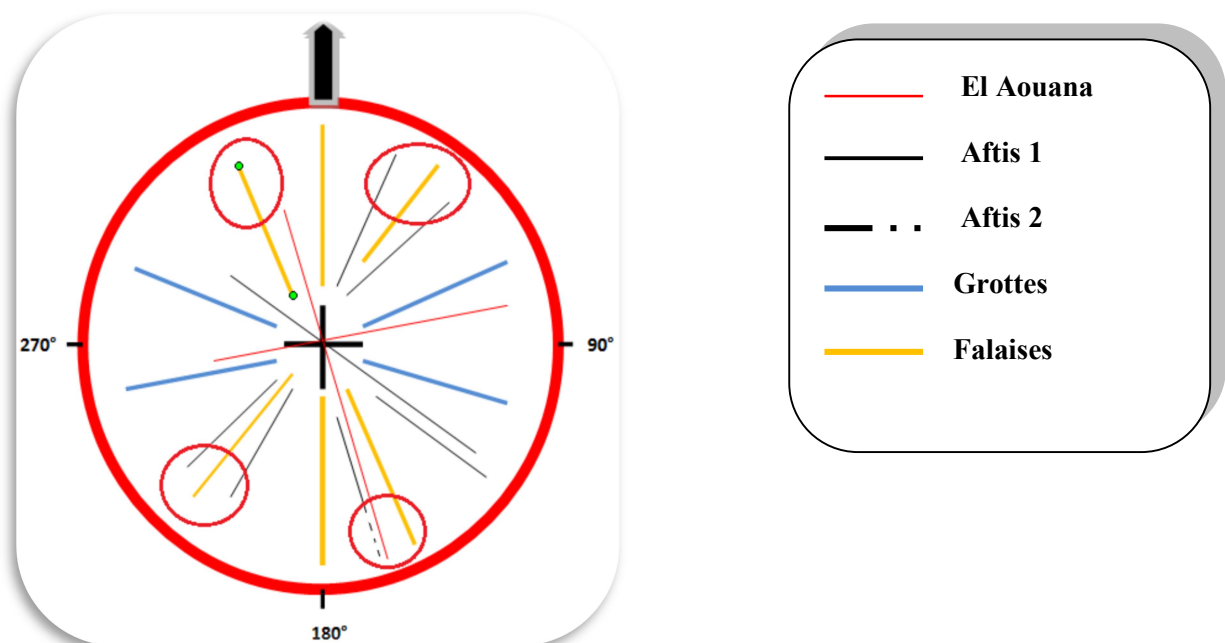


Figure V.23. Représentation des principales orientations azimutales des familles des discontinuités du secteur d'étude. (NE-SW et SSE-NNW).



D'après les premières constatations sur la figure V.22 on note que les familles de discontinuités sur l'ensemble des sites présente deux orientations principales :

**Une première orientation** N35-N40 : soit NE-SW, liée aux directions des grands chevauchements régionaux des unités baboriennes.

**La deuxième orientation** N160 : SSE-NNW correspond au découpage tardif des lignes de chevauchements par des failles inverses tardives (D.Obert 1981) comme représenté sur notre figure V.23.

#### **IV.Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons procédé d'abord au choix des sites dont les fronts de taille ou « talus » au sens large du terme sont bien dégagés et comportent un grand nombre d'enregistrements géotechniques (ou géo-géotechniques) nécessaires pour le traitement statistique à l'aide du logiciel « stereonet ».

Les résultats obtenus dans chaque site sont concordants et reflètent fidèlement les orientations des sollicitations géotectoniques appliquées au massif durant les phases géodynamiques successives et superposées ayant structuré le massif au sein de la chaîne.

L'étude de l'impact de la fracturation totale du massif rocheux dans son ensemble sur sa stabilité et les enjeux réels que peut représenter des blocs sur le tracé routier reste un domaine à maîtriser par les aménagements et les concepteurs de projets dans cette région montagneuse une étude blocométrique s'impose ainsi.

### Conclusion générale

Au terme de notre travail mené dans le cadre de ce mémoire de master, nous avons eu l'occasion de côtoyer les difficultés réelles du terrain, les tâches qui incombent aux débutants confrontés aux réalités du terrain. Cependant, à l'encadrement de qualités qui nous a été mis à disposition à dissiper toutes nos réticences grâce à une méthodologie définie préalablement par le choix des sites, le choix des paramètres géométrique, les lignes de mesures et l'extension des ficelles retenus pour le traitement statistique, et une assistance sans faille aucune.

Les résultats des analyses de la fracturation du massif rocheux concerné par cette étude ont été obtenus grâce au traitement scientifique à l'aide du logiciel de projection stéréographique Stereonet.

Plusieurs familles de discontinuités ont été décelées et caractérisées géométriquement au sein du massif rocheux.

Dans une première lecture des résultats et de leur signification géotechnique, il ressort une concordance totale entre les orientations azimutales de familles de fractures et les orientations des mégastructures tectoniques connues dans le massif des Babors orientaux à savoir :

Une première famille d'orientation  $N45^\circ$  soit NE-SW correspondant à la direction du réseau de chevauchement tellien .elle présentent des fréquences de 8.9%,11.9% ; 32.5% et 39.1% respectivement au niveau des stations El Aouana, Aftis 1, station des Grottes et les Falaises.

La seconde famille d'orientation  $N140^\circ-160^\circ$  soit NW-SE traduisant les découpages tectoniques tardifs à vergence Sud des nappes baboriennes. Elles présentent des fréquences de 5%,29.7% et 32.5% respectivement à El Aouana, Aftis et la station des Falaises.

Le schéma synthétique de ces orientation, et leur intersection épouse impeccablement le schéma tectogénitique représentant les chevauchements régionaux d'orientation SW-NE au sein des Babors en général, et les recoupements tardifs par failles inverses d'orientation NW-SE des ces linéaments.

La blocométrie du massif étudié reste tributaire d'une étude plus détaillée de la distribution des différents tailles des volumes rocheux dans le massif à l'instar de la distribution d'une granulométrie en mécanique de sol.

L'étude de la stabilité du front de taille de ces hautes falaises, l'impact de la fracturation intense décelée par ce travail judicieux sur le comportement mécanique du roc doit faire appel à une simulation blocométrique complémentaire non abordée dans ce mémoire. Car ne faisant pas partie de nos objectifs arrêtes dans le cadre de notre projet d'étude.

## Références bibliographiques

- AFTES** " Association française des travaux d'exploitations sous terrains " Texte provisoire des recommandations pour une description des massifs rocheux utiles à l'étude de la stabilité des ouvrages sous terrains. GT1 : géologie- géotechniques, (2001).
- Belon.H,** " les séries magmatiques du pourtour de la méditerranée occidentale comparées dans leur cadre géochronologiques", thèse doctorat d'Etat, Paris 367p, (1976).
- Benali.H,** "les données périphériques du massif volcanique d'EL Aouana, Pétrographie, géochimie, minéralogie et pétrogenèse", Thèse magister, USTHB Alger 100p, (1994).
- Benali.H, Sermoud.B et kolli.O,** "Caractéristiques des dômes périphériques du complexe magmatique d'EL Aouana (Jijel, Algérie), bulletin du service géologique de l'Algérie (3-14), (2003).
- Boullin.J.P,** " La transversal de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie, thèse Paris, Mém-Soc- Géol, France, nouv, série, LVII, n°135,1-84pp, (1979).
- Boullin.J.P,** "le bassin maghrébin : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes " Bull, Soc-Géol, France (4), II, 547p, (1971).
- Boullin.J.P, Raoult.J.F,** " Présence sur le socle Kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flysch ; le Numidien peut être un néo-autochtone?" Compte Rendu, Somm, Soc-Géol, France, 7 :117p, (1971).
- CRAAG,** Ecole de terrain sur la géologie de maghrébide, symposium du 21, 22, 23 Mai 2014.
- CRAAG,** (2000).
- Derder.M.E.M, Maouche.S ,DJellit.H , Bayou.B , Amenna.M , Bessedik.H , Ymml, Gharbi.S , Belhai.D , et Abtout.A,** "Apport du paléomagnétisme dans l'étude de la néotectonique du nord de l'Algérie", 1<sup>ère</sup> Ecole de Terrain sur la Géologie des Maghrébides 24-27,(Novembre,2014).
- Durand Delga.M,** " Regards sur la structure de l'Algérie septentrionale", Geol.Symp.Zuehren von hans stille, F.Enke éd ; Stuttgart, pp.304-335, 1fig, 1pl, (1956).
- Durand Delga.M,** "Mise en point sur la structure du NE de la Berbérie", Bull.Serv-Géol-Algérie, nouv.sér.n°39, 89-131pp, (1969).
- Durand Delga.M, et Fonboté.J.M,** "le cadre structurale de la méditerranée occidentale 26<sup>ème</sup> congrès géol.international, Paris , 67-85pp,(1980).
- Delteil.J, Guardia.P et Ploveche.J,** "des préalpes en Afrique du Nord "les témoins avancés des nappes internes, Eclog- Geol – Holy .69, 501-508pp, (1976).
- Didier Hantz,** "Description structurale des massifs rocheux", Ecole Polytechnique de l'Université de Grenoble, (2012).
- Djellit.H,** " Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie)".Thèse Doct. Univ d'Orsay Paris, 206P, (1987).

## Références bibliographiques

- El Robrini.M**, "Evolution morphostructure de la marge algérienne occidentale (Medit.occid)", thèse de doctorat, Paris IV, 164pp, (1986).
- Frizon de Lamotte.D, Andrieux.J et Géuzou.J.C**, "Cinématique des chevauchements néogène dans l'arc bético-rifain –discussion sur les modèles les géodynamique Bull.Soc .Géol.Fr162(4)-611-626, (1991).
- Frizon de Lamotte.D, Saint Bezar.B , Bracène.R , et Mercier.E** "The Two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean ,Tectonics,19,740-761,(2000).
- Jalvet.L et Facenna.C**, "Mediterranean extension and the Africa –Eurasia collision, tectonics, 19, 1095-1106, (2000).
- Harbi et al**, "Analyse de la sismicité et mise en évidence d'accidents actifs dans le Nord-Est algérien", Thèse de Magister ,196 pp, USTBH Alger, (2010).
- Harbi.A, Maouch.S, et Benhallou, Hadj**, " Re-appraisal of seismicity and seismotectonics in the north-eastern Algeria Part II: 20th century seismicity and seismotectonics analysis", Journal of Seismology 7: 221–234,(2003).
- Harbi.A, Antonella.P, et Giuliano F.P**, "Seismicity of Eastern Algeria: a revised and extended earthquake catalogue", Nat Hazards, DOI 10.1007/s11069-009-9497-6, (2010).
- Guiraud.R**, "sur la néotectonique des régions ouest constantinoises, Bull-Soc-Geol-Fr ,19(3) ,645-650pp, (1977).
- Keiken.M**, "Esquisse tectonique de l'Algérie (Algérie du nord): Exposé sur les connaissances actuelles de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte tectonique", Bull.ser.carte géol. Algérie (nouvelle série), n°31, (1962).
- Kimour.M, Serradj.T**, "Characterization of Geological Rock Mass Case of the Socar Heliopolis – Guelma, Algeria Aggregate Quarry" Procedia Earth and Planetary Science 15, 205–212pp, (2015).
- Kimour.M**, "Devloppement d'une méthodologie d'estimation des discontinuités du massif rocheux en vue de son utilisation en conception minière", thèse de doctorat, Université de Annaba, (2015).
- Le Pichon.X, Pautot.J.M, Auzende.J.M, et Olivet.J.L**, "La Méditerranée occidentale depuis l'oligocène, schéma d'évolution, Earth Planet,Sci Lett,13,145-152,(1971).
- Laouar.R, Adrian Josep Boyce and al**, "Mise en place de roches subvolcaniques (microdiorites et microgranodiorites) et volcaniques: dacites, andésites, roches pyroclastiques et tufs", (2016).
- Maghraoui.M**, "Geologie de zones sismiques du Nord de l'Algérie- paleosismologie-tectonique active et synthèse sismotectonique ", thèse de doctorat, université Paris XI, 356pp, (1988).
- Maurry.R.C , Fourcade.S ,Coulon.C , El Azzouzi.M , Bellon.H , Coutelle.A ,Oubaidi.A , Semroud.M ,Megartsi.M ,Cotton.J ,Belanteur.O ,Louni-Hacini.A**

## Références bibliographiques

**,Piqué.A , Capdevila.R ,Hernandez.J , et Réhoutt.J-P,** "Post- collisionnal néogène magmatism of the méditerrananean maghreb margin :à conséquence of slab break off",C-R, Acad-Sci, Paris,331, 159-173pp,(2000).

**Obert.D,** "Etude géologique des babor orientaux (domaine tellien, Algérie)".Thèse de doctorat d'état des sciences naturelles, Université pierre et marie curie, Paris6, (1980).

**Obert.D ,**"géologie des Babors (Algérie) importance de la paléotectonique alpine dans l'orogénie alpin-*Revue de géologie dynamique*" ,Paris, Vol 25- Fasc. 2, 99-117pp,(1981).

**Palmstrom.A,** "Rmi - A rock mass characterization system for rock engineering Purposes". University of Oslo, Ph.D. Thesis, 400 p, (1995).

**Remeniras.G**" l'hydrogéologie de l'ingénieur' 'Eyrolles, Paris. 456 pp, (1980).

**Saad Allah.A et Caby.R,**" Alpine extensional détachement tectonics in the Grande Kabylie métamorphic, core complexe of the Maghrébides (North algéria) *Tectonophysics*, 267, 257,273pp, (1996).

**Sijona.F.G,** "Fusion de la croute océanique en contexte subduction-collision", Thèse de doctorat, d'UBO Brest 210pages, (1995).

**Sijona.F.G et Maury.R.C,** 1997 "Association of adakites with gold and cooper minéralisation in philippins", *Compte rendu de l'académie des sciences Paris* 326, 27-34pp, (1997).

**Tahiri.A,** " Modélisation des massifs rocheux par la méthode des éléments distincts ", thèse de doctorat, Ecole nationale des ponts et chaussées - ENPC PARIS / MARNE LA VALLEE, (1992).

**Tapponnier.P,** "Evolution tectonique du système alpin en méditerranée : poinçonnement et écrasement rigide plastique, *Bull-Soc-Geol-Fr* 19, 437-460pp, (1977).

**Yellas.C,** Etude géologique et géotechnique du Tunnel de Oued Dar-El-Oued (Grottes Merveilleuses) Wilaya de Jijel, Mémoire de Magister, Université de Jijel- Algérie (2008).

**Zhao. J,** "Rock Mechanics Mécanique des roches" part 3 : Propriétés des discontinuités " *Laboratoire de Mécanique des Roches – LMR*, 94pp, (2008).

# Résumé

## Résumé

La caractérisation géomécanique d'un massif rocheux trouve son intérêt principal dans la prédiction de son comportement in situ à l'échelle des ouvrages de génie civil et des infrastructures en générale d'une part et vis-à-vis des conditions et aléas naturels régnant dans l'environnement immédiat du massif considéré d'autre part.

Notre sujet concerne une caractérisation globale du massif rocheux et montagneux d'un tronçon de la RN43 reliant El Aouana (w.de Jijel) à Bejaia.

Les structures géologiques sont manifestement des plus bouleversées par un polyphasage tectonique ayant marqué la zone d'étude par un certain nombre de fabriques tectoniques fragiles. Source d'un réseau dense de discontinuités. Cette anisotropie intrinsèque du massif a été quantifiée à l'aide du logiciel « stéréonet » traduisant nos données de terrain en variogrammes directionnels, et de fréquences des discontinuités.

La mise en évidence de trois grandes familles de discontinuités d'orientations N 0° à N 193°, N 45° à N 60° et N 140°-160° traduisent les axes des grands accidents tectoniques de la chaîne des Babors.

**Mots clés :** Fracturation, massif rocheux, discontinuités, projection stéréographique, variogramme.

---

## Abstract

the geomechanical characterization of a rock mass is of primary interest in the prediction of its in situ behavior at the scale of civil engineering works and infrastructures in general on the one hand and vis-à-vis the conditions and natural hazards prevailing in the immediate environment of the massif considered on the other hand.

Our subject concerns a global characterization of the rocky and mountainous massif of a section of the RN43 linking El Aouana (w.de Jijel) to Bejaia.

The geological structures are obviously most disrupted by a tectonic polyphase that has marked the study area by a number of fragile tectonic factories. Source of a dense network of discontinuities. This intrinsic anisotropy of the massif was quantified using the "stereonet" software, translating our field data into directional variogrammes, and discontinuity fréquences.

The detection of three large families of discontinuities of orientations N 0 ° to N 193 °, N 45 ° to N 60 ° and N 140 ° -160 ° translate the axes of the great tectonic accidents of the chain of Babors.

**Key words:** Fracturation, rock mass, discontinuities, stereographic projection, variogram.

---

## المخلص

تهدف الدراسة الجيوميكانيكية للصخور إلى التنبؤ بمدى تحمل هذه الأخيرة للهياكل المختلفة القاعدية منها و الهندسة المدنية في محيطها الطبيعي و الأخطار التي قد يتميز بها .

43 الرابطة بين العوانة موضوعنا هذا يخص معاينه عامه للصخور الجبلية التي تتميز و تطل على الطريق الوطني رقم (ولاية جيجل) و مدينه بجايه .

التركيبة التكتونية تتميز بتعاقبات عظيمه و مترابه ناتجه عن تتابع عدة مراحل تكتونية

تولدت من خلال هذه الحركة التكتونية المستمرة تشوهات و تشققات و صدوع اثرت في تجانس طبيعه الصخور امام الظواهر الطبيعيه (الصمود عند الزلازل) و كذا المناخيه .

من خلال تقنيات البرنامج تحصلنا على 3 محاور للتصدعات الجهوية الرئيسية المسؤولة عن توجيه التراكيب الجيولوجية وهي المحور شمالي جنوبي , شمال غربي –جنوب شرقي , جنوب شرقي- شمال غربي .

**كلمات البحث:** الانكسار ، كتلة الصخور ، الانقطاعات ، الإسقاط المجسمي ، المتغيرات